



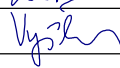



ZMENY PROJEKTOVEJ DOKUMENTÁCIE:

Zmena				
	Index:	Dátum:	Meno - Podpis:	Text zmeny:

Zodpovedný projektant stavby:	Ing. Ján Kušnir		 REMIING CONSULT, a.s., Tomášikova 14366/64A, 831 04 Bratislava - mestská časť Nové Mesto
GENERÁLNY PROJEKTANT STAVBY			
Zákazkové číslo:	0608		

Zodpovedný projektant UČS:	Ing. Ján Kušnir		<div> REMIING CONSULT, a.s., Tomášikova 14366/64A, 831 04 Bratislava - mestská časť Nové Mesto</div>	
Zodpovedný projektant objektu:	Ing. Peter Vyšlan			
Vypracoval:	Kolektív			
Kontroloval:	Ing. Gabriel Meždej			
Kraj: Žilinský		Okres: Liptovský Mikuláš	<div><div>Stupeň - účel: DRS</div><div>Zákazkové číslo: 0608</div><div>Archívne číslo:</div><div>Dátum: 09/2024</div><div>Počet A4:</div><div>Mierka:</div><div>Časť: E</div><div>Číslo SO: 411-33-07</div><div>Číslo prílohy: 18.</div></div>	
Investor - stavebník: Železnice Slovenskej republiky Klemensova 8, 813 61 Bratislava, Slovenská republika				
Stavba: Modernizácia železničnej trate Žilina - Košice, úsek trate Liptovský Mikuláš - Poprad-Tatry (mimo), 5. etapa UČS 411 - Traťový úsek Liptovský Mikuláš - výhybňa Paludza				
Názov SO: Liptovský Mikuláš - Paludza, železničný most nad zálivom priehrady Liptovská Mara v nžkm 257,990				
Názov prílohy: Výpočty				
Kódové označenie výkresu: 0608 - DRS - E - 411 - 33 - 07 00 - 018 - 00				

1.	Identifikačné údaje	4
1.1	Stavba	4
1.2	Stavebník	4
1.3	Projektant	4
1.4	Správca objektu	4
2.	Technická správa k statickému výpočtu	4
2.1	Technické riešenie	4
2.2	Predpoklady výpočtu	5
2.2.1	Nosná konštrukcia	5
2.2.2	Ložiská	6
2.2.3	Spodná stavba	6
2.2.4	Zaťaženie mosta	7
3.	Použité podklady a normy	8
4.	Dispozičné riešenie	9
5.	Statický výpočet nosnej oceľobetónovej konštrukcie dosky D-P a D-L (MK1)	13
5.1	Geometrické parametre nosnej konštrukcie	13
5.2	Výpočtový model nosnej konštrukcie	13
5.2.1	Opis výpočtového modelu	13
5.2.2	Charakteristiky materiálov	15
5.3	Výpočet zaťaženia na nosnú konštrukciu	16
5.3.1	Zaťaženie stále	16
5.3.2	Zaťaženie premenné dlhodobé	16
5.3.3	Zaťaženie dopravou	17
5.3.4	Zaťaženie vetrom	21
5.4	Výpočet vnútorných síl	22
5.4.1	Kombinácie zaťažení	22
5.4.2	Vnútorné sily	23
5.5	Posúdenie hlavných nosníkov	23
5.5.1	Posúdenie prierezu – „KRAJNÝ“ prierez	23
5.5.2	Posúdenie prierezu – „VNÚTORNÝ“ prierez	38
5.5.3	Posúdenie prierezu – „PILIER“ prierez	51
5.5.4	Posúdenie prierezu – „PRECHODOVÝ“ prierez	57
5.6	Posúdenie deformácií nosnej konštrukcie	62
5.6.1	Priehyb nosnej konštrukcie	62
5.6.2	Pozdĺžna deformácia nosnej konštrukcie od rozjazdu a brzdenia	64
5.6.3	Pozdĺžna deformácia nosnej konštrukcie pre zvislé zaťaženie	64
5.6.4	Zvislé premiestnenie hornej hrany nosnej konštrukcie pre zvislé zaťaženie	64
5.6.5	Pootočenie prierezu nosnej konštrukcie	64
5.7	Návrh a posúdenie nadpodperového priečnika	65
5.8	Návrh a posúdenie nosníka revíznej lávky	69
5.9	Návrh a posúdenie mostovky	70
5.9.1	Posúdenie vystužujúceho rebra – medzi nosníkmi	70
5.9.2	Posúdenie vystužujúceho rebra – nad nosníkom	72
5.9.3	Posúdenie dosky mostovky – medzi nosníkmi	74
5.9.4	Posúdenie dosky mostovky – nad nosníkom (v mieste trakčných podpier)	76
5.9.5	Posúdenie dosky mostovky – nad nosníkom	78
5.10	Návrh a posúdenie výstuže rímsy	80
5.10.1	Zaťaženie a vnútorné sily	80
5.10.2	Návrh a posúdenie výstuže na $M_{d,1}$	81
5.10.3	Návrh a posúdenie výstuže na $V_{d,1}$	82

5.10.4	Návrh a posúdenie výstuže na $M_{d,2}$	82
5.10.5	Návrh a posúdenie výstuže na $V_{d,1}$	82
6.	Ložiská	83
6.1	Zaťaženie ložísk	83
6.2	Výpočet dilatácií	83
6.3	Návrh a rozmiestnenie ložísk	84
6.4	Posúdenie kotvenia ložísk	85
6.4.1	Privarenie ložísk o úložné dosky	85
6.4.2	Uchytenie o dolné pásnice trámov	86
6.4.3	Kotvenie do úložných prahov	86
7.	Statický výpočet spodnej stavby	87
7.1	Charakteristiky materiálov	87
7.2	Krajná opora „O1“	87
7.2.1	Posúdenie úložného prahu	87
7.2.2	Posúdenie opory	88
7.3	Medziľahlé piliere	106
7.3.1	Výpočtový model	106
7.3.2	Zaťaženie pilierov	106
7.3.3	Posúdenie úložného prahu	107
7.3.4	Posúdenie drieku piliera	109
7.3.5	Posúdenie základu piliera	112
8.	Statický výpočet nosnej betónovej konštrukcie (MK2)	117
8.1	Geometrické parametre nosnej konštrukcie	117
8.2	Výpočtový model nosnej konštrukcie	117
8.2.1	Opis výpočtového modelu	117
8.2.2	Charakteristiky materiálov	118
8.3	Výpočet zaťaženia na nosnú konštrukciu	118
8.3.1	Zaťaženie stále	118
8.3.2	Zaťaženie premenné dlhodobé	118
8.3.3	Zaťaženie dopravou	120
8.3.4	Zaťaženie vetrom	125
8.3.5	Zaťaženie zemným tlakom	126
8.3.6	Zaťaženie z MK1	127
8.4	Výpočet vnútorných síl	127
8.4.1	Kombinácie zaťažení	127
8.4.2	Vnútorné sily	128
8.5	Posúdenie nosnej konštrukcie	128
8.5.1	Posúdenie v pozdĺžnom smere	128
8.5.2	Posúdenie v priečnom smere	137
8.6	Návrh a posúdenie výstuže rímsy	140
8.6.1	Zaťaženie a vnútorné sily	140
8.6.2	Návrh a posúdenie výstuže na $M_{d,1}$	142
8.6.3	Návrh a posúdenie výstuže na $V_{d,1}$	142
8.6.4	Návrh a posúdenie výstuže na $M_{d,2}$	142
8.6.5	Návrh a posúdenie výstuže na $V_{d,2}$	143
8.7	Posúdenie spodnej stavby	143
8.7.1	Posúdenie piliera P4	143
8.7.2	Posúdenie piliera P5~P10	152
8.7.3	Posúdenie piliera P11	159
8.8	Krídlo	167

8.8.1	Posúdenie krídla	167
9.	Záver.....	187

SO 411-33-07 Liptovský Mikuláš – Paludza, železničný most nad zálivom priehrady
Liptovská Mara v nžkm 257,990

1. Identifikačné údaje

1.1 Stavba

Názov stavby:	ŽSR, Modernizácia trate Žilina – Košice, úsek trate Liptovský Mikuláš – Poprad Tatry (mimo), 5. etapa
UČS:	411 – t. ú. Liptovský Mikuláš – Paludza
Miesto objektu:	Galovany
Okres:	Liptovský Mikuláš
Kraj:	Žilinsky

1.2 Stavebník

Názov stavebníka:	Železnice Slovenskej Republiky, Bratislava Klemensova č.8, 813 61 Bratislava
-------------------	---

1.3 Projektant

Generálny projektant:	REMING Consult, a.s. Trnavská cesta č. 27, 831 04 Bratislava 3
Manažér projektu:	Ing. Karol Dobosz
Spracovateľ PD:	REMING Consult a.s. Stredisko Žilina, Farská ulička 6, 010 01 Žilina
Zodpovedný projektant SO:	Ing. Peter Vyšlan
Stupeň PD:	DRS

1.4 Správca objektu

Správca:	ŽSR, Oblastné riaditeľstvo Žilina ul. 1. mája 010 01 Žilina
----------	---

2. Technická správa k statickému výpočtu

Predmetom tohto statického výpočtu je návrh hlavných častí železničného mosta, ponad Galoviansku zátoku Liptovskej Mary pri navrhovanom západnom portáli tunela Paludza.

Pri návrhu a posúdení nosnej konštrukcie sú použité v súčasnosti platné predpisy pre navrhovanie a posudzovanie oceľobetónových a betónových mostných konštrukcií a pre posudzovanie zakladania stavieb.

2.1 Technické riešenie

Vzhľadom na smerové a výškové vedenie bol navrhnutý most ako dve za sebou nasledujúce mostné konštrukcie dvoch rôznych typov. Prvý v smere staničenia je 4-poľový spojitý spriahnutý oceľobetónový most s hornou mostovkou. Nosné konštrukcie sú navrhnuté pod každou koľajou samostatná nosná konštrukcia. Tento most plynule pokračuje druhou mostnou konštrukciou, ktorá

je riešená ako spojitý železobetónový rámový most. Táto konštrukcia bola zvolená z dôvodu rešpektovania dvoch možných polôh koľají na moste.

Obe koľaje na moste sú navrhnuté v pozdĺžnom sklone 0,8513%. Osová vzdialenosť koľají je na moste navrhnutá 4,2m. Koľaje sú vedené v dvoch stavoch polohy koľají. Prvý stav predstavuje “výhládovú polohu“, kde sú koľaje vedené v priamej. Druhý stav predstavuje “dočasnú polohu“, kde sú koľaje vedené v priamej a postupne prechádzajú do oblúka s polomerom $R=800\text{m}$. Na moste sa použije železničný zvršok UIC60 na betónových podvaloch B91 uložených v priebežnom koľajovom lôžku. Stanovená dĺžka mosta vyplynula z potreby preklenutia Galovianskej zátoky Liptovskej Mary, čo viedlo k návrhu jedenásťpoľovej spojitý spriahnutej ocelobetónovej a betónovej konštrukcie s rozpätím jednotlivých polí $31,5+2\times 40+31,5+19,525+5\times 18+18,7\text{m}$. Priestorové usporiadanie nosnej konštrukcie rešpektuje smerové a výškové vedenie železničnej trate.

Hlavné údaje o navrhovanom objekte:

- Traťová rýchlosť:	160km/h
- Smerové pomery:	traťový úsek, v priamej, v prechodnici
- Sklonové pomery:	niveleta klesá 0,8513% v smere staničenia
- Zvršok:	UIC60-B91
- Prekážka:	Galovianska zátoka Liptovskej Mary
- Počet mostných polí:	11
- Svetlosť mostného otvoru:	$28,8+2\times 37+28,8+7\times 15\text{m}$
- Rozpätie mostného poľa:	$31,5+2\times 40+31,5+19,525+5\times 18+18,7\text{m}$
- Celková dĺžka mosta:	305,74m (vrátane prechodových dosiek)
- Voľná výška pod mostom:	19,75m (nad uvažovaným dnom)

2.2 Predpoklady výpočtu

2.2.1 Nosná konštrukcia

2.2.1.1 Nosná konštrukcia MK1

Premostenie je navrhnuté ako 4-poľový most. Jedná sa o spojitú 4-poľovú priečne členenú spriahnutú ocelobetónovú konštrukciu s hornou mostovkou s priebežným koľajovým lôžkom. Rozpätia mostných polí sú $31,5\text{m}+40,0\text{m}+40,0\text{m}+31,5\text{m}$ s celkovým premostením dĺžky 140,6m a uložením za lícami opôr po 1,2m na oboch oporách. Vyloženie za uložením je na oboch koncoch mosta 0,8m. Celková dĺžka ocelevej konštrukcie premostenia je 144,6m, čo tvorí aj dĺžku dilatačného celku v pozdĺžnom smere. Pevné uloženie sa uvažuje na pilieri P4 (opora pre MK1) z čoho vyplýva dilatačná dĺžka mosta 143,8m.

Ocelobetónové nosné konštrukcie sú navrhnuté z ocelových zvarovaných nosníkov výšky 2800mm z ocele S355J2 v osovej vzdialenosti 2700mm a betónu C35/45 vystuženého z betonárskej ocele B 500B [10 505(R)]. Pod každou koľajou je navrhnutá jedna nosná konštrukcia, pričom obe konštrukcie sú od seba pozdĺžne oddilátované.

Nosníky sú navrhnuté tvaru I, a budú plnostenné zvarované s premennou šírkou pásnic po dĺžke nosníkov. Rozšírenie spodnej pásnice je v mieste uloženia na ložiskách a horná pásnica sa rozširuje nad podperami. Rozšírenie pásnic je plynulé. Dolná pásnica sa navrhuje z plechu $60\times 900\text{mm}$ z rozšírením v miestach uložení na rozmer 60×1200 . Šírka pásnice prechodového prierezu je navrhnutá $60\times 1000\text{mm}$. Horná pásnica má v poliach rozmer $50\times 500\text{mm}$, ktorý sa v mieste záporným momentom nad uložením rozšíri na rozmer $50\times 1000\text{mm}$. Stena nosníkov je navrhovaná hr.20mm. Prierez steny trámu je vystužený plnostennými výstuhami z plechu hr. 12mm, a nad podperou hr.20mm, ktoré sú nad podperou doplnené lemovaním z plechu hr. 30mm. Výstuhy nosníkov sú situované v osových vzdialenostiach 2500mm.

Spriahajúca železobetónová doska má premennú hrúbku po šírke prierezu, čo vyplynulo z navrhnutého spôsobu odvodnenia nosnej konštrukcie. Navrhnutá hrúbka dosky je 320-475mm a je šírky 5375mm pričom sklon je dostredný medzi mosty (koľaje). Vyloženie dosky na rímsovú stranu je 2000mm od osi krajného nosníka a 675mm do stredu od stredného nosníka. Mostné dosky DC1 a DC2 sú po oboch stranách ukončené rímsami, čím sa vytvorí požadovaný priestor pre štrkové lôžko. Na zhotovenie nosnej konštrukcie sa použije betón C35/45

Betonáž nosnej konštrukcie sa predpokladá na podpernej skruži. Ošetrovanie betónu sa bude dodržiavať počas min. 3 dní od betonáže. Predpoklad pôsobenia celého zaťaženia, vrátane zvršku, je 60 dní a uvedenie mosta do prevádzky 100 dní od betonáže dosky. Životnosť mosta sa predpokladá 100 rokov.

2.2.1.2 Nosná konštrukcia MK2

Premostenie je navrhnuté ako spojitá rámová konštrukcia o 7 poliach svetlosti 15m. Celková dĺžka premostenia je 123,0m. Nakoľko je konštrukcia navrhovaná pre dve rôzne polohy koľaje na moste, kde sa poloha koľaje po dĺžke mosta priečne posúva je nosná konštrukcia navrhnutá po celej šírke bez priečneho členenia. Most sa od začiatku po koniec rozšíri o 4,8m z hodnoty 11,2 na hodnotu 16,0m na konci krídel. Pôdorysne má teda most akýsi lichobežníkový tvar s jednou stranou v zakrivenom tvare podľa prechodnice. Okraj rímasy je od osi koľaje č.2 (poloha v prechodnici a oblúku) vo vzdialenosti 3,55m po celej dĺžke. Na opačnej strane je od koľaje č.1 (výhľadový stav koľaje v priamej) vo vzdialenosti 3,45m. Tieto hranice vymedzujú šírku mosta.

V pozdĺžnom smere tvorí nosnú konštrukciu rámová konštrukcia, ktorá má vodorovnú časť – dosku s nábehmi kružnicového tvaru (klenbami) votknutú do zvislých pilierov. V styku dosky a pilierov je tuhy rámový roh, čo v spojení všetkých polí vytvára spojitý rám. Piliere sú kolmé na prevádzanú trať. V priečnom smere je konštrukcia doskového charakteru s vyložením konzol v rímsových častiach. Nosná konštrukcia po dĺžke mení svoju šírku a tá je vždy ohraničená vzdialenosťou 1,65m od vonkajšieho okraja ríms po oboch stranách. Okraj rímasy vychádza zo smerového riešenia trasy aj výhľadového trasovania. Na okraji konzol na oboch stranách je vytiahnutá rímsová stena, ktorá je ukončená rímsoou so zábradlím. Odvodnenie je riešené priečnym sklonom hornej plochy dosky a to v sklone 3% na obe strany od myslenej priamej línie, ktorá je v osi výhľadového stavu. Odvodňovacie vpuste budú umiestnené v konzolových vyložených častiach ku ktorému je mostovka vypádovaná. Hrúbka dosky konzoly bude vždy v osi odvodnenia rovná hodnote 280mm.

Od osi odvodnenia hrúbka konštrukcie narastá. Os odvodnenia je po celej dĺžke mosta vo vzdialenosti 1,1m od okraja ríms na oboch stranách mosta. Tento sklon mostovky zabezpečí celoplošné odvodnenie jej povrchu k výpustom a zároveň vyhovuje potrebnému priestoru pre prechod čističky koľajového lôžka po celej dĺžke MK2.

2.2.2 Ložiská

Nosná konštrukcia MK1 sa osadí na všetkých podperách na nenormalizované hrncové ložiská podľa STN EN 1337. Pevné uloženie nosnej konštrukcie bude na pilieri P4. Ložiská sú osadené na ložiskové bloky, do ktorých sú upevnené štandardne pomocou tŕňov. Na dolné pásnice hlavných nosníkov sú skrutkované.

Nosná konštrukcia MK1 je navrhnutá bez použitia ložísk.

2.2.3 Spodná stavba

2.2.3.1 Spodná stavba MK1

Spodnú stavbu mosta tvoria opora O1, piliere P1, P2, P3 a pilier P4, ktorý je spoločný z mostnou konštrukciou MK2. Opory aj piliere sú železobetónové navrhnuté z betónu C30/37.

Opora O1 je založená vo svahu pri západnom portáli tunela Paludza. Je to gravitačná opora so základovým blokom založeným na mikropilotách votknutých do únosnejších vrstiev. Rozmer základového bloku je 7,4x10,9m a jeho hr. je 2,0m. Bude vybudovaný na podkladovom betóne C12/15 hr.200mm s rozmermi o 200mm presahujúcim rozmery základu. Zo základu vychádza driek opory hr.4,4m odsadený od prednej strany základu 1,0m. Driek opory plynulo prechádza do úložného prahu výšky 1,5m, ktorý má hornú hranu v sklone k odvodňovaciemu kanáliku pri závernom múriku.

Železobetónové piliere P1, P2 a P3 sú riešené jednotne. Navrhujú sa z betónu C30/37. Sú navrhnuté ako stenové stojky v hornej časti s úložným prahom založené na hĺbkových základoch. Základy pilierov sú všetky s rozmermi 7,0x12,4m a hr.2,5m. Sú založené na mikropilotách. Na dno výkopu sa zriadi vrstva podkladného betónu C12/15 hr.200mm a vybuduje sa základ. Do základového bloku bude votknutý driek pilieru. Driek je tvorený stenou hrúbky 3,0m a šírky 7,8m. Driek základu je ukončený úložným prahom hr.1500mm, ktorý je konzolovito vyložený na všetky strany od drieku. V pozdĺžnom smere je vyloženie po 0,25m a v priečnom smere 1,15m od okraja zaoblenia drieku. Konzola vyloženia sa k okraju znižuje až na hr.500mm. Celková dĺžka úložného prahu na pilieroch je 10,1m. Šírka úložného prahu pilierov činí 3,5m. Horný povrch prahu je vodorovný.

Pilier P4 je spoločný pre konštrukciu MK1 aj pre MK2. Pre uloženie konštrukcie mosta MK1 slúži ako opora a zároveň tvorí súčasť nosného systému mosta MK2 (spojitý rám). Pilier bude tiež založený na hĺbkových základoch – mikropilotách. Základ sa zriadi v ochrannej štetovnicovej ohrádzke na vrstve podkladového betónu C12/15 hr.200mm s rozmermi 14,1x10,05m. Základ bude s rozmermi 14,1mx10,05m hr.3,0m. Do základového bloku je votknutý driek piliera s rozmermi 11,0mx6,05m. V hornej časti je vytvorený úložný prah hr.1,5m pre uloženie mosta MK1.

2.2.3.2 Spodná stavba MK2

Spodnú stavbu je z veľkej časti súčasťou nosného systému mosta, pretože piliere tvoria stojky spojitého rámu. Ďalej patria k spodnej stavbe ešte rovnobežné krídla a svahové krídla. Pilier P4 je podrobnejšie popísaný v časti popisu spodnej stavby MK1. Piliere P5 až P10 sú riešené jednotne, mení sa však ich dĺžka a výška v závislosti od polohy v ráme a od úrovne ich založenia. Sú teda riešené ako stenové hr.3,0m na okrajoch so zaoblením v polomere $R=1,5m$. Dĺžka v priečnom smere je závislá od šírky dosky v osi piliera. V smere staničenia dĺžka jednotlivých pilierov narastá. Piliere sú založené na základových blokoch šírky 7,0m a dĺžky závislej od samotných pilierov, kde vyloženie základu od okraja piliera v osi je 1,5m na obe strany. Hrúbka základu je 2,5m a budú vybudované niektoré v ochranné štetovnicovej ohrádzke a niektoré v otvorenej stavebnej jame. Základy sa založia na mikropilotách do únosnejšieho podlažia. Základ sa zriadi na vrstve podkladového betónu C12/15 hr.200mm s rozmermi pôdorysu rovnakými ako rozmer základu.

Most končí oporou O2, ktorá tvorí tiež rámovú stojku, je však masívnejšia. Základ je podobne ako ostatné založený na mikropilotách. Zo stojky pokračujú zavesené rovnobežné krídla, ktoré sledujú smer trate. Vyloženie krídla je 4,9m a hrúbka je 1,5m. v hornej časti sa zúži a vytvorí sa rímsa so zábradlím. Kvôli značnému násypu telesa v tomto mieste je opora O2 doplnená tiež svahovými krídlami, ktoré sú prirazené k opore a odkláňajú sa pod uhlom 30° v smere staničenia. Zároveň v priečnom smere sledujú sklon svahu telesa 1:1,75. Svahové krídla sú navrhnuté ako železobetónové uholníkové múry vystužené rebrami. Základová doska je navrhnutá s ozubom. Krídla sú navrhnuté z betónu C30/37.

2.2.4 Zaťaženie mosta

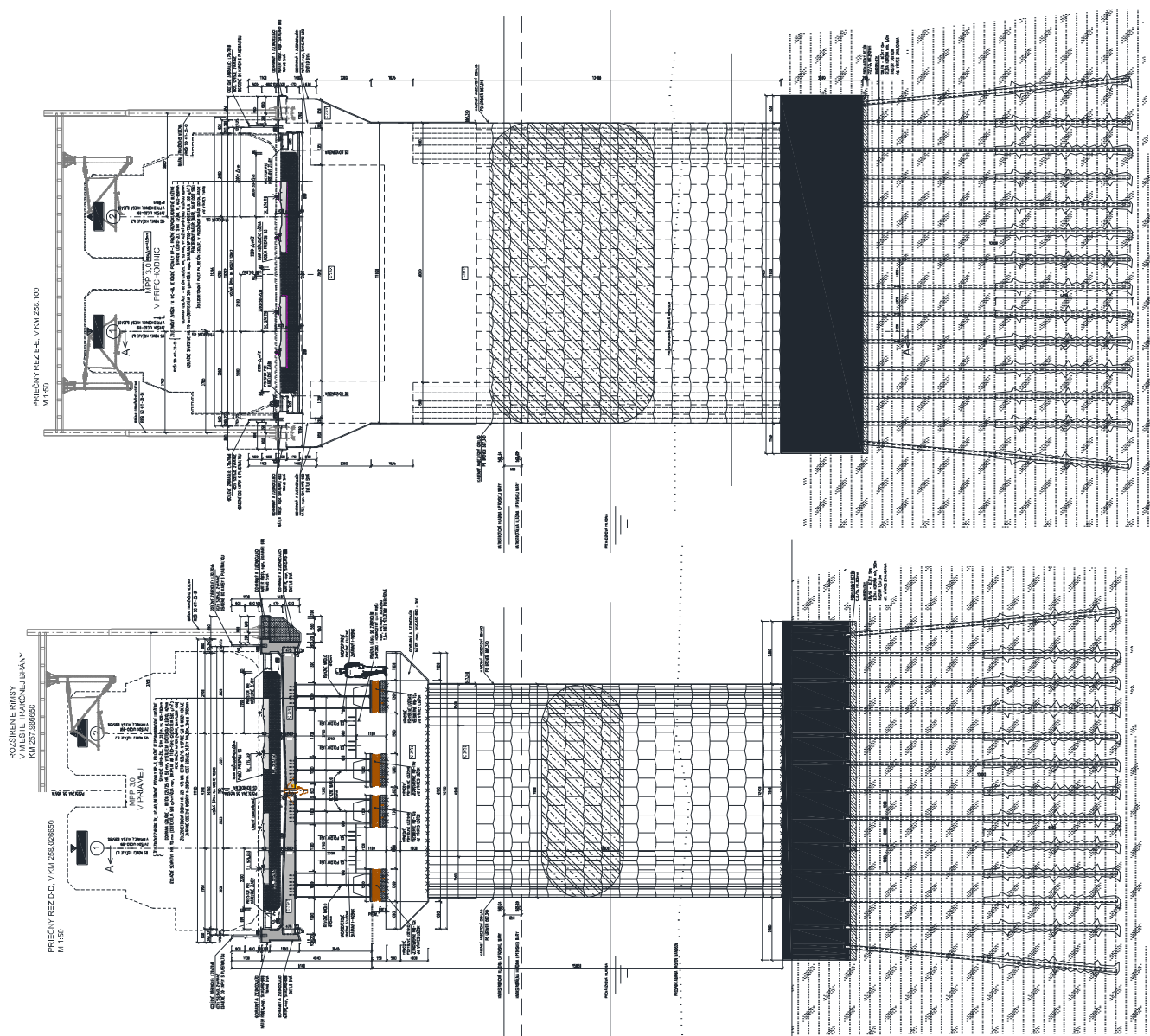
Most je navrhnutý na účinky zaťažovacieho vlaku LM71, SW/0 a SW/2 podľa STN EN 1992-2 Zaťaženie mostov dopravou.

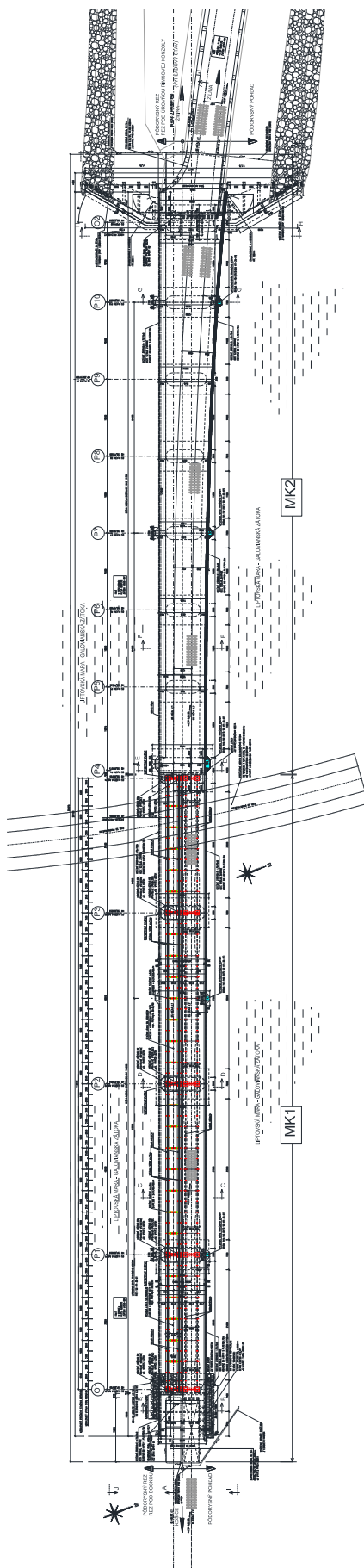
3. Použité podklady a normy

- [1] schválená dokumentácia pre stavebné povolenie,
- [2] obhliadka a fotodokumentácia miesta stavby,
- [3] inžiniersko-geologický prieskum, spracovaný fy. GEOFOS v 12/2007,
- [4] dokumentácia pre územné rozhodnutie,
- [5] geodetické zameranie účelová mapa v systéme JTSK03, vo výškovom systéme Balt p.v., v triede presnosti 2,
- [6] hydrologické údaje vodných tokov (v profiloch kríženia so žel. traťou): Slovenský hydrometeorologický ústav,
- [7] podklady dodávateľov navrhovaných zariadení
- [8] STN 28 0315: Priechodové prierezy celoštátnych dráh a vlečiek s rozchodom koľaje 1435mm
- [9] STN 73 3050: Zemné práce, všeobecné ustanovenia
- [10] STN 73 6133: Stavba ciest. Teleso pozemných komunikácií
- [11] STN 73 6201: Projektovanie mostných objektov. SUTN Bratislava
- [12] STN EN 1990+NP: Zásady navrhovania konštrukcií. SUTN Bratislava
- [13] STN EN 1990/A1+NP: Zásady navrhovania. Zmena A1: Príloha A2: Použitie pre mosty. SUTN Bratislava
- [14] **Súbory noriem a národné prílohy k STN EN 1991:** Zaťaženie stavebných konštrukcií. (časti 1-1, 1-4 a 2). SUTN Bratislava
- [15] **Súbor noriem a národné prílohy k STN EN 1992:** Navrhovanie betónových konštrukcií. (časti 1-1 a 2). SUTN Bratislava
- [16] **Súbor noriem a národné prílohy k STN EN 1993:** Navrhovanie oceľových konštrukcií. (časti 1-1, 1-5, 1-8, 1-9, 2 a 5). SUTN Bratislava
- [17] **Súbor noriem a národné prílohy k STN EN 1994:** Navrhovanie spriahnutých oceľobetónových konštrukcií. (časti 1-1 a 2)
- [18] **Súbor noriem a národné prílohy k STN EN 1997:** Navrhovanie geotechnických konštrukcií. (časti 1 a 2). SUTN Bratislava
- [19] STN EN 13670: Zhotovovanie betónových konštrukcií. SUTN Bratislava
- [20] STN EN 206-1: Betón – Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti výroba a zhoda. SUTN Bratislava 2002
- [21] STN 73 0037: Zemný tlak na stavebné konštrukcie, SUTN Bratislava (v znení ČSN 73 0037, ÚNM Praha 1990)
- [22] STN 73 1001: Geotechnické konštrukcie. Zakladanie stavieb
- [23] TNŽ 73 6312: Navrhovanie konštrukčných vrstiev podvalového podlažia
- [24] STN 73 3040: Geotextílie a geotextíliam podobné výrobky na stavebné účely. Základné ustanovenia a technické požiadavky
- [25] Špecifikácia technicko-kvalitatívnych podmienok spracovania
- [26] P760/4: НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ПЕРЕХОДНЫХ УЧАСТКОВ С НАСЫПИ НА МОСТ. ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

4. Dispozičné riešenie





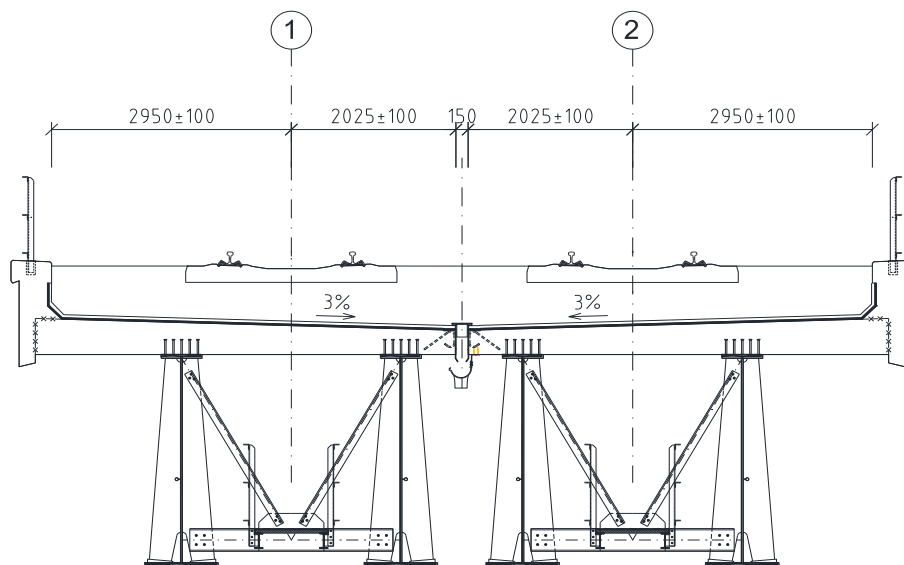


5. Statický výpočet nosnej ocel'obetónovej konštrukcie dosky D-P a D-L (MK1)

5.1 Geometrické parametre nosnej konštrukcie

V dôsledku pozdĺžnej dilatácie nosných ocel'obetónových konštrukcií pôsobí každá doska ako samostatný nosný systém. Vzhľadom k možnej zmene polohy koľaje na moste od projektovanej polohy, je potrebné uvažovať zaťažovacie stavy vyvolávajúce najnepriaznivejšie vnútorné sily.

Pre potreby statického výpočtu boli zavedené určité zjednodušenia a predpoklady. V prípade geometrie mostovky ide hlavne o zanedbanie vypádovania dna vane, kde sa uvažovalo s priemernou hrúbkou 400mm (obr. 1), zakrivenia nosnej konštrukcie vplyvom oblúka koľaje....



obr. 1 Navrhované a uvažované krajné polohy koľaje

Vzhľadom k možnej zmene polohy koľaje na moste od projektovanej polohy, je potrebné uvažovať zaťažovacie stavy vyvolávajúce najnepriaznivejšie vnútorné sily. V súlade s STN EN 1991-2 je uvažované s najkrajnejšou možnou polohou koľaje. V prípade analyzovanej konštrukcie je tak počítané nie s projektovanou polohou, ale s najnepriaznivejšou možnou polohou koľaje, kedy je koľaj vzdialená 1250mm od nosníka.

Z dispozičného riešenia vyplýva plocha štrkového lôžka pre krajnú polohu koľaje cca 3,578m²/bm, čo predstavuje priemernú hrúbku 708,52mm. Túto priemernú hrúbku (plochu) lôžka po celej šírke a dĺžke mosta budeme ďalej uvažovať pre určenie zaťaženia s možným rozptylom ±30% podľa STN EN 1990.

5.2 Výpočtový model nosnej konštrukcie

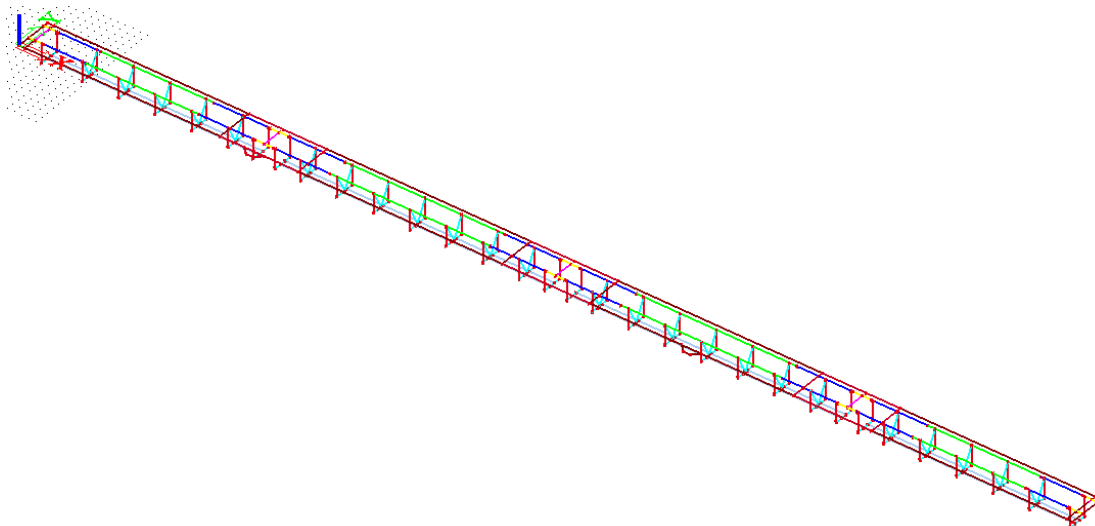
5.2.1 Opis výpočtového modelu

Výpočtový model nosnej konštrukcie bol analyzovaný vo výpočtovom prostredí CAD systému SCIA Engineer.

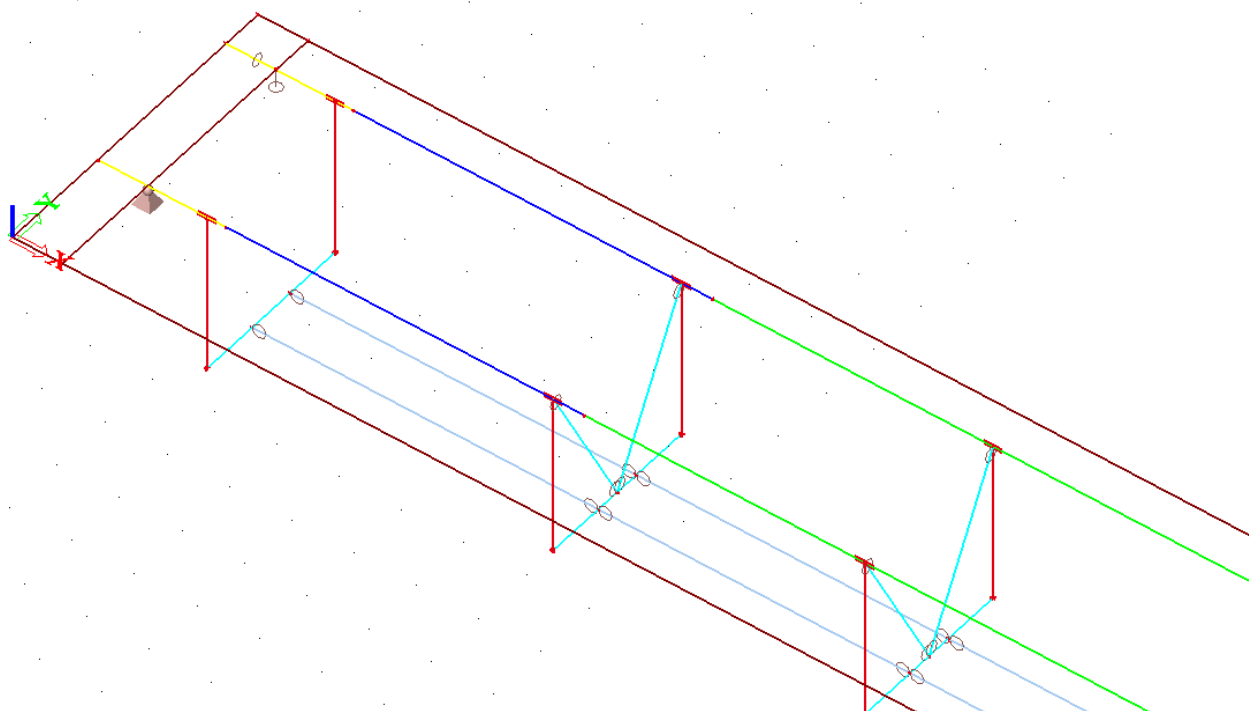
Železobetónová doska bola modelovaná doskovými 2D konečnými prvkami, pričom ako základný materiál bol zadaný betón C35/45 s modulom pružnosti $E=34\text{GPa}$. Hrúbka dosky bola zadaná priemernou hodnotou $t=400\text{mm}$. V oblasti vnútorných podpier bola doska mostovky modelovaná so zníženou ohybovou tuhosťou, ktorá zohľadňuje vplyv trhlín do vzdialenosti 15% z rozpätia na každú stranu. Náhradný modul pružnosti dosky bol prepočítaný pomerom ohybových tuhostí pred vytvorením trhlín a po vytvorení trhlín. Bol stanovený nasledujúcou hodnotou:

$$E_N = E_c \cdot \frac{A_s}{A_c} = 34 \cdot \frac{0,04114}{2,057} = 0,680 \text{ GPa}$$

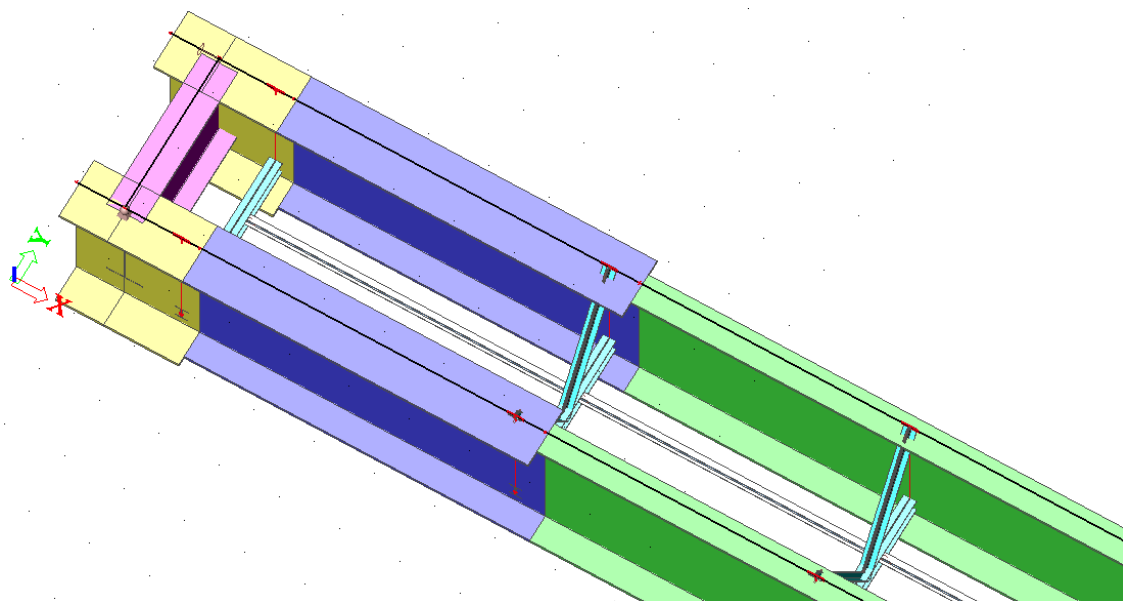
Pozdĺžne rebrá tvoria dva oceľové nosníky, ktoré boli modelované ako excentricky pripojené prúty so zarovnaním na spodok dosky. Modul pružnosti ocele bol uvažovaný $E=210\text{GPa}$. Spolupôsobiaci šírka bola pre každý nosník zadaná nesymetricky, z jednej strany hodnotou polovice rozpätia a z druhej strany po okraj vyloženia mostovky. Uloženie nosnej konštrukcie v modeli bolo podľa dispozičného riešenia, pričom rešpektovalo možné posunutia a pootočenia podľa návrhu ložísk. Do výpočtového modelu bolo zahrnuté aj priečne stuženie nosného systému s kĺbovým pripojením pre priehradové stuženie v poli a tuhým pripojením pre nadpodperové stuženie.



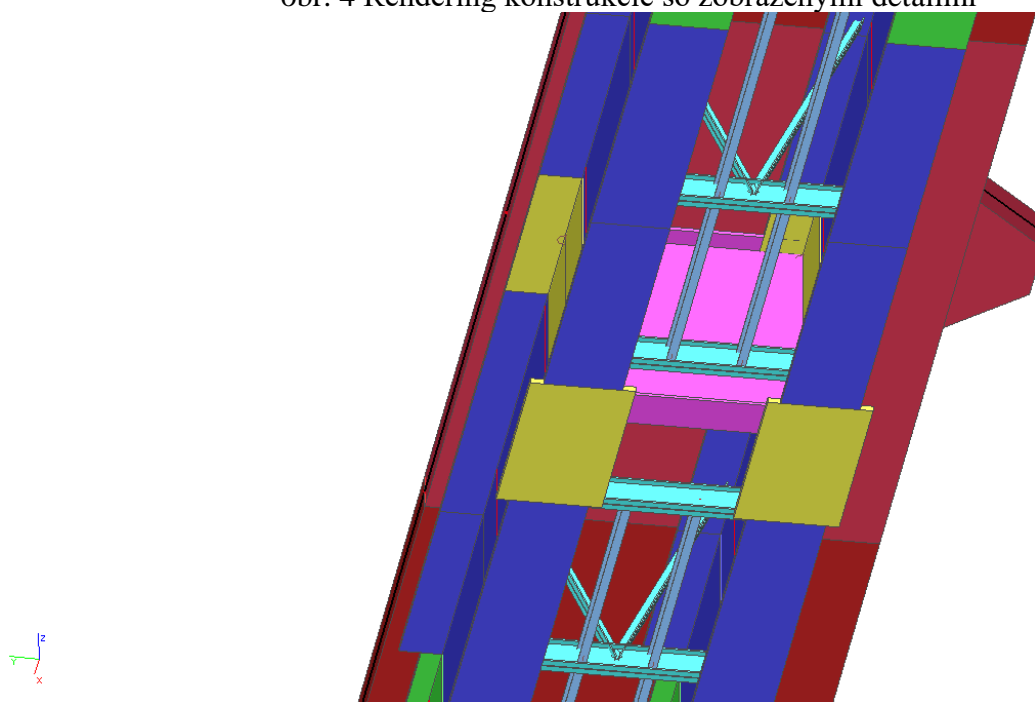
obr. 2 Geometrická schéma výpočtového modelu



obr. 3 Detail geometrickej schémy výpočtového modelu



obr. 4 Rendering konštrukcie so zobrazenými detailmi



obr. 5 Rendering konštrukcie – pohľad od spodku

5.2.2 Charakteristiky materiálov

tab. 1 Materiály použité vo výpočtovom modeli

Názov	Typ	Merná hmotnosť [kg/m ³]	E modul [MPa]	Poissonov súčiniteľ	G modul [MPa]	Tepelná rozťažnosť [m/mK]	Poznámka
C35/45	Betón	2500,0	34000	0,2	14208,0	0,0	Spriahajúca doska
B 500B	Oceľ	7850,0	200000,0	0,3	83333,3	0,0	Spriahajúca doska
S355	Oceľ	8164,0	210000,0	0,3	80769,23	0,0	Hl. nosník
S355	Oceľ	7850,0	210000,0	0,3	80769,23		Priečne stuženie

5.3 Výpočet zaťaženia na nosnú konštrukciu

5.3.1 Zaťaženie stálie

Vlastná tiaž nosnej konštrukcie

Vlastná tiaž nosnej konštrukcie je generovaná výpočtovým programom. Tiaž železobetónu je uvažovaná hodnotou 2500kg/m^3 . Tiaž oceľových nosníkov bola zvýšená o 4% prirážku (8164kg/m^3), čím sa aproximovala tiaž výstuh, skrutiek, zvarov a pod. Ostatné prvky, ako spodné stužidlá, revízná lávky, boli uvažované s hodnotou 7850kg/m^3 pozri tab. v kap. 5.2.2.

5.3.2 Zaťaženie premenné dlhodobé

a) Doplnok k vlastnej tiaži

Modelovaná je tiaž ŽB rímasy (po oddebnení pôsobí táto na spriahnutú konštrukciu). ŽB rímasy pôsobí približne na vonkajšom okraji namodelovanej dosky

$$0,443\text{m}^2 \cdot 25 = 11,075\text{kN.m}^{-1}$$

Zároveň je modelovaná aj tiaž kompozitného liateho roštu PREFAggrid. Tiaž prefabrikátu pôsobí rovnomerne na modelované nosníky revíznej lávky

$$50\text{kg/m}^2 \cdot 0,01 = 0,5\text{kN/m}^2$$

b) Vybavenie mosta

Predstavuje tiaž zábradlia, ktorá je odhadovaná hodnotou $0,5\text{kN/m}$, a pôsobí približne na vonkajšom okraji výpočtového modelu.

c) Izolácia

Predstavuje tiaž izolácie hr. 10mm a ochrannej cementovej vrstvy hr. 50mm celková dĺžka izolácie je 5,4m a pôsobí cca na namodelovanej doske šírky 5,175m

$$(0,05 \cdot 25 + 0,01 \cdot 14) \cdot 5,4 / 5,175 = 1,450\text{kN.m}^{-2} \quad \text{pre medzné stavy únavy a použiteľnosti}$$

Pre medzné stavy únosnosti berieme charakteristickú hodnotu o 20% väčšiu alebo menšiu – v súlade s odporúčaniami STN EN 1990, teda

$$1,2 \cdot 1,45 = 1,740\text{kN.m}^{-2} \quad \text{resp.} \quad 0,8 \cdot 1,45 = 1,160\text{kN.m}^{-2}$$

d) Tiaž štrkového lôžka

V tomto zaťažovacom stave je tiaž štrkového lôžka s plochou $3,578\text{m}^2$ v rámci šírky mosta. Priemerná tiaž pôsobiaca na dno vane šírka 5,175m je tak:

$$3,578\text{m}^2 / 5,175\text{m} \cdot 20 = 13,828\text{kN.m}^{-2} \quad \text{pre medzné stavy únavy a použiteľnosti}$$

Pre medzné stavy únosnosti berieme charakteristickú hodnotu o 30% väčšiu alebo menšiu – v súlade s odporúčaniami STN EN 1990, teda

$$1,3 \cdot 13,828 = 17,976\text{kN.m}^{-2} \quad \text{resp.} \quad 0,7 \cdot 13,828 = 9,680\text{kN.m}^{-2}$$

Prípadné káblové žľaby nezohľadňujeme, pretože tiaž odobratej časti štrkového lôžka a podbetónávky s káblovým žľabom je približne rovnaká.

e) Tiaž zvršku

Podvaly, koľajnice a upevňovadlá – odhadom $4,8\text{kN/m}$ – sa roznesú cez štrkové lôžko v sklone 4:1 (podobne ako účinky vlaku) na šírku 2875mm

$$4,8 / 2,875 = 1,670\text{kN/m}^2$$

f) Pokles podpier

Nakoľko sa jedná o spojitú konštrukciu je uvažované z nerovnomerným poklesom podpier. Celkový pokles podpier je uvažovaný hodnotou:

$$U = 10,0\text{mm}$$

g) Zaťaženie trakčným stožiarom

Zaťaženie trakčným stožiarom je uvažované 3700mm od osi koľaje a vždy v osi uloženia na vnútorných pilieroch. Je uvažované po oboch stranách nosnej konštrukcie.

Zvislý smer

Vlastná tiaž stĺpa a zostavy: $F_z = 17\text{kN}$

Pozdĺžny smer

Sily pôsobiace na trakčnú zostavu jedného stĺpa v kotvení:

$$M_y = 210 \text{ kNm}$$

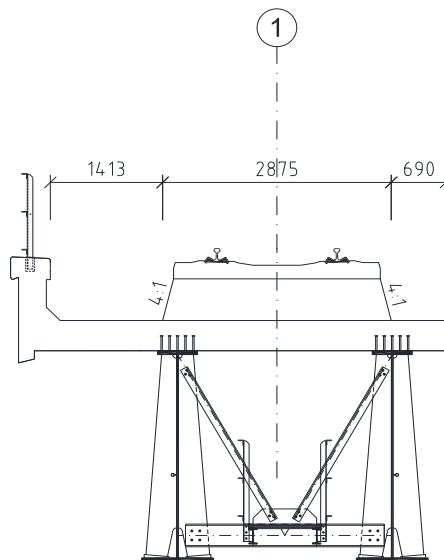
$$F_y = 25 \text{ kN}$$

Priečny smer

Sily pôsobiace na trakčnú zostavu jedného stĺpa v kotvení:

$$M_z = 130 \text{ kNm}$$

$$F_z = 15 \text{ kN}$$



obr. 6 Roznos tiaže zvršku (podvalov, koľajníc a upevňovadiel)

5.3.3 Zaťaženie dopravou

5.3.3.1 Zvislé účinky železničnej dopravy

Vo výpočte bolo uvažované s týmito zaťažovacími modelmi podľa STN EN 1991-2

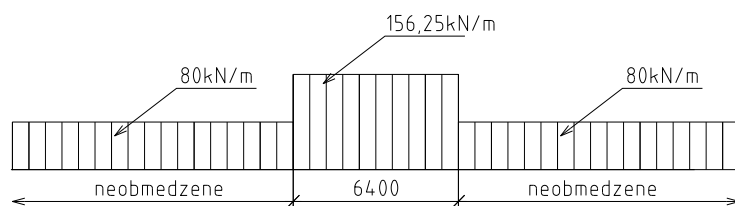
zaťažovací model 71

zaťažovací model SW/0

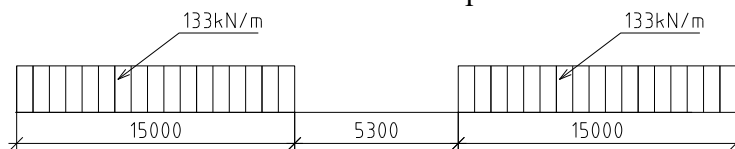
zaťažovací model SW/2

Uvažujeme rovnomerný roznos cez štrkové lôžko v pozdĺžnom smere. V prípade roznosu kolesových síl LM71 ide o čiastočné zjednodušenie, ktoré nijako významne neovplyvní výsledky.

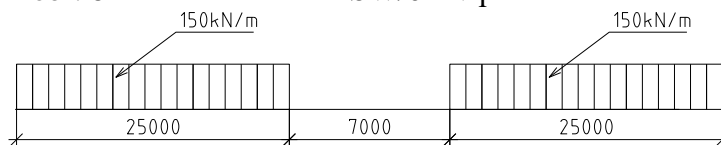
Hodnoty q_{vk} :



obr. 7 zaťažovací model 71 – v pozdĺžnom smere

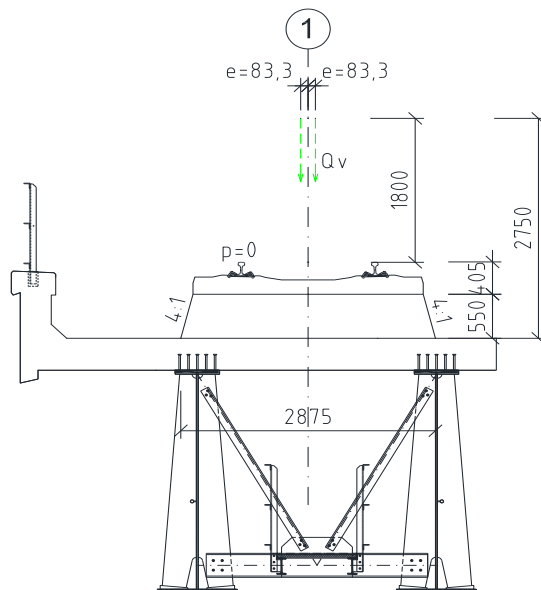


obr. 8 zaťažovací model SW/0 – v pozdĺžnom smere



obr. 9 zaťažovací model SW/2 – v pozdĺžnom smere

V priečnom smere na most uvažujeme roznos cez lôžko pod uhlom 4:1. Pri modeli 71 a SW/0 uvažujeme aj so zohľadnením možnej excentricity „e“ (nerovnomerné rozmiestnenie tiaže na jednotlivé koľajnice). Budeme uvažovať vždy roznášaciu šírku 2875mm.

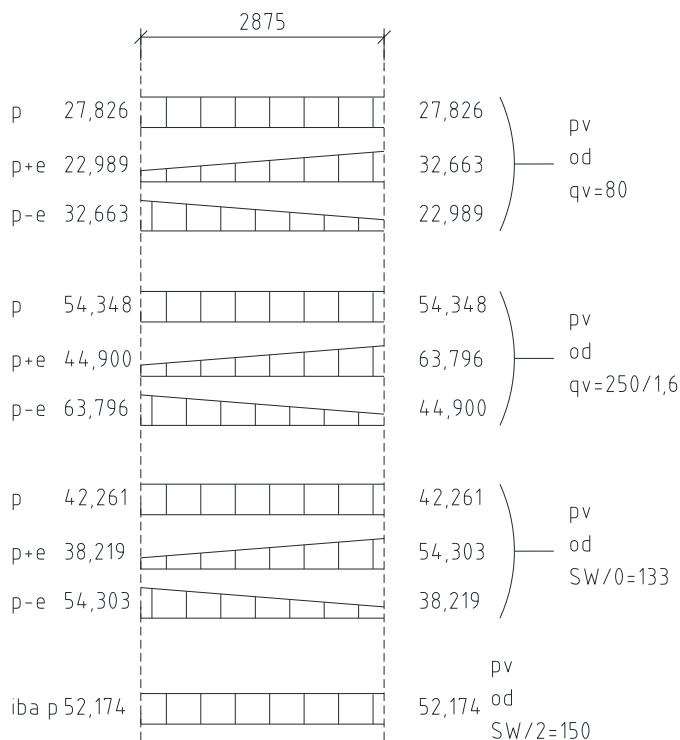


obr. 10 Schéma priečneho roznosu cez koľajové lôžko

Hodnota plošného rovnomerného zaťaženia pod podvalmi je potom daná vzťahom:

$$p_v = \frac{q_{vk}}{b} \cdot \left(1 \pm 6 \cdot \frac{h-e}{b} \right)$$

Pre koľaj s prevýšením $p=0,0\text{mm}$ ($h_v=0\text{mm}$) a možnú excentricitu $e=83,3\text{mm}$ dostávame hodnoty uvedené na obr. 11.



obr. 11 Hodnoty plošných zaťažení p_v [kN/m²] pod podvalmi

Hodnoty je ešte potrebné prenásobiť v relevantných prípadoch súčiniteľom klasifikovaného zvislého zaťaženia, ktorý má hodnotu zaťaženia $\alpha=1,21$

Prenásobenie je vykonané až pri tvorbe jednotlivých kombinácií zaťaženia, nakoľko v niektorých prípadoch (overenie deformácií, únavovej odolnosti, ...) sa vychádza z charakteristických hodnôt zvislého zaťaženia, teda bez súčiniteľa γ .

5.3.3.2 Odstredivé sily

Odstredivé sily na danej časti mosta neuvažujeme, nakoľko predmetný most je v priamej.

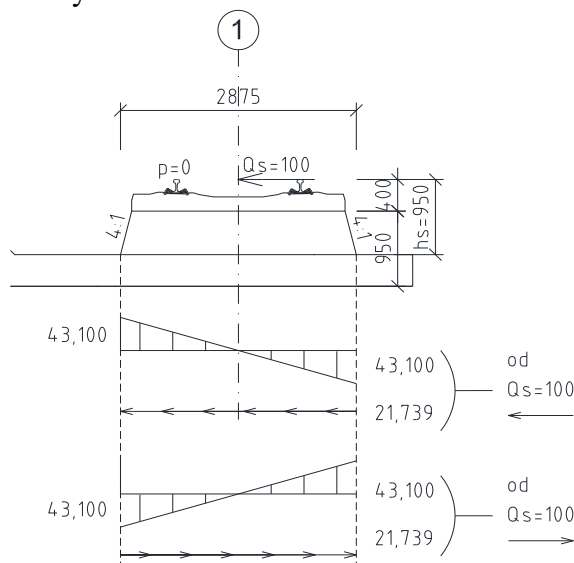
5.3.3.3 Bočné nárazy

Uvažujeme silu $Q_{sk}=100\text{kN}$. Uvažujeme s jej roznosom v priečnom smere v sklone 4:1 na šírku $b=2,875\text{m}$ (ako zvislé zaťaženie) a v pozdĺžnom smere mosta na dĺžku 1,6m (čo odpovedá rovnomernému roznosu na 3 podvaly so zanedbaním sklonu 4:1 v pozdĺžnom smere. Teda hodnoty plošných zaťažení uvažovaných na povrchu nosnej konštrukcie na ploche $2,875 \times 1,6\text{m}$ určíme zo vzťahov:

$$p_{s,z} = \pm \frac{Q_{tk} \cdot h_s \cdot 6}{b^2 \cdot 1,6} \quad \text{pre „motýlikový“ priebeh plošného zvislého zaťaženia (odľahčenia)}$$

$$p_{s,y} = \frac{Q_{sk}}{b \cdot 1,6} \quad \text{pre horizontálne plošné zaťaženie pôsobiace naprieč mosta}$$

Zaťaženie sa uvažuje v najnepriaznivejšej polohe. Hodnoty je ešte potrebné prenásobiť v relevantných prípadoch súčiniteľom klasifikovaného zvislého zaťaženia $\alpha=1,21$. Prenásobenie je vykonané až pri tvorbe jednotlivých kombinácií zaťažení.



obr. 12 Hodnoty plošných zaťažení $p_{s,z}$ a $p_{s,y}$ [kN/m^2] pod podvalmi na šírke 2,875m a dĺžke 1,6m

5.3.3.4 Brzdové a rozjazdové sily

5.3.3.4.1 Rozjazdové sily pre LM71, SW/0 a SW/2

Má sa uvažovať hodnotou $Q_{la}=33\text{kN}$. $L_{ab} \leq 1000\text{kN}$. Roznos uvažujeme na šírku $b=2,875\text{m}$. modelované je ako excentrické zaťaženie na dosku s excentricitou $e=0,95\text{m}$. Hodnota plošného zaťaženia je:

$$p_{la,x} = 33/b = 33/2,875 = 11,478\text{kN/m}^2 \quad \text{s excentricitou } e_z=0,950\text{m}$$

S maximálnou dĺžkou zaťaženia: $L_{ab,max}=1000/33 = 30,3\text{m}$. Zaťaženie sa uvažuje na rovnakej dĺžke mosta ako zaťaženie zvislými účinkami, ak však presiahne dĺžka zaťaženia zvislými účinkami túto dĺžku, uvažuje sa zaťaženie rozjazdovými silami iba na tejto dĺžke.

5.3.3.4.2 Brzdné sily pre LM71 a SW/0

Má sa uvažovať hodnotou $Q_{la}=20\text{kN}$. $L_{ab} \leq 6000\text{kN}$. Roznos uvažujeme na šírku $b=2,875\text{m}$. modelované je ako excentrické zaťaženie na dosku s excentricitou $e=0,95\text{m}$. Hodnota plošného zaťaženia je:

$$p_{lb,x} = 20/b = 20/2,875 = 6,957\text{kN/m}^2 \quad \text{s excentricitou } e_z=0,950\text{m}$$

S maximálnou dĺžkou zaťaženia: $L_{ab,max}=6000/20 = 300\text{m}$. Zaťaženie sa uvažuje na rovnakej dĺžke mosta ako zaťaženie zvislými účinkami, ak však presiahne dĺžka zaťaženia zvislými účinkami túto dĺžku, uvažuje sa zaťaženie brzdňými silami iba na tejto dĺžke. Pri porovnaní s hodnotou Q_{la} je zrejmé, že brzdné sily majú pre LM71 väčší účinok ako rozjazdové ak zaťažovacia dĺžka dĺžku L_{ab} presiahne 50m.

5.3.3.4.3 Brzdné sily pre SW/2

Má sa uvažovať hodnotou $Q_{la}=35\text{kN}$. $L_{ab} \leq 6000\text{kN}$. Roznos uvažujeme na šírku $b=2,875\text{m}$. modelované je ako excentrické zaťaženie na dosku s excentricitou $e=0,95\text{m}$. Hodnota plošného zaťaženia je:

$$p_{lb,x} = 35/b = 35/2,875 = 12,174\text{kN/m}^2 \quad \text{s excentricitou } e_z=0,950\text{m}$$

S maximálnou dĺžkou zaťaženia: $L_{ab,max}=6000/35 = 171,5\text{m}$. Zaťaženie sa uvažuje na rovnakej dĺžke mosta ako zaťaženie zvislými účinkami, ak však presiahne dĺžka zaťaženia zvislými účinkami túto dĺžku, uvažuje sa zaťaženie brzdňými silami iba na tejto dĺžke. Pri porovnaní s hodnotou Q_{la} je zrejmé, že brzdné sily majú pre SW/2 väčší účinok ako rozjazdové.

Hodnoty zaťaženia od brzdňých a rozjazdových síl je ešte potrebné prenásobiť v relevantných prípadoch súčiniteľom klasifikovaného zvislého zaťaženia $\alpha=1,21$. Prenásobenie je vykonané až pri tvorbe jednotlivých kombinácií zaťažení.

5.3.3.5 Zaťaženie neverejných chodníkov

Zaťaženie neverejných chodníkov od údržby sa má uvažovať ako rovnomerné zaťaženie hodnotou $q_{fk} = 5,0\text{kN/m}^2$.

5.3.3.6 Dynamické účinky

Dynamické účinky zohľadňujeme dynamickým súčiniteľom, podľa STN EN 1991-2+NA.

5.3.3.6.1 Hlavné nosníky (pozdĺžny smer)

$$L_{\phi} = k_1/n \cdot (L_1 + L_2 + L_3 + L_4) = 1,4 \cdot 1/4 \cdot (31,5 + 40,0 \cdot 2 + 31,5) = 50,05\text{m}$$

$$\delta = \frac{2,16}{\sqrt{L_{\phi}} - 0,2} + 0,73 = \frac{2,16}{\sqrt{50,05} - 0,2} + 0,73 = 1,04 \rightarrow \delta = 1,15$$

5.3.3.6.2 Spriahajúca doska (pozdĺžny smer)

$$L_{\phi} = 8,1\text{m}$$

$$\delta = \frac{2,16}{\sqrt{L_{\phi}} - 0,2} + 0,73 = \frac{2,16}{\sqrt{8,1} - 0,2} + 0,73 = 1,546 \rightarrow \delta = 1,55$$

5.3.3.6.3 Spriahajúca doska (priečny smer)

Rozpätie priečne na hlavné trámy

$$L_{\phi} = 8,1\text{m}$$

$$\delta = \frac{2,16}{\sqrt{L_{\phi}} - 0,2} + 0,73 = \frac{2,16}{\sqrt{8,1} - 0,2} + 0,73 = 1,546 \rightarrow \delta = 1,55$$

Priečne konzoly

$$L_{\phi} = 8,1 \text{ m}$$

$$\delta = \frac{2,16}{\sqrt{L_{\phi}} - 0,2} + 0,73 = \frac{2,16}{\sqrt{8,1} - 0,2} + 0,73 = 1,546 \rightarrow \delta = 1,55$$

5.3.4 Zaťaženie vetrom

5.3.4.1 Úvod

Uvažovali sme len zaťaženie naprieč mostom. Pozdĺžny vietor nie je uvažovaný. Uvažujeme zaťaženie podľa STN EN 1991-4. Mostný objekt sa nachádza s fundamentálnou hodnotou základnej rýchlosti vetra $v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$. Ide o most nad širokým vodným tokom, preto bezpečne uvažujeme kategóriu terénu II.

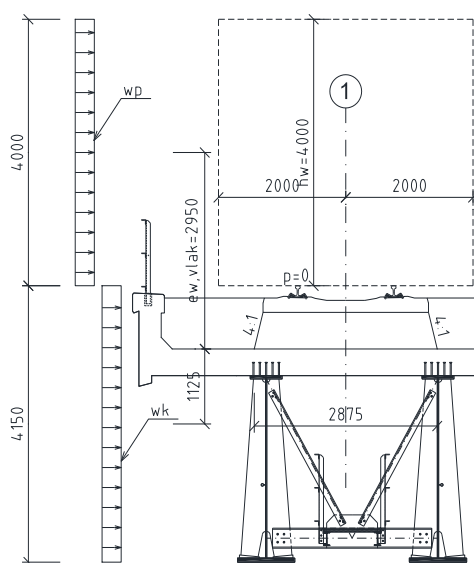
Z tabuľky NB2 v STN EN 1991-4/NA dostávame tieto hodnoty špičkového tlaku vetra:

NK: $q_p(13,0) = 1,0518 \text{ kN/m}^2$ pre priemernú výšku nosnej konštrukcie cca 13m nad terénom

Vlak: $q_p(17,0) = 1,1292 \text{ kN/m}^2$ pre výšku 17m nad terénom. Pás pohyblivého zaťaženia výšky 4m nad temenom koľajnice.

5.3.4.2 Vietor na mostovku a pás pohyblivého zaťaženia

Uvažujeme vietor na mostovku a pás pohyblivého zaťaženia podľa obr. 13.



obr. 13 Uvažované zaťaženie vetrom

Zaťaženie mostovky:

$$b/d_{tot} = 5,37/4,04 = 1,330 \rightarrow c_{f,x} = 2,1$$

$$p_{w,K} = c_{f,x} \cdot q_p(13,0) = 2,1 \cdot 1,0518 = 2,209 \text{ kN/m}^2$$

zaťaženie pre vietor

$$w_{k,doska} = p_{w,K} \cdot h_{w,K} = 2,209 \cdot 4,04 = 8,925 \text{ kN/m}$$

zvislé prítlačenie mostovky od priečného vetra

zaťaženie pôsobí na celú mostovku – plošne na celý pôdorys mosta, jeho intenzita je:

$$p_{z,most,pritaz} = C_f \cdot q_p(13,0) = 0,9 \cdot 1,0518 = 0,947 \text{ kN/m}^2$$

Zaťaženie pásu pohyblivého zaťaženia:

$$P_{w,vlak} = c_{f,x} \cdot q_p(17) = 2,1 \cdot 1,1292 = 2,371 \text{ kN/m}^2$$

Vietor je modelovaný plošným zaťažením na mostovku. Podobne ako účinky vlaku, využijeme roznos zaťaženia cez podvaly a štrkové lôžko na šírku $b = 2,875 \text{ m}$.

zaťaženie pre vietor

pre „motýlikový“ priebeh plošného zvislého prítlačenia (odľahčenia)

$$p_{w,z} = \pm \frac{p_{w,vlak} \cdot h_{w,vlak} \cdot e_{w,vlak} \cdot 6}{b^2} = \pm \frac{2,371.4 \cdot 0.2 \cdot 95.6}{2,875^2} = \pm 20,309 \text{ kN/m}^2$$

pre horizontálne plošné zaťaženie pôsobiace naprieč mosta

$$p_{w,y} = \frac{p_{w,vlak} \cdot h_{w,vlak}}{b} = \frac{2,371.4 \cdot 0}{2,875} = 3,299 \text{ kN/m}^2$$

5.4 Výpočet vnútorných síl

Výpočet vnútorných síl bol realizovaný na výpočtovom modeli spriahnutej oceľobetónovej konštrukcie s rebrami (pozri obr. 2, obr. 4 a obr. 5) pomocou programu SCIA Engineer.

5.4.1 Kombinácie zaťažení

Kombinácie zaťažení rešpektujú požiadavky STN EN.

5.4.1.1 Kombinovanie stálych zaťažení „G“

Základné kombinačné pravidlo pre stále zaťaženia uvádza nasledovná tabuľka. Okrem súčiniteľov zaťaženia sú teda v prípade štrkového lôžka a izolácie uvádzané horné a dolné hranice pre určenie charakteristickej hodnoty – pozri 5.3.1.

tab. 2 kombinovanie stálych zaťažení

STÁLE „G“	koef. charakter. hodnoty		súčiniteľ zaťaženia		
	Max	Min	$\gamma_{F,ult,MAX}$	$\gamma_{F,ult,MIN}$	$\gamma_{F,serv}$
Vlastná tiaž	1,00		1,35	1,00	1,00
Doplnok k vlastnej tiaži	1,00		1,35	1,00	1,00
ŽB rímsa	1,00		1,35	1,00	1,00
Izolácia	1,20	0,80	1,35	1,00	1,00
Štrkové lôžko	1,30	0,70	1,35	1,00	1,00
Zvršok	1,00		1,35	1,00	1,00
PHS	1,00		1,35	1,00	1,00
Trakcia	1,00		1,35	1,00	1,00

5.4.1.2 Skupiny zaťažení od železničnej dopravy „Q“

tab. 3 Skupiny zaťaženie železničnou dopravou

Železničné zaťaženie		Súčinitele				Uvažované alternatívy skupín	
		α	δ	f	γ_F		
LM71	Q_v	1,21	δ	-	1,45	1	1
	Q_t		-	1,0		0,5	1
	Q_s			-		0,5	1
	Q_{la}/Q_{lb}			-		1	0,5
SW/0	Q_v	1,21	δ	-	1,45	1	1
	Q_t		-	1,0		0,5	1
	Q_s			-		0,5	1
	Q_{la}/Q_{lb}			-		1	0,5
SW/2	Q_v	1,0	δ	-	1,2	1	1
	Q_t		-	1,0		0,5	1
	Q_s			-		0,5	1
	Q_{la}/Q_{lb}			-		1	0,5

Pre medzné stavy použiteľnosti platia rovnaké pravidlá, len $\gamma_F=1,00$.

5.4.1.3 Kombinácie s ostatnými zaťaženiami

Pri kombinácií s ostatnými zaťaženiami platilo pravidlo, že dominantným zaťažením je zaťaženie železničnou dopravou. Teda platilo:

$$„G“ + „Q“ + \psi_{0,vietor} \cdot \gamma_F \cdot VIETOR + \psi_{0,lávka} \cdot \gamma_F \cdot LÁVKA$$

$$„G“ + „Q“ + 0,75 \cdot 1,5 \cdot VIETOR + 0,8 \cdot 1,5 \cdot LÁVKA$$

Kde za „G“ a „Q“ je potrebné dosadiť jednu z alternatív uvedenú v tabuľkách tab. 2 a tab. 3.

5.4.2 Vnútorne sily

Výpis vnútorných síl neuvádzame, nakoľko je to obrovské množstvo dát. Výsledné vnútorné sily a deformácie rozhodujúce pre posúdenie sú vždy použité pri konkrétnych posudkoch.

5.5 Posúdenie hlavných nosníkov

5.5.1 Posúdenie prierezu – „KRAJNÝ“ prierez

5.5.1.1 Vstupné údaje a vnútorné sily

tab. 4 Vnútorne sily rozhodujúce pre posúdenie krajných polí – krajný nosník

Zaťažovací stav		N _{yk}	V _{yk}	V _{zk}	M _{yk}	M _{zk}	γ _F	δ	α	f	ψ ₀	N _{sd}	V _{sd}	V _{zd}	M _{sd}	M _{zd}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g ₁	v. tiaž konštrukcie (generovaná)	12,93	1,04	103,20	3221,71	2,28	1,35	-	-	-	-	17,46	1,40	139,32	4349,31	3,08
	tiaž dobetónovania rímsov	4,03	1,30	26,84	998,94	2,78	1,35	-	-	-	-	5,44	1,76	36,23	1348,57	3,75
g ₂	tiaž kompozitu	0,11	0,01	1,15	30,18	0,04	1,35	-	-	-	-	0,15	0,01	1,55	40,74	0,05
	tiaž zábradlia	0,18	0,06	1,29	44,39	0,12	1,35	-	-	-	-	0,24	0,08	1,74	59,93	0,16
	tiaž izolácie	1,06	0,16	11,12	346,90	0,35	1,35	-	-	-	-	1,43	0,22	15,01	468,32	0,47
	tiaž štrkového lôžka	10,10	1,57	106,02	3308,27	3,35	1,35	-	-	-	-	13,64	2,12	143,13	4466,16	4,52
	tiaž zvršku	1,15	0,20	6,24	185,73	0,14	1,35	-	-	-	-	1,55	0,27	8,42	250,74	0,19
	pokles podpier	8,50	0,07	40,11	949,27	0,29	1,35	-	-	-	-	11,48	0,09	54,15	1281,51	0,39
	trakcia	29,22	2,26	3,59	39,42	2,51	1,35	-	-	-	-	39,45	3,05	4,85	53,22	3,39
	Σ g ₂	54,35	5,63	196,36	5903,10	9,58						73,37	7,60	265,09	7969,19	12,93
	zvislé účinky LM71	54,65	0,96	0,36	6403,32	2,21	1,45	1,15	1,21	-	-	110,27	1,94	0,73	12919,82	4,46
	brzdne a rozjazdové sily LM71	613,43	9,49	0,25	148,07	25,97	1,45	-	1,21	-	-	1076,26	16,65	0,44	259,79	45,56
q	zvislé účinky SW/0	45,99	0,30	25,64	5734,73	2,21	1,45	1,15	1,21	-	-	92,79	0,61	51,73	11570,82	4,46
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	211,07	10,44	0,07	15,97	9,58	1,45	-	1,21	-	-	370,32	18,32	0,12	28,02	16,81
	bočné rázy	84,39	15,52	0,23	157,18	60,78	1,45	-	1,21	-	-	148,06	27,23	0,40	275,77	106,64
	zvislé účinky SW/2	65,87	0,31	46,91	7804,24	2,43	1,20	1,15	-	-	-	90,90	0,43	64,74	10769,85	3,35
	brzdne a rozjazdové sily SW/2	235,49	11,13	0,09	27,87	10,87	1,20	-	-	-	-	282,59	13,36	0,11	33,44	13,04
	bočné rázy	84,39	15,52	0,23	157,18	60,78	1,20	-	-	-	-	101,27	18,62	0,28	188,62	72,94
	revízná lávka	2,51	0,02	1,19	241,82	0,49	1,50	-	-	-	0,8	3,01	0,02	1,43	290,18	0,59
	Σ q															
	vektor na mostovku	67,57	11,84	3,77	201,55	46,18	1,50	-	-	-	0,75	76,02	13,32	4,24	226,74	51,95
	vektor na pás pohyblivého zaťaženia	100,20	41,41	7,78	662,67	68,72	1,50	-	-	-	0,75	112,73	46,59	8,75	745,50	77,31
w	Σ w	167,77	53,25	11,55	864,22	114,90						188,74	59,91	12,99	972,25	129,26

tab. 5 Vnútorne sily rozhodujúce pre posúdenie krajných polí – vnútorný nosník

Zaťažovací stav		N _{yk}	V _{yk}	V _{zk}	M _{yk}	M _{zk}	γ _F	δ	α	f	ψ ₀	N _{sd}	V _{sd}	V _{zd}	M _{sd}	M _{zd}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g ₁	v. tiaž konštrukcie (generovaná)	20,30	0,37	95,78	2128,01	0,51	1,35	-	-	-	-	27,41	0,50	129,30	2872,81	0,69
	tiaž dobetónovania rímsov	10,35	0,53	1,05	-163,18	0,79	1,35	-	-	-	-	13,97	0,72	1,42	-220,29	1,07
g ₂	tiaž kompozitu	0,26	0,01	0,95	32,23	0,10	1,35	-	-	-	-	0,35	0,01	1,28	43,51	0,14
	tiaž zábradlia	0,45	0,03	0,02	-7,14	0,04	1,35	-	-	-	-	0,61	0,04	0,03	-9,64	0,05
	tiaž izolácie	2,32	0,06	9,07	194,39	0,07	1,35	-	-	-	-	3,13	0,08	12,24	262,43	0,09
	tiaž štrkového lôžka	22,15	0,55	86,46	1853,84	0,69	1,35	-	-	-	-	29,90	0,74	116,72	2502,68	0,93
	tiaž zvršku	0,93	0,01	6,76	158,66	0,03	1,35	-	-	-	-	1,26	0,01	9,13	214,19	0,04
	pokles podpier	6,81	0,01	47,47	873,22	0,07	1,35	-	-	-	-	9,19	0,01	64,08	1178,85	0,09
	trakcia	17,33	0,65	1,09	5,25	0,05	1,35	-	-	-	-	23,40	0,88	1,47	7,09	0,07
	Σ g ₂	60,60	1,85	152,87	2947,27	1,84						81,81	2,50	206,37	3979,81	2,48
	zvislé účinky LM71	41,53	0,64	6,75	5121,23	0,84	1,45	1,15	1,21	-	-	83,79	1,29	13,62	10332,98	1,69
	brzdne a rozjazdové sily LM71	449,06	3,35	0,01	124,72	1,44	1,45	-	1,21	-	-	787,88	5,88	0,02	218,82	2,53
q	zvislé účinky SW/0	33,44	0,51	32,26	4536,98	0,96	1,45	1,15	1,21	-	-	67,47	1,03	65,09	9154,15	1,94
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	152,55	7,04	0,04	17,96	0,48	1,45	-	1,21	-	-	267,65	12,35	0,07	31,51	0,84
	bočné rázy	107,72	4,42	0,14	-131,59	8,64	1,45	-	1,21	-	-	188,99	7,75	0,25	-230,87	15,16
	zvislé účinky SW/2	49,98	0,54	55,26	6614,37	0,93	1,20	1,15	-	-	-	68,97	0,75	78,26	9127,83	1,28
	brzdne a rozjazdové sily SW/2	169,65	7,43	0,06	29,11	0,51	1,20	-	-	-	-	203,58	8,92	0,07	34,93	0,61
	bočné rázy	107,72	4,42	0,14	-131,59	8,64	1,20	-	-	-	-	129,26	5,30	0,17	-157,91	10,37
	revízná lávka	1,59	0,06	1,34	225,97	0,17	1,50	-	-	-	0,8	1,91	0,07	1,61	271,16	0,20
	Σ q															
	vektor na mostovku	86,24	3,34	10,04	540,75	4,51	1,50	-	-	-	0,75	97,02	3,76	11,30	608,34	5,07
	vektor na pás pohyblivého zaťaženia	123,43	11,83	11,06	610,85	6,39	1,50	-	-	-	0,75	138,86	13,31	12,44	687,21	7,19
w	Σ w	209,67	15,17	21,10	1151,60	10,90						235,88	17,07	23,74	1295,55	12,26

tab. 6 Vnútorne sily rozhodujúce pre posúdenie krajného prierezu krajných polí

Zaťažovací stav		N _{yk}	V _{yk}	V _{zk}	M _{yk}	M _{zk}	γ _F	δ	α	f	w ₀	N _{xd}	V _{xd}	V _{zd}	M _{xd}	M _{zd}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g ₁	vl. tiaž konštrukcie (generovaná)	75,96	16,34	476,94	28,39	7,69	1,35	-	-	-	-	102,55	22,06	643,87	38,33	10,38
g ₂	tiaž dobetónovania rýmsy	5,24	21,58	112,11	60,37	23,41	1,35	-	-	-	-	7,07	29,13	151,35	81,50	31,60
	tiaž kompozitu	0,55	0,13	3,68	0,17	0,07	1,35	-	-	-	-	0,74	0,18	4,97	0,23	0,09
	tiaž PHS	1,97	4,33	19,30	10,53	4,08	1,35	-	-	-	-	2,66	5,85	26,06	14,22	5,51
	tiaž izolácie	7,44	1,80	46,47	3,53	0,88	1,35	-	-	-	-	10,04	2,43	62,73	4,77	1,19
	tiaž štrkového lôžka	77,24	18,66	482,28	36,67	9,09	1,35	-	-	-	-	104,27	25,19	651,08	49,50	12,27
	tiaž zvršku	5,22	4,26	38,04	11,48	3,60	1,35	-	-	-	-	7,05	5,75	51,35	15,50	4,86
	pokles podpier	10,02	1,69	55,43	3,42	0,32	1,35	-	-	-	-	13,53	2,28	74,83	4,62	0,43
	trakcia	0,12	0,27	0,66	0,91	0,30	1,35	-	-	-	-	0,16	0,36	0,89	1,23	0,41
	Σ g ₂	107,80	52,72	757,97	127,08	41,75						145,53	71,17	1023,26	171,56	56,36
	zvislé účinky LM71	190,91	222,95	1460,02	560,18	171,25	1,45	1,15	1,21	-	-	385,19	449,84	2945,85	1130,26	345,53
q	odstredivá sila LM71	14,87	105,20	85,16	48,97	19,15	1,45	-	1,21	0,811	-	21,16	149,69	121,17	69,68	27,25
	brzdne a rozjazdové sily LM71	5,07	21,94	16,88	1,42	1,77	1,45	-	1,21	-	-	8,90	38,49	29,62	2,49	3,11
	zvislé účinky SW/0	142,29	125,04	1039,47	319,60	96,18	1,45	1,15	1,21	-	-	287,09	252,29	2097,31	644,85	194,06
	odstredivá sila SW/0	14,29	48,89	79,35	41,50	16,22	1,45	-	1,21	0,811	-	20,33	69,57	112,91	59,05	23,08
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	3,08	14,31	11,80	1,68	0,85	1,45	-	1,21	-	-	5,40	25,11	20,70	2,95	1,49
	bočné rázy	9,42	57,44	25,83	1,71	9,62	1,45	-	1,21	-	-	16,53	100,78	45,32	3,00	16,88
	zvislé účinky SW/2	88,60	149,25	1411,79	522,44	158,63	1,20	1,15	-	-	-	122,27	205,97	1948,27	720,97	218,91
	odstredivá sila SW/2	5,63	45,36	34,35	25,24	9,13	1,20	-	-	1	-	6,76	54,43	41,22	30,29	10,96
	brzdne a rozjazdové sily SW/2	5,06	20,31	18,51	1,71	1,91	1,20	-	-	-	-	6,07	24,37	22,21	2,05	2,29
	bočné rázy	9,42	57,44	25,83	1,71	9,62	1,20	-	-	-	-	11,30	68,93	31,00	2,05	11,54
	revízna lávka	6,71	1,07	44,06	2,20	0,77	1,50	-	-	-	-	8,05	1,28	52,87	2,64	0,92
	Σ q															
	vektor na mostovku	12,12	31,58	15,17	8,82	4,50	1,50	-	-	-	0,75	13,64	35,53	17,07	9,92	5,06
	vektor na pás pohyblivého zaťaženia	7,39	37,64	60,08	52,89	18,24	1,50	-	-	-	0,75	8,31	42,35	67,59	59,50	20,52
w	Σ w	19,51	69,22	75,25	61,71	22,74	3,00					21,95	77,87	84,66	69,42	25,58

Betón: **C35/45** Oceľ: **S355**
 $f_{ck} = 35$ MPa $f_{yk} = 355$ MPa $f_u = 510$ MPa $t \leq 40$ mm
 $\epsilon_{cu3} = 3,5$ ‰ $f_{yk} = 335$ MPa $f_{uk} = 470$ MPa $40 < t \leq 80$ mm
 $f_{ctm} = 3,2$ MPa $E_s = 210$ GPa
 $f_{ctk\ 0,05} = 2,2$ MPa
 $E_{cm} = 34$ GPa

Betonárska výstuž: **B 500B** Súčinitele spoľahlivosti:
 $f_{yk} = 500$ MPa $\gamma_s = 1,15$
 $E_s = 200$ GPa $\gamma_c = 1,5$
 $\gamma_M = 1$

Ekvivalentné rozpätie a spolupôsobiaci šírka dosky v poli:

$L_e = 26,775$ m
 $b_o = 0,475$ m $b_{e1} = 1,113$ m
 $\beta_i = 1,000$ $b_{e2} = 1,563$ m
 $b_{eff} = b_o + \Sigma \beta_i \cdot b_{ei} = 3,150$ m

Ekvivalentné rozpätie a spolupôsobiaci šírka dosky v mieste nadpodperového priečnika:

$L_e = 26,775$ m $\beta_2 = 1,000$
 $b_o = 0,975$ m $b_{e1} = 0,863$ m
 $\beta_1 = 1,000$ $b_{e2} = 1,313$ m
 $b_{eff} = b_o + \Sigma \beta_i \cdot b_{ei} = 3,150$ m

Prierezové charakteristiky betónovej dosky:

$h_c = 0,4$ m $h_c = 0,5$ m
 $A_c = 1,26000$ m² $A_c = 1,57500$ m²
 $I_c = 0,01680$ m⁴ $I_c = 0,03281$ m⁴

Prierezové charakteristiky oceľového nosníka:

$b_{f1} = 0,5$ m $A = 0,13280$ m² $h_1 = 2,07$ m
 $t_{f1} = 0,05$ m $e = 0,301$ m $h_2 = 0,62$ m
 $b_{f2} = 0,9$ m $Z_{3a} = 1,69620$ m $W_{pl,y,a} = 0,13417$ m³
 $t_{f2} = 0,06$ m $Z_{4a} = 1,10380$ m
 $t_w = 0,02$ m $I_y = 0,16943$ m⁴
 $h_w = 2,69$ m $W_{y3a} = 0,09989$ m³
 $W_{y4a} = 0,15350$ m³

Prierezové charakteristiky zníženého oceľového nosníka v mieste nadpodperového priečnika:

$b_{f1} =$	1 m	$A =$	0,17380 m ²	$h_1 =$	1,845 m
$t_{f1} =$	0,05 m	$e =$	0,169 m	$h_2 =$	0,745 m
$b_{f2} =$	1,2 m	$Z_{3a} =$	1,51416 m	$W_{pl,y,a} =$	0,18889 m ³
$t_{f2} =$	0,06 m	$Z_{4a} =$	1,18584 m		
$t_w =$	0,02 m	$I_y =$	0,23754 m ⁴		
$h_w =$	2,59 m	$W_{y3a} =$	0,15688 m ³		
		$W_{y4a} =$	0,20031 m ³		

5.5.1.2 Plastické posúdenie prierezu pri extrémnom zaťažení

Plastické posúdenie prierezu od extrémneho zaťaženia na šmyk v kombinácii pre M:

Pozdĺžna výstuha:

$b_{st1} =$	0 m	$y =$	0,000 m		
$t_{st1} =$	0 m	$I_{sl,y} =$	0,00000000 m ⁴		
15.ε. $t_w =$	0,24408 m	$I_{sl,z} =$	0,00000000 m ⁴		
$a =$	2,5 m				
$k_{\tau sl,min} = 2, 1/t \cdot (I_{sl,z}/h_w)^{1/3} =$	0,000	$k_{\tau} = 5,34 + 4/a^2 + k_{\tau sl} =$	9,971		
$k_{\tau sl} = 9 \cdot (h_w/a)^2 \cdot (I_{sl,z}/(t^3 \cdot h_w))^{3/4} =$	0,000	$k_{\tau} = 4 + 5,34/a^2 + k_{\tau sl} =$	10,183		
$\alpha = a/h_w =$	0,929	$k_{\tau} =$	10,183		
$\lambda = h_w/t_w =$	134,500	$f_{yw} =$	355 MPa		
$\sigma_E = 190000/\lambda^2 =$	10,503 MPa	$\tau_{cr} = k_{\tau} \cdot \sigma_E =$	106,946 MPa		
$\lambda_w = 0,76 \cdot (f_y d / \tau_{cr})^{0,5} =$	1,385	$\eta =$	1		
$\lambda_w \leq 0,83/\eta =$	0,83	$\rightarrow \chi_w = \eta =$	1,000		
$\lambda_w < 1,08$	<1,08	$\rightarrow \chi_w = 0,83/\lambda_w =$	0,599	$\rightarrow \chi_w =$	0,895
$\lambda_w \geq 1,08$	>1,08	$\rightarrow \chi_w = 1,37/(0,7 + \lambda_w) =$	0,895		
$V_{pl,Rd} = \chi_w \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_{yd} / (3)^{1/2} =$	9,874 MN				
$0,5 \cdot V_{pl,Rd} =$	4,937 MN				
$V_{Ed} =$	0,471 MN				Nie je potrebné redukovať M _{pl,Rd}
$\rho = (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 =$	0,0000				
$x =$	0,269 m				Neutrálna os v nosníku
$M_{pl,Rd} =$	57,710 MN				
$M_{Ed} =$	26,906 MN				
$M_{Ed}/M_{pl,Rd} =$	0,466	<	1		vyhovuje

5.5.1.3 Posúdenie šmyku na zníženie výšky steny v mieste nadpodperového priečnika

Pozdĺžna výstuha:

$b_{st1} =$	0 m	$y =$	0,000 m		
$t_{st1} =$	0 m	$I_{sl,y} =$	0,00000000 m ⁴		
15.ε. $t_w =$	0,24408 m	$I_{sl,z} =$	0,00000000 m ⁴		
$a =$	2 m				
$k_{\tau sl,min} = 2, 1/t \cdot (I_{sl,z}/h_w)^{1/3} =$	0,000	$k_{\tau} = 5,34 + 4/a^2 + k_{\tau sl} =$	12,048		
$k_{\tau sl} = 9 \cdot (h_w/a)^2 \cdot (I_{sl,z}/(t^3 \cdot h_w))^{3/4} =$	0,000	$k_{\tau} = 4 + 5,34/a^2 + k_{\tau sl} =$	12,955		
$\alpha = a/h_w =$	0,772	$k_{\tau} =$	12,955		
$\lambda = h_w/t_w =$	129,500	$f_{yw} =$	355 MPa		

$$\begin{aligned} \sigma_E &= 190000/\lambda^2 = & \mathbf{11,318 \text{ MPa}} & \tau_{cr} = k \tau \cdot \sigma_E = & \mathbf{146,624 \text{ MPa}} \\ \lambda_w &= 0,76 \cdot (f_{yd}/\tau_{cr})^{0,5} = & \mathbf{1,183} & \eta = & \mathbf{1} \\ \lambda_w \leq 0,83/\eta = & \mathbf{0,83} & \rightarrow \chi_w = \eta = & \mathbf{1,000} \\ \lambda_w < 1,08 & < \mathbf{1,08} & \rightarrow \chi_w = 0,83/\lambda_w = & \mathbf{0,702} & \rightarrow \chi_w = & \mathbf{0,895} \\ \lambda_w \geq 1,08 & > \mathbf{1,08} & \rightarrow \chi_w = 1,37/(0,7 + \lambda_w) = & \mathbf{0,895} \\ V_{pl,Rd} &= \chi_w \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_{yd}/(3)^{1/2} = & \mathbf{9,507 \text{ MN}} & V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \\ V_{Ed} &= & \mathbf{3,699 \text{ MN}} & \mathbf{vyhovuje} \end{aligned}$$

5.5.1.4 Pružnostné posúdenie prierezu pri prevádzkovom zaťažení

Dotvarovanie betónu:

$$\begin{aligned} A_c &= & \mathbf{1,260 \text{ m}^2} \\ U &= & \mathbf{6,200 \text{ m}} \\ h_0 &= 2 \cdot A_c / U = & \mathbf{0,406 \text{ m}} \\ \text{realitná vlhkosť prostredia} & RH = & \mathbf{80 \%} \\ \text{začiatok pôsobenia 2. časti stáleho zaťaženia} & T_0 = & \mathbf{60 \text{ dní}} \\ \text{čas spustenia do prevádzky} & T_1 = & \mathbf{100 \text{ dní}} \\ \text{predpokladaná životnosť mosta} & T_2 = & \mathbf{36525 \text{ dní}} \\ & T_1 - T_0 = & \mathbf{40 \text{ dní}} \\ & T_2 - T_0 = & \mathbf{36465 \text{ dní}} \\ & f_{cm} = f_{ck} + 8 = & \mathbf{43 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

súčinitele na uvažovanie vplyvu pevnosti betónu:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= (35/f_{cm})^{0,7} = & \mathbf{0,866} \\ \alpha_2 &= (35/f_{cm})^{0,2} = & \mathbf{0,960} \\ \alpha_3 &= (35/f_{cm})^{0,5} = & \mathbf{0,902} \\ \beta_{H,1,2} &= 1,5 \cdot (1 + (0,012 \cdot RH)^{18}) \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3 = & \mathbf{1127,629} \\ & 1500 \cdot \alpha_3 = & \mathbf{1353,291} \end{aligned}$$

$\beta_{H,1,2} \leq 1500 \cdot \alpha_3$ Podmienka vyhovuje

Zaťaženie	dlhodobé				krátkodobé	
Vek betónu	Odní	60dní	100dní	36525dní	100dní	36525dní
$\phi(T, T_0)$ [-]	0	0	0,4656	1,269	0	0
$E_c(T)$ [MPa]	34000	34818	-	-	35222	36572
$E_{ci}(T)$ [MPa]	-	-	22840	14329	-	-
ψ_L [-]	0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,10
$n_0 = E_a/E_{ci}(T)$ [-]	6,176	6,031	9,195	14,656	5,962	5,742
$n = n_0(1 + \psi_L \cdot \phi(T, T_0))$	6,176	6,031	13,903	35,120	5,962	5,742
A_a [m ²]	0,1328	0,1328	0,1328	0,1328	0,1328	0,1328
A_c/n [m ²]	0,2040	0,2089	0,0906	0,0359	0,2113	0,2194
$A_i = A_a + A_c/n$ [m ²]	0,3368	0,3417	0,2234	0,1687	0,3441	0,3522
I_a [m ⁴]	0,1694	0,1694	0,1694	0,1694	0,1694	0,1694
a [m]	2,2523	2,2631	1,8729	1,5071	2,2683	2,2851
$a_c = A_a \cdot a / A_i$ [m]	0,8881	0,8795	1,1132	1,1866	0,8753	0,8615
$a_a = A_c \cdot a / (n \cdot A_i)$ [m]	1,3642	1,3836	0,7597	0,3206	1,3929	1,4236
$A_i \cdot a_c \cdot a_a$	0,4081	0,4158	0,1890	0,0642	0,4196	0,4320
I_c/n	0,0027	0,0028	0,0012	0,0005	0,0028	0,0029
I_i [m ⁴]	0,5802	0,5880	0,3596	0,2341	0,5918	0,6043
Z_1 [m]	1,0881	1,0795	1,3132	1,3866	1,0753	1,0615
$Z_2 = Z_3$ [m]	0,6881	0,6795	0,9132	0,9866	0,6753	0,6615
Z_4 [m]	2,4680	2,4873	1,8635	1,4244	2,4967	2,5273

$$\begin{aligned}\beta_{(T_0)} &= 1 / (0,1 + T_0^{0,2}) = & \mathbf{0,422} \\ \beta_c(T_1, T_0) &= ((T_1 - T_0) / (\beta_H + T_1 - T_0))^{0,3} = & \mathbf{0,363} \\ \beta_c(T_2, T_0) &= ((T_2 - T_0) / (\beta_H + T_2 - T_0))^{0,3} = & \mathbf{0,991} \\ \beta_{(f_{cm})} &= 16,8 / (f_{cm})^{0,5} = & \mathbf{2,562} \\ \phi_{RH} &= (1 + (1 - RH / 100) / (0,1 \cdot h_0^{1/3})) \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 = & \mathbf{1,184} \\ \phi_0 &= \phi_{RH} \cdot \beta_{(f_{cm})} \cdot \beta_{(T_0)} = & \mathbf{1,281} \\ \phi(T_1, T_0) &= \phi_0 \cdot \beta_c(T_1, T_0) = & \mathbf{0,466} \\ \phi(T_2, T_0) &= \phi_0 \cdot \beta_c(T_2, T_0) = & \mathbf{1,269} \\ \chi(t, t_0) &= & \mathbf{1,1}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta_{cc}(T) &= \exp[s(1 - (28/T)^{0,5})] & f_{cm}(T) &= \beta_{cc}(T) \cdot f_{cm} & E_c(T_0) &= E_{cm}(f_{cm}(T)/f_{cm})^{0,3} \\ E_{c,i}(T) &= E_{T_0} / (1 + E_{(T_0)} \cdot \chi(T, T_0) \cdot \phi(T, T_0) / E_{cm})\end{aligned}$$

Výpočet normálových napätí:

$$\begin{aligned}M_{g1} &= \mathbf{3,222 \text{ MN}} \\ M_{g2} &= \mathbf{5,903 \text{ MN}} \\ M_p &= \mathbf{9,432 \text{ MN}} & M_w &= \mathbf{0,864 \text{ MN}}\end{aligned}$$

Napätia od 1. časti stáleho zaťaženia:

$$\begin{aligned}\sigma_3 &= -M_{g1} / W_{3a} = \mathbf{-32,253 \text{ MPa}} & \text{vyhovuje} \\ \sigma_4 &= M_{g1} / W_{4a} = \mathbf{32,253 \text{ MPa}} & \text{vyhovuje}\end{aligned}$$

Napätia od 2. časti stáleho zaťaženia:

$$\begin{aligned}T_0 &= 60 \text{ dní} \\ \sigma_1^{T_0} &= -M_{g2} \cdot Z_1 / (I_i \cdot n) = \mathbf{-1,797 \text{ MPa}} & \text{vyhovuje} \\ \sigma_2^{T_0} &= -M_{g2} \cdot Z_2 / (I_i \cdot n) = \mathbf{-1,131 \text{ MPa}} & \text{vyhovuje} \\ \sigma_3^{T_0} &= -M_{g2} \cdot Z_3 / I_i = \mathbf{-6,822 \text{ MPa}} & \text{vyhovuje} \\ \sigma_4^{T_0} &= M_{g2} \cdot Z_4 / I_i = \mathbf{24,970 \text{ MPa}} & \text{vyhovuje}\end{aligned}$$

Účinky dotvarovania betónu od 2. časti stáleho zaťaženia:

$$\begin{aligned}T_1 &= 100 \text{ dní} & T_2 &= 36525 \text{ dní} \\ \xi &= 1 - \phi(T, T_0) \cdot E_{c,i,T} / E_{cm} = & \mathbf{0,687} & \mathbf{0,465} \\ N &= A_c \cdot (\sigma_1^{T_0} + \sigma_2^{T_0}) / 2 = & \mathbf{-1,845 \text{ MN}} & \mathbf{-1,845 \text{ MN}} \\ M &= -(\sigma_1^{T_0} - \sigma_2^{T_0}) \cdot I_c / (0,5 \cdot h_c) = & \mathbf{0,056 \text{ MNm}} & \mathbf{0,056 \text{ MNm}} \\ N_I &= N \cdot \xi = & \mathbf{-1,268 \text{ MN}} & \mathbf{-0,858 \text{ MN}} \\ M_I &= M \cdot \xi = & \mathbf{0,038 \text{ MNm}} & \mathbf{0,026 \text{ MNm}} \\ \sigma_{1,I} &= \sigma_1^{T_0} \cdot \xi = & \mathbf{-1,235 \text{ MPa}} & \mathbf{-0,836 \text{ MPa}} \\ \sigma_{2,I} &= \sigma_2^{T_0} \cdot \xi = & \mathbf{-0,777 \text{ MPa}} & \mathbf{-0,526 \text{ MPa}} \\ N_{II} &= N \cdot (1 - \xi) = & \mathbf{-0,577 \text{ MN}} & \mathbf{-0,987 \text{ MN}} \\ M_{II} &= M \cdot (1 - \xi) = & \mathbf{0,017 \text{ MNm}} & \mathbf{0,030 \text{ MNm}} \\ \sigma_{1,II} &= (N_{II} / A_i - (M_{II} + N_{II} \cdot a_c) \cdot Z_1 / I_i) / n = & \mathbf{-0,022 \text{ MPa}} & \mathbf{-0,037 \text{ MPa}} \\ \sigma_{2,II} &= (N_{II} / A_i - (M_{II} + N_{II} \cdot a_c) \cdot Z_2 / I_i) / n = & \mathbf{-0,072 \text{ MPa}} & \mathbf{-0,122 \text{ MPa}} \\ \sigma_{3,II} &= N_{II} / A_i - (M_{II} + N_{II} \cdot a_c) \cdot Z_3 / I_i = & \mathbf{-0,995 \text{ MPa}} & \mathbf{-1,919 \text{ MPa}} \\ \sigma_{4,II} &= N_{II} / A_i + (M_{II} + N_{II} \cdot a_c) \cdot Z_4 / I_i = & \mathbf{-5,819 \text{ MPa}} & \mathbf{-9,954 \text{ MPa}} \\ \sigma_1' &= \sigma_{1,I} + \sigma_{1,II} = & \mathbf{-1,256 \text{ MPa}} & \mathbf{-0,873 \text{ MPa}} \\ \sigma_2' &= \sigma_{2,I} + \sigma_{2,II} = & \mathbf{-0,849 \text{ MPa}} & \mathbf{-0,648 \text{ MPa}} \\ \sigma_3' &= \sigma_3^{T_0} + \sigma_{3,II} = & \mathbf{-7,817 \text{ MPa}} & \mathbf{-8,741 \text{ MPa}} \\ \sigma_4' &= \sigma_4^{T_0} + \sigma_{4,II} = & \mathbf{19,151 \text{ MPa}} & \mathbf{15,016 \text{ MPa}}\end{aligned}$$

Účinky zmrašťovania betónu:

$$\begin{aligned}A_c &= \mathbf{1,260 \text{ m}^2} \\ U &= \mathbf{6,200 \text{ m}}\end{aligned}$$

	$h_0=2 \cdot A_c/U=$	0,406 m
realitná vlhkosť prostredia	$RH=$	80 %
začiatok pôsobenia 2. časti stáleho zaťaženia	$T_0=$	60 dní
čas spustenia do prevádzky	$T_1=$	100 dní
predpokladaná životnosť mosta	$T_2=$	36525 dní
doba ošetrovania betónu po betonáži	$T_s=$	3 dní
	$T_1-T_s=$	97 dní
	$T_2-T_s=$	36522 dní

Dotvarovanie od zmrašťovania:

$$\beta_{H,1,2}=1,5 \cdot (1+(0,012 \cdot RH)^{18}) \cdot h_0+250 \cdot \alpha_3= \mathbf{1127,629}$$

$$1500 \cdot \alpha_3= \mathbf{1353,291}$$

$$\beta_{H,1,2} \leq 1500 \cdot \alpha_3 \text{ Podmienka vyhovuje}$$

$$\beta_{(T_s)}=1/(0,1+T_s^{0,2})= \mathbf{0,743}$$

$$\beta_c(T_1, T_s)=((T_1-T_s)/(\beta_H+T_1-T_s))^{0,3}= \mathbf{0,467}$$

$$\beta_c(T_2, T_s)=((T_2-T_s)/(\beta_H+T_2-T_s))^{0,3}= \mathbf{0,991}$$

$$\beta_{(f_{cm})}=16,8/(f_{cm})^{0,5}= \mathbf{2,562}$$

$$\phi_{RH}=(1+(1-RH/100)/(0,1 \cdot h_0^{1/3})) \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2= \mathbf{1,184}$$

$$\phi_0=\phi_{RH} \cdot \beta_{(f_{cm})} \cdot \beta_{(T_s)}= \mathbf{2,254}$$

$$\phi(T_1, T_s)=\phi_0 \cdot \beta_c(T_1, T_s)= \mathbf{1,053}$$

Zaťaženie	Zmrašťovanie		
Vek betónu	3dní	100dní	36525dní
$\varepsilon_{cd}(T)$	0	0,00010	0,00010
$\phi(T, T_s)$	0	1,053	2,234
$E(T)$ [MPa]	36572	0	0
$E_{ci}(T)$ [MPa]	0	22531	15754
ψ_L [-]	0,55	0,55	0,55
$n_0=E_a/E_{ci}(T)$ [-]	5,742	9,321	13,330
$n=n_0(1+\psi_L \cdot \phi(T, T_s))$	5,742	14,721	29,705
A_a [m ²]	0,1328	0,1328	0,1328
A_c/n [m ²]	0,2194	0,0856	0,0424
$A_i=A_a+A_c/n$ [m ²]	0,3522	0,2184	0,1752
I_a [m ⁴]	0,1694	0,1694	0,1694
a [m]	2,2851	1,8470	1,5628
$a_c=A_a \cdot a/I_i$ [m]	0,8615	1,1231	1,1845
$a_a=A_c \cdot a/(n \cdot A_i)$ [m]	1,4236	0,7239	0,3783
$A_i \cdot a_c \cdot a_a$	0,4320	0,1775	0,0785
I_c/n	0,0029	0,0011	0,0006
I_i [m ⁴]	0,6043	0,3481	0,2485
Z_1 [m]	1,0615	1,3231	1,3845
$Z_2=Z_3$ [m]	0,6615	0,9231	0,9845
Z_4 [m]	2,5273	1,8277	1,4821
$\sigma_{cd}=\varepsilon_{cd}(T) \cdot E_{ci}(T)$ [MPa]	0	2,3051	1,6120
$N_{sh}=\sigma_{cd} \cdot A_c$ [MN]	0	2,9044	2,0311
$M_{sh}=N_{sh} \cdot a_c$ [MNm]	0	3,2620	2,4058
$\sigma_{1,sh}$ [MPa]	0	0,5595	0,7706
$\sigma_{2,sh}$ [MPa]	0	0,8141	0,9009
$\sigma_{3,sh}$ [MPa]	0	-21,9488	-21,1226
$\sigma_{4,sh}$ [MPa]	0	30,4248	25,9400

$$\phi(T_2, T_s) = \phi_0 \cdot \beta_c(T_2, T_s) = \mathbf{2,234}$$

$$\chi(t, t_s) = \mathbf{0,55}$$

Pomerné pretvorenie vyvolané zmrašťovaním:

$$\beta_{RH} = 1,55 \cdot [1 - (RH/RH_0)^3] = \mathbf{0,756}$$

$$\beta_{s1}(T_1, T_s) = (T_1 - T_s) / ((T_1 - T_s) + 0,04 \cdot (h_0^3)^{0,5}) = \mathbf{0,99989}$$

$$\beta_{s2}(T_2, T_s) = (T_2 - T_s) / ((T_2 - T_s) + 0,04 \cdot (h_0^3)^{0,5}) = \mathbf{1,00000}$$

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 \cdot ((220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot e^{(-\alpha_{ds2} \cdot f_{cm} / f_{cm0})}) \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} = \mathbf{0,00014}$$

$$k_h = \mathbf{0,723}$$

$$\varepsilon_{cd}(T_1) = \beta_{s1}(T_1, T_s) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0} = \mathbf{0,00010}$$

$$\varepsilon_{cd}(T_2) = \beta_{s2}(T_1, T_s) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0} = \mathbf{0,00010}$$

Sekundárne účinky dotvarovania a zmrašťovania betónu (spojitá konštrukcia):

Vstupy pre výpočet sekundárnych účinkov:

	T= 100dní			T= 36525dní		
	M_i	I_i	natočenie Δ	M_i	I_i	natočenie Δ
	[MN/m]	[m ⁴]	[rad/m]	[MN/m]	[m ⁴]	[rad/m]
dotvarovanie	0,6597	0,3596	8,74E-06	1,2007	0,2341	2,44E-05
zmrašťovanie	3,2620	0,3481	4,46E-05	2,4058	0,2485	4,61E-05
		$\Delta T=60$ [rad/m]	5,34E-05		$\Delta T=36525$ [rad/m]	7,05E-05

Vnútročné sily od zaťaženia natočením Δ :

		T= 100dní		T= 36525dní	
		dotvar.	zmrašť.	dotvar.	zmrašť.
$M_{\Delta \text{sek. úč.}}$	[MNm]	0,1165	0,5944	0,3252	0,6144
$V_{\Delta \text{sek. úč.}}$	[MN]	0,0078	0,0399	0,0218	0,0412
$N_{\Delta \text{sek. úč.}}$	[MN]	0,0027	0,0135	0,0074	0,0140

Napätia od sekundárnych účinkov dotvarovania a zmrašťovania:

Sekundárne účinky		T= 100dní		T= 36525dní	
		dotvar.	zmrašť.	dotvar.	zmrašť.
A_i	[m ²]	0,2234	0,2184	0,0642	0,1752
I_i	[m ⁴]	0,3596	0,3481	0,2341	0,2485
n		13,9033	14,7208	35,1197	29,7053
a_c	[m]	1,1132	1,1231	1,1866	1,1845
z_1	[m]	1,3132	1,3231	1,3866	1,3845
$z_2=z_3$	[m]	0,9132	0,9231	0,9866	0,9845
z_4	[m]	1,8635	1,8277	1,4244	1,4821
σ_1	[MPa]	-0,0305	-0,1532	-0,0530	-0,1156
σ_2	[MPa]	-0,0210	-0,1056	-0,0368	-0,0815
σ_3	[MPa]	-0,2914	-1,5544	-1,2921	-2,4195
σ_4	[MPa]	0,6307	3,2623	2,1477	3,8426
$\sigma_{1,s.ú.}$	[MPa]	-0,1837		-0,1687	
$\sigma_{2,s.ú.}$	[MPa]	-0,1266		-0,1182	
$\sigma_{3,s.ú.}$	[MPa]	-1,8458		-3,7116	
$\sigma_{4,s.ú.}$	[MPa]	3,8930		5,9903	

Premenné zaťaženie: pohyblivé zaťaženie dopravou

Napätia od premenného zaťaženia - pohyblivé zaťaženie dopravou:

	T= 100dní	T= 36525dní
$\sigma_1 = -M_p^{\delta} \cdot z_1 / (I_i \cdot n) =$	-2,874 MPa	-2,885 MPa
$\sigma_2 = -M_p^{\delta} \cdot z_2 / (I_i \cdot n) =$	-1,805 MPa	-1,798 MPa
$\sigma_3 = -M_p^{\delta} \cdot z_3 / I_i =$	-10,762 MPa	-10,324 MPa

$$\sigma_4 = M_p \cdot Z_4 / I_i = 39,789 \text{ MPa} \quad 39,443 \text{ MPa}$$

Premenné zaťaženie: zaťaženie vetrom

Napätia od premenného zaťaženia - zaťaženie vetrom:

$$\begin{aligned} T &= 100 \text{ dní} & T &= 36525 \text{ dní} \\ \sigma_1 &= -M_w \cdot Z_1 / (I_i \cdot n) = -0,263 \text{ MPa} & -0,264 \text{ MPa} \\ \sigma_2 &= -M_w \cdot Z_2 / (I_i \cdot n) = -0,165 \text{ MPa} & -0,165 \text{ MPa} \\ \sigma_3 &= -M_w \cdot Z_3 / I_i = -0,986 \text{ MPa} & -0,946 \text{ MPa} \\ \sigma_4 &= M_w \cdot Z_4 / I_i = 3,646 \text{ MPa} & 3,614 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Premenné zaťaženie: účinky náhlej zmeny teploty

$$k_{sur} = 0,8$$

Ohrievanie konštrukcie:

$$\begin{aligned} h_0 &= 0,000 \text{ m} & \Delta T_0 &= 12,800 \text{ °C} & \varepsilon_{T,0} &= 1,536E-04 \\ h_1 &= 0,240 \text{ m} & \Delta T_1 &= 3,200 \text{ °C} & \varepsilon_{T,c} &= 2,743E-05 \\ h_c &= 0,400 \text{ m} & \Delta T_c &= 2,286 \text{ °C} & \sigma_{1,\Delta T} &= 5,222 \text{ MPa} \\ h_d &= 0,800 \text{ m} & \Delta T_d &= 0,000 \text{ °C} & \sigma_{2,\Delta T} &= 0,933 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Ochladzovanie konštrukcie:

$$\begin{aligned} h_0 &= 0,000 \text{ m} & \Delta T_0 &= -4,000 \text{ °C} & \varepsilon_{T,0} &= -4,800E-05 \\ h_1 &= 0,240 \text{ m} & \Delta T_1 &= 0,000 \text{ °C} & \varepsilon_{T,c} &= 0,000E+00 \\ h_c &= 0,400 \text{ m} & \Delta T_c &= 0,000 \text{ °C} & \sigma_{1,\Delta T} &= -1,632 \text{ MPa} \\ h_d &= 0,800 \text{ m} & \Delta T_d &= -6,400 \text{ °C} & \sigma_{2,\Delta T} &= 0,000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Zmena teploty	Ohrievanie		Ochladzovanie	
	100dní	36525dní	100dní	36525dní
E(T) [MPa]	35222	36572	35222	36572
E _{ci} (T) [MPa]	0	0	0	0
ψ_L [-]	0,55	0,55	0,55	0,55
$n_0 = E_a / E_{ci}(T)$ [-]	5,9622	5,7421	5,9622	5,7421
$n = n_0(1 + \psi_L \cdot \phi(T, T_s))$	5,9622	5,7421	5,9622	5,7421
A _a [m ²]	0,1328	0,1328	0,1328	0,1328
A _c /n [m ²]	0,2113	0,2194	0,2113	0,2194
A _i = A _a + A _c /n [m ²]	0,3441	0,3522	0,3441	0,3522
I _a [m ⁴]	0,1694	0,1694	0,1694	0,1694
a [m]	2,2683	2,2851	2,2683	2,2851
a _c = A _a · a / A _i [m]	0,8753	0,8615	0,8753	0,8615
a _a = A _c · a / (n · A _i) [m]	1,3929	1,4236	1,3929	1,4236
A _i · a _c · a _a	0,4196	0,4320	0,4196	0,4320
I _c /n	0,0028	0,0029	0,0028	0,0029
I _i [m ⁴]	0,5918	0,6043	0,5918	0,6043
Z ₁ [m]	1,0753	1,0615	1,0753	1,0615
Z ₂ = Z ₃ [m]	0,6753	0,6615	0,6753	0,6615
Z ₄ [m]	2,4967	2,5273	2,4967	2,5273
N' _{ΔT} [MN]	6,5802	6,5802	-2,0563	-2,0563
N'' _{ΔT} [MN]	0,5875	0,5875	0,0000	0,0000
M _{ΔT} [MNm]	6,3132	6,2144	-1,7999	-1,7716
σ _{1,sh} [MPa]	-0,1949	-0,2225	-0,0813	-0,0734
σ _{2,sh} [MPa]	-3,7691	-3,7960	1,3467	1,4565
σ _{3,sh} [MPa]	-22,8097	-21,9295	6,3972	8,3635
σ _{4,sh} [MPa]	-5,8046	-5,6388	1,6178	1,5707

Výsledné napätie v spriahnutom priereze - pružné štádium

napätie v čase	T=100dní			
zaťaženie	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
1.prvá časť stáleho zaťaženia g_1	0	0	-32,253	32,253
2.druhá časť stáleho zaťaženia g_2	-1,256	-0,849	-7,817	19,151
3.zmrašťovanie	0,559	0,814	-21,949	30,425
4.sekundárne účinky reológie	-0,184	-0,127	-1,846	3,893
5.pohyblivé zaťaženie	-2,874	-1,805	-10,762	39,789
6.zaťaženie vetrom	-0,263	-0,165	-0,986	3,646
7.zmena teploty-ohriatie	-0,195	-3,769	-22,810	-5,805
8.zmena teploty-ochladenie	-0,081	1,347	6,397	1,618
Kombi 1: 1+2+3+4	-0,881	-0,161	-63,865	85,722
Kombi 2: 1+2+3+4+5	-3,755	-1,966	-74,627	125,511
Kombi 3: 1+2+3+4+5+ ψ .6	-3,755	-1,966	-74,627	125,511
Kombi 4: 1+2+3+4+5+ ψ .6+ ψ .7	-4,069	-4,352	-89,052	125,511
Kombi 5: 1+2+3+4+5+ ψ .6+ ψ .8	-4,001	-1,282	-71,528	129,216
σ_v výsledne [MPa]	-4,069	-4,352	-89,052	129,216
medzné napätie [MPa]	29,75	29,75	355	335
	vyhovuje 13,68%	vyhovuje 14,63%	vyhovuje 25,09%	vyhovuje 38,57%
napätie v čase	T=36525dní			
zaťaženie	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
1.prvá časť stáleho zaťaženia g_1	0	0	-32,253	32,253
2.druhá časť stáleho zaťaženia g_2	-0,873	-0,648	-8,741	15,016
3.zmrašťovanie	0,771	0,901	-21,123	25,940
4.sekundárne účinky reológie	-0,169	-0,118	-3,712	5,990
5.pohyblivé zaťaženie	-2,885	-1,798	-10,324	39,443
6.zaťaženie vetrom	-0,264	-0,165	-0,946	3,614
7.zmena teploty-ohriatie	-0,222	-3,796	-21,930	-5,639
8.zmena teploty-ochladenie	-0,073	1,457	8,363	1,571
Kombi 1: 1+2+3+4	-0,271	0,134	-65,828	79,200
Kombi 2: 1+2+3+4+5	-3,156	-1,664	-76,152	118,643
Kombi 3: 1+2+3+4+5+ ψ .6	-3,156	-1,664	-76,152	118,643
Kombi 4: 1+2+3+4+5+ ψ .6+ ψ .7	-3,488	-4,065	-90,020	117,970
Kombi 5: 1+2+3+4+5+ ψ .6+ ψ .8	-3,398	-0,913	-71,844	122,296
σ_v výsledne [MPa]	-3,488	-4,065	-90,020	122,296
medzné napätie [MPa]	29,75	29,75	355	335
	vyhovuje 11,72%	vyhovuje 13,66%	vyhovuje 25,36%	vyhovuje 36,51%

5.5.1.5 Návrh a posúdenie prvkov spriahnutia

d=	18,2 mm	γ_v =	1,25
h_{sc} =	200 mm		
f_u =	410 MPa		
h_d =	10 mm		
D=	35 mm		

Kritéria pre umiestnenie trňov:

priečny smer

$p_1 \geq$	25 mm
$p_1 \leq$	100 mm
$p_1 \leq 9 \cdot t_f \cdot \epsilon_m =$	376,898 mm
$p \geq 4 \cdot d =$	72,800 mm
$p \leq 40 \cdot t_f \cdot \epsilon_m =$	1675,103 mm

pozdlžny smer

$e_1 \geq$	25 mm
$e_1 \leq$	100 mm
$e_1 \leq 9 \cdot t_f \cdot \epsilon_m =$	376,898 mm
$e \geq 5 \cdot d =$	91,000 mm
$e \leq 6 \cdot t_c =$	2400,000 mm
$e \leq$	800 mm
$e \leq 22 \cdot t_f \cdot \epsilon_m =$	921,307 mm

Únosnosť spriahovacích trňov:

$h_{sc}/d > 4$	$\rightarrow \alpha =$	1,000		
$3 \leq h_{sc}/d \leq 4$	$\rightarrow \alpha = 0,2 \cdot (h_{sc}/d + 1) =$	2,398	$h_{sc}/d =$	10,989
	$P_{Rd} = \pi \cdot d^2 / 4 \cdot 0,8 \cdot f_{td} / \gamma_v =$	0,068 MN		$\rightarrow \alpha =$
	$P_{Rd} = \alpha \cdot d^2 \cdot 0,29 \cdot (f_{ck} \cdot E_{cm})^{0,5} / \gamma_v =$	0,084 MN		$\rightarrow P_{Rd} =$
				0,068 MN

Posúdenie spriahovacích trňov-MSÚ:

Pozdlžna šmyková sila:

$$V_1 = V_{cf} = A_c \cdot 0,85 \cdot f_{cd} = \mathbf{24,990 \text{ MN}}$$

počet trňov v priečnom smere:

$$m = \mathbf{6 \text{ ks}}$$

$$p_{vy p} = \mathbf{79,167 \text{ mm}}$$

$$p_{min} \leq p_{vy p} \leq p_{max} \text{ podmienka vyhovuje}$$

potrebný počet trňov na polovici rozpätia:

$$n_{min} = V_{cf} / (P_{Rd} \cdot m) = \mathbf{61,012} \rightarrow n = \mathbf{61 \text{ ks}}$$

$$L = L_e = \mathbf{26,775 \text{ m}}$$

$$e = L/2/n = \mathbf{219,467 \text{ mm}}$$

$$e_{min} \leq e_{vy p} \leq e_{max} \text{ podmienka vyhovuje}$$

Posúdenie spriahovacích trňov pre prierez tr. 3 a 4-MSP:

$$e = \mathbf{219,467 \text{ mm}}$$

$$n = \mathbf{61 \text{ ks}}$$

Šmykový tok od zaťaženia g_2 :

	T=100dní	T=36525dní
V_{g2}	1,136 MN	1,136 MN
A_c/n	0,091 m²	0,036 m²
a_c	1,113 m	1,187 m
I_{yi}	0,360 m⁴	0,234 m⁴
$t_{g2} = V_{g2} \cdot (A_c/n) \cdot a_c / I_{yi}$	0,319 MN/m	0,207 MN/m
$N_{g2} = t_{g2} \cdot e$	0,064 MN	0,041 MN

Šmykový tok od premenného zaťaženia :

	T=100dní	T=36525dní
V_p	1,832 MN	1,832 MN
A_c/n	0,211 m²	0,219 m²
a_c	0,875 m	0,862 m
I_{yi}	0,592 m⁴	0,604 m⁴
$t_p = V_p \cdot (A_c/n) \cdot a_c / I_{yi}$	0,572 MN/m	0,573 MN/m
$N_p = t_p \cdot e$	0,114 MN	0,115 MN

Šmykový tok od premenného zaťaženia vetrom:

	T=100dní	T=36525dní
V_w	0,302 MN	0,302 MN
A_c/n	0,211 m²	0,219 m²

a_c	0,875 m	0,862 m
I_{yi}	0,592 m⁴	0,604 m⁴
$t_w = V_w \cdot (A_c/n) \cdot a_c / I_{yi}$	0,094 MN/m	0,094 MN/m
$N_w = t_w \cdot e$	0,019 MN	0,019 MN

Šmykový tok od zmrašťovania:

	T=100dní	T=36525dní
$\sigma_{1,sh}$	0,559 MPa	0,771 MPa
$\sigma_{2,sh}$	0,814 MPa	0,901 MPa
N_{sh}	0,865 MN	1,053 MN
L_k	3,000 m	3,000 m
e_x	200,000 mm	200,000 mm
$N_{sh,1}$	0,106 MN	0,129 MN

pozn.: Na začiatkovej dĺžke nosníka $L_k = 3,0m$ od podpory budú trné zhustené na rozstupy $e=200mm$.

Šmykový tok od teploty-ohrievanie:

	T=100dní	T=36525dní
$\sigma_{1,T,1}$	-0,195 MPa	-0,222 MPa
$\sigma_{2,T,1}$	-3,769 MPa	-3,796 MPa
N_T	-2,497 MN	-2,532 MN
L_k	3,000 m	3,000 m
e_x	200,000 mm	200,000 mm
$N_{T,1}$	-0,307 MN	-0,311 MN

Šmykový tok od teploty-ochladzovanie:

	T=100dní	T=36525dní
$\sigma_{1,T,2}$	-0,081 MPa	-0,073 MPa
$\sigma_{2,T,2}$	1,347 MPa	1,457 MPa
N_T	0,797 MN	0,871 MN
L_k	3,000 m	3,000 m
e_x	200,000 mm	200,000 mm
$N_{T,2}$	0,098 MN	0,107 MN

Posúdenie trňa:

	T=100dní	T=36525dní
1. $N_g + N_p =$	0,178 MN	0,156 MN
2. $N_g + N_p + \psi \cdot N_w =$	0,192 MN	0,170 MN
3. $N_g + N_p + \psi \cdot N_{T,1} + \psi \cdot N_w =$	0,008	0,017
4. $N_g + N_p + \psi \cdot N_{T,2} + \psi \cdot N_w =$	0,251	0,234
5. $N_g - N_{sh} =$	0,043	0,088
6. $N_g - N_{sh,1} - 1/0,7 \cdot N_{T,1} =$	0,396	0,357
7. $N_g - N_{sh,1} - 1/0,7 \cdot N_{T,2} =$	0,183	0,241
$N_c =$	0,396 MN	
$P_{Rd} \cdot m =$	0,410 MN	$P_{Rd} \cdot m \geq N_c$ vyhovuje

Posúdenie spriahovacích trňov na únavu - zvary v šmyku

$V_{p,max} =$	1,832 MN	$V_{p,min} =$	0,000 MN
$t_{p,36525,d,max} =$	0,573 MN/m	$t_{p,36525,d,min} =$	0,000 MN/m
$t_{p,36525,k,max} =$	0,395 MN/m	$t_{p,36525,k,min} =$	0,000 MN/m
$\Delta F_{R,max} = t_{p,36525,k} \cdot e/m =$	0,01317 MN		

$$\begin{aligned}\Delta F_{R,min} &= t_{p,36525,k} \cdot e/m = & \mathbf{0,00000 \text{ MN}} \\ \tau_{max} &= \Delta F_{R,max} \cdot 4/(\pi \cdot d^2) = & \mathbf{50,626 \text{ MPa}} \\ \tau_{max} &= \Delta F_{R,min} \cdot 4/(\pi \cdot d^2) = & \mathbf{0,000 \text{ MPa}} \\ \Delta \tau_p &= |\tau_{max} - \tau_{min}| = & \mathbf{50,626 \text{ MPa}} \\ K_D &= \Delta \tau_c = & \mathbf{90 \text{ MPa}} \\ \lambda_{w1} &= & \mathbf{0,75} \\ \lambda_{w2} &= (Vol/(25 \cdot 10^6))^{1/k2} = & \mathbf{1,023} \\ \lambda_{w3} &= (N_{years}/100)^{1/k2} = & \mathbf{1,000} \\ \lambda_{w4} &= & \mathbf{1,000} \\ \lambda_w &= \lambda_{w1} \cdot \lambda_{w2} \cdot \lambda_{w3} \cdot \lambda_{w4} = & \mathbf{0,767} \\ \gamma_{F,fat} \cdot \Delta \tau_{E2} &\leq \Delta \tau_c / \gamma_{M,fat} & \mathbf{vyhovuje}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\gamma_{F,fat} &= & \mathbf{1} \\ \gamma_{M,fat} &= & \mathbf{1,15} \\ Vol &= & \mathbf{3,00E+07 \text{ tony/rok/koľaj}} \\ k_2 &= & \mathbf{8} \\ N_{years} &= & \mathbf{100 \text{ rokov}} \\ \Delta \tau_{E2} &= \lambda_w \cdot \Delta \tau_p = & \mathbf{38,845 \text{ MPa}} \\ \gamma_{F,fat} \cdot \Delta \tau_{E2} &= & \mathbf{38,845} \\ \Delta \tau_c / \gamma_{M,fat} &= & \mathbf{78,261}\end{aligned}$$

5.5.1.6 Návrh a posúdenie krčných zvarov steny a pásnic hlavného nosníka

a) Zvar steny a hornej pásnice:

Materiál: S355

$$\begin{aligned}f_u &= & \mathbf{470 \text{ MPa}} \\ \gamma_{M2} &= & \mathbf{1,25} \\ \beta_w &= & \mathbf{0,9} \\ a_w &= & \mathbf{10 \text{ mm}} \\ n &= & \mathbf{2 \text{ ks}}\end{aligned}$$

Šmykový tok medzi hornou pásnicou a stenou hlavného nosníka:

Šmykový tok od zaťaženia g_1 :

$$\begin{aligned}A_{f1} &= & \mathbf{0,025 \text{ m}^2} & A_c/n = & \mathbf{0,000 \text{ m}^2} \\ z_3 &= & \mathbf{1,696 \text{ m}} & a_c &= & \mathbf{0,000 \text{ m}} \\ V_{g1,d} &= & \mathbf{0,695 \text{ MN}} & I_{yi} &= & \mathbf{0,169 \text{ m}^4} \\ S_{y,3} &= & \mathbf{0,043 \text{ m}^3} & t_{g1} = V_{g1} \cdot S_{y,3} / I_{yi} &= & \mathbf{0,177 \text{ MN/m}}\end{aligned}$$

Šmykový tok od zaťaženia g_2 :

$$\begin{aligned}A_{f1} &= & \mathbf{0,025 \text{ m}^2} & A_c/n = & \mathbf{0,036 \text{ m}^2} \\ z_3 &= & \mathbf{0,987 \text{ m}} & a_c &= & \mathbf{1,187 \text{ m}} \\ V_{g2,d} &= & \mathbf{1,130 \text{ MN}} & I_{yi} &= & \mathbf{0,234 \text{ m}^4} \\ S_{y,3} &= & \mathbf{0,068 \text{ m}^3} & t_{g2} = V_{g2} \cdot S_{y,3} / I_{yi} &= & \mathbf{0,327 \text{ MN/m}}\end{aligned}$$

Šmykový tok od pohyblivého zaťaženia:

$$\begin{aligned}A_{f1} &= & \mathbf{0,025 \text{ m}^2} & A_c/n = & \mathbf{0,219 \text{ m}^2} \\ z_3 &= & \mathbf{0,662 \text{ m}} & a_c &= & \mathbf{0,862 \text{ m}} \\ V_p &= & \mathbf{1,874 \text{ MN}} & I_{yi} &= & \mathbf{0,604 \text{ m}^4} \\ S_{y,3} &= & \mathbf{0,206 \text{ m}^3} & t_p = V_p \cdot S_{y,3} / I_{yi} &= & \mathbf{0,639 \text{ MN/m}}\end{aligned}$$

Šmykový tok od zmeny teploty:

$$\begin{aligned}N_{T2} &= & \mathbf{0,129 \text{ MN}} & t_{\Delta T} = N_{T2} / e_x &= & \mathbf{0,647 \text{ MN/m}} \\ e_x &= & \mathbf{0,200 \text{ m}}\end{aligned}$$

Zmrašťovanie má záporný účinok, z toho dôvodu ho neuvažujeme.

$$\begin{aligned}1. \quad t_{g1} + t_{g2} + t_p &= & \mathbf{1,143 \text{ MN/m}} \\ 2. \quad t_{g1} + t_{g2} + t_p + \psi \cdot t_{\Delta T} &= & \mathbf{1,532 \text{ MN/m}} \\ t_{d,zvar} &= & \mathbf{1,532 \text{ MN/m}} \\ t_{II} = t_{d,zvar} / (n \cdot a_w) &= & \mathbf{76,590 \text{ MPa}} \\ \sigma_{\perp} = \tau_{\perp} &= & \mathbf{0,000 \text{ MPa}}\end{aligned}$$

Posúdenie porovnávacieho napätia:

$$(\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)^{0,5} = 132,659 \text{ MPa} \quad (\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{m2}) \text{ zvar vyhovuje}$$

$$f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{m2}) = 417,778 \text{ MPa}$$

Alternatíva TUPÝ ZVAR -K zvar

$$\gamma_r = 0,85$$

$$(\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)^{0,5} = 132,659 \text{ MPa} \quad (\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{m2}) \cdot \gamma_r \text{ zvar vyhovuje}$$

$$f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{m2}) \cdot \gamma_r = 355,111 \text{ MPa}$$

b) Zvar steny a dolnej pásnice:

Materiál: S355

$$f_u = 470 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{m2} = 1,25$$

$$\beta_w = 0,9$$

$$a_w = 10 \text{ mm}$$

$$n = 2 \text{ ks}$$

Šmykový tok medzi hornou pásnicou a stenou hlavného nosníka:

Šmykový tok od zaťaženia g_1 :

$$A_{f2} = 0,054 \text{ m}^2 \quad A_c/n = 0,000 \text{ m}^2$$

$$z_4 = 1,104 \text{ m} \quad a_c = 0,000 \text{ m}$$

$$V_{g1,d} = 0,695 \text{ MN} \quad I_{y1} = 0,169 \text{ m}^4$$

$$S_{y,4} = 0,061 \text{ m}^3 \quad t_{g1} = V_{g1} \cdot S_{y,4} / I_{y1} = 0,251 \text{ MN/m}$$

Šmykový tok od zaťaženia g_2 :

$$A_{f2} = 0,054 \text{ m}^2 \quad A_c/n = 0,000 \text{ m}^2$$

$$z_4 = 1,424 \text{ m} \quad a_c = 0,000 \text{ m}$$

$$V_{g2,d} = 1,130 \text{ MN} \quad I_{y1} = 0,234 \text{ m}^4$$

$$S_{y,4} = 0,079 \text{ m}^3 \quad t_{g2} = V_{g2} \cdot S_{y,4} / I_{y1} = 0,379 \text{ MN/m}$$

Šmykový tok od pohyblivého zaťaženia:

$$A_{f1} = 0,054 \text{ m}^2 \quad A_c/n = 0,000 \text{ m}^2$$

$$z_4 = 2,527 \text{ m} \quad a_c = 0,000 \text{ m}$$

$$V_p = 1,874 \text{ MN} \quad I_{y1} = 0,604 \text{ m}^4$$

$$S_{y,3} = 0,138 \text{ m}^3 \quad t_p = V_p \cdot S_{y,3} / I_{y1} = 0,428 \text{ MN/m}$$

Zmrašťovanie má záporný účinok, z toho dôvodu ho neuvažujeme.

$$1. t_{g1} + t_{g2} + t_p = 1,058 \text{ MN/m}$$

$$t_{d,zvar} = 1,058 \text{ MN/m}$$

$$t_{\parallel} = t_{d,zvar} / (n \cdot a_w) = 52,919 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 0,000 \text{ MPa}$$

Posúdenie porovnávacieho napätia:

$$(\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)^{0,5} = 91,659 \text{ MPa} \quad (\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{m2}) \text{ zvar vyhovuje}$$

$$f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{m2}) = 417,778 \text{ MPa}$$

5.5.1.7 Posúdenie na únavu

$$I_i = 0,604 \text{ m}^4 \quad M_{p,max} = 9,432 \text{ MN/m} \quad \lambda_1 = 0,65$$

$$z_3 = 0,662 \text{ m} \quad M_{p,min} = -3,231 \text{ MN/m} \quad \lambda_2 = 1,04$$

$$z_4 = 2,527 \text{ m} \quad \lambda_3 = 1$$

$$\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 = 0,676 \quad \lambda_4 = 1$$

$$\lambda \leq \lambda_{max} \rightarrow \lambda = 0,676 \quad \lambda_{max} = 1,4$$

Styk steny hlavného nosníka a hornej pásnice hlavného nosníka

$$K_D = \Delta \sigma_c = 112 \text{ MPa} \quad \gamma_{F,fat} = 1$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= -10,324 \text{ MPa} & \gamma_{M, \text{fat}} &= 1,15 \\ \sigma_{\min} &= 3,537 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} &= 9,370 \text{ MPa} \\ \Delta\sigma_p &= |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| = 13,861 \text{ MPa} & \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} &= 97,391 \text{ MPa} \\ \Delta\sigma_{E2} &= \lambda \cdot \Delta\sigma_p = 9,370 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

Styk steny hlavného nosníka a spodnej pásnice hlavného nosníka

$$\begin{aligned}K_D = \Delta\sigma_c &= 112 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} &= 1 \\ \sigma_{\max} &= -39,443 \text{ MPa} & \gamma_{M, \text{fat}} &= 1,15 \\ \sigma_{\min} &= 13,514 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} &= 35,799 \text{ MPa} \\ \Delta\sigma_p &= |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| = 52,957 \text{ MPa} & \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} &= 97,391 \text{ MPa} \\ \Delta\sigma_{E2} &= \lambda \cdot \Delta\sigma_p = 35,799 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

Styk priečnej výstuhy steny hlavného nosníka a hornej pásnice hlavného nosníka

$$\begin{aligned}K_D = \Delta\sigma_c &= 80 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} &= 1 \\ \sigma_{\max} &= -10,324 \text{ MPa} & \gamma_{M, \text{fat}} &= 1,15 \\ \sigma_{\min} &= 3,537 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} &= 9,370 \text{ MPa} \\ \Delta\sigma_p &= |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| = 13,861 \text{ MPa} & \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} &= 69,565 \text{ MPa} \\ \Delta\sigma_{E2} &= \lambda \cdot \Delta\sigma_p = 9,370 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

Styk priečnej výstuhy steny hlavného nosníka a spodnej pásnice hlavného nosníka

$$\begin{aligned}K_D = \Delta\sigma_c &= 80 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} &= 1 \\ \sigma_{\max} &= -39,443 \text{ MPa} & \gamma_{M, \text{fat}} &= 1,15 \\ \sigma_{\min} &= 13,514 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} &= 35,799 \text{ MPa} \\ \Delta\sigma_p &= |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| = 52,957 \text{ MPa} & \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} &= 69,565 \text{ MPa} \\ \Delta\sigma_{E2} &= \lambda \cdot \Delta\sigma_p = 35,799 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

Spriahajúci trň privarený na hornú pásnicu - účinok na pásnicu

$$\begin{aligned}K_D = \Delta\sigma_c &= 80 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} &= 1 \\ \sigma_{\max} &= -10,324 \text{ MPa} & \gamma_{M, \text{fat}} &= 1,15 \\ \sigma_{\min} &= 3,537 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} &= 9,370 \text{ MPa} \\ \Delta\sigma_p &= |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| = 13,861 \text{ MPa} & \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} &= 69,565 \text{ MPa} \\ \Delta\sigma_{E2} &= \lambda \cdot \Delta\sigma_p = 9,370 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

Priečný styk spodnej pásnice hlavného nosníka

$$\begin{aligned}K_D = \Delta\sigma_c &= 90 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} &= 1 \\ \sigma_{\max} &= -39,443 \text{ MPa} & \gamma_{M, \text{fat}} &= 1,15 \\ \sigma_{\min} &= 13,514 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} &= 35,799 \text{ MPa} \\ \Delta\sigma_p &= |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| = 52,957 \text{ MPa} & \zeta_s \cdot \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} &= 65,690 \text{ MPa} \\ \Delta\sigma_{E2} &= \lambda \cdot \Delta\sigma_p = 35,799 \text{ MPa} & k_s &= 0,839\end{aligned}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq k_s \cdot \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

5.5.1.8 Posúdenie horných vlákien betónu na únavu

$$\beta_{cc}(t) = \exp \left\{ s \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0,5} \right] \right\} = 1,275$$

$$f_{d,fat} = 0,85 \cdot \beta_{cc}(t) \cdot f_{cd} \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 21,75$$

v čase T=100dní

$$\sigma_{c,min}=4,069-2,874=1,195\text{MPa}$$

$$\sigma_{c,max}=4,069-2,874+2,874/1,21=3,570\text{MPa}$$

Posúdenie

$$\frac{\sigma_{c,max}(t)}{f_{cd}(t)} \leq 0,5 + 0,45 \cdot \frac{\sigma_{c,min}(t)}{f_{cd}(t)} \leq 0,9$$

$$\frac{1,195}{21,75} \leq 0,5 + 0,45 \cdot \frac{3,570}{21,75} \leq 0,9$$

$$0,055 < 0,562 < 0,9 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

v čase T=365250dní

$$\sigma_{c,min}=3,488-2,885=0,603\text{MPa}$$

$$\sigma_{c,max}=3,488-2,885+2,885/1,21=2,948\text{MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,max}(t)}{f_{cd}(t)} \leq 0,5 + 0,45 \cdot \frac{\sigma_{c,min}(t)}{f_{cd}(t)} \leq 0,9$$

$$\frac{0,603}{21,75} \leq 0,5 + 0,45 \cdot \frac{2,987}{21,75} \leq 0,9$$

$$0,028 < 0,562 < 0,9 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.5.1.9 Návrh a posúdenie výstuh steny hlavného nosníka

$b_{st1} =$	0,200 m	$t_w =$	0,020 m
$b_{st2} =$	0,200 m	$h_w =$	2,690 m
$t_{st} =$	0,012 m	$a =$	2,500 m
15.ε. $t_w =$	0,244 m	$I_{st} =$	7,441E-05 m⁴

Tuhostné posúdenie priečnej výstuhy steny:

$$a/h_w = \mathbf{0,929}$$

$$a/h_w < (2)^{0,5} \rightarrow I_{st} \geq 1,5 \cdot h_w^3 \cdot t_w^3 / a^2$$

$$a/h_w \geq (2)^{0,5} \rightarrow I_{st} \geq 0,75 \cdot h_w \cdot t_w^3 \rightarrow I_{st,min} = \mathbf{3,737E-05} \quad I_{st} \geq I_{st,min} \text{ vyhovuje na tuhosť}$$

Pevnostné posúdenie priečnej výstuhy steny:

$$\chi_w = \mathbf{0,895}$$

$$V_{Ed} = \mathbf{3,699 \text{ MN}}$$

$$N_{Ed} = V_{Ed} \cdot \chi_w \cdot f_{yd} \cdot h_w \cdot t_w / 3^{0,5} = \mathbf{-6,175 \text{ MN}}$$

Nie je potrebné pevnostne posudzovať výstuhy, posúvajúcu silu prenesie stena, výstuhy len z tuhostného hľadiska

Koncová priečna výstuha:

$b_{st,k} =$	0,000 m	$t_w =$	0,020 m	$W_{el,z,st} =$	4,295E-03 m³
$t_{st,k} =$	0,000 m	$h_w =$	2,590 m		
$b_{st,p} =$	0,600 m	$a =$	2,000 m		
$t_{st,p} =$	0,030 m	$e =$	0,700 m		
$b_{st} =$	0,200 m	$I_{st,y} =$	1,900E-03 m⁴		
$t_{st} =$	0,012 m	$I_{st,z} =$	1,289E-03 m⁴		
15.ε. $t_w =$	0,244 m	$A_{st} =$	0,051 m		

Tuhostné posúdenie koncovj priečnej výstuhy steny:

$$4 \cdot h_w \cdot t_w^2 = \mathbf{4,144E-03 \text{ m}^3}$$

$$W_{el,z,st} \geq 4 \cdot h_w \cdot t_w^2 \text{ podmienka vyhovuje}$$

$$4 \cdot h_w \cdot t_w^2 / e = \mathbf{5,920E-03}$$

$$A_{st} \geq 4 \cdot h_w \cdot t_w^2 / e \text{ podmienka vyhovuje}$$

$$a/h_w = \mathbf{0,772}$$

$$a/h_w < (2)^{0,5} \rightarrow I_{st} \geq 1,5 \cdot h_w^3 \cdot t_w^3 / a^2$$

$$a/h_w \geq (2)^{0,5} \rightarrow I_{st} \geq 0,75 \cdot h_w \cdot t_w^3 \rightarrow I_{st,min} = \mathbf{5,212E-05} \quad I_{st} \geq I_{st,min} \text{ vyhovuje na tuhosť}$$

Pevnostné posúdenie priečnej výstuhy steny:

$$\chi_w = \mathbf{0,895}$$

$$V_{Ed} = \mathbf{3,699 \text{ MN}}$$

$$N_{Ed} = V_{Ed} \cdot \chi_w \cdot f_{y,d} \cdot h_w \cdot t_w / 3^{0,5} = -5,808 \text{ MN}$$

Nie je potrebné pevnostne posudzovať výstuhy, posúvajúcu silu prenensie stena, výstuhy len z tuhostného hľadiska

5.5.2 Posúdenie prierezu – „VNÚTORNÝ“ prierez

5.5.2.1 Vstupné údaje a vnútorné sily

tab. 7 Vnútorné sily rozhodujúce pre posúdenie vnútorných polí – krajný nosník

Zaťažovací stav		N_{yk} [kN]	V_{yk} [kN]	V_{zk} [kN]	M_{yk} [kNm]	M_{zk} [kNm]	γ_F [-]	δ [-]	α [-]	f [-]	ψ_0 [-]	N_{xd} [kN]	V_{yd} [kN]	V_{zd} [kN]	M_{yd} [kNm]	M_{zd} [kNm]
g ₁	vl. tiaž konštrukcie (generovaná)	20,06	0,65	11,44	3846,54	0,56	1,35	-	-	-	-	27,08	0,88	15,44	5192,83	0,76
	tiaž dobetónovania rímsy	7,29	2,17	9,38	1574,85	1,06	1,35	-	-	-	-	9,84	2,93	12,66	2126,05	1,43
g ₂	tiaž kompozitu	0,17	0,11	0,71	38,92	0,00	1,35	-	-	-	-	0,23	0,15	0,96	52,54	0,00
	tiaž zábradlia	0,20	0,06	0,29	52,70	0,03	1,35	-	-	-	-	0,27	0,08	0,39	71,15	0,04
	tiaž izolácie	2,00	0,07	1,18	403,04	0,08	1,35	-	-	-	-	2,70	0,09	1,59	544,10	0,11
	tiaž štrkového lôžka	19,08	0,49	11,28	3843,64	0,74	1,35	-	-	-	-	25,76	0,66	15,23	5188,91	1,00
	tiaž zvršku	1,11	0,12	0,59	213,83	0,00	1,35	-	-	-	-	1,50	0,16	0,80	288,67	0,00
	pokles podpier	5,38	0,03	41,58	479,72	0,19	1,35	-	-	-	-	7,26	0,04	56,13	647,62	0,26
	trakcia	22,80	3,07	71,92	342,98	13,46	1,35	-	-	-	-	30,78	4,14	97,09	463,02	18,17
	Σg_2	58,03	6,12	136,93	6949,68	15,56						78,34	8,26	184,86	9382,07	21,01
	zvislé účinky LM71	66,26	3,48	33,85	7466,69	0,28	1,45	1,15	1,21	-	-	133,69	7,02	68,30	15065,35	0,56
	brzdne a rozjazdové sily LM71	202,33	5,05	0,06	188,07	0,39	1,45	-	1,21	-	-	354,99	8,86	0,11	329,97	0,68
q	zvislé účinky SW/0	66,46	0,27	10,76	6536,45	0,46	1,45	1,15	1,21	-	-	134,09	5,63	21,71	13188,43	0,93
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	245,46	1,31	0,08	234,60	0,55	1,45	-	1,21	-	-	430,66	2,30	0,14	411,61	0,96
	bočné rázy	194,01	1,08	3,44	179,42	12,90	1,45	-	1,21	-	-	340,39	1,89	6,04	314,79	22,63
	zvislé účinky SW/2	72,02	4,08	144,06	8125,70	0,24	1,20	1,15	-	-	-	99,39	5,63	198,80	11213,47	0,33
	brzdne a rozjazdové sily SW/2	230,23	9,14	0,10	280,69	0,72	1,20	-	-	-	-	276,28	10,97	0,12	336,83	0,86
	bočné rázy	194,01	1,08	3,44	179,42	12,90	1,20	-	-	-	-	232,81	1,30	4,13	215,30	15,48
	revízná lávka	2,75	0,52	4,50	298,51	0,06	1,50	-	-	-	-	3,30	0,62	5,40	358,21	0,07
	Σq															
	vektor na mostok	170,18	5,21	1,14	249,74	107,47	1,50	-	-	-	-	191,45	5,86	1,28	280,96	120,90
	vektor na pás pohyblivého zataženia	251,10	3,16	4,53	813,20	160,06	1,50	-	-	-	-	282,49	3,56	5,10	914,85	180,07
	Σw	421,28	8,37	5,67	1062,94	267,53						473,94	9,42	6,38	1195,81	300,97

tab. 8 Vnútorné sily rozhodujúce pre posúdenie vnútorných polí – vnútorný nosník

Zaťažovací stav		N_{yk} [kN]	V_{yk} [kN]	V_{zk} [kN]	M_{yk} [kNm]	M_{zk} [kNm]	γ_F [-]	δ [-]	α [-]	f [-]	ψ_0 [-]	N_{xd} [kN]	V_{yd} [kN]	V_{zd} [kN]	M_{yd} [kNm]	M_{zd} [kNm]
g ₁	vl. tiaž konštrukcie (generovaná)	13,63	0,80	3,90	2385,15	0,29	1,35	-	-	-	-	18,40	1,08	5,27	3219,95	0,39
	tiaž dobetónovania rímsy	0,73	2,51	7,83	-306,64	1,17	1,35	-	-	-	-	0,99	3,39	10,57	-413,96	1,58
g ₂	tiaž kompozitu	0,24	0,13	0,75	36,66	0,05	1,35	-	-	-	-	0,32	0,18	1,01	49,49	0,07
	tiaž zábradlia	0,00	0,06	0,25	-9,69	0,03	1,35	-	-	-	-	0,00	0,08	0,34	-13,08	0,04
	tiaž izolácie	1,33	0,07	0,32	220,80	0,03	1,35	-	-	-	-	1,80	0,09	0,43	298,08	0,04
	tiaž štrkového lôžka	12,70	0,65	3,09	2105,70	0,24	1,35	-	-	-	-	17,15	0,88	4,17	2842,70	0,32
	tiaž zvršku	1,05	0,15	0,61	182,92	0,07	1,35	-	-	-	-	1,42	0,20	0,82	246,94	0,09
	pokles podpier	3,71	0,10	45,97	443,82	0,50	1,35	-	-	-	-	5,01	0,14	62,06	599,16	0,68
	trakcia	21,97	3,72	18,45	-216,49	0,66	1,35	-	-	-	-	29,66	5,02	24,91	-292,26	0,89
	Σg_2	41,73	7,39	77,27	2457,08	2,75						56,34	9,98	104,31	3317,06	3,71
	zvislé účinky LM71	60,30	4,52	34,47	5881,44	2,34	1,45	1,15	1,21	-	-	121,67	9,12	69,55	11866,83	4,72
	brzdne a rozjazdové sily LM71	166,36	4,56	0,08	168,51	1,11	1,45	-	1,21	-	-	291,88	8,00	0,14	295,65	1,95
q	zvislé účinky SW/0	53,64	0,27	7,54	5165,60	0,38	1,45	1,15	1,21	-	-	108,23	0,54	15,21	10422,50	0,77
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	201,57	0,94	0,10	210,08	1,35	1,45	-	1,21	-	-	353,65	1,65	0,18	368,59	2,37
	bočné rázy	140,91	0,22	3,53	146,73	93,10	1,45	-	1,21	-	-	247,23	0,39	6,19	257,44	163,34
	zvislé účinky SW/2	68,41	4,32	142,58	6855,19	2,45	1,20	1,15	-	-	-	94,41	5,96	196,76	9460,16	3,38
	brzdne a rozjazdové sily SW/2	188,84	8,00	0,11	253,22	1,23	1,20	-	-	-	-	226,61	9,60	0,13	303,86	1,48
	bočné rázy	140,91	0,22	3,53	146,73	93,10	1,20	-	-	-	-	169,09	0,26	4,24	176,08	111,72
	revízná lávka	3,01	0,62	4,86	276,26	0,28	1,50	-	-	-	-	3,61	0,74	5,83	331,51	0,34
	Σq															
	vektor na mostok	229,10	1,96	2,49	637,47	11,55	1,50	-	-	-	-	257,74	2,21	2,80	717,15	12,99
	vektor na pás pohyblivého zataženia	332,95	0,99	4,63	743,84	16,18	1,50	-	-	-	-	374,57	1,11	5,21	836,82	18,20
	Σw	562,05	2,95	7,12	1381,31	27,73	3,00					632,31	3,32	8,01	1553,97	31,20

Betón:		C35/45	Oceľ:		S355				
f_{ck} =	35	MPa	f_{yk} =	355	MPa	f_u =	510	MPa	t≤40mm
ϵ_{cu3} =	3,5	‰	f_{yk} =	335	MPa	f_{uk} =	470	MPa	40<t≤80mm
f_{ctm} =	3,2	MPa	E_s =	210	GPa				
$f_{ctk\ 0,05}$ =	2,2	MPa							
E_{cm} =	34	GPa							
Betónárska výstuž:			Súčinitele spoľahlivosti:						
B 500B					γ_s =	1,15			
f_{yk} =	500	MPa			γ_c =	1,5			
E_s =	200	GPa			γ_M =	1			

Ekvivalentné rozpätie a spolupôsobiaci šírka dosky:

$L_e =$	28 m		
$b_o =$	0,475 m	$b_{e1} =$	1,113 m
$\beta_i =$	1,000	$b_{e2} =$	1,563 m
$b_{eff} = b_o + \sum \beta_i \cdot b_{ei} =$	3,150 m		

Prierezové charakteristiky betónovej dosky:

$h_c =$	0,4 m
$A_c =$	1,26000 m ²
$I_c =$	0,01680 m ⁴

Prierezové charakteristiky oceľového nosníka:

$b_{f1} =$	0,5 m	$A =$	0,13280 m ²	$h_1 =$	2,07 m
$t_{f1} =$	0,05 m	$e =$	0,301 m	$h_2 =$	0,62 m
$b_{f2} =$	0,9 m	$Z_{3a} =$	1,69620 m	$W_{pl,y,a} =$	0,13417 m ³
$t_{f2} =$	0,06 m	$Z_{4a} =$	1,10380 m		
$t_w =$	0,02 m	$I_y =$	0,16943 m ⁴		
$h_w =$	2,69 m	$W_{y3a} =$	0,09989 m ³		
		$W_{y4a} =$	0,15350 m ³		

5.5.2.2 Plastické posúdenie prierezu pri extrémnom zaťažení

Plastické posúdenie prierezu od extrémneho zaťaženia na šmyk v kombinácii pre M:

Pozdĺžna výstuha:

$b_{st1} =$	0 m	$y =$	0,000 m		
$t_{st1} =$	0 m	$I_{sl,y} =$	0,00000000 m ⁴		
15. ε. $t_w =$	0,24408 m	$I_{sl,z} =$	0,00000000 m ⁴		
$a =$	2 m				
	$k_{\tau s,l,min} = 2, 1/t \cdot (I_{sl,z}/h_w)^{1/3} =$	0,000	$k_{\tau} = 5,34 + 4/a^2 + k_{\tau sl} =$	12,576	
	$k_{\tau sl} = 9 \cdot (h_w/a)^2 \cdot (I_{sl,z}/(t^3 \cdot h_w))^{3/4} =$	0,000	$k_{\tau} = 4 + 5,34/a^2 + k_{\tau sl} =$	13,660	
	$\alpha = a/h_w =$	0,743	$k_{\tau} =$	13,660	
	$\lambda = h_w/t_w =$	134,500	$f_{yw} =$	355 MPa	
	$\sigma_E = 190000/\lambda^2 =$	10,503 MPa	$\tau_{cr} = k_{\tau} \cdot \sigma_E =$	143,472 MPa	
	$\lambda_w = 0,76 \cdot (f_y d / \tau_{cr})^{0,5} =$	1,195	$\eta =$	1	
$\lambda_w \leq 0,83/\eta =$	0,83	$\rightarrow \chi_w = \eta =$	1,000		
$\lambda_w < 1,08$	<1,08	$\rightarrow \chi_w = 0,83/\lambda_w =$	0,694	$\rightarrow \chi_w =$	0,895
$\lambda_w \geq 1,08$	>1,08	$\rightarrow \chi_w = 1,37/(0,7 + \lambda_w) =$	0,895		
	$V_{pl,Rd} = \chi_w \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y d / (3)^{1/2} =$	9,874 MN			
	$0,5 \cdot V_{pl,Rd} =$	4,937 MN			
	$V_{Ed} =$	0,415 MN			Nie je potrebné redukovať $M_{pl,Rd}$

Plastické posúdenie prierezu od extrémneho zaťaženia na ohyb-neutrálna os v nosníku:

$\rho = (2 \cdot V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 =$	0		
$x =$	0,269 m		Neutrálna os v nosníku
$M_{pl,Rd} =$	58,151 MN		
$M_{Ed} =$	31,682 MN		
$M_{Ed} / M_{pl,Rd} =$	0,545	<	1
			vyhovuje

5.5.2.3 Pružnostné posúdenie prierezu pri prevádzkovom zaťažení

Dotvarovanie betónu:

$$A_c = 1,260 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 U &= 6,200 \text{ m} \\
 h_0 &= 2 \cdot A_c / U = 0,406 \text{ m} \\
 \text{realitná vlhkosť prostredia} \quad RH &= 80 \% \\
 \text{začiatok pôsobenia 2. časti stáleho zaťaženia} \quad T_0 &= 60 \text{ dní} \\
 \text{čas spustenia do prevádzky} \quad T_1 &= 100 \text{ dní} \\
 \text{predpokladaná životnosť mosta} \quad T_2 &= 36525 \text{ dní} \\
 T_1 - T_0 &= 40 \text{ dní} \\
 T_2 - T_0 &= 36465 \text{ dní} \\
 f_{cm} &= f_{ck} + 8 = 43 \text{ MPa} \\
 \text{súčinitele na uváženie vplyvu pevnosti betónu:} \\
 \alpha_1 &= (35/f_{cm})^{0,7} = 0,866 \\
 \alpha_2 &= (35/f_{cm})^{0,2} = 0,960 \\
 \alpha_3 &= (35/f_{cm})^{0,5} = 0,902 \\
 \beta_{H,1,2} &= 1,5 \cdot (1 + (0,012 \cdot RH)^{18}) \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3 = 1127,629 \\
 1500 \cdot \alpha_3 &= 1353,291 \\
 \beta_{H,1,2} &\leq 1500 \cdot \alpha_3 \quad \text{Podmienka vyhovuje} \\
 \beta_{(T_0)} &= 1 / (0,1 + T_0^{0,2}) = 0,422 \\
 \beta_c(T_1, T_0) &= ((T_1 - T_0) / (\beta_H + T_1 - T_0))^{0,3} = 0,363 \\
 \beta_c(T_2, T_0) &= ((T_2 - T_0) / (\beta_H + T_2 - T_0))^{0,3} = 0,991 \\
 \beta_{(f_{cm})} &= 16,8 / (f_{cm})^{0,5} = 2,562 \\
 \phi_{RH} &= (1 + (1 - RH/100) / (0,1 \cdot h_0^{1/3})) \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 = 1,184 \\
 \phi_0 &= \phi_{RH} \cdot \beta_{(f_{cm})} \cdot \beta_{(T_0)} = 1,281 \\
 \phi(T_1, T_0) &= \phi_0 \cdot \beta_c(T_1, T_0) = 0,466 \\
 \phi(T_2, T_0) &= \phi_0 \cdot \beta_c(T_2, T_0) = 1,269 \\
 \chi(t, t_0) &= 1,1 \\
 \beta_{cc}(T) &= \exp[s \cdot (1 - (28/T)^{0,5})] \quad f_{cm}(T) = \beta_{cc}(T) \cdot f_{cm} \quad E_c(T_0) = E_{cm}(f_{cm}(T)/f_{cm})^{0,3} \\
 E_{c,i}(T) &= E_{T_0} / (1 + E_{(T_0)} \cdot \chi(T, T_0) \cdot \phi(T, T_0) / E_{cm})
 \end{aligned}$$

Zaťaženie		dlhodobé			krátkodobé		
Vek betónu		Odní	60dní	100dní	36525dní	100dní	36525dní
$\phi(T,T_0)$	[-]	0	0	0,4656	1,269	0	0
$E_c(T)$	[MPa]	34000	34818	-	-	35222	36572
$E_{ci}(T)$	[MPa]	-	-	22840	14329	-	-
ψ_L	[-]	0	1,1	1,1	1,1	0,55	0,55
$n_0=E_a/E_{ci}(T)$	[-]	6,176	6,031	9,195	14,656	5,962	5,742
$n=n_0(1+\psi_L.\phi(T,T_0))$		6,176	6,031	13,903	35,120	5,962	5,742
A_a	[m ²]	0,1328	0,1328	0,1328	0,1328	0,1328	0,1328
A_c/n	[m ²]	0,2040	0,2089	0,0906	0,0359	0,2113	0,2194
$A_i=A_a+A_c/n$	[m ²]	0,3368	0,3417	0,2234	0,1687	0,3441	0,3522
I_a	[m ⁴]	0,1694	0,1694	0,1694	0,1694	0,1694	0,1694
a	[m]	2,2523	2,2631	1,8729	1,5071	2,2683	2,2851
$a_c=A_a.a/A_i$	[m]	0,8881	0,8795	1,1132	1,1866	0,8753	0,8615
$a_a=A_c.a/(n.A_i)$	[m]	1,3642	1,3836	0,7597	0,3206	1,3929	1,4236
$A_i.a_c.a_a$		0,4081	0,4158	0,1890	0,0642	0,4196	0,4320
I_c/n		0,0027	0,0028	0,0012	0,0005	0,0028	0,0029
I_i	[m ⁴]	0,5802	0,5880	0,3596	0,2341	0,5918	0,6043
z_1	[m]	1,0881	1,0795	1,3132	1,3866	1,0753	1,0615
$z_2=z_3$	[m]	0,6881	0,6795	0,9132	0,9866	0,6753	0,6615
z_4	[m]	2,4680	2,4873	1,8635	1,4244	2,4967	2,5273

Výpočet normálových napätí:

$$\begin{aligned} M_{g1} &= 3,847 \text{ MN} \\ M_{g2} &= 6,949 \text{ MN} \\ M_p &= 11,025 \text{ MN} \quad M_w = 0,851 \text{ MN} \end{aligned}$$

Napätia od 1. časti stálego zaťaženia:

$$\begin{aligned} \sigma_3 &= -M_{g1}/W_{3a} = -38,508 \text{ MPa} \\ \sigma_4 &= M_{g1}/W_{4a} = 25,059 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Napätia od 2. časti stálego zaťaženia:

$$T_0 = 60 \text{ dní}$$

$$\begin{aligned} \sigma_1^{T_0} &= -M_{g2} \cdot z_1 / (I_i \cdot n) = -2,115 \text{ MPa} \\ \sigma_2^{T_0} &= -M_{g2} \cdot z_2 / (I_i \cdot n) = -1,331 \text{ MPa} \\ \sigma_3^{T_0} &= -M_{g2} \cdot z_3 / I_i = -8,030 \text{ MPa} \\ \sigma_4^{T_0} &= M_{g2} \cdot z_4 / I_i = 29,393 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Účinky dotvarovania betónu od 2. časti stálego zaťaženia:

$$T_1 = 100 \text{ dní}$$

$$T_2 = 36525 \text{ dní}$$

$$\begin{aligned} \xi &= 1 - \phi(T, T_0) \cdot E_{ci, T} / E_{cm} = 0,687 & 0,465 \\ N &= A_c \cdot (\sigma_1^{T_0} + \sigma_2^{T_0}) / 2 = -2,171 \text{ MN} & -2,171 \text{ MN} \\ M &= (\sigma_1^{T_0} - \sigma_2^{T_0}) \cdot I_c / (0,5 \cdot h_c) = 0,066 \text{ MNm} & 0,066 \text{ MNm} \\ N_I &= N \cdot \xi = -1,492 \text{ MN} & -1,010 \text{ MN} \\ M_I &= M \cdot \xi = 0,045 \text{ MNm} & 0,031 \text{ MNm} \\ \sigma_{1, I} &= \sigma_1^{T_0} \cdot \xi = -1,454 \text{ MPa} & -0,984 \text{ MPa} \\ \sigma_{2, I} &= \sigma_2^{T_0} \cdot \xi = -0,915 \text{ MPa} & -0,619 \text{ MPa} \\ N_{II} &= N \cdot (1 - \xi) = -0,679 \text{ MN} & -1,162 \text{ MN} \\ M_{II} &= M \cdot (1 - \xi) = 0,021 \text{ MNm} & 0,035 \text{ MNm} \\ \sigma_{1, II} &= (N_{II} / A_i - (M_{II} + N_{II} \cdot a_c) \cdot z_1 / I_i) / n = -0,025 \text{ MPa} & -0,044 \text{ MPa} \\ \sigma_{2, II} &= (N_{II} / A_i - (M_{II} + N_{II} \cdot a_c) \cdot z_2 / I_i) / n = -0,084 \text{ MPa} & -0,144 \text{ MPa} \\ \sigma_{3, II} &= N_{II} / A_i - (M_{II} + N_{II} \cdot a_c) \cdot z_3 / I_i = -1,172 \text{ MPa} & -2,259 \text{ MPa} \\ \sigma_{4, II} &= N_{II} / A_i + (M_{II} + N_{II} \cdot a_c) \cdot z_4 / I_i = -6,850 \text{ MPa} & -11,717 \text{ MPa} \\ \sigma_1' &= \sigma_{1, I} + \sigma_{1, II} = -1,479 \text{ MPa} & -1,027 \text{ MPa} \\ \sigma_2' &= \sigma_{2, I} + \sigma_{2, II} = -0,999 \text{ MPa} & -0,763 \text{ MPa} \\ \sigma_3' &= \sigma_3^{T_0} + \sigma_{3, II} = -9,202 \text{ MPa} & -10,289 \text{ MPa} \\ \sigma_4' &= \sigma_4^{T_0} + \sigma_{4, II} = 22,543 \text{ MPa} & 17,676 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Účinky zmrašťovania betónu:

$$\begin{aligned} A_c &= 1,260 \text{ m}^2 \\ U &= 6,200 \text{ m} \\ h_0 &= 2 \cdot A_c / U = 0,406 \text{ m} \\ \text{reálna vlhkosť prostredia} & RH = 80 \% \\ \text{začiatok pôsobenia 2. časti stálego zaťaženia} & T_0 = 60 \text{ dní} \\ \text{čas spustenia do prevádzky} & T_1 = 100 \text{ dní} \\ \text{predpokladaná životnosť mosta} & T_2 = 36525 \text{ dní} \\ \text{doba ošetrovania betónu po betonáži} & T_s = 3 \text{ dní} \\ & T_1 - T_s = 97 \text{ dní} \\ & T_2 - T_s = 36522 \text{ dní} \end{aligned}$$

Dotvarovanie od zmrašťovania:

$$\begin{aligned} \beta_{H, 1, 2} &= 1,5 \cdot (1 + (0,012 \cdot RH)^{18}) \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3 = 1127,629 \\ 1500 \cdot \alpha_3 &= 1353,291 \\ \beta_{H, 1, 2} &\leq 1500 \cdot \alpha_3 \quad \text{Podmienka vyhovuje} \\ \beta_{(T_s)} &= 1 / (0,1 + T_s^{0,2}) = 0,743 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta_c(T_1, T_s) &= ((T_1 - T_s) / (\beta_H + T_1 - T_s))^{0,3} = & \mathbf{0,467} \\ \beta_c(T_2, T_s) &= ((T_2 - T_s) / (\beta_H + T_2 - T_s))^{0,3} = & \mathbf{0,991} \\ \beta_{(f_{cm})} &= 16,8 / (f_{cm})^{0,5} = & \mathbf{2,562} \\ \phi_{RH} &= (1 + (1 - RH / 100) / (0,1 \cdot h_0^{1/3}) \cdot \alpha_1) \cdot \alpha_2 = & \mathbf{1,184} \\ \phi_0 &= \phi_{RH} \cdot \beta_{(f_{cm})} \cdot \beta_{(T_s)} = & \mathbf{2,254} \\ \phi(T_1, T_s) &= \phi_0 \cdot \beta_c(T_1, T_s) = & \mathbf{1,053} \\ \phi(T_2, T_s) &= \phi_0 \cdot \beta_c(T_2, T_s) = & \mathbf{2,234} \\ \chi(t, t_s) &= & \mathbf{0,55}\end{aligned}$$

Pomerné pretvorenie vyvolané zmrašťovaním:

$$\begin{aligned}\beta_{RH} &= 1,55 \cdot [1 - (RH / RH_0)^3] = & \mathbf{0,756} \\ \beta_{s1}(T_1, T_s) &= (T_1 - T_s) / ((T_1 - T_s) + 0,04 \cdot (h_0^3)^{0,5}) = & \mathbf{0,99989} \\ \beta_{s2}(T_2, T_s) &= (T_2 - T_s) / ((T_2 - T_s) + 0,04 \cdot (h_0^3)^{0,5}) = & \mathbf{1,00000} \\ \varepsilon_{cd,0} &= 0,85 \cdot ((220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot e^{(-\alpha_{ds2} \cdot f_{cm} / f_{cm0})}) \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} = & \mathbf{0,00025} \\ k_h &= & \mathbf{0,723} \\ \varepsilon_{cd}(T_1) &= \beta_{s1}(T_1, T_s) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0} = & \mathbf{0,00018} \\ \varepsilon_{cd}(T_2) &= \beta_{s2}(T_1, T_s) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0} = & \mathbf{0,00018}\end{aligned}$$

Zaťaženie	Zmrašťovanie		
Vek betónu	3dní	100dní	36525dní
$\varepsilon_{cd}(T)$	0	0,00018	0,00018
$\phi(T, T_s)$	0	1,053	2,234
$E(T)$ [MPa]	29143	0	0
$E_{ci}(T)$ [MPa]	0	19473	14195
ψ_L [-]	0,55	0,55	0,55
$n_0=E_a/E_{ci}(T)$ [-]	7,206	10,784	14,793
$n=n_0(1+\psi_L.\phi(T, T_s))$	7,206	17,032	32,967
A_a [m ²]	0,1328	0,1328	0,1328
A_c/n [m ²]	0,1749	0,0740	0,0382
$A_i=A_a+A_c/n$ [m ²]	0,3077	0,2068	0,1710
I_a [m ⁴]	0,1694	0,1694	0,1694
a [m]	2,1815	1,7822	1,5276
$a_c=A_a.a/A_i$ [m]	0,9416	1,1446	1,1862
$a_a=A_c.a/(n.A_i)$ [m]	1,2399	0,6376	0,3414
$A_i.a_c.a_a$	0,3592	0,1509	0,0693
I_c/n	0,0023	0,0010	0,0005
I_i [m ⁴]	0,5310	0,3213	0,2392
Z_1 [m]	1,1416	1,3446	1,3862
$Z_2=Z_3$ [m]	0,7416	0,9446	0,9862
Z_4 [m]	2,3437	1,7414	1,4452
$\sigma_{cd}=\varepsilon_{cd}(T).E_{ci}(T)$ [MPa]	0	3,5676	2,6010
$N_{sh}=\sigma_{cd}.A_c$ [MN]	0	4,4951	3,2773
$M_{sh}=N_{sd}.a_c$ [MNm]	0	5,1451	3,8874
$\sigma_{1,sh}$ [MPa]	0	1,0272	1,3364
$\sigma_{2,sh}$ [MPa]	0	1,4032	1,5335
$\sigma_{3,sh}$ [MPa]	0	-36,8641	-35,1905
$\sigma_{4,sh}$ [MPa]	0	49,6228	42,6502

Sekundárne účinky dotvarovania a zmrašťovania betónu (spojitá konštrukcia):

Vstupy pre výpočet sekundárných účinkov:

	T= 100dní			T= 36525dní		
	M_i	l_i	natočenie Δ	M_i	l_i	natočenie Δ
	[MN/m]	[m ⁴]	[rad/m]	[MN/m]	[m ⁴]	[rad/m]
dotvarovanie	0,7765	0,3596	1,03E-05	1,4134	0,2341	2,88E-05
zmrašťovanie	5,1451	0,3213	7,62E-05	3,8874	0,2392	7,74E-05
		$\Delta_{T=60}$ [rad/m]	8,65E-05		$\Delta_{T=36525}$ [rad/m]	1,06E-04

Vnútné sily od zaťaženia natočením Δ :

		T= 100dní		T= 36525dní	
		dotvar.	zmrašť.	dotvar.	zmrašť.
$M_{\Delta \text{sek. úč.}}$	[MNm]	0,2601	1,9273	0,7284	1,9577
$V_{\Delta \text{sek. úč.}}$	[MN]	0,0004	0,0030	0,0011	0,0030
$N_{\Delta \text{sek. úč.}}$	[MN]	0,0021	0,0158	0,0060	0,0161

Napätia od sekundárných účinkov dotvarovania a zmrašťovania:

Sekundárne účinky		T= 100dní		T= 36525dní	
		dotvar.	zmrašť.	dotvar.	zmrašť.
A_i	[m ²]	0,2234	0,2068	0,0642	0,1710
l_i	[m ⁴]	0,3596	0,3213	0,2341	0,2392
n		13,9033	17,0324	35,1197	32,9670
a_c	[m]	1,1132	1,1446	1,1866	1,1862
z_1	[m]	1,3132	1,3446	1,3866	1,3862
$z_2=z_3$	[m]	0,9132	0,9446	0,9866	0,9862
z_4	[m]	1,8635	1,7414	1,4244	1,4452
σ_1	[MPa]	-0,0683	-0,4735	-0,1214	-0,3446
σ_2	[MPa]	-0,0473	-0,3313	-0,0856	-0,2444
σ_3	[MPa]	-0,6571	-5,6424	-3,0068	-8,0559
σ_4	[MPa]	1,3699	10,6199	4,5693	12,0373
$\sigma_{1,s.ú.}$	[MPa]	-0,5417		-0,4660	
$\sigma_{2,s.ú.}$	[MPa]	-0,3785		-0,3300	
$\sigma_{3,s.ú.}$	[MPa]	-6,2995		-11,0627	
$\sigma_{4,s.ú.}$	[MPa]	11,9898		16,6066	

Premenné zaťaženie: pohyblivé zaťaženie dopravou

Napätia od premenného zaťaženia - pohyblivé zaťaženie dopravou:

	T= 100dní	T= 36525dní
$\sigma_1 = -M_p \cdot z_1 / (l_i \cdot n) =$	-3,360 MPa	-3,372 MPa
$\sigma_2 = -M_p \cdot z_2 / (l_i \cdot n) =$	-2,110 MPa	-2,102 MPa
$\sigma_3 = -M_p \cdot z_3 / l_i =$	-12,580 MPa	-12,068 MPa
$\sigma_4 = M_p \cdot z_4 / l_i =$	46,508 MPa	46,104 MPa

Premenné zaťaženie: zaťaženie vetrom

Napätia od premenného zaťaženia - zaťaženie vetrom:

	T= 100dní	T= 36525dní
$\sigma_1 = -M_w \cdot z_1 / (l_i \cdot n) =$	-0,259 MPa	-0,260 MPa
$\sigma_2 = -M_w \cdot z_2 / (l_i \cdot n) =$	-0,163 MPa	-0,162 MPa
$\sigma_3 = -M_w \cdot z_3 / l_i =$	-0,971 MPa	-0,931 MPa
$\sigma_4 = M_w \cdot z_4 / l_i =$	3,589 MPa	3,557 MPa

Premenné zaťaženie: účinky náhlej zmeny teploty

$$k_{sur} = 0,8$$

Ohrievanie konštrukcie:

$$h_0 = 0,000 \text{ m} \quad \Delta T_0 = 12,800 \text{ }^\circ\text{C} \quad \varepsilon_{T,0} = 1,536E-04$$

$h_1 =$	0,240 m	$\Delta T_1 =$	3,200 °C	$\varepsilon_{T,c} =$	2,743E-05
$h_c =$	0,400 m	$\Delta T_c =$	2,286 °C	$\sigma_{1,\Delta T} =$	5,222 MPa
$h_d =$	0,800 m	$\Delta T_d =$	0,000 °C	$\sigma_{2,\Delta T} =$	0,933 MPa

Ochladzovanie konštrukcie:

$h_0 =$	0,000 m	$\Delta T_0 =$	-4,000	$\varepsilon_{T,0} =$	-4,800E-05
$h_1 =$	0,240 m	$\Delta T_1 =$	0,000	$\varepsilon_{T,c} =$	0,000E+00
$h_c =$	0,400 m	$\Delta T_c =$	0,000	$\sigma_{1,\Delta T} =$	-1,632 MPa
$h_d =$	0,800 m	$\Delta T_d =$	-6,400	$\sigma_{2,\Delta T} =$	0,000 MPa

Zmena teploty	Ohrievanie		Ochladzovanie	
	100dní	36525dní	100dní	36525dní
$E(T)$ [MPa]	35222	36572	35222	36572
$E_{ci}(T)$ [MPa]	0	0	0	0
ψ_L [-]	0,55	0,55	0,55	0,55
$n_0 = E_s/E_{ci}(T)$ [-]	5,9622	5,7421	5,9622	5,7421
$n = n_0(1 + \psi_L \cdot \phi(T, T_s))$	5,9622	5,7421	5,9622	5,7421
A_a [m ²]	0,1328	0,1328	0,1328	0,1328
A_c/n [m ²]	0,2113	0,2194	0,2113	0,2194
$A_i = A_a + A_c/n$ [m ²]	0,3441	0,3522	0,3441	0,3522
I_a [m ⁴]	0,1694	0,1694	0,1694	0,1694
a [m]	2,2683	2,2851	2,2683	2,2851
$a_c = A_a \cdot a / A_i$ [m]	0,8753	0,8615	0,8753	0,8615
$a_a = A_c \cdot a / (n \cdot A_i)$ [m]	1,3929	1,4236	1,3929	1,4236
$A_i \cdot a_c \cdot a_a$	0,4196	0,4320	0,4196	0,4320
I_c/n	0,0028	0,0029	0,0028	0,0029
I_i [m ⁴]	0,5918	0,6043	0,5918	0,6043
z_1 [m]	1,0753	1,0615	1,0753	1,0615
$z_2 = z_3$ [m]	0,6753	0,6615	0,6753	0,6615
z_4 [m]	2,4967	2,5273	2,4967	2,5273
$N'_{\Delta T}$ [MN]	6,5802	6,5802	-2,0563	-2,0563
$N''_{\Delta T}$ [MN]	0,5875	0,5875	0,0000	0,0000
$M_{\Delta T}$ [MNm]	6,3132	6,2144	-1,7999	-1,7716
$\sigma_{1,sh}$ [MPa]	-0,1949	-0,2225	-0,0813	-0,0734
$\sigma_{2,sh}$ [MPa]	-3,7691	-3,7960	1,3467	1,3544
$\sigma_{3,sh}$ [MPa]	-22,8097	-21,9295	6,3972	7,7772
$\sigma_{4,sh}$ [MPa]	-5,8046	-5,6388	1,6178	1,5707

Výsledné napätie v spriahnutom priereze - pružné štádium

napätie v čase	T=100dní			
zaťaženie	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
1.prvá časť stáleho zaťaženia g_1	0	0	-38,508	25,059
2.druhá časť stáleho zaťaženia g_2	-1,479	-0,999	-9,202	22,543
3.zmrašťovanie	1,027	1,403	-36,864	49,623
4.sekundárne účinky reológie	-0,542	-0,379	-6,299	11,990
5.pohyblivé zaťaženie	-3,360	-2,110	-12,580	46,508
6.zaťaženie vetrom	-0,259	-0,163	-0,971	3,589
7.zmena teploty-ohriatie	-0,195	-3,769	-22,810	-5,805
8.zmena teploty-ochladenie	-0,081	1,347	6,397	1,618
Kombi 1: 1+2+3+4	-0,994	0,025	-90,874	109,215
Kombi 2: 1+2+3+4+5	-4,353	-2,084	-103,453	155,723
Kombi 3: 1+2+3+4+5+ ψ .6	-4,548	-2,207	-104,181	158,415
Kombi 4: 1+2+3+4+5+ ψ .6+ ψ .7	-4,665	-4,468	-117,867	154,932
Kombi 5: 1+2+3+4+5+ ψ .6+ ψ .8	-4,596	-1,399	-100,343	159,385
σ_v sledne [MPa]	-4,665	-4,468	-117,867	159,385
medzné napätie [MPa]	29,75	29,75	335	335
	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
	15,68%	15,02%	35,18%	47,58%

napätie v čase	T=36525dní			
zaťaženie	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4
1.prvá časť stáleho zaťaženia g_1	0	0	-38,508	25,059
2.druhá časť stáleho zaťaženia g_2	-1,027	-0,763	-10,289	17,676
3.zmrašťovanie	1,336	1,534	-35,190	42,650
4.sekundárne účinky reológie	-0,466	-0,330	-11,063	16,607
5.pohyblivé zaťaženie	-3,372	-2,102	-12,068	46,104
6.zaťaženie vetrom	-0,260	-0,162	-0,931	3,557
7.zmena teploty-ohriatie	-0,222	-3,796	-21,930	-5,639
8.zmena teploty-ochladenie	-0,073	1,354	7,777	1,571
Kombi 1: 1+2+3+4	-0,157	0,440	-95,051	101,992
Kombi 2: 1+2+3+4+5	-3,529	-1,661	-107,118	148,096
Kombi 3: 1+2+3+4+5+ ψ .6	-3,724	-1,783	-107,817	150,764
Kombi 4: 1+2+3+4+5+ ψ .6+ ψ .7	-3,858	-4,061	-120,974	147,381
Kombi 5: 1+2+3+4+5+ ψ .6+ ψ .8	-3,768	-0,970	-103,150	151,706
σ_v sledne [MPa]	-3,858	-4,061	-120,974	151,706
medzné napätie [MPa]	29,75	29,75	335	335
	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje	vyhovuje
	12,97%	13,65%	36,11%	45,29%

5.5.2.4 Návrh a posúdenie prvkov spriahnutia

d=	18,2 mm	γ_v =	1,25
h_{sc} =	200 mm		
f_u =	410 MPa		
h_d =	10 mm		
D=	35 mm		

Kritéria pre imiestnenie trňov:

priečny smer

$p_1 \geq$	25 mm
$p_1 \leq$	100 mm
$p_1 \leq 9 \cdot t_f \cdot \varepsilon_m =$	376,898 mm
$p \geq 4 \cdot d =$	72,800 mm
$p \leq 40 \cdot t_f \cdot \varepsilon_m =$	1675,103 mm

pozdĺžny smer

$e_1 \geq$	25 mm
$e_1 \leq$	100 mm
$e_1 \leq 9 \cdot t_f \cdot \varepsilon_m =$	376,898 mm
$e \geq 5 \cdot d =$	91,000 mm
$e \leq 6 \cdot t_c =$	2400,000 mm
$e \leq$	800 mm
$e \leq 22 \cdot t_f \cdot \varepsilon_m =$	921,307 mm

Únosnosť spriahovacích trňov:

$h_{sc}/d > 4$	$\rightarrow \alpha =$	1,000			
$3 \leq h_{sc}/d \leq 4$	$\rightarrow \alpha = 0,2 \cdot (h_{sc}/d + 1) =$	2,398	$h_{sc}/d =$	10,989	$\rightarrow \alpha =$ 1
$P_{Rd} = \pi \cdot d^2 / 4 \cdot 0,8 \cdot f_u / \gamma_v =$		0,068 MN			
$P_{Rd} = \alpha \cdot d^2 \cdot 0,29 \cdot (f_{ck} \cdot E_{cm})^{0,5} / \gamma_v =$		0,084 MN	$\rightarrow P_{Rd} =$	0,068 MN	

Posúdenie spriahovacích trňov-MSÚ:

Pozdĺžna šmyková sila:

$$V_1 = V_{cf} = A_c \cdot 0,85 \cdot f_{cd} = \mathbf{24,990 \text{ MN}}$$

počet trňov v priečnom smere:

$$m = \mathbf{6 \text{ ks}}$$

$$p_{vy p} = \mathbf{79,167 \text{ mm}}$$

$$p_{min} \leq p_{vy p} \leq p_{max} \text{ podmienka vyhovuje}$$

potrebný počet trňov na polovici rozpätia:

$$n_{min} = V_{cf} / (P_{Rd} \cdot m) = \mathbf{61,012} \rightarrow n = \mathbf{61 \text{ ks}}$$

$$L = L_e = \mathbf{28,000 \text{ m}}$$

$$e = L/2/n = \mathbf{229,508 \text{ mm}}$$

$$e_{min} \leq e_{vy p} \leq e_{max} \text{ podmienka vyhovuje}$$

Posúdenie spriahovacích trňov pre prierez tr. 3 a 4-MSP:

$$e = \mathbf{229,508 \text{ mm}}$$

$$n = \mathbf{61 \text{ ks}}$$

Šmykový tok od zaťaženia g_2 :

	$T=100\text{dní}$	$T=36525\text{dní}$
V_{g2}	1,678 MN	1,678 MN
A_c/n	0,091 m²	0,036 m²
a_c	1,113 m	1,187 m
I_{yi}	0,360 m⁴	0,234 m⁴
$t_{g2} = V_{g2} \cdot (A_c/n) \cdot a_c / I_{yi}$	0,471 MN/m	0,305 MN/m
$N_{g2} = t_{g2} \cdot e$	0,108 MN	0,070 MN

Šmykový tok od premenného zaťaženia :

	$T=100\text{dní}$	$T=36525\text{dní}$
V_p	1,877 MN	1,877 MN
A_c/n	0,211 m²	0,219 m²
a_c	0,875 m	0,862 m
I_{yi}	0,592 m⁴	0,604 m⁴
$t_p = V_p \cdot (A_c/n) \cdot a_c / I_{yi}$	0,587 MN/m	0,587 MN/m
$N_p = t_p \cdot e$	0,135 MN	0,135 MN

Šmykový tok od premenného zaťaženia vetrom:

	$T=100\text{dní}$	$T=36525\text{dní}$
V_w	0,308 MN	0,308 MN
A_c/n	0,211 m²	0,219 m²
a_c	0,875 m	0,862 m

I_{yi}	0,592 m⁴	0,604 m⁴
$t_w = V_w \cdot (A_c/n) \cdot a_c / I_{yi}$	0,096 MN/m	0,096 MN/m
$N_w = t_w \cdot e$	0,022 MN	0,022 MN
<i>Šmykový tok od zmrašťovania:</i>		
	T=100dní	T=36525dní
$\sigma_{1,sh}$	1,027 MPa	1,336 MPa
$\sigma_{2,sh}$	1,403 MPa	1,534 MPa
N_{sh}	1,531 MN	1,808 MN
L_k	4,000 m	4,000 m
e_x	229,508 mm	229,508 mm
$N_{sh,1}$	0,215 MN	0,254 MN
<i>Šmykový tok od teploty-ohrievanie:</i>		
	T=100dní	T=36525dní
$\sigma_{1,sh}$	-0,195 MPa	-0,222 MPa
$\sigma_{2,sh}$	-3,769 MPa	-3,796 MPa
N_{sh}	-2,497 MN	-2,532 MN
L_k	4,000 m	4,000 m
e_x	229,508 mm	229,508 mm
$N_{T,1}$	-0,351 MN	-0,355 MN
<i>Smykový tok od teploty-ochladzovanie:</i>		
	T=100dní	T=36525dní
$\sigma_{1,sh}$	-0,081 MPa	-0,073 MPa
$\sigma_{2,sh}$	1,347 MPa	1,354 MPa
N_{sh}	0,797 MN	0,807 MN
L_k	4,000 m	4,000 m
e_x	229,508 mm	229,508 mm
$N_{T,2}$	0,112 MN	0,113 MN
Posúdenie trňa:		
	T=100dní	T=36525dní
1. $N_g + N_p =$	0,243 MN	0,205 MN
2. $N_g + N_p + \psi \cdot N_w =$	0,259 MN	0,221 MN
3. $N_g + N_p + \psi \cdot N_{T,1} + \psi \cdot N_w =$	0,049	0,008
4. $N_g + N_p + \psi \cdot N_{T,2} + \psi \cdot N_w =$	0,326	0,289
5. $N_g - N_{sh} =$	0,107	0,184
6. $N_g - N_{sh,1} - 1/0,7 \cdot N_{T,1} =$	0,394	0,324
7. $N_g - N_{sh,1} - 1/0,7 \cdot N_{T,2} =$	0,267	0,346
$N_c =$	0,394 MN	
$P_{Rd} \cdot m =$	0,410 MN	$P_{Rd} \cdot m \geq N_c$ vyhovuje
Posúdenie spriahovacích trňov na únavu - zvary v šmyku		
$V_{p,max} =$	1,877 MN	$V_{p,min} =$ 0,000 MN
$t_{p,36525,d,max} =$	0,587 MN/m	$t_{p,36525,d,min} =$ 0,000 MN/m
$t_{p,36525,k,max} =$	0,405 MN/m	$t_{p,36525,k,min} =$ 0,000 MN/m
$\Delta F_{R,max} = t_{p,36525,k} \cdot e / m =$	0,01549 MN	
$\Delta F_{R,min} = t_{p,36525,k} \cdot e / m =$	0,00000 MN	
$\tau_{max} = \Delta F_{R,max} \cdot 4 / (\pi \cdot d^2) =$	59,528 MPa	
$\tau_{max} = \Delta F_{R,min} \cdot 4 / (\pi \cdot d^2) =$	0,000 MPa	
$\Delta \tau_p = \tau_{max} - \tau_{min} =$	59,528 MPa	$\gamma_{F,at} =$ 1

$K_D = \Delta \tau_c =$	90 MPa	$\gamma_{M, fat} =$	1,15
$\lambda_{w1} =$	0,75	$Vol =$	3,00E+07 tony/rok/koľaj
$\lambda_{w2} = (Vol / (25 \cdot 10^6))^{1/k_2} =$	1,023	$k_2 =$	8
$\lambda_{w3} = (N_{years} / 100)^{1/k_2} =$	1,000	$N_{years} =$	100 rokov
$\lambda_{w4} =$	1,000	$\Delta \tau_{E2} = \lambda \cdot \Delta \tau_p =$	45,675 MPa
$\lambda_w = \lambda_{w1} \cdot \lambda_{w2} \cdot \lambda_{w3} \cdot \lambda_{w4} =$	0,767	$\gamma_{F, fat} \cdot \Delta \tau_{E2} =$	45,675
$\gamma_{F, fat} \cdot \Delta \tau_{E2} \leq \Delta \tau_c / \gamma_{M, fat}$	vyhovuje		
		$\Delta \tau_c / \gamma_{M, fat} =$	78,261

5.5.2.5 Návrh a posúdenie krčných zvarov steny a pásnic hlavného nosníka

a) Zvar steny a hornej pásnice:

Materiál: S355	$f_u =$	470 MPa
	$\gamma_{M2} =$	1,25
	$\beta_w =$	0,9
	$a_w =$	10 mm
	$n =$	2 ks

Šmykový tok medzi hornou pásnicou a stenou hlavného nosníka:

Šmykový tok od zaťaženia g_1 :

$A_{f1} =$	0,025 m²	$A_c / n =$	0,000 m²
$z_3 =$	1,696 m	$a_c =$	0,000 m
$V_{g1, d} =$	1,306 MN	$I_{yi} =$	0,169 m⁴
$S_{y, 3} =$	0,043 m³	$t_{g1} = V_{g1} \cdot S_{y, 3} / I_{yi} =$	0,332 MN/m

Šmykový tok od zaťaženia g_2 :

$A_{f1} =$	0,025 m²	$A_c / n =$	0,036 m²
$z_3 =$	0,987 m	$a_c =$	1,187 m
$V_{g2, d} =$	2,265 MN	$I_{yi} =$	0,234 m⁴
$S_{y, 3} =$	0,068 m³	$t_{g2} = V_{g2} \cdot S_{y, 3} / I_{yi} =$	0,657 MN/m

Šmykový tok od pohyblivého zaťaženia:

$A_{f1} =$	0,025 m²	$A_c / n =$	0,219 m²
$z_3 =$	0,662 m	$a_c =$	0,862 m
$V_p =$	2,656 MN	$I_{yi} =$	0,604 m⁴
$S_{y, 3} =$	0,206 m³	$t_p = V_p \cdot S_{y, 3} / I_{yi} =$	0,906 MN/m

Šmykový tok od zmeny teploty:

$N_{T2} =$	0,355 MN	$t_{\Delta T} = N_{T2} / e_x =$	1,549 MN/m
$e_x =$	0,230 m		

Zmrašťovanie má záporný účinok, z toho dôvodu ho neuvažujeme.

1. $t_{g1} + t_{g2} + t_p =$	1,895 MN/m
2. $t_{g1} + t_{g2} + t_p + \psi \cdot t_{\Delta T} =$	2,824 MN/m
$t_{d, zv ar} =$	2,824 MN/m
$t_{II} = t_{d, zv ar} / (n \cdot a_w) =$	141,192 MPa
$\sigma_{II} = \tau_{II} =$	0,000 MPa

Posúdenie porovnávacieho napätia:

$(\sigma_{II}^2 + 3\tau_{II}^2 + 3\tau_{II}^2)^{0,5} =$	244,552 MPa	$(\sigma_{II}^2 + 3\tau_{II}^2 + 3\tau_{II}^2)^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	zvar vyhovuje
$f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) =$	417,778 MPa		

Alternatíva TUPÝ ZVAR -K zvar

$\gamma_r =$	0,85		
$(\sigma_{II}^2 + 3\tau_{II}^2 + 3\tau_{II}^2)^{0,5} =$	244,552 MPa	$(\sigma_{II}^2 + 3\tau_{II}^2 + 3\tau_{II}^2)^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \cdot \gamma_r$	zvar vyhovuje
$f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \cdot \gamma_r =$	355,111 MPa		

b) Zvar steny a dolnej pásnice:

Materiál:	S355	f_u =	470 MPa
		γ_{M2} =	1,25
		β_w =	0,9
		a_w =	10 mm
		n =	2 ks

Šmykový tok medzi hornou pásnicou a stenou hlavného nosníka:

Šmykový tok od zaťaženia g_1 :

A_{f2} =	0,054 m ²	A_c/n =	0,000 m ²
Z_4 =	1,104 m	a_c =	0,000 m
$V_{g1,d}$ =	1,306 MN	I_{yi} =	0,169 m ⁴
$S_{y,4}$ =	0,061 m ³	$t_{g1}=V_{g1} \cdot S_{y,4}/I_{yi}$ =	0,472 MN/m

Šmykový tok od zaťaženia g_2 :

A_{f2} =	0,054 m ²	A_c/n =	0,000 m ²
Z_4 =	1,424 m	a_c =	0,000 m
$V_{g2,d}$ =	2,265 MN	I_{yi} =	0,234 m ⁴
$S_{y,4}$ =	0,079 m ³	$t_{g2}=V_{g2} \cdot S_{y,4}/I_{yi}$ =	0,760 MN/m

Smykový tok od pohyblivého zaťaženia:

A_{f1} =	0,054 m ²	A_c/n =	0,000 m ²
Z_4 =	2,527 m	a_c =	0,000 m
V_p =	2,656 MN	I_{yi} =	0,604 m ⁴
$S_{y,3}$ =	0,138 m ³	$t_p=V_p \cdot S_{y,3}/I_{yi}$ =	0,607 MN/m

Zmrašťovanie má záporný účinok, z toho dôvodu ho neuvažujeme.

1. $t_{g1}+t_{g2}+t_p$ =	1,839 MN/m
$t_{d,zvar}$ =	1,839 MN/m
$t_{II}=t_{d,zvar}/(n \cdot a_w)$ =	91,935 MPa
$\sigma_{\perp}=\tau_{\perp}$ =	0,000 MPa

Posúdenie porovnávacieho napätia:

$$(\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{II}^2)^{0,5} = 159,236 \text{ MPa} \quad (\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{II}^2)^{0,5} \leq f_u/(\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \text{ zvar vyhovuje}$$

$$f_u/(\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 417,778 \text{ MPa}$$

5.5.2.6 Posúdenie na únavu

I_i =	0,604 m ⁴	$M_{p,max}$ =	11,025 MN/m	λ_1 =	0,65
Z_3 =	0,662 m	$M_{p,min}$ =	-3,572 MN/m	λ_2 =	1,04
Z_4 =	2,527 m			λ_3 =	1
				λ_4 =	1
$\lambda=\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4$ =	0,676			λ_{max} =	1,4
$\lambda \leq \lambda_{max}$	$\rightarrow \lambda$ =	0,676			

Styk steny hlavného nosníka a hornej pásnice hlavného nosníka

$K_D=\Delta\sigma_c$ =	112 MPa	$\gamma_{F, fat}$ =	1
σ_{max} =	-12,068 MPa	$\gamma_{M, fat}$ =	1,15
σ_{min} =	3,910 MPa	$\gamma_{F, fat} \cdot \Delta\sigma_{E2}$ =	10,801 MPa
$\Delta\sigma_p = \sigma_{max} - \sigma_{min} $ =	15,978 MPa	$\Delta\sigma_c/\gamma_{M, fat}$ =	97,391 MPa
$\Delta\sigma_{E2}=\lambda \cdot \Delta\sigma_p$ =	10,801 MPa		

$\gamma_{F, fat} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c/\gamma_{M, fat}$ **vyhovuje**

Styk steny hlavného nosníka a spodnej pásnice hlavného nosníka

$K_D=\Delta\sigma_c$ =	112 MPa	$\gamma_{F, fat}$ =	1
σ_{max} =	-46,104 MPa	$\gamma_{M, fat}$ =	1,15
σ_{min} =	14,939 MPa	$\gamma_{F, fat} \cdot \Delta\sigma_{E2}$ =	41,265 MPa

$$\Delta\sigma_p = |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| = 61,043 \text{ MPa} \quad \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} = 97,391 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta\sigma_p = 41,265 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

Styk priečnej výstuhy steny hlavného nosníka a hornej pásnice hlavného nosníka

$$K_D = \Delta\sigma_c = 80 \text{ MPa} \quad \gamma_{F, \text{fat}} = 1$$

$$\sigma_{\max} = -12,068 \text{ MPa} \quad \gamma_{M, \text{fat}} = 1,15$$

$$\sigma_{\min} = 3,910 \text{ MPa} \quad \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} = 10,801 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_p = |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| = 15,978 \text{ MPa} \quad \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} = 69,565 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta\sigma_p = 10,801 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

Styk priečnej výstuhy steny hlavného nosníka a spodnej pásnice hlavného nosníka

$$K_D = \Delta\sigma_c = 80 \text{ MPa} \quad \gamma_{F, \text{fat}} = 1$$

$$\sigma_{\max} = -40,631 \text{ MPa} \quad \gamma_{M, \text{fat}} = 1,15$$

$$\sigma_{\min} = 13,165 \text{ MPa} \quad \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} = 36,367 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_p = |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| = 53,797 \text{ MPa} \quad \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} = 69,565 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta\sigma_p = 36,367 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

Spriahajúci trň privarený na hornú pásnicu - účinok na pásnicu

$$K_D = \Delta\sigma_c = 80 \text{ MPa} \quad \gamma_{F, \text{fat}} = 1$$

$$\sigma_{\max} = -12,068 \text{ MPa} \quad \gamma_{M, \text{fat}} = 1,15$$

$$\sigma_{\min} = 3,910 \text{ MPa} \quad \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} = 10,801 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_p = |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| = 15,978 \text{ MPa} \quad \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} = 69,565 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta\sigma_p = 10,801 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

Priečny styk spodnej pásnice hlavného nosníka

$$K_D = \Delta\sigma_c = 90 \text{ MPa} \quad \gamma_{F, \text{fat}} = 1$$

$$\sigma_{\max} = -46,104 \text{ MPa} \quad \gamma_{M, \text{fat}} = 1,15$$

$$\sigma_{\min} = 14,939 \text{ MPa} \quad \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} = 41,265 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_p = |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| = 61,043 \text{ MPa} \quad k_s \cdot \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} = 65,690 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta\sigma_p = 41,265 \text{ MPa} \quad k_s = 0,839$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq k_s \cdot \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

5.5.2.7 Posúdenie horných vlákien betónu na únavu

$$\beta_{cc}(t) = \exp \left\{ s \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0,5} \right] \right\} = 1,275$$

$$f_{d, \text{fat}} = 0,85 \cdot \beta_{cc}(t) \cdot f_{cd} \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 21,75$$

v čase T=100dní

$$\sigma_{c, \min} = 4,665 - 3,360 = 1,305 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c, \max} = 4,665 - 3,360 + 3,360 / 1,21 = 4,082 \text{ MPa}$$

Posúdenie

$$\frac{\sigma_{c, \max}(t)}{f_{cd}(t)} \leq 0,5 + 0,45 \cdot \frac{\sigma_{c, \min}(t)}{f_{cd}(t)} \leq 0,9$$

$$\frac{1,305}{21,75} \leq 0,5 + 0,45 \cdot \frac{4,082}{21,75} \leq 0,9$$

v čase T=365250dní

$$\sigma_{c, \min} = 3,858 - 3,372 = 0,486 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c, \max} = 3,858 - 3,372 + 3,372 / 1,21 = 3,273 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c, \max}(t)}{f_{cd}(t)} \leq 0,5 + 0,45 \cdot \frac{\sigma_{c, \min}(t)}{f_{cd}(t)} \leq 0,9$$

$$\frac{0,486}{21,75} \leq 0,5 + 0,45 \cdot \frac{3,273}{21,75} \leq 0,9$$

0,060 < 0,585 < 0,9 ⇒ **vyhovuje** 0,022 < 0,568 < 0,9 ⇒ **vyhovuje**

5.5.3 Posúdenie prierezu – „PILIER“ prierez

5.5.3.1 Vstupné údaje a vnútorné sily

tab. 9 Vnútorné sily rozhodujúce pre posúdenie nadpodperových priereзов – krajný nosník

Zaťažovací stav		N _{yk}	V _{yk}	V _{zk}	M _{yk}	M _{zk}	γ _F	δ	α	f	ψ ₀	N _{sd}	V _{sd}	V _{zd}	M _{yd}	M _{zd}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g ₁	vl. tiaž konštrukcie (generovaná)	1,12	1,92	967,17	6750,94	2,39	1,35	-	-	-	-	1,51	2,59	1305,68	9113,77	3,23
g ₂	tiaž dobetónovania rímky	0,12	5,12	393,24	2692,40	6,21	1,35	-	-	-	-	0,16	6,91	530,87	3634,74	8,38
	tiaž kompozitu	0,01	0,04	8,35	63,10	0,15	1,35	-	-	-	-	0,01	0,05	11,27	85,19	0,20
	tiaž zábradlia	0,00	0,23	15,97	110,98	0,28	1,35	-	-	-	-	0,00	0,31	21,56	149,82	0,38
	tiaž izolácie	0,11	0,29	104,59	736,40	0,37	1,35	-	-	-	-	0,15	0,39	141,20	994,14	0,50
	tiaž štrkového lôžka	1,01	2,76	997,49	7022,67	3,49	1,35	-	-	-	-	1,36	3,73	1346,61	9480,60	4,71
	tiaž zvršku	0,09	0,50	51,82	365,56	0,61	1,35	-	-	-	-	0,12	0,68	69,96	493,51	0,82
	pokles podpier	0,23	0,03	75,54	1564,76	0,14	1,35	-	-	-	-	0,31	0,04	101,98	2112,43	0,19
	trakcia	7,73	0,31	30,76	233,89	3,50	1,35	-	-	-	-	10,44	0,42	41,53	315,75	4,73
Σ g ₂		9,30	9,28	1677,76	12789,76	14,75						12,56	12,53	2264,98	17266,18	19,91
q	zvislé účinky LM71	2,36	13,92	1161,94	8071,52	16,34	1,45	1,15	1,21	-	-	4,76	28,09	2344,42	16285,70	32,97
	brzdne a rozjazdové sily LM71	439,90	3,22	0,09	3,60	83,72	1,45	-	1,21	-	-	771,80	5,65	0,16	6,32	146,89
	zvislé účinky SW/0	1,12	2,26	1045,02	6253,28	7,93	1,45	1,15	1,21	-	-	2,26	4,56	2108,51	12617,09	16,00
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	271,50	5,39	0,06	2,48	70,70	1,45	-	1,21	-	-	476,35	9,46	0,11	4,35	124,04
	bočné rázy	3,37	22,73	9,11	3,63	7,99	1,45	-	1,21	-	-	5,91	39,88	15,98	6,37	14,02
	zvislé účinky SW/2	3,28	2,43	1582,81	11342,53	8,11	1,20	1,15	-	-	-	4,53	3,35	2184,28	15652,69	11,19
	brzdne a rozjazdové sily SW/2	482,59	5,07	0,09	4,47	104,04	1,20	-	-	-	-	579,11	6,08	0,11	5,36	124,85
	bočné rázy	3,37	22,73	9,11	3,63	7,99	1,20	-	-	-	-	4,04	27,28	10,93	4,36	9,59
	revízná lávka	0,10	0,20	47,28	391,65	0,74	1,50	-	-	-	-	0,12	0,24	56,74	469,98	0,89
	Σ q															
w	viator na mostovku	206,51	108,38	3,19	699,59	297,74	1,50	-	-	-	0,75	232,32	121,93	3,59	787,04	334,96
	viator na pás pohyblivého zaťaženia	254,74	113,35	209,15	1393,73	329,21	1,50	-	-	-	0,75	286,58	127,52	235,29	1567,95	370,36
	Σ w	461,25	221,73	212,34	2093,32	626,95						518,91	249,45	238,88	2354,99	705,32

tab. 10 Vnútorné sily rozhodujúce pre posúdenie nadpodperových priereзов – vnútorný nosník

Zaťažovací stav		N _{yk}	V _{yk}	V _{zk}	M _{yk}	M _{zk}	γ _F	δ	α	f	ψ ₀	N _{sd}	V _{sd}	V _{zd}	M _{yd}	M _{zd}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g ₁	vl. tiaž konštrukcie (generovaná)	1,12	1,94	537,93	3930,98	1,96	1,35	-	-	-	-	1,51	2,62	726,21	5306,82	2,65
g ₂	tiaž dobetónovania rímky	0,15	5,21	158,06	-956,14	6,13	1,35	-	-	-	-	0,20	7,03	213,38	-1290,79	8,28
	tiaž kompozitu	0,01	0,04	8,36	63,16	0,15	1,35	-	-	-	-	0,01	0,05	11,29	85,27	0,20
	tiaž zábradlia	0,00	0,24	6,36	-39,50	0,28	1,35	-	-	-	-	0,00	0,32	8,59	-53,33	0,38
	tiaž izolácie	0,11	0,29	43,28	335,23	0,32	1,35	-	-	-	-	0,15	0,39	58,43	452,56	0,43
	tiaž štrkového lôžka	1,02	2,78	412,70	3196,93	3,05	1,35	-	-	-	-	1,38	3,75	557,15	4315,86	4,12
	tiaž zvršku	0,09	0,50	43,29	319,85	0,63	1,35	-	-	-	-	0,12	0,68	58,44	431,80	0,85
	pokles podpier	0,25	0,02	75,25	1558,75	0,08	1,35	-	-	-	-	0,34	0,03	101,59	2104,31	0,11
	trakcia	14,31	3,43	27,85	-167,74	4,18	1,35	-	-	-	-	19,32	4,63	37,60	-226,45	5,64
Σ g ₂		15,94	12,51	775,15	4310,54	14,82						21,52	16,89	1046,45	5819,23	20,01
q	zvislé účinky LM71	2,37	14,22	857,16	6482,79	17,01	1,45	1,15	1,21	-	-	4,78	28,69	1729,47	13080,16	34,32
	brzdne a rozjazdové sily LM71	350,75	5,44	0,08	3,63	1,59	1,45	-	1,21	-	-	615,39	9,54	0,14	6,37	2,79
	zvislé účinky SW/0	1,30	11,50	786,93	4996,55	8,24	1,45	1,15	1,21	-	-	2,62	23,20	1587,77	10081,41	16,63
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	221,77	2,03	0,07	2,50	1,95	1,45	-	1,21	-	-	389,10	3,56	0,12	4,39	3,42
	bočné rázy	3,10	9,65	8,00	2,47	3,38	1,45	-	1,21	-	-	5,44	16,93	14,04	4,33	5,93
	zvislé účinky SW/2	3,51	2,66	1341,22	10022,06	9,37	1,20	1,15	-	-	-	4,84	3,67	1850,88	13830,44	12,93
	brzdne a rozjazdové sily SW/2	400,78	2,46	0,11	4,51	1,04	1,20	-	-	-	-	480,94	2,95	0,13	5,41	1,25
	bočné rázy	3,10	9,65	8,00	2,47	3,38	1,20	-	-	-	-	3,72	11,58	9,60	2,96	4,06
	revízná lávka	0,09	0,21	47,35	392,12	0,74	1,50	-	-	-	-	0,11	0,25	56,82	470,54	0,89
	Σ q															
w	viator na mostovku	218,25	69,39	99,25	699,59	209,21	1,50	-	-	-	0,75	245,53	78,06	111,66	787,04	235,36
	viator na pás pohyblivého zaťaženia	267,96	83,30	208,70	1394,68	241,70	1,50	-	-	-	0,75	301,46	93,71	234,79	1569,02	271,91
	Σ w	486,21	152,69	307,95	2094,27	450,91						546,99	171,78	346,44	2356,05	507,27

Materiál nosnej konštrukcie:

Betón: **C35/45** Oceľ: **S355**

f_{ck}= **35 MPa** f_{yk}= **355MPa** f_u= **510MPa** t≤40mm

ε_{cu3}= **3,5 ‰** f_{yk}= **335MPa** f_{uk}= **470MPa** 40<t≤80mm

f_{ctm}= **3,2 MPa** E_s= **210 GPa**

f_{ctk 0,05}= **2,2 MPa** G= **81 GPa**

E_{cm}= **34 GPa**

Betonárska výstuž:

Súčinitele spoľahlivosti:

B 500B γ_s= **1,15**

f_{yk}= **500 MPa** γ_c= **1,5**

E_s= **200 GPa** γ_M= **1**

Ekvivalentné rozpätie a spolupôsobiaci šírka dosky:

L_e= **20 m**

$$\begin{aligned} b_o &= 0,975 \text{ m} & b_{e1} &= 0,863 \text{ m} \\ \beta_i &= 1,000 & b_{e2} &= 1,313 \text{ m} \\ b_{eff} &= b_o + \Sigma \beta_i \cdot b_{ei} = 3,150 \text{ m} \end{aligned}$$

Prierezové charakteristiky betónovej dosky:

$$\begin{aligned} h_c &= 0,4 \text{ m} \\ A_c &= 1,26000 \text{ m}^2 \\ I_c &= 0,01680 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Prierezové charakteristiky ocelového nosníka:

$$\begin{aligned} b_{f1} &= 1 \text{ m} & A &= 0,17580 \text{ m}^2 & h_1 &= 1,895 \text{ m} \\ t_{f1} &= 0,05 \text{ m} & e &= 0,173 \text{ m} & h_2 &= 0,795 \text{ m} \\ b_{f2} &= 1,2 \text{ m} & Z_{3a} &= 1,56849 \text{ m} & W_{pl,y,a} &= 0,19763 \text{ m}^3 \\ t_{f2} &= 0,06 \text{ m} & Z_{4a} &= 1,23151 \text{ m} & I_z &= 0,01281 \text{ m}^4 \\ t_w &= 0,02 \text{ m} & I_y &= 0,25715 \text{ m}^4 & I_t &= 0,0002029 \text{ m}^4 \\ h_w &= 2,69 \text{ m} & W_{y3a} &= 0,16395 \text{ m}^3 & I_w &= 0,0203409 \text{ m}^6 \\ & & W_{y4a} &= 0,20881 \text{ m}^3 & & \end{aligned}$$

Stanovenie účinnej šírky prierezu tr. 4:

$$\begin{aligned} d_t &= Z_{3a} - t_{f1} = 1,51849 \text{ m} \\ d_c &= h_w - d_t = 1,17151 \text{ m} \\ \psi &= -d_t/d_c = -1,29619 \\ \psi &= 1 \rightarrow & k_\sigma &= 4 \\ 1 > \psi > 0 \rightarrow & k_\sigma &= 8,2/(1,05 + \psi) = -33,308 \\ \psi &= 0 \rightarrow & k_\sigma &= 7,81 \\ 0 > \psi > -1 \rightarrow & k_\sigma &= 7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2 = 32,394 & k_\sigma &= 31,529 \\ \psi &= -1 \rightarrow & k_\sigma &= 23,9 \\ -1 > \psi \geq -3 \rightarrow & k_\sigma &= 5,98 \cdot (1 - \psi)^2 = 31,529 \\ \lambda_p &= (h_w/t_w)/(28,4 \cdot \epsilon \cdot k_\sigma^{0,5}) = 1,037 & \lambda_p' &= 0,895 \\ \lambda_p &\leq \lambda_p' \rightarrow & \rho &= 1,000 & \rho &= 0,877 \\ \lambda_p &> \lambda_p' \rightarrow & \rho &= (\lambda_p - 0,055 \cdot (3 + \psi))/\lambda_p^2 = 0,877 \\ \psi &= 1 \rightarrow & b_{eff} &= \rho \cdot d_c = 1,028 \text{ m} \\ 1 > \psi > 0 \rightarrow & b_{eff} &= \rho \cdot d_c = 1,028 \text{ m} & b_{eff} &= 0,448 \text{ m} \\ \psi &< 0 \rightarrow & b_{eff} &= \rho \cdot d_c/(1 - \psi) = 0,448 \text{ m} \\ & & b_{e1} &= 0,179 \text{ m} & b_{otv} &= d_c - b_{eff} = 0,724 \text{ m} \\ & & b_{e2} &= 0,269 \text{ m} \end{aligned}$$

Efektívne prierezové charakteristiky ocelového nosníka:

ťažisko "diery" od ťažiska plného prierezu:

$$s = b_{e2} + 0,5 \cdot (d_c - b_{eff}) = 0,631 \text{ m}$$

vzdialenosť ťažiska účinného prierezu od ťažiska plného prierezu:

$$e = s \cdot t_w \cdot (d_c - b_{eff}) / (A - t_w \cdot (d_c - b_{eff})) = 0,057 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A_{eff} &= 0,16132 \text{ m}^2 \\ e &= 0,141 \text{ m} \\ Z_{3a,eff} &= 1,53602 \text{ m} \\ Z_{4a,eff} &= 1,26398 \text{ m} \\ I_{y,eff} &= 0,25025 \text{ m}^4 \\ W_{y3a,eff} &= 0,16292 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{y4a,eff} &= 0,19798 \text{ m}^3 \\
 h/b_f &= 2,242 \rightarrow \alpha_{lt} = 0,760 \\
 k_z &= 1,000 \quad \psi_f = (l_{fc} - l_{ft}) / (l_{fc} + l_{ft}) = 0,349 \\
 k_w &= 1,000 \quad h_f = h_s = 2,745 \text{ m} \\
 l_{fc} &= 0,00864 \text{ m}^4 \quad z_j = 0,45 \cdot \psi_f \cdot h_s \cdot (1 + c / (2h_f)) = 0,431 \text{ m} \\
 l_{ft} &= 0,00417 \text{ m}^4 \quad z_g = z_a - z_s = 2,277 \text{ m} \\
 c &= 0 \text{ m} \quad \kappa_{wt} = \pi / (k_w \cdot L) \cdot (E \cdot I_w / (G \cdot I_t))^{0,5} = 10,131 \\
 z_a &= 1,968 \text{ m} \quad \zeta_g = \pi \cdot z_g / (k_z \cdot L) \cdot (E \cdot I_z / (G \cdot I_t))^{0,5} = 18,303 \\
 z_s &= -0,308 \text{ m} \quad \zeta_j = \pi \cdot z_j / (k_z \cdot L) \cdot (E \cdot I_z / (G \cdot I_t))^{0,5} = 3,469 \\
 L &= 5,000 \text{ m} \\
 C_1 &= 1 \quad C_2 = 0 \quad C_3 = 1 \\
 \mu_{cr} &= C_1 / k_z [(1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j)^2)^{0,5} - (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j)] = 14,223 \\
 M_{cr} &= \mu_{cr} \cdot \pi \cdot (E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t)^{0,5} / L = 1878,761 \text{ MN} \\
 \lambda_1 &= 93,9 \cdot \varepsilon = 78,646 \quad \lambda'_{LT,0} = 0,400 \\
 \lambda'_{LT} &= (W_{y4a,eff} \cdot f_y / M_{cr})^{0,5} = 0,188 \quad \beta = 0,750 \\
 \Phi_{LT} &= 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda'_{LT} \lambda'_{LT,0}) + \beta \lambda'^2_{LT}] = 0,433 \\
 \chi_{LT} &= 1 / (\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda'^2_{LT})^{0,5}) = 1,200 \\
 \chi_{LT} &\leq 1 \\
 \chi_{LT} &\leq 1 / \lambda'^2_{LT} = \rightarrow \chi_{LT} = 1,000
 \end{aligned}$$

5.5.3.2 Pružnostné posúdenie prierezu pri extrémnom zaťažení

Posúdenie prierezu od extrémneho zaťaženia na namáhanie ohybom:

$$\begin{aligned}
 M_{Ed} &= 45,500 \text{ MNm} \\
 \eta_{1,h} &= M_{Ed} \cdot z_{3a,eff} / (\chi_{LT} \cdot I_{y,eff} \cdot f_{yd}) = 0,834 \quad \eta_{1,h} \leq 1,0 \text{ vyhovuje} \\
 \eta_{1,d} &= M_{Ed} \cdot z_{4a,eff} / (\chi_{LT} \cdot I_{y,eff} \cdot f_{yd}) = 0,686 \quad \eta_{1,d} \leq 1,0 \text{ vyhovuje}
 \end{aligned}$$

Posúdenie prierezu na šmyk :

Pozdĺžna výstuha:

$$\begin{aligned}
 b_{st1} &= 0,2 \text{ m} \quad y_{NO} = 0,031 \text{ m} \\
 t_{st1} &= 0,02 \text{ m} \quad I_{sl,z} = 4,854E-05 \text{ m}^4 \\
 15 \cdot \varepsilon \cdot t_w &= 0,24408 \text{ m} \quad I_{sl,y} = 2,188E-04 \text{ m}^4 \\
 a &= 2,5 \text{ m} \\
 k_{\tau s,l,min} &= 2,1/t \cdot (I_{sl,z} / h_w)^{1/3} = 2,754 \quad k_{\tau} = 5,34 + 4/\alpha^2 + k_{\tau sl} = 27,974 \\
 k_{\tau sl} &= 9 \cdot (h_w/a)^2 \cdot (I_{sl,z} / (t^3 \cdot h_w))^{3/4} = 19,179 \quad k_{\tau} = 4 + 5,34/\alpha^2 + k_{\tau sl} = 27,792 \\
 \alpha &= a/h_w = 0,929 \quad k_{\tau} = 27,792 \\
 \lambda &= h_w/t_w = 134,500 \quad f_{yw} = 355 \text{ MPa} \\
 \sigma_E &= 190000/\lambda^2 = 10,503 \text{ MPa} \quad \tau_{cr} = k_{\tau} \cdot \sigma_E = 291,892 \text{ MPa} \\
 \lambda_w &= 0,76 \cdot (f_{yd}/\tau_{cr})^{0,5} = 0,838 \quad \eta = 1 \\
 \lambda_w &\leq 0,83/\eta = 0,83 \quad \rightarrow \chi_w = \eta = 1,000 \\
 \lambda_w &< 1,08 \quad < 1,08 \quad \rightarrow \chi_w = 0,83/\lambda_w = 0,990 \quad \rightarrow \chi_w = 0,990 \\
 \lambda_w &\geq 1,08 \quad > 1,08 \quad \rightarrow \chi_w = 1,37/(0,7 + \lambda_w) = 0,895 \\
 \eta_3 &= V_{Ed} \cdot (3)^{1/2} / ((h_w \cdot t_w) \cdot f_{yd} \cdot \chi_w) = 0,570 \\
 \eta_3 &\leq 1,0 \text{ vyhovuje} \\
 \eta_3 &\leq 0,5 \text{ je potrebné redukovať ohybovú odolnosť}
 \end{aligned}$$

Interakcia medzi priečnou silou a ohybovým momentom:

$$W_{pl,y,f} = (b_{f1f} \cdot t_{f1} + b_{f2f} \cdot t_{f2}) \cdot (h_w + t_{f1}/2 + t_{f2}/2) = \mathbf{0,164 \text{ m}^3}$$

$$M_{f,Rd} = W_{pl,y,f} \cdot f_{yd} = \mathbf{54,834 \text{ MNm}}$$

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = \mathbf{66,206 \text{ MNm}}$$

$$\eta_{1,h} = \eta_{1h} + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \eta_3 - 1)^2 = \mathbf{0,837} \quad \eta_{1,h} \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

$$\eta_{1,d} = \eta_{1d} + (1 - M_{f,Rd}/M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \eta_3 - 1)^2 = \mathbf{0,689} \quad \eta_{1,d} \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Obmedzenie dýchania steny:

$$\sigma_{x,Ed,1} = \mathbf{173,172 \text{ MPa}} \quad \sigma_E = 190000(t_w/h_w)^2 = \mathbf{10,503 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{x,Ed,2} = \mathbf{-142,503 \text{ MPa}} \quad k_t = \mathbf{27,792}$$

$$\tau_{Ed} = \mathbf{75,05311 \text{ MPa}}$$

$$\psi = \sigma_1/\sigma_2 = \mathbf{-0,8229} \rightarrow k_{\sigma} = \mathbf{19,609}$$

$$((\sigma_{x,Ed,ser}/(k_{\sigma} \cdot \sigma_E))^2 + (1 + 1 \cdot \tau_{x,Ed,ser}/(k_{\tau} \cdot \sigma_E))^2)^{1/2} = \mathbf{0,887} < 1,1 \text{ vyhovuje}$$

5.5.3.3 Návrh a posúdenie krčných zvarov steny a pásnic hlavného nosníka

a) Zvar steny a hornej pásnice:

Materiál: S355

$$f_u = \mathbf{470 \text{ MPa}}$$

$$\gamma_{M2} = \mathbf{1,25}$$

$$\beta_w = \mathbf{0,9}$$

$$a_w = \mathbf{10 \text{ mm}}$$

$$n = \mathbf{2 \text{ ks}}$$

Šmykový tok medzi hornou pásnicou a stenou hlavného nosníka:

$$A_{f1} = \mathbf{0,050 \text{ m}^2} \quad S_{y,3} = \mathbf{0,078 \text{ m}^3}$$

$$Z_3 = \mathbf{1,536 \text{ m}} \quad I_{y,eff} = \mathbf{0,250 \text{ m}^4}$$

$$V_{Ed} = \mathbf{6,227 \text{ MN}} \quad \tau_{Ed} = \tau_{d,zvar} = V_p \cdot S_{y,3}/I_{yi} = \mathbf{1,942 \text{ MN/m}}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \mathbf{0,000 \text{ MPa}}$$

$$\tau_{\parallel} = \tau_{d,zvar}/(n \cdot a_w) = \mathbf{97,104 \text{ MPa}}$$

Posúdenie porovnávacieho napätia:

$$(\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)^{0,5} = \mathbf{194,208 \text{ MPa}} \quad (\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)^{0,5} \leq f_u/(\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \text{ zvar vyhovuje}$$

$$f_u/(\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = \mathbf{417,778 \text{ MPa}}$$

b) Zvar steny a dolnej pásnice:

Materiál: S355

$$f_u = \mathbf{470 \text{ MPa}}$$

$$\gamma_{M2} = \mathbf{1,25}$$

$$\beta_w = \mathbf{0,9}$$

$$a_w = \mathbf{10 \text{ mm}}$$

$$n = \mathbf{2 \text{ ks}}$$

Šmykový tok medzi hornou pásnicou a stenou hlavného nosníka:

$$A_{f2} = \mathbf{0,072 \text{ m}^2} \quad S_{y,3} = \mathbf{0,093 \text{ m}^3}$$

$$Z_4 = \mathbf{1,264 \text{ m}} \quad I_{y,eff} = \mathbf{0,250 \text{ m}^4}$$

$$V_{Ed} = \mathbf{6,227 \text{ MN}} \quad \tau_{Ed} = \tau_{d,zvar} = V_p \cdot S_{y,3}/I_{yi} = \mathbf{2,318 \text{ MN/m}}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \mathbf{0,000 \text{ MPa}}$$

$$\tau_{\parallel} = \tau_{d,zvar}/(n \cdot a_w) = \mathbf{115,910 \text{ MPa}}$$

Posúdenie porovnávacieho napätia:

$$(\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)^{0,5} = \mathbf{231,820 \text{ MPa}} \quad (\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)^{0,5} \leq f_u/(\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \text{ zvar vyhovuje}$$

$$f_u/(\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = \mathbf{241,204 \text{ MPa}}$$

5.5.3.4 Posúdenie na únavu

$l_i =$	0,257 m ⁴	$M_{p,max} =$	11,630 MN/m	$\lambda_1 =$	0,91
$z_3 =$	1,568 m	$M_{p,min} =$	4,321 MN/m	$\lambda_2 =$	1,04
$z_4 =$	1,232 m			$\lambda_3 =$	1
	$\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 =$	0,946		$\lambda_4 =$	1
	$\lambda \leq \lambda_{max}$	$\rightarrow \lambda =$	0,946	$\lambda_{max} =$	1,4

Styk steny hlavného nosníka a hornej pásnice hlavného nosníka

$K_D = \Delta\sigma_c =$	112 MPa	$\gamma_{F,fat} =$	1
$\sigma_{max} =$	-70,935 MPa	$\gamma_{M,fat} =$	1,15
$\sigma_{min} =$	-26,358 MPa	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta\sigma_{E2} =$	42,188 MPa
$\Delta\sigma_p = \sigma_{max} - \sigma_{min} =$	44,577 MPa	$\Delta\sigma_c / \gamma_{M,fat} =$	97,391 MPa
$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta\sigma_p =$	42,188 MPa		
$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{M,fat}$ vyhovuje			

Styk steny hlavného nosníka a spodnej pásnice hlavného nosníka

$K_D = \Delta\sigma_c =$	112 MPa	$\gamma_{F,fat} =$	1
$\sigma_{max} =$	-55,695 MPa	$\gamma_{M,fat} =$	1,15
$\sigma_{min} =$	-20,695 MPa	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta\sigma_{E2} =$	33,124 MPa
$\Delta\sigma_p = \sigma_{max} - \sigma_{min} =$	35,000 MPa	$\Delta\sigma_c / \gamma_{M,fat} =$	97,391 MPa
$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta\sigma_p =$	33,124 MPa		
$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{M,fat}$ vyhovuje			

Styk priečnej výstuhy steny hlavného nosníka a hornej pásnice hlavného nosníka

$K_D = \Delta\sigma_c =$	80 MPa	$\gamma_{F,fat} =$	1
$\sigma_{max} =$	-70,935 MPa	$\gamma_{M,fat} =$	1,15
$\sigma_{min} =$	-26,358 MPa	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta\sigma_{E2} =$	42,188 MPa
$\Delta\sigma_p = \sigma_{max} - \sigma_{min} =$	44,577 MPa	$\Delta\sigma_c / \gamma_{M,fat} =$	69,565 MPa
$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta\sigma_p =$	42,188 MPa		
$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{M,fat}$ vyhovuje			

Styk priečnej výstuhy steny hlavného nosníka a spodnej pásnice hlavného nosníka

$K_D = \Delta\sigma_c =$	80 MPa	$\gamma_{F,fat} =$	1
$\sigma_{max} =$	-55,695 MPa	$\gamma_{M,fat} =$	1,15
$\sigma_{min} =$	-20,695 MPa	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta\sigma_{E2} =$	33,124 MPa
$\Delta\sigma_p = \sigma_{max} - \sigma_{min} =$	35,000 MPa	$\Delta\sigma_c / \gamma_{M,fat} =$	69,565 MPa
$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta\sigma_p =$	33,124 MPa		
$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{M,fat}$ vyhovuje			

Spriahajúci trň privarený na hornú pásnicu - účinok na pásnicu

$K_D = \Delta\sigma_c =$	80 MPa	$\gamma_{F,fat} =$	1
$\sigma_{max} =$	-70,935 MPa	$\gamma_{M,fat} =$	1,15
$\sigma_{min} =$	-26,358 MPa	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta\sigma_{E2} =$	42,188 MPa
$\Delta\sigma_p = \sigma_{max} - \sigma_{min} =$	44,577 MPa	$\Delta\sigma_c / \gamma_{M,fat} =$	69,565 MPa
$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta\sigma_p =$	42,188 MPa		
$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{M,fat}$ vyhovuje			

Montážny styk spodnej pásnice hlavného nosníka

$K_D = \Delta\sigma_c =$	71 MPa	$\gamma_{F,fat} =$	1
$\sigma_{max} =$	70,935 MPa	$\gamma_{M,fat} =$	1,15

$$\begin{aligned}\sigma_{\min} &= 26,358 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta \sigma_{E2} &= 42,188 \text{ MPa} \\ \Delta \sigma_p = |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| &= 44,577 \text{ MPa} & \Delta \sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} &= 61,739 \text{ MPa} \\ \Delta \sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta \sigma_p &= 42,188 \text{ MPa} \\ \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta \sigma_{E2} \leq \Delta \sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} & \text{vyhovuje}\end{aligned}$$

5.5.3.5 Návrh a posúdenie výstuh steny hlavného nosníka

$$\begin{aligned}b_{st1} &= 0,200 \text{ m} & t_w &= 0,020 \text{ m} \\ b_{st2} &= 0,200 \text{ m} & h_w &= 2,690 \text{ m} \\ t_{st} &= 0,012 \text{ m} & a &= 2,500 \text{ m} \\ 15. \varepsilon \cdot t_w &= 0,244 \text{ m} & I_{st} &= 7,441\text{E-}05 \text{ m}^4\end{aligned}$$

Tuhostné posúdenie priečnej výstuhy steny:

$$\begin{aligned}a/h_w &= 0,929 \\ a/h_w < (2)^{0,5} \rightarrow I_{st} \geq 1,5 \cdot h_w^3 \cdot t_w^3 / a^2 \\ a/h_w \geq (2)^{0,5} \rightarrow I_{st} \geq 0,75 \cdot h_w \cdot t_w^3 \rightarrow I_{st, \min} &= 3,737\text{E-}05 \quad I_{st} \geq I_{st, \min} \text{ vyhovuje na tuhosť}\end{aligned}$$

Pevnostné posúdenie priečnej výstuhy steny:

$$\begin{aligned}\chi_w &= 0,990 \\ V_{Ed} &= 6,227 \text{ MN} \\ N_{Ed} = V_{Ed} \cdot \chi_w \cdot f_{yd} \cdot h_w \cdot t_w / 3^{0,5} &= -4,693 \text{ MN}\end{aligned}$$

Nie je potrebné pevnostne posudzovať výstuhy, posúvajúcu silu prenásie stena, výstuhy len z tuhostného hľadiska

Posúdenie pozdĺžnych výstuh:

Tuhostné posúdenie pozdĺžnej výstuhy steny:

- Pozdĺžna výstuh steny hlavného nosníka sa pri určovaní šmykových napätí steny uvažovala ako poddajná, uvažovalo sa celé pole nerozdelené pozdĺžnou výstuhou na subpanely.

Pevnostné posúdenie pozdĺžnej výstuhy:

- Výstuhy sa nezapočítavajú pre prenos normálového napätia, nie je potrebné ich posudzovať pevnostne.

$$\begin{aligned}t_w &= 0,020 \text{ m} & W_{el, z, st} &= 5,496\text{E-}03 \text{ m}^3 \\ h_w &= 2,690 \text{ m} \\ b_{st, p} &= 0,700 \text{ m} & a &= 2,500 \text{ m} \\ t_{st, p} &= 0,030 \text{ m} \\ b_{st} &= 0,200 \text{ m} & I_{st, y} &= 2,204\text{E-}03 \text{ m}^4 \\ t_{st} &= 0,012 \text{ m} & I_{st, z} &= 1,924\text{E-}03 \text{ m}^4 \\ 15. \varepsilon \cdot t_w &= 0,244 \text{ m} & A_{st} &= 0,057 \text{ m}\end{aligned}$$

Tuhostné posúdenie koncovej priečnej výstuhy steny:

$$\begin{aligned}4 \cdot h_w \cdot t_w^2 &= 4,304\text{E-}03 \text{ m}^3 & W_{el, z, st} \geq 4 \cdot h_w \cdot t_w^2 & \text{podmienka vyhovuje} \\ 4 \cdot h_w \cdot t_w^2 / e &= 2,152\text{E-}03 & A_{st} \geq 4 \cdot h_w \cdot t_w^2 / e & \text{podmienka vyhovuje}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a/h_w &= 0,929 \\ a/h_w < (2)^{0,5} \rightarrow I_{st} \geq 1,5 \cdot h_w^3 \cdot t_w^3 / a^2 \\ a/h_w \geq (2)^{0,5} \rightarrow I_{st} \geq 0,75 \cdot h_w \cdot t_w^3 \rightarrow I_{st, \min} &= 3,737\text{E-}05 \quad I_{st} \geq I_{st, \min} \text{ vyhovuje na tuhosť}\end{aligned}$$

Pevnostné posúdenie priečnej výstuhy steny:

$$\begin{aligned}\chi_w &= 0,990 \\ V_{Ed} &= 6,227 \text{ MN} \\ N_{Ed} = V_{Ed} \cdot \chi_w \cdot f_{yd} \cdot h_w \cdot t_w / 3^{0,5} &= -4,693 \text{ MN}\end{aligned}$$

Nie je potrebné pevnostne posudzovať výstuhy, posúvajúcu silu prenásie stena, výstuhy len z tuhostného hľadiska

5.5.4 Posúdenie prierezu – „PRECHODOVÝ“ prierez

5.5.4.1 Vstupné údaje a vnútorné sily

tab. 11 Vnútorné sily rozhodujúce pre posúdenie nadpodperových prierezov – krajný nosník

Zaťažovací stav		N_{yk}	V_{yk}	V_{zk}	M_{yk}	M_{zk}	γ_F	δ	α	f	ψ_0	N_{sd}	V_{yd}	V_{zd}	M_{yd}	M_{zd}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g_1	vl. tiaž konštrukcie (generovaná)	1,15	2,09	929,68	5575,21	0,11	1,35	-	-	-	-	1,55	2,82	1255,07	7526,53	0,15
g_2	tiaž dobetónovania rímsy	0,04	5,60	390,13	2238,05	0,44	1,35	-	-	-	-	0,05	7,56	526,68	3021,37	0,59
	tiaž kompozitu	0,01	0,05	8,38	52,59	0,10	1,35	-	-	-	-	0,01	0,07	11,31	71,00	0,14
	tiaž zábradlia	0,00	0,25	15,83	90,97	0,02	1,35	-	-	-	-	0,00	0,34	21,37	122,81	0,03
	tiaž izolácie	0,11	0,32	101,50	607,35	0,01	1,35	-	-	-	-	0,15	0,43	137,03	819,92	0,01
	tiaž štrkového lôžka	1,05	3,03	967,94	5792,00	0,09	1,35	-	-	-	-	1,42	4,09	1306,72	7819,20	0,12
	tiaž zvršku	0,08	0,54	49,57	302,56	0,03	1,35	-	-	-	-	0,11	0,73	66,92	408,46	0,04
	pokles podpier	0,23	0,04	75,82	1469,64	0,11	1,35	-	-	-	-	0,31	0,05	102,36	1984,01	0,15
	trakcia	7,17	0,23	30,89	216,48	2,21	1,35	-	-	-	-	9,68	0,31	41,70	292,25	2,98
Σg_2		8,69	10,06	1640,06	10769,64	3,01						11,73	13,58	2214,08	14539,01	4,06
q	zvislé účinky LM71	2,13	10,06	1197,65	6696,01	2,05	1,45	1,15	1,21	-	-	4,30	20,30	2416,47	13510,37	4,14
	brzdne a rozjazdové sily LM71	449,07	4,73	0,08	3,70	81,16	1,45	-	1,21	-	-	787,89	8,30	0,14	6,49	142,40
	zvislé účinky SW/0	1,12	12,74	983,54	5154,09	4,96	1,45	1,15	1,21	-	-	2,26	25,71	1984,46	10399,28	10,01
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	272,19	2,36	0,07	2,40	57,52	1,45	-	1,21	-	-	477,56	4,14	0,12	4,21	100,92
	bočné rázy	0,62	0,83	2,64	1,46	1,61	1,45	-	1,21	-	-	1,09	1,46	4,63	2,56	2,82
	zvislé účinky SW/2	3,28	2,29	1517,95	9846,30	4,92	1,20	1,15	-	-	-	4,53	3,16	2094,77	13587,89	6,79
	brzdne a rozjazdové sily SW/2	498,93	2,86	0,11	4,58	112,39	1,20	-	-	-	-	598,72	3,43	0,13	5,50	134,87
	bočné rázy	0,62	0,83	2,64	1,46	1,61	1,20	-	-	-	-	0,74	1,00	3,17	1,75	1,93
	revízná lávka	0,10	0,24	47,46	332,11	0,47	1,50	-	-	-	0,8	0,12	0,29	56,95	398,53	0,56
	Σq															
w	viator na mostovku	203,12	104,82	97,05	576,45	183,03	1,50	-	-	-	0,75	228,51	117,92	109,18	648,51	205,91
	viator na pás pohyblivého zaťaženia	249,54	116,37	202,49	1137,02	208,24	1,50	-	-	-	0,75	280,73	130,92	227,80	1279,15	234,27
	Σw	452,66	221,19	299,54	1713,47	391,27						509,24	248,84	336,98	1927,65	440,18

tab. 12 Vnútorné sily rozhodujúce pre posúdenie nadpodperových prierezov – vnútorný nosník

Zaťažovací stav		N_{yk}	V_{yk}	V_{zk}	M_{yk}	M_{zk}	γ_F	δ	α	f	ψ_0	N_{sd}	V_{yd}	V_{zd}	M_{yd}	M_{zd}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g_1	vl. tiaž konštrukcie (generovaná)	1,15	2,09	512,54	3275,65	0,53	1,35	-	-	-	-	1,55	2,82	691,93	4422,13	0,72
g_2	tiaž dobetónovania rímsy	0,06	5,62	155,93	-758,96	0,56	1,35	-	-	-	-	0,08	7,59	210,51	-1024,60	0,76
	tiaž kompozitu	0,01	0,05	8,41	52,67	0,09	1,35	-	-	-	-	0,01	0,07	11,35	71,10	0,12
	tiaž zábradlia	0,00	0,25	6,26	-31,56	0,03	1,35	-	-	-	-	0,00	0,34	8,45	-42,61	0,04
	tiaž izolácie	0,11	0,32	41,97	282,22	0,06	1,35	-	-	-	-	0,15	0,43	56,66	381,00	0,08
	tiaž štrkového lôžka	1,07	3,00	400,22	2691,42	0,55	1,35	-	-	-	-	1,44	4,05	540,30	3633,42	0,74
	tiaž zvršku	0,08	0,54	42,09	266,56	0,02	1,35	-	-	-	-	0,11	0,73	56,82	359,86	0,03
	pokles podpier	0,24	0,02	75,80	1464,29	0,06	1,35	-	-	-	-	0,32	0,03	102,33	1976,79	0,08
	trakcia	13,51	3,63	28,00	-132,98	3,15	1,35	-	-	-	-	18,24	4,90	37,80	-179,52	4,25
Σg_2		15,08	13,43	758,68	3633,66	4,52						20,36	18,13	1024,22	5175,44	6,10
q	zvislé účinky LM71	2,19	10,10	911,20	5658,00	2,65	1,45	1,15	1,21	-	-	4,42	20,38	1838,51	11416,01	5,35
	brzdne a rozjazdové sily LM71	345,65	4,40	0,08	3,73	2,03	1,45	-	1,21	-	-	606,44	7,72	0,14	6,54	3,56
	zvislé účinky SW/0	1,06	2,12	751,65	4154,81	5,64	1,45	1,15	1,21	-	-	2,14	4,28	1516,59	8383,06	11,38
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	240,46	1,64	0,06	2,58	0,21	1,45	-	1,21	-	-	421,89	2,88	0,11	4,53	0,37
	bočné rázy	0,50	0,93	2,29	1,70	2,11	1,45	-	1,21	-	-	0,88	1,63	4,02	2,98	3,70
	zvislé účinky SW/2	3,25	2,35	1300,69	8730,97	6,42	1,20	1,15	-	-	-	4,49	3,24	1794,95	12048,74	8,86
	brzdne a rozjazdové sily SW/2	409,30	1,88	0,11	4,63	1,55	1,20	-	-	-	-	491,16	2,26	0,13	5,56	1,86
	bočné rázy	0,50	0,93	2,29	1,70	2,11	1,20	-	-	-	-	0,60	1,12	2,75	2,04	2,53
	revízná lávka	0,08	0,24	47,67	332,69	0,46	1,50	-	-	-	0,8	0,10	0,29	57,20	399,23	0,55
	Σq															
w	viator na mostovku	211,54	71,00	97,05	576,32	127,28	1,50	-	-	-	0,75	237,98	79,88	109,18	648,36	143,19
	viator na pás pohyblivého zaťaženia	260,12	81,39	202,57	1138,88	145,29	1,50	-	-	-	0,75	292,64	91,56	227,89	1281,24	163,45
	Σw	471,66	152,39	299,62	1715,20	272,57						530,62	171,44	337,07	1929,60	306,64

Materiál nosnej konštrukcie:

Betón:	C35/45	Oceľ:	S355		
f_{ck} =	35 MPa	f_{yk} =	355MPa	f_u =	510MPa
ε_{cu3} =	3,5 ‰	f_{yk} =	335MPa	f_{uk} =	470MPa
f_{ctm} =	3,2 MPa	E_s =	210 GPa		
$f_{ctk\ 0,05}$ =	2,2 MPa	G =	81 GPa		
E_{cm} =	34 GPa				

Betonárska výstuž:

Súčinitele spoľahlivosti:

B 500B	γ_s =	1,15
f_{yk} =	γ_c =	1,5
E_s =	γ_M =	1

Ekvivalentné rozpätie a spolupôsobiaci šírka dosky:

L_e =	20 m		
b_o =	0,975 m	b_{e1} =	0,863 m
β_i =	1,000	b_{e2} =	1,313 m
$b_{eff}=b_o+\Sigma\beta_i.b_{ei}$	3,150 m		

Prierezové charakteristiky betónovej dosky:

$$\begin{aligned} h_c &= 0,4 \text{ m} \\ A_c &= 1,26000 \text{ m}^2 \\ I_c &= 0,01680 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Prierezové charakteristiky oceleového nosníka:

$$\begin{aligned} b_{f1} &= 1 \text{ m} & A &= 0,16380 \text{ m}^2 & h_1 &= 1,595 \text{ m} \\ t_{f1} &= 0,05 \text{ m} & e &= 0,085 \text{ m} & h_2 &= 1,095 \text{ m} \\ b_{f2} &= 1 \text{ m} & Z_{3a} &= 1,48047 \text{ m} & W_{pl,y,a} &= 0,18593 \text{ m}^3 \\ t_{f2} &= 0,06 \text{ m} & Z_{4a} &= 1,31953 \text{ m} & I_z &= 0,00917 \text{ m}^4 \\ t_w &= 0,02 \text{ m} & I_y &= 0,23856 \text{ m}^4 & I_t &= 0,0001813 \text{ m}^4 \\ h_w &= 2,69 \text{ m} & W_{y3a} &= 0,16114 \text{ m}^3 & I_w &= 0,0164457 \text{ m}^6 \\ & & W_{y4a} &= 0,18079 \text{ m}^3 & & \end{aligned}$$

Stanovenie účinnej šírky prierezu tr.4:

$$\begin{aligned} d_t &= Z_{3a} \cdot t_{f1} = 1,43047 \text{ m} \\ d_c &= h_w - d_t = 1,25953 \text{ m} \\ \psi &= -d_t/d_c = -1,13572 \\ \psi &= 1 \rightarrow & k_\sigma &= 4 \\ 1 > \psi > 0 \rightarrow & k_\sigma &= 8,2/(1,05 + \psi) = -95,663 \\ \psi &= 0 \rightarrow & k_\sigma &= 7,81 \\ 0 > \psi > -1 \rightarrow & k_\sigma &= 7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2 = 27,568 & k_\sigma &= 27,277 \\ \psi &= -1 \rightarrow & k_\sigma &= 23,9 \\ -1 > \psi \geq -3 \rightarrow & k_\sigma &= 5,98 \cdot (1 - \psi)^2 = 27,277 \\ \lambda_p &= (h_w/t_w)/(28,4 \cdot \varepsilon \cdot k_\sigma^{0,5}) = 1,115 & \lambda_p' &= 0,884 \\ \lambda_p &\leq \lambda_p' \rightarrow & \rho &= 1,000 & \rho &= 0,815 \\ \lambda_p &> \lambda_p' \rightarrow & \rho &= (\lambda_p - 0,055 \cdot (3 + \psi))/\lambda_p^2 = 0,815 \\ \psi &= 1 \rightarrow & b_{eff} &= \rho \cdot d_c = 1,026 \text{ m} \\ 1 > \psi > 0 \rightarrow & b_{eff} &= \rho \cdot d_c = 1,026 \text{ m} & b_{eff} &= 0,480 \text{ m} \\ \psi &< 0 \rightarrow & b_{eff} &= \rho \cdot d_c/(1 - \psi) = 0,480 \text{ m} \\ & & b_{e1} &= 0,192 \text{ m} & b_{otv} &= d_c - b_{eff} = 0,779 \text{ m} \\ & & b_{e2} &= 0,288 \text{ m} \end{aligned}$$

Efektívne prierezové charakteristiky oceleového nosníka:

ťažisko "diery" od ťažiska plného prierezu:

$$s = b_{e2} + 0,5 \cdot (d_c - b_{eff}) = 0,678 \text{ m}$$

vzdialenosť ťažiska účinného prierezu od ťažiska plného prierezu:

$$e = s \cdot t_w \cdot (d_c - b_{eff}) / (A - t_w \cdot (d_c - b_{eff})) = 0,071 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A_{eff} &= 0,14822 \text{ m}^2 \\ e &= 0,045 \text{ m} \\ Z_{3a,eff} &= 1,43952 \text{ m} \\ Z_{4a,eff} &= 1,36048 \text{ m} \\ I_{y,eff} &= 0,22986 \text{ m}^4 \\ W_{y3a,eff} &= 0,15968 \text{ m}^3 \\ W_{y4a,eff} &= 0,16895 \text{ m}^3 \\ h/b_f &= 2,690 \rightarrow \alpha_{lt} = 0,760 \\ k_z &= 1,000 & \psi_f &= (I_{fc} - I_{ft}) / (I_{fc} + I_{ft}) = 0,091 \\ k_w &= 1,000 & h_f &= h_s = 2,745 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{fc} &= 0,00500 \text{ m}^4 & z_j &= 0,45 \cdot \psi_f \cdot h_s \cdot (1 + c/(2h_f)) = 0,112 \text{ m} \\
 l_{ft} &= 0,00417 \text{ m}^4 & z_g &= z_a - z_s = 1,922 \text{ m} \\
 c &= 0 \text{ m} & \kappa_{wt} &= \pi / (\kappa_w \cdot L) \cdot (E \cdot I_w / (G \cdot I_t))^{0,5} = 9,637 \\
 z_a &= 1,880 \text{ m} & \zeta_g &= \pi \cdot z_g / (\kappa_z \cdot L) \cdot (E \cdot I_z / (G \cdot I_t))^{0,5} = 13,831 \\
 z_s &= -0,042 \text{ m} & \zeta_j &= \pi \cdot z_j / (\kappa_z \cdot L) \cdot (E \cdot I_z / (G \cdot I_t))^{0,5} = 0,808 \\
 L &= 5,000 \text{ m} \\
 C_1 &= 1 & C_2 &= 0 & C_3 &= 1 \\
 \mu_{cr} &= C_1 / \kappa_z [(1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j)^2)^{0,5} - (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j)] = 10,530 \\
 M_{cr} &= \mu_{cr} \cdot \pi \cdot (E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t)^{0,5} / L = 1112,389 \text{ MN} \\
 \lambda_1 &= 93,9 \cdot \varepsilon = 78,646 & \lambda'_{LT,0} &= 0,400 \\
 \lambda'_{LT} &= (W_{ya,eff} \cdot f_y / M_{cr})^{0,5} = 0,226 & \beta &= 0,750 \\
 \Phi_{LT} &= 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT,0}) + \beta \lambda'^2_{LT}] = 0,453 \\
 \chi_{LT} &= 1 / (\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda'^2_{LT})^{0,5}) = 1,161 \\
 \chi_{LT} &\leq 1 \\
 \chi_{LT} &\leq 1 / \lambda'^2_{LT} = \rightarrow \chi_{LT} = 1,000
 \end{aligned}$$

5.5.4.2 Pružnostné posúdenie prierezu pri extrémnom zaťažení

Posúdenie prierezu od extrémneho zaťaženia na namáhanie ohybom:

$$\begin{aligned}
 M_{Ed} &= 37,910 \text{ MNm} \\
 \eta_{1,h} &= M_{Ed} \cdot z_{3a,eff} / (\chi_{LT} \cdot I_{y,eff} \cdot f_{yd}) = 0,709 & \eta_{1,h} &\leq 1,0 \text{ vyhovuje} \\
 \eta_{1,d} &= M_{Ed} \cdot z_{4a,eff} / (\chi_{LT} \cdot I_{y,eff} \cdot f_{yd}) = 0,670 & \eta_{1,d} &\leq 1,0 \text{ vyhovuje}
 \end{aligned}$$

Posúdenie prierezu na šmyk :

Pozdĺžna výstuha:

$$\begin{aligned}
 b_{st1} &= 0,2 \text{ m} & y_{NO} &= 0,031 \text{ m} \\
 t_{st1} &= 0,02 \text{ m} & I_{sl,z} &= 4,854E-05 \text{ m}^4 \\
 15 \cdot \varepsilon \cdot t_w &= 0,24408 \text{ m} & I_{sl,y} &= 2,188E-04 \text{ m}^4 \\
 a &= 2,5 \text{ m} \\
 k_{\tau sl,min} &= 2,1/t \cdot (I_{sl,z}/h_w)^{1/3} = 2,754 & k_{\tau} &= 5,34 + 4/\alpha^2 + k_{\tau sl} = 27,974 \\
 k_{\tau sl} &= 9 \cdot (h_w/a)^2 \cdot (I_{sl,z}/(t^3 \cdot h_w))^{3/4} = 19,179 & k_{\tau} &= 4 + 5,34/\alpha^2 + k_{\tau sl} = 27,792 \\
 \alpha &= a/h_w = 0,929 & k_{\tau} &= 27,792 \\
 \lambda &= h_w/t_w = 134,500 & f_{yw} &= 355 \text{ MPa} \\
 \sigma_E &= 190000/\lambda^2 = 10,503 \text{ MPa} & \tau_{cr} &= k_{\tau} \cdot \sigma_E = 291,892 \text{ MPa} \\
 \lambda_w &= 0,76 \cdot (f_{yd}/\tau_{cr})^{0,5} = 0,838 & \eta &= 1 \\
 \lambda_w &\leq 0,83/\eta = 0,83 & \rightarrow \chi_w &= \eta = 1,000 \\
 \lambda_w &< 1,08 < 1,08 & \rightarrow \chi_w &= 0,83/\lambda_w = 0,990 & \rightarrow \chi_w &= 0,990 \\
 \lambda_w &\geq 1,08 > 1,08 & \rightarrow \chi_w &= 1,37/(0,7 + \lambda_w) = 0,895 \\
 \eta_3 &= V_{Ed} \cdot (3)^{1/2} / ((h_w \cdot t_w) \cdot f_{yd} \cdot \chi_w) = 0,575 \\
 \eta_3 &\leq 1,0 \text{ vyhovuje} \\
 \eta_3 &\leq 0,5 \text{ je potrebné redukovať ohybovú odolnosť}
 \end{aligned}$$

Interakcia medzi priečnou silou a ohybovým momentom:

$$\begin{aligned}
 W_{pl,y,f} &= (b_{f1f} \cdot t_{f1} + b_{f2f} \cdot t_{f2}) \cdot (h_w + t_{f1}/2 + t_{f2}/2) = 0,150 \text{ m}^3 \\
 M_{f,Rd} &= W_{pl,y,f} \cdot f_{yd} = 50,299 \text{ MNm} \\
 M_{pl,Rd} &= W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 62,287 \text{ MNm}
 \end{aligned}$$

$$\eta_{1,h} = \eta_{1h} + (1 - M_{f,Rd} / M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \eta_3 - 1)^2 = \mathbf{0,713} \quad \eta_{1,h} \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

$$\eta_{1,d} = \eta_{1d} + (1 - M_{f,Rd} / M_{pl,Rd}) \cdot (2 \cdot \eta_3 - 1)^2 = \mathbf{0,674} \quad \eta_{1,d} \leq 1 \text{ vyhovuje}$$

Obmedzenie dýchania steny:

$$\sigma_{x,Ed,1} = \mathbf{147,370 \text{ MPa}} \quad \sigma_E = 190000(t_w/h_w)^2 = \mathbf{10,503 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{x,Ed,2} = \mathbf{-139,278 \text{ MPa}} \quad k_t = \mathbf{27,792}$$

$$\tau_{Ed} = \mathbf{75,18129 \text{ MPa}}$$

$$\psi = \sigma_1 / \sigma_2 = \mathbf{-0,94509} \rightarrow k_\sigma = \mathbf{22,490}$$

$$((\sigma_{x,Ed,ser} / (k \cdot \sigma_E))^2 + (1 + 1 \cdot \tau_{x,Ed,ser} / (k \cdot \tau_E))^2)^{1/2} = \mathbf{0,685} < 1,1 \text{ vyhovuje}$$

5.5.4.3 Návrh a posúdenie krčných zvarov steny a pásnic hlavného nosníka

a) Zvar steny a hornej pásnice:

Materiál: S355 $f_u = \mathbf{470 \text{ MPa}}$

$$\gamma_{M2} = \mathbf{1,25}$$

$$\beta_w = \mathbf{0,9}$$

$$a_w = \mathbf{10 \text{ mm}}$$

$$n = \mathbf{2 \text{ ks}}$$

Šmykový tok medzi hornou pásnicou a stenou hlavného nosníka:

$$A_{f1} = \mathbf{0,050 \text{ m}^2} \quad S_{y,3} = \mathbf{0,073 \text{ m}^3}$$

$$Z_3 = \mathbf{1,440 \text{ m}} \quad I_{y,eff} = \mathbf{0,230 \text{ m}^4}$$

$$V_{Ed} = \mathbf{6,284 \text{ MN}} \quad \tau_{Ed} = \tau_{d,zvar} = V_p \cdot S_{y,3} / I_{yi} = \mathbf{2,002 \text{ MN/m}}$$

$$\sigma_\perp = \tau_\perp = \mathbf{0,000 \text{ MPa}}$$

$$\tau_{||} = \tau_{d,zvar} / (n \cdot a_w) = \mathbf{100,099 \text{ MPa}}$$

Posúdenie porovnávacieho napätia:

$$(\sigma_\perp^2 + 3\tau_\perp^2 + 3\tau_{||}^2)^{0,5} = \mathbf{200,199 \text{ MPa}} \quad (\sigma_\perp^2 + 3\tau_\perp^2 + 3\tau_{||}^2)^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \text{ zvar vyhovuje}$$

$$f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = \mathbf{417,778 \text{ MPa}}$$

b) Zvar steny a dolnej pásnice:

Materiál: S355 $f_u = \mathbf{470 \text{ MPa}}$

$$\gamma_{M2} = \mathbf{1,25}$$

$$\beta_w = \mathbf{0,9}$$

$$a_w = \mathbf{10 \text{ mm}}$$

$$n = \mathbf{2 \text{ ks}}$$

Šmykový tok medzi hornou pásnicou a stenou hlavného nosníka:

$$A_{f2} = \mathbf{0,060 \text{ m}^2} \quad S_{y,3} = \mathbf{0,083 \text{ m}^3}$$

$$Z_4 = \mathbf{1,360 \text{ m}} \quad I_{y,eff} = \mathbf{0,230 \text{ m}^4}$$

$$V_{Ed} = \mathbf{6,284 \text{ MN}} \quad \tau_{Ed} = \tau_{d,zvar} = V_p \cdot S_{y,3} / I_{yi} = \mathbf{2,281 \text{ MN/m}}$$

$$\sigma_\perp = \tau_\perp = \mathbf{0,000 \text{ MPa}}$$

$$\tau_{||} = \tau_{d,zvar} / (n \cdot a_w) = \mathbf{114,046 \text{ MPa}}$$

Posúdenie porovnávacieho napätia:

$$(\sigma_\perp^2 + 3\tau_\perp^2 + 3\tau_{||}^2)^{0,5} = \mathbf{228,093 \text{ MPa}} \quad (\sigma_\perp^2 + 3\tau_\perp^2 + 3\tau_{||}^2)^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \text{ zvar vyhovuje}$$

$$f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = \mathbf{241,204 \text{ MPa}}$$

5.5.4.4 Posúdenie na únavu

$$l_i = \mathbf{0,239 \text{ m}^4} \quad M_{p,max} = \mathbf{-9,172 \text{ MN/m}} \quad \lambda_1 = \mathbf{0,91}$$

$$Z_3 = \mathbf{1,480 \text{ m}} \quad M_{p,min} = \mathbf{-4,321 \text{ MN/m}} \quad \lambda_2 = \mathbf{1,04}$$

$$Z_4 = \mathbf{1,320 \text{ m}} \quad \lambda_3 = \mathbf{1}$$

$$\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 = \mathbf{0,946} \quad \lambda_4 = \mathbf{1}$$

$$\lambda \leq \lambda_{\max} \rightarrow \lambda = 0,946 \quad \lambda_{\max} = 1,4$$

Styk steny hlavného nosníka a hornej pásnice hlavného nosníka

$$\begin{aligned} K_D = \Delta \sigma_c &= 112 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} &= 1 \\ \sigma_{\max} &= 56,918 \text{ MPa} & \gamma_{M, \text{fat}} &= 1,15 \\ \sigma_{\min} &= 26,818 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta \sigma_{E2} &= 28,487 \text{ MPa} \\ \Delta \sigma_p = |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| &= 30,100 \text{ MPa} & \Delta \sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} &= 97,391 \text{ MPa} \\ \Delta \sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta \sigma_p &= 28,487 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta \sigma_{E2} \leq \Delta \sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

Styk steny hlavného nosníka a spodnej pásnice hlavného nosníka

$$\begin{aligned} K_D = \Delta \sigma_c &= 112 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} &= 1 \\ \sigma_{\max} &= 50,731 \text{ MPa} & \gamma_{M, \text{fat}} &= 1,15 \\ \sigma_{\min} &= 23,903 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta \sigma_{E2} &= 25,390 \text{ MPa} \\ \Delta \sigma_p = |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| &= 26,828 \text{ MPa} & \Delta \sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} &= 97,391 \text{ MPa} \\ \Delta \sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta \sigma_p &= 25,390 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta \sigma_{E2} \leq \Delta \sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

Styk priečnej výstuhy steny hlavného nosníka a hornej pásnice hlavného nosníka

$$\begin{aligned} K_D = \Delta \sigma_c &= 80 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} &= 1 \\ \sigma_{\max} &= 56,918 \text{ MPa} & \gamma_{M, \text{fat}} &= 1,15 \\ \sigma_{\min} &= 26,818 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta \sigma_{E2} &= 28,487 \text{ MPa} \\ \Delta \sigma_p = |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| &= 30,100 \text{ MPa} & \Delta \sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} &= 69,565 \text{ MPa} \\ \Delta \sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta \sigma_p &= 28,487 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta \sigma_{E2} \leq \Delta \sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

Styk priečnej výstuhy steny hlavného nosníka a spodnej pásnice hlavného nosníka

$$\begin{aligned} K_D = \Delta \sigma_c &= 80 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} &= 1 \\ \sigma_{\max} &= 50,731 \text{ MPa} & \gamma_{M, \text{fat}} &= 1,15 \\ \sigma_{\min} &= 23,903 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta \sigma_{E2} &= 25,390 \text{ MPa} \\ \Delta \sigma_p = |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| &= 26,828 \text{ MPa} & \Delta \sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} &= 69,565 \text{ MPa} \\ \Delta \sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta \sigma_p &= 25,390 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta \sigma_{E2} \leq \Delta \sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

Spriahajúci trň privarený na hornú pásnicu - účinok na pásnicu

$$\begin{aligned} K_D = \Delta \sigma_c &= 80 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} &= 1 \\ \sigma_{\max} &= 56,918 \text{ MPa} & \gamma_{M, \text{fat}} &= 1,15 \\ \sigma_{\min} &= 26,818 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta \sigma_{E2} &= 28,487 \text{ MPa} \\ \Delta \sigma_p = |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| &= 30,100 \text{ MPa} & \Delta \sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} &= 69,565 \text{ MPa} \\ \Delta \sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta \sigma_p &= 28,487 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta \sigma_{E2} \leq \Delta \sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

Montážny styk spodnej pásnice hlavného nosníka

$$\begin{aligned} K_D = \Delta \sigma_c &= 71 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} &= 1 \\ \sigma_{\max} &= 56,918 \text{ MPa} & \gamma_{M, \text{fat}} &= 1,15 \\ \sigma_{\min} &= 26,818 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta \sigma_{E2} &= 28,487 \text{ MPa} \\ \Delta \sigma_p = |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| &= 30,100 \text{ MPa} & \Delta \sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} &= 61,739 \text{ MPa} \\ \Delta \sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta \sigma_p &= 28,487 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta \sigma_{E2} \leq \Delta \sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

5.5.4.5 Návrh a posúdenie výstuh steny hlavného nosníka

$$\begin{aligned} b_{st1} &= 0,200 \text{ m} & t_w &= 0,020 \text{ m} \\ b_{st2} &= 0,200 \text{ m} & h_w &= 2,690 \text{ m} \\ t_{st} &= 0,012 \text{ m} & a &= 2,500 \text{ m} \\ 15. \varepsilon. t_w &= 0,244 \text{ m} & l_{st} &= 7,441\text{E-}05 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Tuhostné posúdenie priečnej výstuhy steny:

$$\begin{aligned} a/h_w &= 0,929 \\ a/h_w < (2)^{0,5} \rightarrow l_{st} &\geq 1,5 \cdot h_w^3 \cdot t_w^3 / a^2 \\ a/h_w &\geq (2)^{0,5} \rightarrow l_{st} \geq 0,75 \cdot h_w^3 \cdot t_w^3 \rightarrow l_{st, \min} = 3,737\text{E-}05 \quad l_{st} \geq l_{st, \min} \text{ vyhovuje na tuhosť} \end{aligned}$$

Pevnostné posúdenie priečnej výstuhy steny:

$$\begin{aligned} \chi_w &= 0,990 \\ V_{Ed} &= 6,284 \text{ MN} \\ N_{Ed} = V_{Ed} \cdot \chi_w \cdot f_{yd} \cdot h_w \cdot t_w / 3^{0,5} &= -4,635 \text{ MN} \end{aligned}$$

Nie je potrebné pevnostne posudzovať výstuhy, posúvajúcu silu prenosie stena, výstuhy len z tuhostného hľadiska

5.6 Posúdenie deformácií nosnej konštrukcie

Výpočet deformácií od zaťaženi bol realizovaný na výpočtovom modeli doskovej sústavy pomocou programu SCIA Engineer.

5.6.1 Priehyb nosnej konštrukcie

Priehyby od stálych a dlhodobých zaťažení, ako aj ich prípadné zväčšovanie vplyvom dotvarovania sú eliminované výškou štrkového lôžka resp. správnou kontrolou a podbíjaním koľaje. Potrebné je teda overiť medzný priehyb od premenného zaťaženia.

tab. 13 Priehyby uprostred od jednotlivých zaťažení krajného nosníka

Zaťažovací stav		$f_{z,1}$	$f_{z,2}$	δ	α	f	ψ_0
		[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]
g_1	vl. tiaž konštrukcie (generovaná)	6,413	9,128	-	-	-	-
g_2	tiaž dobetónovania rímsy	2,083	4,182	-	-	-	-
	tiaž kompozitu	0,063	0,086	-	-	-	-
	tiaž zábradlia	0,091	0,139	-	-	-	-
	tiaž izolácie	0,687	0,963	-	-	-	-
	tiaž štrkového lôžka	6,55	9,187	-	-	-	-
	tiaž zvršku	0,363	0,488	-	-	-	-
	pokles podpier	11,293	10,83	-	-	-	-
	trakcia	-0,161	0,912	-	-	-	-
Σg_2		20,969	26,787				
q	zvislé účinky LM71	15,985	24,89	1,15	1,21	-	-
	brzdne a rozjazdové sily LM71	0,005	0,002	-	1,21	-	-
	zvislé účinky SW/0	13,377	23,653	1,15	1,21	-	-
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	0,003	0,002	-	1,21	-	-
	bočné rázy	0,252	0,391	-	1,21	-	-
	revízna lávka	0,641	1,028	-	-	-	0,8
sekundárne účinky		5,389	6,686				
w	viator na mostovku	0,117	0,071	-	-	-	0,75
	viator na pás pohyblivého zaťaženia	1,532	2,75	-	-	-	0,75
	Σw	1,649	2,821				

tab. 14 Priehyby uprostred od jednotlivých zaťažení vnútorného nosníka

Zaťažovací stav		$f_{z,1}$	$f_{z,2}$	δ	α	f	ψ_0
		[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]
g_1	vl. tiaž konštrukcie (generovaná)	6,442	5,402	-	-	-	-
g_2	tiaž dobetónovania rímsy	-0,414	-1,224	-	-	-	-
	tiaž kompozitu	0,064	0,086	-	-	-	-
	tiaž zábradlia	-0,018	-0,044	-	-	-	-
	tiaž izolácie	0,398	0,479	-	-	-	-
	tiaž štrkového lôžka	3,798	4,565	-	-	-	-
	tiaž zvršku	0,331	0,436	-	-	-	-
	pokles podpier	11,296	10,832	-	-	-	-
	trakcia	0,002	-0,0647	-	-	-	-
Σg_2		15,457	15,0653				
q	zvislé účinky LM71	13,861	21,315	1,15	1,21	-	-
	brzdne a rozjazdové sily LM71	0,005	0,002	-	1,21	-	-
	zvislé účinky SW/0	11,534	20,173	1,15	1,21	-	-
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	0,003	0,002	-	1,21	-	-
	bočné rázy	0,255	0,394	-	1,21	-	-
	revízna lávka	0,645	1,034	-	-	-	0,8
	sekundárne účinky	5,412	6,711				
w	vietor na mostovku	0,613	0,902	-	-	-	0,75
	vietor na pás pohyblivého zaťaženia	1,547	2,771	-	-	-	0,75
	Σw	2,16	3,673				

Poznámka: Odozva konštrukcie na zaťaženie dopravou sa stanovuje od zaťažovacieho modelu LM71 vrátane dynamického súčiniteľa.

Vplyv preklzu v spriahnutí na konci životnosti mosta:

$$k_f = 1 + 0,71 \cdot (A_c / (n \cdot A_a + A_c))^2$$

	$k_{f,1}$		$k_{f,2}$	
	T=100dní	T=36525dní	T=100dní	T=36525dní
1. časť stáleho zaťaženia	1,000	1,000	1,000	1,000
2. časť stáleho zaťaženia	1,011	1,001	1,023	1,004
zaťaženie dopravou	1,045	1,022	1,045	1,022
sekundárne účinky	1,011	1,001	1,011	1,001
zaťaženie vetrom	1,045	1,022	1,045	1,022

1. pole

Maximálny priehyb od klasifikovaného charakteristického zvislého zaťaženia (podľa STN EN 1991-2) umiestneného na moste:

$$f_{lim} < \frac{L}{600} = \frac{31500}{600} = 52,50\text{mm} \rightarrow f_{lim} = 52,50\text{mm}$$

$$f_{LM71} \cdot \delta = 24,102\text{mm} < f_{lim} = 52,50\text{mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Overenie pohodlia cestujúcich:

Priehyb od zaťažovacieho modelu LM71 vrátane dynamického súčiniteľa ($\alpha=1,0$):

$$f_{lim,1} < \frac{L}{1150} \cdot 0,9 = \frac{31500}{1150} \cdot 0,9 = 27,391\text{mm} \rightarrow f_{lim} = 24,652\text{mm}$$

$$f_{LM71} \cdot \delta = 20,02\text{mm} < f_{lim} = 24,652\text{mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Výrobné nadvýšenie nosnej konštrukcie v krajných poliach:

$$n = f_{g1} + f_{g2} + f_{s.ú.} + 0,25 \cdot f_p + f_w = 6,413 + 21,20 + 5,45 + 0,25 \cdot 24,10 + 1,72 = 40,81\text{mm}$$

2. pole

Maximálny priehyb od klasifikovaného charakteristického zvislého zaťaženia (podľa STN EN 1991-2) umiestneného na moste:

$$f_{\text{lim}} < \frac{L}{600} = \frac{40000}{600} = 66,667\text{mm} \rightarrow f_{\text{lim}} = 66,667\text{mm}$$

$$f_{\text{LM71}} \cdot \delta = 37,302\text{mm} < f_{\text{lim}} = 66,667\text{mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Overenie pohodlia cestujúcich:

Priehyb od zaťažovacieho modelu LM71 vrátane dynamického súčiniteľa ($\alpha=1,0$):

$$f_{\text{lim},2} < \frac{L}{1000} \cdot 0,9 = \frac{40000}{1000} \cdot 0,9 = 36,00\text{mm} \rightarrow f_{\text{lim}} = 40,00\text{mm}$$

$$f_{\text{LM71}} \cdot \delta = 31,181\text{mm} < f_{\text{lim}} = 36,00\text{mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Výrobné nadvýšenie nosnej konštrukcie vo vnútorných poliach:

$$n = f_{g1} + f_{g2} + f_{s.ú.} + 0,25 \cdot f_p + f_w = 9,128 + 27,403 + 6,760 + 0,25 \cdot 37,302 + 2,948 = 55,57\text{mm}$$

5.6.2 Pozdĺžna deformácia nosnej konštrukcie od rozjazdu a brzdenia

Podľa STN EN 1991-2 uvažujeme na mostnej konštrukcii spojitú zvaranú koľajnicu s dilatčným zariadením koľajnice na jednom konci mostnej konštrukcie.

$$\delta_{Q1a} = 1,521\text{mm} < \delta_{B\text{lim}} = 5,0\text{mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.6.3 Pozdĺžna deformácia nosnej konštrukcie pre zvislé zaťaženie

Podľa STN EN 1991-2 neuvažujeme na mostnej konštrukcii spolupôsobenie koľaje a nosnej konštrukcie.

$$\delta_Q = 1,256\text{mm} < \delta_{H\text{lim}} = 10,0\text{mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.6.4 Zvislé premiestnenie hornej hrany nosnej konštrukcie pre zvislé zaťaženie

Podľa STN EN 1991-2 uvažujeme na mostnej konštrukcii maximálnu rýchlosť 160km/h.

$$\delta_Q = 1,486\text{mm} < \delta_{v\text{lim}} = 3,0\text{mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.6.5 Pootočením prierezu nosnej konštrukcie

tab. 15 Pootočenie nosnej konštrukcie nad ložiskami

Zaťažovací stav		$\Theta_{O,1}$	$\Theta_{P,2}$	$\Theta_{P,3}$	δ	α	f	ψ_0
		[mrad]	[mrad]	[mrad]	[-]	[-]	[-]	[-]
q	zvislé účinky LM71	1,515	1,36	1,519	1,15	1,21	-	-
	brzdne a rozjazdové sily LM71	0,062	0,001	0,001	-	1,21	0,817	-
	zvislé účinky SW/0	1,263	1,369	1,413	1,15	1,21	-	-
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	0,038	0,001	0,001	-	1,21	-	-
	bočné rázy	0,022	0,02	0,021	-	1,21	-	-
	revízná lávka	0,061	0,057	0,065	-	-	-	0,8

Pootočenia od stálych a dlhodobých zaťažení, ako aj ich prípadné zväčšovanie vplyvom dotvarovania sú eliminované výškou štrkového lôžka resp. správnu kontrolou a podbíjaním koľaje. Potrebne je teda overiť potočenie od premenného zaťaženia.

Maximálne pootočenie od klasifikovaného charakteristického zvislého zaťaženia (podľa STN EN 1991-2) umiestneného na moste:

1. Krajná podpera

$$\Theta_{\text{LM71}} \cdot \delta = 2,245\text{mrad} < \Theta_{\text{lim}} = 6,5\text{mrad} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

2. Vnútna podpera

$$\Theta_{\text{LM71}} \cdot \delta = 1,963\text{mrad} < \Theta_{\text{lim}} = 6,5\text{mrad} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\Theta_{\text{LM71}} \cdot \delta = 2,192\text{mrad} < \Theta_{\text{lim}} = 6,5\text{mrad} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.7 Návrh a posúdenie nadpodperového priečnika

5.7.1.1 Vstupné údaje a vnútorné sily

tab. 16 Vnútorné sily rozhodujúce pre posúdenie nadpodperových priečnikov

Zaťažovací stav		N _{sk}	V _{yk}	V _{zk}	M _{yk}	M _{zk}	γ _F	δ	α	f	ψ ₀	N _{sd}	V _{yd}	V _{zd}	M _{yd}	M _{zd}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g ₁	vl. tiaž konštrukcie (generovaná)	-1,58	0,13	40,22	-11,07	-0,19	1,35	-	-	-	-	-2,13	0,18	54,30	-14,94	-0,26
g ₂	tiaž dobetónovania rímsy	27,08	0,57	3,19	-43,92	0,85	1,35	-	-	-	-	36,56	0,77	4,31	-59,29	1,15
	tiaž kompozitu	-2,71	0,00	0,00	-4,40	0,00	1,35	-	-	-	-	-3,66	0,00	0,00	-5,94	0,00
	tiaž PHS	4,64	0,10	0,55	-7,53	0,15	1,35	-	-	-	-	6,26	0,14	0,74	-10,17	0,20
	tiaž izolácie	1,01	0,02	3,96	0,77	0,02	1,35	-	-	-	-	1,36	0,03	5,35	1,04	0,03
	tiaž štrkového lôžka	10,47	0,17	41,14	-7,95	0,24	1,35	-	-	-	-	14,13	0,23	55,54	-10,73	0,32
	tiaž zvršku	-2,41	0,08	4,17	-4,54	0,12	1,35	-	-	-	-	-3,25	0,11	5,63	-6,13	0,16
	pokles podpier	-0,66	0,08	0,32	-2,00	0,12	1,35	-	-	-	-	-0,89	0,11	0,43	-2,70	0,16
	Σ g ₂	37,42	1,02	53,33	-69,57	1,50						50,52	1,38	72,00	-93,92	2,03
q	zvislé účinky LM71	-56,06	27,74	97,18	-95,93	44,18	1,45	1,15	1,21	-	-	-113,11	55,97	196,08	-193,56	89,14
	odstredivá sila LM71	116,29	7,07	100,47	-86,24	-10,01	1,45	-	1,21	0,811	-	165,47	10,06	142,96	-122,71	-14,24
	brzdne a rozjazdové sily LM71	-0,18	3,54	9,41	-27,08	-19,44	1,45	-	1,21	-	-	-0,32	6,21	16,51	-47,51	-34,11
	zvislé účinky SW/0	-10,02	10,61	12,45	-19,89	15,21	1,45	1,15	1,21	-	-	-20,22	21,41	25,12	-40,13	30,69
	odstredivá sila SW/0	68,90	3,60	82,72	-108,69	5,80	1,45	-	1,21	0,811	-	98,04	5,12	117,70	-154,65	8,25
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	-2,50	3,98	4,56	-8,89	-5,96	1,45	-	1,21	-	-	-4,39	6,98	8,00	-15,60	-10,46
	bočné rázy	35,24	0,01	16,65	-34,20	0,08	1,45	-	1,21	-	-	61,83	0,02	29,21	-60,00	0,14
	zvislé účinky SW/2	5,18	15,68	20,88	-33,10	22,07	1,20	1,15	-	-	-	7,15	21,64	26,81	-45,68	30,46
	odstredivá sila SW/2	29,40	2,54	39,19	-53,34	-3,71	1,20	-	-	1	-	35,28	3,05	47,03	-64,01	-4,45
	brzdne a rozjazdové sily SW/2	-4,78	12,04	7,40	14,65	-10,36	1,20	-	-	-	-	-5,74	14,45	8,88	17,58	-12,43
	bočné rázy	35,24	0,01	16,65	-34,20	0,08	1,20	-	-	-	-	42,29	0,01	19,98	-41,04	0,10
	revízná lávka	-13,55	0,02	0,06	-22,00	0,63	1,50	-	-	-	0,8	-16,26	0,02	0,07	-26,40	0,76
	Σ q															
	vetor na mostovku	140,18	4,56	312,36	-718,39	6,84	1,50	-	-	-	0,75	157,70	5,13	351,41	-808,19	7,70
	vetor na pás pohyblivého zaťaženia	64,03	4,30	62,93	-63,75	-6,10	1,50	-	-	-	0,75	72,03	4,84	70,80	-71,72	-6,86
w	Σ w	204,21	8,86	375,29	-782,14	0,74	3,00					229,74	9,97	422,20	-879,91	0,83

tab. 17 Vnútorné sily rozhodujúce pre posúdenie nadpodperových priečnikov

Zaťažovací stav		N _{sk}	V _{yk}	V _{zk}	M _{yk}	M _{zk}	γ _F	δ	α	f	ψ ₀	N _{sd}	V _{yd}	V _{zd}	M _{yd}	M _{zd}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g ₁	vl. tiaž konštrukcie (generovaná)	-1,53	0,12	11,40	20,43	0,04	1,35	-	-	-	-	-2,07	0,16	15,39	27,58	0,05
g ₂	tiaž dobetónovania rímsy	27,08	0,57	3,19	43,92	0,85	1,35	-	-	-	-	36,56	0,77	4,31	59,29	1,15
	tiaž kompozitu	-2,71	0,00	0,00	4,40	0,00	1,35	-	-	-	-	-3,66	0,00	0,00	5,94	0,00
	tiaž PHS	4,64	0,10	0,55	7,53	0,15	1,35	-	-	-	-	6,26	0,14	0,74	10,17	0,20
	tiaž izolácie	1,01	0,02	1,25	3,89	0,01	1,35	-	-	-	-	1,36	0,03	1,69	5,25	0,01
	tiaž štrkového lôžka	10,44	0,17	12,92	40,39	0,06	1,35	-	-	-	-	14,09	0,23	17,44	54,53	0,08
	tiaž zvršku	2,62	0,61	0,33	0,47	0,03	1,35	-	-	-	-	3,54	0,82	0,45	0,63	0,04
	pokles podpier	0,65	0,12	0,29	1,91	-0,17	1,35	-	-	-	-	0,88	0,16	0,39	2,58	-0,23
	Σ g ₂	43,73	1,59	18,53	102,51	0,93						59,04	2,15	25,02	138,39	1,26
q	zvislé účinky LM71	-55,87	32,23	12,35	47,99	-46,63	1,45	1,15	1,21	-	-	-112,73	65,03	24,92	96,83	-94,08
	odstredivá sila LM71	73,70	40,04	47,30	56,34	58,13	1,45	-	1,21	0,811	-	104,87	56,97	67,30	80,17	82,71
	brzdne a rozjazdové sily LM71	-1,71	13,73	3,04	8,91	7,97	1,45	-	1,21	-	-	-3,00	24,09	5,33	15,63	13,98
	zvislé účinky SW/0	3,31	26,26	3,34	1,13	10,35	1,45	1,15	1,21	-	-	6,68	52,98	6,74	2,28	20,88
	odstredivá sila SW/0	28,52	3,60	34,11	8,62	-4,44	1,45	-	1,21	0,811	-	40,58	5,12	48,54	12,27	-6,32
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	-2,88	3,98	-2,35	0,22	1,58	1,45	-	1,21	-	-	-5,05	6,98	-4,12	0,39	2,77
	bočné rázy	44,51	0,05	12,18	2,87	0,13	1,45	-	1,21	-	-	78,09	0,09	21,37	5,04	0,23
	zvislé účinky SW/2	5,18	43,82	4,85	1,93	17,24	1,20	1,15	-	-	-	7,15	60,47	6,69	2,66	23,79
	odstredivá sila SW/2	22,11	10,69	26,43	6,70	-4,26	1,20	-	-	1	-	26,53	12,83	31,72	8,04	-5,11
	brzdne a rozjazdové sily SW/2	-4,77	6,91	4,97	0,59	2,75	1,20	-	-	-	-	-5,72	8,29	5,96	0,71	3,30
	bočné rázy	44,51	0,05	12,18	2,87	0,13	1,20	-	-	-	-	53,41	0,06	14,62	3,44	0,16
	revízná lávka	-10,28	0,00	0,02	18,85	0,31	1,50	-	-	-	0,8	-12,34	0,00	0,02	22,62	0,37
	Σ q															
	vetor na mostovku	55,38	12,43	115,38	-181,63	-6,13	1,50	-	-	-	0,75	62,30	13,98	129,80	-204,33	-6,90
	vetor na pás pohyblivého zaťaženia	71,88	3,96	43,93	2,02	-1,27	1,50	-	-	-	0,75	80,87	4,46	49,42	2,27	-1,43
w	Σ w	127,26	16,39	159,31	-179,61	-7,40	3,00					143,17	18,44	179,22	-202,06	-8,33

Materiál nosnej konštrukcie:

Oceľ: **S355**

$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$ $f_u = 510 \text{ MPa}$ $t \leq 40 \text{ mm}$
 $f_{yk} = 335 \text{ MPa}$ $f_{uk} = 470 \text{ MPa}$ $40 < t \leq 80 \text{ mm}$
 $E_s = 210 \text{ GPa}$
 $G = 81 \text{ GPa}$

Prierezové charakteristiky oceleového nosníka:

$b_{f1} = 0,6 \text{ m}$ $A = 0,07252 \text{ m}^2$ $h_1 = 0,87571429 \text{ m}$
 $t_{f1} = 0,04 \text{ m}$ $e = -0,093 \text{ m}$ $h_2 = 1,30428571 \text{ m}$
 $b_{f2} = 0,6 \text{ m}$ $Z_{3a} = 1,03692 \text{ m}$ $W_{pl,y,a} = 0,06252 \text{ m}^3$
 $t_{f2} = 0,03 \text{ m}$ $Z_{4a} = 1,21308 \text{ m}$ $I_z = 0,00126 \text{ m}^4$
 $t_w = 0,014 \text{ m}$ $I_y = 0,06301 \text{ m}^4$ $I_t = 0,0000303 \text{ m}^4$

$$h_w = 2,18 \text{ m} \quad W_{y3a} = 0,06077 \text{ m}^3 \quad l_w = 0,0014665 \text{ m}^6$$

$$W_{y4a} = 0,05194 \text{ m}^3$$

Stanovenie účinnej šírky prierezu tr.4:

$$d_t = z_{3a} - t_{f1} = 0,99692 \text{ m}$$

$$d_c = h_w - d_t = 1,18308 \text{ m}$$

$$\psi = -d_t/d_c = -0,84265$$

$$\psi = 1 \rightarrow k_\sigma = 4$$

$$1 > \psi > 0 \rightarrow k_\sigma = 8,2/(1,05 + \psi) = 39,547$$

$$\psi = 0 \rightarrow k_\sigma = 7,81$$

$$0 > \psi > -1 \rightarrow k_\sigma = 7,81 - 6,29 \cdot \psi + 9,78 \cdot \psi^2 = 20,055 \quad k_\sigma = 20,055$$

$$\psi = -1 \rightarrow k_\sigma = 23,9$$

$$-1 > \psi \geq -3 \rightarrow k_\sigma = 5,98 \cdot (1 - \psi)^2 = 20,304$$

$$\lambda_p = (h_w/t_w)/(28,4 \cdot \varepsilon \cdot k_\sigma^{0,5}) = 1,496 \quad \lambda_p' = 0,862$$

$$\lambda_p \leq \lambda_p' \rightarrow \rho = 1,000 \quad \rho = 0,616$$

$$\lambda_p > \lambda_p' \rightarrow \rho = (\lambda_p - 0,055 \cdot (3 + \psi))/\lambda_p^2 = 0,616$$

$$\psi = 1 \rightarrow b_{eff} = \rho \cdot d_c = 0,728 \text{ m}$$

$$1 > \psi > 0 \rightarrow b_{eff} = \rho \cdot d_c = 0,728 \text{ m} \quad b_{eff} = 0,395 \text{ m}$$

$$\psi < 0 \rightarrow b_{eff} = \rho \cdot d_c/(1 - \psi) = 0,395 \text{ m}$$

$$b_{e1} = 0,158 \text{ m} \quad b_{otv} = d_c - b_{eff} = 0,788 \text{ m}$$

$$b_{e2} = 0,237 \text{ m}$$

Efektívne prierezové charakteristiky ocelového nosníka:

ťažisko "diery" od ťažiska plného prierezu:

$$s = b_{e2} + 0,5 \cdot (d_c - b_{eff}) = 0,631 \text{ m}$$

vzdialenosť ťažiska účinného prierezu od ťažiska plného prierezu:

$$e = s \cdot t_w \cdot (d_c - b_{eff}) / (A - t_w \cdot (d_c - b_{eff})) = 0,113 \text{ m}$$

$$A_{eff} = 0,06149 \text{ m}^2$$

$$e = -0,164 \text{ m}$$

$$Z_{3a,eff} = 0,96627 \text{ m}$$

$$Z_{4a,eff} = 1,28373 \text{ m}$$

$$I_{y,eff} = 0,05726 \text{ m}^4$$

$$W_{y3a,eff} = 0,05926 \text{ m}^3$$

$$W_{y4a,eff} = 0,04461 \text{ m}^3$$

$$h/b_f = 3,633 \rightarrow \alpha_{lt} = 0,760$$

$$k_z = 1,000 \quad \psi_f = (I_{fc} - I_{ft}) / (I_{fc} + I_{ft}) = -0,143$$

$$k_w = 1,000 \quad h_f = h_s = 2,215 \text{ m}$$

$$I_{fc} = 0,00054 \text{ m}^4 \quad z_j = 0,45 \cdot \psi_f \cdot h_s \cdot (1 + c/(2h_f)) = -0,142 \text{ m}$$

$$I_{ft} = 0,00072 \text{ m}^4 \quad z_g = z_a - z_s = 0,969 \text{ m}$$

$$c = 0 \text{ m} \quad \kappa_{wt} = \pi / (k_w \cdot L) \cdot (E \cdot I_w / (G \cdot I_t))^{0,5} = 13,036$$

$$z_a = 1,037 \text{ m} \quad \zeta_g = \pi \cdot z_g / (k_z \cdot L) \cdot (E \cdot I_z / (G \cdot I_t))^{0,5} = 11,715$$

$$z_s = 0,068 \text{ m} \quad \zeta_j = \pi \cdot z_j / (k_z \cdot L) \cdot (E \cdot I_z / (G \cdot I_t))^{0,5} = -1,721$$

$$L = 2,700 \text{ m}$$

$$C_1 = 1 \quad C_2 = 0 \quad C_3 = 1$$

$$\mu_{cr} = C_1 / k_z [1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j)^2]^{0,5} - (C_2 \zeta_g - C_3 \zeta_j) = 11,466$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \pi \cdot (E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t)^{0,5} / L = 339,992 \text{ MN}$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 76,399 \quad \lambda'_{LT,0} = 0,400$$

$$\lambda'_{LT} = (W_{ya,eff} \cdot f_y / M_{cr})^{0,5} = \mathbf{0,249} \quad \beta = \mathbf{0,750}$$

$$\Phi_{LT} = 0,5[1 + \alpha_{LT}(\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT,0}) + \beta \lambda'^2_{LT}] = \mathbf{0,466}$$

$$\chi_{LT} = 1 / (\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda'^2_{LT})^{0,5}) = \mathbf{1,138}$$

$$\chi_{LT} \leq 1$$

$$\chi_{LT} \leq 1 / \lambda'^2_{LT} = \rightarrow \chi_{LT} = \mathbf{1,000}$$

5.7.1.2 Pružnostné posúdenie prierezu pri extrémnom zaťažení

Posúdenie prierezu od extrémneho zaťaženia na namáhanie ohybom:

$$M_{Ed} = \mathbf{0,316 \text{ MNm}}$$

$$\eta_{1,h} = M_{Ed} \cdot Z_{3a,eff} / (\chi_{LT} \cdot I_{y,eff} \cdot f_{yd}) = \mathbf{0,015} \quad \eta_{1,h} \leq 1,0 \text{ vyhovuje}$$

$$\eta_{1,d} = M_{Ed} \cdot Z_{4a,eff} / (\chi_{LT} \cdot I_{y,eff} \cdot f_{yd}) = \mathbf{0,020} \quad \eta_{1,d} \leq 1,0 \text{ vyhovuje}$$

Posúdenie prierezu na šmyk :

Pozdĺžna výstuha:

$$b_{st1} = \mathbf{0 \text{ m}} \quad y_{NO} = \mathbf{0,000 \text{ m}}$$

$$t_{st1} = \mathbf{0 \text{ m}} \quad I_{sl,z} = \mathbf{7,814E-08 \text{ m}^4}$$

$$15. \varepsilon. t_w = \mathbf{0,17086 \text{ m}} \quad I_{sl,y} = \mathbf{4,655E-05 \text{ m}^4}$$

$$a = \mathbf{2,7 \text{ m}}$$

$$k_{\tau sl, min} = 2,1/t \cdot (I_{sl,z}/h_w)^{1/3} = \mathbf{0,495} \quad k_{\tau} = 5,34 + 4/\alpha^2 + k_{\tau sl} = \mathbf{11,970}$$

$$k_{\tau sl} = 9 \cdot (h_w/a)^2 \cdot (I_{sl,z}/(t^3 \cdot h_w))^{3/4} = \mathbf{0,227} \quad k_{\tau} = 4 + 5,34/\alpha^2 + k_{\tau sl} = \mathbf{12,686}$$

$$\alpha = a/h_w = \mathbf{1,239} \quad k_{\tau} = \mathbf{11,970}$$

$$\lambda = h_w/t_w = \mathbf{155,714} \quad f_{yw} = \mathbf{355 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_E = 190000/\lambda^2 = \mathbf{7,836 \text{ MPa}} \quad \tau_{cr} = k_{\tau} \cdot \sigma_E = \mathbf{93,801 \text{ MPa}}$$

$$\lambda_w = 0,76 \cdot (f_{yd}/\tau_{cr})^{0,5} = \mathbf{1,479} \quad \eta = \mathbf{1}$$

$$\lambda_w \leq 0,83/\eta = \mathbf{0,83} \quad \rightarrow \chi_w = \eta = \mathbf{1,000}$$

$$\lambda_w < 1,08 \quad \mathbf{<1,08} \quad \rightarrow \chi_w = 0,83/\lambda_w = \mathbf{0,561} \quad \rightarrow \chi_w = \mathbf{0,895}$$

$$\lambda_w \geq 1,08 \quad \mathbf{>1,08} \quad \rightarrow \chi_w = 1,37/(0,7 + \lambda_w) = \mathbf{0,895}$$

$$\eta_3 = V_{Ed} \cdot (3)^{1/2} / ((h_w \cdot t_w) \cdot f_{yd} \cdot \chi_w) = \mathbf{0,086}$$

$$\eta_3 \leq 1,0 \text{ vyhovuje}$$

$$\eta_3 \leq 0,5 \text{ nie je potrebné redukovať ohybovú odolnosť}$$

Obmedzenie dýchania steny:

$$\sigma_{x,Ed,1} = \mathbf{2,804 \text{ MPa}} \quad \sigma_E = 190000(t_w/h_w)^2 = \mathbf{7,836 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{x,Ed,2} = \mathbf{-3,725 \text{ MPa}} \quad k_{\tau} = \mathbf{11,970}$$

$$\tau_{Ed} = \mathbf{9,262079 \text{ MPa}}$$

$$\psi = \sigma_1/\sigma_2 = \mathbf{-1,32855} \quad \rightarrow k_{\sigma} = \mathbf{32,424}$$

$$((\sigma_{x,Ed,ser}/(k_{\sigma} \cdot \sigma_E))^2 + (1,1 \cdot \tau_{x,Ed,ser}/(k_{\tau} \cdot \sigma_E))^2)^{1/2} = \mathbf{0,110} \quad < 1,1 \text{ vyhovuje}$$

5.7.1.3 Návrh a posúdenie krčných zvarov steny a pásnic priečnika

a) Zvar steny a homej pásnice:

Materiál: S355 $f_u = \mathbf{510 \text{ MPa}}$

$$\gamma_{M2} = \mathbf{1,25}$$

$$\beta_w = \mathbf{0,9}$$

$$a_w = \mathbf{10 \text{ mm}}$$

$$n = \mathbf{2 \text{ ks}}$$

Šmykový tok medzi hornou pásnicou a stenou hlavného nosníka:

$$\begin{aligned} A_{f1} &= \mathbf{0,024 \text{ m}^2} & S_{y,3} &= \mathbf{0,024 \text{ m}^3} \\ Z_3 &= \mathbf{0,966 \text{ m}} & I_{y,eff} &= \mathbf{0,057 \text{ m}^4} \\ V_{Ed} &= \mathbf{0,484 \text{ MN}} & \tau_{Ed} = \tau_{d,zvar} = V_p \cdot S_{y,3} / I_{yi} &= \mathbf{0,200 \text{ MN/m}} \\ \sigma_{\perp} = \tau_{\perp} &= \mathbf{0,000 \text{ MPa}} \\ \tau_{\parallel} = \tau_{d,zvar} / (n \cdot a_w) &= \mathbf{10,002 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

Posúdenie porovnávacieho napätia:

$$\begin{aligned} (\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)^{0,5} &= \mathbf{20,004 \text{ MPa}} & (\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)^{0,5} \leq f_{u'} / (\beta_w \cdot \gamma_{m2}) &\text{ zvar vyhovuje} \\ f_{u'} / (\beta_w \cdot \gamma_{m2}) &= \mathbf{453,333 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

b) Zvar steny a dolnej pásnice:

$$\begin{aligned} \text{Materiál: S355} & & f_u &= \mathbf{510 \text{ MPa}} \\ & & \gamma_{M2} &= \mathbf{1,25} \\ & & \beta_w &= \mathbf{0,9} \\ & & a_w &= \mathbf{10 \text{ mm}} \\ & & n &= \mathbf{2 \text{ ks}} \end{aligned}$$

Šmykový tok medzi hornou pásnicou a stenou hlavného nosníka:

$$\begin{aligned} A_{f2} &= \mathbf{0,018 \text{ m}^2} & S_{y,3} &= \mathbf{0,023 \text{ m}^3} \\ Z_4 &= \mathbf{1,284 \text{ m}} & I_{y,eff} &= \mathbf{0,057 \text{ m}^4} \\ V_{Ed} &= \mathbf{0,484 \text{ MN}} & \tau_{Ed} = \tau_{d,zvar} = V_p \cdot S_{y,3} / I_{yi} &= \mathbf{0,198 \text{ MN/m}} \\ \sigma_{\perp} = \tau_{\perp} &= \mathbf{0,000 \text{ MPa}} \\ \tau_{\parallel} = \tau_{d,zvar} / (n \cdot a_w) &= \mathbf{9,878 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

Posúdenie porovnávacieho napätia:

$$\begin{aligned} (\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)^{0,5} &= \mathbf{19,756 \text{ MPa}} & (\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2)^{0,5} \leq f_{u'} / (\beta_w \cdot \gamma_{m2}) &\text{ zvar vyhovuje} \\ f_{u'} / (\beta_w \cdot \gamma_{m2}) &= \mathbf{261,732 \text{ MPa}} \end{aligned}$$

5.7.1.4 Posúdenie na únavu

$$\begin{aligned} l_i &= \mathbf{0,063 \text{ m}^4} & M_{p,max} &= \mathbf{0,154 \text{ MN/m}} & \lambda_1 &= \mathbf{1,07} \\ Z_3 &= \mathbf{1,037 \text{ m}} & M_{p,min} &= \mathbf{0,013 \text{ MN/m}} & \lambda_2 &= \mathbf{1,04} \\ Z_4 &= \mathbf{1,213 \text{ m}} & & & \lambda_3 &= \mathbf{1} \\ & & & & \lambda_4 &= \mathbf{1} \\ \lambda &= \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 = \mathbf{1,113} & & & \lambda_{max} &= \mathbf{1,4} \\ \lambda &\leq \lambda_{max} \rightarrow \lambda &= \mathbf{1,113} & & & \end{aligned}$$

Styk steny priečnika a hornej pásnice priečnika

$$\begin{aligned} K_D = \Delta \sigma_c &= \mathbf{112 \text{ MPa}} & \gamma_{F,fat} &= \mathbf{1} \\ \sigma_{max} &= \mathbf{-2,528 \text{ MPa}} & \gamma_{M,fat} &= \mathbf{1,15} \\ \sigma_{min} &= \mathbf{-0,213 \text{ MPa}} & \gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{E2} &= \mathbf{2,576 \text{ MPa}} \\ \Delta \sigma_p = |\sigma_{max} - \sigma_{min}| &= \mathbf{2,315 \text{ MPa}} & \Delta \sigma_c / \gamma_{M,fat} &= \mathbf{97,391 \text{ MPa}} \\ \Delta \sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta \sigma_p &= \mathbf{2,576 \text{ MPa}} \\ \gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{E2} \leq \Delta \sigma_c / \gamma_{M,fat} &\text{ vyhovuje} \end{aligned}$$

Styk steny priečnika a spodnej pásnice priečnika

$$\begin{aligned} K_D = \Delta \sigma_c &= \mathbf{112 \text{ MPa}} & \gamma_{F,fat} &= \mathbf{1} \\ \sigma_{max} &= \mathbf{-2,958 \text{ MPa}} & \gamma_{M,fat} &= \mathbf{1,15} \\ \sigma_{min} &= \mathbf{-0,249 \text{ MPa}} & \gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{E2} &= \mathbf{3,014 \text{ MPa}} \\ \Delta \sigma_p = |\sigma_{max} - \sigma_{min}| &= \mathbf{2,708 \text{ MPa}} & \Delta \sigma_c / \gamma_{M,fat} &= \mathbf{97,391 \text{ MPa}} \\ \Delta \sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta \sigma_p &= \mathbf{3,014 \text{ MPa}} \\ \gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{E2} \leq \Delta \sigma_c / \gamma_{M,fat} &\text{ vyhovuje} \end{aligned}$$

Styk spodnej pásnice priečnika a výstuhu hlavného nosníka

$$\begin{aligned} K_D = \Delta\sigma_c &= 71 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} &= 1 \\ \sigma_{\max} &= -2,528 \text{ MPa} & \gamma_{M, \text{fat}} &= 1,15 \\ \sigma_{\min} &= -0,213 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} &= 2,576 \text{ MPa} \\ \Delta\sigma_p = |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| &= 2,315 \text{ MPa} & \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} &= 61,739 \text{ MPa} \\ \Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta\sigma_p &= 2,576 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

Montážny styk spodnej pásnice priečnika

$$\begin{aligned} K_D = \Delta\sigma_c &= 71 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} &= 1 \\ \sigma_{\max} &= -2,528 \text{ MPa} & \gamma_{M, \text{fat}} &= 1,15 \\ \sigma_{\min} &= -0,213 \text{ MPa} & \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} &= 2,576 \text{ MPa} \\ \Delta\sigma_p = |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}| &= 2,315 \text{ MPa} & \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} &= 61,739 \text{ MPa} \\ \Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \Delta\sigma_p &= 2,576 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{M, \text{fat}} \text{ vyhovuje}$$

5.8 Návrh a posúdenie nosníka revíznej lávky

Výpočet vnútorných síl bol realizovaný na výpočtovom modeli uvedenom na obr. 2 pomocou programu SCIA Engineer. Na výpočet vnútorných síl boli vytvorené rozhodujúce kombinácie zaťaženií. Vnútorné sily rozhodujúce pre posúdenie prierezu sú uvedené tab. 18.

tab. 18 Vnútorné sily rozhodujúce pre posúdenie revíznej lávky

Zaťažovací stav		N_{kk}	V_{yk}	V_{zk}	M_{yk}	M_{zk}	γ_F	N_{kd}	V_{yd}	V_{zd}	M_{yd}	M_{zd}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
g_1	vl. tiaž konštrukcie (generovaná)	13,61	0,01	0,55	0,69	0,01	1,35	18,37	0,01	0,74	0,93	0,01
g_2	vl. tiaž kompozitu	0,02	0,00	1,13	1,41	0,00	1,35	0,03	0,00	1,53	1,90	0,00
p	zaťaženie verejných chodníkov	2,18	0,00	5,63	7,04	0,01	1,35	2,94	0,00	7,60	9,50	0,01

Prierezové charakteristiky nosníka revíznej lávky boli vypočítané pomocou programu SCIA Engineer.

A [m ²]	2,8500e-03	
A _{y, z} [m ²]	1,4862e-03	1,0559e-03
I _{y, z} [m ⁴]	1,9430e-05	1,4240e-06
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	1,2990e-08	6,9800e-08
W _{el y, z} [m ³]	1,9430e-04	2,8470e-05
W _{pl y, z} [m ³]	2,2060e-04	4,4610e-05
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YLSS, ZLSS} [mm]	50	100
alfa [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	7,6810e-01	

$$V_{pl, Rd, z} = \frac{A_{vz} \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{0,0010559 \cdot (235000 / \sqrt{3})}{1,0} = 429,785 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed, z}}{V_{pl, Rd, z}} \leq 1,0$$

$$\frac{9,87}{429,785} = 0,023 < 1,0 \rightarrow \text{prierez na účinky šmyku vyhovuje}$$

$$V_{Ed,z} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd,z}$$

$$9,87 \text{ kN} < 0,5 \cdot 429,785 = 214,893 \text{ kN} \rightarrow \text{vplyv šmyku neovplyvňuje ohybovú odolnosť}$$

vzperná krivka:

$$\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4; \quad \beta = 0,75; \quad \alpha_{LT} = 0,49$$

$$M_{cr} = 28,15 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = 1,622$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = 0,5 \cdot \left[1 + 0,49 \cdot (1,622 - 0,4) + 0,75 \cdot 1,622^2 \right] = 1,786$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,786 + \sqrt{1,786^2 - 0,75 \cdot 1,622^2}} = 0,346$$

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,346 \cdot 0,0001943 \cdot 235000}{1,0} = 15,805 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{pl,Rd,y}} \leq 1,0$$

$$\frac{12,33}{15,805} = 0,780 < 1,0 \rightarrow \text{prierez na účinky ohybu vyhovuje}$$

5.9 Návrh a posúdenie mostovky

5.9.1 Posúdenie vystužujúceho rebra – medzi nosníkmi

5.9.1.1 Vnútročné sily

tab. 19 Vnútročné sily rozhodujúce pre posúdenie

Zaťažovací stav		V _{zk} [kN]	M _{yk} [kNm]	γ _F [-]	δ [-]	α [-]	f [-]	ψ ₀ [-]	V _{zd} [kN]	M _{yd} [kNm]
g ₁	vl. tiaž konštrukcie (generovaná)	43,55	16,67	1,35	-	-	-	-	58,79	22,50
g ₂	tiaž dobetónovania rímsy	20,34	22,76	1,35	-	-	-	-	27,46	30,73
	tiaž kompozitu	0,43	0,23	1,35	-	-	-	-	0,58	0,31
	tiaž zábradlia	0,89	1,01	1,35	-	-	-	-	1,20	1,36
	tiaž izolácie	4,62	2,46	1,35	-	-	-	-	6,24	3,32
	tiaž štrkového lôžka	44,01	23,42	1,35	-	-	-	-	59,41	31,62
	tiaž zvršku	1,37	1,26	1,35	-	-	-	-	1,85	1,70
	pokles podpier	3,46	12,01	1,35	-	-	-	-	4,67	16,21
	trakcia	0,40	1,22	1,35					0,54	1,65
	Σ g ₂	75,52	64,37						101,95	86,90
q	zvislé účinky LM71	57,16	36,36	1,45	1,5	1,21	-	-	150,43	95,69
	brzdne a rozjazdové sily LM71	0,86	4,44	1,45	-	1,21	-	-	1,51	7,79
	zvislé účinky SW/0	61,86	37,55	1,45	1,5	1,21	-	-	162,80	98,82
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	0,12	2,21	1,45	-	1,21	-	-	0,21	3,88
	bočné rázy	1,77	3,26	1,45	-	1,21	-	-	3,11	5,72
	zvislé účinky SW/2	72,34	46,81	1,20	1,5	-	-	-	130,21	84,26
	brzdne a rozjazdové sily SW/2	0,55	2,16	1,20	-	-	-	-	0,66	2,59
	bočné rázy	1,77	3,26	1,20	-	-	-	-	2,12	3,91
	revízná lávka	2,69	1,51	1,50	-	-	-	0,8	3,23	1,81
	Σ q									
w	vietor na mostovku	1,24	4,55	1,50	-	-	-	0,75	1,40	5,12
	vietor na pás pohyblivého zaťaženia	24,92	22,92	1,50	-	-	-	0,75	28,04	25,79
	Σ w	26,16	27,47	3,00					29,43	30,90

5.9.1.2 Návrh a posúdenie výstuže na M_d

Prierez: $\bar{s} = 1000\text{mm}$, $h_r = 600\text{mm}$ (uvažovaná je priemerná hr. nosnej konštrukcie)

Návrh: $7\phi 22\text{mm/m}$, $\bar{a}140\text{mm}$ –C35/45

$$c_{nom} = 50,00 \text{ mm} \quad d = h - d_1 = 0,519 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi = 61,00 \text{ mm}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s1,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d) = 0,000864 \text{ m}^2 \quad A_{s1} > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s1,max} = 0,4 \cdot A_c = 0,232 \text{ m}^2 \quad A_{s1} \leq A_{s1,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 33 \text{ mm} \quad b_n < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,452 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$x_B = A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = 0,058 \text{ m}$$

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 0,256 \text{ m} \quad x_B < x_{B,lim} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$z = d - 0,5 \cdot x_B = 0,490 \text{ m} \quad M_{Ed} = 248,60$$

$$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z = 566,701 \text{ kNm} \quad M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ Návrh vyhovuje}$$

5.9.1.3 Kontrola vzniku a šírky trhlín

$$M_{Eqp} = 181,39 \text{ kNm} \quad I_{ir} = 3,061\text{E-}03 \text{ m}^4$$

$$M_{Ek} = 76,07 \text{ kNm} \quad x = 0,113 \text{ m} \quad k_t = 0,40$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 5,88 \quad k_1 = 0,8 \quad k_2 = 0,5$$

$$\sigma_{s,max} = \alpha_e \cdot M_{Ek} / I_{ir} \cdot (d - x) = 59,383 \text{ MPa} \quad \sigma_{s,max} \leq 0,8 \cdot f_{yk} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

$$\sigma_{c,max} = M_{Ek} / I_{ir} \cdot x = 2,802 \text{ MPa} \quad \sigma_{c,max} \leq 0,6 \cdot f_{ck} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

$$\sigma_{s,qp} = \alpha_e \cdot M_{Eqp} / I_{ir} \cdot (d - x) = 141,601 \text{ MPa}$$

$$\rho_{s,eff} = A_s / A_{c,eff} = 0,017 \quad h_{c,eff} = 0,153 \text{ m}$$

$$s_s = 5 \cdot (c + \phi / 2) = 0,305 \text{ m} \quad A_{c,eff} = h_{c,eff} \cdot b = 0,153 \text{ m}^2$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,117 \text{ mm} \quad s_{r,max} = 384,342 \text{ mm}$$

$$w_{lim} = 0,3 \text{ mm} \quad w_k < w_{lim} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

5.9.1.4 Posúdenie na únavu

Posúdenie ocele na únavu:

$$\lambda_{s1} = \lambda_{s1}(2\text{m}) + [\lambda_{s1}(20\text{m}) - \lambda_{s1}(2\text{m})] \cdot (\log L - 0,3) = 0,758 \quad \alpha_e = E_s / E_{cm} = 5,882$$

$$\lambda_{s2} = (Vol / (25 \cdot 10^6))^{1/k_2} = 1,020 \quad x = 0,113 \text{ m}$$

$$\lambda_{s3} = (N_{Years} / 100)^{1/k_2} = 1 \quad I_{ir} = 0,0030611 \text{ m}^4$$

$$\lambda_s = \lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4} = 0,774$$

$$\sigma_{s,max} = \alpha_e \cdot (M_{E,basic} + \phi_3 \cdot M_{LM71}) / I_{ir} \cdot (d - x) = 135,312 \text{ MPa} \quad \gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{s,eq} = 55,738 \text{ MPa}$$

$$\Delta \sigma_{s71} = \alpha_e \cdot M_{LM71} / I_{ir} \cdot (d - x) = 48,033 \text{ MPa} \quad \Delta \sigma_{R,sk} / \gamma_{S,fat} = 141,304 \text{ MPa}$$

$$\Delta \sigma_{s,eq} = \phi_3 \cdot \Delta \sigma_{s71} \cdot \lambda_s = 55,738 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{s,eq} \leq \Delta \sigma_{R,sk} / \gamma_{S,fat} \text{ Oceľ na únavu vyhovuje}$$

Posúdenie betónu na únavu:

$$\sigma_{c,perm} = M_{E,basic} / I_{ir} \cdot x = 2,986 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,max,71} = (M_{E,basic} + \phi_3 \cdot M_{LM71}) / I_{ir} \cdot x = 6,386 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,min,71} = (M_{E,basic} + 0) / I_{ir} \cdot x = 2,986 \text{ MPa}$$

$$f_{cd,fat} = 0,85 \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{ck} / \gamma_c \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 17,057 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{c,0} &= 0,94 + 0,2 \cdot \sigma_{c,perm} / f_{cd,fat} = & \mathbf{0,975} \\ \lambda_{c1} &= \lambda_{c1}(2m) + [\lambda_{c1}(20m) - \lambda_{c1}(2m)] \cdot (\log L - 0,3) = & \mathbf{0,722} \\ \lambda_{c2,3} &= 1 + 1/8 \cdot \log[Vol/25 \cdot 10^6] + 1/8 \cdot \log[N_{years}/100] = & \mathbf{1,010} \\ \lambda_c &= \lambda_{c0} \cdot \lambda_{c1} \cdot \lambda_{c2,3} \cdot \lambda_{c4} = & \mathbf{0,711} \\ \sigma_{cd,max,eq} &= \sigma_{c,perm} + \lambda_c (\sigma_{c,max71} - \sigma_{c,perm}) = & \mathbf{5,402 \text{ MPa}} \\ \sigma_{cd,min,eq} &= \sigma_{c,perm} - \lambda_c (\sigma_{c,perm} - \sigma_{c,min,71}) = & \mathbf{2,986 \text{ MPa}} \\ E_{cd,max,eq} &= \sigma_{cd,max,eq} / f_{cd,fat} = & \mathbf{0,317 \text{ MPa}} \\ E_{cd,min,eq} &= \sigma_{cd,min,eq} / f_{cd,fat} = & \mathbf{0,175 \text{ MPa}} \\ R_{eq} &= E_{cd,min,eq} / E_{cd,max,eq} = & \mathbf{0,553} \\ E_{cd,max,eq} + 0,43 \cdot (1 - R_{eq})^{1/2} &= & \mathbf{0,604} \\ E_{cd,max,eq} + 0,43 \cdot (1 - R_{eq})^{1/2} &< 1,0 & \mathbf{\text{Betón na únavu vyhovuje}}\end{aligned}$$

5.9.2 Posúdenie vystužujúceho rebra – nad nosníkom

5.9.2.1 Vnúťorné sily

tab. 20 Vnúťorné sily rozhodujúce pre posúdenie

Zaťažovací stav		V _{zk} [kN]	M _{yk} [kNm]	γ _F [-]	δ [-]	α [-]	f [-]	ψ ₀ [-]	V _{zd} [kN]	M _{yd} [kNm]
g ₁	vl. tiaž konštrukcie (generovaná)	200,61	113,39	1,35	-	-	-	-	270,82	153,08
g ₂	tiaž dobetónovania rímsy	154,37	55,21	1,35	-	-	-	-	208,40	74,53
	tiaž kompozitu	2,62	1,17	1,35	-	-	-	-	3,54	1,58
	tiaž zábradlia	6,88	2,92	1,35	-	-	-	-	9,29	3,94
	tiaž izolácie	33,63	13,23	1,35	-	-	-	-	45,40	17,86
	tiaž štrkového lôžka	168,66	126,14	1,35	-	-	-	-	227,69	170,29
	tiaž zvršku	14,42	7,26	1,35	-	-	-	-	19,47	9,80
	pokles podpier	29,77	12,45	1,35	-	-	-	-	40,19	16,81
	trakcia	4,06	0,95	1,35					5,48	1,28
	Σ g ₂	414,41	219,33						559,45	296,10
q	zvislé účinky LM71	322,22	206,44	1,45	1,5	1,21	-	-	848,00	543,30
	brzdne a rozjazdové sily LM71	6,11	3,35	1,45	-	1,21	-	-	10,72	5,88
	zvislé účinky SW/0	332,21	212,22	1,45	1,5	1,21	-	-	874,29	558,51
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	3,94	1,96	1,45	-	1,21	-	-	6,91	3,44
	bočné rázy	7,13	1,84	1,45	-	1,21	-	-	12,51	3,23
	zvislé účinky SW/2	439,78	266,67	1,20	1,5	-	-	-	791,60	480,01
	brzdne a rozjazdové sily SW/2	3,93	1,96	1,20	-	-	-	-	4,72	2,35
	bočné rázy	7,13	1,84	1,20	-	-	-	-	8,56	2,21
	revízná lávka	21,03	7,73	1,50	-	-	-	0,8	25,24	9,28
	Σ q									
w	vietor na mostovku	26,46	9,42	1,50	-	-	-	0,75	29,77	10,60
	vietor na pás pohyblivého zaťaženia	103,74	31,36	1,50	-	-	-	0,75	116,71	35,28
	Σ w	130,20	40,78	3,00					146,48	45,88

5.9.2.2 Návrh a posúdenie výstuže na M_d

Prierez: š.= 1000mm, hr.= 600mm (uvažovaná je priemerná hr. nosnej konštrukcie)

Návrh: 8+8φ 28mm/m, á125mm –C35/45 (výstuž v dvoch radoch)

$$\begin{aligned}c_{nom} &= \mathbf{50,00 \text{ mm}} & d=h-d_1 &= \mathbf{0,515 \text{ m}} \\ d_1 &= c+0,5 \cdot \phi = \mathbf{64,00 \text{ mm}}\end{aligned}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s1,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d) = \mathbf{0,000857 \text{ m}^2}$$

$$A_{s1,max} = 0,4 \cdot A_c = \mathbf{0,24 \text{ m}^2}$$

$A_{s1} > A_{s,min}$ **Návrh vyhovuje**

$A_{s1} \leq A_{s1,max}$ **Návrh vyhovuje**

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = \mathbf{42 \text{ mm}}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = \mathbf{1,178 \text{ m}}$$

$b_n < b$ **Výstuž v dvoch radoch**

Posúdenie prierezu:

$x_B = A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) =$	0,216 m		
$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) =$	0,254 m	$x_B < x_{B,lim}$	Návrh vyhovuje
$z = d - 0,5 \cdot x_B =$	0,407 m	$M_{Ed} =$	1067,89
$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z =$	1743,436 kNm	$M_{Ed} \leq M_{Rd}$	Návrh vyhovuje

5.9.2.3 Kontrola vzniku a šířky trhlin

$M_{Eqp} =$	759,97 kNm	$l_{ir} =$	9,267E-03 m⁴	
$M_{Ek} =$	743,34 kNm	$x =$	0,198 m	$k_t =$ 0,40
$\alpha_e = E_s / E_{cm} =$	5,88	$k_1 =$	0,8	$k_2 =$ 0,5
$\sigma_{s,max} = \alpha_e \cdot M_{Ek} / l_{ir} \cdot (d - x) =$	149,438 MPa	$\sigma_{s,max} \leq 0,8 \cdot f_{yk}$	Podmienka vyhovuje	
$\sigma_{c,max} = M_{Ek} / l_{ir} \cdot x =$	15,905 MPa	$\sigma_{c,max} \leq 0,6 \cdot f_{ck}$	Podmienka vyhovuje	
$\sigma_{s,qp} = \alpha_e \cdot M_{Eqpk} / l_{ir} \cdot (d - x) =$	152,781 MPa	$h_{c,eff} =$	0,134 m	
$\rho_{s,eff} = A_s / A_{c,eff} =$	0,074	$A_{c,eff} = h_{c,eff} \cdot b =$	0,134 m²	
$s_s = 5 \cdot (c + \phi / 2) =$	0,32 m	$s_{r,max} =$	234,696 mm	
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,150 mm	$w_k < w_{lim}$	Podmienka vyhovuje	
$w_{lim} =$	0,3 mm			

5.9.2.4 Posúdenie na únavu

Posúdenie ocele na únavu:

$\lambda_{s1} = \lambda_{s1}(2m) + [\lambda_{s1}(20m) - \lambda_{s1}(2m)] \cdot (\log L - 0,3) =$	0,758	$\alpha_e = E_s / E_{cm} =$	5,882
$\lambda_{s2} = (Vol / (25 \cdot 10^6))^{1/k_2} =$	1,020	$x =$	0,198 m
$\lambda_{s3} = (N_{years} / 100)^{1/k_2} =$	1	$l_{ir} =$	0,0092671 m⁴
$\lambda_s = \lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4} =$	0,774		
$\sigma_{s,max} = \alpha_e \cdot (M_{E,basic} + \phi_3 \cdot M_{LM71}) / l_{ir} \cdot (d - x) =$	142,192 MPa	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{s,eq} =$	54,579 MPa
$\Delta \sigma_{s71} = \alpha_e \cdot M_{LM71} / l_{ir} \cdot (d - x) =$	47,034 MPa	$\Delta \sigma_{R,sk} / \gamma_{S,fat} =$	141,304 MPa
$\Delta \sigma_{s,eq} = \phi_3 \cdot \Delta \sigma_{s71} \cdot \lambda_s =$	54,579 MPa		
$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{s,eq} \leq \Delta \sigma_{R,sk} / \gamma_{S,fat}$	Oceľ na únavu vyhovuje		

Posúdenie betónu na únavu:

$\sigma_{c,perm} = M_{E,basic} / l_{ir} \cdot x =$	7,119 MPa	
$\sigma_{c,max,71} = (M_{E,basic} + \phi_3 \cdot M_{LM71}) / l_{ir} \cdot x =$	14,130 MPa	
$\sigma_{c,min,71} = (M_{E,basic} + 0) / l_{ir} \cdot x =$	7,119 MPa	
$f_{cd,fat} = 0,85 \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{ck} / \gamma_c \cdot (1 - f_{ck} / 250) =$	17,057 MPa	
$\lambda_{c,0} = 0,94 + 0,2 \cdot \sigma_{c,perm} / f_{cd,fat} =$	1,023	
$\lambda_{c1} = \lambda_{c1}(2m) + [\lambda_{c1}(20m) - \lambda_{c1}(2m)] \cdot (\log L - 0,3) =$	0,722	
$\lambda_{c2,3} = 1 + 1/8 \cdot \log[Vol / 25 \cdot 10^6] + 1/8 \cdot \log[N_{years} / 100] =$	1,010	
$\lambda_c = \lambda_{c0} \cdot \lambda_{c1} \cdot \lambda_{c2,3} \cdot \lambda_{c4} =$	0,746	
$\sigma_{cd,max,eq} = \sigma_{c,perm} + \lambda_c (\sigma_{c,max71} - \sigma_{c,perm}) =$	12,348 MPa	
$\sigma_{cd,min,eq} = \sigma_{c,perm} - \lambda_c (\sigma_{c,perm} - \sigma_{c,min,71}) =$	7,119 MPa	
$E_{cd,max,eq} = \sigma_{cd,max,eq} / f_{cd,fat} =$	0,724 MPa	
$E_{cd,min,eq} = \sigma_{cd,min,eq} / f_{cd,fat} =$	0,417 MPa	
$R_{eq} = E_{cd,min,eq} / E_{cd,max,eq} =$	0,577	
$E_{cd,max,eq} + 0,43 \cdot (1 - R_{eq})^{1/2} =$	1,000	
$E_{cd,max,eq} + 0,43 \cdot (1 - R_{eq})^{1/2} < 1,0$	Betón na únavu vyhovuje	

5.9.2.5 Návrh a posúdenie výstuže na V_d

Prierez: š.= 1000mm, hr.= 545mm (uvažovaná je priemerná hr. nosnej konštrukcie)

Návrh: ϕ 12mm, á125x125mm –C35/45

Porušenie tlakovej diagonály:

$$v=0,6 \cdot (1-f_{ck}/250)= \mathbf{0,516}$$

$$V_{Rd,max}=Z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan\theta + \cot\theta)^{-1}= \mathbf{1893,652 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,max} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály}$$

Návr šmykovej výstuže:

$$\alpha= \mathbf{90^\circ}$$

$$A_{sw}=n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2= \mathbf{0,0009048 \text{ m}^2}$$

$$\phi_{st}= \mathbf{12 \text{ mm}}$$

$$s_{min} < \min(A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot Z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha / V_{Ed},$$

$$n_s= \mathbf{8}$$

$$0,75 \cdot d, 400\text{mm})= \mathbf{0,132 \text{ m}}$$

$$s= \mathbf{0,125 \text{ m}}$$

$$\rho_{sw}=A_{sw}/(s \cdot b)= \mathbf{0,007238229}$$

$$\rho_{sw} > \rho_{sw,mir} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

$$\rho_{sw,min}=0,08 \cdot f_{ck}^{1/2}/f_{yk}= \mathbf{0,000946573}$$

$$V_{Ed}= \mathbf{1892,25 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,s}=f_{ywd} \cdot A_{sw}/s \cdot Z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha= \mathbf{1995,195 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu šmykovej výstuže}$$

5.9.3 Posúdenie dosky mostovky– medzi nosníkmi

5.9.3.1 Vnútorne sily

tab. 21 Vnútorne sily rozhodujúce pre posúdenie

Zaťažovací stav		V_{zk}	M_{yk}	γ_F	δ	α	f	ψ_0	V_{zd}	M_{yd}
		[kN]	[kNm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kNm]
g_1	vl. tiaž konštrukcie (generovaná)	1,14	5,00	1,35	-	-	-	-	1,54	6,75
g_2	tiaž dobetónovania rýmsy	0,55	20,06	1,35	-	-	-	-	0,74	27,08
	tiaž kompozitu	0,01	0,17	1,35	-	-	-	-	0,01	0,23
	tiaž zábradlia	0,03	0,49	1,35	-	-	-	-	0,04	0,66
	tiaž izolácie	0,14	0,57	1,35	-	-	-	-	0,19	0,77
	tiaž štrkového lôžka	1,33	5,44	1,35	-	-	-	-	1,80	7,34
	tiaž zvršku	0,06	1,03	1,35	-	-	-	-	0,08	1,39
	pokles podpíer	9,89	4,50	1,35	-	-	-	-	13,35	6,08
	trakcia	17,83	83,03	1,35					24,07	112,09
	Σg_2	29,84	115,29						40,28	155,64
q	zvislé účinky LM71	4,00	34,59	1,45	1,5	1,21	-	-	10,53	91,03
	brzdne a rozjazdové sily LM71	0,01	0,06	1,45	-	1,21	-	-	0,02	0,11
	zvislé účinky SW/0	1,11	12,55	1,45	1,5	1,21	-	-	2,92	33,03
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	0,01	0,07	1,45	-	1,21	-	-	0,02	0,12
	bočné rázy	0,02	1,81	1,45	-	1,21	-	-	0,04	3,18
	zvislé účinky SW/2	95,60	37,39	1,20	1,5	-	-	-	172,08	67,30
	brzdne a rozjazdové sily SW/2	0,01	0,06	1,20	-	-	-	-	0,01	0,07
	bočné rázy	0,02	1,81	1,20	-	-	-	-	0,02	2,17
	revízna lávka	0,20	1,09	1,50	-	-	-	0,8	0,24	1,31
Σq										
w	vietor na mostovku	0,15	2,67	1,50	-	-	-	0,75	0,17	3,00
	vietor na pás pohyblivého zaťaženia	0,47	10,12	1,50	-	-	-	0,75	0,53	11,39
	Σw	0,62	12,79	3,00					0,70	14,39

5.9.3.2 Návrh a posúdenie výstuže na M_d

Prierez: š.= 1000mm, hr.= 400mm (uvažovaná je priemerná hr. nosnej konštrukcie)

Návrh: 7ϕ 22mm/m, á140mm –C35/45

$$c_{nom}= \mathbf{50,00 \text{ mm}}$$

$$d=h-d_1= \mathbf{0,339 \text{ m}}$$

$$d_1=c+0,5 \cdot \phi= \mathbf{61,00 \text{ mm}}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s1,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d) = 0,000564 \text{ m}^2 \quad A_{s1} > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s1,max} = 0,4 \cdot A_c = 0,16 \text{ m}^2 \quad A_{s1} \leq A_{s1,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 33 \text{ mm} \quad b_n < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,452 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$x_B = A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = 0,058 \text{ m}$$

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 0,167 \text{ m} \quad x_B < x_{B,lim} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$z = d - 0,5 \cdot x_B = 0,310 \text{ m} \quad M_{Ed} = 272,35$$

$$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z = 358,455 \text{ kNm} \quad M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ Návrh vyhovuje}$$

5.9.3.3 Kontrola vzniku a šírky trhlín

$$M_{Eqp} = 193,50 \text{ kNm} \quad l_{ir} = 1,202E-03 \text{ m}^4$$

$$M_{Ek} = 179,31 \text{ kNm} \quad x = 0,088 \text{ m} \quad k_t = 0,40$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 5,88 \quad k_1 = 0,8 \quad k_2 = 0,5$$

$$\sigma_{s,max} = \alpha_e \cdot M_{Ek} / l_{ir} \cdot (d-x) = 220,061 \text{ MPa} \quad \sigma_{s,max} \leq 0,8 \cdot f_{yk} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

$$\sigma_{c,max} = M_{Ek} / l_{ir} \cdot x = 13,181 \text{ MPa} \quad \sigma_{c,max} \leq 0,6 \cdot f_{ck} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

$$\sigma_{s,qp} = \alpha_e \cdot M_{Eqp} / l_{ir} \cdot (d-x) = 237,475 \text{ MPa}$$

$$\rho_{s,eff} = A_s / A_{c,eff} = 0,026 \quad h_{c,eff} = 0,104 \text{ m}$$

$$s_s = 5 \cdot (c + \phi / 2) = 0,305 \text{ m} \quad A_{c,eff} = h_{c,eff} \cdot b = 0,104 \text{ m}^2$$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,284 \text{ mm} \quad s_{r,max} = 316,024 \text{ mm}$$

$$w_{lim} = 0,3 \text{ mm} \quad w_k < w_{lim} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

5.9.3.4 Posúdenie na únavu

Posúdenie ocele na únavu:

$$\lambda_{s1} = \lambda_{s1}(2m) + [\lambda_{s1}(20m) - \lambda_{s1}(2m)] \cdot (\log L - 0,3) = 0,758 \quad \alpha_e = E_s / E_{cm} = 5,882$$

$$\lambda_{s2} = (Vol / (25 \cdot 10^6))^{1/k_2} = 1,020 \quad x = 0,088 \text{ m}$$

$$\lambda_{s3} = (N_{years} / 100)^{1/k_2} = 1 \quad l_{ir} = 0,0012015 \text{ m}^4$$

$$\lambda_s = \lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4} = 0,774$$

$$\sigma_{s,max} = \alpha_e \cdot (M_{E,basic} + \phi_3 \cdot M_{LM71}) / l_{ir} \cdot (d-x) = 227,479 \text{ MPa} \quad \gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{s,eq} = 62,457 \text{ MPa}$$

$$\Delta \sigma_{s71} = \alpha_e \cdot M_{LM71} / l_{ir} \cdot (d-x) = 53,823 \text{ MPa} \quad \Delta \sigma_{R,sk} / \gamma_{S,fat} = 141,304 \text{ MPa}$$

$$\Delta \sigma_{s,eq} = \phi_3 \cdot \Delta \sigma_{s71} \cdot \lambda_s = 62,457 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{s,eq} \leq \Delta \sigma_{R,sk} / \gamma_{S,fat} \text{ Oceľ na únavu vyhovuje}$$

Posúdenie betónu na únavu:

$$\sigma_{c,perm} = M_{E,basic} / l_{ir} \cdot x = 8,842 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,max,71} = (M_{E,basic} + \phi_3 \cdot M_{LM71}) / l_{ir} \cdot x = 13,707 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,min,71} = (M_{E,basic} + 0) / l_{ir} \cdot x = 8,842 \text{ MPa}$$

$$f_{cd,fat} = 0,85 \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{ck} / \gamma_c \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 17,057 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{c,0} = 0,94 + 0,2 \cdot \sigma_{c,perm} / f_{cd,fat} = 1,044$$

$$\lambda_{c1} = \lambda_{c1}(2m) + [\lambda_{c1}(20m) - \lambda_{c1}(2m)] \cdot (\log L - 0,3) = 0,722$$

$$\lambda_{c2,3} = 1 + 1/8 \cdot \log[Vol / 25 \cdot 10^6] + 1/8 \cdot \log[N_{years} / 100] = 1,010$$

$$\lambda_c = \lambda_{c0} \cdot \lambda_{c1} \cdot \lambda_{c2,3} \cdot \lambda_{c4} = 0,761$$

$$\sigma_{cd,max,eq} = \sigma_{c,perm} + \lambda_c (\sigma_{c,max71} - \sigma_{c,perm}) = 12,542 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{cd,min,eq} &= \sigma_{c,perm} - \lambda_c (\sigma_{c,perm} - \sigma_{c,min,71}) = & \mathbf{8,842 \text{ MPa}} \\ E_{cd,max,eq} &= \sigma_{cd,max,eq} / f_{cd,fat} = & \mathbf{0,735 \text{ MPa}} \\ E_{cd,min,eq} &= \sigma_{cd,min,eq} / f_{cd,fat} = & \mathbf{0,518 \text{ MPa}} \\ R_{eq} &= E_{cd,min,eq} / E_{cd,max,eq} = & \mathbf{0,705} \\ E_{cd,max,eq} + 0,43 \cdot (1 - R_{eq})^{1/2} &= & \mathbf{0,969} \\ E_{cd,max,eq} + 0,43 \cdot (1 - R_{eq})^{1/2} &< 1,0 & \mathbf{\text{Betón na únavu vyhovuje}}\end{aligned}$$

5.9.4 Posúdenie dosky mostovky – nad nosníkom (v mieste trakčných podpíer)

5.9.4.1 Vnúťorné sily

tab. 22 Vnúťorné sily rozhodujúce pre posúdenie

Zaťažovací stav		V _{zk} [kN]	M _{yk} [kNm]	γ _F [-]	δ [-]	α [-]	f [-]	ψ ₀ [-]	V _{zd} [kN]	M _{yd} [kNm]
g ₁	vl. tiaž konštrukcie (generovaná)	4,94	19,96	1,35	-	-	-	-	6,67	26,95
g ₂	tiaž dobetónovania rímsy	2,33	44,66	1,35	-	-	-	-	3,15	60,29
	tiaž kompozitu	0,06	0,03	1,35	-	-	-	-	0,08	0,04
	tiaž zábradlia	0,11	1,08	1,35	-	-	-	-	0,15	1,46
	tiaž izolácie	0,60	1,91	1,35	-	-	-	-	0,81	2,58
	tiaž štrkového lôžka	5,75	18,17	1,35	-	-	-	-	7,76	24,53
	tiaž zvršku	0,26	1,65	1,35	-	-	-	-	0,35	2,23
	pokles podpíer	54,44	4,84	1,35	-	-	-	-	73,49	6,53
	trakcia	134,88	115,32	1,35					182,09	155,68
	Σ g ₂	198,43	187,66						267,88	253,34
q	zvislé účinky LM71	20,05	47,78	1,45	1,5	1,21	-	-	52,77	125,75
	brzdne a rozjazdové sily LM71	0,05	0,11	1,45	-	1,21	-	-	0,09	0,19
	zvislé účinky SW/0	5,22	4,12	1,45	1,5	1,21	-	-	13,74	10,84
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	0,06	0,13	1,45	-	1,21	-	-	0,11	0,23
	bočné rázy	0,08	2,55	1,45	-	1,21	-	-	0,14	4,47
	zvislé účinky SW/2	17,94	48,77	1,20	1,5	-	-	-	32,29	87,79
	brzdne a rozjazdové sily SW/2	0,06	0,12	1,20	-	-	-	-	0,07	0,14
	bočné rázy	0,08	2,55	1,20	-	-	-	-	0,10	3,06
	revízna lávka	1,09	0,16	1,50	-	-	-	0,8	1,31	0,19
	Σ q									
w	vietor na mostovku	0,60	6,12	1,50	-	-	-	0,75	0,68	6,89
	vietor na pás pohyblivého zaťaženia	2,06	3,83	1,50	-	-	-	0,75	2,32	4,31
	Σ w	2,66	9,95	3,00					2,99	11,19

5.9.4.2 Návrh a posúdenie výstuže na M_a

Prierez: š.= 1000mm, hr.= 400mm (uvažovaná je priemerná hr. nosnej konštrukcie)

Návrh: 12φ 28mm/m, á85mm –C35/45

$$\begin{aligned}c_{nom} &= \mathbf{50,00 \text{ mm}} & d=h-d_1 &= \mathbf{0,336 \text{ m}} \\ d_1 &= c+0,5 \cdot \phi = \mathbf{64,00 \text{ mm}}\end{aligned}$$

Kontrola vystuženia:

$$\begin{aligned}A_{s1,min} &= \max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d) = \mathbf{0,000559 \text{ m}^2} & A_{s1} > A_{s,min} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \\ A_{s1,max} &= 0,4 \cdot A_c = \mathbf{0,16 \text{ m}^2} & A_{s1} \leq A_{s1,max} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}}\end{aligned}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$\begin{aligned}t_s &= \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = \mathbf{42 \text{ mm}} & b_n < b & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \\ b_n &= 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = \mathbf{0,898 \text{ m}}\end{aligned}$$

Posúdenie prierezu:

$$\begin{aligned}x_B &= A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = \mathbf{0,162 \text{ m}} \\ x_{B,lim} &= (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = \mathbf{0,166 \text{ m}} & x_B < x_{B,lim} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \\ z &= d - 0,5 \cdot x_B = \mathbf{0,255 \text{ m}} & M_{Ed} &= \mathbf{382,59}\end{aligned}$$

$$M_{Rd}=x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot Z= \mathbf{819,249 \text{ kNm}}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad \mathbf{Návrh \text{ vyhovuje}}$$

5.9.4.3 Kontrola vzniku a šírky trhlín

$M_{Eqp}=$	304,59 kNm	$l_{ir}=$	2,602E-03 m⁴		
$M_{Ek}=$	283,55 kNm	$x=$	0,133 m	$k_t=$	0,40
$\alpha_e=E_s/E_{cm}=$	5,88	$k_1=$	0,8	$k_2=$	0,5
$\sigma_{s,max}=\alpha_e \cdot M_{Ek}/l_{ir} \cdot (d-x)=$	129,972 MPa			$\sigma_{s,max} \leq 0,8 \cdot f_{yk}$	Podmienka vyhovuje
$\sigma_{c,max}=M_{Ek}/l_{ir} \cdot x=$	14,521 MPa			$\sigma_{c,max} \leq 0,6 \cdot f_{ck}$	Podmienka vyhovuje
$\sigma_{s,qp}=\alpha_e \cdot M_{Eqpk}/l_{ir} \cdot (d-x)=$	139,616 MPa			$h_{c,eff}=$	0,089 m
$\rho_{s,eff}=A_s/A_{c,eff}=$	0,083			$A_{c,eff}=h_{c,eff} \cdot b=$	0,089 m²
$s_s=5 \cdot (c+\phi/2)=$	0,32 m			$s_{r,max}=$	227,280 mm
$w_k=s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm})=$	0,133 mm			$w_k < w_{lim}$	Podmienka vyhovuje
$w_{lim}=$	0,3 mm				

5.9.4.4 Posúdenie na únavu

Posúdenie ocele na únavu:

$\lambda_{s1}=\lambda_{s1}(2m)+[\lambda_{s1}(20m)-\lambda_{s1}(2m)] \cdot (\log L-0,3)=$	0,758	$\alpha_e=E_s/E_{cm}=$	5,882
$\lambda_{s2}=(Vol/(25 \cdot 10^6))^{1/k2}=$	1,020	$x=$	0,133 m
$\lambda_{s3}=(N_{Years}/100)^{1/k2}=$	1	$l_{ir}=$	0,0026019 m⁴
$\lambda_s=\lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4}=$	0,774		
$\sigma_{s,max}=\alpha_e \cdot (M_{E,basic}+\phi_3 \cdot M_{LM71})/l_{ir} \cdot (d-x)=$	130,037 MPa	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{s,eq}=$	26,430 MPa
$\Delta \sigma_{s71}=\alpha_e \cdot M_{LM71}/l_{ir} \cdot (d-x)=$	22,777 MPa	$\Delta \sigma_{R,sk}/\gamma_{S,fat}=$	141,304 MPa
$\Delta \sigma_{s,eq}=\phi_3 \cdot \Delta \sigma_{s71} \cdot \lambda_s=$	26,430 MPa		
$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{s,eq} \leq \Delta \sigma_{R,sk}/\gamma_{S,fat}$	Oceľ na únavu vyhovuje		

Posúdenie betónu na únavu:

$\sigma_{c,perm}=M_{E,basic}/l_{ir} \cdot x=$	10,633 MPa
$\sigma_{c,max,71}=(M_{E,basic}+\phi_3 \cdot M_{LM71})/l_{ir} \cdot x=$	14,422 MPa
$\sigma_{c,min,71}=(M_{E,basic}+0)/l_{ir} \cdot x=$	10,633 MPa
$f_{cd,fat}=0,85 \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{ck}/\gamma_c \cdot (1-f_{ck}/250)=$	17,057 MPa
$\lambda_{c,0}=0,94+0,2 \cdot \sigma_{c,perm}/f_{cd,fat}=$	1,065
$\lambda_{c1}=\lambda_{c1}(2m)+[\lambda_{c1}(20m)-\lambda_{c1}(2m)] \cdot (\log L-0,3)=$	0,722
$\lambda_{c2,3}=1+1/8 \cdot \log[Vol/25 \cdot 10^6]+1/8 \cdot \log[N_{Years}/100]=$	1,010
$\lambda_c=\lambda_{c0} \cdot \lambda_{c1} \cdot \lambda_{c2,3} \cdot \lambda_{c4}=$	0,776
$\sigma_{cd,max,eq}=\sigma_{c,perm}+\lambda_c(\sigma_{c,max71}-\sigma_{c,perm})=$	13,573 MPa
$\sigma_{cd,min,eq}=\sigma_{c,perm}-\lambda_c(\sigma_{c,perm}-\sigma_{c,min,71})=$	10,633 MPa
$E_{cd,max,eq}=\sigma_{cd,max,eq}/f_{cd,fat}=$	0,796 MPa
$E_{cd,min,eq}=\sigma_{cd,min,eq}/f_{cd,fat}=$	0,623 MPa
$R_{eq}=E_{cd,min,eq}/E_{cd,max,eq}=$	0,783
$E_{cd,max,eq}+0,43 \cdot (1-R_{eq})^{1/2}=$	0,996
$E_{cd,max,eq}+0,43 \cdot (1-R_{eq})^{1/2}<1,0$	Betón na únavu vyhovuje

5.9.4.5 Návrh a posúdenie výstuže na V_d

Prierez: $\mathbf{\check{s}.= 1000mm, hr.= 400mm}$ (uvažovaná je priemerná hr. nosnej konštrukcie)
Návrh: $\mathbf{\phi 12mm, \acute{a}200x250mm -C35/45}$

Porušenie tlakovej diagonály:

$$v=0,6 \cdot (1-f_{ck}/250)= \mathbf{0,516}$$

$$V_{Rd,max}=z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan\theta + \cot\theta)^{-1}= \mathbf{1254,335 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,max} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály}$$

Návrh šmykovej výstuže:

$$\alpha= \mathbf{90^\circ}$$

$$A_{sw}=n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2= \mathbf{0,0005655 \text{ m}^2}$$

$$\phi_{st}= \mathbf{12 \text{ mm}}$$

$$s_{min} < \min(A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha / V_{Ed},$$

$$n_s= \mathbf{5}$$

$$0,75 \cdot d, 400\text{mm})= \mathbf{0,251 \text{ m}}$$

$$s= \mathbf{0,25 \text{ m}}$$

$$\rho_{sw}=A_{sw}/(s \cdot b)= \mathbf{0,002261947}$$

$$\rho_{sw} > \rho_{sw,min} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

$$\rho_{sw,min}=0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk}= \mathbf{0,000946573}$$

$$V_{Ed}= \mathbf{331,80 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,s}=f_{ywd} \cdot A_{sw} / s \cdot z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha= \mathbf{332,810 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu šmykovej výstuže}$$

5.9.5 Posúdenie dosky mostovky – nad nosníkom

5.9.5.1 Vnútorne sily

tab. 23 Vnútorne sily rozhodujúce pre posúdenie

Zaťažovací stav		V _{zk} [kN]	M _{yk} [kNm]	γ _F [-]	δ [-]	α [-]	f [-]	ψ ₀ [-]	V _{zd} [kN]	M _{yd} [kNm]
g ₁	vl. tiaž konštrukcie (generovaná)	4,94	19,96	1,35	-	-	-	-	6,67	26,95
g ₂	tiaž dobetónovania rímsy	2,33	44,66	1,35	-	-	-	-	3,15	60,29
	tiaž kompozitu	0,06	0,03	1,35	-	-	-	-	0,08	0,04
	tiaž zábradlia	0,11	1,08	1,35	-	-	-	-	0,15	1,46
	tiaž izolácie	0,60	1,91	1,35	-	-	-	-	0,81	2,58
	tiaž štrkového lôžka	5,75	18,17	1,35	-	-	-	-	7,76	24,53
	tiaž zvršku	0,26	1,65	1,35	-	-	-	-	0,35	2,23
	pokles podpier	54,44	4,84	1,35	-	-	-	-	73,49	6,53
	trakcia	134,88	37,10	1,35					182,09	50,09
	Σ g ₂	198,43	109,44						267,88	147,74
q	zvislé účinky LM71	20,05	39,19	1,45	1,5	1,21	-	-	52,77	103,14
	brzdne a rozjazdové sily LM71	0,05	0,11	1,45	-	1,21	-	-	0,09	0,19
	zvislé účinky SW/0	5,22	4,12	1,45	1,5	1,21	-	-	13,74	10,84
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	0,06	0,13	1,45	-	1,21	-	-	0,11	0,23
	bočné rázy	0,08	2,55	1,45	-	1,21	-	-	0,14	4,47
	zvislé účinky SW/2	17,94	48,77	1,20	1,5	-	-	-	32,29	87,79
	brzdne a rozjazdové sily SW/2	0,06	0,12	1,20	-	-	-	-	0,07	0,14
	bočné rázy	0,08	2,55	1,20	-	-	-	-	0,10	3,06
	revízna lávka	1,09	0,16	1,50	-	-	-	0,8	1,31	0,19
	Σ q									
w	vietor na mostovku	0,60	6,12	1,50	-	-	-	0,75	0,68	6,89
	vietor na pás pohyblivého zaťaženia	2,06	3,83	1,50	-	-	-	0,75	2,32	4,31
	Σ w	2,66	9,95	3,00					2,99	11,19

5.9.5.2 Návrh a posúdenie výstuže na M_d

Prierez: š.= 1000mm, hr.= 400mm (uvažovaná je priemerná hr. nosnej konštrukcie)

Návrh: 8φ 22mm/m, á125mm –C35/45

$$c_{nom}= \mathbf{50,00 \text{ mm}} \quad d=h-d_1= \mathbf{0,339 \text{ m}}$$

$$d_1=c+0,5 \cdot \phi= \mathbf{61,00 \text{ mm}}$$

Kontrola výstuženia:

$$A_{s1,min}=\max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d)= \mathbf{0,000564 \text{ m}^2}$$

$$A_{s1} > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s1,max}=0,4 \cdot A_c= \mathbf{0,16 \text{ m}^2}$$

$$A_{s1} \leq A_{s1,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{\max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 33 \text{ mm} \quad b_n < b \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{\text{nom}} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,507 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$x_B = A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = 0,067 \text{ m}$$

$$x_{B, \text{lim}} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 0,167 \text{ m} \quad x_B < x_{B, \text{lim}} \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

$$z = d - 0,5 \cdot x_B = 0,306 \text{ m} \quad M_{Ed} = 316,39$$

$$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z = 404,153 \text{ kNm} \quad M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

5.9.5.3 Kontrola vzniku a šírky trhlín

Kontrola vzniku a šírky trhlín:

$$M_{Eqp} = 226,36 \text{ kNm} \quad l_{ir} = 1,337E-03 \text{ m}^4$$

$$M_{Ek} = 205,33 \text{ kNm} \quad x = 0,093 \text{ m} \quad k_1 = 0,8 \quad k_2 = 0,5$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 5,88$$

$$\sigma_{s, \max} = \alpha_e \cdot M_{Ek} / l_{ir} \cdot (d - x) = 221,752 \text{ MPa} \quad \sigma_{s, \max} \leq 0,8 \cdot f_{yk} \quad \text{Podmienka vyhovuje}$$

$$\sigma_{c, \max} = M_{Ek} / l_{ir} \cdot x = 14,345 \text{ MPa} \quad \sigma_{c, \max} \leq 0,6 \cdot f_{ck} \quad \text{Podmienka vyhovuje}$$

$$\sigma_{s, qp} = \alpha_e \cdot M_{Eqp} / l_{ir} \cdot (d - x) = 244,464 \text{ MPa} \quad h_{c, \text{eff}} = 0,102 \text{ m}$$

$$\rho_{s, \text{eff}} = A_s / A_{c, \text{eff}} = 0,030 \quad A_{c, \text{eff}} = h_{c, \text{eff}} \cdot b = 0,102 \text{ m}^2$$

$$s_s = 5 \cdot (c + \phi / 2) = 0,305 \text{ m} \quad s_{r, \max} = 295,671 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r, \max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0,287 \text{ mm} \quad w_k < w_{\text{lim}} \quad \text{Podmienka vyhovuje}$$

$$w_{\text{lim}} = 0,3 \text{ mm}$$

5.9.5.4 Posúdenie na únavu

Posúdenie ocele na únavu:

$$\lambda_{s1} = \lambda_{s1}(2\text{m}) + [\lambda_{s1}(20\text{m}) - \lambda_{s1}(2\text{m})] \cdot (\log L - 0,3) = 0,758 \quad \alpha_e = E_s / E_{cm} = 5,882$$

$$\lambda_{s2} = (\text{Vol} / (25 \cdot 10^6))^{1/k_2} = 1,020 \quad x = 0,093 \text{ m}$$

$$\lambda_{s3} = (N_{\text{years}} / 100)^{1/k_2} = 1 \quad l_{ir} = 0,0013375 \text{ m}^4$$

$$\lambda_s = \lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4} = 0,774$$

$$\sigma_{s, \max} = \alpha_e \cdot (M_{E, \text{basic}} + \phi_B \cdot M_{LM71}) / l_{ir} \cdot (d - x) = 204,482 \text{ MPa} \quad \gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta \sigma_{s, \text{equ}} = 50,738 \text{ MPa}$$

$$\Delta \sigma_{s71} = \alpha_e \cdot M_{LM71} / l_{ir} \cdot (d - x) = 43,724 \text{ MPa} \quad \Delta \sigma_{R, sk} / \gamma_{S, \text{fat}} = 141,304 \text{ MPa}$$

$$\Delta \sigma_{s, \text{equ}} = \phi_B \cdot \Delta \sigma_{s71} \cdot \lambda_s = 50,738 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{F, \text{fat}} \cdot \Delta \sigma_{s, \text{equ}} \leq \Delta \sigma_{R, sk} / \gamma_{S, \text{fat}} \quad \text{Oceľ na únavu vyhovuje}$$

Posúdenie betónu na únavu:

$$\sigma_{c, \text{perm}} = M_{E, \text{basic}} / l_{ir} \cdot x = 9,041 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c, \max, 71} = (M_{E, \text{basic}} + \phi_B \cdot M_{LM71}) / l_{ir} \cdot x = 13,309 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c, \min, 71} = (M_{E, \text{basic}} + 0) / l_{ir} \cdot x = 9,041 \text{ MPa}$$

$$f_{cd, \text{fat}} = 0,85 \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{ck} / \gamma_c \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 17,057 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{c, 0} = 0,94 + 0,2 \cdot \sigma_{c, \text{perm}} / f_{cd, \text{fat}} = 1,046$$

$$\lambda_{c1} = \lambda_{c1}(2\text{m}) + [\lambda_{c1}(20\text{m}) - \lambda_{c1}(2\text{m})] \cdot (\log L - 0,3) = 0,722$$

$$\lambda_{c2, 3} = 1 + 1/8 \cdot \log[\text{Vol} / 25 \cdot 10^6] + 1/8 \cdot \log[N_{\text{years}} / 100] = 1,010$$

$$\lambda_c = \lambda_{c0} \cdot \lambda_{c1} \cdot \lambda_{c2, 3} \cdot \lambda_{c4} = 0,762$$

$$\sigma_{cd, \max, \text{equ}} = \sigma_{c, \text{perm}} + \lambda_c (\sigma_{c, \max 71} - \sigma_{c, \text{perm}}) = 12,295 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd, \min, \text{equ}} = \sigma_{c, \text{perm}} - \lambda_c (\sigma_{c, \text{perm}} - \sigma_{c, \min 71}) = 9,041 \text{ MPa}$$

$$E_{cd, \max, \text{equ}} = \sigma_{cd, \max, \text{equ}} / f_{cd, \text{fat}} = 0,721 \text{ MPa}$$

$$E_{cd,min,eq} = \sigma_{cd,min,eq} / f_{cd,at} = 0,530 \text{ MPa}$$

$$R_{eq} = E_{cd,min,eq} / E_{cd,max,eq} = 0,735$$

$$E_{cd,max,eq} + 0,43 \cdot (1 - R_{eq})^{1/2} = 0,942$$

$$E_{cd,max,eq} + 0,43 \cdot (1 - R_{eq})^{1/2} < 1,0 \text{ Betón na únavu vyhovuje}$$

5.9.5.5 Návrh a posúdenie výstuže na V_d

Prierez: $\bar{s} = 1000 \text{ mm}$, $h_r = 400 \text{ mm}$ (uvažovaná je priemerná hr. nosnej konštrukcie)

Návrh: $\phi 12 \text{ mm}$, $\bar{a} 200 \times 250 \text{ mm} - C35/45$

Porušenie tlakovej diagonály:

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 0,516$$

$$V_{Rd,max} = z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan \theta + \cot \theta)^{-1} = 1503,509 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje - nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály}$$

Návr šmykovej výstuže:

$$\alpha = 90^\circ \quad A_{sw} = n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2 = 0,0005655 \text{ m}^2$$

$$\phi_{st} = 12 \text{ mm} \quad s_{min} < \min(A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha / V_{Ed},$$

$$n_s = 5 \quad 0,75 \cdot d, 400 \text{ mm}) = 0,253 \text{ m}$$

$$s = 0,25 \text{ m}$$

$$\rho_{sw} = A_{sw} / (s \cdot b) = 0,002261947$$

$$\rho_{sw} > \rho_{sw,mir} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

$$\rho_{sw,min} = 0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk} = 0,000946573$$

$$V_{Ed} = 331,80 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} = f_{ywd} \cdot A_{sw} / s \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha = 398,923 \text{ kN}$$

5.10 Návrh a posúdenie výstuže rímsy

5.10.1 Zaťaženie a vnútorné sily

Kritický prierez ako aj zaťaženie pôsobiace na ŽB rímsu je znázornené na obr. 14. Zaťaženie určíme na pás rímsy šírky 1 m .

Rozhodujúcim prierezom na posúdenie je prierez vzdialený 645 mm od hornej hrany rímsy. Rímša je tu široká 350 mm a v mieste trakčných stožiarov 1200 mm .

5.10.1.1 Zaťaženie stále

tiaž rímsy

$$G_1 = A_{rímsy,1.25} = 0,443 \cdot 25 = 11,075 \text{ kN/m}$$

$$G_2 = A_{rímsy,1.25} = 1,460 \cdot 25 = 36,5 \text{ kN/m}$$

Zaťaženie pôsobí zvislo, približne v ťažisku prierezu.

5.10.1.2 Zaťaženie premenné dlhodobé

Zaťaženie trakčným stožiarom

Zaťaženie trakčným stožiarom je uvažované 3700 mm od osi koľaje a vždy v osi uloženia na vnútorných pilieroch. Je uvažované po oboch stranách nosnej konštrukcie.

Sily pôsobiace na trakčnú zostavu jedného stĺpa v kotvení:

$$M_z = 120 \text{ kNm}$$

$$F_z = 15 \text{ kN}$$

5.10.1.3 Zaťaženie premenné krátkodobé

zaťaženie prenášajúce sa lôžkom – Predpokladáme, že toto vodorovné zaťaženie sa do rímsy preniesie v sklone $4:1$. Pri rímse už h_e je možné pokladať za rovnomerné, teda jeho výslednica pôsobí na excentricite $0,330 \text{ m}$ od povrchu štrkového lôžka.

Kontrola vystuženia:

$$A_{s1,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d) = 0,000489 \text{ m}^2 \quad A_{s1} > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s1,max} = 0,4 \cdot A_c = 0,14 \text{ m}^2 \quad A_{s1} \leq A_{s1,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 27 \text{ mm} \quad b_n < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,307 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$x_B = A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = 0,015 \text{ m}$$

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 0,145 \text{ m} \quad x_B < x_{B,lim} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$z = d - 0,5 \cdot x_B = 0,287 \text{ m} \quad M_{Ed} = 62,42$$

$$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z = 84,546 \text{ kNm} \quad M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ Návrh vyhovuje}$$

5.10.3 Návrh a posúdenie výstuže na $V_{d,1}$

Prierez: š. = 1000mm, hr. = 350mm

Návrh: ϕ 8mm, á200x250mm –C35/45

Porušenie tlakovej diagonály:

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 0,516$$

$$V_{Rd,max} = z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan \theta + \cot \theta)^{-1} = 1294,700 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje - nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály}$$

Návr šmykovej výstuže:

$$\alpha = 90^\circ \quad A_{sw} = n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2 = 0,0005655 \text{ m}^2$$

$$\phi_{st} = 12 \text{ mm} \quad s_{min} < \min(A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha / V_{Ed},$$

$$n_s = 5 \quad 0,75 \cdot d, 400\text{mm}) = 0,221 \text{ m}$$

$$s = 0,25 \text{ m}$$

$$\rho_{sw} = A_{sw} / (s \cdot b) = 0,002261947 \quad \rho_{sw} > \rho_{sw,mir} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

$$\rho_{sw,min} = 0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk} = 0,000946573 \quad V_{Ed} = 94,62 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} = f_{yd} \cdot A_{sw} / s \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha = 469,029 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje - nedôjde k porušeniu šmykovej výstuže}$$

5.10.4 Návrh a posúdenie výstuže na $M_{d,2}$

Prierez: š. = 1000mm, hr. = 1200mm

Návrh: 6 ϕ 12mm/m, á165mm –C35/45

$$c_{nom} = 50,00 \text{ mm} \quad d = h - d_1 = 1,144 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi = 56,00 \text{ mm}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 27 \text{ mm} \quad b_n < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,307 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$x_B = A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = 0,015 \text{ m}$$

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 0,565 \text{ m} \quad x_B < x_{B,lim} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$z = d - 0,5 \cdot x_B = 1,137 \text{ m} \quad M_{Ed} = 224,42$$

$$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z = 335,327 \text{ kNm} \quad M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ Návrh vyhovuje}$$

5.10.5 Návrh a posúdenie výstuže na $V_{d,1}$

Prierez: š. = 1000mm, hr. = 1200mm

Návrh: ϕ 8mm, á200x250mm –C35/45

Porušenie tlakovej diagonály:

$$v=0,6 \cdot (1-f_{ck}/250)= \mathbf{0,516}$$

$$V_{Rd,max}=Z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan\theta + \cotg\theta)^{-1}= \mathbf{5135,036 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,max} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály}$$

Návr šmykovej výstuže:

$$\alpha= \mathbf{90^\circ} \quad A_{sw}=n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2= \mathbf{0,0005655 \text{ m}^2}$$

$$\phi_{st}= \mathbf{12 \text{ mm}} \quad s_{min} < \min(A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot Z \cdot (\cotg\theta + \cotg\alpha) \sin\alpha / V_{Ed},$$

$$n_s= \mathbf{5} \quad 0,75 \cdot d, 400\text{mm})= \mathbf{0,400 \text{ m}}$$

$$s= \mathbf{0,25 \text{ m}}$$

$$\rho_{sw}=A_{sw}/(s \cdot b)= 0,002261947$$

$$\rho_{sw} > \rho_{sw,mir} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

$$\rho_{sw,min}=0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk}= 0,000946573$$

$$V_{Ed}= \mathbf{114,87 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,s}=f_{ywd} \cdot A_{sw} / s \cdot Z \cdot (\cotg\theta + \cotg\alpha) \cdot \sin\alpha= \mathbf{1860,261 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu šmykovej výstuže}$$

6. Ložiská

6.1 Zaťaženie ložísk

Zo statického výpočtu sme dostali tieto maximálne návrhové reakcie na jedno ložisko:

1. Krajná opora (pevné uloženie)

návrhové hodnoty

v zmysle EN

$$R_{zd,min}= 855,86\text{kN}$$

$$R_{zd,max}= 4747,79\text{kN}$$

$$R_{yd,max}= 702,89\text{kN}$$

$$R_{xd,max}= 3682,62\text{kN}$$

charakteristické

(normové) hodnoty

$$R_{zk,min}= 633,97\text{kN}$$

$$R_{zk,max}= 3389,16\text{kN}$$

$$R_{yk,max}= 472,41\text{kN}$$

$$R_{xk,max}= 2548,48\text{kN}$$

2. Krajná opora

návrhové hodnoty

v zmysle EN

$$R_{zd,min}= 855,86\text{kN}$$

$$R_{zd,max}= 4747,79\text{kN}$$

$$R_{yd,max}= 702,89\text{kN}$$

charakteristické

(normové) hodnoty

$$R_{zk,min}= 633,97\text{kN}$$

$$R_{zk,max}= 3389,16\text{kN}$$

$$R_{yk,max}= 472,41\text{kN}$$

3. Vnútorne piliere

návrhové hodnoty

v zmysle EN

$$R_{zd,min}= 2615,3\text{kN}$$

$$R_{zd,max}= 15494,61\text{kN}$$

$$R_{yd,max}= 1155,36\text{kN}$$

charakteristické

(normové) hodnoty

$$R_{zk,min}= 1937,26\text{kN}$$

$$R_{zk,max}= 11173,93\text{kN}$$

$$R_{yk,max}= 779,86\text{kN}$$

6.2 Výpočet dilatácií

Dilatácia vplyvom priehybu

$$\Delta L_x= 7,068\text{mm}$$

Dilatácia vplyvom zmeny teploty konštrukcie

$$t_{max}= 45^\circ\text{C} \quad \text{maximálna teplota}$$

$$t_{min}= -35^\circ\text{C} \quad \text{minimálna teplota}$$

$$t_{mont}= 10^\circ\text{C} \quad \text{základná montážna teplota}$$

$$\Delta t= t_{max} - t_{min}= 45 - 10= 35^\circ\text{C}$$

Dĺžka pre dilatačné pohyby pri opore č.1: $L_{aF} = 0,80 + 31,5.2 + 40,0 .2 = 143,8\text{m}$

Predĺženie: $\Delta L_t = \Delta_T . \alpha_T . L = 35.1,2.10^{-5} . 143,8 = 60,40\text{mm}$

Skrátenie: $\Delta L_t = \Delta_T . \alpha_T . L = 45.1,2.10^{-5} . 143,8 = 77,65\text{mm}$

Dĺžka pre dilatačné pohyby pri piliery P4: $L_{Fb} = 0,8\text{m}$

Predĺženie: $\Delta L_t = \Delta_T . \alpha_T . L = 35.1,2.10^{-5} . 0,8 = 0,34\text{mm}$

Skrátenie: $\Delta L_t = \Delta_T . \alpha_T . L = 45.1,2.10^{-5} . 0,8 = 0,43\text{mm}$

Dilatácia vplyvom trenia konštrukcie:

1. Krajné opory

$h = 180\text{mm}$ – predpokladaná výška ložiska

$\mu = 0,02$

$T = R_z . \mu = 4747,79 . 0,02 = 94,956\text{kN}$

$\Delta L_{tr} = T . (h/R_z) = 94,956 . (180/4747,79) = 3,6\text{mm}$

2. Vnútorne piliere

$h = 240\text{mm}$ – predpokladaná výška ložiska

$\mu = 0,02$

$T = R_z . \mu = 15494,36 . 0,02 = 309,887\text{kN}$

$\Delta L_{tr} = T . (h/R_z) = 309,887 . (240/15494,36) = 4,8\text{mm}$

Návrhové predĺženie:

- pri opore č.1 $\Delta L = \Delta L_x + \Delta L_T + 3 . \Delta L_{tr1} + \Delta L_{tr2} = 7,068 + 60,40 + 3 . 4,8 + 3,6 = 85,468\text{mm}$

- pri piliery P4 $\Delta L = \Delta L_T = 0,34\text{mm}$

Návrhové skrátenie:

- pri opore č.1 $\Delta L = \Delta L_T + 3 . \Delta L_{tr1} + \Delta L_{tr2} = 77,65 + 3 . 4,8 + 3,6 = 95,65\text{mm}$

- pri piliery P4 $\Delta L = \Delta L_T = 0,43\text{mm}$

Vzhľadom na pomerne veľké vodorovné sily musia byť ložiska výrobné atypické.

6.3 Návrh a rozmiestnenie ložísk

Na moste sú navrhnuté hrncové ložiská. Vzhľadom na pomerne veľké vodorovné sily musia byť však výrobné atypické. Požiadavky na ložiská sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Rozmiestnenie ložísk je uvedené vo výkresovej dokumentácii.

tab. 24 Požiadavky kladené na ložiská

Návrhové (výpočtové) hodnoty od kombinácií podľa EN								
Podpera	Označenie ložísk	Reakcie v [kN]				Def. vzťahnuté k ref. teplote +10 °C		
		Pozdĺž mosta	Priečne	Zvislé		Posuny v [mm]		Pootočenie v [mrad]
		R _{x,max}	R _{y,max}	R _{z,max}	R _{z,min}	u _{x,max}	u _{y,max}	f _{y,max}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[mrad]
O1	TGe 5000 (atyp R _y)	-	702,89	4747,79	855,86	+85,1 (-95,2)	-	3,22
	TGa 5000	-	-	4747,79	855,86	+85,1 (-95,2)	±1,5	3,22
P1	TGe 16000	-	1155,36	15494,61	2615,3	+66,5 (-80,6)	-	2,8
	TGa 16000	-	-	15494,61	2615,3	+66,5 (-80,6)	±1,5	2,8
P2	TGe 16000	-	1155,36	15494,61	2615,3	+43,2 (-48,2)	-	3,1
	TGa 16000	-	-	15494,61	2615,3	+43,2 (-48,2)	±1,5	3,1
P3	TGe 16000	-	1155,36	15494,61	2615,3	+19,8 (21,8)	-	2,8
	TGa 16000	-	-	15494,61	2615,3	+19,8 (21,8)	±1,5	2,8
P4	TF 5000 (atyp R _{x,y})	3682,62	702,89	4747,79	855,86	-	-	3,22
	TGeq 5000 (atyp R _x)	3682,62	-	4747,87	855,86	-	±1,5	3,22
Charakteristické (normové) hodnoty od kombinácií podľa EN								
Podpera	Označenie ložísk	Reakcie v [kN]				Def. vzťahnuté k ref. teplote +10 °C		
		Pozdĺž mosta	Priečne	Zvislé		Posuny v [mm]		Pootočenie v [mrad]
		R _{x,max}	R _{y,max}	R _{z,max}	R _{z,min}	u _{x,max}	u _{y,max}	f _{y,max}
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[mrad]
O1	TGe 5000 (atyp R _y)	-	472,41	3389,16	633,97	+60,8 (-68,0)	-	2,3
	TGa 5000	-	-	3389,16	633,97	+60,8 (-68,0)	±1,07	2,3
P1	TGe 16000	-	779,86	11173,93	1937,26	+47,5 (-57,6)	-	2,0
	TGa 16000	-	-	11173,93	1937,26	+47,5 (-57,6)	±1,07	2,0
P2	TGe 16000	-	779,86	11173,93	1937,26	+30,9 (-34,4)	-	2,2
	TGa 16000	-	-	11173,93	1937,26	+30,9 (-34,4)	±1,07	2,2
P3	TGe 16000	-	779,86	11173,93	1937,26	+14,1 (-15,6)	-	2,0
	TGa 16000	-	-	11173,93	1937,26	+14,1 (-15,6)	±1,07	2,0
P4	TF 5000 (atyp R _{x,y})	2548,48	472,41	3389,16	633,97	-	-	2,3
	TGeq 5000 (atyp R _x)	2548,48	-	3389,16	633,97	-	±1,07	2,3

6.4 Posúdenie kotvenia ložísk

Počítame s úložnými doskami pod a nad ložiskom z materiálu S355 priemernej hrúbky :

35mm pre ložiská nad krajnými oporami

45mm pre ložiská nad vnútornými piliermi

Návrhy kotvenia sú zosumarizované na konci tohto odseku.

6.4.1 Privarenie ložísk o úložné dosky

Pre privarenie ložísk a úložné dosky navrhujeme kútový zvar (prípadne adekvátny tupý zvar) účinnej výšky: $a=12\text{mm}$

Minimálna únosnosť jedného metra takéto zvaru je:

$$F_{w,Rd,bm} = f_{w,Rd} \cdot a \cdot 1,0 = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot a \cdot 1,0 = \frac{510000}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} \cdot 0,012 \cdot 1,0 = 3140,786\text{kN}$$

6.4.2 Uchytenie o dolné pásnice trámov

Uchytenie ložísk na dolné pásnice trámov navrhujeme pomocou skrutiek M30-10.9 v odstupoch po 100mm a min. 50mm od okrajov.

$$\text{strih} \quad F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 1000 \cdot 10^3 \cdot 561 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 269,28 \text{ kN}$$

$$\text{otlačenie (35mm)} \quad F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}} = \frac{2,5 \cdot 0,5 \cdot 510 \cdot 10^3 \cdot 0,03 \cdot 0,035}{1,25} = 535,5 \text{ kN}$$

$$\text{otlačenie (45mm)} \quad F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}} = \frac{2,5 \cdot 0,5 \cdot 510 \cdot 10^3 \cdot 0,03 \cdot 0,045}{1,25} = 688,5 \text{ kN}$$

Uvažujeme tiež trenie v styku ocel'-ocel' podľa STN EN 1993-2 $\mu=0,4$ so súčiniteľom spoľahlivosti $\gamma_\mu=2,0$.

6.4.3 Kotvenie do úložných prahov

Do úložných prahov sú ložiská kotvené osadením úložných dosiek na plastmaltu, pričom trenie v tomto styku uvažujeme bezpečne ako v styku ocel'-betón podľa STN EN 1993-2 $\mu=0,6$ so súčiniteľom spoľahlivosti $\gamma_\mu=1,2$. Zvyšok vodorovných síl prisúdime zarážkam z rúr osadených v kapsách úložného prahu zaliatych plasmaltou. Zarážky sú z rúr 152x20mm z ocele S355 a privarené budú tupým 1/2V zvarom na plnú hrúbku teda 20mm. Únosnosť jednej takej zarážky je daná výrazom:

$$\text{šmyk} \quad V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,rury} \cdot f_{ub}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{5,2967 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 1085,6 \text{ kN}$$

Návrh spojovacích prostriedkov pre ložiská

Podpera	Označenie ložísk	Vodorovné reakcie + možné trenie na teflone s $\mu=0,04$				Sila F	Zvar okolo ložiska				Skrutky M30-10.9			Zarážky RO 152.4x20		
		$R_{x,max}$	$R_{y,max}$	$R_{z,max}$	$R_{z,min}$		únosnosť bm	min. dĺžka	Skutočná dĺ. zvaru		F mínus trenie s $\mu_d=0,2$	únosnosť lks	min. počet skrutiek	F mínus trenie s $\mu_d=0,5$	únosnosť lks	min. počet zarážok
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]		[kN]	[m]	dolný	homý	[kN]	[kN]	[ks]	[kN]	[ks]	
O1	TGe 5000 (atyp R_x)	189,91	702,89	4747,79	855,86	892,80	2617,32 (a=10mm)	0,341	1,48	2,46	721,63	215,4	4	464,87	1085,1	1
	TGa 5000	189,91	189,91	4747,79	855,86	379,82		0,145	1,38	2,36	208,65		1	0,00		0
P1	TGe 16000	619,78	1155,36	15494,61	2615,3	1775,14		0,678	2,45	3,7	1252,08		6	467,49		1
	TGa 16000	619,78	619,78	15494,61	2615,3	1239,57		0,474	2,41	3,68	716,51		4	0,00		0
P2	TGe 16000	619,78	1155,36	15494,61	2615,3	1775,14		0,678	2,45	3,7	1252,08		6	467,49		1
	TGa 16000	619,78	619,78	15494,61	2615,3	1239,57		0,474	2,41	3,68	716,51		4	0,00		0
P3	TGe 16000	619,78	1155,36	15494,61	2615,3	1775,14		0,678	2,45	3,7	1252,08		6	467,49		1
	TGa 16000	619,78	619,78	15494,61	2615,3	1239,57		0,474	2,41	3,68	716,51		4	0,00		0
P4	TF 5000 (atyp R_{xy})	3682,62	702,89	4747,79	855,86	4385,51		1,676	2,45	3,7	4214,34		20	3957,58		4
	TGeq 5000 (atyp R_x)	3682,62	189,91	4747,79	855,86	3872,53		1,48	1,48	2,46	3701,36		18	3444,60		4

7. Statický výpočet spodnej stavby

7.1 Charakteristiky materiálov

Betón

C30/37

charakteristická valcová pevnosť v tlaku $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

súčiniteľ spoľahlivosti materiálu $\gamma_{M0} = 1,5$

28-dňový modul pružnosti $E_{cm} = 32\,000 \text{ MPa}$

Výstuž

B 500B (10 505)

modul pružnosti $E_s = 200 \text{ GPa}$

charakteristická medza klzu $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

tab. 25 Materiály použité vo výpočtovom modeli

Názov	Typ	Merná hmotnosť [kg/m ³]	E modul [MPa]	Poissonov súčiniteľ	G modul [MPa]	Tepelná rozťažnosť [m/mK]	Poznámka
C30/37	Betón	2500,0	32000	0,2	14208,0	0,0	Spodná stavba
B 500B	Oceľ	7850,0	200000,0	0,3	83333,3	0,0	Spodná stavba

7.2 Krajná opora „O1“

Vnútorne sily na oporu sú získané riešením doskového modelu s pozdĺžnymi rebrami s uvažovaním aj konzolových zakončení dosky za teoretické osi uloženia.

7.2.1 Posúdenie úložného prahu

Nosná konštrukcia úložného prahu je navrhnutá z betónu C30/37.

7.2.1.1 Odolnosť voči sústredenej sile (ložisko – ložiskový blok)

$$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot (A_{c1}/A_{c0})^{0,5} = 12,600 \text{ MN}$$

$$3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0} = 29,400 \text{ MN}$$

$$F_{Rdu} \leq 3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0}$$

Podmienka vyhovuje

$$F_{Rdu} \geq F_{Ed} \text{ Vyhovuje}$$

7.2.1.2 Odolnosť voči sústredenej sile (ložiskový blok – úložný prah)

$$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot (A_{c1}/A_{c0})^{0,5} = 43,200 \text{ MN}$$

$$3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0} = 48,600 \text{ MN}$$

$$F_{Rdu} \leq 3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0}$$

Podmienka vyhovuje

$$F_{Rdu} \geq F_{Ed} \text{ Vyhovuje}$$

7.2.1.3 Posúdenie ušmyknutia voľného okraja

$$A_{s,x,y,rqd} = (F_{Ed}/f_{yd}) \cdot 0,5 = 0,005390 \text{ m}^2 \Rightarrow$$

$$A_{s1} = 0,006283 \text{ m}^2$$

$$\text{počet výstuží } n = 20 \text{ ks}$$

$$\text{priemer výstuže } \phi = 20 \text{ mm}$$

$$A_{s,req} \leq A_{s1} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

7.2.1.4 Ťahové napätia z priečného rozptylu tlaku

$$T_{Ed,x} = F_{Ed} \cdot 0,25 \cdot (d_2 - d_1)/d_2 = 732,405 \text{ kN}$$

$$A_{s,x,rqd} = T_{Ed,x}/f_{yd} = 0,001685 \text{ m}^2 \Rightarrow$$

$$A_{s1} = 0,003142 \text{ m}^2$$

$$\text{počet výstuží } n = 10 \text{ ks}$$

$$\text{priemer výstuže } \phi = 20 \text{ mm}$$

$$T_{Ed,y} = F_{Ed} \cdot 0,25 \cdot (b_2 - b_1) / b_2 = \mathbf{732,405 \text{ kN}}$$

$$A_{s,y,rqd} = T_{Ed,y} / f_{yd} = \mathbf{0,001685 \text{ m}^2} \Rightarrow A_{s1} = \mathbf{0,003142 \text{ m}^2}$$

počet výstuží $n = \mathbf{10 \text{ ks}}$
 priemer výstuže $\phi = \mathbf{20 \text{ mm}}$

7.2.2 Posúdenie opory

Gravitačná opora bola posudzovaná na 1m šírky opory. Celková šírka opory bola 10,9m. Konštrukcia základu a drieku bude z betónu C30/37 a konštrukcia úložného prahu z betónu C30/37. Predpokladá sa, že opora bude uložená na vrstve podkladového betónu hr. 200mm. Zásypový materiál bude zo zeminy typu G1, zhutnenej na úroveň potrebnú pre vedenie železničnej trate podľa príslušných predpisov.

7.2.2.1 Posúdenie opory O1

Geometrie konštrukcie

Číslo	Poradnica X [m]	Hĺbka Z [m]
1	0.00	0.00
2	0.00	3.65
3	0.00	3.75
4	1.00	3.75
5	1.00	8.05
6	2.60	8.05
7	2.60	10.05
8	-4.80	10.05
9	-4.80	8.05
10	-3.80	8.05
11	-3.80	3.65
12	-1.35	3.65
13	-1.35	0.00

Počiatok [0,0] je v najhornejšom pravom bode múra.

Plocha rezu múra = 40.75 m².

Délka mostní opěry = 10.90 m

Délka základu opěry = 10.90 m

Křídla opěry - zavěšená symetrická

Tloušťka křídla = 1.50 m

Délka křídla za závěr. zídou = 8.35 m

Výška křídla = 6.06 m

Vzdál. oříznutí křídla od z.z. = 2.60 m

Hloubka oříznutí křídla = 6.67 m

Stupně základu

Číslo	Tloušťka t [m]	Přední výst. a ₁ [m]	Zadní výst. a ₂ [m]
1	0.20	0.20	0.20

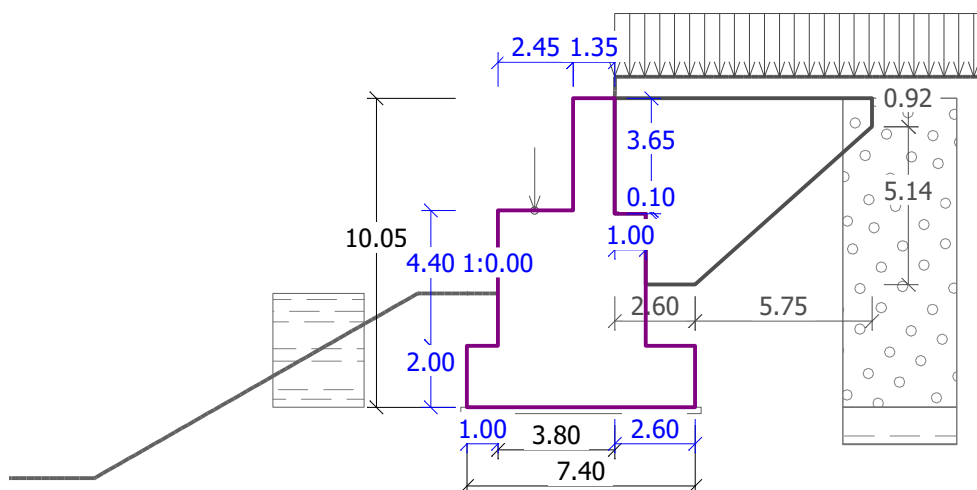
Materiál konštrukcie

Objemová tiaž $\gamma = 23.00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betónových konštrukcií je podle normy EN 1992 1-1 (EC2).

Betón : C 30/37

Oceľ pozdĺžna : B500



obr. 15 Geometrická schéma opory O1

Parametre zemín

R5-R4

Objemová tiaž : $\gamma = 20,40 \text{ kN/m}^3$
 Napätosť : efektívny
 Uhol vnútorného trenia : $\varphi_{\text{ef}} = 18,50^\circ$
 Súdržnosť zeminy : $c_{\text{ef}} = 21,00 \text{ kPa}$
 Trecí uhol konštr.-zemina : $\delta = 6,20^\circ$
 Zemina : súdržná
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,25$
 Obj. tiaž sat.zeminy : $\gamma_{\text{sat}} = 20,40 \text{ kN/m}^3$

Trecí uhol konštr.-zemina : $\delta = 9,30^\circ$
 Zemina : súdržná
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,25$
 Obj. tiaž sat.zeminy : $\gamma_{\text{sat}} = 21,10 \text{ kN/m}^3$

Trieda G1, ulehlá

Objemová tiaž : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Napätosť : efektívny
 Uhol vnútorného trenia : $\varphi_{\text{ef}} = 41,50^\circ$
 Súdržnosť zeminy : $c_{\text{ef}} = 0,00 \text{ kPa}$
 Trecí uhol konštr.-zemina : $\delta = 14,00^\circ$
 Zemina : nesúdržná
 Obj. tiaž sat.zeminy : $\gamma_{\text{sat}} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

R4-R3

Objemová tiaž : $\gamma = 21,10 \text{ kN/m}^3$
 Napätosť : efektívny
 Uhol vnútorného trenia : $\varphi_{\text{ef}} = 27,90^\circ$
 Súdržnosť zeminy : $c_{\text{ef}} = 150,00 \text{ kPa}$

Zatěžovací stav, zatížení od mostu

Typ zatěžovacího stavu : provozní stav.

Síly od mostu

Svislá síla $F_s = 18749.56 \text{ kN}$
 Vodorovná síla $F_v = 0.00 \text{ kN}$
 Umístění $a_1 = 1.20 \text{ m}$
 Výška $v = 0.00 \text{ m}$

Síly od přechodové desky

Svislá síla $F_s = 0.00 \text{ kN}$
 Vodorovná síla $F_v = 0.00 \text{ kN}$
 Umístění $a_2 = 0.00 \text{ m}$

Geologický profil a priradenie zemín

Číslo	Vrstva [m]	Priradená zemina	Vzorka
1	10.05	Trieda G1, ulehlá	
2	4.02	R5-R4	
3	2.50	R4-R3	

Číslo	Vrstva [m]	Priradená zemina	Vzorka
4	-	R4-R3	

Tvar terénu

Terén za konštrukciou je v sklone 1: 0.01 (uhol sklonu je 89.18 °).

Výška násypu je 0.70 m, dĺžka násypu je 0.01 m.

Vplyv vody

Hladina podzemnej vody je pod úrovňou konštrukcie.

Zadané plošné prítiaženia

Číslo	Prítiaženie nové zmena	Typ	Názov	Vel.1 [kN/m ²]	Vel.2 [kN/m ²]	Por.x x [m]	Dĺžka l [m]	Hĺbka z [m]
1	ÁNO		Celopl. vlak	52.08				na teréne

Odpor na líci konštrukcie

Odpor na líci konštrukcie: kľudový

Zemina na líci konštrukcie - R5-R4

Výška zeminy pred múrom h = 3.70 m

Tvar terénu na líci konštrukcie

Číslo	Súradnice X [m]	Hĺbka Z [m]
1	0.00	0.00
2	0.00	-3.70
3	-1.60	-3.70
4	-12.09	2.30
5	-13.09	2.30

Počiatok [0,0] je umiestnený do ľavého spodného okraja konštrukcie.

Kladná súradnica +z smeruje dole.

Nastavenie výpočtu

Výpočet aktívneho tlaku - Coulomb (ČSN 730037)

Výpočet pasívneho tlaku - Caquot-Kerisel (ČSN 730037)

Norma výpočtu bet. konštrukcií - EN 1992 1-1 (EC2)

Výpočet podľa teórie medzných stavov s redukciou vstupných parametrov zemín.

Súčiniteľ redukcie uhla vnútorného trenia $\gamma_{m\phi} = 1.10$

Súčiniteľ redukcie súdržnosti $\gamma_{mc} = 1.40$

Súčiniteľ redukcie Poissonovho čísla $\gamma_{mv} = 0.90$

Súčiniteľ redukcie objemovej tiaže za konštrukciou $\gamma_{m\gamma} = 1.00$

Súčiniteľ redukcie objemovej tiaže pred konštrukciou $\gamma_{m\gamma} = 1.00$

Súčiniteľ celkovej stability konštrukcie $\gamma_s = 0.90$

Posúdenie čís. 1 (Fáza budovania 1)

Spočítané sily pôsobiace na konštrukciu

Názov	F _{vod} [kN/m]	Pôsobisko Z [m]	F _{svis} [kN/m]	Pôsobisko X [m]	Výpočtový koeficient
Tiaž.- múr	0.00	-3.59	973.07	3.80	1.000
Odpor na líci	-39.28	-1.49	0.09	0.32	1.000
Tiaž.- zemný klin	0.00	-0.36	0.71	7.67	1.000
Tiaž.- zemný klin	0.00	-3.46	46.09	6.53	1.000
Tiaž.- zemný klin	0.00	-7.35	19.46	5.33	1.000
Aktívny tlak	217.31	-3.54	264.57	6.75	1.500

Názov	F_{vod} [kN/m]	Pôsobisko Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Pôsobisko X [m]	Výpočtový koeficient
vlak	91.88	-5.00	113.11	6.40	1.450
Křídla opěry	0.00	-7.93	212.15	8.43	1.000
Reakce mostu	0.00	-6.60	1720.14	2.40	1.000
Reakce přech.desky	0.00	-10.25	0.00	5.00	0.000

Posúdenie mostnej opory

Posúdenie na preklopenie

Moment vzdorujúci $M_{\text{vzd}} = 12376.14 \text{ kNm/m}$

Moment klopiaci $M_{\text{kl}} = 1763.42 \text{ kNm/m}$

Múr na preklopenie VYHOVUJE

Posúdenie na posunutie

Vodor. sila vzdorujúca $H_{\text{vzd}} = 1052.62 \text{ kN/m}$

Vodor. sila posúvajúca $H_{\text{pos}} = 419.92 \text{ kN/m}$

Múr na posunutie VYHOVUJE

Sily pôsobiace v strede základovej škáry

Celkový moment $M = 1789.22 \text{ kNm/m}$

Normálová sila $N = 3532.58 \text{ kN/m}$

Šmyková sila $Q = 419.92 \text{ kN/m}$

Celkové posúdenie - OPORA VYHOVUJE

Max. napätie v základovej škáre $\sigma = 520.49 \text{ kPa}$

Dimenzovanie čís. 1 (Fáza budovania 1)

Spočítané sily pôsobiace na konštrukciu

Názov	F_{vod} [kN/m]	Pôsobisko Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Pôsobisko X [m]	Výpočtový koeficient
Tiaž.- múr	0.00	-2.96	596.78	2.53	1.000
Odpor na líci	-10.93	-0.59	0.00	0.00	1.000
Tiaž.- zemný klin	0.00	-5.15	19.46	4.13	1.000
Aktívny tlak	128.46	-2.93	71.40	4.49	1.500
vlak	68.07	-4.07	48.52	4.36	1.450
Křídla opěry	0.00	-5.73	212.15	7.23	1.000
Reakce mostu	0.00	-4.40	1720.14	1.20	1.000
Reakce přech.desky	0.00	-8.05	0.00	3.80	1.000

Dimenzace dříku opěry - vstupní data:

Spára je navržena z prostého betonu; výp.šířka 1m.

Vnitřní síly : $M = 1526.10 \text{ kNm/m}$; $N = -2725.98 \text{ kN/m}$; $Q = 280.46 \text{ kN/m}$

Výška průřezu $h = 4.80 \text{ m}$

Dimenzace dříku opěry - výsledky:

Pos. sila na medzi únosn. $V_{\text{Rd}} = 4273.44 \text{ kN} < 280.46 \text{ kN} = V_{\text{Ed}}$

Norm.sila na medzi únosn. $N_{\text{Rd}} = -58885.29 \text{ kN} < 2725.98 \text{ kN} = N_{\text{Ed}}$

Únosnost' prierezu vyhovuje VYHOVUJE

Dimenzovanie čís. 2 (Fáza budovania 1)

Spočítané sily pôsobiace na konštrukciu

Názov	F_{vod} [kN/m]	Pôsobisko Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Pôsobisko X [m]	Výpočtový koeficient
Tiaž.- múr	0.00	-2.96	596.78	2.53	1.000
Odpor na líci	-10.93	-0.59	0.00	0.00	1.000
Tiaž.- zemný klin	0.00	-5.15	19.46	4.13	1.000
Aktívny tlak	128.46	-2.93	71.40	4.49	1.500
vlak	68.07	-4.07	48.52	4.36	1.450

Názov	F_{vod} [kN/m]	Pôsobisko Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Pôsobisko X [m]	Výpočtový koeficient
Křídla opěry	0.00	-5.73	212.15	7.23	1.000
Reakce mostu	0.00	-4.40	1720.14	1.20	1.000
Reakce přech.desky	0.00	-8.05	0.00	3.80	0.000

Dimenzace předního výstupku opěry - vstupní data:

Spára je navržena z prostého betonu; výp.šířka 1m.

Vnitřní síly : $M = 1526.10 \text{ kNm/m}$; $N = -2725.98 \text{ kN/m}$; $Q = 280.46 \text{ kN/m}$

Výška průřezu $h = 4.80 \text{ m}$

Dimenzace předního výstupku opěry - výsledky:

Pos. síla na medzi únosn. $V_{Rd} = 1730.16 \text{ kN} < 280.46 \text{ kN} = V_{Ed}$

Moment na medzi únosnosti $M_{Rd} = 4152.38 \text{ kNm} < 1526.10 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Únosnost' prierezu vyhovuje **VYHOVUJE**

Dimenzovanie čís. 3 (Fáza budovania 1)

Spočítané sily pôsobiace na konštrukciu

Názov	F_{vod} [kN/m]	Pôsobisko Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Pôsobisko X [m]	Výpočtový koeficient
Tiaž.- múr	0.00	-1.82	113.33	0.68	1.000
Aktívny tlak	30.52	-1.39	6.89	1.35	1.500
vlak	29.98	-1.82	6.77	1.35	1.450
Reakce přech.desky	0.00	-3.65	0.00	1.35	0.000

Dimenzace závěrné zidky - vstupní data:

Spára je navržena z prostého betonu; výp.šířka 1m.

Vnitřní síly : $M = 129.13 \text{ kNm/m}$; $N = -133.49 \text{ kN/m}$; $Q = 89.25 \text{ kN/m}$

Výška průřezu $h = 1.35 \text{ m}$

Dimenzace závěrné zidky - výsledky:

Pos. síla na medzi únosn. $V_{Rd} = 869.50 \text{ kN} < 89.25 \text{ kN} = V_{Ed}$

Norm.síla na medzi únosn. $N_{Rd} = -442.45 \text{ kN} < 133.49 \text{ kN} = N_{Ed}$

Únosnost' prierezu vyhovuje **VYHOVUJE**

Dimenzovanie čís. 4 (Fáza budovania 1)

Dimenzace spáry křídlo / opěra - vstupní data:

Spára je navržena ze železobetonu; výpočtová šířka 1m.

Profil vložky = 20.0 mm

Počet vložek = 7

Krytí výztuže = 70.0 mm

Vnitřní síly : $M = 447.61 \text{ kNm/m}$; $N = 0.00 \text{ kN/m}$; $Q = 149.99 \text{ kN/m}$

Výška průřezu $h = 1.50 \text{ m}$

Dimenzace spáry křídlo / opěra - výsledky:

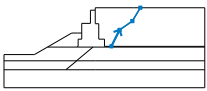
Stupeň vystužení $\rho = 0.15 \% > 0.15 \% = \rho_{\text{min}}$

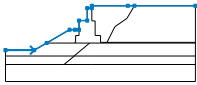
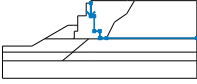
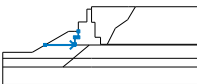
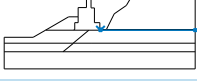





Moment na medzi únosnosti $M_{Rd} = 1334.86 \text{ kNm/m} > 447.61 \text{ kNm/m} = M_{Ed}$

Prierez **VYHOVUJE**.


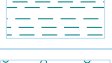

Výpočet stability svahu

Rozhranie



Číslo	Umiestnenie rozhrania	Súradnice bodov rozhrania [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		4,53	-10,05	6,84	-5,48	10,42	-3,02
		12,66	0,70				

Číslo	Umiestnenie rozhrania	Súradnice bodov rozhrania [m]					
		x	z	x	z	x	z
2		-25,62	-12,35	-17,09	-12,35	-13,42	-10,25
		-6,60	-6,35	-5,00	-6,35	-3,80	-6,35
		-3,80	-3,65	-1,35	-3,65	-1,35	0,00
		0,00	0,00	0,01	0,70	10,70	0,70
		12,66	0,70	30,75	0,70		
3		0,00	0,00	0,00	-3,65	0,00	-3,75
		1,00	-3,75	1,00	-8,05	2,60	-8,05
		2,60	-10,05	2,80	-10,05	4,53	-10,05
		30,75	-10,05				
4		-13,42	-10,25	-5,00	-10,25	-5,00	-10,05
		-4,80	-10,05	-4,80	-8,05	-3,80	-8,05
		-3,80	-6,35				
5		2,80	-10,05	2,80	-10,25	30,75	-10,25
6		-5,00	-10,25	-0,64	-10,25	2,80	-10,25
7		-5,26	-14,07	-0,64	-10,25		
8		-25,62	-14,07	-5,26	-14,07	-5,17	-14,07
		0,00	-14,07	30,75	-14,07		
9		-8,26	-16,57	-5,23	-14,12	-5,17	-14,07
10		-25,62	-16,57	-8,26	-16,57	0,00	-16,57
		30,75	-16,57				

Parametre zemín - efektívna napätosť

Číslo	Názov	Vzorka	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	R5-R4		18,50	21,00	20,40
2	R4-R3		27,90	150,00	21,10
3	Trieda G1, ulehlá		41,50	0,00	21,00

Parametre zemín - vztlak

Číslo	Názov	Vzorka	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	R5-R4		20,40		
2	R4-R3		21,10		

Číslo	Názov	Vzorka	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
3	Trieda G1, ulehlá		21,00		

Parametre zemín

R5-R4

Objemová tiaž : $\gamma = 20,40 \text{ kN/m}^3$
 Uhol vnútorného trenia : $\varphi_{\text{ef}} = 18,50^\circ$
 Súdržnosť zeminy : $c_{\text{ef}} = 21,00 \text{ kPa}$
 Obj. tiaž sat.zeminy : $\gamma_{\text{sat}} = 20,40 \text{ kN/m}^3$

Súdržnosť zeminy : $c_{\text{ef}} = 150,00 \text{ kPa}$
 Obj. tiaž sat.zeminy : $\gamma_{\text{sat}} = 21,10 \text{ kN/m}^3$


Trieda G1, ulehlá

Objemová tiaž : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Uhol vnútorného trenia : $\varphi_{\text{ef}} = 41,50^\circ$
 Súdržnosť zeminy : $c_{\text{ef}} = 0,00 \text{ kPa}$
 Obj. tiaž sat.zeminy : $\gamma_{\text{sat}} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

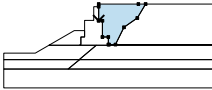
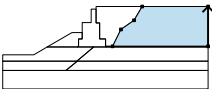
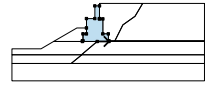
R4-R3

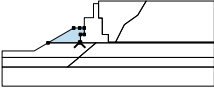

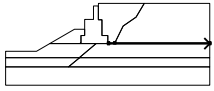

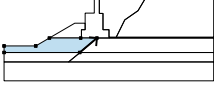

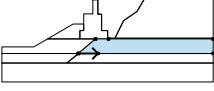

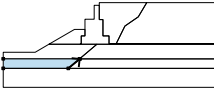

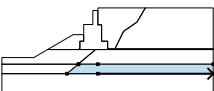

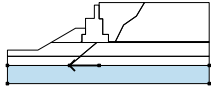

Objemová tiaž : $\gamma = 21,10 \text{ kN/m}^3$
 Uhol vnútorného trenia : $\varphi_{\text{ef}} = 27,90^\circ$

Tuhé telesá

Číslo	Názov	Vzorka	γ [kN/m ³]
1	Tuhé těleso		23,00

Priradenie a plochy

Číslo	Umiestnenie plochy	Súradnice bodov plochy [m]				Priradená zemina
		x	z	x	z	
1		0,00	-3,65	0,00	-3,75	Trieda G1, ulehlá
		1,00	-3,75	1,00	-8,05	
		2,60	-8,05	2,60	-10,05	
		2,80	-10,05	4,53	-10,05	
		6,84	-5,48	10,42	-3,02	
		12,66	0,70	10,70	0,70	
		0,01	0,70	0,00	0,00	
2		30,75	-10,05	30,75	0,70	R4-R3
		12,66	0,70	10,42	-3,02	
		6,84	-5,48	4,53	-10,05	
3		-0,64	-10,25	2,80	-10,25	Tuhé těleso
		2,80	-10,05	2,60	-10,05	
		2,60	-8,05	1,00	-8,05	
		1,00	-3,75	0,00	-3,75	
		0,00	-3,65	0,00	0,00	
		-1,35	0,00	-1,35	-3,65	
		-3,80	-3,65	-3,80	-6,35	
		-3,80	-8,05	-4,80	-8,05	
		-4,80	-10,05	-5,00	-10,05	
		-5,00	-10,25			

Číslo	Umiestnenie plochy	Súradnice bodov plochy [m]				Priradená zemina
		x	z	x	z	
4		-5,00	-10,25	-5,00	-10,05	R5-R4
		-4,80	-10,05	-4,80	-8,05	
		-3,80	-8,05	-3,80	-6,35	
		-5,00	-6,35	-6,60	-6,35	
		-13,42	-10,25			
5		2,80	-10,25	30,75	-10,25	R4-R3
		30,75	-10,05	4,53	-10,05	
		2,80	-10,05			
6		-5,26	-14,07	-0,64	-10,25	R5-R4
		-5,00	-10,25	-13,42	-10,25	
		-17,09	-12,35	-25,62	-12,35	
		-25,62	-14,07			
7		-5,17	-14,07	0,00	-14,07	R4-R3
		30,75	-14,07	30,75	-10,25	
		2,80	-10,25	-0,64	-10,25	
		-5,26	-14,07			
8		-8,26	-16,57	-5,23	-14,12	R5-R4
		-5,17	-14,07	-5,26	-14,07	
		-25,62	-14,07	-25,62	-16,57	
9		0,00	-16,57	30,75	-16,57	R4-R3
		30,75	-14,07	0,00	-14,07	
		-5,17	-14,07	-5,23	-14,12	
		-8,26	-16,57			
10		0,00	-16,57	-8,26	-16,57	R4-R3
		-25,62	-16,57	-25,62	-21,57	
		30,75	-21,57	30,75	-16,57	

Priťaženie

Číslo	Typ	/ z [m] / x ₁ [m]	/ x [m] / z ₁ [m]	/ l [m] / x ₂ [m]	/ b [m] / z ₂ [m]	Sklon α [°]	Veľkosť		
1	priamkové	z = -3,65	x = -2,60			0,00	q, q ₁ , f, F	q ₂	kN/m
2	pásové	na povrchu	x = 0,00	l = 30,75		0,00	52,08		kN/m ²

Názvy priťaženia

Číslo	Názov
1	Most
2	vlak

Nastavenie výpočtu

Nastavenie výpočtu : Slovensko
 Typ výpočtu : Stupeň bezpečnosti
 Stupeň bezpečnosti : 1,50

Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet 1

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy					
Stred :	x =	-10,54 [m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	-37,19 [°]
	z =	2,10 [m]		$\alpha_2 =$	85,57 [°]
Polomer :	R =	18,14 [m]			
Šmyková plocha po optimalizácii.					

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumace aktivních sil : $F_a = 2747,74 \text{ kN/m}$

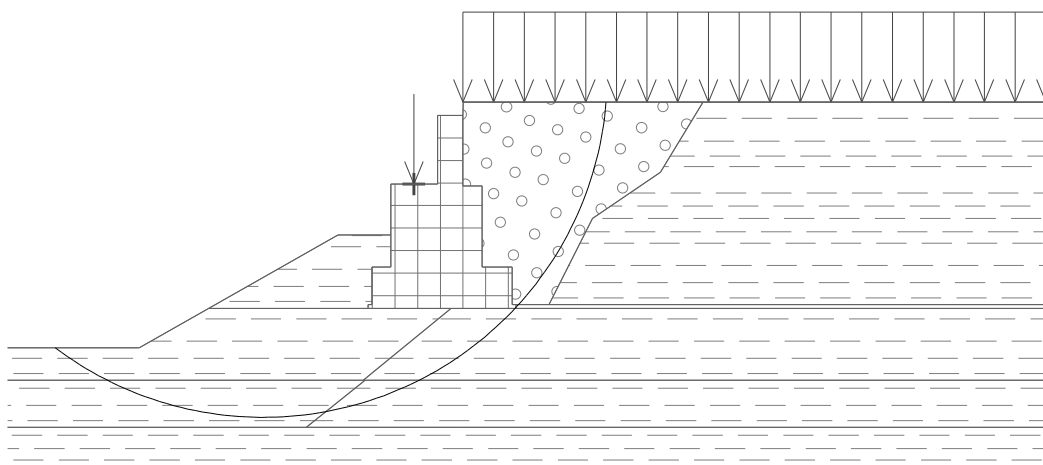
Sumace pasivních sil : $F_p = 4883,87 \text{ kN/m}$

Moment sesouvající : $M_a = 49844,02 \text{ kNm/m}$

Moment vzdorující : $M_p = 88593,33 \text{ kNm/m}$

Stupeň bezpečnosti = 1,78 > 1,50

Stabilita svahu VYHOVUJE



obr. 16 Šmyková plocha opory O1

Vstupné dáta (Fáze budovania 2)

Zatěžovací stav, zatížení od mostu

Typ zatěžovacího stavu : provozní stav.

Síly od mostu

Svislá síla $F_s = 18749.56 \text{ kN}$

Vodorovná síla $F_v = 0.00 \text{ kN}$

Umístění $a_1 = 1.20 \text{ m}$

Výška $v = 0.00 \text{ m}$

Síly od přechodové desky


Svislá síla $F_s = 0.00 \text{ kN}$

Vodorovná síla $F_v = 0.00 \text{ kN}$

Umístění $a_2 = 0.00 \text{ m}$

Geologický profil a priradenie zemín

Číslo	Vrstva [m]	Priradená zemina	Vzorka
1	10.05	Třída G1, ulehlá	
2	4.02	R5-R4	
3	2.50	R4-R3	

Číslo	Vrstva [m]	Priradená zemina	Vzorka
4	-	R4-R3	

Tvar terénu

Terén za konštrukciou je v sklone 1: 0.01 (uhol sklonu je 89.18 °).

Výška násypu je 0.70 m, dĺžka násypu je 0.01 m.

Vplyv vody

Hladina podzemnej vody je pod úrovňou konštrukcie.

Zadané plošné prítiaženia

Číslo	Prítiaženie nové zmena	Typ	Názo v	Vel.1 [kN/m ²]	Vel.2 [kN/m ²]	Por.x x [m]	Dĺžka l [m]	Hĺbka z [m]
1	ÁNO		Celopl. vlak	52.08				na teréne

Odpor na líci konštrukcie

Odpor na líci konštrukcie: kľudový

Zemina na líci konštrukcie - R5-R4

Výška zeminy pred múrom $h = 3.34$ m

Tvar terénu na líci konštrukcie

Číslo	Súradnice X [m]	Hĺbka Z [m]
1	0.00	0.00
2	0.00	-3.34
3	-1.60	-3.34
4	-12.09	2.66
5	-13.09	2.66

Počiatok [0,0] je umiestnený do ľavého spodného okraja konštrukcie.

Kladná súradnica +z smeruje dole.

Nastavenie výpočtu

Výpočet podľa teórie medzných stavov s redukciou vstupných parametrov zemín.

Súčiniteľ redukcie uhla vnútorného trenia $\gamma_{m\phi} = 1.10$

Súčiniteľ redukcie súdržnosti $\gamma_{mc} = 1.40$

Súčiniteľ redukcie Poissonovho čísla $\gamma_{mv} = 0.90$

Súčiniteľ redukcie objemovej tiaže za konštrukciou $\gamma_{m\gamma} = 1.00$

Súčiniteľ redukcie objemovej tiaže pred konštrukciou $\gamma_{m\gamma} = 1.00$

Súčiniteľ celkovej stability konštrukcie $\gamma_s = 0.90$

Posúdenie čís. 1 (Fáza budovania 2)

Spočítané sily pôsobiace na konštrukciu

Názov	F_{vod} [kN/m]	Pôsobisko Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Pôsobisko X [m]	Výpočtový koeficient
Tiaž.- múr	0.00	-3.59	973.07	3.80	1.000
Odpor na líci	-33.49	-1.36	0.09	0.35	1.000
Tiaž.- zemný klin	0.00	-0.36	0.71	7.67	1.000
Tiaž.- zemný klin	0.00	-3.46	46.09	6.53	1.000
Tiaž.- zemný klin	0.00	-7.35	19.46	5.33	1.000
Aktívny tlak	217.31	-3.54	264.57	6.75	1.500
vlak	91.88	-5.00	113.11	6.40	1.450
Křídla opěry	0.00	-7.93	212.15	8.43	1.000
Reakce mostu	0.00	-6.60	1720.14	2.40	0.000

Názov	F_{vzd} [kN/m]	Pôsobisko Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Pôsobisko X [m]	Výpočtový koeficient
Reakce přech.desky	0.00	-10.25	0.00	5.00	0.000

Posúdenie mostnej opory

Posúdenie na preklopenie

Moment vzdorujúci $M_{vzd} = 8660.64$ kNm/m

Moment klopiaci $M_{kl} = 1776.51$ kNm/m

Múr na preklopenie VYHOVUJE

Posúdenie na posunutie

Vodor. sila vzdorujúca $H_{vzd} = 598.35$ kN/m

Vodor. sila posúvajúca $H_{pos} = 425.71$ kN/m

Múr na posunutie VYHOVUJE

Sily pôsobiace v strede základovej škáry

Celkový moment $M = -777.89$ kNm/m

Normálová sila $N = 1812.44$ kN/m

Šmyková sila $Q = 425.71$ kN/m

Celkové posúdenie - OPORA VYHOVUJE

Max. napätie v základovej škáre $\sigma = 232.36$ kPa

Únosnosť základovej pôdy (Fáza budovania 2)

Únosnosť základovej pôdy nebola posúdená.

Dimenzovanie čís. 1 (Fáza budovania 2)

Spočítané sily pôsobiace na konštrukciu

Názov	F_{vzd} [kN/m]	Pôsobisko Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Pôsobisko X [m]	Výpočtový koeficient
Tiaž.- múr	0.00	-2.96	596.78	2.53	1.000
Odpor na líci	-7.04	-0.45	0.00	0.00	1.000
Tiaž.- zemný klin	0.00	-5.15	19.46	4.13	1.000
Aktívny tlak	128.46	-2.93	71.40	4.49	1.500
vlak	68.07	-4.07	48.52	4.36	1.450
Křídla opěry	0.00	-5.73	212.15	7.23	1.000
Reakce mostu	0.00	-4.40	1720.14	1.20	1.000
Reakce přech.desky	0.00	-8.05	0.00	3.80	1.000

Dimenzace dříku opěry - vstupní data:

Spára je navržena z prostého betonu; výp.šířka 1m.

Vnitřní síly : $M = 1529.36$ kNm/m; $N = -2725.98$ kN/m; $Q = 284.35$ kN/m

Výška průřezu $h = 4.80$ m

Dimenzace dříku opěry - výsledky:

Pos. sila na medzi únosn. $V_{Rd} = 4273.44$ kN < 284.35 kN = V_{Ed}

Norm.sila na medzi únosn. $N_{Rd} = -58847.04$ kN < 2725.98 kN = N_{Ed}

Únosnosť prierezu vyhovuje VYHOVUJE

Dimenzovanie čís. 2 (Fáza budovania 2)

Spočítané sily pôsobiace na konštrukciu

Názov	F_{vzd} [kN/m]	Pôsobisko Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Pôsobisko X [m]	Výpočtový koeficient
Tiaž.- múr	0.00	-2.96	596.78	2.53	1.000
Odpor na líci	-7.04	-0.45	0.00	0.00	1.000
Tiaž.- zemný klin	0.00	-5.15	19.46	4.13	1.000
Aktívny tlak	128.46	-2.93	71.40	4.49	1.500
vlak	68.07	-4.07	48.52	4.36	1.450
Křídla opěry	0.00	-5.73	212.15	7.23	1.000
Reakce mostu	0.00	-4.40	1720.14	1.20	1.000

Názov	F_{vod} [kN/m]	Pôsobisko Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Pôsobisko X [m]	Výpočtový koeficient
Reakce přech.desky	0.00	-8.05	0.00	3.80	0.000

Dimenzace předního výstupku opěry - vstupní data:

Spára je navržena z prostého betonu; výp.šířka 1m.

Vnitřní síly : $M = 1529.36 \text{ kNm/m}$; $N = -2725.98 \text{ kN/m}$; $Q = 284.35 \text{ kN/m}$

Výška průřezu $h = 4.80 \text{ m}$

Dimenzace předního výstupku opěry - výsledky:

Pos. síla na mezdi únosn. $V_{\text{Rd}} = 1730.16 \text{ kN} < 284.35 \text{ kN} = V_{\text{Ed}}$

Moment na mezdi únosnosti $M_{\text{Rd}} = 4152.38 \text{ kNm} < 1529.36 \text{ kNm} = M_{\text{Ed}}$

Únosnost' prierezu vyhovuje VYHOVUJE

Dimenzovanie čís. 3 (Fáza budovania 2)

Spočítané sily pôsobiace na konštrukciu

Názov	F_{vod} [kN/m]	Pôsobisko Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Pôsobisko X [m]	Výpočtový koeficient
Tiaž. - múr	0.00	-1.82	113.33	0.68	1.000
Aktívny tlak	30.52	-1.39	6.89	1.35	1.500
vlak	29.98	-1.82	6.77	1.35	1.450
Reakce přech.desky	0.00	-3.65	0.00	1.35	0.000

Dimenzace závěrné zidky - vstupní data:

Spára je navržena z prostého betonu; výp.šířka 1m.

Vnitřní síly : $M = 129.13 \text{ kNm/m}$; $N = -133.49 \text{ kN/m}$; $Q = 89.25 \text{ kN/m}$

Výška průřezu $h = 1.35 \text{ m}$

Dimenzace závěrné zidky - výsledky:

Pos. síla na mezdi únosn. $V_{\text{Rd}} = 869.50 \text{ kN} < 89.25 \text{ kN} = V_{\text{Ed}}$

Norm.síla na mezdi únosn. $N_{\text{Rd}} = -442.45 \text{ kN} < 133.49 \text{ kN} = N_{\text{Ed}}$

Únosnost' prierezu vyhovuje VYHOVUJE

Dimenzovanie čís. 4 (Fáza budovania 2)

Dimenzace spáry křídlo / opěra - vstupní data:

Spára je navržena ze železobetonu; výpočtová šířka 1m.

Profil vložky = 20.0 mm

Počet vložek = 7

Krytí výztuže = 70.0 mm

Vnitřní síly : $M = 447.61 \text{ kNm/m}$; $N = 0.00 \text{ kN/m}$; $Q = 149.99 \text{ kN/m}$

Výška průřezu $h = 1.50 \text{ m}$

Dimenzace spáry křídlo / opěra - výsledky:

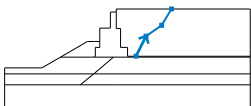
Stupeň vystužení $\rho = 0.15 \% > 0.15 \% = \rho_{\text{min}}$

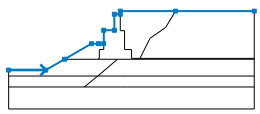
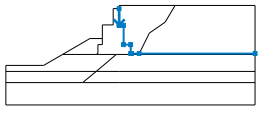
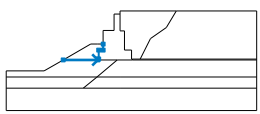
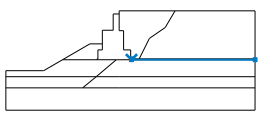
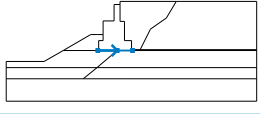
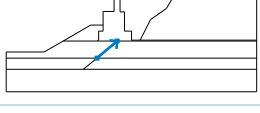
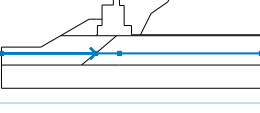
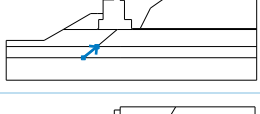
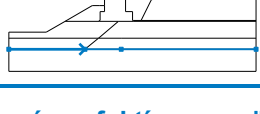
Moment na mezdi únosnosti $M_{\text{Rd}} = 1334.86 \text{ kNm/m} > 447.61 \text{ kNm/m} = M_{\text{Ed}}$

Prierez VYHOVUJE.


Výpočet stability svahu

Rozhranie

Číslo	Umiestnenie rozhrania	Súradnice bodov rozhrania [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		4,53	-10,05	6,84	-5,48	10,42	-3,02
		12,66	0,70				




Číslo	Umiestnenie rozhrania	Súradnice bodov rozhrania [m]					
		x	z	x	z	x	z
2		-25,62	-12,71	-17,09	-12,71	-12,79	-10,25
		-6,60	-6,71	-5,00	-6,71	-3,80	-6,71
		-3,80	-3,65	-1,35	-3,65	-1,35	0,00
		0,00	0,00	0,01	0,70	12,66	0,70
		30,75	0,70				
3		0,00	0,00	0,00	-3,65	0,00	-3,75
		1,00	-3,75	1,00	-8,05	2,60	-8,05
		2,60	-10,05	2,80	-10,05	4,53	-10,05
		30,75	-10,05				
4		-12,79	-10,25	-5,00	-10,25	-5,00	-10,05
		-4,80	-10,05	-4,80	-8,05	-3,80	-8,05
		-3,80	-6,71				
5		2,80	-10,05	2,80	-10,25	30,75	-10,25
6		-5,00	-10,25	-0,64	-10,25	2,80	-10,25
7		-5,17	-14,07	-0,64	-10,25		
8		-25,62	-14,07	-5,17	-14,07	0,00	-14,07
		30,75	-14,07				
9		-8,26	-16,57	-5,23	-14,12	-5,17	-14,07
10		-25,62	-16,57	-8,26	-16,57	0,00	-16,57
		30,75	-16,57				

Parametre zemín - efektívna napätosť

Číslo	Názov	Vzorka	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	R5-R4		18,50	21,00	20,40
2	R4-R3		27,90	150,00	21,10
3	Trieda G1, uhlá		41,50	0,00	21,00

Parametre zemín - vztlak

Číslo	Názov	Vzorka	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
-------	-------	--------	--	------------------------------------	----------

Číslo	Názov	Vzorka	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [–]
1	R5-R4		20,40		
2	R4-R3		21,10		
3	Třída G1, ulehlá		21,00		

Parametre zemín

R5-R4

Objemová tiaž : $\gamma = 20,40 \text{ kN/m}^3$
 Uhol vnútorného trenia : $\varphi_{ef} = 18,50^\circ$
 Súdržnosť zeminy : $c_{ef} = 21,00 \text{ kPa}$
 Obj. tiaž sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 20,40 \text{ kN/m}^3$

Súdržnosť zeminy : $c_{ef} = 150,00 \text{ kPa}$
 Obj. tiaž sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,10 \text{ kN/m}^3$

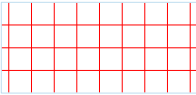
Třída G1, ulehlá

Objemová tiaž : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Uhol vnútorného trenia : $\varphi_{ef} = 41,50^\circ$
 Súdržnosť zeminy : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
 Obj. tiaž sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

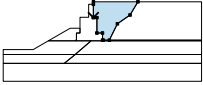

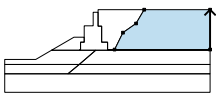

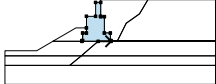

R4-R3

Objemová tiaž : $\gamma = 21,10 \text{ kN/m}^3$
 Uhol vnútorného trenia : $\varphi_{ef} = 27,90^\circ$

Tuhé telesá

Číslo	Názov	Vzorka	γ [kN/m ³]
1	Tuhé těleso		23,00

Priradenie a plochy

Číslo	Umiestnenie plochy	Súradnice bodov plochy [m]				Priradená zemina
		x	z	x	z	
1		0,00	-3,65	0,00	-3,75	Třída G1, ulehlá 
		1,00	-3,75	1,00	-8,05	
		2,60	-8,05	2,60	-10,05	
		2,80	-10,05	4,53	-10,05	
		6,84	-5,48	10,42	-3,02	
		12,66	0,70	0,01	0,70	
		0,00	0,00			
2		30,75	-10,05	30,75	0,70	R4-R3 
		12,66	0,70	10,42	-3,02	
		6,84	-5,48	4,53	-10,05	
3		-0,64	-10,25	2,80	-10,25	Tuhé těleso 
		2,80	-10,05	2,60	-10,05	
		2,60	-8,05	1,00	-8,05	
		1,00	-3,75	0,00	-3,75	
		0,00	-3,65	0,00	0,00	
		-1,35	0,00	-1,35	-3,65	
		-3,80	-3,65	-3,80	-6,71	
		-3,80	-8,05	-4,80	-8,05	
		-4,80	-10,05	-5,00	-10,05	
		-5,00	-10,25			

Číslo	Umiestnenie plochy	Súradnice bodov plochy [m]				Priradená zemina
		x	z	x	z	
4		-5,00	-10,25	-5,00	-10,05	R5-R4
		-4,80	-10,05	-4,80	-8,05	
		-3,80	-8,05	-3,80	-6,71	
		-5,00	-6,71	-6,60	-6,71	
		-12,79	-10,25			
5		2,80	-10,25	30,75	-10,25	R4-R3
		30,75	-10,05	4,53	-10,05	
		2,80	-10,05			
6		-5,17	-14,07	-0,64	-10,25	R5-R4
		-5,00	-10,25	-12,79	-10,25	
		-17,09	-12,71	-25,62	-12,71	
		-25,62	-14,07			
7		0,00	-14,07	30,75	-14,07	R4-R3
		30,75	-10,25	2,80	-10,25	
		-0,64	-10,25	-5,17	-14,07	
8		-8,26	-16,57	-5,23	-14,12	R5-R4
		-5,17	-14,07	-25,62	-14,07	
		-25,62	-16,57			
9		0,00	-16,57	30,75	-16,57	R4-R3
		30,75	-14,07	0,00	-14,07	
		-5,17	-14,07	-5,23	-14,12	
		-8,26	-16,57			
10		0,00	-16,57	-8,26	-16,57	R4-R3
		-25,62	-16,57	-25,62	-21,57	
		30,75	-21,57	30,75	-16,57	

Priťaženie

Číslo	Typ	z [m] / x_1 [m]	x [m] / z_1 [m]	l [m] / x_2 [m]	b [m] / z_2 [m]	Sklon α [°]	q, q_1, f, F	Veľkosť q_2	jednotka
1	priamkové	$z = -3,65$	$x = -2,60$			0,00	1720,14		kN/m
2	pásové	na povrchu	$x = 0,00$	$l = 30,75$		0,00	52,08		kN/m ²

Názvy priťažení

Číslo	Názov
1	Most
2	vlak

Nastavenie výpočtu

Nastavenie výpočtu : Slovensko
 Typ výpočtu : Stupeň bezpečnosti
 Stupeň bezpečnosti : 1,50

Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet 1

Kruhová šmyková plocha

Parametre šmykovej plochy					
Stred :	x =	-9,89 [m]	Uhly :	$\alpha_1 =$	-30,27 [°]
	z =	3,24 [m]		$\alpha_2 =$	82,09 [°]
Polomer :	R =	18,47 [m]	Šmyková plocha po optimalizácii.		

Posúdenie stability svahu (Fellenius / Petterson)

Sumace aktivních sil : $F_a = 2652,25 \text{ kN/m}$

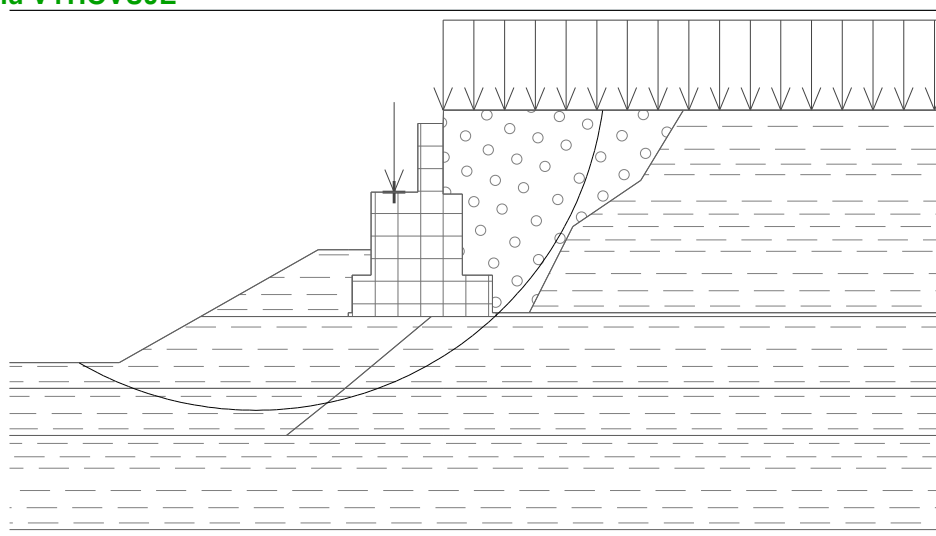
Sumace pasivních sil : $F_p = 4586,97 \text{ kN/m}$

Moment sesouvající : $M_a = 48987,06 \text{ kNm/m}$

Moment vzdorující : $M_p = 84721,38 \text{ kNm/m}$

Stupeň bezpečnosti = 1,73 > 1,50

Stabilita svahu VYHOVUJE



obr. 17 Šmyková plocha opory O1

Pozn.: Navrhnutá opora bude vystužená z konštrukčných dôvodov. Rímky opory a zavesených krídel budú vystužené rovnakým spôsobom ako rímky mostnej dosky.

7.2.2.2 Overenie únosnosti osamelej mikropilóty opory O1

Parametre zemín

R5-R4

Objemová tiaž : $\gamma = 20,40 \text{ kN/m}^3$

Uhol vnútorného trenia : $\varphi_{ef} = 18,50^\circ$

Súdržnosť zeminy : $c_{ef} = 21,00 \text{ kPa}$

Obj. tiaž sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 20,40 \text{ kN/m}^3$

R4-R3

Objemová tiaž : $\gamma = 21,10 \text{ kN/m}^3$

Uhol vnútorného trenia : $\varphi_{ef} = 27,90^\circ$

Súdržnosť zeminy : $c_{ef} = 150,00 \text{ kPa}$

Obj. tiaž sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,10 \text{ kN/m}^3$

Geometrie

Průměr = 108.0 mm

Tloušťka stěny = 16.0 mm

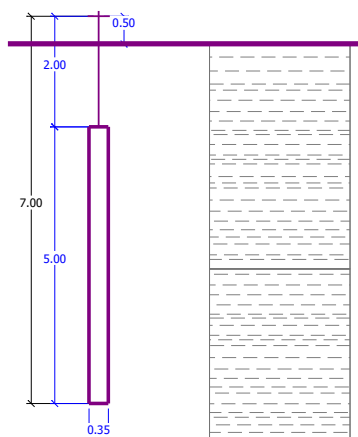
Volná délka mikropiloty $l = 2.00 \text{ m}$

Délka kořene $l_r = 5.00 \text{ m}$

Průměr kořene $d_r = 0.35 \text{ m}$

Odklon mikropiloty od svislice $\alpha = 0.00^\circ$

Vysazení mikropiloty nad terén $l_a = 0.50 \text{ m}$



obr. 18 Geometrická schéma mikropilóty opory O1

Materiál konštrukcie:

CEM1

Normová pevnosť v tlaku $R_{bd} = 20.00$ MPa

Modul pružnosti $E_b = 29000.00$ MPa

fi108/16

Normová pevnosť oceli $R_{sd} = 210.00$ MPa

Modul pružnosti $E_s = 210000.00$ MPa

Geologický profil a priradenie zemín

Číslo	Vrstva [m]	Priradená zemina	Vzorka
1	4.07	R5-R4	
2	8.50	R4-R3	
3	-	R4-R3	

Zatížení

Číslo	Síla nová	Síla změna	Název	Síla N [kN]	Moment M [kNm]
1	ANO		Síla č. 1	574.70	0.00

Nastavenie výpočtu

Výpočet posouzení podle mezních stavů.

Součinitel redukce úhlu vnitřního tření

$$\gamma_{m\phi} = 1.00$$

Součinitel redukce soudržnosti

$$\gamma_{mc} = 1.00$$

Součinitel redukce kritické síly

$$\gamma_{mf} = 1.00$$

Součinitel spolehlivosti cementové směsi

$$\gamma_{mc} = 1.50$$

Součinitel spolehlivosti oceli

$$\gamma_{ms} = 1.50$$

Součinitel redukce únosnosti kořene

$$\gamma_{mr} = 1.00$$

Posúdenie čís. 1

Posouzení průřezu - výpočet číslo 1

Ve výpočtu uvažován vliv koroze

Požadovaná životnost $t = 100$ [roky]

Typ zeminy: zeminy v přírodním uložení

Posouzení vnitřní stability průřezu: geometrická (Eulerova) metoda

Výpočet vzpěrné délky průřezu - uložení (kloub-kloub).

Modul reakce podloží $E_p = 10.00$ MN/m³

Spočtený počet pŕlvln $n = 0.00$
 Vzpěrná délka $l_{cr} = 1.90 \text{ m}$
 Kritická normálová síla $N_{crd} = 2696.19 \text{ kN}$
 Maximální normálová síla $N_{max} = 574.70 \text{ kN}$

Vnitřní stabilita průřezu mikropiloty VYHOVUJE

Posouzení únosnosti spráženého průřezu:

Plocha ideálního průřezu $A_i = 4.848E+03 \text{ mm}^2$
 Moment setrvačnosti ideálního průřezu $J_i = 4.693E+06 \text{ mm}^4$
 Štíhlost prutu $\lambda = 61.049$
 Součinitel vzpěrnosti $\kappa = 0.908$
 Napětí v oceli $\sigma = 135.97 \text{ MPa}$
 Pevnost oceli $\sigma_{rd} = 140.00 \text{ MPa}$

Sprážený průřez mikropiloty VYHOVUJE

Posúdenie čís. 1

Posouzení kořene - výpočet číslo 1

Způsob výpočtu - metoda Lizzih.
 Součinitel vlivu průměru kořene $= 0.80$
 Průměrné mezní plášťové tření $q_{sav} = 300.00 \text{ kPa}$
 Celková únosnost kořene mikropiloty $= 1319.47 \text{ kN}$
 Výpočtová únosnost kořene mikropiloty $Q_{rd} = 1319.47 \text{ kN}$
 Maximální normálová síla $N_{max} = 574.70 \text{ kN}$

Únosnost kořene VYHOVUJE

7.2.2.3 Posúdenie skupiny mikropilót opory O1

Mikropilóty:

priemer vrtu:	$\phi =$	170,00 mm	Trieda základovej pôdy:	R4/R3
priemer oceľovej rúry:	$\phi =$	108,00 mm	$E_{def} =$	172,98 MPa
hrúbka steny rúry:		16,00 mm	$R_d =$	120,00 MPa
Dĺžka mikropilót:	$l_p =$	7,00 m	Pevnosť betónu v tlaku:	$f_{cd} =$ 13,33 MPa
Dĺžka koreňa:	$l_k =$	5,00 m	Modul pružnosti betónu:	$E_{cm} =$ 29000,00 MPa
Zaťaženie zvislé:	$V_{Ed} =$	38505,12 kN	Pevnosť ocele v tlaku:	$f_{yd} =$ 275,00 MPa
Zaťaženie horizontálne:	$H_{Ed} =$	4577,13 kN	Počet mikropilót:	$n =$ 67,00 ks
Zaťaženie momentom:	$M_{Ed} =$	0,00 kNm	Modul pružnosti ocele:	$E_s =$ 210000,00 MPa
Rozmery základu:	$b =$	7,40 m	Medza pevnosti ocele:	$f_u =$ 430,00 MPa
	$l =$	10,90 m	Priemer koreňa:	$\phi_k =$ 0,35
			$\gamma_s = \gamma_t =$	1,1

Únosnosť mikropilóty na tlak:

Zaťaženie na 1 mikropilótu: $V_{Ed1} = V_{Ed}/n =$ **574,70 kN**
 Max. únosnosť 1 mp: $V_{Rd} = (A_b \cdot f_{cd} + A_a \cdot f_{yd})/\gamma_t =$ **1375,18 kN**
 Únosnosť osamelej mikropilóty-MKP Geo5: **1319,47 kN**

Únosnosť mikropilóty na vzper:

Modul reakcie prostredia: $k_h = (A \cdot f_{cd})/(4d \cdot E_{cm} \cdot l) =$ **3,04 MN.m⁻³**
 Min. únosnosť: $V_{Rd,min} = 2 \cdot (k_h \cdot E_{cm} \cdot l)^{0.5} =$ **1334,25 kN**
 $V_{Rd,min} \geq V_{Ed1}$

Únosnosť koreňa pilóty:

Medzné plášťové trenie i-tej vrstvy: $f_{s1} =$ **300,00 kPa**
 Únosnosť plášte: $U_{fd} = \sum \pi \cdot \phi_k \cdot h_i \cdot f_{s1} / \gamma_s =$ **1199,52 kN**
 Únosnosť päty: $U_{bd} = \pi \cdot \phi_k^2 / 4 \cdot R_d =$ **11545,35 kN**
 Únosnosť koreňa mikropilóty: $U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} =$ **12744,87 kN**

Posunutie v základovej škáry:

Horizontálna únosnosť MP x počet: **31317,33 kN**
 Trenie v základovej škáre: **20387,41 kN**
 $R_{d,H} =$ **51704,74 kN**

vyhovuje

vyhovuje

vyhovuje

vyhovuje

$R_{d,H} \geq H_d$

vyhovuje

7.3 Medzil'ahlé piliere

7.3.1 Výpočtový model

Konštrukcia piliera bola pre globálnu analýzu modelovaná v programovom prostredí CAD systému SCIA Engineer ako priestorová dosko-stenová sústava. Geometria úložného prahu bola, vzhľadom na veľkosť rozšírenia, uvažovaná priemernou hodnotou pôdorysne ako aj hrúbkou. Úložný prah je votknutý do piliera obdĺžnikového tvaru vonkajšími rozmermi 9,1x3,0m. Pilier bo votknutý do základovej dosky piliera hr. 2,5m. Základová doska piliera bola modelovaná na pružnom podloží modelovanom modulom SOILIN. Zároveň boli vymodelované bodové podpory nahrádzajúce mikropilóty. Výpočtový model piliera je znázornený na **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov..** Jednotlivé zaťaženia sú stanovené v súlade STN EN 1991.

Okrem vlastnej tiaže boli na úložnom prahu v miestach ložísk namodelované zaťaženia rozhodujúcich alternatív reakcií od nosných konštrukcií uložených na úložnom prahu. Tieto polohy zohľadňujú možné polohy pohyblivého zaťaženia, ako aj stavy, že na úložnom prahu leží iba jedna z nosných konštrukcií (počas montáže, opravy...)

Vnútné sily pôsobiace na pilier sú získané riešením doskového modelu s pozdĺžnymi rebrami s uvažovaním aj konzolových zakončení dosky za teoretické osi uloženia.

7.3.2 Zaťaženie pilierov

7.3.2.1 Zaťaženie od nosnej konštrukcie

tab. 26 Vnútné sily rozhodujúce pre zaťaženie piliera

Zaťažovací stav		R_{xk}	R_{yk}	R_{zk}	γ_F	δ	α	f	ψ_0	R_{xd}	R_{yd}	R_{zd}
		[kN]	[kN]	[kN]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]
g_1	v. tiaž konštrukcie (generovaná)	0,00	6,29	1990,97	1,35	-	-	-	-	0,00	8,49	2687,81
g_2	tiaž dobetónovania rím	0,00	7,49	803,08	1,35	-	-	-	-	0,00	10,11	1084,16
	tiaž kompozitu	0,00	0,02	16,94	1,35	-	-	-	-	0,00	0,03	22,87
	tiaž zábradlia	0,00	0,26	34,14	1,35	-	-	-	-	0,00	0,35	46,09
	tiaž izolácie	0,00	0,79	216,70	1,35	-	-	-	-	0,00	1,07	292,55
	tiaž štrkového lôžka	0,00	7,91	1954,01	1,35	-	-	-	-	0,00	10,68	2637,91
	tiaž zvršku	0,00	7,51	2066,59	1,35	-	-	-	-	0,00	10,14	2789,90
	pokles podpier	0,00	11,12	207,12	1,35	-	-	-	-	0,00	15,01	279,61
	trakcia	0,00	8,60	72,33	1,35	-	-	-	-	0,00	11,61	97,65
	Σg_2	0,00	43,70	5370,91						0,00	59,00	7250,73
q	zvislé účinky LM71	0,00	15,72	2267,37	1,45	1,15	1,21	-	-	0,00	31,72	4574,82
	brzdne a rozjazdové sily LM71	0,00	-16,10	54,43	1,45	-	1,21	-	-	0,00	-28,25	95,50
	zvislé účinky SW/0	0,00	9,46	1875,52	1,45	1,15	1,21	-	-	0,00	19,09	3784,19
	brzdne a rozjazdové sily SW/0	0,00	9,07	26,89	1,45	-	1,21	-	-	0,00	15,91	47,18
	bočné rázy	0,00	99,17	31,48	1,45	-	1,21	-	-	0,00	173,99	55,23
	zvislé účinky SW/2	0,00	19,71	2707,36	1,20	1,15	-	-	-	0,00	27,20	3736,16
	brzdne a rozjazdové sily SW/2	0,00	14,28	46,08	1,20	-	-	-	-	0,00	17,14	55,30
	bočné rázy	0,00	99,17	31,48	1,20	-	-	-	-	0,00	119,00	37,78
	revízna lávka	0,00	0,56	92,04	1,50	-	-	-	0,8	0,00	0,67	110,45
	Σq											
w	viator na mostovku	0,00	369,21	246,00	1,50	-	-	-	0,75	0,00	415,36	276,75
	viator na pás pohyblivého zaťaženia	0,00	418,49	418,62	1,50	-	-	-	0,75	0,00	470,80	470,95
	Σw	0,00	787,70	664,62	3,00					0,00	886,16	747,70

7.3.2.2 Viator na pilier

Viator na pilier $q_p(9,0) = 0,9581 \text{ kN/m}^2$

Zaťaženie drieku a úložného prahu:

priečne na most: $b/d = 3/9 = 0,333 \rightarrow c_{fx} = 2,4$

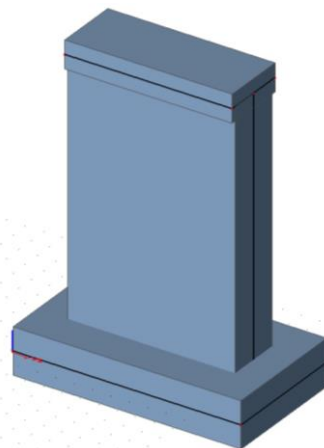
rovnobežne s mostom: $b/d = 7,8/9 = 0,866 \rightarrow c_{fx} = 2,3$

$w_{k1} = c_{fx} \cdot q_p(10) = 2,4 \cdot 0,9581 = 2,299 \text{ kN/m}^2$

$w_{k2} = c_{fx} \cdot q_p(10) = 2,3 \cdot 0,9581 = 2,204 \text{ kN/m}^2$

7.3.2.3 Tlak vody na pilier

Vzhľadom na stav prúdenie vody, ktorý odpovedá výške vodnej hladiny v nádrži Liptovská Mara, nie je v statickom výpočte uvažované s týmto zaťažením.



obr. 19 Výpočtový model piliera

7.3.3 Posúdenie úložného prahu

7.3.3.1 Odolnosť voči sústredenej sile (ložisko – ložiskový blok)

$$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot (A_{c1}/A_{c0})^{0,5} = 18,480 \text{ MN}$$

$$F_{Rdu} \leq 3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0}$$

$$3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0} = 35,574 \text{ MN}$$

Podmienka vyhovuje

$$F_{Rdu} \geq F_{Ed} \text{ Vyhovuje}$$

7.3.3.2 Odolnosť voči sústredenej sile (ložiskový blok – úložný prah)

$$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot (A_{c1}/A_{c0})^{0,5} = 55,200 \text{ MN}$$

$$F_{Rdu} \leq 3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0}$$

$$3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0} = 86,400 \text{ MN}$$

Podmienka vyhovuje

$$F_{Rdu} \geq F_{Ed} \text{ Vyhovuje}$$

7.3.3.3 Posúdenie na ohyb – pozdĺžna výstuž pri hornom

Prierez: š.= 1000mm, hr.= 1500mm

Návrh: 5φ25mm/m, á200mm –C30/37

$$c_{nom} = 50,00 \text{ mm} \quad d = h - d_1 = 1,4375 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi = 62,50 \text{ mm}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s1,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d) = 0,002392 \text{ m}^2$$

$$A_{s1} > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s1,max} = 0,4 \cdot A_c = 0,6 \text{ m}^2$$

$$A_{s1} \leq A_{s1,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20 \text{ mm}; d_g + 5 \text{ mm}) = 37,5 \text{ mm} \quad b_n < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,375 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$x_B = A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = 0,054 \text{ m}$$

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 0,709 \text{ m} \quad x_B < x_{B,lim} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$z = d - 0,5 \cdot x_B = 1,411 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z = 1505,273 \text{ kNm} \quad M_{Ed} = 455,39 \text{ Návrh vyhovuje}$$

7.3.3.4 Posúdenie na ohyb – pozdĺžna výstuž pri spodnom povrchu

Prierez: š.= 1000mm, hr.= 1500mm

Návrh: 5φ 25mm/m, á200mm –C30/37

$$c_{nom} = 50,00 \text{ mm} \quad d=h-d_1 = 1,4375 \text{ m}$$

$$d_1=c+0,5 \cdot \phi = 62,50 \text{ mm}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s1,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d) = 0,002392 \text{ m}^2 \quad A_{s1} > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s1,max} = 0,4 \cdot A_c = 0,6 \text{ m}^2 \quad A_{s1} \leq A_{s1,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 37,5 \text{ mm} \quad b_n < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,375 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$x_B = A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = 0,054 \text{ m}$$

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 0,709 \text{ m} \quad x_B < x_{B,lim} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$z = d - 0,5 \cdot x_B = 1,411 \text{ m} \quad M_{Ed} = 432,97$$

$$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z = 1505,273 \text{ kNm} \quad M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ Návrh vyhovuje}$$

7.3.3.5 Posúdenie na ohyb – priečna výstuž pri hornom povrchu

Prierez: š.= 1000mm, hr.= 1500mm

Návrh: 5φ 25mm/m, á200mm –C30/37

$$c_{nom} = 75,00 \text{ mm} \quad d=h-d_1 = 1,4125 \text{ m}$$

$$d_1=c+0,5 \cdot \phi = 87,50 \text{ mm}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s1,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d) = 0,00235 \text{ m}^2 \quad A_{s1} > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s1,max} = 0,4 \cdot A_c = 0,6 \text{ m}^2 \quad A_{s1} \leq A_{s1,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 37,5 \text{ mm} \quad b_n < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,425 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$x_B = A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = 0,054 \text{ m}$$

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 0,697 \text{ m} \quad x_B < x_{B,lim} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$z = d - 0,5 \cdot x_B = 1,386 \text{ m} \quad M_{Ed} = 922,66$$

$$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z = 1478,595 \text{ kNm} \quad M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ Návrh vyhovuje}$$

7.3.3.6 Posúdenie na ohyb – priečna výstuž pri spodnom povrchu

Prierez: š.= 1000mm, hr.= 1500mm

Návrh: 5φ 25mm/m, á200mm –C30/37

$$c_{nom} = 75,00 \text{ mm} \quad d=h-d_1 = 1,4125 \text{ m}$$

$$d_1=c+0,5 \cdot \phi = 87,50 \text{ mm}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s1,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d) = 0,00235 \text{ m}^2 \quad A_{s1} > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s1,max} = 0,4 \cdot A_c = 0,6 \text{ m}^2 \quad A_{s1} \leq A_{s1,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 37,5 \text{ mm} \quad b_n < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,425 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$\begin{aligned}x_B &= A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = & \mathbf{0,054 \text{ m}} \\x_{B, \text{lim}} &= (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = & \mathbf{0,697 \text{ m}} \\z &= d - 0,5 \cdot x_B = & \mathbf{1,386 \text{ m}} \\M_{Rd} &= x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z = & \mathbf{1478,595 \text{ kNm}}\end{aligned}$$

$x_B < x_{B, \text{lim}}$ **Návrh vyhovuje**
 $M_{Ed} = \mathbf{321,06}$
 $M_{Ed} \leq M_{Rd}$ **Návrh vyhovuje**

7.3.3.7 Posúdenie na šmyk

Prierez: š. = 1000mm, hr. = 1500mm

Návrh: ϕ 12mm, á200x200mm –C30/37

Porušenie tlakovej diagonály:

$$\begin{aligned}v &= 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) = & \mathbf{0,516} \\V_{Rd, \text{max}} &= z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan \theta + \cot \theta)^{-1} = & \mathbf{6373,142 \text{ kN}} \\V_{Rd, \text{max}} &\geq V_{Ed} & \text{Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály}\end{aligned}$$

Návr šmykovej výstuže:

$$\begin{aligned}\alpha &= & \mathbf{90^\circ} & A_{sw} = n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2 = & \mathbf{0,0005655 \text{ m}^2} \\ \phi_{st} &= & \mathbf{12 \text{ mm}} & s_{\min} < \min(A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha / V_{Ed}, \\ n_s &= & \mathbf{5} & 0,75 \cdot d, 400 \text{ mm}) = & \mathbf{0,286 \text{ m}} \\ & & & s = & \mathbf{0,2 \text{ m}} \\ \rho_{sw} &= A_{sw} / (s \cdot b) = & \mathbf{0,002827433} & \rho_{sw} > \rho_{sw, \text{mir}} & \text{Podmienka vyhovuje} \\ \rho_{sw, \min} &= 0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk} = & \mathbf{0,000946573} & V_{Ed} = & \mathbf{2020,30 \text{ kN}} \\ & & & V_{Rd, s} = f_{ywd} \cdot A_{sw} / s \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha = & \mathbf{2885,985 \text{ kN}} \\ V_{Rd, s} &\geq V_{Ed} & \text{Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu šmykovej výstuže}\end{aligned}$$

7.3.4 Posúdenie drieku piliera

7.3.4.1 Posúdenie na ohyb – $M_{y, \text{max}} + N_x$

Stĺp: š. 1000mm, hr. 3000mm

Návrh: 10 ϕ 20mm/m –C30/37

Základná excentricita:

$$e_1 = M_0 / N_{Ed} = \mathbf{0,374 \text{ m}}$$

Náhodná excentricita:

$$\theta_i = (1/200) \cdot (2/l^{1/2}) = \mathbf{0,03872983} \quad e_i = \theta_i \cdot l_0 / 2 = \mathbf{0,581 \text{ m}}$$

Excentricita I. rádu so zohľadnením imperfekcií:

$$\begin{aligned}e_0 &= e_1 + e_i = & \mathbf{0,955 \text{ m}} & \min e_0 < e_0 & \Rightarrow e_0 = & \mathbf{0,955 \text{ m}} \\ \min e_0 &= h/30 = & \mathbf{0,100 \text{ m}} & 0,02 < e_0 & & \end{aligned}$$

Návrhový moment v kritickom priereze:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} = N_{Ed} \cdot e_0 = \mathbf{11432,203 \text{ kNm}}$$

Návrh výstuže:

$$\begin{aligned}x_{B, \text{lim}} &= (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = & \mathbf{1,438 \text{ m}} \\ F_{cd, \text{lim}} &= x_{B, \text{lim}} \cdot b \cdot f_{cd} = & \mathbf{24446,339 \text{ kN}} \\ N_{Ed} &> F_{cd, \text{lim}} & \text{Podmienka nevyhovuje-Prevláda ohyb}\end{aligned}$$

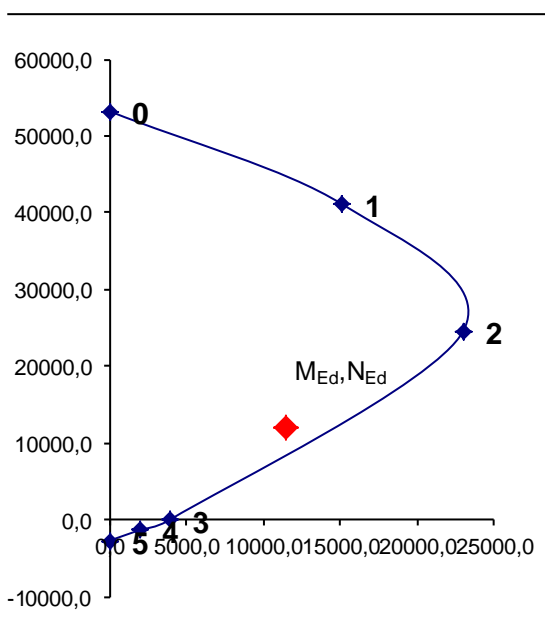
$$M_{s1} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot z_{s1} = \mathbf{28362,096 \text{ kNm}}$$

$$x_B = d - (d^2 - 2 \cdot M_{s1} / (b \cdot f_{cd}))^{1/2} = \mathbf{0,644 \text{ m}} \quad \text{Oblasť III}$$

$$F_{cd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} = \mathbf{10941,340 \text{ kN}}$$

$$A_{s1} = (F_{cd} - N_{Ed}) / \sigma_{s1} = \mathbf{-0,002373 \text{ m}^2} \Rightarrow A_{s1} = \mathbf{0,003142}$$

		počet výstuží $n_1=$	10
		priemer výstuže $\phi_1=$	20
$A_{s2}=A_{s1}$	\Rightarrow	$A_{s2}=$	0,003142 m ²
		počet výstuží $n_2=$	10
		priemer výstuže $\phi_2=$	20
$c_{nom}=$	70,00 mm	$d=h-d_1=$	2,920 m
$d_1=c+0,5\cdot\phi_1=$	80,00 mm	$z_{s1}=$	1,420 m
$d_2=c+0,5\cdot\phi_2=$	80,00 mm	$z_{s2}=$	1,420 m
Kontrola rozmiestnenia výstuže:			
$t_{s1}=\max(1,5\cdot\phi_{max}; 20\text{mm}; d_g+5\text{mm})=$	30 mm	$b_{n1}<b$	Návrh vyhovuje
$b_{n1}=2\cdot c_{nom}+n\cdot\phi+(n-1)\cdot t_s=$	0,61 m		
$t_{s2}=\max(1,5\cdot\phi_{max}; 20\text{mm}; d_g+5\text{mm})=$	30 mm		
$b_{n2}=2\cdot c_{nom}+n\cdot\phi+(n-1)\cdot t_s=$	0,61 m	$b_{n2}<b$	Návrh vyhovuje
Kontrola vystuženia:			
$A_{s,min}=\max(0,1\cdot N_{Ed}/f_{yd}; 0,002\cdot A_c)=$	0,006 m ²	$A_s>A_{s,min}$	Návrh vyhovuje
$A_{s,max}=0,4\cdot A_c=$	1,2 m ²	$A_s\leq A_{s,max}$	Návrh vyhovuje
Posúdenie prierezu:			
BOD "0"	$N_{Rd0}=b\cdot h\cdot f_{cd}+\Sigma A_{s1}\cdot\sigma_s=$	53199,115 kN	
	$M_{Rd0}=(A_{s2}\cdot z_2-A_{s1}\cdot z_1)\cdot\sigma_s=$	0,000 kNm	
BOD "1"	$N_{Rd1}=\lambda\cdot b\cdot d\cdot f_{cd}+F_{s2}=$	41077,910 kN	
	$M_{Rd1}=\lambda\cdot b\cdot d\cdot f_{cd}\cdot 0,5(h-\lambda\cdot d)+F_{s2}\cdot z_{s2}=$	15123,976 kNm	
BOD "2"	$N_{Rd,bal}=\lambda\cdot \xi_{bal,1}\cdot b\cdot d\cdot f_{cd}+\Delta F_s=$	24496,674 kN	
	$M_{Rd,bal}=\lambda\cdot \xi_{bal,1}\cdot b\cdot d\cdot f_{cd}\cdot 0,5\cdot(h-\lambda\cdot \xi_{bal,1}\cdot d)+F_{s1}\cdot z_{s1}+F_{s2}\cdot z_{s2}=$	22974,576 kNm	
BOD "3"	$N_{Rd}=$	0,000 kN	
	$M_{Rd}=$	3933,583 kNm	
BOD "4"	$N_{Rdt,bal}=F_{s1}=$	-1365,910 kN	
	$M_{Rdt,bal}=F_{s1}\cdot z_{s1}=$	1939,592 kNm	
BOD "5"	$N_{Rdt0}=F_{s1}+F_{s2}=$	-2731,820 kN	
	$M_{Rdt0}=F_{s1}\cdot z_{s1}-F_{s2}\cdot z_{s2}=$	0,000 kNm	



$M_{Ed}\leq M_{Rd}$ Návrh vyhovuje

7.3.4.2 Posúdenie na ohyb – $M_{y,mim}+N_x$

Stĺp: š. 1000mm, hr. 3000mm

Návrh: 10 ϕ 20mm/m –C30/37

Základná excentricita:

$$e_1=M_0/N_{Ed}=0,201 \text{ m}$$

Náhodná excentricita:

$$\theta_i=(1/200).(2/l^{1/2})=0,03872983 \quad e_i=\theta_i.l_0/2=0,581 \text{ m}$$

Excentricita I. rádu so zohľadnením imperfekcií:

$$e_0=e_1+e_i=0,782 \text{ m} \quad \min e_0 < e_0 \quad \Rightarrow e_0=0,782 \text{ m}$$

$$\min e_0=h/30=0,100 \text{ m} \quad 0,02 < e_0$$

Návrhový moment v kritickom priereze:

$$M_{Ed}=M_{0Ed}=N_{Ed}.e_0=2530,828 \text{ kNm}$$

Návrh výstuže:

$$x_{B,lim}=(560.d)/(700+f_{yd})=1,438 \text{ m}$$

$$F_{cd,lim}=x_{B,lim}.b.f_{cd}=24446,339 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} > F_{cd,lim} \text{ Podmienka nevyhovuje-Prevláda ohyb}$$

$$M_{s1}=M_{Ed}+N_{Ed}.z_{s1}=7108,314 \text{ kNm}$$

$$x_B=d-(d^2-2.M_{s1}/(b.f_{cd}))^{1/2}=0,147 \text{ m} \quad \text{Oblasť III}$$

$$F_{cd}=x_B.b.f_{cd}=2502,580 \text{ kN}$$

$$A_{s1}=(F_{cd}-N_{Ed})/\sigma_{s1}=-0,001690 \text{ m}^2 \quad \Rightarrow \quad A_{s1}=0,003142$$

$$\text{počet výstuží } n_1=10$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_1=20$$

$$A_{s2}=A_{s1} \quad \Rightarrow \quad A_{s2}=0,003142 \text{ m}^2$$

$$\text{počet výstuží } n_2=10$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_2=20$$

$$c_{nom}=70,00 \text{ mm} \quad d=h-d_1=2,920 \text{ m}$$

$$d_1=c+0,5.\phi_1=80,00 \text{ mm} \quad z_{s1}=1,420 \text{ m}$$

$$d_2=c+0,5.\phi_2=80,00 \text{ mm} \quad z_{s2}=1,420 \text{ m}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_{s1}=\max(1,5.\phi_{max}; 20\text{mm}; d_g+5\text{mm})=30 \text{ mm} \quad b_{n1} < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_{n1}=2.c_{nom}+n.\phi+(n-1).t_s=0,61 \text{ m}$$

$$t_{s2}=\max(1,5.\phi_{max}; 20\text{mm}; d_g+5\text{mm})=30 \text{ mm}$$

$$b_{n2}=2.c_{nom}+n.\phi+(n-1).t_s=0,61 \text{ m} \quad b_{n2} < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s,min}=\max(0,1.N_{Ed}/f_{yd}; 0,002.A_c)=0,006 \text{ m}^2 \quad A_s > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s,max}=0,4.A_c=1,2 \text{ m}^2 \quad A_s \leq A_{s,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Posúdenie prierezu:

BOD "0" $N_{Rd0}=b.h.f_{cd}+\Sigma A_s.\sigma_s=53199,115 \text{ kN}$

$$M_{Rd0}=(A_{s2}.Z_2-A_{s1}.Z_1).\sigma_s=0,000 \text{ kNm}$$

BOD "1" $N_{Rd1}=\lambda.b.d.f_{cd}+F_{s2}=41077,910 \text{ kN}$

$$M_{Rd1}=\lambda.b.d.f_{cd}.0,5(h-\lambda.d)+F_{s2}.Z_{s2}=15123,976 \text{ kNm}$$

BOD "2" $N_{Rd,bal}=\lambda.\xi_{bal,1}.b.d.f_{cd}+\Delta F_s=24496,674 \text{ kN}$

$$M_{Rd,bal}=\lambda.\xi_{bal,1}.b.d.f_{cd}.0,5.(h-\lambda.\xi_{bal,1}.d)+F_{s1}.Z_{s1}+F_{s2}.Z_{s2}=22974,576 \text{ kNm}$$

BOD "3" $N_{Rd}=0,000 \text{ kN}$

$$M_{Rd}=3933,583 \text{ kNm}$$

BOD "4"

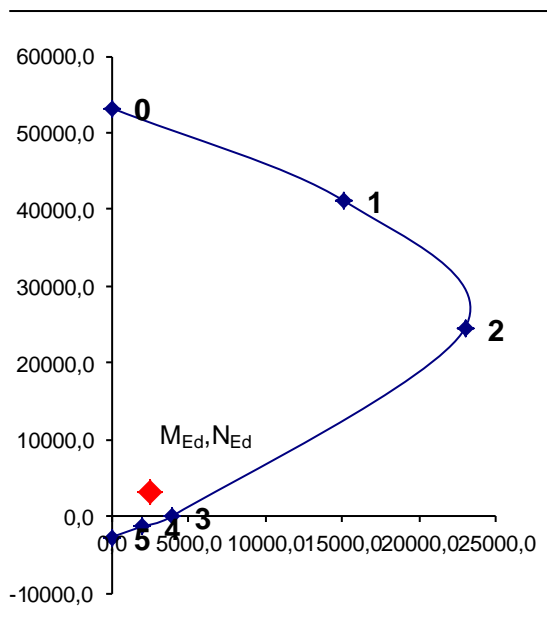
$$N_{Rdt,bal}=F_{s1}= -1365,910 \text{ kN}$$

$$M_{Rdt,bal}=F_{s1} \cdot Z_{s1}= 1939,592 \text{ kNm}$$

BOD "5"

$$N_{Rdt0}=F_{s1}+F_{s2}= -2731,820 \text{ kN}$$

$$M_{Rdt0}=F_{s1} \cdot Z_{s1}-F_{s2} \cdot Z_{s2}= 0,000 \text{ kNm}$$



$M_{Ed} \leq M_{Rd}$ Návrh vyhovuje

7.3.5 Posúdenie základu piliera

7.3.5.1 Posúdenie na ohyb v priečnom smere mosta – spodný povrch

Prierez: š.= 1000mm, hr.= 2500mm

Návrh: 10φ 16mm/m, á100mm –C30/37

$$c_{nom}= 70,00 \text{ mm} \quad d=h-d_1= 2,422 \text{ m}$$

$$d_1=c+0,5 \cdot \phi= 78,00 \text{ mm}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s=\max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g+5\text{mm})= 27 \text{ mm}$$

$b_n < b$ Návrh vyhovuje

$$b_n=2 \cdot c_{nom}+n \cdot \phi+(n-1) \cdot t_s= 0,543 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$x_B=A_{s1} \cdot f_{yd}/(b \cdot f_{cd})= 0,044 \text{ m}$$

$$x_{B,lim}=(560 \cdot d)/(700+f_{yd})= 1,195 \text{ m}$$

$x_B < x_{B,lim}$ Návrh vyhovuje

$$z=d-0,5 \cdot x_B= 2,400 \text{ m}$$

$$M_{Ed}= 1801,91$$

$$M_{Rd}=x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z= 2098,004 \text{ kNm}$$

$M_{Ed} \leq M_{Rd}$ Návrh vyhovuje

7.3.5.2 Posúdenie na ohyb v priečnom smere mosta – horný povrch

Prierez: š.= 1000mm, hr.= 2500mm

Návrh: 10φ 16mm/m, á100mm –C30/37

$$c_{nom}= 70,00 \text{ mm} \quad d=h-d_1= 2,422 \text{ m}$$

$$d_1=c+0,5 \cdot \phi= 78,00 \text{ mm}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s=\max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g+5\text{mm})= 27 \text{ mm}$$

$b_n < b$ Návrh vyhovuje

$$b_n=2 \cdot c_{nom}+n \cdot \phi+(n-1) \cdot t_s= 0,543 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$\begin{aligned} x_B &= A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = & \mathbf{0,044 \text{ m}} \\ x_{B, \text{lim}} &= (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = & \mathbf{1,195 \text{ m}} & x_B < x_{B, \text{lim}} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \\ z &= d - 0,5 \cdot x_B = & \mathbf{2,400 \text{ m}} & M_{Ed} &= & \mathbf{1481,09} \\ M_{Rd} &= x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot Z = & \mathbf{2098,004 \text{ kNm}} & M_{Ed} \leq M_{Rd} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \end{aligned}$$

7.3.5.3 Posúdenie na ohyb v pozdĺžnej osi mosta – spodný povrch

Prierez: š. = 1000mm, hr. = 2500mm

Návrh: 10φ 25mm/m, á100mm –C30/37

$$c_{nom} = \mathbf{90,00 \text{ mm}} \quad d = h - d_1 = \mathbf{2,404 \text{ m}}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi = \mathbf{96,00 \text{ mm}}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = \mathbf{27 \text{ mm}} \quad b_n < b \quad \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = \mathbf{0,348 \text{ m}}$$

Posúdenie prierezu:

$$\begin{aligned} x_B &= A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = & \mathbf{0,012 \text{ m}} \\ x_{B, \text{lim}} &= (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = & \mathbf{1,186 \text{ m}} & x_B < x_{B, \text{lim}} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \\ z &= d - 0,5 \cdot x_B = & \mathbf{2,398 \text{ m}} & M_{Ed} &= & \mathbf{381,75} \\ M_{Rd} &= x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot Z = & \mathbf{589,533 \text{ kNm}} & M_{Ed} \leq M_{Rd} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \end{aligned}$$

7.3.5.4 Posúdenie na ohyb v pozdĺžnej osi mosta – horný povrch

Prierez: š. = 1000mm, hr. = 2000mm

Návrh: 10φ 25mm/m, á100mm –C30/37

$$c_{nom} = \mathbf{90,00 \text{ mm}} \quad d = h - d_1 = \mathbf{2,404 \text{ m}}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi = \mathbf{96,00 \text{ mm}}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = \mathbf{27 \text{ mm}} \quad b_n < b \quad \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = \mathbf{0,348 \text{ m}}$$

Posúdenie prierezu:

$$\begin{aligned} x_B &= A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = & \mathbf{0,012 \text{ m}} \\ x_{B, \text{lim}} &= (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = & \mathbf{1,186 \text{ m}} & x_B < x_{B, \text{lim}} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \\ z &= d - 0,5 \cdot x_B = & \mathbf{2,398 \text{ m}} & M_{Ed} &= & \mathbf{383,15} \\ M_{Rd} &= x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot Z = & \mathbf{589,533 \text{ kNm}} & M_{Ed} \leq M_{Rd} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \end{aligned}$$

7.3.5.5 Posúdenie na šmyk

Prierez: š. = 1000mm, hr. = 2000mm

Návrh: φ 12mm, á200x250mm –C30/37

Porušenie tlakovej diagonály:

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) = \mathbf{0,516}$$

$$V_{Rd, \text{max}} = Z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan \theta + \cot \theta)^{-1} = \mathbf{10843,130 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd, \text{max}} \geq V_{Ed} \quad \mathbf{\text{Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály}}$$

Návr šmykovej výstuže:

$$\begin{aligned} \alpha &= \mathbf{90^\circ} & A_{sw} &= n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2 = & \mathbf{0,0005655 \text{ m}^2} \\ \phi_{st} &= \mathbf{12 \text{ mm}} & s_{\min} &< \min(A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot Z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha / V_{Ed}, \\ n_s &= \mathbf{5} & & 0,75 \cdot d, 400\text{mm}) = & \mathbf{0,400 \text{ m}} \\ & & s &= & \mathbf{0,4 \text{ m}} \end{aligned}$$

7.3.5.6 Overenie únosnosti osamelej mikropilóty pilierov

Parametre zemín

R5-R4

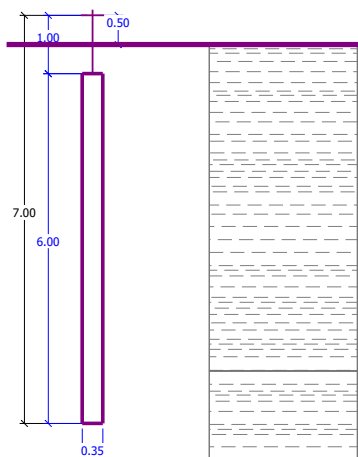
Objemová tiaž :	γ	=	20,40 kN/m ³
Uhol vnútorného trenia :	φ_{ef}	=	18,50 °
Súdržnosť zeminy :	c_{ef}	=	21,00 kPa
Obj. tiaž sat.zeminy :	γ_{sat}	=	20,40 kN/m ³

R4-R3

Objemová tiaž :	γ	=	21,10 kN/m ³
Uhol vnútorného trenia :	φ_{ef}	=	27,90 °
Súdržnosť zeminy :	c_{ef}	=	150,00 kPa
Obj. tiaž sat.zeminy :	γ_{sat}	=	21,10 kN/m ³

Geometrie

Průměr	=	168.0 mm
Tloušťka stěny	=	20.0 mm
Volná délka mikropiloty	l	= 1.00 m
Délka kořene	l_r	= 6.00 m
Průměr kořene	d_r	= 0.35 m
Odklon mikropiloty od svislice	α	= 0.00 °
Vysazení mikropiloty nad terén	l_a	= 0.50 m



obr. 20 Geometrická schéma mikropilóty pilierov

Materiál konstrukce:

CEM1

Normová pevnost v tlaku	R_{bd}	=	20.00 MPa
Modul pružnosti	E_b	=	29000.00 MPa

S275

Normová pevnost oceli	R_{sd}	=	275.00 MPa
Modul pružnosti	E_s	=	210000.00 MPa

Geologický profil a priradenie zemín

Číslo	Vrstva [m]	Priradená zemina	Vzorka
1	5.60	R5-R4	
2	-	R4-R3	

Zatížení

Číslo	Síla nová	Síla změna	Název	Síla N [kN]	Moment M [kNm]
1	ANO		Síla č. 1	1462.28	0.00
2	ANO		Zatížení č. 2	387.02	0.00

Nastavenie výpočtu

Výpočet posouzení podle mezních stavů.

Součinitel redukce úhlu vnitřního tření	$\gamma_{m\phi} = 1.00$
Součinitel redukce soudržnosti	$\gamma_{mc} = 1.00$
Součinitel redukce kritické síly	$\gamma_{mf} = 1.00$
Součinitel spolehlivosti cementové směsi	$\gamma_{mc} = 1.50$
Součinitel spolehlivosti oceli	$\gamma_{ms} = 1.50$
Součinitel redukce únosnosti kořene	$\gamma_{mr} = 1.00$

Posúdenie čís. 1

Posouzení průřezu - výpočet číslo 1

Ve výpočtu uvažován vliv koroze

Požadovaná životnost $t = 100$ [roky]

Typ zeminy: zeminy v přírodním uložení

Posouzení vnitřní stability průřezu: geometrická (Eulerova) metoda

Výpočet vzpěrné délky průřezu - uložení (kloub-kloub).

Modul reakce podloží $E_p = 10.00 \text{ MN/m}^3$

Spočtený počet půlvln $n = 0.00$

Vzpěrná délka $l_{cr} = 2.96 \text{ m}$

Kritická normálová síla $N_{crd} = 6034.33 \text{ kN}$

Maximální normálová síla $N_{max} = 1462.28 \text{ kN}$

Vnitřní stabilita průřezu mikropiloty VYHOVUJE

Posouzení únosnosti spráženého průřezu:

Průřez je nejvíce využit pro zatěžovací případ čís. 1

Plocha ideálního průřezu $A_i = 1.045E+04 \text{ mm}^2$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu $J_i = 2.556E+07 \text{ mm}^4$

Štíhlost prutu $\lambda = 59.903$

Součinitel vzpěrnosti $\kappa = 0.879$

Napětí v oceli $\sigma = 173.25 \text{ MPa}$

Pevnost oceli $\sigma_{rd} = 183.33 \text{ MPa}$

Sprážený průřez mikropiloty VYHOVUJE

Posúdenie čís. 1

Posouzení kořene - výpočet číslo 1

Způsob výpočtu - kořen v hornině.

Celková únosnost kořene mikropiloty = 1517.39 kN

Výpočtová únosnost kořene mikropiloty $Q_{rd} = 1517.39 \text{ kN}$

Maximální normálová síla $N_{max} = 1462.28 \text{ kN}$

Únosnost kořene VYHOVUJE

7.3.5.7 Posúdenie skupiny mikropilót pilierov

Mikropilóty:

priemer vrtu:	$\phi = 220,00 \text{ mm}$	Trieda základovej pôdy:	R4/R3
priemer oceľovej rúry:	$\phi = 168,00 \text{ mm}$	$E_{def} =$	172,98 MPa
hrúbka steny rúry:	20,00 mm	$R_d =$	220,00 MPa
Dĺžka mikropilót:	$l_p = 7,00 \text{ m}$	Pevnosť betónu v tlaku:	$f_{cd} = 13,33 \text{ MPa}$
Dĺžka koreňa:	$l_k = 5,00 \text{ m}$	Modul pružnosti betónu:	$E_{cm} = 29000,00 \text{ MPa}$
Zaťaženie zvislé:	$V_{Ed} = 84143,06 \text{ kN}$	Pevnosť ocele v tlaku:	$f_{yd} = 275,00 \text{ MPa}$
Zaťaženie horizontálne:	$H_{Ed} = 13181,20 \text{ kN}$	Počet mikropilót:	$n = 91,00 \text{ ks}$
Zaťaženie momentom:	$M_{Ed} = 0,00 \text{ kNm}$	Modul pružnosti ocele:	$E_s = 210000,00 \text{ MPa}$
Rozmery základu:	$b = 7,00 \text{ m}$	Medza pevnosti ocele:	$f_u = 430,00 \text{ MPa}$
	$l = 12,40 \text{ m}$	Priemer koreňa:	$\phi_k = 0,35$
		$\gamma_s = \gamma_t =$	1,1

Únosnosť mikropilóty na tlak:

Zaťaženie na 1 mikropilótu: $V_{Ed1} = V_{Ed}/n = 1462,28 \text{ kN}$

$A_b = 0,0287142 \text{ m}^2$

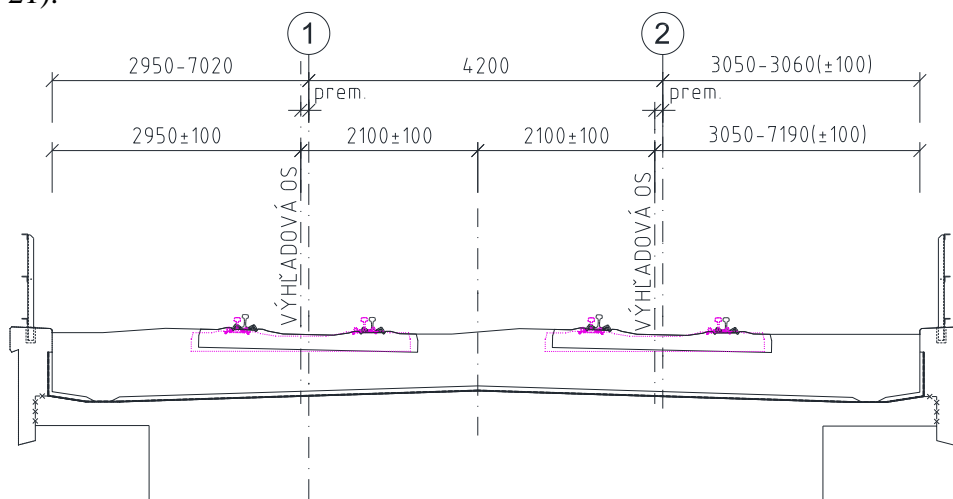
Max. únosnosť 1 mp:	$V_{Rd}=(A_b \cdot f_{cd}+A_a \cdot f_{yd})/\gamma_t=$	2672,83 kN	vyhovuje	$A_a=$	0,0092991 m²
Únosnosť osamelej mikropilóty-MKP Geo5:		1517,39 kN	vyhovuje		
Únosnosť mikropilóty na vzper:					
Modul reakcie prostredia:	$k_h=(A \cdot f_{cd})/(4d \cdot E_{cm} \cdot l)=$	0,77 MN.m⁻³		$I=$	2,59E-05 m⁴
Min. únosnosť:	$V_{Rd,min}=2 \cdot (k_h \cdot E_{cm} \cdot l)^{0,5}=$	1517,84 kN	$V_{Rd,min} \geq V_{Ed1}$		
		$V_{Rd,min} \geq V_{Ed1}$	vyhovuje		
Únosnosť koreňa pilóty:					
Medzné plášťové trenie i-tej vrstvy:	$f_{s1}=$	230,00 kPa		$h_1=$	5,60 m
	$f_{s2}=$	230,00 kPa		$h_2=$	10,00 m
	$f_{s3}=$	0,00 kPa		$h_3=$	0,00 m
	$f_{s4}=$	0,00 kPa		$h_4=$	0,00 m
	$f_{s5}=$	0,00 kPa		$h_5=$	0,00 m
	$f_{s6}=$	0,00 kPa		$h_6=$	0,00 m
Únosnosť plášťa:	$U_{fd}=\sum \pi \cdot \phi_k \cdot h_i \cdot f_{si}/\gamma_s=$	3586,56 kN			
Únosnosť päty:	$U_{bd}=\pi \cdot \phi_k^2/4 \cdot R_d=$	21166,48 kN	$U_{vd} \geq V_{Ed1}$		
Únosnosť koreňa mikropilóty:	$U_{vd}=U_{bd}+U_{fd}=$	24753,04 kN	vyhovuje		
Posunutie v základovej škáry:					
Horizontálna únosnosť MP x počet:		85533,29 kN			
Trenie v základovej škáre:		44551,46 kN	$R_{d,H} \geq H_d$		
	$R_{d,H}=$	130084,74 kN	vyhovuje		

8. Statický výpočet nosnej betónovej konštrukcie (MK2)

8.1 Geometrické parametre nosnej konštrukcie

Vzhľadom na spôsob zhotovenia nosnej konštrukcie MK2, je táto navrhnutá ako dvojkoľajná (bez pozdĺžnej dilatácie). Vzhľadom k možnej zmene polohy koľaje na moste od projektovanej polohy, je potrebné uvažovať zaťažovacie stavy vyvolávajúce najnepriaznivejšie vnútorné sily.

Pre potreby statického výpočtu boli zavedené určité zjednodušenia a predpoklady. V prípade geometrie mostovky ide hlavne o zanedbanie vyspádovania dna vane, kde sa uvažovalo v priečnom smere s konštantnou hrúbkou. V pozdĺžnom smere je nosná konštrukcia uvažovaná premennej hrúbky (obr. 21).



obr. 21 Navrhované a uvažované krajné polohy koľaje

Vzhľadom k možnej zmene polohy koľaje na moste od projektovanej polohy, je potrebné uvažovať zaťažovacie stavy vyvolávajúce najnepriaznivejšie vnútorné sily. V súlade s STN EN 1991-2 je uvažované s najkrajnejšou možnou polohou koľaje. V prípade analyzovanej konštrukcie je tak počítané nie s projektovanou polohou, ale s najnepriaznivejšou možnou polohou koľaje. Poloha koľaje je uvažovaná v najnepriaznivejších stavoch pre dočasný ako aj výhladový stav.

Z dispozičného riešenia vyplýva plocha štrkového lôžka pre krajnú polohu koľaje cca $6,475\text{m}^2/\text{bm}$ – $11,122\text{m}^2/\text{bm}$, čo predstavuje priemernú hrúbku 634,68mm–792,45mm. Túto priemernú hrúbku (plochu) lôžka po celej šírke a dĺžke mosta budeme ďalej uvažovať pre určenie zaťaženia s možným rozptylom $\pm 30\%$ podľa STN EN 1990.

8.2 Výpočtový model nosnej konštrukcie

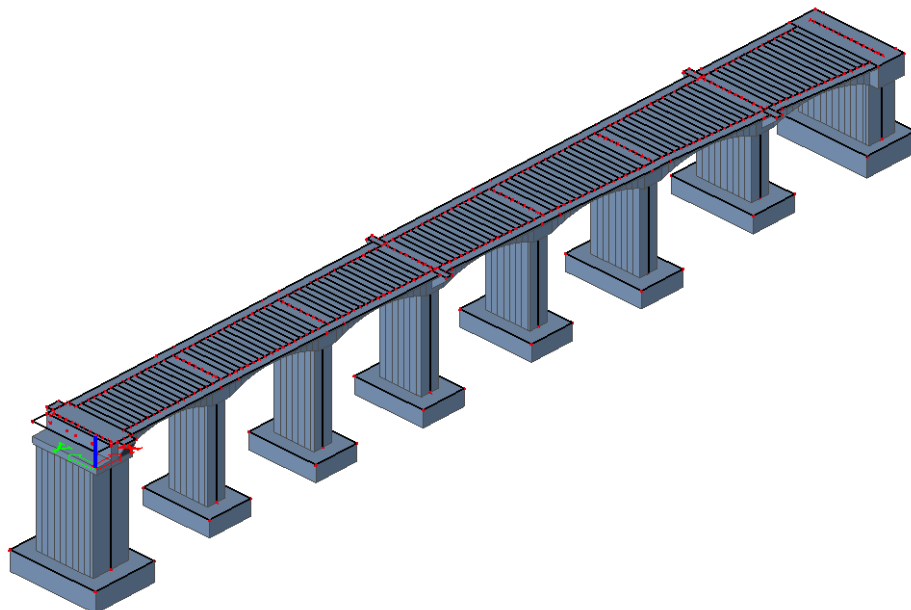
8.2.1 Opis výpočtového modelu

Výpočtový model nosnej konštrukcie bol analyzovaný vo výpočtovom prostredí CAD systému SCIA Engineer.

Výpočtový model nosnej konštrukcie zohľadňuje všetky relevantné geometrické a materiálové charakteristiky konštrukcie. Je uvažované aj s rozšírením nosnej konštrukcie v oblasti napojenia dočasnej a výhladovej polohy nosnej konštrukcie.

Konštrukcia bola modelovaná doskovými a stenovými 2D konečnými prvkami, pričom základný materiál bol zadaný betón C30/37 s modulom pružnosti $E=32,8\text{GPa}$. Hrúbka nosnej konštrukcie bola v pozdĺžnom smere zadaná premenná, čím sa dosiahla zmena tuhosti nosnej konštrukcie po dĺžke prierezu. Rímsové konzoly boli uvažované ako dosky konštantného prierezu

priemernou hodnotou. Bočná rímša vymedzujúca žľab pre koľajové lôžko je uvažovaná ako prídavné zaťaženie na konštrukciu, teda s jej pôsobením v pozdĺžnom smere neuvažujeme. Vo výpočte je tak zohľadnená technologická prestávka počas betonáže rímšy.



obr. 22 Vizualizácia výpočtového modelu

Nosná konštrukcia bola modelovaná aj vrátane spodnej stavby. Uvažovaná šírka piliera v modelovanej nosnej konštrukcii je 3000mm. Spoločný pilier pre MK1 a MK2 je uvažovaný šírkou 6050mm. Krajná podpera je uvažovaná šírky 4400mm. Medziláhle piliere sú uložené na základových blokoch hr. 2500mm. Krajný pilier a krajná opora sú uložené na základových blokoch hr. 3000mm. Základové bloky boli modelované na pružnom podloží modelom SOILIN. Zároveň boli modelované aj bodové podpery nahrádzajúce mikropilóty.

8.2.2 Charakteristiky materiálov

tab. 27 Materiály použité vo výpočtovom modeli

Názov	Typ	Merná hmotnosť [kg/m ³]	E modul [MPa]	Poissonov súčiniteľ	G modul [MPa]	Tepelná rozťažnosť [m/mK]	Poznámka
C30/37	Betón	2500,0	32800	0,2	14208,0	0,0	Nosná konštrukcia, spodná stavba
B 500B	Oceľ	7850,0	200000,0	0,3	83333,3	0,0	Nosná konštrukcia, spodná stavba

8.3 Výpočet zaťaženia na nosnú konštrukciu

8.3.1 Zaťaženie stále

Vlastná tiaž nosnej konštrukcie

Vlastná tiaž nosnej konštrukcie je generovaná výpočtovým programom. Tiaž železobetónu je uvažovaná hodnotou 2500kg/m³.

8.3.2 Zaťaženie premenné dlhodobé

a) Doplnok k vlastnej tiaži

Modelovaná je tiaž ŽB rímšy (po oddebnení pôsobí táto na ŽB konštrukciu). ŽB rímša pôsobí približne na vonkajšom okraji namodelovanej dosky

$$0,454\text{m}^2 \cdot 25 = 11,35\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

b) Vybavenie mosta

Predstavuje tiaž zábradlia, ktorá je odhadovaná hodnotou 0,5kN/m, a pôsobí približne na vonkajšom okraji výpočtového modelu.

c) Izolácia

Predstavuje tiaž izolácie hr. 10mm a ochrannej cementovej vrstvy hr. 50mm celková dĺžka izolácie je 11,25m, ktorá pôsobí cca na namodelovanej doske šírky 10,6m a 15,255m, ktorá pôsobí na cca na namodelovanej doske šírky 14,435m

$$(0,05 \cdot 25 + 0,01 \cdot 14) \cdot 11,25 / 10,6 = 1,475\text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{pre medzné stavy únavy a použiteľnosti}$$

$$(0,05 \cdot 25 + 0,01 \cdot 14) \cdot 15,255 / 14,435 = 1,469\text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{pre medzné stavy únavy a použiteľnosti}$$

Pre medzné stavy únosnosti berieme charakteristickú hodnotu o 20% väčšiu alebo menšiu – v súlade s odporúčaniami STN EN 1990, teda:

$$1,2 \cdot 1,475 = 1,770\text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{resp.} \quad 0,8 \cdot 1,475 = 1,180\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$1,2 \cdot 1,469 = 1,763\text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{resp.} \quad 0,8 \cdot 1,469 = 1,175\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

d) Tiaž štrkového lôžka

V tomto zaťažovacom stave je tiaž štrkového lôžka s plochou 6,475m²-11,122m² v rámci šírky mosta. Priemerná tiaž pôsobiaca na dno vane šírka 10,2m a 14,035m je tak:

$$6,475\text{m}^2 / 10,2\text{m} \cdot 20 = 12,696\text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{pre medzné stavy únavy a použiteľnosti}$$

$$11,122\text{m}^2 / 14,035\text{m} \cdot 20 = 15,849\text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{pre medzné stavy únavy a použiteľnosti}$$

Pre medzné stavy únosnosti berieme charakteristickú hodnotu o 30% väčšiu alebo menšiu – v súlade s odporúčaniami STN EN 1990, teda

$$1,3 \cdot 12,696 = 16,505\text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{resp.} \quad 0,7 \cdot 12,696 = 8,887\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$1,3 \cdot 15,849 = 20,604\text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{resp.} \quad 0,7 \cdot 15,849 = 11,094\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Prípadné káblové žľaby nezohľadňujeme, pretože tiaž odobratej časti štrkového lôžka a podbetónávky s káblovým žľabom je približne rovnaká.

e) Tiaž zvršku

Podvaly, koľajnice a upevňovadlá – odhadom 4,8kN/m – sa roznesú cez štrkové lôžko v sklone 4:1 (podobne ako účinky vlaku) na šírku 2870mm

$$4,8 / 2,870 = 1,673\text{kN} / \text{m}^2$$

f) Pokles podpier

Nakoľko sa jedná o spojitú konštrukciu je uvažované z nerovnomerným poklesom podpier. Celkový pokles podpier je uvažovaný hodnotou:

$$U = 20,0\text{mm}$$

g) Zaťaženie trakčným stožiarom

Zaťaženie trakčným stožiarom je uvažované 3800mm od osi koľaje a vždy v osi uloženia na vnútorných pilieroch. Je uvažované po oboch stranách nosnej konštrukcie.

Trakčné brány 151-154

Zvislý smer

Vlastná tiaž stĺpa a zostavy: $F_z = 17\text{kN}$

Pozdĺžny smer

Sily pôsobiace na trakčnú zostavu jedného stĺpa v kotvení:

$$M_y = 210\text{kNm}$$

$$F_y = 25\text{kN}$$

Priečny smer

Sily pôsobiace na trakčnú zostavu jedného stĺpa v kotvení:

$$M_z = 130\text{kNm}$$

$$F_z = 15\text{kN}$$

Trakčné brány 149-150

Zvislý smer

Vlastná tiaž stĺpa a zostavy: $F_z = 36\text{kN}$

Pozdĺžny smer

Sily pôsobiace na trakčnú zostavu jedného stĺpa v kotvení:

$$M_y = 288 \text{ kNm}$$

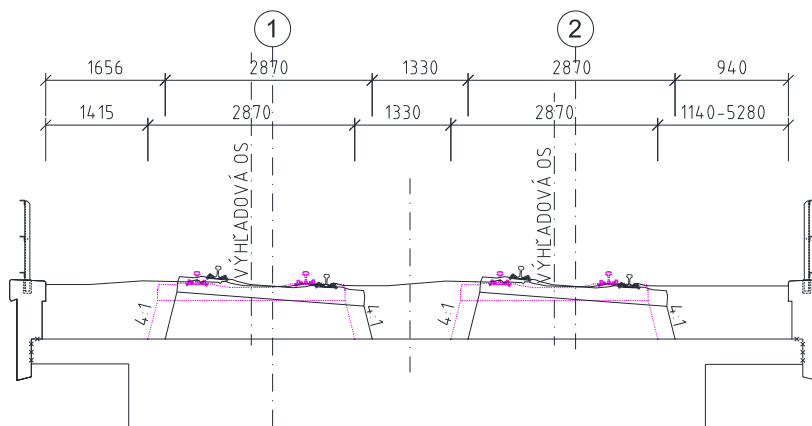
$$F_y = 40 \text{ kN}$$

Priečny smer

Sily pôsobiace na trakčnú zostavu jedného stĺpa v kotvení:

$$M_z = 130 \text{ kNm}$$

$$F_z = 15 \text{ kN}$$



obr. 23 Roznos tiaže zvršku (podvalov, koľajníc a upevňovadiel)

8.3.3 Zaťaženie dopravou

8.3.3.1 Zvislé účinky železničnej dopravy

Vo výpočte bolo uvažované s týmito zaťažovacími modelmi podľa STN EN 1991-2

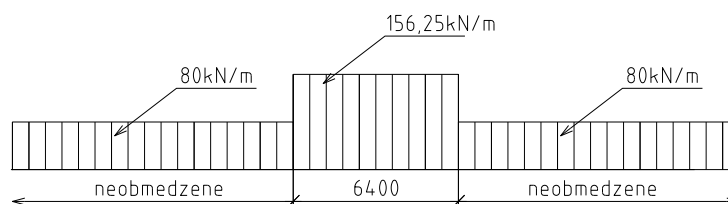
zaťažovací model 71

zaťažovací model SW/0

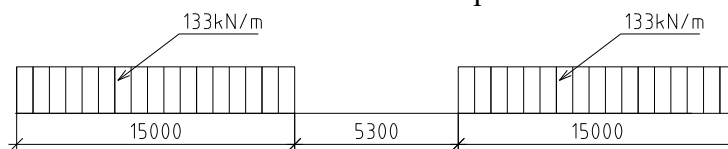
zaťažovací model SW/2

Uvažujeme rovnomerný roznos cez štrkové lôžko v pozdĺžnom smere. V prípade roznosu kolesových síl LM71 ide o čiastočné zjednodušenie, ktoré nijako významne neovplyvní výsledky.

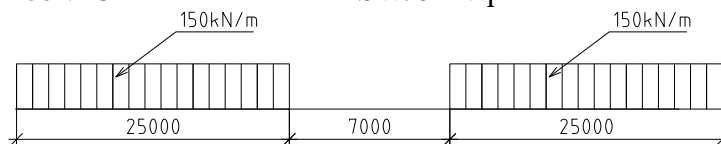
Hodnoty q_{vk} :



obr. 24 zaťažovací model 71 – v pozdĺžnom smere

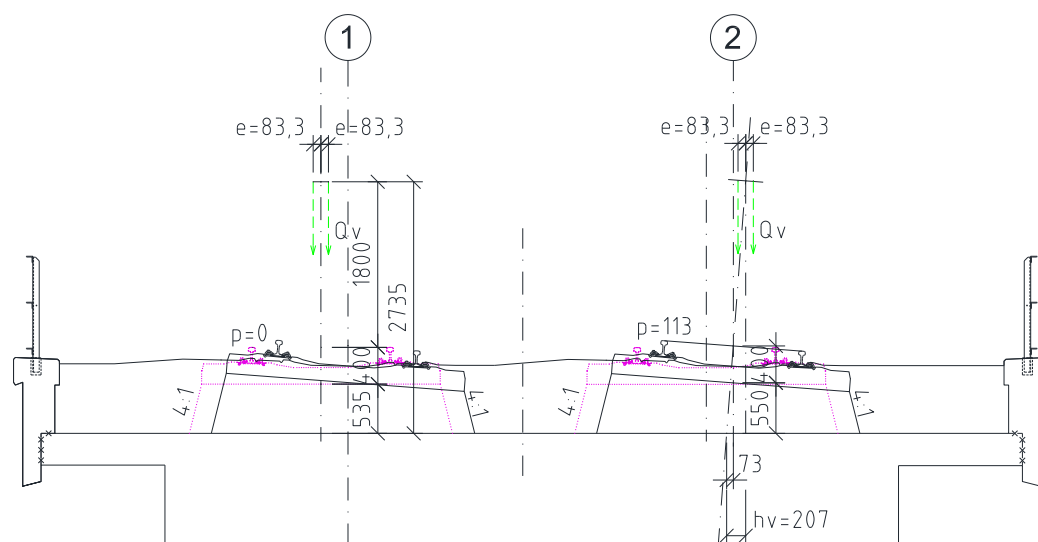


obr. 25 zaťažovací model SW/0 – v pozdĺžnom smere



obr. 26 zaťažovací model SW/2 – v pozdĺžnom smere

V priečnom smere na most uvažujeme roznos cez lôžko pod uhlom 4:1. Pri modeli 71 a SW/0 uvažujeme aj so zohľadnením možnej excentricity „e“ (nerovnomerné rozmiestnenie tiaže na jednotlivé koľajnice). Budeme uvažovať vždy roznášaciu šírku 2870mm.

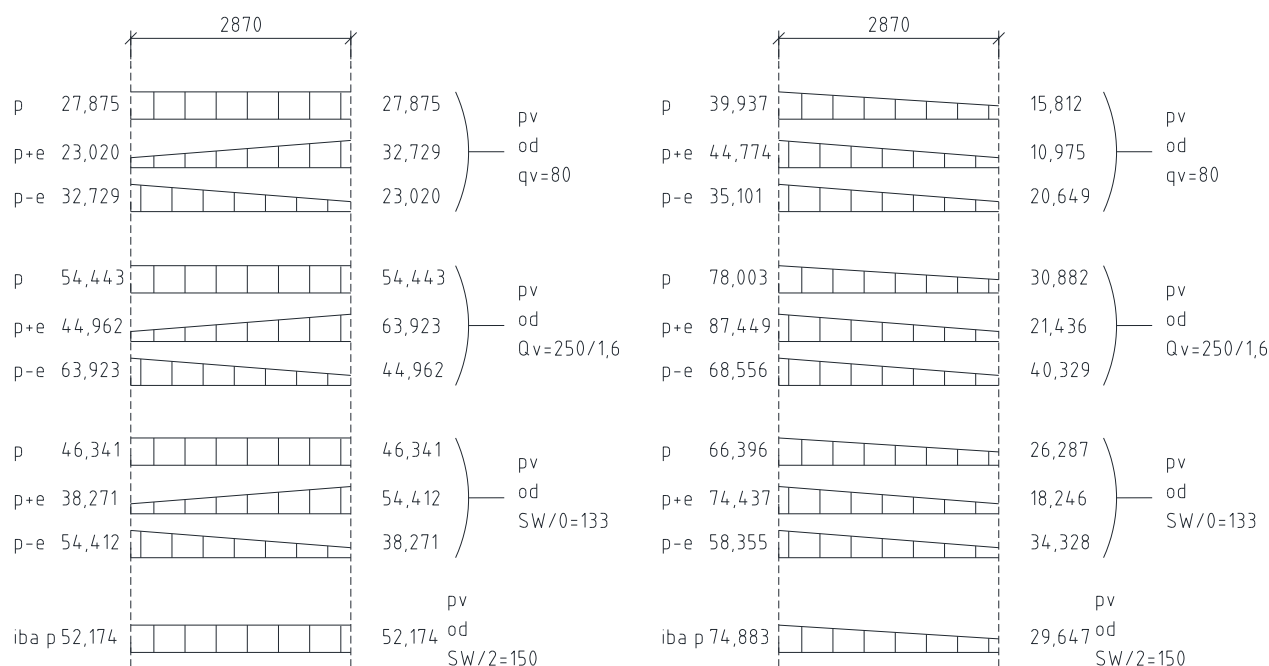


obr. 27 Schéma priečného roznosu cez koľajové lôžko

Hodnota plošného rovnomerného zaťaženia pod podvalmi je potom daná vzťahom:

$$p_v = \frac{q_{vk}}{b} \left(1 \pm 6 \cdot \frac{h - e}{b} \right)$$

Pre koľaj s prevýšením $p=0,0\text{mm}$ ($h_v=0\text{mm}$) a pre prevýšenie koľaje $p=113,0\text{mm}$ ($h_v=207\text{mm}$) a možnú excentricitu $e=83,3\text{mm}$ dostávame hodnoty uvedené na obr. 28.



obr. 28 Hodnoty plošných zaťažení p_v [kN/m^2] pod podvalmi

Hodnoty je ešte potrebné prenásobiť v relevantných prípadoch súčiniteľom klasifikovaného zvislého zaťaženia, ktorý má hodnotu zaťaženia $\alpha=1,21$

Prenásobenie je vykonané až pri tvorbe jednotlivých kombinácií zaťaženia, nakoľko v niektorých prípadoch (overenie deformácií, únavovej odolnosti, ...) sa vychádza z charakteristických hodnôt zvislého zaťaženia, teda bez súčiniteľa γ .

8.3.3.2 Odstredivé sily

Odstredivé sily pre výhľadové koľaje neuvažujeme, nakoľko uvedené koľaje sú na danom mostnom objekte vedené v priamej. Pre dočasné koľaje, ktoré nadväzujú na existujúcu trať, odstredivú silu vyjadríme ako:

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot Q_{vk} \cdot f \quad \text{resp.} \quad q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot q_{vk} \cdot f$$

Uvažujeme odstredivú silu pre polomer $R_1 = 800\text{m}$. Odstredivá sila pôsobí po celej dĺžke nosnej konštrukcie.

Návrhová rýchlosť na moste je $V = 150\text{km/hod}$, čo predstavuje $v = 41,666\text{m/s}$.

Je potrebné však uvažovať aj s rýchlosťou $V = 120\text{km/hod}$, čo predstavuje $v = 33,333\text{m/s}$.

Pre model SW/2 sa uvažuje $V_{SW/2} = 80\text{km/hod}$, teda $v_{SW/2} = 22,222\text{m/s}$.

Pre $V = 150\text{km/hod}$	$Q_{tk} = 0,2212 \cdot Q_{vk} \cdot f$	resp. $q_{tk} = 0,2212 \cdot q_{vk} \cdot f$
Pre $V = 120\text{km/hod}$	$Q_{tk} = 0,1416 \cdot Q_{vk} \cdot f$	resp. $q_{tk} = 0,1416 \cdot q_{vk} \cdot f$
Pre $V = 80\text{km/hod}$	$Q_{tk} = 0,0629 \cdot Q_{vk} \cdot f$	resp. $q_{tk} = 0,0629 \cdot q_{vk} \cdot f$

Redukčný súčiniteľ f zistíme jednotne pre celý most s účinnou dĺžkou $L_f = L_t = 18\text{m}$ zo vzťahu:

$$f = \left[1 - \frac{V - 120}{1000} \cdot \left(\frac{814}{V} + 1,75 \right) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2,88}{L_f}} \right) \right] = \left[1 - \frac{160 - 120}{1000} \cdot \left(\frac{814}{160} + 1,75 \right) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2,88}{30}} \right) \right] = 0,871$$

Každý prvok má inú hodnotu f . Čo je však veľmi náročné na určenie kombinácií. Navyše LM71 by sme mali uvažovať s alternatívami so zvislým zaťažením ako:

$$\begin{aligned} &Q_v \cdot (\alpha = 1,21) + Q_t = 0 \\ &Q_v \cdot (\alpha = 1,21) + Q_{t(120\text{km/hod})} \cdot (f = 1,0) \cdot (\alpha = 1,21) \\ &Q_v \cdot (\alpha = 1,21) + Q_{t(160\text{km/hod})} \cdot (f = 0,871) \cdot (\alpha = 1,0) \end{aligned}$$

Vzhľadom na fakt, že v treťom prípade vynechaním súčiniteľa α pre zvislé zaťaženie je na strane nebezpečnej a $Q_{t(120\text{km/hod})} \cdot (f = 1,0)$ je hodnota menšia ako $Q_{t(160\text{km/hod})} \cdot (f = 0,871)$ uvažujeme pre celú nosnú konštrukciu konzervatívnu alternatívu na strane bezpečnej pre LM71 a SW/0:

$$Q_v \cdot (\alpha = 1,21) + Q_{t(160\text{km/hod})} \cdot (f = 0,871) \cdot (\alpha = 1,21)$$

Použitím konzervatívneho prístupu získame dostatočnú rezervu aj pre prvky ktoré majú kratšiu dĺžku L_f .

Pre SW/2 ostáva v platnosti:

$$Q_v \cdot (\alpha = 1,21) + Q_{t(80\text{km/hod})} \cdot (f = 1,0) \cdot (\alpha = 1,21)$$

Teda veľkosť odstredivých síl budeme uvažovať 1800mm nad temenom koľaje hodnotou:

Zaťažovací model 71:

$$q_{tk,1} = 0,2212 \cdot (0,871 \cdot 156,25) = 30,104\text{kN/m} \quad (\text{pre úsek dl. } 6400\text{mm})$$

$$q_{tk,2} = 0,2212 \cdot (0,871 \cdot 80) = 15,413\text{kN/m} \quad (\text{pre ostatné úseky})$$

Zaťažovací model SW/0:

$$q_{tk,SW/0} = 0,2212 \cdot (0,871 \cdot 133) = 25,625\text{kN/m}$$

Zaťažovací model SW/2:

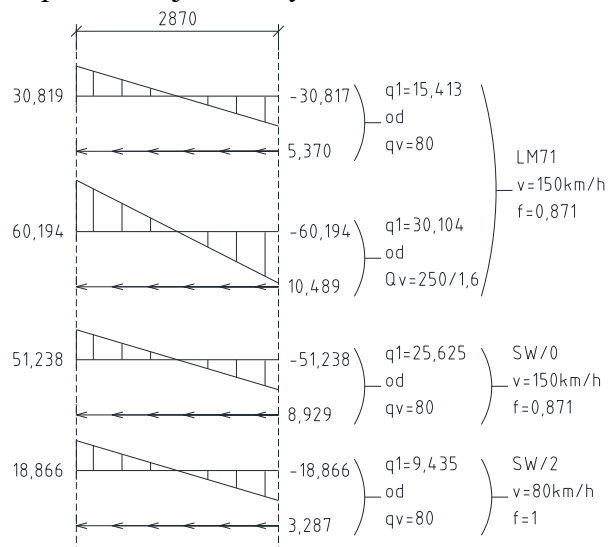
$$q_{tk,SW/2} = 0,0629 \cdot (1 \cdot 0,150) = 9,435\text{kN/m}$$

Hodnoty plošných zaťažení uvažovaných na povrchu nosnej konštrukcie určíme zo vzťahov:

$$p_{t,z} = \pm \frac{q_{tk} \cdot h_t \cdot 6}{b^2} \quad \text{pre „motýlikový“ priebeh plošného zvislého zaťaženia (odľahčenia)}$$

$$p_{t,y} = \frac{q_{tk}}{b} \quad \text{pre horizontálne plošné zaťaženie pôsobiace naprieč mosta}$$

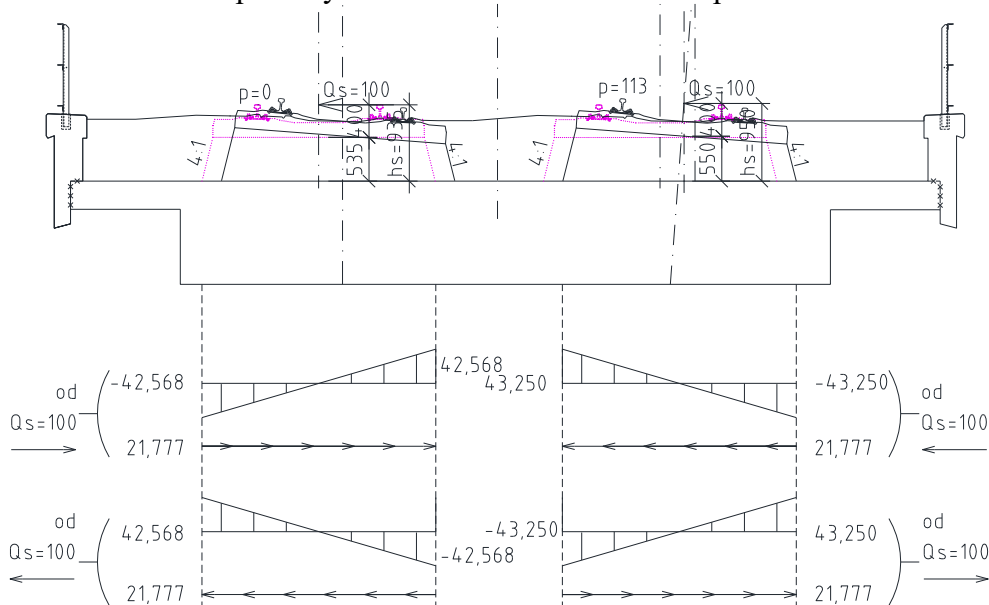
Zaťaženie sa uvažuje na rovnakej dĺžke ako zvislé účinky vlaku. Hodnoty je ešte potrebné prenásobiť v relevantných prípadoch súčiniteľom klasifikovaného zvislého zaťaženia $\alpha=1,21$. Prenásobenie je vykonané až pri tvorbe jednotlivých kombinácií zaťažení.



obr. 29 Hodnoty plošných zaťažení $p_{t,z}$ a $p_{t,y}$ [kN/m²] pod podvalmi na šírke 2,870m

8.3.3.3 Bočné nárazy

Uvažujeme silu $Q_{sk}=100\text{kN}$. Uvažujeme s jej roznosom v priečnom smere v sklone 4:1 na šírku $b=2,870\text{m}$ (ako zvislé zaťaženie) a v pozdĺžnom smere mosta na dĺžku 1,6m (čo odpovedá rovnomernému roznosu na 3 podvaly so zanedbaním sklonu 4:1 v pozdĺžnom smere).



obr. 30 Hodnoty plošných zaťažení $p_{s,z}$ a $p_{s,y}$ [kN/m²] pod podvalmi na šírke 2,870m a dĺžke 1,6m

Teda hodnoty plošných zaťažení uvažovaných na povrchu nosnej konštrukcie na ploche $2,870 \times 1,6\text{m}$ určíme zo vzťahov:

$$p_{s,z} = \pm \frac{Q_{tk} \cdot h_s \cdot 6}{b^2 \cdot 1,6} \quad \text{pre „motýlikový“ priebeh plošného zvislého zaťaženia (odľahčenia)}$$

$$p_{s,y} = \frac{Q_{sk}}{b \cdot 1,6} \quad \text{pre horizontálne plošné zaťaženie pôsobiace naprieč mosta}$$

Zaťaženie sa uvažuje v najnepriaznivejšej polohe. Hodnoty je ešte potrebné prenásobiť v relevantných prípadoch súčiniteľom klasifikovaného zvislého zaťaženia $\alpha=1,21$. Prenásobenie je vykonané až pri tvorbe jednotlivých kombinácií zaťažení.

8.3.3.4 Brzdné a rozjazdové sily

8.3.3.4.1 Rozjazdové sily pre LM71, SW/0 a SW/2

Má sa uvažovať hodnotou $Q_{la}=33\text{kN}$. $L_{ab} \leq 1000\text{kN}$. Roznos uvažujeme na šírku $b=2,870\text{m}$. modelované je ako excentrické zaťaženie na dosku s excentricitou $e=0,935\text{m}$ a $e_z=0,95\text{m}$. Hodnota plošného zaťaženia je:

$$p_{la,x} = 33/b = 33/2,870 = 11,498\text{kN/m}^2 \quad \text{s excentricitou } e_z=0,935\text{m a } e_z=0,950\text{m}$$

S maximálnou dĺžkou zaťaženia: $L_{ab,max}=1000/33 = 30,3\text{m}$. Zaťaženie sa uvažuje na rovnakej dĺžke mosta ako zaťaženie zvislými účinkami, ak však presiahne dĺžka zaťaženia zvislými účinkami túto dĺžku, uvažuje sa zaťaženie rozjazdovými silami iba na tejto dĺžke.

8.3.3.4.2 Brzdné sily pre LM71 a SW/0

Má sa uvažovať hodnotou $Q_{la}=20\text{kN}$. $L_{ab} \leq 6000\text{kN}$. Roznos uvažujeme na šírku $b=2,870\text{m}$. modelované je ako excentrické zaťaženie na dosku s excentricitou $e=0,935\text{m}$ a $e_z=0,95\text{m}$. Hodnota plošného zaťaženia je:

$$p_{lb,x} = 20/b = 20/2,870 = 6,969\text{kN/m}^2 \quad \text{s excentricitou } e_z=0,935\text{m a } e_z=0,950\text{m}$$

S maximálnou dĺžkou zaťaženia: $L_{ab,max}=6000/20 = 300\text{m}$. Zaťaženie sa uvažuje na rovnakej dĺžke mosta ako zaťaženie zvislými účinkami, ak však presiahne dĺžka zaťaženia zvislými účinkami túto dĺžku, uvažuje sa zaťaženie brzdnými silami iba na tejto dĺžke. Pri porovnaní s hodnotou Q_{la} je zrejmé, že brzdné sily majú pre LM71 väčší účinok ako rozjazdové ak zaťažovacia dĺžka dĺžku L_{ab} presiahne 50m.

8.3.3.4.3 Brzdné sily pre SW/2

Má sa uvažovať hodnotou $Q_{la}=35\text{kN}$. $L_{ab} \leq 6000\text{kN}$. Roznos uvažujeme na šírku $b=2,870\text{m}$. modelované je ako excentrické zaťaženie na dosku s excentricitou $e=0,935\text{m}$ a $e_z=0,95\text{m}$. Hodnota plošného zaťaženia je:

$$p_{lb,x} = 35/b = 35/2,870 = 12,195\text{kN/m}^2 \quad \text{s excentricitou } e_z=0,935\text{m a } e_z=0,950\text{m}$$

S maximálnou dĺžkou zaťaženia: $L_{ab,max}=6000/35 = 171,5\text{m}$. Zaťaženie sa uvažuje na rovnakej dĺžke mosta ako zaťaženie zvislými účinkami, ak však presiahne dĺžka zaťaženia zvislými účinkami túto dĺžku, uvažuje sa zaťaženie brzdnými silami iba na tejto dĺžke. Pri porovnaní s hodnotou Q_{la} je zrejmé, že brzdné sily majú pre SW/2 väčší účinok ako rozjazdové.

Hodnoty zaťaženia od brzdných a rozjazdových síl je ešte potrebné prenásobiť v relevantných prípadoch súčiniteľom klasifikovaného zvislého zaťaženia $\alpha=1,21$. Prenásobenie je vykonané až pri tvorbe jednotlivých kombinácií zaťažení.

8.3.3.5 Dynamické účinky

Dynamické účinky zohľadňujeme dynamickým súčiniteľom, podľa STN EN 1991-2+NA.

$$L_{\phi}=k \cdot 1/n \cdot (L_1+L_2+L_3+L_4)=1,5 \cdot 1/7 \cdot (7 \cdot 18,0)= 27,0\text{m}$$

$$\delta = \frac{2,16}{\sqrt{L_{\phi}} - 0,2} + 0,73 = \frac{2,16}{\sqrt{27,0} - 0,2} + 0,73 = 1,16 \rightarrow \delta = 1,16$$

8.3.4 Zaťaženie vetrom

8.3.4.1 Úvod

Uvažovali sme len zaťaženie naprieč mostom. Pozdĺžny vietor nie je uvažovaný. Uvažujeme zaťaženie podľa STN EN 1991-4. Mostný objekt sa nachádza s fundamentálnou hodnotou základnej rýchlosti vetra $v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$. Ide o most nad širokým vodným tokom, preto bezpečne uvažujeme kategóriu terénu II.

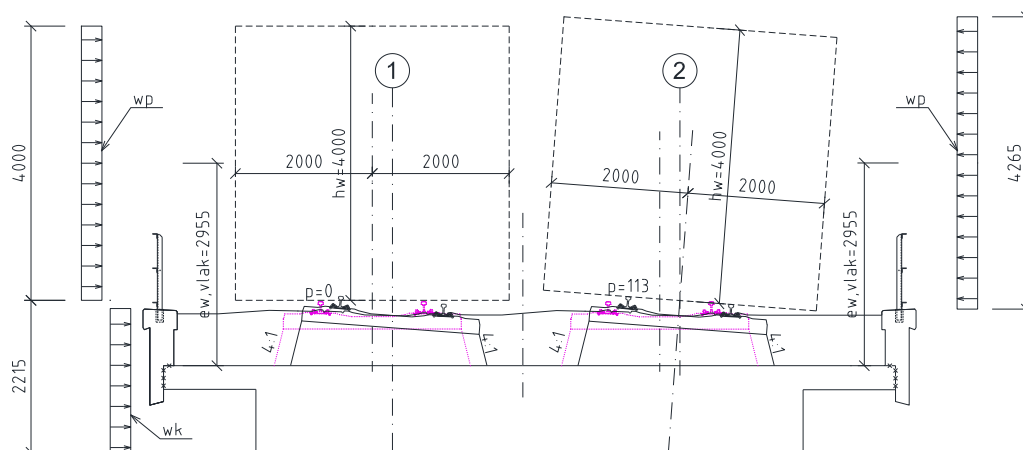
Z tabuľky NB2 v STN EN 1991-4/NA dostávame tieto hodnoty špičkového tlaku vetra:

NK: $q_p(13,0) = 1,0518 \text{ kN/m}^2$ pre priemernú výšku nosnej konštrukcie cca 13m nad terénom

Vlak: $q_p(17,0) = 1,1292 \text{ kN/m}^2$ pre výšku 17m nad terénom. Pás pohyblivého zaťaženia výšky 4m nad temenom koľajnice.

8.3.4.2 Vietor na mostovku a pás pohyblivého zaťaženia

Uvažujeme vietor na mostovku a pás pohyblivého zaťaženia podľa obr. 31.



obr. 31 Uvažované zaťaženie vetrom

Zaťaženie mostovky:

$$b/d_{\text{tot}} = 11,0/4 = 2,75 \rightarrow c_{f,x} = 1,8$$

$$b/d_{\text{tot}} = 14,8/4 = 3,7 \rightarrow c_{f,x} = 1,4$$

$$p_{w,K} = c_{f,x} \cdot q_p(13,0) = 1,8 \cdot 1,0518 = 1,893 \text{ kN/m}^2$$

zaťaženie pre vietor

$$w_{k,\text{doska}} = p_{w,K} \cdot h_{w,K} = 1,893 \cdot 4 = 7,572 \text{ kN/m}$$

zvislé pritáženie mostovky od priečného vetra

zaťaženie pôsobí na celú mostovku – plošne na celý pôdorys mosta, jeho intenzita je:

$$p_{z,\text{most,prítaz}} = C_f \cdot q_p(13,0) = 0,9 \cdot 1,0518 = 0,947 \text{ kN/m}^2$$

Zaťaženie pásu pohyblivého zaťaženia:

$$p_{w,\text{vlak}} = c_{f,x} \cdot q_p(17) = 1,8 \cdot 1,1292 = 2,033 \text{ kN/m}^2$$

Vietor je modelovaný plošným zaťažením na mostovku. Podobne ako účinky vlaku, využijeme roznos zaťaženia cez podvaly a štrkové lôžko na šírku $b = 2,870 \text{ m}$.

zaťaženie pre vietor

pre „motýlikový“ priebeh plošného zvislého pritáženia (odľahčenia)

$$p_{w,z} = \pm \frac{p_{w,vlak} \cdot h_{w,vlak} \cdot e_{w,vlak} \cdot 6}{b^2} = \pm \frac{2,033.4, 0.2, 955.6}{2,870^2} = \pm 17,504 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{w,z} = \pm \frac{p_{w,vlak} \cdot h_{w,vlak} \cdot e_{w,vlak} \cdot 6}{b^2} = \pm \frac{2,033.4, 265.2, 955.6}{2,870^2} = \pm 18,664 \text{ kN/m}^2$$

pre horizontálne plošné zaťaženie pôsobiace naprieč mosta

$$p_{w,y} = \frac{p_{w,vlak} \cdot h_{w,vlak}}{b} = \frac{2,033.4, 0}{2,870} = 2,834 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{w,y} = \frac{p_{w,vlak} \cdot h_{w,vlak}}{b} = \frac{2,033.4, 265}{2,870} = 3,021 \text{ kN/m}^2$$

8.3.5 Zaťaženie zemným tlakom

Predstavuje vodorovné zložky zaťaženia zemným tlakom. Uvažovaný je zemný tlak v pokoji, pričom je uvažovaný štrkopieskový zásyp s parametrami $\varphi_{ef} = 30^\circ$, $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$. Súčiniteľ zemného tlaku v pokoji sa uvažuje podľa rovnice $K_0 = 1 - \sin \varphi$. Normové hodnoty zemného tlaku sa vypočítajú podľa [11] s uvažovaním normových pevnostných a pretvárných charakteristík zeminy a normovej hodnoty objemovej tiaže zeminy.

Súčiniteľ zaťaženia pre toto zaťaženie je $\gamma_G = 1,0$ a $\gamma_Q = 1,3$.

8.3.5.1 Zemný tlak v pokoji

Celkový tlak pôsobiaci na konštrukciu

Bod čís.	Hĺbka [m]	Vod.zložka [kPa]	Zvis. zložka [kPa]
1	0,00	0,00	0,00
2	0,04	8,74	0,00
3	11,00	130,27	0,00
4	13,50	144,13	0,00

Výsledné sily

Celkový vodorovný tlak pôsobiaci na konštrukciu	= 1105,08 kN/m
Pôsobisko vodorovnej zložky je v hĺbke	= 8,72 m
Celkový zvislý tlak pôsobiaci na konštrukciu	= 0,00 kN/m
Vzdialenosť ťažiska zvislej zložky od vrchu konštrukcie	= 0,00 m

8.3.5.2 Zemný tlak s prítlažením

Celkový tlak pôsobiaci na konštrukciu

Bod čís.	Hĺbka [m]	Vod.zložka [kPa]	Zvis. zložka [kPa]
1	0,00	32,65	0,00
2	0,04	41,39	0,00
3	11,00	162,92	0,00
4	13,50	176,78	0,00

Výsledné sily

Celkový vodorovný tlak pôsobiaci na konštrukciu	= 1545,81 kN/m
Pôsobisko vodorovnej zložky je v hĺbke	= 8,15 m
Celkový zvislý tlak pôsobiaci na konštrukciu	= 0,00 kN/m
Vzdialenosť ťažiska zvislej zložky od vrchu konštrukcie	= 0,00 m

8.3.6 Zaťaženie z MK1

Zaťaženie z nosnej konštrukcie MK1 je aplikované ako zaťaženie reakciami na spoločnom pilieri P4.

	R_z [kN]	R_x [kN]
- Vlastná tiaž NK	654,27	122,28
- Doplnok k vlastnej tiaži	257,62	103,37
- Tiaž kompozitu	5,10	2,78
- Zábradlie	11,54	4,77
- Izolácia	71,04	6,68
- Štrkové lôžko	677,48	63,70
- Železničný zvršok	33,84	13,17
- Trakčné podpery	4,04	12,65
- LM71-Q _v	960,22	360,64
- LM71-Q _B	20,52	894,46
- SW/0-Q _v	982,52	374,71
- SW/0-Q _B	2,96	539,19
- SW/2-Q _v	1172,74	571,38
- SW/2-Q _B	1,64	523,11
- Bočné rázy	31,95	1,67
- Revízna lávka	30,96	23,27
- Vietor na mostovku	88,54	431,45
- Vietor na pás poh. zať.	163,02	287,38

8.4 Výpočet vnútorných síl

Výpočet vnútorných síl bol realizovaný na výpočtovom modeli železobetónovej nosnej konštrukcie (pozri obr. 22) pomocou programu SCIA Engineer.

8.4.1 Kombinácie zaťažení

Kombinácie zaťažení rešpektujú požiadavky STN EN.

8.4.1.1 Kombinovanie stálych zaťažení „G“

Základné kombinačné pravidlo pre stále zaťaženia uvádza nasledovná tabuľka. Okrem súčiniteľov zaťaženia sú teda v prípade štrkového lôžka a izolácie uvádzané horné a dolné hranice pre určenie charakteristickej hodnoty – pozri 8.3.2.

tab. 28 kombinovanie stálych zaťažení

STÁLE „G“	koef. charakter. hodnoty		súčiniteľ zaťaženia		
	Max	Min	$\gamma_{F,ult,MAX}$	$\gamma_{F,ult,MIN}$	$\gamma_{F,serv}$
Vlastná tiaž	1,00		1,35	1,00	1,00
Doplnok k vlastnej tiaži	1,00		1,35	1,00	1,00
ŽB rímsa	1,00		1,35	1,00	1,00
Izolácia	1,20	0,80	1,35	1,00	1,00
Štrkové lôžko	1,30	0,70	1,35	1,00	1,00
Zvršok	1,00		1,35	1,00	1,00
Zábradlie	1,00		1,35	1,00	1,00
Trakcia	1,00		1,35	1,00	1,00

8.4.1.2 Skupiny zaťažení od železničnej dopravy „Q“

tab. 29 Skupiny zaťaženie železničnou dopravou

Železničné zaťaženie		Súčinitele				Uvažované alternatívy skupín	
		α	δ	f	γ_F		
LM71	Q_v	1,21	δ	-	1,45	1	1
	Q_t		-	0,871		0,5	1
	Q_s			-		0,5	1
	Q_{la}/Q_{lb}			-		1	0,5
SW/0	Q_v	1,21	δ	-	1,45	1	1
	Q_t		-	0,871		0,5	1
	Q_s			-		0,5	1
	Q_{la}/Q_{lb}			-		1	0,5
SW/2	Q_v	1,0	δ	-	1,2	1	1
	Q_t		-	1,0		0,5	1
	Q_s			-		0,5	1
	Q_{la}/Q_{lb}			-		1	0,5

Pre medzné stavy použiteľnosti platia rovnaké pravidlá, len $\gamma_F=1,00$.

8.4.1.3 Kombinácie s ostatnými zaťažzeniami

Pri kombináciách s ostatnými zaťažzeniami platilo pravidlo, že dominantným zaťažením je zaťaženie železničnou dopravou. Teda platilo:

„G“ + „Q“ + $\psi_{0,vietor} \cdot \gamma_F \cdot VIETOR$

„G“ + „Q“ + 0,75 . 1,5 . VIETOR

Kde za „G“ a „Q“ je potrebné dosadiť jednu z alternatív uvedenú v tabuľkách tab. 28 a tab. 29.

8.4.2 Vnútorne sily

Výpis vnútorných síl neuvádzame, nakoľko je to obrovské množstvo dát. Výsledné vnútorné sily a deformácie rozhodujúce pre posúdenie sú vždy použité pri konkrétnych posudkoch.

8.5 Posúdenie nosnej konštrukcie

8.5.1 Posúdenie v pozdĺžnom smere

8.5.1.1 Prierez uprostred - $M_{max} + N$

Návrh: 10 ϕ 25mm/m+10 ϕ 12mm/m, á100mm–C30/37

Prierez hr.: 1350mm (priemerná hrúbka)

$$M_0 = 2409,60 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 1354,58 \text{ kN}$$

Základná excentricita:

$$e_1 = M_0 / N_{Ed} = 1,779 \text{ m}$$

Náhodná excentricita:

$$\theta_i = (1/200) \cdot (2/l^{1/2}) = 0,04242641$$

$$e_i = \theta_i \cdot l_0 / 2 = 0,191 \text{ m}$$

Excentricita I. rádu so zohľadnením imperfekcií:

$$e_0 = e_1 + e_i = 1,970 \text{ m}$$

$$\min e_0 < e_0$$

$$\Rightarrow e_0 = 1,970 \text{ m}$$

$$\min e_0 = h/30 = 0,045 \text{ m}$$

$$0,02 < e_0$$

Návrhový moment v kritickom priereze:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} = N_{Ed} \cdot e_0 = 2668,214 \text{ kNm}$$

Návrh výstuže:

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 0,634 \text{ m}$$

$$F_{cd,lim} = x_{B,lim} \cdot b \cdot f_{cd} = 10771,825 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} > F_{cd,lim} \text{ Podmienka nevyhovuje-Prevláda ohyb}$$

$$M_{s1} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot z_{s1} = 3493,150 \text{ kNm}$$

$$x_B = d - (d^2 - 2 \cdot M_{s1} / (b \cdot f_{cd}))^{1/2} = 0,171 \text{ m} \quad \text{Oblasť III}$$

$$F_{cd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} = 2915,187 \text{ kN}$$

$$A_{s1} = (F_{cd} - N_{Ed}) / \sigma_{s1} = 0,003589 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow A_{s1} = 0,004909$$

$$\text{počet výstuží } n_1 = 10$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_1 = 25$$

$$\Rightarrow A_{s2} = 0,001131 \text{ m}^2$$

$$\text{počet výstuží } n_2 = 10$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_2 = 12$$

$$c_{nom} = 50,00 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 1,288 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi_1 = 62,50 \text{ mm}$$

$$z_{s1} = 0,613 \text{ m}$$

$$d_2 = c + 0,5 \cdot \phi_2 = 56,00 \text{ mm}$$

$$z_{s2} = 0,619 \text{ m}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_{s1} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20 \text{ mm}; d_g + 5 \text{ mm}) = 37,5 \text{ mm}$$

$$b_{n1} < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_{n1} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,6875 \text{ m}$$

$$t_{s2} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20 \text{ mm}; d_g + 5 \text{ mm}) = 27 \text{ mm}$$

$$b_{n2} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,463 \text{ m}$$

$$b_{n2} < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s,min} = \max(0,1 \cdot N_{Ed} / f_{yd}; 0,002 \cdot A_c) = 0,0027 \text{ m}^2$$

$$A_s > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s,max} = 0,4 \cdot A_c = 0,54 \text{ m}^2$$

$$A_s \leq A_{s,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Posúdenie prierezu:

BOD "0"

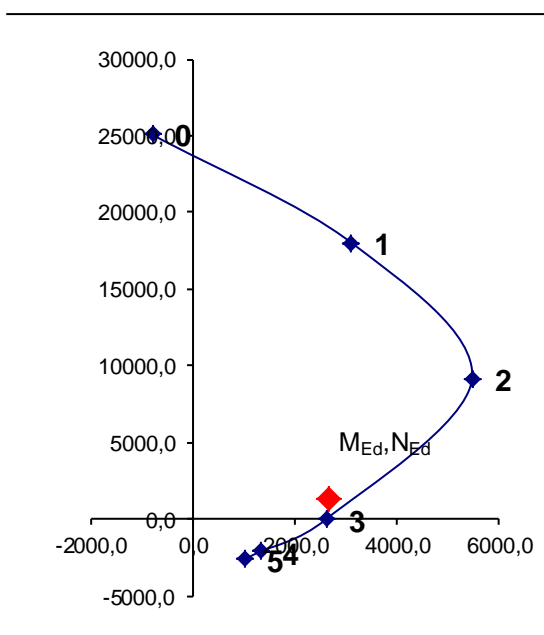
$$N_{Rd0} = b \cdot h \cdot f_{cd} + \Sigma A_s \cdot \sigma_s = 25063,908 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2} \cdot z_2 - A_{s1} \cdot z_1) \cdot \sigma_s = -807,280 \text{ kNm}$$

BOD "1"

$$N_{Rd1} = \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + F_{s2} = 18001,739 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5(h - \lambda \cdot d) + F_{s2} \cdot z_{s2} = 3105,987 \text{ kNm}$$



$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ Návrh vyhovuje}$$

BOD "2"	$N_{Rd,bal}=\lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + \Delta F_s =$	9158,693 kN
	$M_{Rd,bal}=\lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h-\lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d) + F_{s1} \cdot Z_{s1} + F_{s2} \cdot Z_{s2} =$	5471,064 kNm
BOD "3"	$N_{Rd} =$	0,000 kN
	$M_{Rd} =$	2613,857 kNm
BOD "4"	$N_{Rdt,bal} = F_{s1} =$	-2134,234 kN
	$M_{Rdt,bal} = F_{s1} \cdot Z_{s1} =$	1307,218 kNm
BOD "5"	$N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} =$	-2625,973 kN
	$M_{Rdt0} = F_{s1} \cdot Z_{s1} - F_{s2} \cdot Z_{s2} =$	1002,832 kNm

8.5.1.2 Prierez uprostred - $M + N_{max}$

Návrh: 10 ϕ 25mm/m+10 ϕ 12mm/m, ϕ 100mm –C30/37

Prierez hr.: 1350mm (priemerná hrúbka)

$$M_0 = 2260,30 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 2180,32 \text{ kN}$$

Základná excentricita:

$$e_1 = M_0 / N_{Ed} = 1,037 \text{ m}$$

Náhodná excentricita:

$$\theta_i = (1/200) \cdot (2/l^{1/2}) = 0,04242641 \quad e_i = \theta_i \cdot l_0 / 2 = 0,191 \text{ m}$$

Excentricita I. rádu so zohľadnením imperfekcií:

$$e_0 = e_1 + e_i = 1,228 \text{ m} \quad \min e_0 < e_0 \quad \Rightarrow e_0 = 1,228 \text{ m}$$

$$\min e_0 = h/30 = 0,045 \text{ m} \quad 0,02 < e_0$$

Návrhový moment v kritickom priereze:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} = N_{Ed} \cdot e_0 = 2676,561 \text{ kNm}$$

Návrh výstuže:

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 0,634 \text{ m}$$

$$F_{cd,lim} = x_{B,lim} \cdot b \cdot f_{cd} = 10771,825 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} > F_{cd,lim} \quad \text{Podmienka nevyhovuje-Prevláda ohyb}$$

$$M_{s1} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot Z_{s1} = 4004,374 \text{ kNm}$$

$$x_B = d - (d^2 - 2 \cdot M_{s1} / (b \cdot f_{cd}))^{1/2} = 0,199 \text{ m} \quad \text{Oblasť III}$$

$$F_{cd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} = 3380,429 \text{ kN}$$

$$A_{s1} = (F_{cd} - N_{Ed}) / \sigma_{s1} = 0,002760 \text{ m}^2 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = 0,004909$$

$$\text{počet výstuží } n_1 = 10$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_1 = 25$$

$$\Rightarrow \quad A_{s2} = 0,001131 \text{ m}^2$$

$$\text{počet výstuží } n_2 = 10$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_2 = 12$$

$$c_{nom} = 50,00 \text{ mm} \quad d = h - d_1 = 1,288 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi_1 = 62,50 \text{ mm} \quad Z_{s1} = 0,613 \text{ m}$$

$$d_2 = c + 0,5 \cdot \phi_2 = 56,00 \text{ mm} \quad Z_{s2} = 0,619 \text{ m}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_{s1} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 37,5 \text{ mm} \quad b_{n1} < b \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

$$b_{n1} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,6875 \text{ m}$$

$$t_{s2} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 27 \text{ mm}$$

$$b_{n2} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,463 \text{ m} \quad b_{n2} < b \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s,min} = \max(0, 1 \cdot N_{Ed} / f_{yd}; 0,002 \cdot A_c) = \mathbf{0,0027 \text{ m}^2} \quad A_s > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s,max} = 0,4 \cdot A_c = \mathbf{0,54 \text{ m}^2} \quad A_s \leq A_{s,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Posúdenie prierezu:

BOD "0" $N_{Rd0} = b \cdot h \cdot f_{cd} + \Sigma A_s \cdot \sigma_s = \mathbf{25063,908 \text{ kN}}$
 $M_{Rd0} = (A_{s2} \cdot z_2 - A_{s1} \cdot z_1) \cdot \sigma_s = \mathbf{-807,280 \text{ kNm}}$

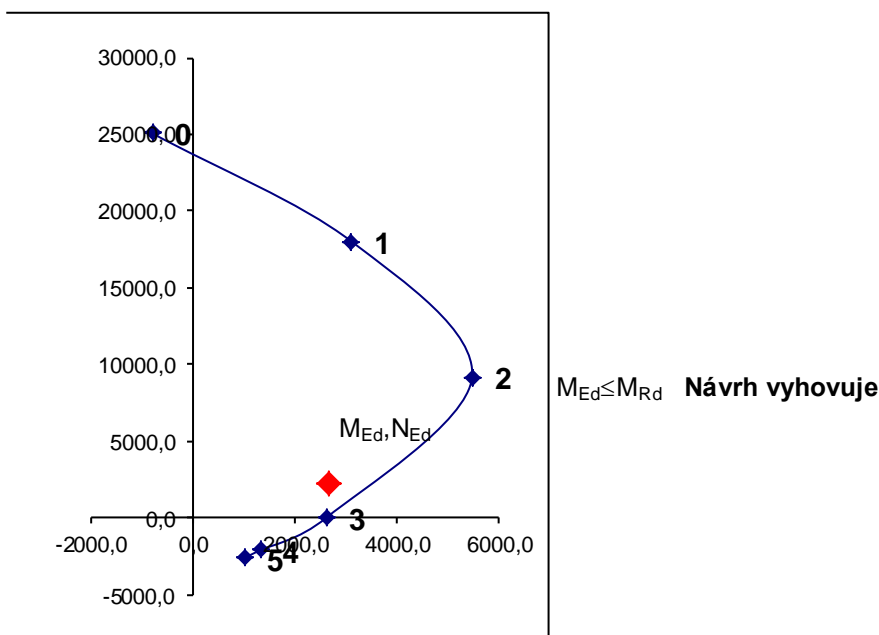
BOD "1" $N_{Rd1} = \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + F_{s2} = \mathbf{18001,739 \text{ kN}}$
 $M_{Rd1} = \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot d) + F_{s2} \cdot z_{s2} = \mathbf{3105,987 \text{ kNm}}$

BOD "2" $N_{Rd,bal} = \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + \Delta F_s = \mathbf{9158,693 \text{ kN}}$
 $M_{Rd,bal} = \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d) + F_{s1} \cdot z_{s1} + F_{s2} \cdot z_{s2} = \mathbf{5471,064 \text{ kNm}}$

BOD "3" $N_{Rd} = \mathbf{0,000 \text{ kN}}$
 $M_{Rd} = \mathbf{2613,857 \text{ kNm}}$

BOD "4" $N_{Rdt,bal} = F_{s1} = \mathbf{-2134,234 \text{ kN}}$
 $M_{Rdt,bal} = F_{s1} \cdot z_{s1} = \mathbf{1307,218 \text{ kNm}}$

BOD "5" $N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} = \mathbf{-2625,973 \text{ kN}}$
 $M_{Rdt0} = F_{s1} \cdot z_{s1} - F_{s2} \cdot z_{s2} = \mathbf{1002,832 \text{ kNm}}$



8.5.1.3 Prierez uprostred – posúdenie na únavu

Posúdenie ocele na únavu:

$$\lambda_{s1} = \lambda_{s1}(2m) + [\lambda_{s1}(20m) - \lambda_{s1}(2m)] \cdot (\log L - 0,3) = \mathbf{1,028} \quad \alpha_e = E_s / E_{cm} = \mathbf{6,061}$$

$$\lambda_{s2} = (Vol / (25 \cdot 10^6))^{1/k2} = \mathbf{1,020} \quad x = \mathbf{0,248 \text{ m}}$$

$$\lambda_{s3} = (N_{years} / 100)^{1/k2} = \mathbf{1} \quad l_{ir} = \mathbf{0,0370148 \text{ m}^4}$$

$$\lambda_s = \lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4} = \mathbf{0,828}$$

$$\sigma_{s,max} = \alpha_e \cdot (M_{E,basic} + \phi_3 \cdot M_{LM71}) / l_{ir} \cdot (d - x) = \mathbf{320,919 \text{ MPa}} \quad \gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{s,eq} = \mathbf{87,619 \text{ MPa}}$$

$$\Delta \sigma_{s71} = \alpha_e \cdot M_{LM71} / l_{ir} \cdot (d - x) = \mathbf{91,175 \text{ MPa}} \quad \Delta \sigma_{R,sk} / \gamma_{S,fat} = \mathbf{141,304 \text{ MPa}}$$

$$\Delta \sigma_{s,eq} = \phi_3 \cdot \Delta \sigma_{s71} \cdot \lambda_s = \mathbf{87,619 \text{ MPa}}$$

$$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{s,eq} \leq \Delta \sigma_{R,sk} / \gamma_{S,fat} \text{ Ocel' na únavu vyhovuje}$$

Posúdenie betónu na únavu:

$$\begin{aligned}\sigma_{c,perm} &= M_{E,basic} / l_{ir} \cdot X = & \mathbf{8,509 \text{ MPa}} \\ \sigma_{c,max,71} &= (M_{E,basic} + \phi_3 \cdot M_{LM71}) / l_{ir} \cdot X = & \mathbf{12,691 \text{ MPa}} \\ \sigma_{c,min,71} &= (M_{E,basic} + 0) / l_{ir} \cdot X = & \mathbf{8,509 \text{ MPa}} \\ f_{cd,fat} &= 0,85 \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{ck} / \gamma_c \cdot (1 - f_{ck} / 250) = & \mathbf{14,960 \text{ MPa}} \\ \lambda_{c,0} &= 0,94 + 0,2 \cdot \sigma_{c,perm} / f_{cd,fat} = & \mathbf{1,054} \\ \lambda_{c1} &= \lambda_{c1}(2m) + [\lambda_{c1}(20m) - \lambda_{c1}(2m)] \cdot (\log L - 0,3) = & \mathbf{0,566} \\ \lambda_{c2,3} &= 1 + 1/8 \cdot \log[\text{Vol} / 25 \cdot 10^6] + 1/8 \cdot \log[N_{Years} / 100] = & \mathbf{1,010} \\ \lambda_c &= \lambda_{c0} \cdot \lambda_{c1} \cdot \lambda_{c2,3} \cdot \lambda_{c4} = & \mathbf{0,530} \\ \sigma_{cd,max,eq} &= \sigma_{c,perm} + \lambda_c (\sigma_{c,max71} - \sigma_{c,perm}) = & \mathbf{10,724 \text{ MPa}} \\ \sigma_{cd,min,eq} &= \sigma_{c,perm} - \lambda_c (\sigma_{c,perm} - \sigma_{c,min,71}) = & \mathbf{8,509 \text{ MPa}} \\ E_{cd,max,eq} &= \sigma_{cd,max,eq} / f_{cd,fat} = & \mathbf{0,717 \text{ MPa}} \\ E_{cd,min,eq} &= \sigma_{cd,min,eq} / f_{cd,fat} = & \mathbf{0,569 \text{ MPa}} \\ R_{eq} &= E_{cd,min,eq} / E_{cd,max,eq} = & \mathbf{0,793} \\ E_{cd,max,eq} &+ 0,43 \cdot (1 - R_{eq})^{1/2} = & \mathbf{0,912} \\ E_{cd,max,eq} &+ 0,43 \cdot (1 - R_{eq})^{1/2} < 1,0 & \mathbf{\text{Betón na únavu vyhovuje}}\end{aligned}$$

8.5.1.4 Prierez uprostred – posúdenie vzniku a šířky trhlin

$$\begin{aligned}M_{Eqp} &= \mathbf{851,67 \text{ kNm}} & l_{ir} &= \mathbf{3,701E-02 \text{ m}^4} \\ M_{Ek} &= \mathbf{1362,26 \text{ kNm}} & x &= \mathbf{0,248 \text{ m}} & k_t &= \mathbf{0,40} \\ \alpha_e &= E_s / E_{cm} = \mathbf{6,06} & k_1 &= \mathbf{0,8} & k_2 &= \mathbf{0,5} \\ \sigma_{s,max} &= \alpha_e \cdot M_{Ek} / l_{ir} \cdot (d - x) = \mathbf{231,804 \text{ MPa}} & \sigma_{s,max} &\leq 0,8 \cdot f_{yk} & \mathbf{\text{Podmienka vyhovuje}} \\ \sigma_{c,max} &= M_{Ek} / l_{ir} \cdot X = \mathbf{9,136 \text{ MPa}} & \sigma_{c,max} &\leq 0,6 \cdot f_{ck} & \mathbf{\text{Podmienka vyhovuje}} \\ \sigma_{s,qp} &= \alpha_e \cdot M_{Eqp} / l_{ir} \cdot (d - x) = \mathbf{144,922 \text{ MPa}} & h_{c,eff} &= \mathbf{0,156 \text{ m}} \\ \rho_{s,eff} &= A_s / A_{c,eff} = \mathbf{0,031} & A_{c,eff} &= h_{c,eff} \cdot b = \mathbf{0,156 \text{ m}^2} \\ (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) &= (\sigma_s - k_t \cdot f_{ct,eff} / \rho_{s,eff} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{s,eff})) / E_s = \mathbf{5,05E-04} \\ s_{s1} &= \mathbf{0,986111 \text{ m}} & (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) &\geq 0,6 \cdot \sigma_s / E_s & \mathbf{\text{Podmienka vyhovuje}} \\ s_s &= 5 \cdot (c + \phi / 2) = \mathbf{0,3125 \text{ m}} & s_{r,max} &= \mathbf{305,282 \text{ mm}} \\ w_k &= s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = \mathbf{0,154 \text{ mm}} & w_k &< w_{lim} & \mathbf{\text{Podmienka vyhovuje}} \\ w_{lim} &= \mathbf{0,3 \text{ mm}}\end{aligned}$$

8.5.1.5 Prierez nad pilierom - $M_{min} + N$

Návrh: 10+6 ϕ 32mm/m+10 ϕ 25mm/m, ϕ 100mm–C30/37

Prierez hr.: 3100mm (priemerná hrúbka)

$$M_0 = \mathbf{15510,87 \text{ kNm}}$$

$$N_{Ed} = \mathbf{1369,55 \text{ kN}}$$

Základná excentricita:

$$e_1 = M_0 / N_{Ed} = \mathbf{11,326 \text{ m}}$$

Náhodná excentricita:

$$\theta_i = (1/200) \cdot (2/l^{1/2}) = \mathbf{0,04242641} \quad e_i = \theta_i \cdot l_0 / 2 = \mathbf{0,191 \text{ m}}$$

Excentricita I. rádu so zohľadnením imperfekcií:

$$\begin{aligned}e_0 &= e_1 + e_i = \mathbf{11,516 \text{ m}} & \min e_0 &< e_0 & \Rightarrow e_0 = \mathbf{11,516 \text{ m}} \\ \min e_0 &= h/30 = \mathbf{0,103 \text{ m}} & 0,02 &< e_0\end{aligned}$$

Návrhový moment v kritickom priereze:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} = N_{Ed} \cdot e_0 = \mathbf{15772,373 \text{ kNm}}$$

Návrh výstuže:

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 1,497 \text{ m}$$

$$F_{cd,lim} = x_{B,lim} \cdot b \cdot f_{cd} = 25453,051 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} > F_{cd,lim} \text{ Podmienka nevyhovuje-Prevláda ohyb}$$

$$M_{s1} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot Z_{s1} = 17804,782 \text{ kNm}$$

$$x_B = d - (d^2 - 2 \cdot M_{s1} / (b \cdot f_{cd}))^{1/2} = 0,367 \text{ m}$$

Oblasť III

$$F_{cd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} = 6246,692 \text{ kN}$$

$$A_{s1} = (F_{cd} - N_{Ed}) / \sigma_{s1} = 0,011217 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow A_{s1} = 0,012868$$

$$\text{počet výstuží } n_1 = 16$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_1 = 32$$

$$\Rightarrow A_{s2} = 0,004909 \text{ m}^2$$

$$\text{počet výstuží } n_2 = 10$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_2 = 25$$

$$c_{nom} = 50,00 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 3,034 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi_1 = 66,00 \text{ mm}$$

$$Z_{s1} = 1,484 \text{ m}$$

$$d_2 = c + 0,5 \cdot \phi_2 = 62,50 \text{ mm}$$

$$Z_{s2} = 1,488 \text{ m}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_{s1} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 48 \text{ mm}$$

$$b_{n1} < b \text{ Návrh nevyhovuje}$$

$$b_{n1} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 1,332 \text{ m}$$

$$t_{s2} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 37,5 \text{ mm}$$

$$b_{n2} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,6875 \text{ m}$$

$$b_{n2} < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s,min} = \max(0,1 \cdot N_{Ed} / f_{yd}; 0,002 \cdot A_c) = 0,0062 \text{ m}^2$$

$$A_s > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s,max} = 0,4 \cdot A_c = 1,24 \text{ m}^2$$

$$A_s \leq A_{s,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Posúdenie prierezu:

BOD "0"

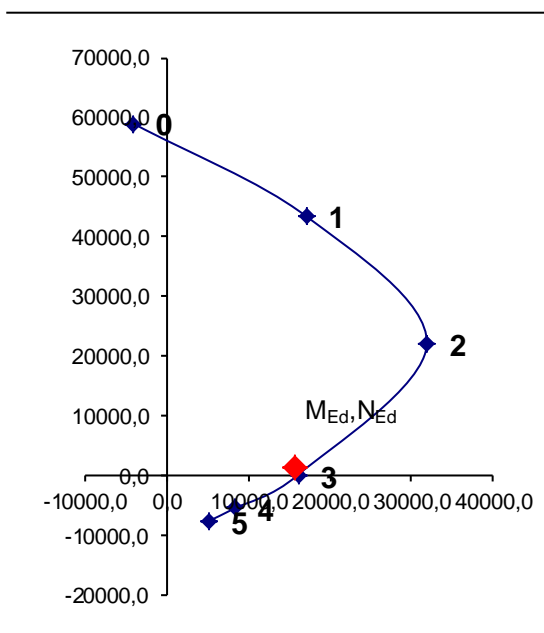
$$N_{Rd0} = b \cdot h \cdot f_{cd} + \Sigma A_s \cdot \sigma_s = 58921,937 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2} \cdot Z_2 - A_{s1} \cdot Z_1) \cdot \sigma_s = -4127,872 \text{ kNm}$$

BOD "1"

$$N_{Rd1} = \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + F_{s2} = 43396,748 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5(h - \lambda \cdot d) + F_{s2} \cdot Z_{s2} = 17055,514 \text{ kNm}$$



$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ Návrh vyhovuje}$$

BOD "2"	$N_{Rd,bal}=\lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + \Delta F_s =$	21992,632 kN
	$M_{Rd,bal}=\lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d) + F_{s1} \cdot Z_{s1} + F_{s2} \cdot Z_{s2} =$	31875,064 kNm
BOD "3"	$N_{Rd} =$	0,000 kN
	$M_{Rd} =$	16053,892 kNm
BOD "4"	$N_{Rdt,bal} = F_{s1} =$	-5594,767 kN
	$M_{Rdt,bal} = F_{s1} \cdot Z_{s1} =$	8302,634 kNm
BOD "5"	$N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} =$	-7729,115 kN
	$M_{Rdt0} = F_{s1} \cdot Z_{s1} - F_{s2} \cdot Z_{s2} =$	5127,791 kNm

8.5.1.6 Prierez nad pilierom – $M + N_{max}$

Návrh: 10+6 ϕ 32mm/m+10 ϕ 25mm/m, \bar{a} 100mm–C30/37

Prierez hr.: 3100mm (priemerná hrúbka)

$$M_0 = 14011,04 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 1685,96 \text{ kN}$$

Základná excentricita:

$$e_1 = M_0 / N_{Ed} = 8,310 \text{ m}$$

Náhodná excentricita:

$$\theta_i = (1/200) \cdot (2/l^{1/2}) = 0,04242641 \quad e_i = \theta_i \cdot l_0 / 2 = 0,191 \text{ m}$$

Excentricita I. rádu so zohľadnením imperfekcií:

$$e_0 = e_1 + e_i = 8,501 \text{ m} \quad \min e_0 < e_0 \quad \Rightarrow e_0 = 8,501 \text{ m}$$

$$\min e_0 = h/30 = 0,103 \text{ m} \quad 0,02 < e_0$$

Návrhový moment v kritickom priereze:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} = N_{Ed} \cdot e_0 = 14332,918 \text{ kNm}$$

Návrh výstuže:

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 1,497 \text{ m}$$

$$F_{cd,lim} = x_{B,lim} \cdot b \cdot f_{cd} = 25453,051 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} > F_{cd,lim} \quad \text{Podmienka nevyhovuje-Prevláda ohyb}$$

$$M_{s1} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot Z_{s1} = 16834,881 \text{ kNm}$$

$$x_B = d - (d^2 - 2 \cdot M_{s1} / (b \cdot f_{cd}))^{1/2} = 0,346 \text{ m} \quad \text{Oblasť III}$$

$$F_{cd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} = 5884,411 \text{ kN}$$

$$A_{s1} = (F_{cd} - N_{Ed}) / \sigma_{s1} = 0,009656 \text{ m}^2 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = 0,012868$$

$$\text{počet výstuží } n_1 = 16$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_1 = 32$$

$$\Rightarrow \quad A_{s2} = 0,004909 \text{ m}^2$$

$$\text{počet výstuží } n_2 = 10$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_2 = 25$$

$$c_{nom} = 50,00 \text{ mm} \quad d = h - d_1 = 3,034 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi_1 = 66,00 \text{ mm} \quad Z_{s1} = 1,484 \text{ m}$$

$$d_2 = c + 0,5 \cdot \phi_2 = 62,50 \text{ mm} \quad Z_{s2} = 1,488 \text{ m}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_{s1} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 48 \text{ mm}$$

$$b_{n1} < b \quad \text{Návrh nevyhovuje}$$

$$b_{n1} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 1,332 \text{ m}$$

$$t_{s2} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 37,5 \text{ mm}$$

$$b_{n2} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,6875 \text{ m}$$

$$b_{n2} < b \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s,min} = \max(0, 1 \cdot N_{Ed} / f_{yd}; 0,002 \cdot A_c) = 0,0062 \text{ m}^2 \quad A_s > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s,max} = 0,4 \cdot A_c = 1,24 \text{ m}^2 \quad A_s \leq A_{s,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Posúdenie prierezu:

BOD "0"

$$N_{Rd0} = b \cdot h \cdot f_{cd} + \Sigma A_s \cdot \sigma_s = 58921,937 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2} \cdot z_2 - A_{s1} \cdot z_1) \cdot \sigma_s = -4127,872 \text{ kNm}$$

BOD "1"

$$N_{Rd1} = \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + F_{s2} = 43396,748 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5(h - \lambda \cdot d) + F_{s2} \cdot z_{s2} = 17055,514 \text{ kNm}$$

BOD "2"

$$N_{Rd,bal} = \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + \Delta F_s = 21992,632 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d) + F_{s1} \cdot z_{s1} + F_{s2} \cdot z_{s2} = 31875,064 \text{ kNm}$$

BOD "3"

$$N_{Rd} = 0,000 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = 16053,892 \text{ kNm}$$

BOD "4"

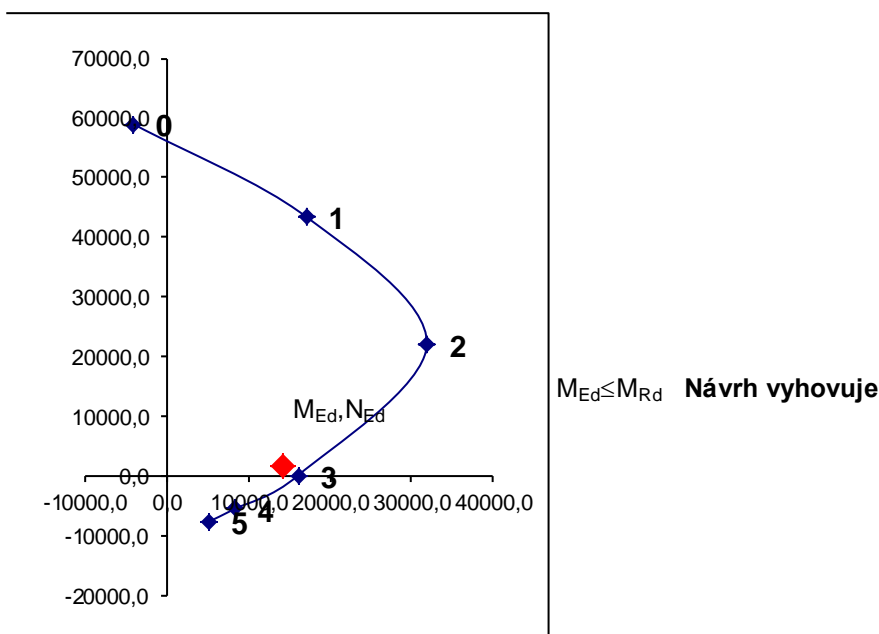
$$N_{Rdt,bal} = F_{s1} = -5594,767 \text{ kN}$$

$$M_{Rdt,bal} = F_{s1} \cdot z_{s1} = 8302,634 \text{ kNm}$$

BOD "5"

$$N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} = -7729,115 \text{ kN}$$

$$M_{Rdt0} = F_{s1} \cdot z_{s1} - F_{s2} \cdot z_{s2} = 5127,791 \text{ kNm}$$



8.5.1.7 Prierez nad pilierom – posúdenie na únavu

Posúdenie ocele na únavu:

$$\lambda_{s1} = \lambda_{s1}(2m) + [\lambda_{s1}(20m) - \lambda_{s1}(2m)] \cdot (\log L - 0,3) = 0,846 \quad \alpha_e = E_s / E_{cm} = 6,061$$

$$\lambda_{s2} = (Vol / (25 \cdot 10^6))^{1/k2} = 1,020 \quad x = 0,619 \text{ m}$$

$$\lambda_{s3} = (N_{Years} / 100)^{1/k2} = 1 \quad l_{ir} = 0,5506253 \text{ m}^4$$

$$\lambda_s = \lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4} = 0,682$$

$$\sigma_{s,max} = \alpha_e \cdot (M_{E,basic} + \phi_B \cdot M_{LM71}) / l_{ir} \cdot (d-x) = 298,843 \text{ MPa} \quad \gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{s,eq} = 37,610 \text{ MPa}$$

$$\Delta \sigma_{s71} = \alpha_e \cdot M_{LM71} / l_{ir} \cdot (d-x) = 47,505 \text{ MPa} \quad \Delta \sigma_{R,sk} / \gamma_{S,fat} = 141,304 \text{ MPa}$$

$$\Delta \sigma_{s,eq} = \phi_B \cdot \Delta \sigma_{s71} \cdot \lambda_s = 37,610 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{s,eq} \leq \Delta \sigma_{R,sk} / \gamma_{S,fat} \quad \text{Oceľ na únavu vyhovuje}$$

Posúdenie betónu na únavu:

$$\sigma_{c,perm} = M_{E,basic} / l_{ir} \cdot x = 10,129 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{c,max,71} &= (M_{E,basic} + \phi_b \cdot M_{LM71}) / I_{ir} \cdot X = & \mathbf{12,419 \text{ MPa}} \\ \sigma_{c,min,71} &= (M_{E,basic} + 0) / I_{ir} \cdot X = & \mathbf{10,129 \text{ MPa}} \\ f_{cd,fat} &= 0,85 \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{ck} / \gamma_c \cdot (1 - f_{ck} / 250) = & \mathbf{14,960 \text{ MPa}} \\ \lambda_{c,0} &= 0,94 + 0,2 \cdot \sigma_{c,perm} / f_{cd,fat} = & \mathbf{1,075} \\ \lambda_{c1} &= \lambda_{c1}(2m) + [\lambda_{c1}(20m) - \lambda_{c1}(2m)] \cdot (\log L - 0,3) = & \mathbf{0,846} \\ \lambda_{c2,3} &= 1 + 1/8 \cdot \log[Vol / 25 \cdot 10^6] + 1/8 \cdot \log[N_{Years} / 100] = & \mathbf{1,010} \\ \lambda_c &= \lambda_{c0} \cdot \lambda_{c1} \cdot \lambda_{c2,3} \cdot \lambda_{c4} = & \mathbf{0,918} \\ \sigma_{cd,max,eq} &= \sigma_{c,perm} + \lambda_c (\sigma_{c,max71} - \sigma_{c,perm}) = & \mathbf{12,232 \text{ MPa}} \\ \sigma_{cd,min,eq} &= \sigma_{c,perm} - \lambda_c (\sigma_{c,perm} - \sigma_{c,min,71}) = & \mathbf{10,129 \text{ MPa}} \\ E_{cd,max,eq} &= \sigma_{cd,max,eq} / f_{cd,fat} = & \mathbf{0,818 \text{ MPa}} \\ E_{cd,min,eq} &= \sigma_{cd,min,eq} / f_{cd,fat} = & \mathbf{0,677 \text{ MPa}} \\ R_{eq} &= E_{cd,min,eq} / E_{cd,max,eq} = & \mathbf{0,828} \\ E_{cd,max,eq} + 0,43 \cdot (1 - R_{eq})^{1/2} &= & \mathbf{0,996} \\ E_{cd,max,eq} + 0,43 \cdot (1 - R_{eq})^{1/2} &< 1,0 & \mathbf{\text{Betón na únavu vyhovuje}}\end{aligned}$$

8.5.1.8 Prierez nad pilierom – posúdenie vzniku a šírky trhlín

$$\begin{aligned}M_{Eqp} &= \mathbf{9377,44 \text{ kNm}} & I_{ir} &= \mathbf{5,506E-01 \text{ m}^4} \\ M_{Ek} &= \mathbf{11052,30 \text{ kNm}} & x &= \mathbf{0,619 \text{ m}} & k_t &= \mathbf{0,40} \\ \alpha_e &= E_s / E_{cm} = \mathbf{6,06} & k_1 &= \mathbf{0,8} & k_2 &= \mathbf{0,5} \\ \sigma_{s,max} &= \alpha_e \cdot M_{Ek} / I_{ir} \cdot (d - x) = \mathbf{291,562 \text{ MPa}} & \sigma_{s,max} &\leq 0,8 \cdot f_{yk} & \mathbf{\text{Podmienka vyhovuje}} \\ \sigma_{c,max} &= M_{Ek} / I_{ir} \cdot X = \mathbf{12,430 \text{ MPa}} & \sigma_{c,max} &\leq 0,6 \cdot f_{ck} & \mathbf{\text{Podmienka vyhovuje}} \\ \sigma_{s,qp} &= \alpha_e \cdot M_{Eqp} / I_{ir} \cdot (d - x) = \mathbf{247,379 \text{ MPa}} & h_{c,eff} &= \mathbf{0,165 \text{ m}} \\ \rho_{s,eff} &= A_s / A_{c,eff} = \mathbf{0,078} & A_{c,eff} &= h_{c,eff} \cdot b = \mathbf{0,165 \text{ m}^2} \\ (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) &= (\sigma_s - k_t \cdot f_{ct,eff} / \rho_{s,eff} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{s,eff})) / E_s = \mathbf{1,13E-03} \\ s_{s1} &= \mathbf{0,985333 \text{ m}} & (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) &\geq 0,6 \cdot \sigma_s / E_s & \mathbf{\text{Podmienka vyhovuje}} \\ s_s &= 5 \cdot (c + \phi / 2) = \mathbf{0,33 \text{ m}} & s_{r,max} &= \mathbf{239,755 \text{ mm}} \\ w_k &= s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \mathbf{0,270 \text{ mm}} & w_k &< w_{lim} & \mathbf{\text{Podmienka vyhovuje}} \\ w_{lim} &= \mathbf{0,3 \text{ mm}}\end{aligned}$$

8.5.1.9 Prierez nad pilierom – V_{max}

Návrh: ϕ 12mm, á200x400mm–C30/37

Prierez hr.: 3100mm (priemerná hrúbka)

Porušenie tlakovej diagonály:

$$\begin{aligned}v &= 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) = \mathbf{0,528} \\ V_{Rd,max} &= z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan \theta + \cot \theta)^{-1} = \mathbf{10353,232 \text{ kN}} \\ V_{Rd,max} &\geq V_{Ed} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály}}\end{aligned}$$

Návr šmykovej výstuže:

$$\begin{aligned}\alpha &= \mathbf{90^\circ} & A_{sw} &= n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2 = \mathbf{0,0005655 \text{ m}^2} \\ \phi_{st} &= \mathbf{12 \text{ mm}} & s_{min} &< \min(A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha / V_{Ed}, \\ n_s &= \mathbf{5} & & 0,75 \cdot d, 400 \text{ mm}) = \mathbf{0,400 \text{ m}} \\ & & s &= \mathbf{0,4 \text{ m}} \\ \rho_{sw} &= A_{sw} / (s \cdot b) = \mathbf{0,001413717} & \rho_{sw} &> \rho_{sw,min} & \mathbf{\text{Podmienka vyhovuje}} \\ \rho_{sw,min} &= 0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk} = \mathbf{0,000876356} & V_{Ed} &= \mathbf{3387,28 \text{ kN}} \\ V_{Rd,s} &= f_{ywd} \cdot A_{sw} / s \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha = \mathbf{3439,807 \text{ kN}} \\ V_{Rd,s} &\geq V_{Ed} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu šmykovej výstuže}}\end{aligned}$$

8.5.2 Posúdenie v priečnom smere

8.5.2.1 Doska pri spodnom povrchu - M_{max}

Návrh: 10 ϕ 18mm/m, á100mm–C30/37

Prierez hr.: 1350mm (priemerná hrúbka)

$$M_{Ed} = 650,01 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \text{počet výstuží } n &= 10 \text{ ks} \\ \text{priemer výstuže } \phi &= 18 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$c_{nom} = 120,00 \text{ mm} \quad d = h - d_1 = 1,221 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi = 129,00 \text{ mm}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 27 \text{ mm} \quad b_n < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,663 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$x_B = A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = 0,065 \text{ m}$$

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 0,603 \text{ m} \quad x_B < x_{B,lim} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$z = d - 0,5 \cdot x_B = 1,188 \text{ m} \quad M_{Ed} = 650,01$$

$$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z = 1314,896 \text{ kNm} \quad M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ Návrh vyhovuje}$$

8.5.2.2 Doska pri spodnom povrchu - M_{min}

Návrh: 10 ϕ 18mm/m, á100mm–C30/37

Prierez hr.: 3100mm (priemerná hrúbka)

$$M_{Ed} = 2870,82 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \text{počet výstuží } n &= 10 \text{ ks} \\ \text{priemer výstuže } \phi &= 18 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$c_{nom} = 120,00 \text{ mm} \quad d = h - d_1 = 2,971 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi = 129,00 \text{ mm}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 27 \text{ mm} \quad b_n < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,663 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$x_B = A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = 0,065 \text{ m}$$

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 1,466 \text{ m} \quad x_B < x_{B,lim} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$z = d - 0,5 \cdot x_B = 2,938 \text{ m} \quad M_{Ed} = 2870,82$$

$$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z = 3251,073 \text{ kNm} \quad M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ Návrh vyhovuje}$$

8.5.2.3 Doska pri hornom povrchu - M_{min}

Návrh: 10 ϕ 18mm/m, á100mm–C30/37

Prierez hr.: 1350mm (priemerná hrúbka)

$$M_{Ed} = 287,46 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \text{počet výstuží } n &= 10 \text{ ks} \\ \text{priemer výstuže } \phi &= 18 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$c_{nom} = 120,00 \text{ mm} \quad d = h - d_1 = 1,221 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi = 129,00 \text{ mm}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 27 \text{ mm} \quad b_n < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,663 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$\begin{aligned} x_B &= A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = & \mathbf{0,065 \text{ m}} \\ x_{B,lim} &= (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = & \mathbf{0,603 \text{ m}} & x_B < x_{B,lim} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \\ z &= d - 0,5 \cdot x_B = & \mathbf{1,188 \text{ m}} & M_{Ed} &= & \mathbf{287,46} \\ M_{Rd} &= x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z = & \mathbf{1314,896 \text{ kNm}} & M_{Ed} \leq M_{Rd} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \end{aligned}$$

8.5.2.4 Doska pri hornom povrchu - M_{max}

Návrh: 10 ϕ 18mm/m, á100mm–C30/37

Prierez hr.: 3100mm (priemerná hrúbka)

$$\begin{aligned} c_{nom} &= & \mathbf{120,00 \text{ mm}} & d = h - d_1 = & \mathbf{2,971 \text{ m}} & \text{počet výstuží } n = & \mathbf{10 \text{ ks}} \\ d_1 &= c + 0,5 \cdot \phi = & \mathbf{129,00 \text{ mm}} & \text{priemer výstuže } \phi = & \mathbf{18 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$\begin{aligned} t_s &= \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = & \mathbf{27 \text{ mm}} & b_n < b & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \\ b_n &= 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = & \mathbf{0,663 \text{ m}} \end{aligned}$$

Posúdenie prierezu:

$$\begin{aligned} x_B &= A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = & \mathbf{0,065 \text{ m}} \\ x_{B,lim} &= (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = & \mathbf{1,466 \text{ m}} & x_B < x_{B,lim} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \\ z &= d - 0,5 \cdot x_B = & \mathbf{2,938 \text{ m}} & M_{Ed} &= & \mathbf{2932,55} \\ M_{Rd} &= x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z = & \mathbf{3251,073 \text{ kNm}} & M_{Ed} \leq M_{Rd} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \end{aligned}$$

8.5.2.5 Rímsová doska - M_{max}

Návrh: 5 ϕ 18mm/m, á200mm–C30/37

Prierez hr.: 290mm (priemerná hrúbka)

$$\begin{aligned} M_{Ed} &= & \mathbf{68,90 \text{ kNm}} \\ d_1 &= c + 0,5 \cdot \phi = & \mathbf{66 \text{ mm}} \\ d &= h - d_1 = & \mathbf{0,224 \text{ m}} \end{aligned}$$

Návrh výstuže:

$$\begin{aligned} x_B &= d - (d^2 - (2 \cdot M_{Ed} / (b \cdot f_{cd})))^{1/2} = & \mathbf{0,019 \text{ m}} \\ x_{B,lim} &= (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = & \mathbf{0,111 \text{ m}} & x_B < x_{B,lim} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \\ A_{s,req} &= (x_B \cdot b \cdot f_{cd}) / f_{yd} = & \mathbf{0,000739 \text{ m}^2} & \Rightarrow & A_{s1} = & \mathbf{0,001272 \text{ m}^2} \\ c_{nom} &= & \mathbf{50,00 \text{ mm}} & d = h - d_1 = & \mathbf{0,231 \text{ m}} & \text{počet výstuží } n = & \mathbf{5 \text{ ks}} \\ d_1 &= c + 0,5 \cdot \phi = & \mathbf{59,00 \text{ mm}} & \text{priemer výstuže } \phi = & \mathbf{18 \text{ mm}} \end{aligned}$$

Kontrola vystuženia:

$$\begin{aligned} A_{s1,min} &= \max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d) = & \mathbf{0,000348 \text{ m}^2} & A_{s1} > A_{s1,min} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \\ A_{s1,max} &= 0,4 \cdot A_c = & \mathbf{0,116 \text{ m}^2} & A_{s1} \leq A_{s1,max} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \end{aligned}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$\begin{aligned} t_s &= \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = & \mathbf{27 \text{ mm}} & b_n < b & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \\ b_n &= 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = & \mathbf{0,298 \text{ m}} \end{aligned}$$

Posúdenie prierezu:

$$\begin{aligned} x_B &= A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = & \mathbf{0,033 \text{ m}} \\ x_{B,lim} &= (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = & \mathbf{0,114 \text{ m}} & x_B < x_{B,lim} & \mathbf{\text{Návrh vyhovuje}} \end{aligned}$$

$$z=d-0,5 \cdot x_B=0,215 \text{ m}$$

$$M_{Ed}=68,90$$

$$M_{Rd}=x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z=118,787 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ Návrh vyhovuje}$$

8.5.2.6 Rímsová doska – V_{max}

Návrh: ϕ 10mm, á200x160mm–C30/37

Prierez hr.: 290mm (priemerná hrúbka)

Porušenie tlakovej diagonály:

$$v=0,6 \cdot (1-f_{ck}/250)=0,528$$

$$V_{Rd,max}=z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan\theta + \cot\theta)^{-1}=850,902 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály}$$

Návr šmykovej výstuže:

$$\alpha=90^\circ \quad A_{sw}=n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2=0,0003927 \text{ m}^2$$

$$\phi_{st}=10 \text{ mm} \quad s_{min} < \min(A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha / V_{Ed},$$

$$n_s=5 \quad 0,75 \cdot d, 400\text{mm})=0,168 \text{ m}$$

$$s=0,16 \text{ m}$$

$$\rho_{sw}=A_{sw}/(s \cdot b)=0,002454369$$

$$\rho_{sw} > \rho_{sw,mir} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

$$\rho_{sw,min}=0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk}=0,000876356$$

$$V_{Ed}=341,79 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s}=f_{ywd} \cdot A_{sw} / s \cdot z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha=381,356 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu šmykovej výstuže}$$

8.5.2.7 Rímsová doska - M_{max} (v mieste trakčných stožiarov)

Návrh: 10 ϕ 18mm/m, á100mm–C30/37

Prierez hr.: 1470mm (priemerná hrúbka)

$$M_{Ed}=859,27 \text{ kNm}$$

$$\text{počet výstuží } n=10 \text{ ks}$$

$$\text{priemer výstuže } \phi=18 \text{ mm}$$

$$c_{nom}=50,00 \text{ mm}$$

$$d=h-d_1=1,411 \text{ m}$$

$$d_1=c+0,5 \cdot \phi=59,00 \text{ mm}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s1,min}=\max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d)=0,002128 \text{ m}^2$$

$$A_{s1} > A_{s1,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s1,max}=0,4 \cdot A_c=0,588 \text{ m}^2$$

$$A_{s1} \leq A_{s1,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s=\max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g+5\text{mm})=27 \text{ mm}$$

$$b_n < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_n=2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s=0,523 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$x_B=A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd})=0,065 \text{ m}$$

$$x_{B,lim}=(560 \cdot d) / (700 + f_{yd})=0,696 \text{ m}$$

$$x_B < x_{B,lim} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$z=d-0,5 \cdot x_B=1,378 \text{ m}$$

$$M_{Ed}=859,27$$

$$M_{Rd}=x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z=1525,109 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ Návrh vyhovuje}$$

8.5.2.8 Rímsová doska – V_{max} (v mieste trakčných stožiarov)

Návrh: ϕ 10mm, á200x400mm–C30/37

Prierez hr.: 1470mm (priemerná hrúbka)

Porušenie tlakovej diagonály:

$$v=0,6 \cdot (1-f_{ck}/250)=0,528$$

$$V_{Rd,max}=Z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan\theta + \cot\theta)^{-1} = 5462,377 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály}$$

Návr šmykovej výstuže:

$$\alpha = 90^\circ \quad A_{sw} = n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2 = 0,0003927 \text{ m}^2$$

$$\phi_{st} = 10 \text{ mm} \quad s_{min} < \min(A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot Z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha / V_{Ed},$$

$$n_s = 5 \quad 0,75 \cdot d, 400\text{mm}) = 0,400 \text{ m}$$

$$s = 0,16 \text{ m}$$

$$\rho_{sw} = A_{sw} / (s \cdot b) = 0,002454369$$

$$\rho_{sw} > \rho_{sw,min} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

$$\rho_{sw,min} = 0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk} = 0,000876356$$

$$V_{Ed} = 931,91 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} = f_{ywd} \cdot A_{sw} / s \cdot Z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha = 2448,117 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu šmykovej výstuže}$$

8.6 Návrh a posúdenie výstuže rímsy

8.6.1 Zaťaženie a vnútorné sily

Kritický prierez ako aj zaťaženie pôsobiace na ŽB rímsu je znázornené na obr. 14. Zaťaženie určíme na pás rímsy šírky 1m.

Rozhodujúcim prierezom na posúdenie je prierez vzdialený 645mm od hornej hrany rímsy. Rímsa je tu široká 350mm a v mieste trakčných stožiarov 1200mm.

8.6.1.1 Zaťaženie stále

tiaž rímsy

$$G_1 = A_{rímsy,1} \cdot 25 = 0,443 \cdot 25 = 11,075 \text{ kN/m}$$

$$G_2 = A_{rímsy,2} \cdot 25 = 1,460 \cdot 25 = 36,5 \text{ kN/m}$$

Zaťaženie pôsobí zvislo, približne v ťažisku prierezu.

8.6.1.2 Zaťaženie premenné dlhodobé

Zaťaženie trakčným stožiarom

Zaťaženie trakčným stožiarom je uvažované 3700mm od osi koľaje a vždy v osi uloženia na vnútorných pilieroch. Je uvažované po oboch stranách nosnej konštrukcie.

Sily pôsobiace na trakčnú zostavu jedného stĺpa v kotvení:

$$M_z = 120 \text{ kNm}$$

$$F_z = 15 \text{ kN}$$

8.6.1.3 Zaťaženie premenné krátkodobé

zaťaženie prenášajúce sa lôžkom – Predpokladáme, že toto vodorovné zaťaženie sa do rímsy preniesie v sklone 4:1. Pri rímse už h_e je možné pokladať za rovnomerné, teda jeho výslednica pôsobí na excentricite 0,330m od povrchu štrkového lôžka.

zaťaženie od odstredivej sily

Zaťažovací model 71:

$$q_{tk,1} = 0,2212 \cdot (0,871 \cdot 156,25) = 30,104 \text{ kN/m} \quad (\text{pre úsek dl. } 6400\text{mm})$$

$$q_{tk,2} = 0,2212 \cdot (0,871 \cdot 80) = 15,413 \text{ kN/m} \quad (\text{pre ostatné úseky})$$

Zaťažovací model SW/0:

$$q_{tk,SW/0} = 0,2212 \cdot (0,871 \cdot 133) = 25,625 \text{ kN/m}$$

Zaťažovací model SW/2:

$$q_{tk,SW/2} = 0,0629 \cdot (1,0 \cdot 150) = 9,435 \text{ kN/m}$$

$$M_C = 0,5 \cdot 1,21 \cdot 30,104 \cdot 1,45 \cdot 0,755^2 = 15,054 \text{ kNm}$$

$$V_C = 30,104 \cdot 1,21 \cdot 1,45 \cdot 0,755 = 39,877 \text{ kN}$$

bočné nárazy

predpokladáme vodorovný roznos na tri podvaly a potom sklone 4:1 po rímsu

$$s = \frac{100}{\left(2 \cdot \frac{1,550}{4} + 2,0,6 + 0,15 \right) \cdot 0,755} = 62,330 \text{ kN/m}$$

$$M_S = 0,5 \cdot 62,33 \cdot 1,21 \cdot 1,45 \cdot 0,755^2 = 31,169 \text{ kNm}$$

$$V_S = 62,33 \cdot 1,21 \cdot 1,45 \cdot 0,755 = 82,565 \text{ kN}$$

viator na pás pohyblivého zaťaženia

$$b/d_{\text{tot}} = 11/4 = 2,75 \rightarrow c_{f,x} = 1,8$$

$$b/d_{\text{tot}} = 14,8/4 = 3,7 \rightarrow c_{f,x} = 1,4$$

$$P_{w,\text{vlak}} = c_{f,x} \cdot q_p(17,0) = 1,8 \cdot 1,1292 = 2,033 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{\text{vlak}} = h_w \cdot P_{w,\text{vlak}} = 4,265 \cdot 2,033 = 8,671 \text{ kN/m}$$

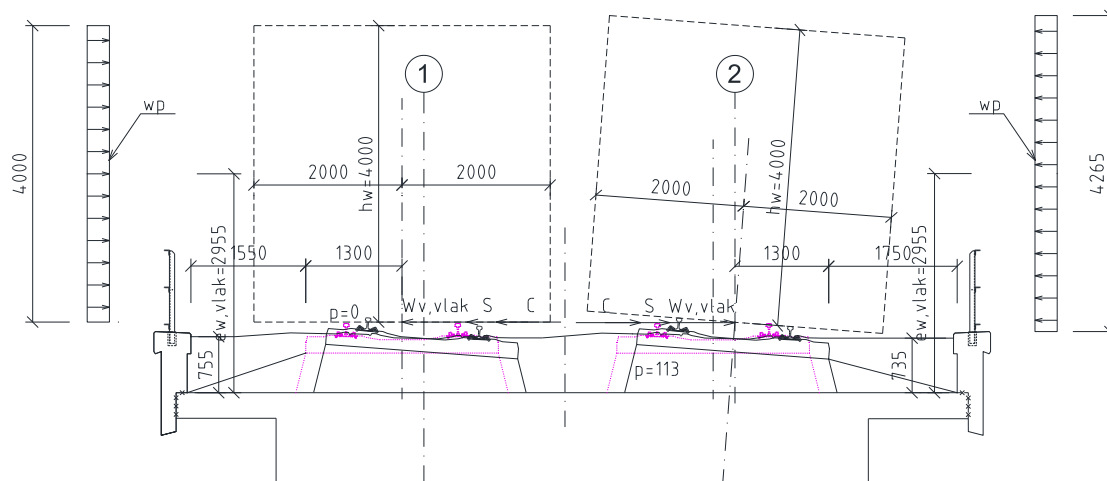
$$M_w = 1,5 \cdot 2,955 \cdot 8,671 = 38,434 \text{ kNm/m}$$

$$V_w = 1,5 \cdot 8,671 = 13,007 \text{ kN/m}$$

viator na stĺp trakčného vedenia

$$M_{wt} = 10 \text{ kNm}$$

$$V_{wt} = 15 \text{ kN}$$



obr. 32 Zaťaženie ŽB rímso

8.6.1.4 Vnútorne sily od najnepriaznivejšej kombinácie

Návrhový ohybový moment:

$$M_{Ed,11} = M_c + M_s + \psi \cdot M_w = 15,054 + 31,169 + 38,434 \cdot 0,75 = 75,049 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed,12} = M_c + M_w + \psi \cdot M_s = 15,054 + 38,434 + 31,169 \cdot 0,75 = 78,423 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed,21} = M_c + M_s + \psi \cdot (M_w + M_z \cdot \gamma) = 15,054 + 31,169 + 0,75 \cdot (38,434 + 120 \cdot 1,35) = 196,549 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed,22} = M_c + (M_w + M_z \cdot \gamma) + \psi \cdot M_s = 15,054 + 31,169 \cdot 0,8 + (38,434 + 120 \cdot 1,35) = 240,423 \text{ kNm/m}$$

Návrhová priečna sila:

$$V_{Ed,11} = V_c + V_s + \psi \cdot V_w = 39,877 + 82,565 + 13,007 \cdot 0,75 = 132,197 \text{ kN/m}$$

$$V_{Ed,12} = V_c + V_w + \psi \cdot V_s = 39,877 + 13,007 + 82,565 \cdot 0,75 = 114,808 \text{ kN/m}$$

$$V_{Ed,21} = V_c + V_s + \psi \cdot (V_w + V_z \cdot \gamma) = 39,877 + 82,565 + 0,75 \cdot (13,007 + 15 \cdot 1,35) = 147,385 \text{ kN/m}$$

$$V_{Ed,22} = V_c + (V_w + V_z \cdot \gamma) + \psi \cdot V_s = 39,877 + (13,007 + 15 \cdot 1,35) + 82,565 \cdot 0,8 = 139,186 \text{ kN/m}$$

Vplyv osovej v posudkoch zanedbávame.

8.6.2 Návrh a posúdenie výstuže na $M_{d,1}$

Prierez: š.= 1000mm, hr.= 350mm

Návrh: 6φ 12mm/m, á165mm –C30/37

počet výstuží n= 6 ks
priemer výstuže φ= 12 mm

$c_{nom}= 50,00$ mm $d=h-d_1= 0,294$ m
 $d_1=c+0,5 \cdot \phi= 56,00$ mm

Kontrola vystuženia:

$A_{s1,min}=\max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d)= 0,000443$ m² $A_{s1} > A_{s,min}$ **Návrh vyhovuje**

$A_{s1,max}=0,4 \cdot A_c= 0,14$ m² $A_{s1} \leq A_{s1,max}$ **Návrh vyhovuje**

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$t_s=\max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g+5\text{mm})= 27$ mm $b_n < b$ **Návrh vyhovuje**

$b_n=2 \cdot c_{nom}+n \cdot \phi+(n-1) \cdot t_s= 0,307$ m

Posúdenie prierezu:

$x_B=A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd})= 0,017$ m

$x_{B,lim}=(560 \cdot d) / (700+f_{yd})= 0,145$ m $x_B < x_{B,lim}$ **Návrh vyhovuje**

$z=d-0,5 \cdot x_B= 0,285$ m $M_{Ed}= 78,42$

$M_{Rd}=x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z= 84,181$ kNm $M_{Ed} \leq M_{Rd}$ **Návrh vyhovuje**

8.6.3 Návrh a posúdenie výstuže na $V_{d,1}$

Prierez: š.= 1000mm, hr.= 350mm

Návrh: φ 10mm, á200x200mm –C30/37

Porušenie tlakovej diagonály:

$v=0,6 \cdot (1-f_{ck}/250)= 0,528$

$V_{Rd,max}=Z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan\theta + \cot\theta)^{-1}= 1130,638$ kN

$V_{Rd,max} \geq V_{Ed}$ **Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály**

Návr šmykovej výstuže:

$\alpha= 90^\circ$ $A_{sw}=n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2= 0,0003927$ m²

$\phi_{st}= 10$ mm $s_{min} < \min(A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha / V_{Ed},$

$n_s= 5$ $0,75 \cdot d, 400\text{mm})= 0,221$ m

$s= 0,2$ m

$\rho_{sw}=A_{sw}/(s \cdot b)= 0,001963495$

$\rho_{sw} > \rho_{sw,mir}$ **Podmienka vyhovuje**

$\rho_{sw,min}=0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk}= 0,000876356$

$V_{Ed}= 132,20$ kN

$V_{Rd,s}=f_{yd} \cdot A_{sw} / s \cdot z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha= 405,382$ kN

$V_{Rd,s} \geq V_{Ed}$ **Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu šmykovej výstuže**

8.6.4 Návrh a posúdenie výstuže na $M_{d,2}$

Prierez: š.= 1000mm, hr.= 1200mm

Návrh: 6φ 12mm/m, á165mm –C30/37

počet výstuží n= 6 ks
priemer výstuže φ= 12 mm

$c_{nom}= 50,00$ mm $d=h-d_1= 1,144$ m
 $d_1=c+0,5 \cdot \phi= 56,00$ mm

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$t_s=\max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g+5\text{mm})= 27$ mm $b_n < b$ **Návrh vyhovuje**

$b_n=2 \cdot c_{nom}+n \cdot \phi+(n-1) \cdot t_s= 0,307$ m

Posúdenie prierezu:

$x_B = A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) =$	0,017 m		
$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) =$	0,565 m	$x_B < x_{B,lim}$	Návrh vyhovuje
$z = d - 0,5 \cdot x_B =$	1,135 m	$M_{Ed} =$	240,42
$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z =$	334,962 kNm	$M_{Ed} \leq M_{Rd}$	Návrh vyhovuje

8.6.5 Návrh a posúdenie výstuže na $V_{d,2}$

Prierez: $\bar{s} = 1000\text{mm}$, $h_r = 1200\text{mm}$

Návrh: $\phi 10\text{mm}$, $\bar{a}200 \times 200\text{mm} - C30/37$

Porušenie tlakovej diagonály:

$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) =$	0,528		
$V_{Rd,max} = z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan \theta + \cot \theta)^{-1} =$	4498,907 kN		
$V_{Rd,max} \geq V_{Ed}$			Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály

Návrh šmykovej výstuže:

$\alpha =$	90°	$A_{sw} = n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2 =$	0,0003927 m²
$\phi_{st} =$	10 mm	$s_{min} < \min(A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha / V_{Ed},$	
$n_s =$	5	$0,75 \cdot d, 400\text{mm}) =$	0,400 m
		$s =$	0,2 m
$\rho_{sw} = A_{sw} / (s \cdot b) =$	0,001963495	$\rho_{sw} > \rho_{sw,min}$	Podmienka vyhovuje
$\rho_{sw,min} = 0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk} =$	0,000876356	$V_{Ed} =$	147,39 kN
		$V_{Rd,s} = f_{ywd} \cdot A_{sw} / s \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha =$	1613,049 kN
$V_{Rd,s} \geq V_{Ed}$			Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu šmykovej výstuže

8.7 Posúdenie spodnej stavby

8.7.1 Posúdenie piliera P4

Vnútorne sily pôsobiace na pilier sú získané riešením doskového modelu s pozdĺžnymi rebrami s uvažovaním aj konzolových zakončení dosky za teoretické osi uloženia ako aj z dosko-stenového modelu s parabolickým spodným povrchom.

8.7.1.1 Posúdenie úložného prahu piliera

Nosná konštrukcia úložného prahu je navrhnutá z betónu C30/37.

8.7.1.1.1 Odolnosť voči sústredenej sile (ložisko – ložiskový blok)

$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot (A_{c1} / A_{c0})^{0,5} =$	12,600 MN	$F_{Rdu} \leq 3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0}$	
$3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0} =$	29,400 MN		Podmienka vyhovuje
		$F_{Rdu} \geq F_{Ed}$	Vyhovuje

8.7.1.1.2 Odolnosť voči sústredenej sile (ložiskový blok – úložný prah)

$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot (A_{c1} / A_{c0})^{0,5} =$	43,200 MN	$F_{Rdu} \leq 3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0}$	
$3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0} =$	48,600 MN		Podmienka vyhovuje
		$F_{Rdu} \geq F_{Ed}$	Vyhovuje

8.7.1.1.3 Posúdenie ušmyknutia voľného okraja

$A_{s,x,y,rqd} = (F_{Ed} / f_{yd}) \cdot 0,5 =$	0,005390 m²	\Rightarrow	$A_{s1} =$ 0,006283 m²
---	-------------------------------	---------------	--

počet výstuží $n=$ **20 ks**
 priemer výstuže $\phi=$ **20 mm**
 $A_{s,req} \leq A_{s1}$ **Podmienka vyhovuje**

8.7.1.1.4 Ťahové napätia z priečného rozptylu tlaku

$T_{Ed,x} = F_{Ed} \cdot 0,25 \cdot (d_2 - d_1) / d_2 =$ **732,405 kN**
 $A_{s,x,req} = T_{Ed,x} / f_{yd} =$ **0,001685 m²** \Rightarrow $A_{s1} =$ **0,003142 m²**
 počet výstuží $n=$ **10 ks**
 priemer výstuže $\phi=$ **20 mm**

$T_{Ed,y} = F_{Ed} \cdot 0,25 \cdot (b_2 - b_1) / b_2 =$ **732,405 kN**
 $A_{s,y,req} = T_{Ed,y} / f_{yd} =$ **0,001685 m²** \Rightarrow $A_{s1} =$ **0,003142 m²**
 počet výstuží $n=$ **10 ks**
 priemer výstuže $\phi=$ **20 mm**

8.7.1.2 Posúdenie drieku piliera

8.7.1.2.1 Posúdenie prierezu - $M_{max} + N$

Návrh: 10 ϕ 28mm/m+10 ϕ 28mm/m, á100mm–C30/37

Prierez hr.: 6050mm

$M_0 =$ **22352,99 kNm**

$N_{Ed} =$ **4298,78 kN**

Základná excentricita:

$e_1 = M_0 / N_{Ed} =$ **5,200 m**

Náhodná excentricita:

$\theta_i = (1/200) \cdot (2/l^{1/2}) =$ **0,0380723** $e_i = \theta_i \cdot l_0 / 2 =$ **0,193 m**

Excentricita I. rádu so zohľadnením imperfekcií:

$e_0 = e_1 + e_i =$ **5,393 m** $\min e_0 < e_0$
 $\min e_0 = h/30 =$ **0,202 m** $0,02 < e_0 \Rightarrow e_0 =$ **5,393 m**

Návrhový moment v kritickom priereze:

$M_{Ed} = M_{0Ed} = N_{Ed} \cdot e_0 =$ **23183,301 kNm**

Návrh výstuže:

$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) =$ **2,953 m**

$F_{cd,lim} = x_{B,lim} \cdot b \cdot f_{cd} =$ **50201,404 kN**

$N_{Ed} > F_{cd,lim}$ **Podmienka nevyhovuje-Prevláda ohyb**

$M_{s1} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot z_{s1} =$ **35903,394 kNm**

$x_B = d - (d^2 - 2 \cdot M_{s1} / (b \cdot f_{cd}))^{1/2} =$ **0,364 m** **Oblasť III**

$F_{cd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} =$ **6188,110 kN**

$A_{s1} = (F_{cd} - N_{Ed}) / \sigma_{s1} =$ **0,004345 m²** \Rightarrow $A_{s1} =$ **0,006158**

počet výstuží $n_1 =$ **10**

priemer výstuže $\phi_1 =$ **28**

$A_{s2} = A_{s1} \Rightarrow$ $A_{s2} =$ **0,006158 m²**

počet výstuží $n_2 =$ **10**

priemer výstuže $\phi_2 =$ **28**

$c_{nom} =$ **50,00 mm** $d = h - d_1 =$ **5,986 m**

$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi_1 =$ **64,00 mm** $z_{s1} =$ **2,961 m**

$d_2 = c + 0,5 \cdot \phi_2 =$ **64,00 mm** $z_{s2} =$ **2,961 m**

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

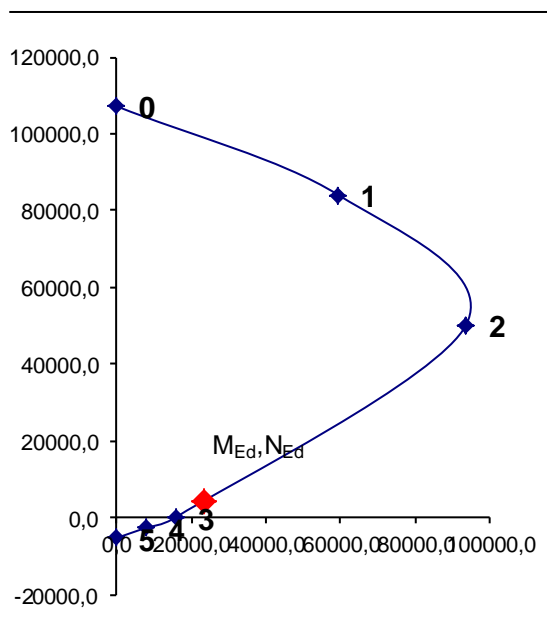
$$\begin{aligned} t_{s1} &= \max(1,5 \cdot \phi_{\max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 42 \text{ mm} & b_{n1} < b & \text{Návrh vyhovuje} \\ b_{n1} &= 2 \cdot c_{\text{nom}} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,758 \text{ m} \\ t_{s2} &= \max(1,5 \cdot \phi_{\max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 42 \text{ mm} \\ b_{n2} &= 2 \cdot c_{\text{nom}} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,758 \text{ m} & b_{n2} < b & \text{Návrh vyhovuje} \end{aligned}$$

Kontrola vystuženia:

$$\begin{aligned} A_{s,\min} &= \max(0,1 \cdot N_{Ed}/f_{yd}; 0,002 \cdot A_c) = 0,0121 \text{ m}^2 & A_s > A_{s,\min} & \text{Návrh vyhovuje} \\ A_{s,\max} &= 0,4 \cdot A_c = 2,42 \text{ m}^2 & A_s \leq A_{s,\max} & \text{Návrh vyhovuje} \end{aligned}$$

Posúdenie prierezu:

$$\begin{aligned} \text{BOD "0"} \quad N_{Rd0} &= b \cdot h \cdot f_{cd} + \Sigma A_s \cdot \sigma_s = 107160,265 \text{ kN} \\ M_{Rd0} &= (A_{s2} \cdot Z_2 - A_{s1} \cdot Z_1) \cdot \sigma_s = 0,000 \text{ kNm} \\ \text{BOD "1"} \quad N_{Rd1} &= \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + F_{s2} = 84086,783 \text{ kN} \\ M_{Rd1} &= \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5(h - \lambda \cdot d) + F_{s2} \cdot Z_{s2} = 59264,034 \text{ kNm} \\ \text{BOD "2"} \quad N_{Rd,\text{bal}} &= \lambda \cdot \zeta_{\text{bal},1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + \Delta F_s = 50218,182 \text{ kN} \\ M_{Rd,\text{bal}} &= \lambda \cdot \zeta_{\text{bal},1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot \zeta_{\text{bal},1} \cdot d) + F_{s1} \cdot Z_{s1} + F_{s2} \cdot Z_{s2} = 93591,756 \text{ kNm} \\ \text{BOD "3"} \quad N_{Rd} &= 0,000 \text{ kN} \\ M_{Rd} &= 15814,816 \text{ kNm} \\ \text{BOD "4"} \quad N_{Rdt,\text{bal}} &= F_{s1} = -2677,183 \text{ kN} \\ M_{Rdt,\text{bal}} &= F_{s1} \cdot Z_{s1} = 7927,140 \text{ kNm} \\ \text{BOD "5"} \quad N_{Rdt0} &= F_{s1} + F_{s2} = -5354,367 \text{ kN} \\ M_{Rdt0} &= F_{s1} \cdot Z_{s1} - F_{s2} \cdot Z_{s2} = 0,000 \text{ kNm} \end{aligned}$$



$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

8.7.1.2.2 Posúdenie prierezu - $M + N_{\min}$

Návrh: 10 ϕ 28mm/m+10 ϕ 28mm/m, $a_{100\text{mm}}$ –C30/37

Prierez hr.: 6050mm

$$M_0 = 10979,18 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 10278,20 \text{ kN}$$

Základná excentricita:

$$e_1 = M_0/N_{Ed} = 1,068 \text{ m}$$

Náhodná excentricita:

$$\theta_i = (1/200) \cdot (2/l)^{1/2} = \mathbf{0,0380723} \quad e_i = \theta_i \cdot l_0 / 2 = \mathbf{0,193 \text{ m}}$$

Excentricita I. rádu so zohľadnením imperfekcií:

$$e_0 = e_1 + e_i = \mathbf{1,261 \text{ m}} \quad \min e_0 < e_0 \Rightarrow e_0 = \mathbf{1,261 \text{ m}}$$

$$\min e_0 = h/30 = \mathbf{0,202 \text{ m}} \quad 0,02 < e_0$$

Návrhový moment v kritickom priereze:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} = N_{Ed} \cdot e_0 = \mathbf{12964,413 \text{ kNm}}$$

Návrh výstuže:

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = \mathbf{2,953 \text{ m}}$$

$$F_{cd,lim} = x_{B,lim} \cdot b \cdot f_{cd} = \mathbf{50201,404 \text{ kN}}$$

$$N_{Ed} > F_{cd,lim} \quad \textbf{Podmienka nevyhovuje-Prevláda ohyb}$$

$$M_{s1} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot z_{s1} = \mathbf{43377,607 \text{ kNm}}$$

$$x_B = d - (d^2 - 2 \cdot M_{s1} / (b \cdot f_{cd}))^{1/2} = \mathbf{0,443 \text{ m}} \quad \text{Oblasť III}$$

$$F_{cd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} = \mathbf{7527,430 \text{ kN}}$$

$$A_{s1} = (F_{cd} - N_{Ed}) / \sigma_{s1} = \mathbf{-0,006327 \text{ m}^2} \Rightarrow A_{s1} = \mathbf{0,006158}$$

$$\text{počet výstuží } n_1 = \mathbf{10}$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_1 = \mathbf{28}$$

$$A_{s2} = A_{s1} \Rightarrow A_{s2} = \mathbf{0,006158 \text{ m}^2}$$

$$\text{počet výstuží } n_2 = \mathbf{10}$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_2 = \mathbf{28}$$

$$c_{nom} = \mathbf{50,00 \text{ mm}} \quad d = h - d_1 = \mathbf{5,986 \text{ m}}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi_1 = \mathbf{64,00 \text{ mm}} \quad z_{s1} = \mathbf{2,961 \text{ m}}$$

$$d_2 = c + 0,5 \cdot \phi_2 = \mathbf{64,00 \text{ mm}} \quad z_{s2} = \mathbf{2,961 \text{ m}}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_{s1} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = \mathbf{42 \text{ mm}} \quad b_{n1} < b \quad \textbf{Návrh vyhovuje}$$

$$b_{n1} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = \mathbf{0,758 \text{ m}}$$

$$t_{s2} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = \mathbf{42 \text{ mm}}$$

$$b_{n2} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = \mathbf{0,758 \text{ m}} \quad b_{n2} < b \quad \textbf{Návrh vyhovuje}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s,min} = \max(0,1 \cdot N_{Ed} / f_{yd}; 0,002 \cdot A_c) = \mathbf{0,0121 \text{ m}^2} \quad A_s > A_{s,min} \quad \textbf{Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s,max} = 0,4 \cdot A_c = \mathbf{2,42 \text{ m}^2} \quad A_s \leq A_{s,max} \quad \textbf{Návrh vyhovuje}$$

Posúdenie prierezu:

BOD "0" $N_{Rd0} = b \cdot h \cdot f_{cd} + \Sigma A_s \cdot \sigma_s = \mathbf{107160,265 \text{ kN}}$

$$M_{Rd0} = (A_{s2} \cdot z_2 - A_{s1} \cdot z_1) \cdot \sigma_s = \mathbf{0,000 \text{ kNm}}$$

BOD "1" $N_{Rd1} = \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + F_{s2} = \mathbf{84086,783 \text{ kN}}$

$$M_{Rd1} = \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot d) + F_{s2} \cdot z_{s2} = \mathbf{59264,034 \text{ kNm}}$$

BOD "2" $N_{Rd,bal} = \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + \Delta F_s = \mathbf{50218,182 \text{ kN}}$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d) + F_{s1} \cdot z_{s1} + F_{s2} \cdot z_{s2} = \mathbf{93591,756 \text{ kNm}}$$

BOD "3" $N_{Rd} = \mathbf{0,000 \text{ kN}}$

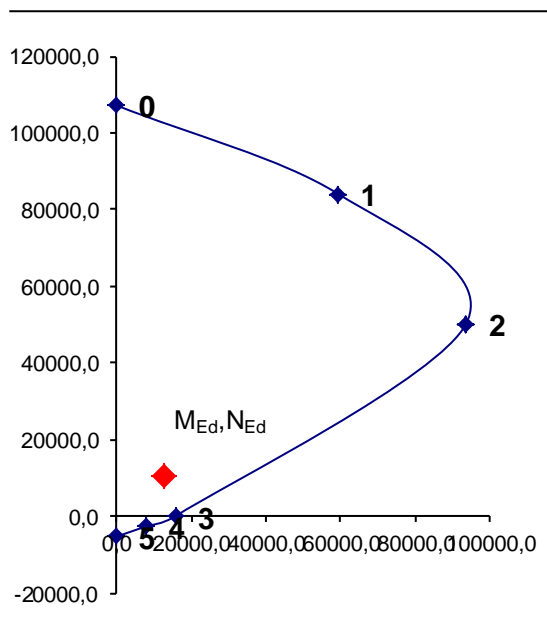
$$M_{Rd} = \mathbf{15814,816 \text{ kNm}}$$

BOD "4" $N_{Rdt,bal} = F_{s1} = \mathbf{-2677,183 \text{ kN}}$

$$M_{Rdt,bal} = F_{s1} \cdot z_{s1} = \mathbf{7927,140 \text{ kNm}}$$

BOD "5" $N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} = \mathbf{-5354,367 \text{ kN}}$

$$M_{Rdt0} = F_{s1} \cdot z_{s1} - F_{s2} \cdot z_{s2} = \mathbf{0,000 \text{ kNm}}$$



$M_{Ed} \leq M_{Rd}$ Návrh vyhovuje

8.7.1.2.3 Posúdenie prierezu - V_{max}

Návrh: ϕ 10mm, á200x400mm–C30/37

Prierez hr.: 6050mm

Porušenie tlakovej diagonály:

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250) = 0,516$$

$$V_{Rd,max} = z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan\theta + \cot\theta)^{-1} = 27536,220 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje - nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály}$$

Návr šmykovej výstuže:

$$\alpha = 90^\circ$$

$$A_{sw} = n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2 = 0,0003927 \text{ m}^2$$

$$\phi_{st} = 10 \text{ mm}$$

$$s_{min} < \min(A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha / V_{Ed},$$

$$n_s = 5$$

$$0,75 \cdot d, 400 \text{ mm}) = 0,400 \text{ m}$$

$$s = 0,4 \text{ m}$$

$$\rho_{sw} = A_{sw} / (s \cdot b) = 0,000981748$$

$$\rho_{sw} > \rho_{sw,min} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

$$\rho_{sw,min} = 0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk} = 0,000946573$$

$$V_{Ed} = 3562,39 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} = f_{ywd} \cdot A_{sw} / s \cdot z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha = 3935,111 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje - nedôjde k porušeniu šmykovej výstuže}$$

8.7.1.3 Posúdenie základu piliera

8.7.1.3.1 Posúdenie prierezu v pozdĺžnom smere mosta - M_{max}

Návrh: 10 ϕ 25mm/m, á100mm–C30/37

Prierez hr.: 3000mm

$$\text{počet výstuží } n = 10 \text{ ks}$$

$$\text{priemer výstuže } \phi = 25 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 50,00 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 2,938 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi = 62,50 \text{ mm}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s1,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d) = 0,00443 \text{ m}^2$$

$$A_{s1} > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s1,max} = 0,4 \cdot A_c = 1,2 \text{ m}^2$$

$$A_{s1} \leq A_{s1,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{\max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 37,5 \text{ mm} \quad b_n < b \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{\text{nom}} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,8275 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$x_B = A_{s1} \cdot f_{y d} / (b \cdot f_{c d}) = 0,126 \text{ m}$$

$$x_{B, \text{lim}} = (560 \cdot d) / (700 + f_{y d}) = 1,415 \text{ m} \quad x_B < x_{B, \text{lim}} \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

$$z = d - 0,5 \cdot x_B = 2,805 \text{ m} \quad M_{Ed} = 2514,39$$

$$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{c d} \cdot Z = 5985,947 \text{ kNm} \quad M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

8.7.1.3.2 Posúdenie prierezu v pozdĺžnom smere mosta - M_{\min}

Návrh: 10 ϕ 25mm/m, á100mm–C30/37

Prierez hr.: 3000mm

$$\text{počet výstuží } n = 10 \text{ ks}$$

$$\text{priemer výstuže } \phi = 25 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = 50,00 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 2,938 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi = 62,50 \text{ mm}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s1, \text{min}} = \max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d) = 0,00443 \text{ m}^2 \quad A_{s1} > A_{s, \text{min}} \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s1, \text{max}} = 0,4 \cdot A_c = 1,2 \text{ m}^2 \quad A_{s1} \leq A_{s1, \text{max}} \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{\max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 37,5 \text{ mm} \quad b_n < b \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{\text{nom}} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,6875 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$x_B = A_{s1} \cdot f_{y d} / (b \cdot f_{c d}) = 0,126 \text{ m}$$

$$x_{B, \text{lim}} = (560 \cdot d) / (700 + f_{y d}) = 1,450 \text{ m} \quad x_B < x_{B, \text{lim}} \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

$$z = d - 0,5 \cdot x_B = 2,875 \text{ m} \quad M_{Ed} = 3136,92$$

$$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{c d} \cdot Z = 6135,344 \text{ kNm} \quad M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

8.7.1.3.3 Posúdenie prierezu v priečnom smere mosta - M_{\max}

Návrh: 5 ϕ 18mm/m, á200mm–C30/37

Prierez hr.: 3000mm

$$\text{počet výstuží } n = 5 \text{ ks}$$

$$\text{priemer výstuže } \phi = 18 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = 115,00 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 2,876 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi = 124,00 \text{ mm}$$

Posúdenie prierezu:

$$x_B = A_{s1} \cdot f_{y d} / (b \cdot f_{c d}) = 0,033 \text{ m}$$

$$x_{B, \text{lim}} = (560 \cdot d) / (700 + f_{y d}) = 1,419 \text{ m} \quad x_B < x_{B, \text{lim}} \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

$$z = d - 0,5 \cdot x_B = 2,860 \text{ m} \quad M_{Ed} = 1246,46$$

$$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{c d} \cdot Z = 1581,984 \text{ kNm} \quad M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

8.7.1.3.4 Posúdenie prierezu v priečnom smere mosta - M_{\min}

Návrh: 5 ϕ 18mm/m, á200mm–C30/37

Prierez hr.: 3000mm

$$\text{počet výstuží } n = 5 \text{ ks}$$

$$\text{priemer výstuže } \phi = 18 \text{ mm}$$

$c_{nom} =$	115,00 mm	$d=h-d_1 =$	2,876 m
$d_1=c+0,5 \cdot \phi =$	124,00 mm		
Posúdenie prierezu:			
$x_B=A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) =$	0,033 m		
$x_{B,lim}=(560 \cdot d) / (700+f_{yd}) =$	1,419 m	$x_B < x_{B,lim}$	Návrh vyhovuje
$z=d-0,5 \cdot x_B =$	2,860 m	$M_{Ed} =$	1317,50
$M_{Rd}=x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z =$	1581,984 kNm	$M_{Ed} \leq M_{Rd}$	Návrh vyhovuje

8.7.1.3.5 Posúdenie prierezu - V_{max}

Návrh: ϕ 12mm, á250x400mm–C30/37

Prierez hr.: 3000mm

Porušenie tlakovej diagonály:

$$v=0,6 \cdot (1-f_{ck}/250) = \mathbf{0,528}$$

$$V_{Rd,max}=z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan\theta + \cot\theta)^{-1} = \mathbf{8744,096 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,max} \geq V_{Ed} \quad \text{Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály}$$

Návr šmykovej výstuže:

$$\alpha = \mathbf{90^\circ} \quad A_{sw}=n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2 = \mathbf{0,0004524 \text{ m}^2}$$

$$\phi_{st} = \mathbf{12 \text{ mm}} \quad s_{min} < \min(A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha / V_{Ed},$$

$$n_s = \mathbf{4} \quad 0,75 \cdot d, 400\text{mm}) = \mathbf{0,400 \text{ m}}$$

$$\rho_{sw}=A_{sw}/(s \cdot b) = 0,001130973 \quad \rho_{sw} > \rho_{sw,mir} \quad \text{Podmienka vyhovuje}$$

$$\rho_{sw,min}=0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk} = 0,000876356 \quad V_{Ed} = \mathbf{3077,53 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,s}=f_{yd} \cdot A_{sw} / s \cdot z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha = \mathbf{3413,546 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed} \quad \text{Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu šmykovej výstuže}$$

8.7.1.4 Posúdenie mikropilót piliera P4

8.7.1.4.1 Overenie únosnosti osamelej mikropilóty

Parametre zemín

R5-R4

Objemová tiaž :	γ	=	20,40 kN/m ³
Uhol vnútorného trenia :	ϕ_{ef}	=	18,50 °
Súdržnosť zeminy :	c_{ef}	=	21,00 kPa
Obj. tiaž sat.zeminy :	γ_{sat}	=	20,40 kN/m ³

R4-R3

Objemová tiaž :	γ	=	21,10 kN/m ³
Uhol vnútorného trenia :	ϕ_{ef}	=	27,90 °
Súdržnosť zeminy :	c_{ef}	=	150,00 kPa
Obj. tiaž sat.zeminy :	γ_{sat}	=	21,10 kN/m ³

Geometrie

Průměr	=	168.0 mm
Tloušťka stěny	=	20.0 mm
Volná délka mikropiloty	l	= 1.00 m
Délka kořene	l_r	= 5.00 m
Průměr kořene	d_r	= 0.35 m
Odklon mikropiloty od svislice	α	= 0.00 °
Vysazení mikropiloty nad terén	l_a	= 0.50 m

Materiál konstrukce:

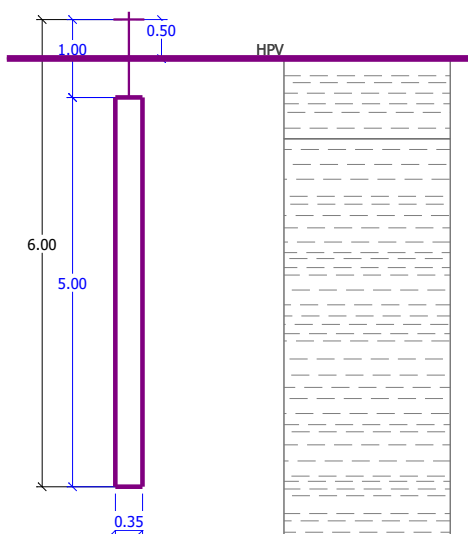
CEM1

Normová pevnost v tlaku	R_{bd}	=	20.00 MPa
Modul pružnosti	E_b	=	29000.00 MPa

S275

Normová pevnost oceli	R_{sd}	=	275.00 MPa
-----------------------	----------	---	------------

Modul pružnosti $E_s = 210000.00 \text{ MPa}$



obr. 33 Geometrická schéma mikropilóty piliera P4

Geologický profil a priradenie zemín

Číslo	Vrstva [m]	Priradená zemina	Vzorka
1	1.03	R5-R4	
2	-	R4-R3	

Zatížení

Číslo	Síla nová	Síla změna	Název	Síla N [kN]	Moment M [kNm]
1	ANO		Síla č. 1	854.61	0.00
2	ANO		Zatížení č. 2	181.75	0.00

Hladina podzemnej vody

Hladina podzemnej vody je v hĺbke 0.00 m od pôvodného terénu.

Nastavenie výpočtu

Výpočet posouzení podle mezních stavů.

Součinitel redukce úhlu vnitřního tření $\gamma_{m\phi} = 1.00$

Součinitel redukce soudržnosti $\gamma_{mc} = 1.00$

Součinitel redukce kritické síly $\gamma_{mf} = 1.00$

Součinitel spolehlivosti cementové směsi $\gamma_{mc} = 1.50$

Součinitel spolehlivosti oceli $\gamma_{ms} = 1.50$

Součinitel redukce únosnosti kořene $\gamma_{mr} = 1.00$

Posúdenie čís. 1

Posouzení průřezu - výpočet číslo 1

Ve výpočtu uvažován vliv koroze

Požadovaná životnost $t = 100$ [roky]

Typ zeminy: zeminy v přírodním uložení

Posouzení vnitřní stability průřezu: geometrická (Eulerova) metoda

Výpočet vzpěrné délky průřezu - uložení (kloub-kloub).

Modul reakce podloží $E_p = 10.00 \text{ MN/m}^3$

Spočtený počet půlvln $n = 0.00$

Vzpěrná délka $l_{cr} = 2.87 \text{ m}$

Kritická normálová síla $N_{crd} = 6409.53 \text{ kN}$

Maximálna normálová síla $N_{max} = 854.61 \text{ kN}$

Vnitřní stabilita průřezu mikropiloty VYHOVUJE

Posouzení únosnosti spřaženého průřezu:

Průřez je nejvíce využit pro zatěžovací případ č. 1

Plocha ideálního průřezu $A_i = 1.045E+04 \text{ mm}^2$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu $J_i = 2.556E+07 \text{ mm}^4$

Štíhlost prutu $\lambda = 58.123$

Součinitel vzpěrnosti $\kappa = 0.887$

Napětí v oceli $\sigma = 100.27 \text{ MPa}$

Pevnost oceli $\sigma_{rd} = 183.33 \text{ MPa}$

Spřažený průřez mikropiloty VYHOVUJE

Posúdenie č. 1

Posouzení kořene - výpočet číslo 1

Způsob výpočtu - kořen v hornině.

Celková únosnost kořene mikropiloty = 1264.49 kN

Výpočtová únosnost kořene mikropiloty $Q_{rd} = 1264.49 \text{ kN}$

Maximálna normálová síla $N_{max} = 854.61 \text{ kN}$

Únosnost kořene VYHOVUJE

8.7.1.4.2 Posúdenie skupiny mikropilót piliera P4

Mikropilóty:

priemer vrtu:	$\phi = 220,00 \text{ mm}$	Trieda základovej pôdy:	R4/R3
priemer ocelevej rúry:	$\phi = 168,00 \text{ mm}$	$E_{def} =$	172,98 MPa
hrúbka steny rúry:	20,00 mm	$R_d =$	220,00 MPa
Dĺžka mikropilót:	$l_p = 7,00 \text{ m}$	Pevnosť betónu v tlaku:	$f_{cd} = 13,33 \text{ MPa}$
Dĺžka koreňa:	$l_k = 5,00 \text{ m}$	Modul pružnosti betónu:	$E_{cm} = 29000,00 \text{ MPa}$
Zaťaženie zvislé:	$V_{Ed} = 79799,92 \text{ kN}$	Pevnosť ocele v tlaku:	$f_{yd} = 275,00 \text{ MPa}$
Zaťaženie horizontálne:	$H_{Ed} = 13997,43 \text{ kN}$	Počet mikropilót:	$n = 154,00 \text{ ks}$
Zaťaženie momentom:	$M_{Ed} = 0,00 \text{ kNm}$	Modul pružnosti ocele:	$E_s = 210000,00 \text{ MPa}$
Rozmery základu:	$b = 7,00 \text{ m}$	Medza pevnosti ocele:	$f_u = 430,00 \text{ MPa}$
	$l = 12,40 \text{ m}$	Priemer koreňa:	$\phi_k = 0,35$
		$\gamma_s = \gamma_t =$	1,1

Únosnosť mikropilóty na tlak:

Zaťaženie na 1 mikropilótu:	$V_{Ed1} = V_{Ed}/n = 518,18 \text{ kN}$	$A_b = 0,0287142 \text{ m}^2$
Max. únosnosť 1 mp:	$V_{Rd} = (A_b \cdot f_{cd} + A_a \cdot f_{yd})/\gamma_t = 2672,83 \text{ kN}$	vyhovuje
Únosnosť osamelej mikropilóty-MKP Geo5:	6409,53 kN	vyhovuje

Únosnosť mikropilóty na vzper:

Modul reakcie prostredia:	$k_h = (A \cdot f_{cd})/(4d \cdot E_{cm} \cdot l) = 0,77 \text{ MN} \cdot \text{m}^{-3}$	$I = 2,59E-05 \text{ m}^4$
Min. únosnosť:	$V_{Rd,min} = 2 \cdot (k_h \cdot E_{cm} \cdot l)^{0,5} = 1517,84 \text{ kN}$	$V_{Rd,min} \geq V_{Ed1}$
	$V_{Rd,min} \geq V_{Ed1}$	vyhovuje

Únosnosť koreňa pilóty:

Medzné plášťové trenie i-tej vrstvy:	$f_{s1} = 230,00 \text{ kPa}$	$h_1 = 1,03 \text{ m}$
	$f_{s2} = 230,00 \text{ kPa}$	$h_2 = 10,00 \text{ m}$

Únosnosť plášťa: $U_{fd} = \sum \pi \cdot \phi_k \cdot h_i \cdot f_{si}/\gamma_s = 2535,88 \text{ kN}$

Únosnosť pätý: $U_{bd} = \pi \cdot \phi_k^2/4 \cdot R_d = 21166,48 \text{ kN}$

Únosnosť koreňa mikropilóty: $U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} = 23702,36 \text{ kN}$

$U_{vd} \geq V_{Ed1}$

vyhovuje

Posunutie v základovej škáry:

Horizontálna únosnosť MP x počet: **144748,64 kN**

Trenie v základovej škáre: **42251,88 kN**

$R_{d,H} = 187000,52 \text{ kN}$

$R_{d,H} \geq H_d$

vyhovuje

8.7.2 Posúdenie piliera P5~P10

Vnútné sily pôsobiace na pilier sú získané riešením dosko-stenového modelu s parabolickým spodným povrchom.

8.7.2.1 Posúdenie drieku piliera

8.7.2.1.1 Posúdenie prierezu - $M_{max} + N$

Návrh: 10φ 25mm/m+10φ 25mm/m, á100mm–C30/37

Prierez hr.: 3000mm

$$M_0 = 8543,54 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 7455,00 \text{ kN}$$

Základná excentricita:

$$e_1 = M_0 / N_{Ed} = 1,146 \text{ m}$$

Náhodná excentricita:

$$\theta_i = (1/200) \cdot (2/l^{1/2}) = 0,03754997$$

$$e_i = \theta_i \cdot l_0 / 2 = 0,265 \text{ m}$$

Excentricita I. rádu so zohľadnením imperfekcií:

$$e_0 = e_1 + e_i = 1,411 \text{ m}$$

$$\min e_0 < e_0$$

$$\min e_0 = h/30 = 0,100 \text{ m}$$

$$0,02 < e_0$$

$$\Rightarrow e_0 = 1,411 \text{ m}$$

Návrhový moment v kritickom priereze:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} = N_{Ed} \cdot e_0 = 10517,084 \text{ kNm}$$

Návrh výstuže:

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 1,448 \text{ m}$$

$$F_{cd,lim} = x_{B,lim} \cdot b \cdot f_{cd} = 24614,124 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} > F_{cd,lim} \quad \text{Podmienka nevyhovuje-Prevláda ohyb}$$

$$M_{s1} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot z_{s1} = 21207,555 \text{ kNm}$$

$$x_B = d - (d^2 - 2 \cdot M_{s1} / (b \cdot f_{cd}))^{1/2} = 0,461 \text{ m}$$

Oblasť III

$$F_{cd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} = 7845,180 \text{ kN}$$

$$A_{s1} = (F_{cd} - N_{Ed}) / \sigma_{s1} = 0,000897 \text{ m}^2$$

\Rightarrow

$$A_{s1} = 0,004909$$

$$\text{počet výstuží } n_1 = 10$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_1 = 25$$

$$A_{s2} = A_{s1}$$

\Rightarrow

$$A_{s2} = 0,004909 \text{ m}^2$$

$$\text{počet výstuží } n_2 = 10$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_2 = 25$$

$$c_{nom} = 50,00 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 2,938 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi_1 = 62,50 \text{ mm}$$

$$z_{s1} = 1,438 \text{ m}$$

$$d_2 = c + 0,5 \cdot \phi_2 = 62,50 \text{ mm}$$

$$z_{s2} = 1,438 \text{ m}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_{s1} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 37,5 \text{ mm}$$

$$b_{n1} < b \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

$$b_{n1} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,6875 \text{ m}$$

$$t_{s2} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 37,5 \text{ mm}$$

$$b_{n2} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,6875 \text{ m}$$

$$b_{n2} < b \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s,min} = \max(0,1 \cdot N_{Ed} / f_{yd}; 0,002 \cdot A_c) = 0,006 \text{ m}^2$$

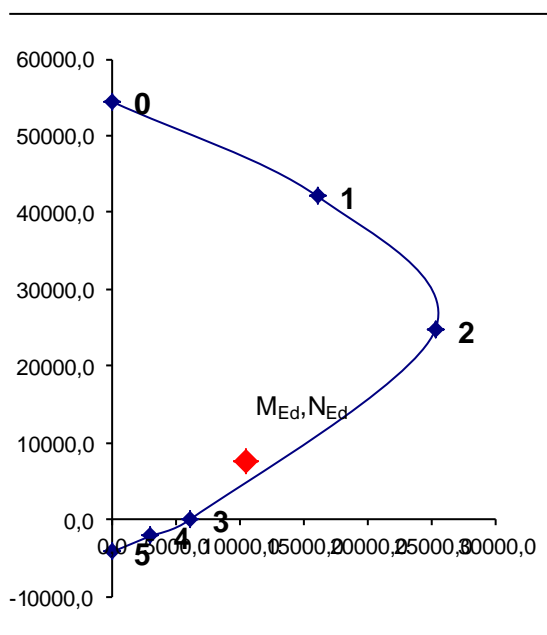
$$A_s > A_{s,min} \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s,max} = 0,4 \cdot A_c = 1,2 \text{ m}^2$$

$$A_s \leq A_{s,max} \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

Posúdenie prierezu:

BOD "0"	$N_{Rd0}=b \cdot h \cdot f_{cd} + \Sigma A_{s1} \cdot \sigma_s =$	54436,117 kN
	$M_{Rd0}=(A_{s2} \cdot Z_2 - A_{s1} \cdot Z_1) \cdot \sigma_s =$	0,000 kNm
BOD "1"	$N_{Rd1}=\lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + F_{s2} =$	42084,234 kN
	$M_{Rd1}=\lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5(h-\lambda \cdot d) + F_{s2} \cdot Z_{s2} =$	16051,712 kNm
BOD "2"	$N_{Rd,bal}=\lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + \Delta F_s =$	24643,487 kN
	$M_{Rd,bal}=\lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h-\lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d) + F_{s1} \cdot Z_{s1} + F_{s2} \cdot Z_{s2} =$	25239,346 kNm
BOD "3"	$N_{Rd} =$	0,000 kN
	$M_{Rd} =$	6135,344 kNm
BOD "4"	$N_{Rdt,bal} = F_{s1} =$	-2134,234 kN
	$M_{Rdt,bal} = F_{s1} \cdot Z_{s1} =$	3067,962 kNm
BOD "5"	$N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} =$	-4268,468 kN
	$M_{Rdt0} = F_{s1} \cdot Z_{s1} - F_{s2} \cdot Z_{s2} =$	0,000 kNm



8.7.2.1.2 Posúdenie prierezu - $M + N_{min}$

Návrh: 10 ϕ 25mm/m+10 ϕ 25mm/m, a_{100mm} –C30/37

Prierez hr.: 3000mm

$$M_0 = 5803,95 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 12397,23 \text{ kN}$$

Základná excentricita:

$$e_1 = M_0 / N_{Ed} = 0,468 \text{ m}$$

Náhodná excentricita:

$$\theta_i = (1/200) \cdot (2/l^{1/2}) = 0,03754997$$

$$e_i = \theta_i \cdot l_0 / 2 = 0,265 \text{ m}$$

Excentricita I. rádu so zohľadnením imperfekcií:

$$e_0 = e_1 + e_i = 0,733 \text{ m}$$

$$\min e_0 < e_0$$

$$\min e_0 = h/30 = 0,100 \text{ m}$$

$$0,02 < e_0$$

$$\Rightarrow e_0 = 0,733 \text{ m}$$

Návrhový moment v kritickom priereze:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} = N_{Ed} \cdot e_0 = 9085,831 \text{ kNm}$$

Návrh výstuže:

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 1,448 \text{ m}$$

$$F_{cd,lim} = x_{B,lim} \cdot b \cdot f_{cd} = 24614,124 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} > F_{cd,lim} \text{ Podmienka nevyhovuje-Prevláda ohyb}$$

$$M_{s1} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot z_{s1} = 26863,463 \text{ kNm}$$

$$x_B = d - (d^2 - 2 \cdot M_{s1} / (b \cdot f_{cd}))^{1/2} = 0,600 \text{ m} \quad \text{Oblasť III}$$

$$F_{cd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} = 10198,570 \text{ kN}$$

$$A_{s1} = (F_{cd} - N_{Ed}) / \sigma_{s1} = -0,005057 \text{ m}^2 \Rightarrow A_{s1} = 0,004909$$

$$\text{počet výstuží } n_1 = 10$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_1 = 25$$

$$A_{s2} = A_{s1} \Rightarrow A_{s2} = 0,004909 \text{ m}^2$$

$$\text{počet výstuží } n_2 = 10$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_2 = 25$$

$$c_{nom} = 50,00 \text{ mm} \quad d = h - d_1 = 2,938 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi_1 = 62,50 \text{ mm} \quad z_{s1} = 1,438 \text{ m}$$

$$d_2 = c + 0,5 \cdot \phi_2 = 62,50 \text{ mm} \quad z_{s2} = 1,438 \text{ m}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_{s1} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 37,5 \text{ mm} \quad b_{n1} < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_{n1} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,6875 \text{ m}$$

$$t_{s2} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 37,5 \text{ mm}$$

$$b_{n2} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,6875 \text{ m} \quad b_{n2} < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s,min} = \max(0,1 \cdot N_{Ed} / f_{yd}; 0,002 \cdot A_c) = 0,006 \text{ m}^2 \quad A_s > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s,max} = 0,4 \cdot A_c = 1,2 \text{ m}^2 \quad A_s \leq A_{s,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

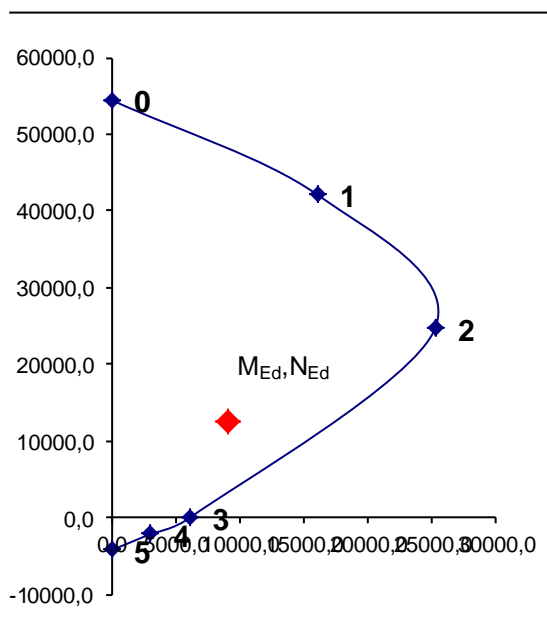
Posúdenie prierezu:

$$\text{BOD "0"} \quad N_{Rd0} = b \cdot h \cdot f_{cd} + \sum A_{s1} \cdot \sigma_s = 54436,117 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2} \cdot z_2 - A_{s1} \cdot z_1) \cdot \sigma_s = 0,000 \text{ kNm}$$

$$\text{BOD "1"} \quad N_{Rd1} = \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + F_{s2} = 42084,234 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5(h - \lambda \cdot d) + F_{s2} \cdot z_{s2} = 16051,712 \text{ kNm}$$



$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ Návrh vyhovuje}$$

BOD "2"	$N_{Rd,bal}=\lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + \Delta F_s =$	24643,487 kN
	$M_{Rd,bal}=\lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h-\lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d) + F_{s1} \cdot Z_{s1} + F_{s2} \cdot Z_{s2} =$	25239,346 kNm
BOD "3"	$N_{Rd} =$	0,000 kN
	$M_{Rd} =$	6135,344 kNm
BOD "4"	$N_{Rdt,bal} = F_{s1} =$	-2134,234 kN
	$M_{Rdt,bal} = F_{s1} \cdot Z_{s1} =$	3067,962 kNm
BOD "5"	$N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} =$	-4268,468 kN
	$M_{Rdt0} = F_{s1} \cdot Z_{s1} - F_{s2} \cdot Z_{s2} =$	0,000 kNm

8.7.2.1.3 Posúdenie prierezu - V_{max}

Návrh: ϕ 10mm, á200x400mm–C30/37

Prierez hr.: 3000mm

Porušenie tlakovej diagonály:

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250) = \mathbf{0,528}$$

$$V_{Rd,max} = z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan \theta + \cot \theta)^{-1} = \mathbf{8962,330 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,max} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje - nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály}$$

Návr šmykovej výstuže:

$$\alpha = \mathbf{90^\circ}$$

$$A_{sw} = n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2 = \mathbf{0,0003927 \text{ m}^2}$$

$$\phi_{st} = \mathbf{10 \text{ mm}}$$

$$s_{min} < \min(A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha / V_{Ed},$$

$$n_s = \mathbf{5}$$

$$0,75 \cdot d, 400 \text{ mm}) = \mathbf{0,400 \text{ m}}$$

$$s = \mathbf{0,4 \text{ m}}$$

$$\rho_{sw} = A_{sw} / (s \cdot b) = \mathbf{0,000981748}$$

$$\rho_{sw} > \rho_{sw,mir} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

$$\rho_{sw,min} = 0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk} = \mathbf{0,000876356}$$

$$V_{Ed} = \mathbf{1796,86 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,s} = f_{ywd} \cdot A_{sw} / s \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha = \mathbf{3037,102 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje - nedôjde k porušeniu šmykovej výstuže}$$

8.7.2.2 Posúdenie základu piliera

8.7.2.2.1 Posúdenie prierezu v pozdĺžnom smere mosta - M_{max}

Návrh: 8 ϕ 25mm/m, á125mm–C30/37

Prierez hr.: 2500mm

		počet výstuží n =	8 ks
		priemer výstuže $\phi =$	25 mm
$c_{nom} =$	50,00 mm	$d = h - d_1 =$	2,438 m
$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi =$	62,50 mm		

Kontrola vystuženia:

$$A_{s1,min} = \max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d) = \mathbf{0,003676 \text{ m}^2}$$

$$A_{s1} > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s1,max} = 0,4 \cdot A_c = \mathbf{1 \text{ m}^2}$$

$$A_{s1} \leq A_{s1,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20 \text{ mm}; d_g + 5 \text{ mm}) = \mathbf{37,5 \text{ mm}}$$

$$b_n < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = \mathbf{0,5625 \text{ m}}$$

Posúdenie prierezu:

$$x_B = A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = \mathbf{0,100 \text{ m}}$$

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = \mathbf{1,203 \text{ m}}$$

$$x_B < x_{B,lim} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$z = d - 0,5 \cdot x_B = \mathbf{2,387 \text{ m}}$$

$$M_{Ed} = \mathbf{1940,82}$$

$$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot Z = 4076,016 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad \text{Návrh vyhovuje}$$

8.7.2.2.2 Posúdenie prierezu v pozdĺžnom smere mosta - M_{min}

Návrh: 8 ϕ 25mm/m, á100mm–C30/37

Prierez hr.: 2500mm

			počet výstuží n=	8 ks
			priemer výstuže ϕ =	25 mm
c_{nom} =	50,00 mm	$d=h-d_1$ =	2,438 m	
$d_1=c+0,5 \cdot \phi$ =	62,50 mm			
Kontrola výstuženia:				
$A_{s1,min}=\max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d)$ =	0,003676 m ²	$A_{s1} > A_{s,min}$	Návrh vyhovuje	
$A_{s1,max}=0,4 \cdot A_c$ =	1 m ²	$A_{s1} \leq A_{s1,max}$	Návrh vyhovuje	
Kontrola rozmiestnenia výstuže:				
$t_s=\max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g+5\text{mm})$ =	37,5 mm	$b_n < b$	Návrh vyhovuje	
$b_n=2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s$ =	0,5625 m			
Posúdenie prierezu:				
$x_B=A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd})$ =	0,100 m	$x_B < x_{B,lim}$	Návrh vyhovuje	
$x_{B,lim}=(560 \cdot d) / (700+f_{yd})$ =	1,203 m	$M_{Ed} =$	1830,65	
$z=d-0,5 \cdot x_B$ =	2,387 m	$M_{Ed} \leq M_{Rd}$	Návrh vyhovuje	
$M_{Rd}=x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot Z$ =	4076,016 kNm			

8.7.2.2.3 Posúdenie prierezu v priečnom smere mosta - M_{max}

Návrh: 5 ϕ 18mm/m, á200mm–C30/37

Prierez hr.: 2500mm

			počet výstuží n=	5 ks
			priemer výstuže ϕ =	18 mm
c_{nom} =	115,00 mm	$d=h-d_1$ =	2,376 m	
$d_1=c+0,5 \cdot \phi$ =	124,00 mm			
Posúdenie prierezu:				
$x_B=A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd})$ =	0,033 m	$x_B < x_{B,lim}$	Návrh vyhovuje	
$x_{B,lim}=(560 \cdot d) / (700+f_{yd})$ =	1,173 m	$M_{Ed} =$	973,02	
$z=d-0,5 \cdot x_B$ =	2,360 m	$M_{Ed} \leq M_{Rd}$	Návrh vyhovuje	
$M_{Rd}=x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot Z$ =	1305,387 kNm			

8.7.2.2.4 Posúdenie prierezu v priečnom smere mosta - M_{min}

Návrh: 5 ϕ 18mm/m, á200mm–C30/37

Prierez hr.: 2500mm

			počet výstuží n=	5 ks
			priemer výstuže ϕ =	18 mm
c_{nom} =	115,00 mm	$d=h-d_1$ =	2,376 m	
$d_1=c+0,5 \cdot \phi$ =	124,00 mm			
Posúdenie prierezu:				
$x_B=A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd})$ =	0,033 m	$x_B < x_{B,lim}$	Návrh vyhovuje	
$x_{B,lim}=(560 \cdot d) / (700+f_{yd})$ =	1,173 m	$M_{Ed} =$	778,56	
$z=d-0,5 \cdot x_B$ =	2,360 m	$M_{Ed} \leq M_{Rd}$	Návrh vyhovuje	
$M_{Rd}=x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot Z$ =	1305,387 kNm			

8.7.2.2.5 Posúdenie prierezu - V_{max}

Návrh: ϕ 12mm, á250x400mm–C30/37

Prierez hr.: 2500mm

Porušenie tlakovej diagonály:

$$v=0,6 \cdot (1-f_{ck}/250)= \mathbf{0,528}$$

$$V_{Rd,max}=Z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan\theta + \cot\theta)^{-1}= \mathbf{9460,011 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,max} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály}$$

Návr šmykovej výstuže:

$$\alpha= \mathbf{90^\circ}$$

$$A_{sw}=n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2= \mathbf{0,0004524 \text{ m}^2}$$

$$\phi_{st}= \mathbf{12 \text{ mm}}$$

$$s_{min} < \min(A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha / V_{Ed},$$

$$n_s= \mathbf{4}$$

$$0,75 \cdot d, 400\text{mm})= \mathbf{0,400 \text{ m}}$$

$$s= \mathbf{0,4 \text{ m}}$$

$$\rho_{sw}=A_{sw}/(s \cdot b)= 0,001130973$$

$$\rho_{sw} > \rho_{sw,mir} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

$$\rho_{sw,min}=0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk}= 0,000876356$$

$$V_{Ed}= \mathbf{1907,32 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,s}=f_{ywd} \cdot A_{sw} / s \cdot z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha= \mathbf{1953,685 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu šmykovej výstuže}$$

8.7.2.3 Posúdenie mikropilót piliera P5~P10

8.7.2.3.1 Overenie únosnosti osamelej mikropilóty

Parametre zemín

R5-R4

Objemová tiaž :	γ	=	20,40 kN/m ³
Uhol vnútorného trenia :	φ_{ef}	=	18,50 °
Súdržnosť zeminy :	c_{ef}	=	21,00 kPa
Obj. tiaž sat.zeminy :	γ_{sat}	=	20,40 kN/m ³

R4-R3

Objemová tiaž :	γ	=	21,10 kN/m ³
Uhol vnútorného trenia :	φ_{ef}	=	27,90 °
Súdržnosť zeminy :	c_{ef}	=	150,00 kPa
Obj. tiaž sat.zeminy :	γ_{sat}	=	21,10 kN/m ³

Geometrie

$$\text{Průměr} = 168.0 \text{ mm}$$

$$\text{Tloušťka stěny} = 20.0 \text{ mm}$$

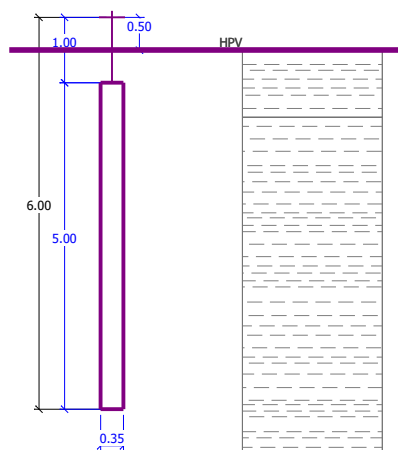
$$\text{Volná délka mikropiloty} \quad l = 1.00 \text{ m}$$

$$\text{Délka kořene} \quad l_r = 5.00 \text{ m}$$

$$\text{Průměr kořene} \quad d_r = 0.35 \text{ m}$$

$$\text{Odklon mikropiloty od svislice} \quad \alpha = 0.00^\circ$$

$$\text{Vysazení mikropiloty nad terén} \quad l_a = 0.50 \text{ M}$$



obr. 34 Geometrická schéma mikropilóty piliera P5~P10

Materiál konštrukcie:

CEM1

Normová pevnosť v tlaku $R_{bd} = 20.00$ MPa



Modul pružnosti $E_b = 29000.00$ MPa

S275

Normová pevnosť oceli $R_{sd} = 275.00$ MPa

Modul pružnosti $E_s = 210000.00$ MPa

Geologický profil a priradenie zemín

Číslo	Vrstva [m]	Priradená zemina	Vzorka
1	2.00	R5-R4	
2	-	R4-R3	

Zatížení

Číslo	Síla nová	Síla změna	Název	Síla N [kN]	Moment M [kNm]
1	ANO		Síla č. 1	1074.28	0.00
2	ANO		Zatížení č. 2	161.60	0.00

Hladina podzemnej vody

Hladina podzemnej vody je v hĺbke 0.00 m od pôvodného terénu.

Nastavenie výpočtu

Výpočet posouzení podle mezních stavů.

Součinitel redukce úhlu vnitřního tření $\gamma_{m\phi} = 1.00$

Součinitel redukce soudržnosti $\gamma_{mc} = 1.00$

Součinitel redukce kritické síly $\gamma_{mf} = 1.00$

Součinitel spolehlivosti cementové směsi $\gamma_{mc} = 1.50$

Součinitel spolehlivosti oceli $\gamma_{ms} = 1.50$

Součinitel redukce únosnosti kořene $\gamma_{mr} = 1.00$

Posúdenie čís. 1

Posouzení průřezu - výpočet číslo 1

Ve výpočtu uvažován vliv koroze

Požadovaná životnost $t = 100$ [roky]

Typ zeminy: zeminy v přírodním uložení

Posouzení vnitřní stability průřezu: geometrická (Eulerova) metoda

Výpočet vzpěrné délky průřezu - uložení (kloub-kloub).

Modul reakce podloží $E_p = 10.00$ MN/m³

Spočtený počet půlvln $n = 0.00$

Vzpěrná délka $l_{cr} = 2.87$ m

Kritická normálová síla $N_{crd} = 6409.53$ kN

Maximální normálová síla $N_{max} = 1074.28$ kN

Vnitřní stabilita průřezu mikropiloty VYHOVUJE

Posouzení únosnosti spřaženého průřezu:

Průřez je nejvíce využit pro zatěžovací případ čís. 1

Plocha ideálního průřezu $A_i = 1.045E+04$ mm²

Moment setrvačnosti ideálního průřezu $J_i = 2.556E+07$ mm⁴

Štíhlost prutu $\lambda = 58.123$

Součinitel vzpěrnosti $\kappa = 0.887$

Napětí v oceli $\sigma = 126.05$ MPa

Pevnost oceli $\sigma_{rd} = 183.33$ MPa

Spřažený průřez mikropiloty VYHOVUJE

Posúdenie čís. 1

Posouzení kořene - výpočet číslo 1

Způsob výpočtu - kořen v hornině.

Celková únosnost kořene mikropiloty = 1264.49 kN

Výpočtová únosnost kořene mikropiloty $Q_{rd} = 1264.49$ kN

Maximální normálová síla $N_{max} = 1074.28$ kN

Únosnost kořene VYHOVUJE

8.7.2.3.2 Posúdenie skupiny mikropilót piliera P5~P10

Mikropilóty:

priemer vrtu:	$\phi =$	220,00 mm	Trieda základovej pôdy:	R4/R3
priemer oceľovej rúry:	$\phi =$	168,00 mm	$E_{def} =$	172,98 MPa
hrúbka steny rúry:		20,00 mm	$R_d =$	220,00 MPa
Dĺžka mikropilót:	$l_p =$	6,00 m	Pevnosť betónu v tlaku:	$f_{cd} =$ 13,33 MPa
Dĺžka koreňa:	$l_k =$	5,00 m	Modul pružnosti betónu:	$E_{cm} =$ 29000,00 MPa
Zaťaženie zvislé:	$V_{Ed} =$	48738,00 kN	Pevnosť ocele v tlaku:	$f_{yd} =$ 275,00 MPa
Zaťaženie horizontálne:	$H_{Ed} =$	6451,73 kN	Počet mikropilót:	$n =$ 77,00 ks
Zaťaženie momentom:	$M_{Ed} =$	0,00 kNm	Modul pružnosti ocele:	$E_s =$ 210000,00 MPa
Rozmery základu:	$b =$	7,00 m	Medza pevnosti ocele:	$f_u =$ 430,00 MPa
	$l =$	10,50 m	Priemer koreňa:	$\phi_k =$ 0,35
			$\gamma_s = \gamma_t =$	1,1

Únosnosť mikropilóty na tlak:

Zaťaženie na 1 mikropilótu:	$V_{Ed1} = V_{Ed}/n =$	632,96 kN	$A_b =$	0,0287142 m ²
Max. únosnosť 1 mp:	$V_{Rd} = (A_b \cdot f_{cd} + A_a \cdot f_{yd})/\gamma_t =$	2672,83 kN	vyhovuje	$A_a =$ 0,0092991 m ²
Únosnosť osamelej mikropilóty-MKP Geo5:		6409,53 kN	vyhovuje	

Únosnosť mikropilóty na vzper:

Modul reakcie prostredia:	$k_h = (A \cdot f_{cd})/(4d \cdot E_{cm} \cdot l) =$	0,77 MN.m ⁻³	$l =$	2,59E-05 m ⁴
Min. únosnosť:	$V_{Rd,min} = 2 \cdot (k_h \cdot E_{cm} \cdot l)^{0,5} =$	1517,84 kN	$V_{Rd,min} \geq V_{Ed1}$	vyhovuje

Únosnosť koreňa pilóty:

Medzné plášťové trenie i-tej vrstvy:	$f_{s1} =$	230,00 kPa	$h_1 =$	2,00 m
	$f_{s2} =$	230,00 kPa	$h_2 =$	10,00 m
	$f_{s3} =$	0,00 kPa	$h_3 =$	0,00 m
	$f_{s4} =$	0,00 kPa	$h_4 =$	0,00 m
	$f_{s5} =$	0,00 kPa	$h_5 =$	0,00 m
	$f_{s6} =$	0,00 kPa	$h_6 =$	0,00 m

Únosnosť plášťa:	$U_{fd} = \sum \pi \cdot \phi_k \cdot h_i \cdot f_{si} / \gamma_s =$	2758,89 kN	
Únosnosť päty:	$U_{bd} = \pi \cdot \phi_k^2 / 4 \cdot R_d =$	21166,48 kN	$U_{vd} \geq V_{Ed1}$
Únosnosť koreňa mikropilóty:	$U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} =$	23925,37 kN	vyhovuje

Posunutie v základovej škáre:

Horizontálna únosnosť MP x počet:	72374,32 kN	
Trenie v základovej škáre:	25805,44 kN	$R_{d,H} \geq H_d$
	$R_{d,H} =$ 98179,76 kN	vyhovuje

8.7.3 Posúdenie piliera P11

Vnútné sily pôsobiace na pilier sú získané riešením dosko-stenového modelu s parabolickým spodným povrchom.

8.7.3.1 Posúdenie drieku piliera

8.7.3.1.1 Posúdenie prierezu - $M_{max} + N$

Návrh: 10 ϕ 28mm/m+10 ϕ 28mm/m, λ 100mm–C30/37

Prierez hr.: 4400mm

$$M_0 = 16523,49 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 4185,81 \text{ kN}$$

Základná excentricita:

$$e_1 = M_0 / N_{Ed} = 3,948 \text{ m}$$

Náhodná excentricita:

$$\theta_i = (1/200) \cdot (2/l)^{1/2} = 0,02729469$$

$$e_i = \theta_i \cdot l_0 / 2 = 0,071 \text{ m}$$

Excentricita I. rádu so zohľadnením imperfekcií:

$$e_0 = e_1 + e_i = 4,019 \text{ m}$$

$$\min e_0 < e_0$$

$$\min e_0 = h/30 = 0,147 \text{ m}$$

$$0,02 < e_0$$

$$\Rightarrow e_0 = 4,019 \text{ m}$$

Návrhový moment v kritickom priereze:

$$M_{Ed} = M_{0Ed} = N_{Ed} \cdot e_0 = 16821,398 \text{ kNm}$$

Návrh výstuže:

$$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 2,139 \text{ m}$$

$$F_{cd,lim} = x_{B,lim} \cdot b \cdot f_{cd} = 36359,105 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} > F_{cd,lim} \text{ Podmienka nevyhovuje-Prevláda ohyb}$$

$$M_{s1} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot z_{s1} = 25753,910 \text{ kNm}$$

$$x_B = d - (d^2 - 2 \cdot M_{s1} / (b \cdot f_{cd}))^{1/2} = 0,365 \text{ m}$$

Oblasť III

$$F_{cd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} = 6203,451 \text{ kN}$$

$$A_{s1} = (F_{cd} - N_{Ed}) / \sigma_{s1} = 0,004641 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow A_{s1} = 0,006158$$

$$\text{počet výstuží } n_1 = 10$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_1 = 28$$

$$A_{s2} = A_{s1}$$

$$\Rightarrow A_{s2} = 0,006158 \text{ m}^2$$

$$\text{počet výstuží } n_2 = 10$$

$$\text{priemer výstuže } \phi_2 = 28$$

$$c_{nom} = 50,00 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 4,336 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi_1 = 64,00 \text{ mm}$$

$$z_{s1} = 2,136 \text{ m}$$

$$d_2 = c + 0,5 \cdot \phi_2 = 64,00 \text{ mm}$$

$$z_{s2} = 2,136 \text{ m}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_{s1} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 42 \text{ mm}$$

$$b_{n1} < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_{n1} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,758 \text{ m}$$

$$t_{s2} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 42 \text{ mm}$$

$$b_{n2} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,758 \text{ m}$$

$$b_{n2} < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s,min} = \max(0,1 \cdot N_{Ed} / f_{yd}; 0,002 \cdot A_c) = 0,0088 \text{ m}^2$$

$$A_s > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s,max} = 0,4 \cdot A_c = 1,76 \text{ m}^2$$

$$A_s \leq A_{s,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Posúdenie prierezu:

BOD "0"

$$N_{Rd0} = b \cdot h \cdot f_{cd} + \Sigma A_s \cdot \sigma_s = 79110,265 \text{ kN}$$

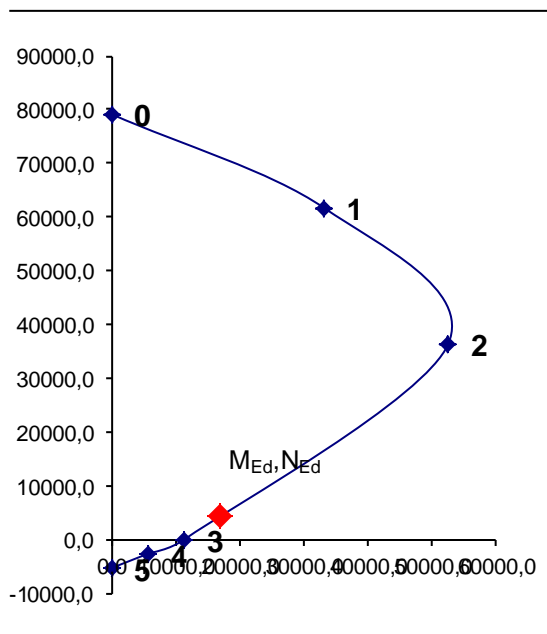
$$M_{Rd0} = (A_{s2} \cdot z_2 - A_{s1} \cdot z_1) \cdot \sigma_s = 0,000 \text{ kNm}$$

BOD "1"

$$N_{Rd1} = \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + F_{s2} = 61646,783 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5(h - \lambda \cdot d) + F_{s2} \cdot z_{s2} = 33174,709 \text{ kNm}$$

BOD "2"	$N_{Rd,bal} = \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + \Delta F_s =$	36375,884 kN
	$M_{Rd,bal} = \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d) + F_{s1} \cdot Z_{s1} + F_{s2} \cdot Z_{s2} =$	52546,080 kNm
BOD "3"	$N_{Rd} =$	0,000 kN
	$M_{Rd} =$	11397,464 kNm
BOD "4"	$N_{Rdt,bal} = F_{s1} =$	-2677,183 kN
	$M_{Rdt,bal} = F_{s1} \cdot Z_{s1} =$	5718,464 kNm
BOD "5"	$N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} =$	-5354,367 kN
	$M_{Rdt0} = F_{s1} \cdot Z_{s1} - F_{s2} \cdot Z_{s2} =$	0,000 kNm



$M_{Ed} \leq M_{Rd}$ **Návrh vyhovuje**

8.7.3.1.2 Posúdenie prierezu - $M + N_{min}$

Návrh: 10 ϕ 28mm/m+10 ϕ 28mm/m, á100mm–C30/37

Prierez hr.: 4400mm

$M_0 =$ **10757,54 kNm**

$N_{Ed} =$ **6765,96 kN**

Základná excentricita:

$e_1 = M_0 / N_{Ed} =$ **1,590 m**

Náhodná excentricita:

$\theta_i = (1/200) \cdot (2/1^{1/2}) =$ **0,02729469**

$e_i = \theta_i \cdot l_0 / 2 =$ **0,071 m**

Excentricita I. rádu so zohľadnením imperfekcií:

$e_0 = e_1 + e_i =$ **1,661 m**

$\min e_0 < e_0$

$\min e_0 = h/30 =$ **0,147 m**

$0,02 < e_0$

$\Rightarrow e_0 =$ **1,661 m**

Návrhový moment v kritickom priereze:

$M_{Ed} = M_0 + N_{Ed} \cdot e_0 =$ **11239,081 kNm**

Návrh výstuže:

$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) =$ **2,139 m**

$F_{cd,lim} = x_{B,lim} \cdot b \cdot f_{cd} =$ **36359,105 kN**

$N_{Ed} > F_{cd,lim}$ **Podmienka nevyhovuje-Prevláda ohyb**

$M_{s1} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot Z_{s1} =$ **25677,636 kNm**

$x_B = d - (d^2 - 2 \cdot M_{s1} / (b \cdot f_{cd}))^{1/2} =$ **0,364 m**

Oblasť III

$$F_{cd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} = 6184,237 \text{ kN}$$

$$A_{s1} = (F_{cd} - N_{Ed}) / \sigma_{s1} = -0,001338 \text{ m}^2 \Rightarrow A_{s1} = 0,006158$$

počet výstuží $n_1 = 10$
priemer výstuže $\phi_1 = 28$

$$A_{s2} = A_{s1} \Rightarrow A_{s2} = 0,006158 \text{ m}^2$$

počet výstuží $n_2 = 10$
priemer výstuže $\phi_2 = 28$

$$c_{nom} = 50,00 \text{ mm} \quad d = h - d_1 = 4,336 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi_1 = 64,00 \text{ mm} \quad z_{s1} = 2,136 \text{ m}$$

$$d_2 = c + 0,5 \cdot \phi_2 = 64,00 \text{ mm} \quad z_{s2} = 2,136 \text{ m}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_{s1} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20 \text{ mm}; d_g + 5 \text{ mm}) = 42 \text{ mm} \quad b_{n1} < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_{n1} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,758 \text{ m}$$

$$t_{s2} = \max(1,5 \cdot \phi_{max}; 20 \text{ mm}; d_g + 5 \text{ mm}) = 42 \text{ mm}$$

$$b_{n2} = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,758 \text{ m} \quad b_{n2} < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s,min} = \max(0,1 \cdot N_{Ed} / f_{yd}; 0,002 \cdot A_c) = 0,0088 \text{ m}^2 \quad A_s > A_{s,min} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s,max} = 0,4 \cdot A_c = 1,76 \text{ m}^2 \quad A_s \leq A_{s,max} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Posúdenie prierezu:

BOD "0"

$$N_{Rd0} = b \cdot h \cdot f_{cd} + \Sigma A_s \cdot \sigma_s = 79110,265 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2} \cdot z_2 - A_{s1} \cdot z_1) \cdot \sigma_s = 0,000 \text{ kNm}$$

BOD "1"

$$N_{Rd1} = \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + F_{s2} = 61646,783 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = \lambda \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5(h - \lambda \cdot d) + F_{s2} \cdot z_{s2} = 33174,709 \text{ kNm}$$

BOD "2"

$$N_{Rd,bal} = \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + \Delta F_s = 36375,884 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0,5(h - \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d) + F_{s1} \cdot z_{s1} + F_{s2} \cdot z_{s2} = 52546,080 \text{ kNm}$$

BOD "3"

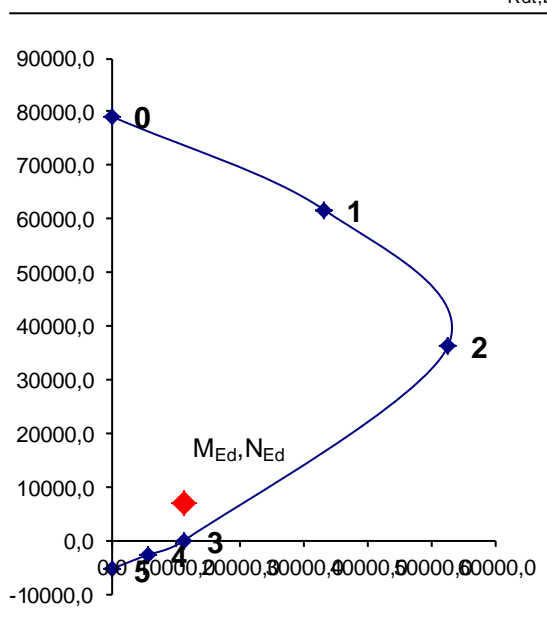
$$N_{Rd} = 0,000 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = 11397,464 \text{ kNm}$$

BOD "4"

$$N_{Rdt,bal} = F_{s1} = -2677,183 \text{ kN}$$

$$M_{Rdt,bal} = F_{s1} \cdot z_{s1} = 5718,464 \text{ kNm}$$



$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ Návrh vyhovuje}$$

BOD "5"

$$N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} = -5354,367 \text{ kN}$$

$$M_{Rdt0} = F_{s1} \cdot Z_{s1} - F_{s2} \cdot Z_{s2} = 0,000 \text{ kNm}$$

8.7.3.1.3 Posúdenie prierezu - V_{max}

Návrh: ϕ 10mm, á200x400mm–C30/37

Prierez hr.: 4400mm

Porušenie tlakovej diagonály:

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan\theta + \cot\theta)^{-1} = 13272,546 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály}$$

Návr šmykovej výstuže:

$$\alpha = 90^\circ$$

$$A_{sw} = n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2 = 0,0003927 \text{ m}^2$$

$$\phi_{st} = 10 \text{ mm}$$

$$s_{min} < \min(A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \sin\alpha / V_{Ed},$$

$$n_s = 5$$

$$0,75 \cdot d, 400\text{mm}) = 0,400 \text{ m}$$

$$s = 0,4 \text{ m}$$

$$\rho_{sw} = A_{sw} / (s \cdot b) = 0,000981748$$

$$\rho_{sw} > \rho_{sw, \text{min}} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

$$\rho_{sw, \text{min}} = 0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk} = 0,000876356$$

$$V_{Ed} = 4390,54 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} = f_{ywd} \cdot A_{sw} / s \cdot z \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha = 4497,722 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} \geq V_{Ed} \text{ Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu šmykovej výstuže}$$

8.7.3.2 Posúdenie základu piliera

8.7.3.2.1 Posúdenie prierezu v pozdĺžnom smere mosta - M_{max}

Návrh: 8ϕ 28mm/m, á125mm–C30/37

Prierez hr.: 3000mm

$$\text{počet výstuží } n = 8 \text{ ks}$$

$$\text{priemer výstuže } \phi = 28 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 50,00 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 2,936 \text{ m}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi = 64,00 \text{ mm}$$

Kontrola vystuženia:

$$A_{s1, \text{min}} = \max(0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}; 0,0013 \cdot b \cdot d) = 0,004427 \text{ m}^2$$

$$A_{s1} > A_{s, \text{min}} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$A_{s1, \text{max}} = 0,4 \cdot A_c = 1,2 \text{ m}^2$$

$$A_{s1} \leq A_{s1, \text{max}} \text{ Návrh vyhovuje}$$

Kontrola rozmiestnenia výstuže:

$$t_s = \max(1,5 \cdot \phi_{\text{max}}; 20\text{mm}; d_g + 5\text{mm}) = 42 \text{ mm}$$

$$b_n < b \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$b_n = 2 \cdot c_{nom} + n \cdot \phi + (n-1) \cdot t_s = 0,618 \text{ m}$$

Posúdenie prierezu:

$$x_B = A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) = 0,126 \text{ m}$$

$$x_{B, \text{lim}} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) = 1,449 \text{ m}$$

$$x_B < x_{B, \text{lim}} \text{ Návrh vyhovuje}$$

$$z = d - 0,5 \cdot x_B = 2,873 \text{ m}$$

$$M_{Ed} = 3876,02$$

$$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z = 6153,254 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ Návrh vyhovuje}$$

8.7.3.2.2 Posúdenie prierezu v pozdĺžnom smere mosta - M_{min}

Návrh: 8ϕ 25mm/m, á100mm–C30/37

Prierez hr.: 3000mm

$$\text{počet výstuží } n = 8 \text{ ks}$$

$$\text{priemer výstuže } \phi = 28 \text{ mm}$$

$C_{nom}=$	50,00 mm	$d=h-d_1=$	2,936 m	
$d_1=c+0,5.\phi=$	64,00 mm			
Kontrola vystuženia:				
$A_{s1,min}=\max(0,26.f_{ctm}.b.d/f_{yk};0,0013.b.d)=$	0,004427 m²	$A_{s1}>A_{s,min}$	Návrh vyhovuje	
$A_{s1,max}=0,4.A_c=$	1,2 m²	$A_{s1}\leq A_{s1,max}$	Návrh vyhovuje	
Kontrola rozmiestnenia výstuže:				
$t_s=\max(1,5.\phi_{max}; 20mm; d_g+5mm)=$	42 mm	$b_n<b$	Návrh vyhovuje	
$b_n=2.c_{nom}+n.\phi+(n-1).t_s=$	0,618 m			
Posúdenie prierezu:				
$x_B=A_{s1}.f_{yd}/(b.f_{cd})=$	0,126 m			
$x_{B,lim}=(560.d)/(700+f_{yd})=$	1,449 m	$x_B<x_{B,lim}$	Návrh vyhovuje	
$z=d-0,5.x_B=$	2,873 m	$M_{Ed}=$	3845,54	
$M_{Rd}=x_B.b.f_{cd}.z=$	6153,254 kNm	$M_{Ed}\leq M_{Rd}$	Návrh vyhovuje	

8.7.3.2.3 Posúdenie prierezu v priečnom smere mosta - M_{max}

Návrh: 5 ϕ 18mm/m, á200mm–C30/37

Prierez hr.: 3000mm

		počet výstuží n=	5 ks	
		priemer výstuže $\phi =$	18 mm	
$C_{nom} =$	115,00 mm	$d = h - d_1 =$	2,876 m	
$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi =$	124,00 mm			
Posúdenie prierezu:				
$x_B = A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) =$	0,033 m			
$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) =$	1,419 m	$x_B < x_{B,lim}$	Návrh vyhovuje	
$z = d - 0,5 \cdot x_B =$	2,860 m	$M_{Ed} =$	804,39	
$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z =$	1581,984 kNm	$M_{Ed} \leq M_{Rd}$	Návrh vyhovuje	

8.7.3.2.4 Posúdenie prierezu v priečnom smere mosta - M_{min}

Návrh: 5 ϕ 18mm/m, á200mm–C30/37

Prierez hr.: 3000mm

		počet výstuží n=	5 ks	
		priemer výstuže $\phi =$	18 mm	
$C_{nom} =$	115,00 mm	$d = h - d_1 =$	2,876 m	
$d_1 = c + 0,5 \cdot \phi =$	124,00 mm			
Posúdenie prierezu:				
$x_B = A_{s1} \cdot f_{yd} / (b \cdot f_{cd}) =$	0,033 m			
$x_{B,lim} = (560 \cdot d) / (700 + f_{yd}) =$	1,419 m	$x_B < x_{B,lim}$	Návrh vyhovuje	
$z = d - 0,5 \cdot x_B =$	2,860 m	$M_{Ed} =$	749,80	
$M_{Rd} = x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot z =$	1581,984 kNm	$M_{Ed} \leq M_{Rd}$	Návrh vyhovuje	

8.7.3.2.5 Posúdenie prierezu - V_{max}

Návrh: ϕ 12mm, á250x400mm–C30/37

Prierez hr.: 3000mm

Porušenie tlakovej diagonály:

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) = \mathbf{0,528}$$

$$V_{Rd,max} = z \cdot b \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\tan \theta + \cot \theta)^{-1} = \mathbf{8956,965 \text{ kN}}$$

$V_{Rd,max} \geq V_{Ed}$ **Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu tlakovej diagonály**

Návrh šmykovej výstuže:

$$\alpha = 90^\circ \quad A_{sw} = n_s \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2 = 0,0004524 \text{ m}^2$$

$$\phi_{st} = 12 \text{ mm} \quad s_{min} < \min(A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha / V_{Ed},$$

$$n_s = 4 \quad 0,75 \cdot d, 400 \text{ mm}) = 0,400 \text{ m}$$

$$s = 0,4 \text{ m}$$

$$\rho_{sw} = A_{sw} / (s \cdot b) = 0,001130973$$

$$\rho_{sw} > \rho_{sw, \text{min}} \text{ Podmienka vyhovuje}$$

$$\rho_{sw, \text{min}} = 0,08 \cdot f_{ck}^{1/2} / f_{yk} = 0,000876356$$

$$V_{Ed} = 3416,25 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} = f_{ywd} \cdot A_{sw} / s \cdot z \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha = 3496,647 \text{ kN}$$

$V_{Rd,s} \geq V_{Ed}$ **Návrh vyhovuje-nedôjde k porušeniu šmykovej výstuže**

8.7.3.3 Posúdenie mikropilót piliera P11

8.7.3.3.1 Overenie únosnosti osamelej mikropilóty

Parametre zemín

R5-R4

Objemová tiaž :	$\gamma = 20,40 \text{ kN/m}^3$
Uhol vnútorného trenia :	$\varphi_{ef} = 18,50^\circ$
Súdržnosť zeminy :	$c_{ef} = 21,00 \text{ kPa}$
Obj. tiaž sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 20,40 \text{ kN/m}^3$

R4-R3

Objemová tiaž :	$\gamma = 21,10 \text{ kN/m}^3$
Uhol vnútorného trenia :	$\varphi_{ef} = 27,90^\circ$
Súdržnosť zeminy :	$c_{ef} = 150,00 \text{ kPa}$
Obj. tiaž sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 21,10 \text{ kN/m}^3$

Geometrie

Průměr = 168.0 mm

Tloušťka stěny = 20.0 mm

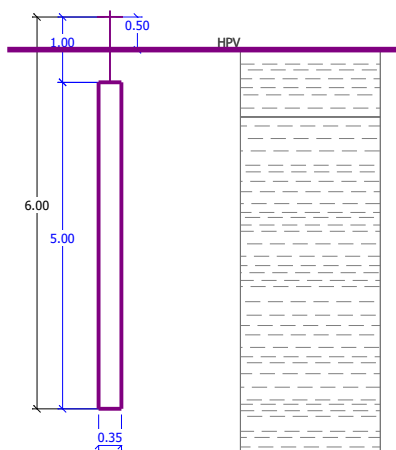
Volná délka mikropiloty $l = 1.00 \text{ m}$

Délka kořene $l_r = 5.00 \text{ m}$

Průměr kořene $d_r = 0.35 \text{ m}$

Odklon mikropiloty od svislice $\alpha = 0.00^\circ$

Vysazení mikropiloty nad terén $l_a = 0.50 \text{ m}$



obr. 35 Geometrická schéma mikropilóty piliera P11

Materiál konstrukce:

CEM1

Normová pevnost v tlaku $R_{bd} = 20.00 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E_b = 29000.00 \text{ MPa}$

S275

Normová pevnost oceli $R_{sd} = 275.00 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E_s = 210000.00 \text{ MPa}$

Geologický profil a priradenie zemín

Číslo	Vrstva [m]	Priradená zemina	Vzorka
1	0.60	R5-R4	
2	-	R4-R3	

Zatížení

Číslo	Síla		Název	Síla N [kN]	Moment M [kNm]
	nová	změna			
1	ANO		Síla č. 1	807.88	0.00
2	ANO		Zatížení č. 2	84.64	0.00

Hladina podzemnej vody

Hladina podzemnej vody je v hĺbke 0.00 m od pôvodného terénu.

Nastavenie výpočtu

Výpočet posouzení podle mezních stavů.

Součinitel redukce úhlu vnitřního tření	$\gamma_{m\phi} = 1.00$
Součinitel redukce soudržnosti	$\gamma_{mc} = 1.00$
Součinitel redukce kritické síly	$\gamma_{mf} = 1.00$
Součinitel spolehlivosti cementové směsi	$\gamma_{mc} = 1.50$
Součinitel spolehlivosti oceli	$\gamma_{ms} = 1.50$
Součinitel redukce únosnosti kořene	$\gamma_{mr} = 1.00$

Posúdenie čís. 1

Posouzení průřezu - výpočet číslo 1

Ve výpočtu uvažován vliv koroze

Požadovaná životnost $t = 100$ [roky]

Typ zeminy: zeminy v přírodním uložení

Posouzení vnitřní stability průřezu: geometrická (Eulerova) metoda

Výpočet vzpěrné délky průřezu - uložení (kloub-kloub).

Modul reakce podloží $E_p = 10.00$ MN/m³

Spočtený počet půlvln $n = 0.00$

Vzpěrná délka $l_{cr} = 2.87$ m

Kritická normálová síla $N_{crd} = 6409.53$ kN

Maximální normálová síla $N_{max} = 807.88$ kN

Vnitřní stabilita průřezu mikropiloty VYHOVUJE

Posouzení únosnosti spráženého průřezu:

Průřez je nejvíce využit pro zatěžovací případ čís. 1

Plocha ideálního průřezu $A_i = 1.045E+04$ mm²

Moment setrvačnosti ideálního průřezu $J_i = 2.556E+07$ mm⁴

Štíhlost prutu $\lambda = 58.123$

Součinitel vzpěrnosti $\kappa = 0.887$

Napětí v oceli $\sigma = 94.79$ MPa

Pevnost oceli $\sigma_{rd} = 183.33$ MPa

Sprážený průřez mikropiloty VYHOVUJE

Posúdenie čís. 1

Posouzení kořene - výpočet číslo 1

Způsob výpočtu - kořen v hornině.

Celková únosnost kořene mikropiloty = 1264.49 kN

Výpočtová únosnost kořene mikropiloty $Q_{rd} = 1264.49$ kN

Maximální normálová síla $N_{max} = 807.88$ kN

Únosnosť kořene VYHOVUJE

8.7.3.3.2 Posúdenie skupiny mikropilót piliera P11

Mikropilóty:

priemer vrtu:	ϕ=	220,00 mm	Trieda základovej pôdy:	R4/R3
priemer oceľovej rúry:	ϕ=	168,00 mm	E _{def} =	172,98 MPa
hrúbka steny rúry:		20,00 mm	R _d =	220,00 MPa
Dĺžka mikropilót:	l _p =	7,00 m	Pevnosť betónu v tlaku:	f _{cd} = 13,33 MPa
Dĺžka koreňa:	l _k =	5,00 m	Modul pružnosti betónu:	E _{cm} = 29000,00 MPa
Zaťaženie zvislé:	V _{Ed} =	60245,48 kN	Pevnosť ocele v tlaku:	f _{yd} = 275,00 MPa
Zaťaženie horizontálne:	H _{Ed} =	29470,68 kN	Počet mikropilót:	n= 154,00 ks
Zaťaženie momentom:	M _{Ed} =	0,00 kNm	Modul pružnosti ocele:	E _s = 210000,00 MPa
Rozmery základu:	b=	8,20 m	Medza pevnosti ocele:	f _u = 430,00 MPa
	l=	14,80 m	Priemer koreňa:	ϕ _k = 0,35
			γ _s =γ _t =	1,1

Únosnosť mikropilóty na tlak:

Zaťaženie na 1 mikropilótu:	$V_{Ed1}=V_{Ed}/n=$	391,20 kN		$A_b=$	0,0287142 m ²
Max. únosnosť 1 mp:	$V_{Rd}=(A_b \cdot f_{cd}+A_a \cdot f_{yd})/\gamma_t=$	2672,83 kN	vyhovuje	$A_a=$	0,0092991 m ²
Únosnosť osamelej mikropilóty-MKP Geo5:		6409,53 kN	vyhovuje		

Únosnosť mikropilóty na vzper:

Modul reakcie prostredia:	$k_h = (A \cdot f_{cd})/(4d \cdot E_{cm} \cdot l) =$	0,77 MN.m ⁻³	$l =$	2,59E-05 m ⁴
Min. únosnosť:	$V_{Rd,min} = 2 \cdot (k_h \cdot E_{cm} \cdot l)^{0,5} =$	1517,84 kN	$V_{Rd,min} \geq V_{Ed1}$	vyhovuje

Únosnosť koreňa pilóty:

Medzné plášťové trenie i-tej vrstvy:	$f_{s1} =$	230,00 kPa	$h_1 =$	0,60 m
	$f_{s2} =$	230,00 kPa	$h_2 =$	10,00 m
	$f_{s3} =$	0,00 kPa	$h_3 =$	0,00 m
	$f_{s4} =$	0,00 kPa	$h_4 =$	0,00 m
	$f_{s5} =$	0,00 kPa	$h_5 =$	0,00 m
	$f_{s6} =$	0,00 kPa	$h_6 =$	0,00 m

Únosnosť plášt'a:	$U_{fd} = \sum \pi \cdot \phi_k \cdot h_i \cdot f_{si} / \gamma_s =$	2437,02 kN	
Únosnosť päty:	$U_{bd} = \pi \cdot \phi_k^2 / 4 \cdot R_d =$	21166,48 kN	$U_{vd} \geq V_{Ed1}$
Únosnosť koreňa mikropilóty:	$U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} =$	23603,50 kN	vyhovuje

Posunutie v základovej škáry:

Horizontálna únosnosť MP x počet:	144748,64 kN	
Trenie v základovej škáre:	31898,34 kN	$R_{d,H} \geq H_d$

8.8 Krídlo

Gravitačné krídlo bolo posudzované na 1m šírky krídla. Konštrukcia bude z betónu C30/37. Predpokladá sa, že krídlo, obdobne ako opora, bude uložená na vrstve podkladového betónu C16/20. Zásypový materiál za rubom líca bude zo zeminy triedy G1, zhutnenej na úroveň potrebnú pre vedenie železničnej trate. Zásypový materiál z lícnej strany bude zo zeminy typu G3, zhutnenej na min. $I_D > 0,7$.

8.8.1 Posúdenie krídla

Materiál konštrukcie

Objemová tíha $\gamma = 23.00$ kN/m³

Výpočet betonových konštrukcií preveden podľa normy EN 1992 1-1 (EC2).

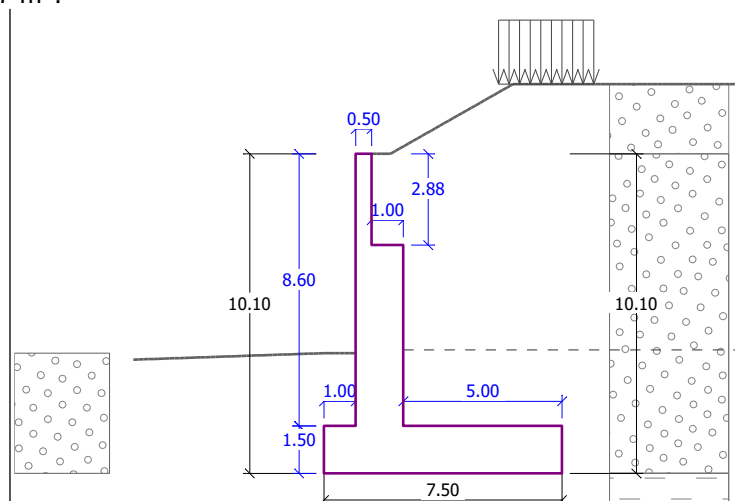
Beton : C 30/37

Ocel podélná : B500

Geometrie konstrukce

Číslo	Pořadnice X [m]	Hloubka Z [m]
1	0.00	0.00
2	0.00	2.88
3	1.00	2.88
4	1.00	8.60
5	6.00	8.60
6	6.00	10.10
7	-1.50	10.10
8	-1.50	8.60
9	-0.50	8.60
10	-0.50	0.00

Počátek [0,0] je v nejhořejším pravém bodu zdi.
 Plocha řezu zdi = 21.27 m².



obr. 36 Geometrické parametre konstrukce

Základní parametry zemin

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ [°]
1	Třída G1, středně ulehlá		38.50	0.00	21.00	11.00	12.50
2	R5		18.50	21.00	20.40	10.40	12.33
3	Třída G3, středně ulehlá		32.50	0.00	19.00	9.00	12.50

Parametry zemin pro výpočet tlaku v klidu

Číslo	Název	Vzorek	Typ výpočtu	φ [°]	ν [-]	OCR [-]	K_r [-]
1	Třída G1, středně ulehlá		nesoudržná	38.50	-	-	-
2	R5		soudržná	-	0.40	-	-

Číslo	Název	Vzorek	Typ výpočtu	φ [°]	ν [-]	OCR [-]	K_r [-]
3	Třída G3, středně uhlá		nesoudržná	32.50	-	-	-

Parametry zemin

Třída G1, středně uhlá

Objemová tíha : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 38,50^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
 Třecí úhel kce-zemina : $\delta = 12,50^\circ$
 Zemina : nesoudržná
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

R5

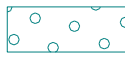


Objemová tíha : $\gamma = 20,40 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 18,50^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 21,00 \text{ kPa}$

Třecí úhel kce-zemina : $\delta = 12,33^\circ$
 Zemina : soudržná
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,40$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 20,40 \text{ kN/m}^3$

Třída G3, středně uhlá

Objemová tíha : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 32,50^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
 Třecí úhel kce-zemina : $\delta = 12,50^\circ$
 Zemina : nesoudržná
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	10.10	Třída G1, středně uhlá	
2	9.90	R5	
3	-	R5	

Tvar terénu

Číslo	Souřadnice X [m]	Hloubka Z [m]
1	0.00	0.00
2	0.60	0.00
3	4.46	-2.20
4	5.46	-2.20

Počátek [0,0] je v umístěn v pravém horním rohu konstrukce.

Kladná souřadnice +z směřuje dolů.

Vliv vody

Hladina podzemní vody za konstrukcí je v hloubce 6.20 m

Vztlak v základové spáře od rozdílných tlaků není uvažován.

Zadaná plošná přitížení

Číslo	Přítížení nové	Přítížení změna	Typ	Název	Vel.1 [kN/m ²]	Vel.2 [kN/m ²]	Poř.x x [m]	Délka l [m]	Hloubka z [m]
1	ANO		Pásové		20.00		4.00	3.00	na terénu

Odpor na líci konstrukce

Odpor na líci konstrukce: klidový

Zemina na líci konstrukce - Třída G3, středně uhlá

Výška zeminy před zdí $h = 3.80 \text{ m}$

Sklon zeminy před zdí $\beta = -1.97^\circ$

Nastavení výpočtu

Výpočet aktivního tlaku - Coulomb (ČSN 730037)

Výpočet pasivního tlaku - Caquot-Kerisel (ČSN 730037)

Norma výpočtu bet.konstrukcí - EN 1992 1-1 (EC2)

Výpočet proveden podle teorie mezních stavů s redukcí vstupních parametrů zemin.

Součinitel redukce úhlu vnitřního tření $\gamma_{m\phi} = 1.10$

Součinitel redukce soudržnosti $\gamma_{mc} = 1.40$

Součinitel redukce Poissonova čísla $\gamma_{mv} = 0.90$

Součinitel redukce objemové tíhy za konstrukcí $\gamma_{m\gamma} = 1.00$

Součinitel redukce objemové tíhy před konstrukcí $\gamma_{m\gamma} = 1.00$

Součinitel celkové stability konstrukce $\gamma_s = 0.90$

Zed' se může přemístit, je počítána na zatížení aktivním tlakem.

Posouzení čís. 1 (Fáze budování 1)

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zed'	0.00	-2.74	489.21	2.77	1.000
Odpor na líci	-68.16	-1.27	0.06	0.50	0.000
Tíh.- zemní klín	0.00	-6.02	548.41	3.89	0.000
Aktivní tlak	423.10	-4.08	550.39	6.12	1.300
Tlak vody	76.05	-1.30	0.00	3.57	1.300
Přít.1 - pásové	16.05	-5.46	21.82	3.47	1.250

Posouzení celé zdi

Posouzení na překlopení

Moment vzdorující $M_{\text{vzd}} = 5249.58$ kNm/m

Moment klopící $M_{\text{kl}} = 2482.70$ kNm/m

Zed' na překlopení VYHOVUJE

Posouzení na posunutí

Vodor. síla vzdorující $H_{\text{vzd}} = 776.39$ kN/m

Vodor. síla posunující $H_{\text{pos}} = 668.97$ kN/m

Zed' na posunutí VYHOVUJE

Síly působící ve středu základové spáry

Celkový moment $M = 1269.80$ kNm/m

Normálová síla $N = 1231.99$ kN/m

Smyková síla $Q = 668.97$ kN/m

Celkové posouzení - ZED' VYHOVUJE

Únosnost základové půdy (Fáze budování 1)

Síly působící ve středu základové spáry

Číslo	Moment [kNm/m]	Norm. síla [kN/m]	Pos. síla [kN/m]	Excentricita [m]	Napětí [kPa]
1	1269.80	1231.99	668.97	1.03	226.53

Posouzení únosnosti základové půdy

Posouzení excentricity

Max. excentricita normálové síly $e = 1030.7$ mm

Maximální dovolená excentricita $e_{\text{dov}} = 2475.0$ mm

Excentricita normálové síly VYHOVUJE

$\text{tg}\theta = H/V =$	0,543	$\theta =$	28,502 <30
$c_d' = c_k' \cdot \gamma_c =$	21,000 kPa	$e_B =$	1,0308 m
$\phi_d = \phi_k \cdot \gamma_\phi =$	18,500 °	$e_L =$	0,0000 m
$N_q = e^{\pi \cdot \text{tg}\phi_d} \cdot \text{tg}^2(45 + \phi_d/2) =$	5,520	$B' = B - 2 \cdot e_B =$	5,438 m
$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot\phi_d =$	13,510	$L' = L - 2 \cdot e_L =$	1,000 m

$$N_{\gamma}=1,5 \cdot (N_q-1) \cdot \tan \phi_d = 2,269 \quad A'=B' \cdot L' = 5,438 \text{ m}^2$$

Súčinitele tvaru základu: Súčinitele hĺbky založenia:

$$s_c=1+0,2 \cdot B'/L' = 2,088 \quad d_c=1+0,1 \cdot (D/B')^{0,5} = 1,084$$

$$s_q=1+B'/L' \cdot \sin \phi_d = 2,726 \quad d_q=1+0,1 \cdot (D/B' \cdot \sin^2 \phi_d)^{0,5} = 1,047$$

$$s_{\gamma}=1-0,3 \cdot B'/L' = -0,631 \quad d_{\gamma} = 1,000$$

Súčinitele šikmosti zaťaženia: Súčinitele šikmosti terénu:

$$i_c=i_q=i_{\gamma}=(1-\tan \theta)^2 = 0,209 \quad j_q=j_{\gamma}=(1-\tan \beta)^2 = 1,000$$

$$j_c=j_q-(1-j_q)/(N_c \cdot \tan \phi_d) = 1,000$$

Posúdenie únosnosti:

$$R_d=(c_d' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot j_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot j_q + \gamma' \cdot B'/2 \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot j_{\gamma})/\gamma_R = 276,672 \text{ kPa}$$

Posouzení únosnosti základové spáry

Max. napětí v základové spáře $\sigma = 226.53 \text{ kPa}$

Únosnost základové půdy $R_d = 276.67 \text{ kPa}$

Únosnost základové půdy VYHOVUJE

Celkové posouzení - únosnost základové půdy VYHOVUJE

Dimenzace čís. 1 (Fáze budování 1)

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zeď	0.00	-3.48	230.42	0.68	1.350
Odpor na líci	-24.95	-0.77	0.00	0.00	0.000
Tíh.- zemní klín	0.00	-7.18	61.44	1.01	0.000
Tlak v klidu	448.84	-3.01	0.00	1.50	1.300
Tlak vody	28.77	-0.80	0.00	1.50	1.300
Přít.1 - pásové	26.39	-5.35	0.00	0.50	1.250

Posouzení dříku zdi

Vyztužení a rozměry průřezu

Profil vložky = 25.0 mm

Počet vložek = 6.67

Krytí výztuže = 50.0 mm

Šířka průřezu = 1.00 m

Výška průřezu = 1.50 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0.23 \% > 0.15 \% = \rho_{\min}$

Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 1986.73 \text{ kNm} > 1985.50 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Dimenzace čís. 2 (Fáze budování 1)

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zeď	0.00	-1.44	33.12	0.25	1.350
Tlak v klidu	45.30	-0.90	0.00	0.50	1.300
Tlak vody	0.00	-2.88	0.00	0.50	1.300
Přít.1 - pásové	12.40	-1.46	0.00	0.50	1.250

Posouzení zdi v pracovní spáře 2.88 m od koruny zdi

Vyztužení a rozměry průřezu

Profil vložky = 12.0 mm

Počet vložek = 6.67

Krytí výztuže = 50.0 mm

Šířka průřezu = 1.00 m

Výška průřezu = 0.50 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0.17 \% > 0.15 \% = \rho_{\min}$
 Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 142.46 \text{ kNm} > 75.65 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Dimenzace čís. 3 (Fáze budování 1)

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zed'	0.00	-2.74	489.21	2.77	1.350
Odpor na líci	-68.16	-1.27	0.06	0.50	0.000
Tíh.- zemní klín	0.00	-6.02	548.41	3.89	1.300
Aktivní tlak	423.10	-4.08	550.39	6.12	1.300
Tlak vody	76.05	-1.30	0.00	3.57	1.300
Přít.1 - pásové	16.05	-5.46	21.82	3.47	1.250

Posouzení předního výstupku zdi

Tloušťka základu je větší než vyložení předního výstupku zdi, výztuž není nutná.

Dimenzace čís. 4 (Fáze budování 1)

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zed'	0.00	-0.75	172.50	5.00	1.350
Tíh.- zemní klín	0.00	-6.02	548.41	3.89	1.350
Aktivní tlak	423.10	-4.08	550.39	6.12	0.000
Přít.1 - pásové	16.05	-5.46	21.82	3.47	1.250
Kontaktní napětí	0.00	0.00	-691.95	4.47	1.000

Posouzení zadního výstupku zdi

Vyztužení a rozměry průřezu

Profil vložky = 25.0 mm

Počet vložek = 6.67

Krytí výztuže = 50.0 mm

Šířka průřezu = 1.00 m

Výška průřezu = 1.50 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0.23 \% > 0.15 \% = \rho_{\min}$

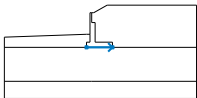
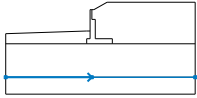
Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 1986.73 \text{ kNm} > 253.36 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Výpočet stability svahu

Rozhraní




Číslo	Umístění rozhraní	Souřadnice bodů rozhraní [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-25,25	-7,12	-1,50	-6,30	-0,50	-6,30
		-0,50	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00
		4,46	2,20	30,30	2,20		
2		0,00	0,00	0,00	-2,88	1,00	-2,88
		1,00	-8,60	6,00	-8,60	6,00	-10,10
		30,30	-10,10				
3		-25,25	-10,10	-1,50	-10,10	-1,50	-8,60
		-0,50	-8,60	-0,50	-6,30		

Číslo	Umístění rozhraní	Souřadnice bodů rozhraní [m]					
		x	z	x	z	x	z
4		-1,50	-10,10	6,00	-10,10		
5		-25,25	-20,00	0,00	-20,00	30,30	-20,00

Parametry zemin - efektivní napjatost

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	Třída G1, středně ulehlá		38,50	0,00	21,00
2	R5		18,50	21,00	20,40
3	Třída G3, středně ulehlá		32,50	0,00	19,00

Parametry zemin - vztlak

Číslo	Název	Vzorek	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	Třída G1, středně ulehlá		21,00		
2	R5		20,40		
3	Třída G3, středně ulehlá		19,00		

Parametry zemin

Třída G1, středně ulehlá

Objemová tíha : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 38,50^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

Soudržnost zeminy :

Obj.tíha sat.zeminy :

$c_{ef} = 21,00 \text{ kPa}$

$\gamma_{sat} = 20,40 \text{ kN/m}^3$

Třída G3, středně ulehlá

Objemová tíha :

Úhel vnitřního tření :

$\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$

$\varphi_{ef} = 32,50^\circ$

Soudržnost zeminy :

Obj.tíha sat.zeminy :


$c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$

$\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

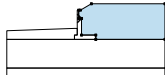
R5

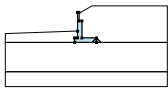
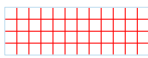
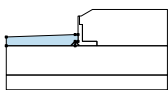

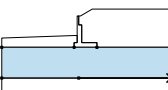

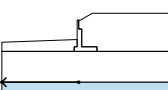

Objemová tíha : $\gamma = 20,40 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 18,50^\circ$

Tuhá tělesa

Číslo	Název	Vzorek	γ [kN/m ³]
1	Tuhé těleso		23,00

Přiřazení a plochy

Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
1		0,00	-2,88	1,00	-2,88	Třída G1, středně ulehlá
		1,00	-8,60	6,00	-8,60	
		6,00	-10,10	30,30	-10,10	
		30,30	2,20	4,46	2,20	
		0,60	0,00	0,00	0,00	

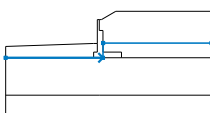
Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
2		6,00	-10,10	6,00	-8,60	Tuhé těleso 
		1,00	-8,60	1,00	-2,88	
		0,00	-2,88	0,00	0,00	
		-0,50	0,00	-0,50	-6,30	
		-0,50	-8,60	-1,50	-8,60	
		-1,50	-10,10			
3		-1,50	-10,10	-1,50	-8,60	Třída G3, středně ulehlá 
		-0,50	-8,60	-0,50	-6,30	
		-1,50	-6,30	-25,25	-7,12	
		-25,25	-10,10			
4		0,00	-20,00	30,30	-20,00	R5 
		30,30	-10,10	6,00	-10,10	
		-1,50	-10,10	-25,25	-10,10	
		-25,25	-20,00			
5		0,00	-20,00	-25,25	-20,00	R5 
		-25,25	-25,00	30,30	-25,00	
		30,30	-20,00			

Přetížení

Číslo	Typ	/ z [m] / x ₁ [m]	/ x [m] / z ₁ [m]	/ l [m] / x ₂ [m]	/ b [m] / z ₂ [m]	Sklon α [°]	Velikost		
						q, q ₁ , f, F	q ₂	jednotka	
1	pásové	na povrchu	x = 4,00	l = 3,00		0,00	20,00		kN/m ²

Voda

Typ vody : HPV

Číslo	Umístění HPV	Souřadnice bodů HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-25,25	-10,10	1,00	-10,10	1,05	-6,20
		30,30	-6,20				

Nastavení výpočtu

Nastavení výpočtu : Slovensko
 Typ výpočtu : Stupeň bezpečnosti
 Stupeň bezpečnosti : 1,50

Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet 1

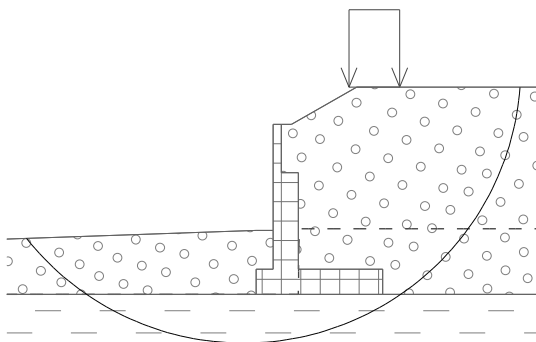
Kruhová smyková plocha

Parametry smykové plochy					
Střed :	x =	-2,24 [m]	Úhly :	α_1 =	-51,59 [°]
	z =	3,43 [m]		α_2 =	85,70 [°]
Poloměr :	R =	16,42 [m]			
Smyková plocha po optimalizaci.					

Posouzení stability svahu (Bishop)

Sumace aktivních sil : $F_a = 1449,89 \text{ kN/m}$
 Sumace pasivních sil : $F_p = 2641,51 \text{ kN/m}$
 Moment sesouvající : $M_a = 23807,12 \text{ kNm/m}$
 Moment vzdorující : $M_p = 43373,64 \text{ kNm/m}$
 Stupeň bezpečnosti = $1,82 > 1,50$

Stabilita svahu VYHOVUJE



obr. 37 Priebeh šmykovej plochy

Vstupní data (Fáze budování 2)

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	10.10	Třída G1, středně ulehlá	
2	9.90	R5	
3	-	R5	

Tvar terénu

Číslo	Souřadnice X [m]	Hloubka Z [m]
1	0.00	0.00
2	0.60	0.00
3	4.46	-2.20
4	5.46	-2.20

Počátek [0,0] je v umístěn v pravém horním rohu konstrukce.
 Kladná souřadnice +z směřuje dolů.

Vliv vody

Hladina podzemní vody za konstrukcí je v hloubce 0.00 m
 Hladina podzemní vody před konstrukcí je v hloubce 0.00 m
 Podloží u paty konstrukce je nepropustné.
 Vztlak v základové spáře od rozdílných tlaků není uvažován.

Zadaná plošná přitížení

Číslo	Přítížení nové	Přítížení změna	Typ	Název	Vel.1 [kN/m²]	Vel.2 [kN/m²]	Poř.x x [m]	Délka l [m]	Hloubka z [m]
1	NE	NE	Pásové		20.00		4.00	3.00	na terénu

Odpor na líci konstrukce

Odpor na líci konstrukce: klidový
 Zemina na líci konstrukce - Třída G3, středně ulehlá

Výška zeminy před zdí $h = 3.80 \text{ m}$
 Sklon zeminy před zdí $\beta = -1.97^\circ$

Nastavení výpočtu

Výpočet proveden podle teorie mezních stavů s redukcí vstupních parametrů zemin.

Součinitel redukce úhlu vnitřního tření $\gamma_{m\phi} = 1.10$
 Součinitel redukce soudržnosti $\gamma_{mc} = 1.40$
 Součinitel redukce Poissonova čísla $\gamma_{mv} = 0.90$
 Součinitel redukce objemové tíhy za konstrukcí $\gamma_{m\gamma} = 1.00$
 Součinitel redukce objemové tíhy před konstrukcí $\gamma_{m\gamma} = 1.00$
 Součinitel celkové stability konstrukce $\gamma_s = 0.90$

Zed' se může přemístit, je počítána na zatížení aktivním tlakem.

Posouzení čís. 1 (Fáze budování 2)

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	$F_{\text{svís}}$ [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zed'	0.00	-2.74	276.51	2.77	1.000
Odpor na líci	-32.29	-1.27	0.03	0.50	0.000
Tíh.- zemní klín	0.00	-5.47	343.84	4.04	0.000
Aktivní tlak	310.43	-4.12	402.64	6.10	1.300
Tlak vody	0.00	-10.10	0.00	3.57	1.300
Přít.1 - pásové	16.05	-5.46	21.82	3.47	1.250

Posouzení celé zdi

Posouzení na překlpení

Moment vzdorující $M_{\text{vzd}} = 3647.69 \text{ kNm/m}$

Moment klopící $M_{\text{kl}} = 1773.09 \text{ kNm/m}$

Zed' na překlpení VYHOVUJE

Posouzení na posunutí

Vodor. síla vzdorující $H_{\text{vzd}} = 521.31 \text{ kN/m}$

Vodor. síla posunující $H_{\text{pos}} = 423.63 \text{ kN/m}$

Zed' na posunutí VYHOVUJE

Síly působící ve středu základové spáry

Celkový moment $M = 822.20 \text{ kNm/m}$

Normálová síla $N = 827.23 \text{ kN/m}$

Smyková síla $Q = 423.63 \text{ kN/m}$

Celkové posouzení - ZED' VYHOVUJE

Únosnost základové půdy (Fáze budování 2)

Síly působící ve středu základové spáry

Číslo	Moment [kNm/m]	Norm. síla [kN/m]	Pos. síla [kN/m]	Excentricita [m]	Napětí [kPa]
1	822.20	827.23	423.63	0.99	150.07

Posouzení únosnosti základové půdy

Posouzení excentricity

Max. excentricita normálové síly $e = 993.9 \text{ mm}$

Maximální dovolená excentricita $e_{\text{dov}} = 2475.0 \text{ mm}$

Excentricita normálové síly VYHOVUJE

$$\begin{aligned}
 \text{tg}\theta &= H/V = & 0,512 & & \theta &= & 27,117 < 30 \\
 c_d' &= c_k \cdot \gamma_c = & 21,000 & \text{kPa} & e_B &= & 0,9939 \text{ m} \\
 \phi_d &= \phi_k \cdot \gamma_\phi = & 18,500 & ^\circ & e_L &= & 0,0000 \text{ m} \\
 N_q &= e^{\pi \cdot \text{tg}\phi_d} \cdot \text{tg}^2(45 + \phi_d/2) = & 5,520 & & B' &= B - 2 \cdot e_B = & 5,512 \text{ m} \\
 N_c &= (N_q - 1) \cdot \cot\phi_d = & 13,510 & & L' &= L - 2 \cdot e_L = & 1,000 \text{ m} \\
 N_\gamma &= 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \text{tg}\phi_d = & 2,269 & & A' &= B' \cdot L' = & 5,512 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Súčinitele tvaru základu: Súčinitele hĺbky založenia:

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot B'/L' = \mathbf{2,102} \quad d_c = 1 + 0,1 \cdot (D/B')^{0,5} = \mathbf{1,083}$$

$$s_q = 1 + B'/L' \cdot \sin \phi_b = \mathbf{2,749} \quad d_q = 1 + 0,1 \cdot (D/B' \cdot \sin 2\phi_b)^{0,5} = \mathbf{1,047}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \cdot B'/L' = \mathbf{-0,654} \quad d_\gamma = \mathbf{1,000}$$

Súčinitele šikmosti zaťaženia: Súčinitele šikmosti terénu:

$$i_c = i_q = i_\gamma = (1 - \tan \theta)^2 = \mathbf{0,238} \quad j_q = j_\gamma = (1 - \tan \beta)^2 = \mathbf{1,000}$$

$$j_c = j_q - (1 - j_q) / (N_c \cdot \tan \phi_b) = \mathbf{1,000}$$

Posúdenie únosnosti:

$$R_d = (c_d' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot j_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot j_q + \gamma' \cdot B' / 2 \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot j_\gamma) / \gamma_R = \mathbf{317,459 \text{ kPa}}$$

Posouzení únosnosti základové spáry

Max. napětí v základové spáře $\sigma = 150.07 \text{ kPa}$

Únosnost základové půdy $R_d = 317.46 \text{ kPa}$

Únosnost základové půdy VYHOVUJE

Celkové posouzení - únosnost základové půdy VYHOVUJE

Dimenzace čís. 1 (Fáze budování 2)

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zeď	0.00	-3.48	130.24	0.68	1.350
Odpor na líci	-11.82	-0.77	0.00	0.00	0.000
Tíh.- zemní klín	0.00	-7.18	32.18	1.01	0.000
Tlak v klidu	240.90	-2.79	0.00	1.50	1.300
Tlak vody	0.00	-8.60	0.00	1.50	1.300
Přít.1 - pásové	26.39	-5.35	0.00	0.50	1.250

Posouzení dříku zdi

Vyztužení a rozměry průřezu

Profil vložky = 25.0 mm

Počet vložek = 6.67

Krytí výztuže = 50.0 mm

Šířka průřezu = 1.00 m

Výška průřezu = 1.50 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0.23 \% > 0.15 \% = \rho_{\min}$

Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 1986.73 \text{ kNm} > 1063.43 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Dimenzace čís. 2 (Fáze budování 2)

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zeď	0.00	-1.44	18.66	0.25	1.350
Tlak v klidu	21.05	-0.92	0.00	0.50	1.300
Tlak vody	0.00	-2.87	0.00	0.50	1.300
Přít.1 - pásové	12.37	-1.46	0.00	0.50	1.250

Posouzení zdi v pracovní spáře 2.87 m od koruny zdi

Vyztužení a rozměry průřezu

Profil vložky = 12.0 mm

Počet vložek = 6.67

Krytí výztuže = 50.0 mm

Šířka průřezu = 1.00 m

Výška průřezu = 0.50 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0.17 \% > 0.15 \% = \rho_{\min}$

Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 142.46 \text{ kNm} > 47.65 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Dimenzace čís. 3 (Fáze budování 2)

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zeď	0.00	-2.74	276.51	2.77	1.350
Odpor na líci	-32.29	-1.27	0.03	0.50	0.000
Tíh.- zemní klín	0.00	-5.47	343.84	4.04	0.000
Aktivní tlak	310.43	-4.12	402.64	6.10	1.300
Tlak vody	0.00	-10.10	0.00	3.57	1.300
Přít.1 - pásové	16.05	-5.46	21.82	3.47	1.250

Posouzení předního výstupku zdi

Tloušťka základu je větší než vyložení předního výstupku zdi, výztuž není nutná.

Dimenzace čís. 4 (Fáze budování 2)

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zeď	0.00	-0.75	172.50	5.00	1.350
Tíh.- zemní klín	0.00	-5.47	343.84	4.04	1.350
Aktivní tlak	310.43	-4.12	402.64	6.10	0.000
Přít.1 - pásové	16.05	-5.46	21.82	3.47	1.300
Kontaktní napětí	0.00	0.00	-463.39	4.46	1.000

Posouzení zadního výstupku zdi

Vyztužení a rozměry průřezu

Profil vložky = 25.0 mm

Počet vložek = 6.67

Krytí výztuže = 50.0 mm

Šířka průřezu = 1.00 m

Výška průřezu = 1.50 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0.23 \% > 0.15 \% = \rho_{min}$

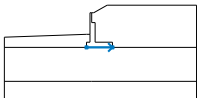
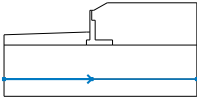
Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 1986.73 \text{ kNm} > 385.05 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Výpočet stability svahu

Rozhraní

Číslo	Umístění rozhraní	Souřadnice bodů rozhraní [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-25,25	-7,12	-1,50	-6,30	-0,50	-6,30
		-0,50	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00
		4,46	2,20	30,30	2,20		
2		0,00	0,00	0,00	-2,88	1,00	-2,88
		1,00	-8,60	6,00	-8,60	6,00	-10,10
		30,30	-10,10				
3		-25,25	-10,10	-1,50	-10,10	-1,50	-8,60
		-0,50	-8,60	-0,50	-6,30		

Číslo	Umístění rozhraní	Souřadnice bodů rozhraní [m]					
		x	z	x	z	x	z
4		-1,50	-10,10	6,00	-10,10		
5		-25,25	-20,00	0,00	-20,00	30,30	-20,00

Parametry zemin - efektivní napjatost

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	Třída G1, středně ulehlá		38,50	0,00	21,00
2	R5		18,50	21,00	20,40
3	Třída G3, středně ulehlá		32,50	0,00	19,00

Parametry zemin - vztlak

Číslo	Název	Vzorek	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [–]
1	Třída G1, středně ulehlá		21,00		
2	R5		20,40		
3	Třída G3, středně ulehlá		19,00		

Parametry zemin

Třída G1, středně ulehlá

Objemová tíha : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 38,50^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

R5

Objemová tíha : $\gamma = 20,40 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 18,50^\circ$

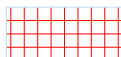
Soudržnost zeminy :

Obj.tíha sat.zeminy :

Třída G3, středně ulehlá

Objemová tíha : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 32,50^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Tuhá tělesa

Číslo	Název	Vzorek	γ [kN/m ³]
1	Tuhé těleso		23,00

Přiřazení a plochy

Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
1		0,00	-2,88	1,00	-2,88	Třída G1, středně ulehlá
		1,00	-8,60	6,00	-8,60	
		6,00	-10,10	30,30	-10,10	
		30,30	2,20	4,46	2,20	
		0,60	0,00	0,00	0,00	
2		6,00	-10,10	6,00	-8,60	Tuhé těleso
		1,00	-8,60	1,00	-2,88	
		0,00	-2,88	0,00	0,00	
		-0,50	0,00	-0,50	-6,30	
		-0,50	-8,60	-1,50	-8,60	
		-1,50	-10,10			
3		-1,50	-10,10	-1,50	-8,60	Třída G3, středně ulehlá
		-0,50	-8,60	-0,50	-6,30	
		-1,50	-6,30	-25,25	-7,12	
		-25,25	-10,10			
4		0,00	-20,00	30,30	-20,00	R5
		30,30	-10,10	6,00	-10,10	
		-1,50	-10,10	-25,25	-10,10	
		-25,25	-20,00			
5		0,00	-20,00	-25,25	-20,00	R5
		-25,25	-25,00	30,30	-25,00	
		30,30	-20,00			

Přetížení

Číslo	Typ	<div>/</div> <div>z [m] / x₁ [m]</div>	<div>/</div> <div>x [m] / z₁ [m]</div>	<div>/</div> <div>l [m] / x₂ [m]</div>	<div>/</div> <div>b [m] / z₂ [m]</div>	Sklon α [°]	Velikost		
							q, q ₁ , f, F	q ₂	jednotka
1	pásové	na povrchu	x = 4,00	l = 3,00		0,00	20,00		kN/m ²

Voda

Typ vody : HPV

Číslo	Umístění HPV	Souřadnice bodů HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-25,25	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
		30,30	0,00				

Nastavení výpočtu

Nastavení výpočtu : Slovensko
 Typ výpočtu : Stupeň bezpečnosti
 Stupeň bezpečnosti : 1,50

Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet 1

Kruhová smyková plocha

Parametry smykové plochy					
Střed :	x =	-1,99 [m]	Úhly :	$\alpha_1 =$	-51,63 [°]
	z =	2,57 [m]		$\alpha_2 =$	88,59 [°]
Poloměr :	R =	14,97 [m]			
Smyková plocha po optimalizaci.					

Posouzení stability svahu (Bishop)

Sumace aktivních sil : $F_a = 808,92$ kN/m

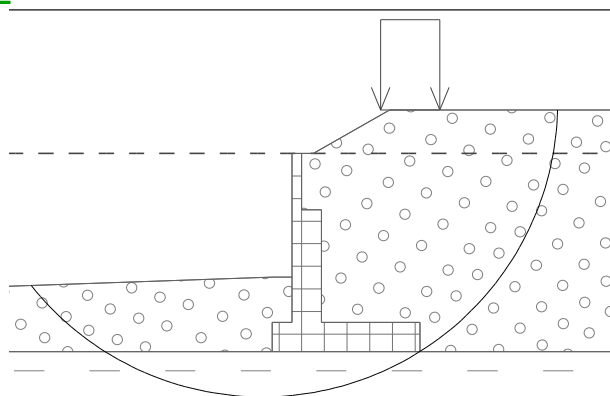
Sumace pasivních sil : $F_p = 1676,40$ kN/m

Moment sesouvající : $M_a = 12109,59$ kNm/m

Moment vzdorující : $M_p = 25095,66$ kNm/m

Stupeň bezpečnosti = 2,07 > 1,50

Stabilita svahu VYHOVUJE



obr. 38 Priebeh šmykovej plochy

Vstupní data (Fáze budování 3)

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	10.10	Třída G1, středně ulehlá	
2	9.90	R5	
3	-	R5	

Tvar terénu

Číslo	Souřadnice X [m]	Hloubka Z [m]
1	0.00	0.00
2	0.60	0.00
3	4.46	-2.20
4	5.46	-2.20

Počátek [0,0] je v umístěn v pravém horním rohu konstrukce.

Kladná souřadnice +z směřuje dolů.

Vliv vody

Hladina podzemní vody za konstrukcí je v hloubce 4.20 m
 Hladina podzemní vody před konstrukcí je v hloubce 4.20 m
 Podloží u paty konstrukce je nepropustné.
 Vztlak v základové spáře od rozdílných tlaků není uvažován.

Zadaná plošná přitížení

Číslo	Přítížení		Typ	Název	Vel.1 [kN/m ²]	Vel.2 [kN/m ²]	Poř.x x [m]	Délka l [m]	Hloubka z [m]
1	NE	NE	Pásové		20.00		4.00	3.00	na terénu

Odpor na líci konstrukce

Odpor na líci konstrukce: klidový
 Zemina na líci konstrukce - Třída G3, středně ulehlá
 Výška zeminy před zdí $h = 3.80$ m
 Sklon zeminy před zdí $\beta = -1.97^\circ$

Nastavení výpočtu

Výpočet proveden podle teorie mezních stavů s redukcí vstupních parametrů zemin.

Součinitel redukce úhlu vnitřního tření $\gamma_{m\phi} = 1.10$
 Součinitel redukce soudržnosti $\gamma_{mc} = 1.40$
 Součinitel redukce Poissonova čísla $\gamma_{mv} = 0.90$
 Součinitel redukce objemové tíhy za konstrukcí $\gamma_{m\gamma} = 1.00$
 Součinitel redukce objemové tíhy před konstrukcí $\gamma_{m\gamma} = 1.00$
 Součinitel celkové stability konstrukce $\gamma_s = 0.90$

Zed' se může přemístit, je počítána na zatížení aktivním tlakem.

Posouzení čís. 1 (Fáze budování 3)

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zed'	0.00	-3.26	310.71	2.64	1.000
Odpor na líci	-32.29	-1.27	0.03	0.50	0.000
Tíh.- zemní klín	0.00	-6.20	476.70	3.83	0.000
Aktivní tlak	397.50	-4.18	520.21	6.08	1.300
Tlak vody	0.00	-10.10	0.00	3.57	1.300
Přít.1 - pásové	16.05	-5.46	21.82	3.47	1.250

Posouzení celé zdi

Posouzení na překlopení

Moment vzdorující $M_{vzd} = 4525.55$ kNm/m
 Moment klopící $M_{kl} = 2270.02$ kNm/m

Zed' na překlopení VYHOVUJE

Posouzení na posunutí

Vodor. síla vzdorující $H_{vzd} = 639.17$ kN/m
 Vodor. síla posunující $H_{pos} = 536.82$ kN/m

Zed' na posunutí VYHOVUJE

Síly působící ve středu základové spáry

Celkový moment $M = 1045.11$ kNm/m
 Normálová síla $N = 1014.26$ kN/m
 Smyková síla $Q = 536.82$ kN/m

Celkové posouzení - ZED' VYHOVUJE

Únosnost základové půdy (Fáze budování 3)

Síly působící ve středu základové spáry

Číslo	Moment [kNm/m]	Norm. síla [kN/m]	Pos. síla [kN/m]	Excentricita [m]	Napětí [kPa]
1	1045.11	1014.26	536.82	1.03	186.47

Posouzení únosnosti základové půdy

Posouzení excentricity

Max. excentricita normálové síly $e = 1030.4 \text{ mm}$

Maximální dovolená excentricita $e_{dov} = 2475.0 \text{ mm}$

Excentricita normálové síly VYHOVUJE

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \theta &= H/V = 0,529 & \theta &= 27,891 < 30 \\ c_d' &= c_k' \cdot \gamma_c = 21,000 \text{ kPa} & e_B &= 1,0306 \text{ m} \\ \phi_B &= \phi_k \cdot \gamma_\phi = 18,500^\circ & e_L &= 0,0000 \text{ m} \\ N_q &= e^{\pi \cdot \operatorname{tg} \phi_d} \cdot \operatorname{tg}^2(45 + \phi_d/2) = 5,520 & B' &= B - 2 \cdot e_B = 5,439 \text{ m} \\ N_c &= (N_q - 1) \cdot \cot \phi_d = 13,510 & L' &= L - 2 \cdot e_L = 1,000 \text{ m} \\ N_\gamma &= 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \operatorname{tg} \phi_d = 2,269 & A' &= B' \cdot L' = 5,439 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Súčinitele tvaru základu: Súčinitele hĺbký založenia:

$$\begin{aligned} s_c &= 1 + 0,2 \cdot B'/L' = 2,088 & d_c &= 1 + 0,1 \cdot (D/B')^{0,5} = 1,084 \\ s_q &= 1 + B'/L' \cdot \sin \phi_B = 2,726 & d_q &= 1 + 0,1 \cdot (D/B' \cdot \sin 2\phi_B)^{0,5} = 1,047 \\ s_\gamma &= 1 - 0,3 \cdot B'/L' = -0,632 & d_\gamma &= 1,000 \end{aligned}$$

Súčinitele šikmosti zaťaženia: Súčinitele šikmosti terénu:

$$\begin{aligned} i_c &= i_q = i_\gamma = (1 - \operatorname{tg} \theta)^2 = 0,222 & j_q &= j_\gamma = (1 - \operatorname{tg} \beta)^2 = 1,000 \\ j_c &= j_q - (1 - j_q)/(N_c \cdot \operatorname{tg} \phi_B) = 1,000 \end{aligned}$$

Posúdenie únosnosti:

$$R_d = (c_d' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot j_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot j_q + \gamma' \cdot B'/2 \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot j_\gamma) / \gamma_R = 293,558 \text{ kPa}$$

Posouzení únosnosti základové spáry

Max. napětí v základové spáře $\sigma = 186.47 \text{ kPa}$

Únosnost základové půdy $R_d = 293.57 \text{ kPa}$

Únosnost základové půdy VYHOVUJE

Celkové posouzení - únosnost základové půdy VYHOVUJE

Dimenzace čís. 1 (Fáze budování 3)

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zeď	0.00	-3.99	164.44	0.65	1.350
Odpor na líci	-11.82	-0.77	0.00	0.00	0.000
Tíh.- zemní klín	0.00	-7.18	61.44	1.01	0.000
Tlak v klidu	418.41	-3.10	0.00	1.50	1.300
Tlak vody	0.00	-8.60	0.00	1.50	1.250
Přít.1 - pásové	26.39	-5.35	0.00	0.50	1.000

Posouzení dřívku zdi

Vyztužení a rozměry průřezu

Profil vložky $= 25.0 \text{ mm}$

Počet vložek $= 6.67$

Krytí výztuže $= 50.0 \text{ mm}$

Šířka průřezu $= 1.00 \text{ m}$

Výška průřezu $= 1.50 \text{ m}$

Stupeň vyztužení $\rho = 0.23 \% > 0.15 \% = \rho_{min}$

Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 1986.73 \text{ kNm} > 1847.67 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Dimenzace čís. 2 (Fáze budování 3)

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zeď	0.00	-1.44	33.01	0.25	1.350

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tlak v klidu	44.96	-0.90	0.00	0.50	1.300
Tlak vody	0.00	-2.87	0.00	0.50	1.300
Přít.1 - pásové	12.37	-1.46	0.00	0.50	1.250

Posouzení zdi v pracovní spáře 2.87 m od koruny zdi

Vyztužení a rozměry průřezu

Profil vložky = 12.0 mm

Počet vložek = 6.67

Krytí výztuže = 50.0 mm

Šířka průřezu = 1.00 m

Výška průřezu = 0.50 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0.17 \% > 0.15 \% = \rho_{\text{min}}$

Moment na mezi únosnosti $M_{\text{Rd}} = 142.46 \text{ kNm} > 74.91 \text{ kNm} = M_{\text{Ed}}$

Průřez VYHOVUJE.

Dimenzace čís. 3 (Fáze budování 3)

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zeď	0.00	-3.26	310.71	2.64	1.350
Odpor na líci	-32.29	-1.27	0.03	0.50	0.000
Tíh.- zemní klín	0.00	-6.20	476.70	3.83	0.000
Aktivní tlak	397.50	-4.18	520.21	6.08	1.300
Tlak vody	0.00	-10.10	0.00	3.57	1.300
Přít.1 - pásové	16.05	-5.46	21.82	3.47	1.250

Posouzení předního výstupku zdi

Tloušťka základu je větší než vyložení předního výstupku zdi, výztuž není nutná.

Dimenzace čís. 4 (Fáze budování 3)

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zeď	0.00	-0.75	172.50	5.00	1.350
Tíh.- zemní klín	0.00	-6.20	476.70	3.83	1.350
Aktivní tlak	397.50	-4.18	520.21	6.08	0.000
Přít.1 - pásové	16.05	-5.46	21.82	3.47	1.300
Kontaktní napětí	0.00	0.00	-551.73	4.42	1.000

Posouzení zadního výstupku zdi

Vyztužení a rozměry průřezu

Profil vložky = 25.0 mm

Počet vložek = 6.67

Krytí výztuže = 50.0 mm

Šířka průřezu = 1.00 m

Výška průřezu = 1.50 m

Stupeň vyztužení $\rho = 0.23 \% > 0.15 \% = \rho_{\text{min}}$

Moment na mezi únosnosti $M_{\text{Rd}} = 1986.73 \text{ kNm} > 382.48 \text{ kNm} = M_{\text{Ed}}$

Průřez VYHOVUJE.

Výpočet stability svahu

Rozhraní

Číslo	Umístění rozhraní	Souřadnice bodů rozhraní [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-25,25	-7,12	-1,50	-6,30	-0,50	-6,30
		-0,50	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00
		4,46	2,20	30,30	2,20		
2		0,00	0,00	0,00	-2,88	1,00	-2,88
		1,00	-8,60	6,00	-8,60	6,00	-10,10
		30,30	-10,10				
3		-25,25	-10,10	-1,50	-10,10	-1,50	-8,60
		-0,50	-8,60	-0,50	-6,30		
4		-1,50	-10,10	6,00	-10,10		
5		-25,25	-20,00	0,00	-20,00	30,30	-20,00

Parametry zemin - efektivní napjatost

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	Třída G1, středně ulehlá		38,50	0,00	21,00
2	R5		18,50	21,00	20,40
3	Třída G3, středně ulehlá		32,50	0,00	19,00

Parametry zemin - vztlak

Číslo	Název	Vzorek	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	Třída G1, středně ulehlá		21,00		
2	R5		20,40		
3	Třída G3, středně ulehlá		19,00		

Parametry zemin

Třída G1, středně ulehlá

Objemová tíha : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 38,50^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$

R5

Objemová tíha : $\gamma = 20,40 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 18,50^\circ$

Soudržnost zeminy :

Obj.tíha sat.zeminy : $c_{ef} = 21,00 \text{ kPa}$
 $\gamma_{sat} = 20,40 \text{ kN/m}^3$


Třída G3, středně ulehlá

Objemová tíha : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 32,50^\circ$

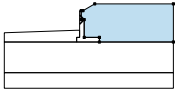

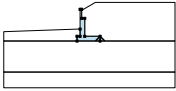

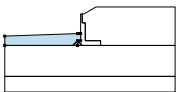

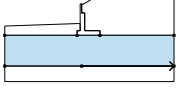

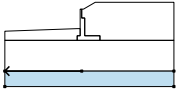

Soudržnost zeminy :

Obj.tíha sat.zeminy : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
 $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Tuhá tělesa

Číslo	Název	Vzorek	γ [kN/m ³]
1	Tuhé těleso		23,00

Přiřazení a plochy

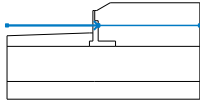
Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
1		0,00	-2,88	1,00	-2,88	Třída G1, středně ulehlá
		1,00	-8,60	6,00	-8,60	
		6,00	-10,10	30,30	-10,10	
		30,30	2,20	4,46	2,20	
		0,60	0,00	0,00	0,00	
2		6,00	-10,10	6,00	-8,60	Tuhé těleso
		1,00	-8,60	1,00	-2,88	
		0,00	-2,88	0,00	0,00	
		-0,50	0,00	-0,50	-6,30	
		-0,50	-8,60	-1,50	-8,60	
3		-1,50	-10,10	-1,50	-8,60	Třída G3, středně ulehlá
		-0,50	-8,60	-0,50	-6,30	
		-1,50	-6,30	-25,25	-7,12	
		-25,25	-10,10			
4		0,00	-20,00	30,30	-20,00	R5
		30,30	-10,10	6,00	-10,10	
		-1,50	-10,10	-25,25	-10,10	
		-25,25	-20,00			
5		0,00	-20,00	-25,25	-20,00	R5
		-25,25	-25,00	30,30	-25,00	
		30,30	-20,00			

Přetížení

Číslo	Typ	/ z [m] / x ₁ [m]	/ x [m] / z ₁ [m]	/ l [m] / x ₂ [m]	/ b [m] / z ₂ [m]	Sklon α [°]	Velikost		
							q, q ₁ , f, F	q ₂	jednotka
1	pásové	na povrchu	x = 4,00	l = 3,00		0,00	20,00		kN/m ²

Voda

Typ vody : HPV

Číslo	Umístění HPV	Souřadnice bodů HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-25,25	-4,20	1,00	-4,20	1,05	-4,20
		30,30	-4,20				

Nastavení výpočtu

Nastavení výpočtu : Slovensko

Typ výpočtu : Stupeň bezpečnosti
 Stupeň bezpečnosti : 1,50

Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet 1

Kruhová smyková plocha

Parametry smykové plochy					
Střed :	x =	-3,31 [m]	Úhly :	$\alpha_1 =$	-54,06 [°]
	z =	2,25 [m]		$\alpha_2 =$	89,81 [°]
Poloměr :	R =	15,41 [m]			
Smyková plocha po optimalizaci.					

Posouzení stability svahu (Bishop)

Sumace aktivních sil : $F_a = 1207,56 \text{ kN/m}$

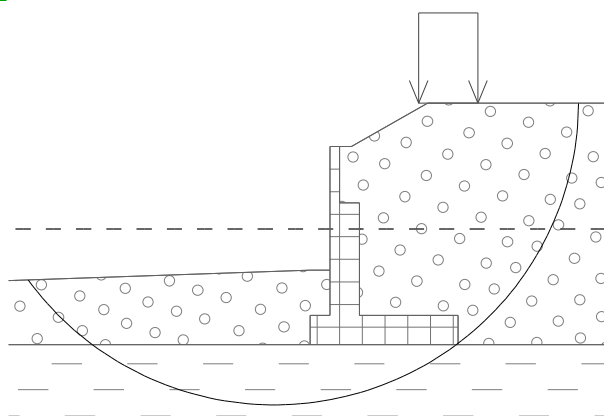
Sumace pasivních sil : $F_p = 2106,55 \text{ kN/m}$

Moment sesouvající : $M_a = 18608,52 \text{ kNm/m}$

Moment vzdorující : $M_p = 32462,00 \text{ kNm/m}$

Stupeň bezpečnosti = 1,74 > 1,50

Stabilita svahu VYHOVUJE



obr. 39 Priebeh šmykovej plochy

9. Zatřažitelnost

Posúdenie prvkov mosta bolo vykonané v súlade s STN EN 1991-2 s klasifikačným súčiniteľom zvislého zaťaženia $\alpha = 1,21$. Všetky posudzované prvky vyhoveľi tomu zaťaženiu z čoho vyplíva, že normálna zaťažiteľnosť mosta dosahuje minimálnu hodnotu $Z_{LM71} = 1,21$.

10. Záver

Statický výpočet mostného objektu je vypracovaný v zmysle platných noriem a predpisov. Statickým výpočtom bola posúdená navrhnutá konštrukcia mosta. Posúdenie bolo vypracované na základe výsledkov výpočtu maximálnych účinkov zaťaženia a podľa geologického profilu určeného na základe geologického prieskumu.

Po rekapitulácii výsledkov je možné skonštatovať, že predmetný objekt bude za predpokladaných podmienok spoľahlivo plniť svoju funkciu.

Žilina, október 2012

Vypracoval: Ing. Vladimír Piták

Príloha č. 1 Zakladanie

Posúdenie zakladania opory č. 2:

Geologická skladba v podloží a vlastnosti zemín vstupujúce do výpočtu:

Násyp (železničný – za oporu) triedy G3/G-F

$\varphi_{ef} = 33^\circ$, $c_{ef} = 0$ kPa, $E_{oed} = 121$ MPa, $E_{def} = 100$ MPa, $\gamma_z = 20$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

Podložie:

0 – 2 m F4/CS – tuhej konzistencie

$\varphi_{ef} = 24^\circ$, $c_{ef} = 15$ kPa, $E_{oed} = 13$ MPa, $E_{def} = 8$ MPa, $\gamma_z = 18,5$ kN.m⁻³, $\nu = 0,35$, $\beta = 0,62$, PR.

2 – 3,2 m G3 – stredne uľahlé

$\varphi_{ef} = 34^\circ$, $c_{ef} = 0$ kPa, $E_{oed} = 108$ MPa, $E_{def} = 90$ MPa, $\gamma_z = 19$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

3,2 – 6 m R6, íl tuhej konzistencie

$\varphi_{ef} = 19^\circ$, $c_{ef} = 14$ kPa, $E_{oed} = 68$ MPa, $E_{def} = 50$ MPa, $\gamma_z = 21$ kN.m⁻³, $\nu = 0,3$, $\beta = 0,74$, PR.

6,0 – 11 m R5 (1,5 – 5 MPa)

$\varphi_{ef} = 24^\circ$, $c_{ef} = 25$ kPa, $E_{oed} = 96$ MPa, $E_{def} = 80$ MPa, $\gamma_z = 22$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

11 – 15 m R4 (5 – 15 MPa)

$\varphi_{ef} = 28^\circ$, $c_{ef} = 36$ kPa, $E_{oed} = 217$ MPa, $E_{def} = 180$ MPa, $\gamma_z = 22$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

15 – X m R3/R4 (5 – 50 MPa)

$\varphi_{ef} = 29^\circ$, $c_{ef} = 48$ kPa, $E_{oed} = 289$ MPa, $E_{def} = 260$ MPa, $\gamma_z = 23$ kN.m⁻³, $\nu = 0,2$, $\beta = 0,9$, PR.

Trysková injektáž:

$\varphi_{ef} = 21^\circ$, $c_{ef} = 45$ kPa, $E_{oed} = 203$ MPa, $\gamma_z = 22$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

Seizmické zaťaženie

Vplyv seizmicity (STN EN 1998-1): Kategória podložia A.

- referenčné špičkové seizmické zrýchlenie podložia (Liptovský Mikuláš): $a_{gR} = 0,63$ m.s⁻²
- návrhové seiz. zrýchlenie podložia ($\gamma_I = 1,0$): $a_g = \gamma_I \times a_{gR} = 1,0 \times 0,63$ m.s⁻² = 0,63 m.s⁻²
- pomer medzi zrýchlením a gravitačným zrýchlením: $\alpha = a_g / g = 0,063$
- parameter podložia: $S = 1,0$
- prítomnosť kyprých pieskov a štrkov na povrchu: Nie - 1,0 (podľa STN EN 1998-5, príloha A, bod c))
- faktor vodorovnej akcelerácie: $K_h = \alpha \cdot S/r$ ($r = 1$) = 0,063 (podľa STN EN 1998-5, 7.3.2.2 – ŽB konštrukcie)
- faktor zvislej akcelerácie: $K_v = 0,5 \cdot k_h = 0,032$

Mikropilóty: jadro je 89/16 (D vonkajšie 89 / d vnútorné 57 mm), Prstenec 133/16 mm.

Výpažnica: 203/8

Oceľ S355, S460.

Sily pôsobia vo vrchole základu. Vstupné sily sú aj s tiažou opory č. 2. Tiaž do výpočtu 0 kN.

Šírka opory je 14,8 m

1. Reakcie

Nelineárny výpočet, Extrém : Uzol

Výber : Opora2, Pilier10, Pilier4

Nelineárne kombinácie : NC2

Podpera	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Opora2/N 15	NC2	- 11210,40	162,50	47304,4 8	-1009,61	-34961,45	- 1424,50
Pilier10/ N13	NC2	-5616,56	158,82	47502,3 0	-1119,65	-32462,06	-377,54
Pilier4/N 1	NC2	12460,68	376,53	66711,1 7	11966,2 2	175245,1 0	2998,37

2. Reakcie

Nelineárny výpočet, Extrém : Uzol

Výber : Opora2, Pilier10, Pilier4

Nelineárne kombinácie : NC1

Podpera	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Opora2/N 15	NC1	8989,34	-164,87	44717,0 8	1504,60	116192,80	1507,53
Pilier10/ N13	NC1	4491,63	-161,32	48031,2 5	1562,73	32206,22	425,22
Pilier4/N 1	NC1	- 8449,82	-76,02	63387,7 1	17695,3 4	- 128467,60	845,20

Pozdĺžny smer (os X):

Zaťaženie sa predelí šírkou 14,8 m,

O2/NC2: $R_x = 11210 \text{ kN} - 757 + 35 = 792 \text{ kN/m}$; $R_z = 47304 \text{ kN} - 3196 \text{ kN/m}$; $M_y = 34961 \text{ kNm} - 2363 \text{ kNm/m}$;

Moment M_z prisúdime štyrom krajným radom mikropilót na každej strane. Šírka medzi 4 radmi MP je 3,6 m. Rameno je 5,69 m. $F_m = 1425 \text{ kNm} / 2 / 5,69 \text{ m} / 3,6 \text{ m} = 35 \text{ kN/bm}$ (priráta sa k R_x)

O2/NC1: $R_x = 8989 \text{ kN} - 607 + 37 = 644 \text{ kN/m}$; $R_z = 44717 \text{ kN} - 3021 \text{ kN/m}$; $M_y = 116193 \text{ kNm} - 7850 \text{ kNm/m}$;

Moment M_z prisúdime štyrom krajným radom mikropilót na každej strane. Šírka medzi 4 radmi MP je 3,6 m. Rameno je 5,69 m. $F_m = 1507 \text{ kNm} / 2 / 5,69 \text{ m} / 3,6 \text{ m} = 37 \text{ kN/bm}$ (priráta sa k R_x)

Výpočet:

Bolo spracovaných niekoľko typov výpočtov, aby sa overil najvhodnejší spôsob zakladania.

Výpočet: „Opora_2_OsX_2MPplus_V5“. Boli pridané dva rady MP, rozšírený základ. Predmetné je pre posúdenie opory samostatne, čo nevystihuje realitu budovania konštrukcie. Zakladanie a musí posúdiť ako celok a musí zahŕňať skutočný spôsob realizácie (posúdené nižšie - Opora_2_OsX_Symetricky_model_V3_PPera).

Výstupy zo súboru: „Opora_2_OsX_2MPplus_V5“

0) IP – počiatočná fáza určenie východzieho geostatického napätia

1) R.D. – vynulovanie deformácií.

2) Zhotovenie: trysková injektáž, zakladanie, opora.

3) Zасыpanie opory.

4) Zaťaženie kombinácia 1 – NC2, Horizontálna sila a moment pôsobí do zasypania

133/16: $N = 489 \text{ kN/m}$, $Q = 50 \text{ kN/m}$, $M = 19,5 \text{ kNm/m}$

$N = 440 \text{ kN}$, $Q = 45 \text{ kN}$, $M = 17,6 \text{ kNm/m}$

89/16: $N = 484 \text{ kN/m}$, $Q = 8 \text{ kN/m}$, $M = 5 \text{ kNm/m}$

5) Zaťaženie kombinácia 2 – NC1

133/16: $N = 736$ (ťah 144) kN/m , $Q = 103 \text{ kN/m}$, $M = 39,2 \text{ kNm/m}$

$N = 662$ (ťah 130) kN/m , $Q = 93 \text{ kN/m}$, $M = 35,3 \text{ kNm/m}$

89/16: $N = 694$ (ťah 117) kN/m , $Q = 11 \text{ kN/m}$, $M = 3 \text{ kNm/m}$

6) Zaťaženie kombinácia 2 – NC1. + zaťaženie od dopravy (rub), Zadaná sily od vrchnej stavby sú vrátane premenného zaťaženia, preto za oporu na celej dĺžke sa aplikuje 50% premenného zaťaženia.

133/16: $N = 762$ (ťah 153) kN/m , $Q = 111 \text{ kN/m}$, $M = 45,3 \text{ kNm/m}$

$N = 686$ (ťah 138) kN/m , $Q = 100 \text{ kN/m}$, $M = 41 \text{ kNm/m}$

89/16: $N = 694$ (ťah 117) kN/m , $Q = 11 \text{ kN/m}$, $M = 3 \text{ kNm/m}$

Model s vplyvom výstavby: Súbor „Opora_2_OsX_Symetricky_model_V3_PPera“.

Výstupy zo súboru:

0) IP – počiatočná fáza určenie východzieho geostatického napätia

1) R.D. – vynulovanie deformácií.

2) Zhotovenie: trysková injektáž, zakladanie, opora – po pracovnú škáru.

3) Zасыpanie opory 0,6 m pod pracovnú škáru. Stlačenie podložia $\Delta Y = 32 \text{ mm}$, Stačenie násypu $\Delta Y = 44 \text{ mm}$. Naklonenie opory $\Delta X = 2,2 \text{ mm}$

133/16: $N = 182 \text{ kN/m}$, $Q = 37 \text{ kN/m}$, $M = 11,7 \text{ kNm/m}$

4) R.D. Dobudovanie opory a vybudovanie klenbovej časti (vrátane podopretia)

133/16: $N = 234 \text{ kN/m}$, $Q = 38 \text{ kN/m}$, $M = 11,2 \text{ kNm/m}$

5) Dосыpanie zасыpu po hranu opory. Stlačenie podložia $\Delta Y = 18 \text{ mm}$ (+ 32 mm), Stačenie násypu $\Delta Y = 24 \text{ mm}$ (+44 mm). Naklonenie opory: Opora sa vo vrchu nehýbe. V základe sa deformuje $\Delta X = 1,8 \text{ mm}$. Osová sila v klenbe (oceľových nosníkoch) je 210 kN/m .

133/16: $N = 320 \text{ kN/m}$, $Q = 62 \text{ kN/m}$, $M = 19,3 \text{ kNm/m}$

6) Zavážanie konštrukcie (priťaženie 65 kPa). Stále sú podperné skruže aktívne. Osová sila v klenbe (oceľových nosníkoch) je 492 kN/m . Stlačenie násypu $\Delta Y = 42 \text{ mm}$ (+44 mm).

133/16: $N = 454 \text{ kN/m}$, $Q = 83 \text{ kN/m}$, $M = 25,6 \text{ kNm/m}$

7) Odstránenie zaťaženia (posun mosta).

8) R.D. Spojenie konštrukcie. Odstránenie podpery. Osová sila v klenbe je 484 kN/m . Minimálny moment v strede rozpätia.

9) Priťaženie od vlaku v rube opory + lôžko – 65 kPa.

133/16: $N = 429 \text{ kN/m}$, $Q = 81 \text{ kN/m}$, $M = 27,88 \text{ kNm/m}$

10) Z fázy č. 9. Zaťaženie zaťažovacou kombináciou O2/NC2 (pôsobenie do násypu). Silou R_z sa nahradí tiaž opory ($0,001 \text{ kN/m}^3$). O2/NC2: $R_x = 11210 \text{ kN} - 757 + 35 = 792 \text{ kN/m}$; $R_z = 47304 \text{ kN} - 3196 \text{ kN/m}$; $M_y = 34961 \text{ kNm} - 2363 \text{ kNm/m}$.

Osová sila v klenbe je 176 kN/m (klesla)

133/16: $N = 555 \text{ kN/m}$, $Q = 70 \text{ kN/m}$, $M = 25,4 \text{ kNm/m}$

11) Z fázy č. 9. Zaťaženie zaťažovacou kombináciou O2/NC1 (pôsobenie do nádrže / zálivu). Silou R_z sa nahradí tiaž opory ($0,001 \text{ kN/m}^3$). O2/NC1: $R_x = 8989 \text{ kN} - 607 + 37 = 644 \text{ kN/m}$; $R_z = 44717 \text{ kN} - 3021 \text{ kN/m}$; $M_y = 116193 \text{ kNm} - 7850 \text{ kNm/m}$;

Osová sila v klenbe je 1170 kN/m . Posun hlavy mikropilóty je 2 mm .

133/16: $N = 510 \text{ kN/m}$, $Q = 81 \text{ kN/m}$, $M = 27,3 \text{ kNm/m}$

133/16: $N = 459 \text{ kN}$, $Q = 73 \text{ kN}$, $M = 24,6 \text{ kNm/m}$

89/16: $N = 562 \text{ kN/m}$, $Q = 8 \text{ kN/m}$, $M = 2,2 \text{ kNm/m}$

89/16: $N = 506 \text{ kN}$, $Q = 7,2 \text{ kN}$, $M = 2 \text{ kNm/m}$

12) Seizmicita:

133/16: $N = 543 \text{ kN/m}$, $Q = 85 \text{ kN/m}$, $M = 28,3 \text{ kNm/m}$

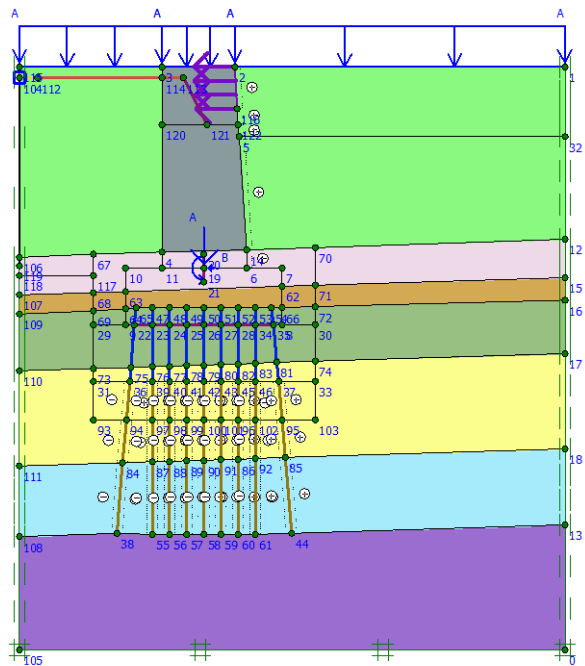
133/16: $N = 489 \text{ kN}$, $Q = 77 \text{ kN}$, $M = 25,5 \text{ kNm/m}$

89/16: $N = 595 \text{ kN/m}$, $Q = 9 \text{ kN/m}$, $M = 2,5 \text{ kNm/m}$

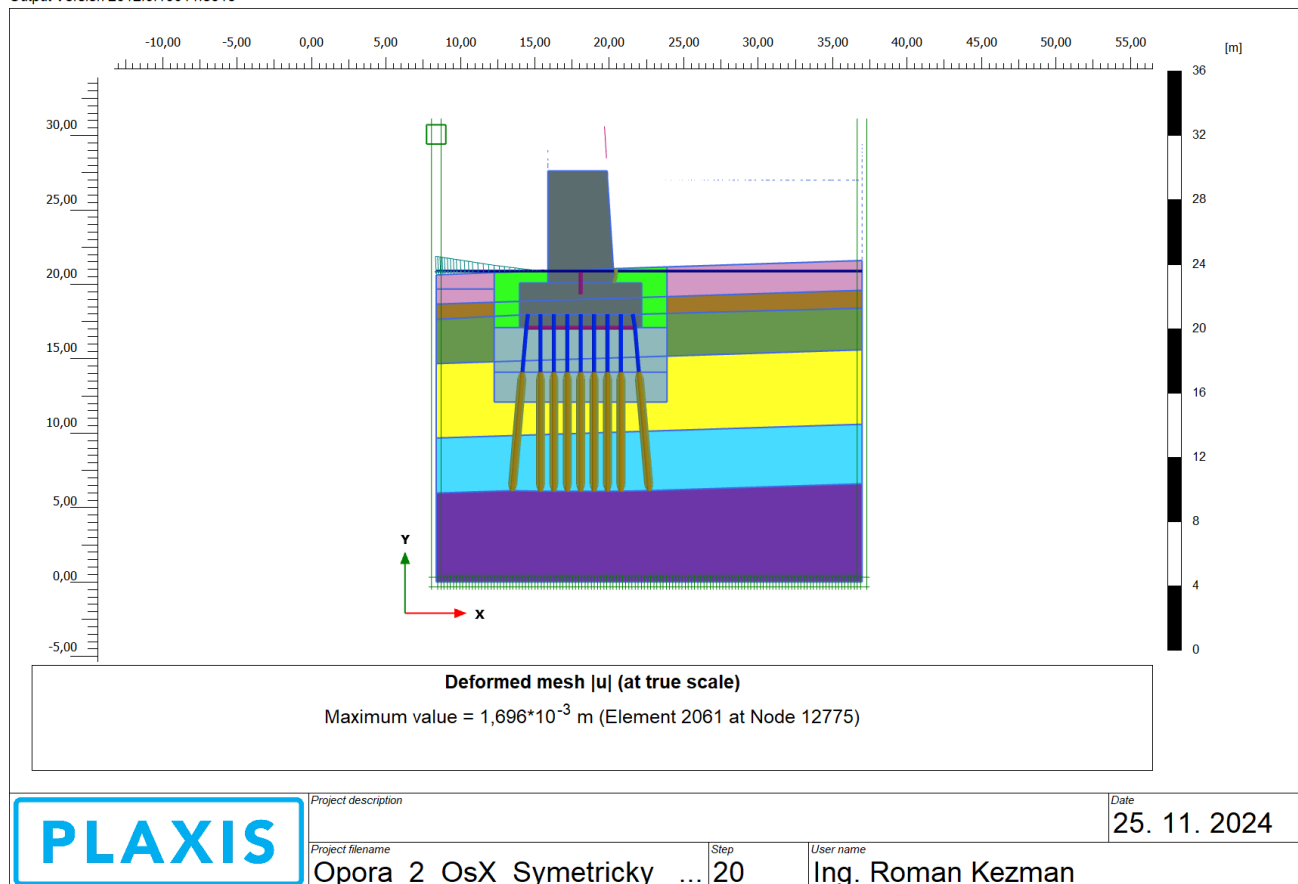
89/16: $N = 536 \text{ kN}$, $Q = 8,1 \text{ kN}$, $M = 2,3 \text{ kNm/m}$

13) Stabilita $F_s = 2,9$

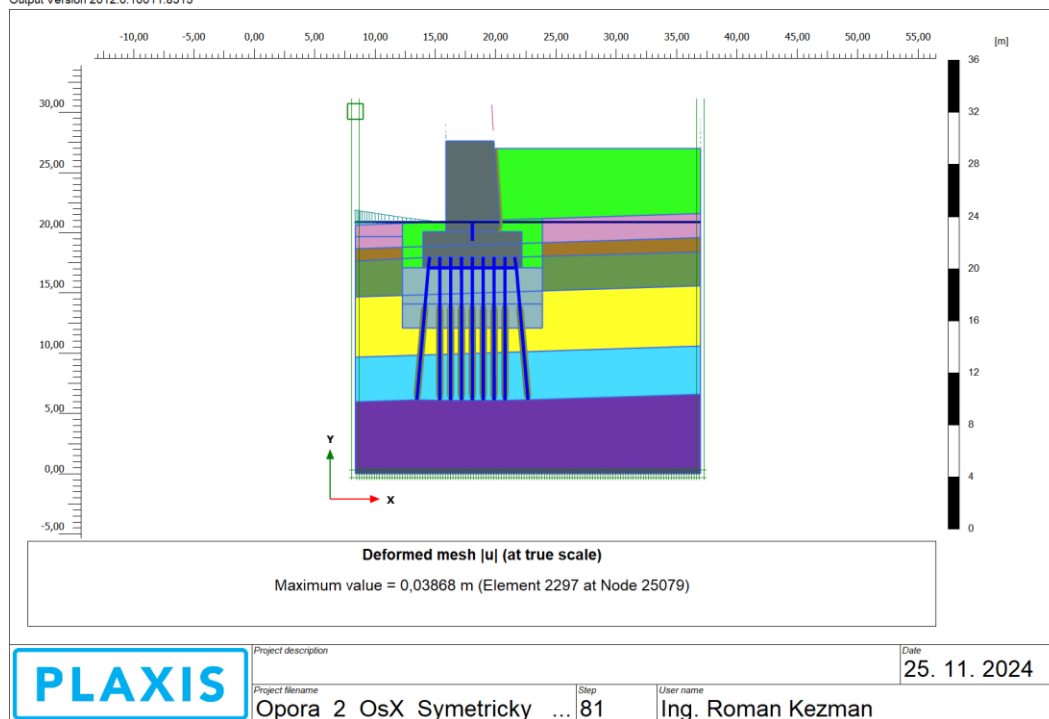
Model:



2) Zhotovenie: trysková injektáž, zakladanie, opora – po pracovnú škáru.

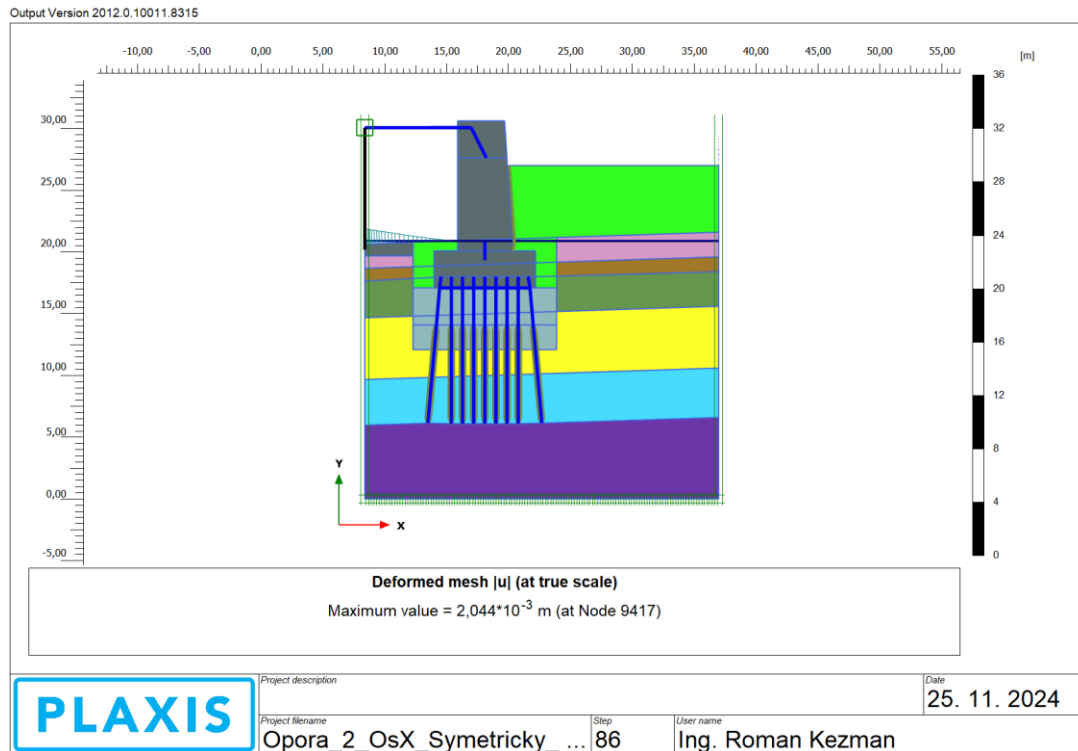


3) Zasypanie opory 0,6 m pod pracovnú škáru. Stlačenie podložia $\Delta Y = 32$ mm, Stačenie násypu $\Delta Y = 44$ mm. Naklonenie opory $\Delta X = 2,2$ mm
133/16: $N = 182$ kN/m, $Q = 37$ kN/m, $M = 11,7$ kNm/m



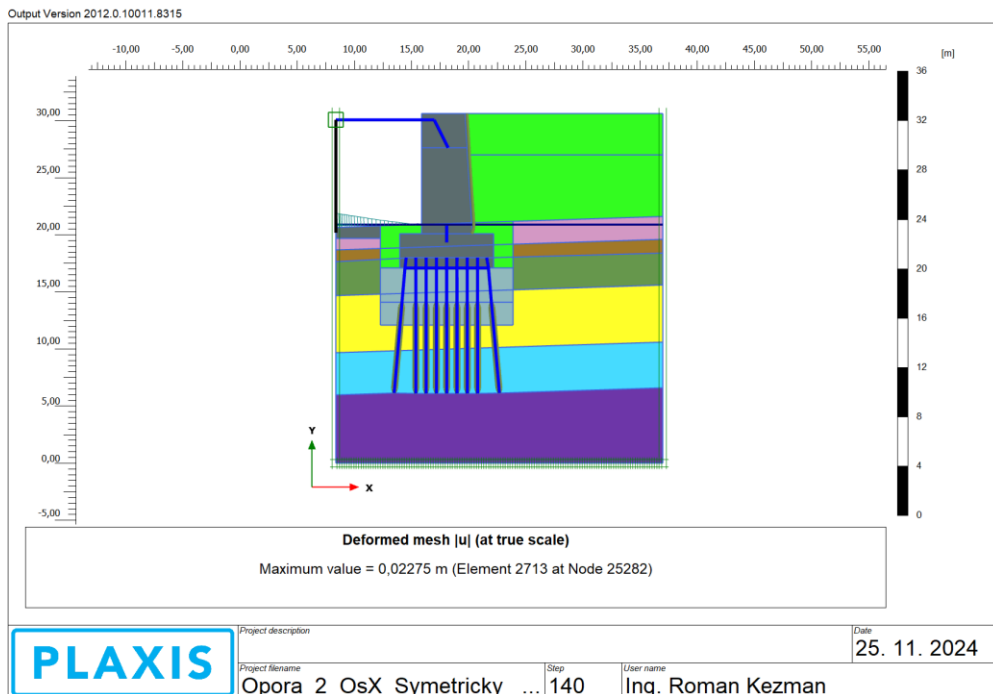
4) R.D. Dobudovanie opory a vybudovanie klenbovej časti (vrátane podopretia)

133/16: $N = 234 \text{ kN/m}$, $Q = 38 \text{ kN/m}$, $M = 11,2 \text{ kNm/m}$



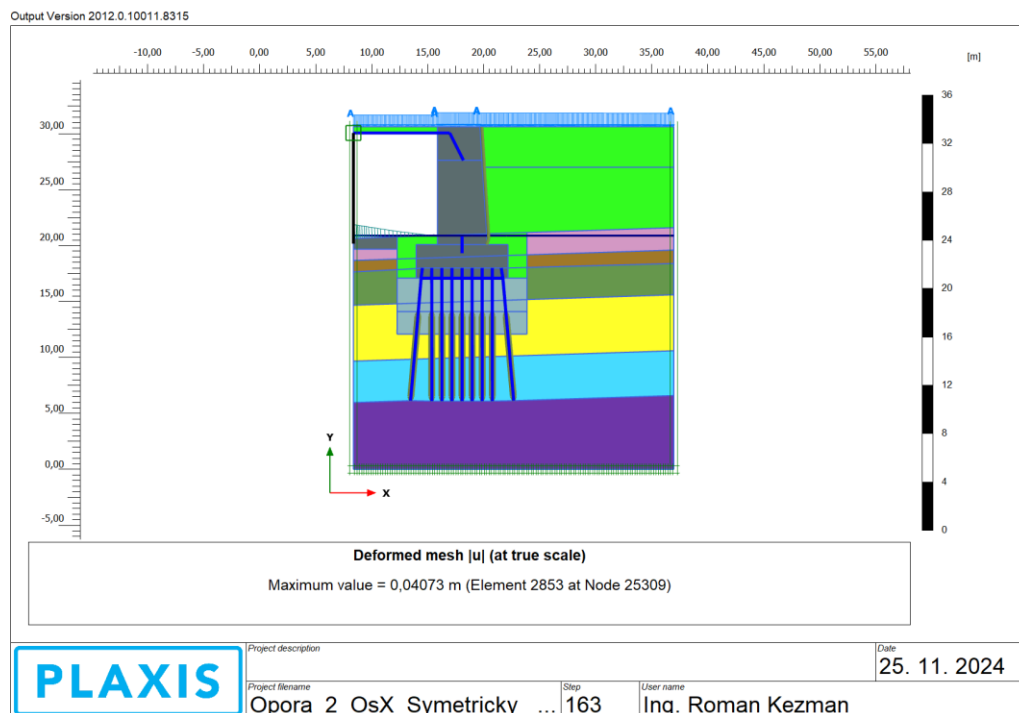
5) Dosypanie zászpu po hranu opory. Stlačenie podložia $\Delta Y = 18 \text{ mm}$ (+ 32 mm), Stačenie násypu $\Delta Y = 24 \text{ mm}$ (+44 mm). Naklonenie opory: Opora sa vo vrchu nehýbe. V základe sa deformuje $\Delta X = 1,8 \text{ mm}$. Osová sila v klenbe (oceľových nosníkoch) je 210 kN/m .

133/16: $N = 320 \text{ kN/m}$, $Q = 62 \text{ kN/m}$, $M = 19,3 \text{ kNm/m}$



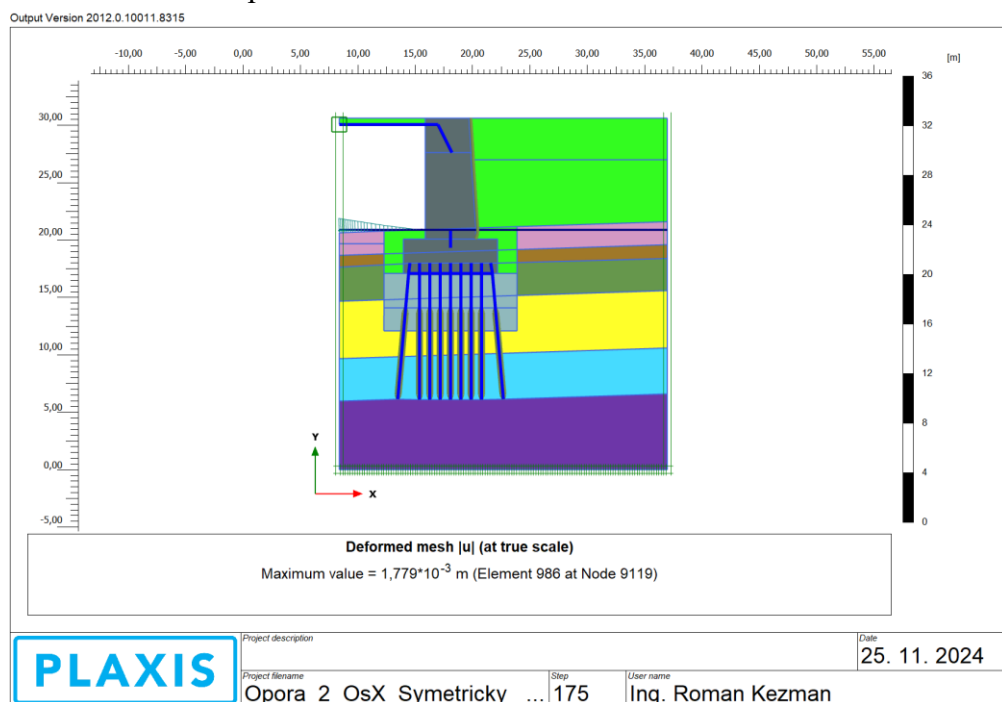
6) Zavážanie konštrukcie (priťaženie 65 kPa). Stále sú podperné skruže aktívne. Osová sila v klenbe (oceľových nosníkoch) je 492 kN/m . Stlačenie násypu $\Delta Y = 42 \text{ mm}$ (+44 mm).

133/16: $N = 454 \text{ kN/m}$, $Q = 83 \text{ kN/m}$, $M = 25,6 \text{ kNm/m}$



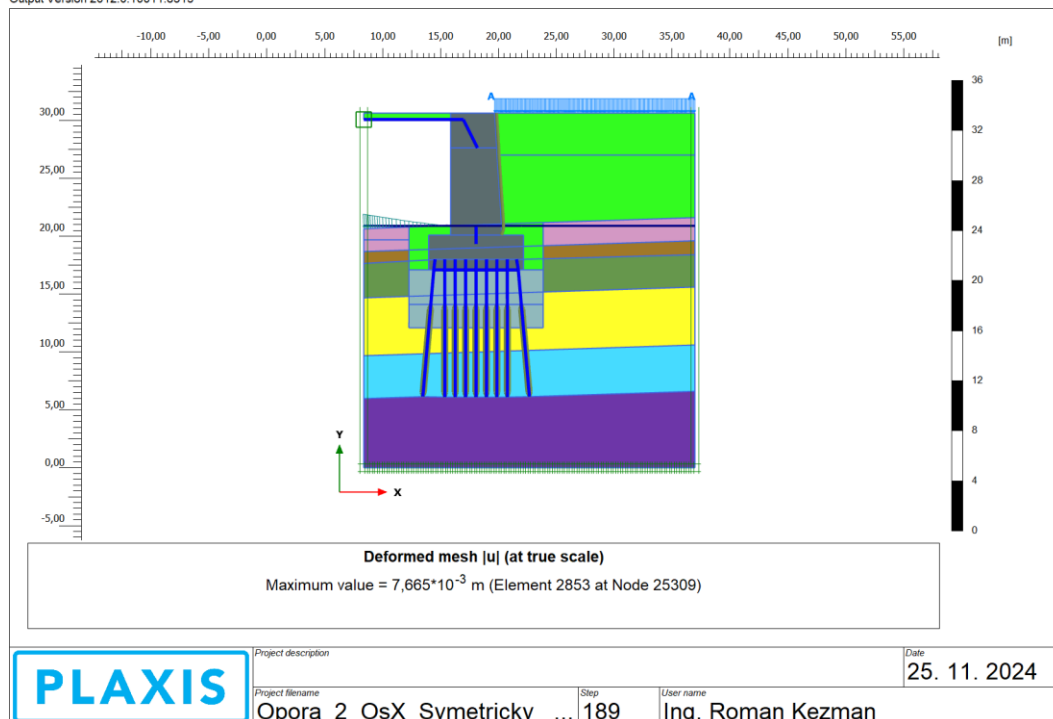
7) Odstránenie zaťaženia (posun mosta).

8) R.D. Spojenie konštrukcie. Odstránenie podpory. Osová sila v klenbe je 484 kN/m. Minimálny moment v strede rozpätia.



9) Prit'azhenie od vlaku v rube opory + lôžko – 65 kPa.

133/16: $N = 429$ kN/m, $Q = 81$ kN/m, $M = 27,88$ kNm/m



10) Z fázy č. 9. Zaťaženie zaťažovacou kombináciou O2/NC2 (pôsobenie do násypu). Silou Rz sa nahradí tiaž opory ($0,001 \text{ kN/m}^3$). O2/NC2: $R_x = 11210 \text{ kN} - 757 + 35 = 792 \text{ kN/m}$; $R_z = 47304 \text{ kN} - 3196 \text{ kN/m}$; $M_y = 34961 \text{ kNm} - 2363 \text{ kNm/m}$.

Osová sila v klenbe je 176 kN/m (klesla)

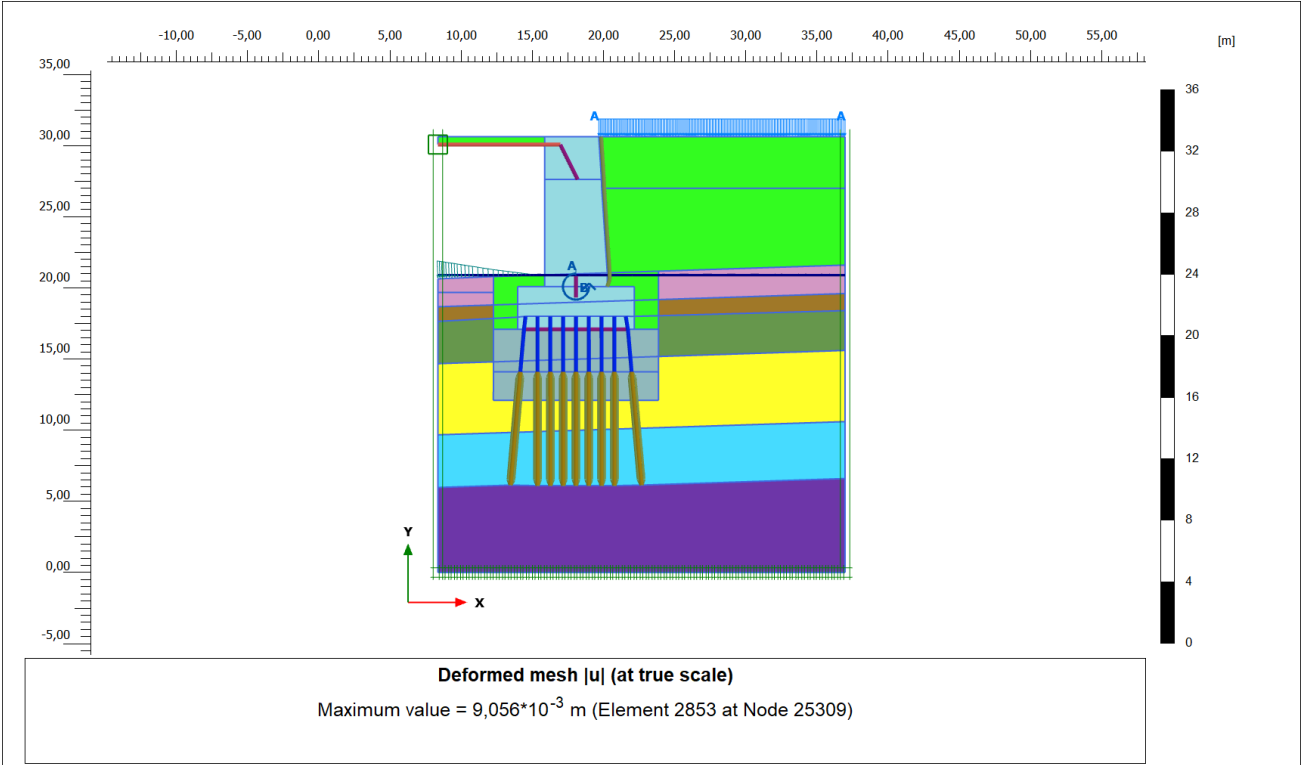
133/16: $N = 555 \text{ kN/m}$, $Q = 70 \text{ kN/m}$, $M = 25,4 \text{ kNm/m}$

11) Z fázy č. 9. Zaťaženie zaťažovacou kombináciou O2/NC1 (pôsobenie do nádrže / zálivu). Silou Rz sa nahradí tiaž opory ($0,001 \text{ kN/m}^3$). O2/NC1: $R_x = 8989 \text{ kN} - 607 + 37 = 644 \text{ kN/m}$; $R_z = 44717 \text{ kN} - 3021 \text{ kN/m}$; $M_y = 116193 \text{ kNm} - 7850 \text{ kNm/m}$;

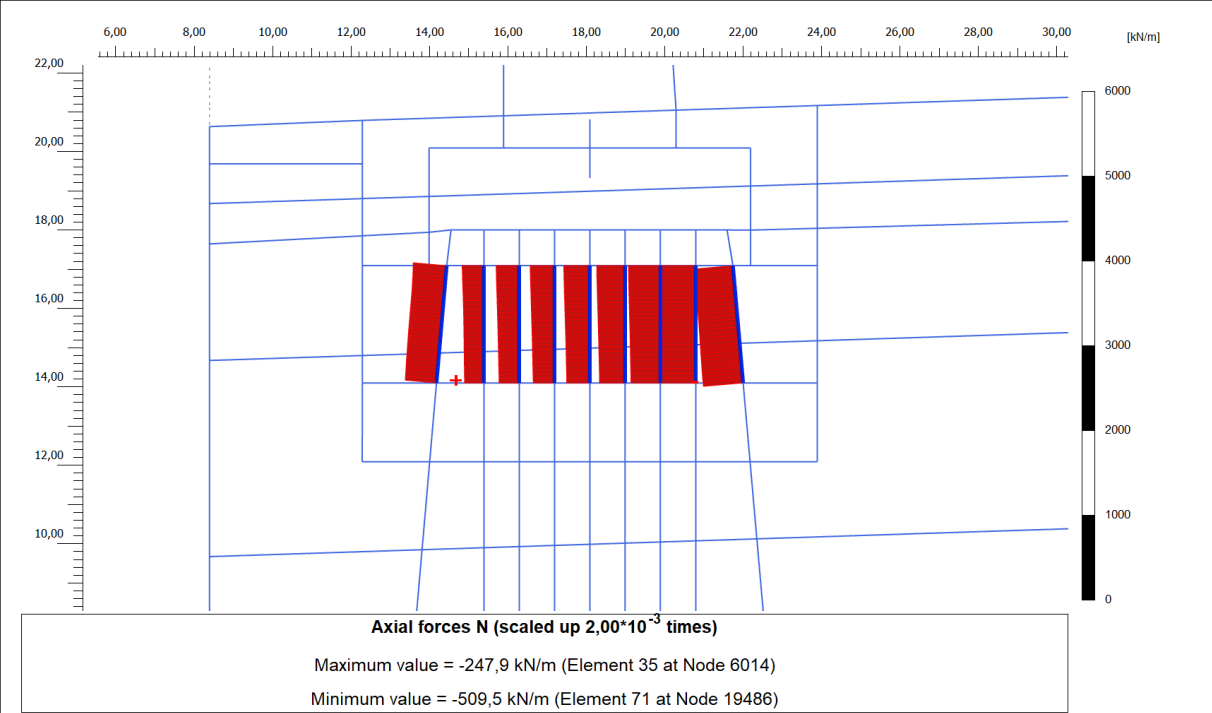
Osová sila v klenbe je 1170 kN/m . Posun hlavy mikropilóty je 2 mm .

133/16: $N = 510 \text{ kN/m}$, $Q = 81 \text{ kN/m}$, $M = 27,3 \text{ kNm/m}$

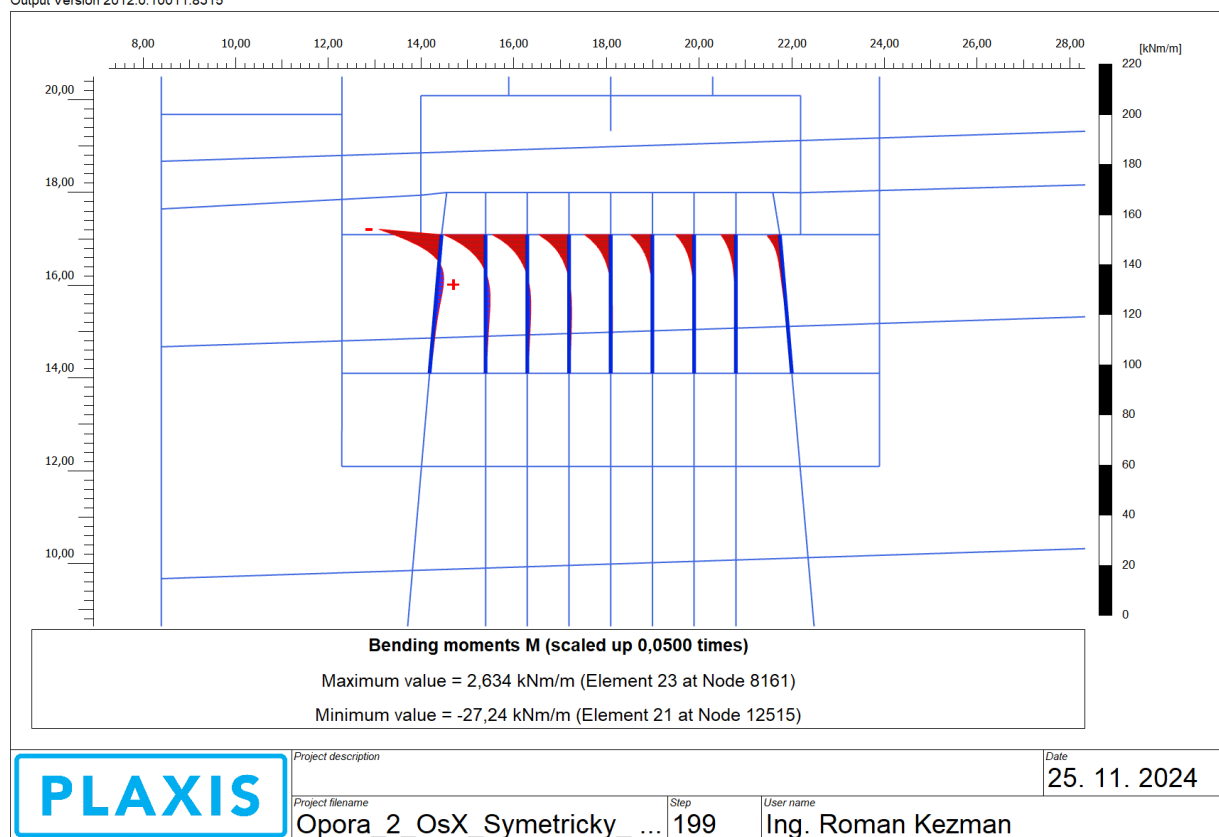
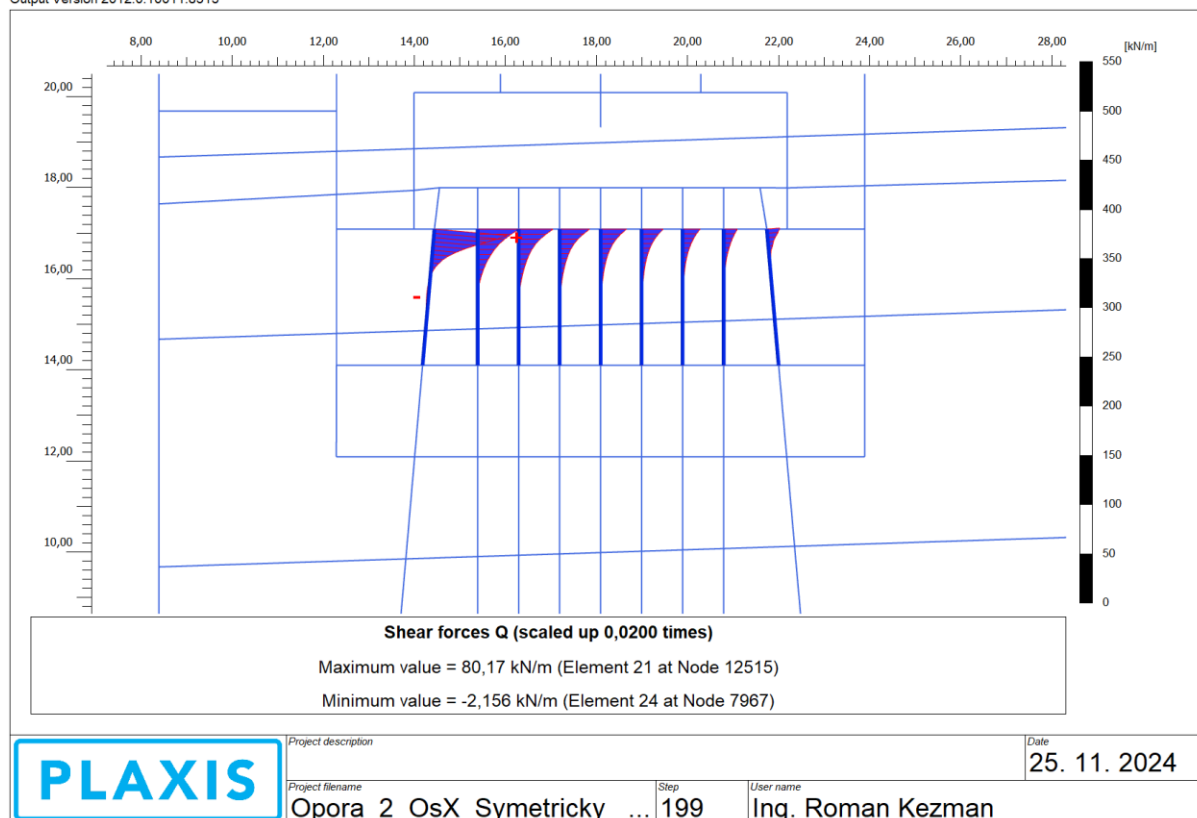
89/16: $N = 562 \text{ kN/m}$, $Q = 8 \text{ kN/m}$, $M = 2,2 \text{ kNm/m}$

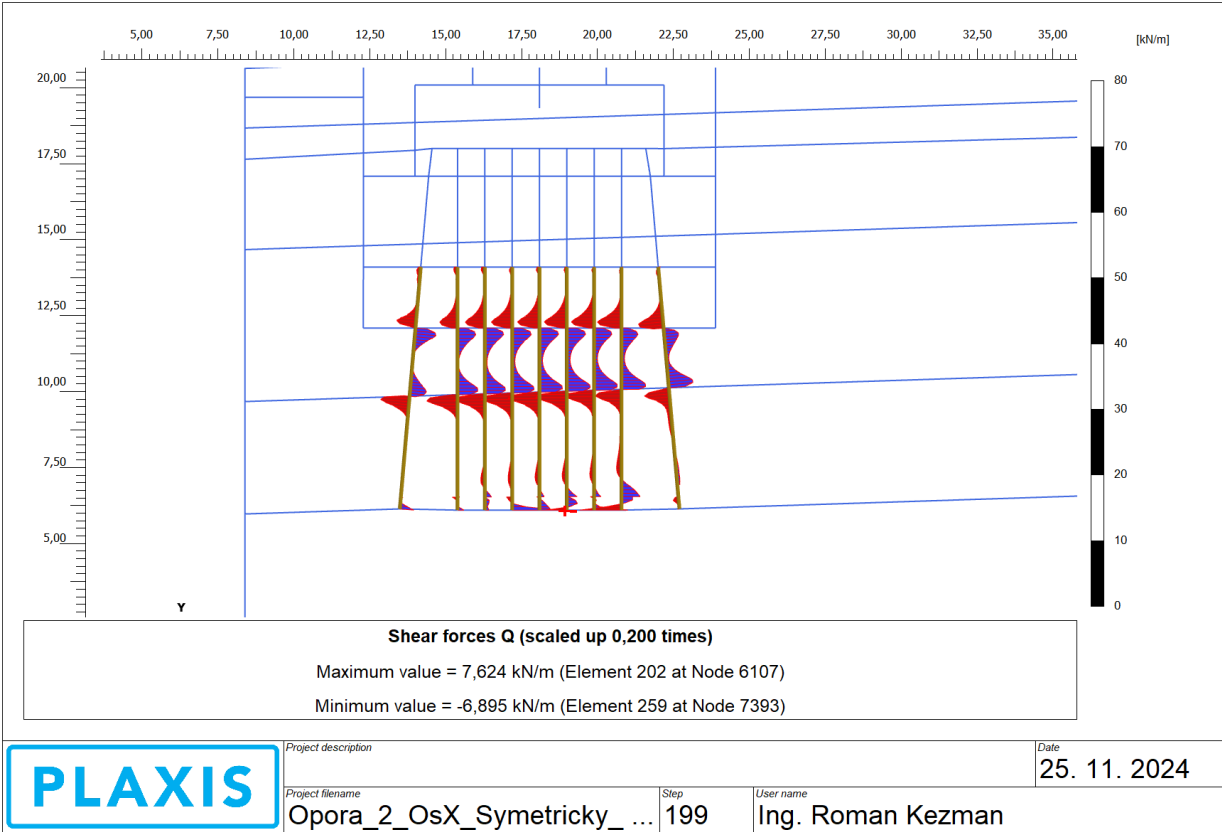
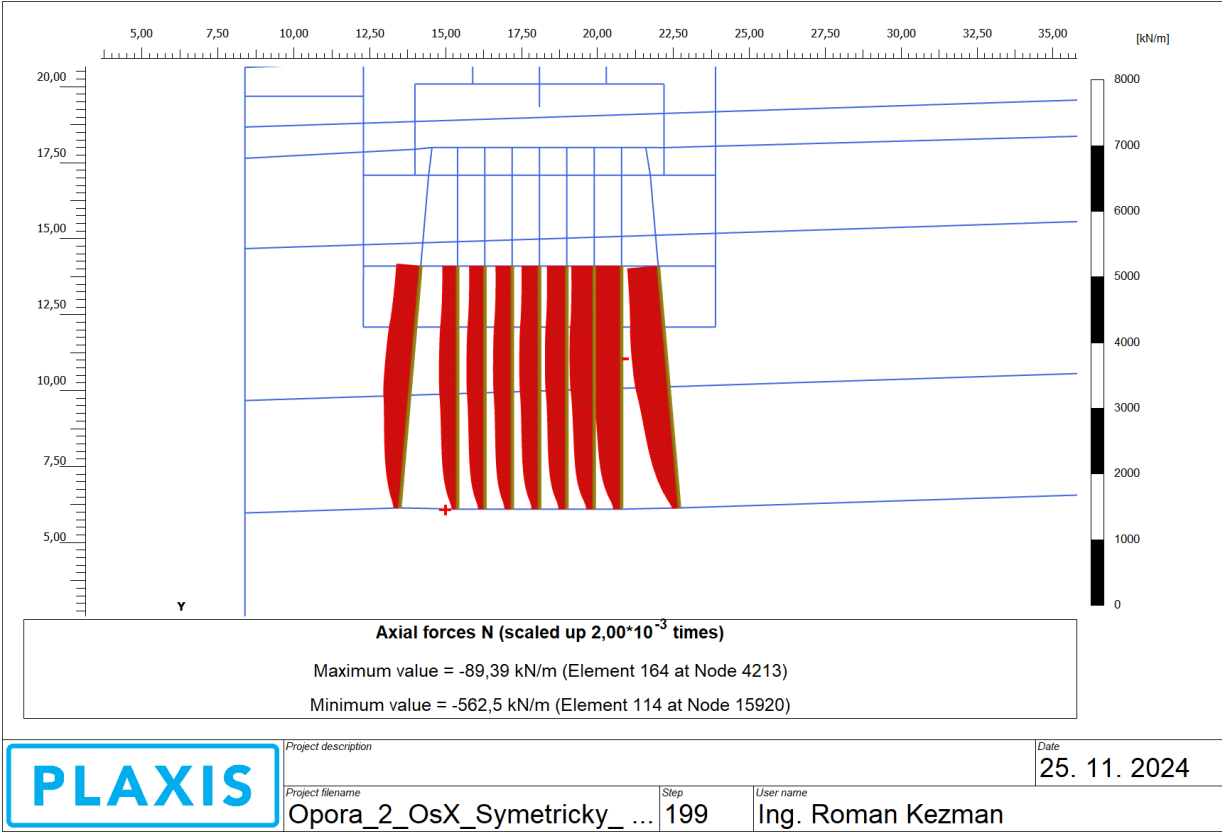


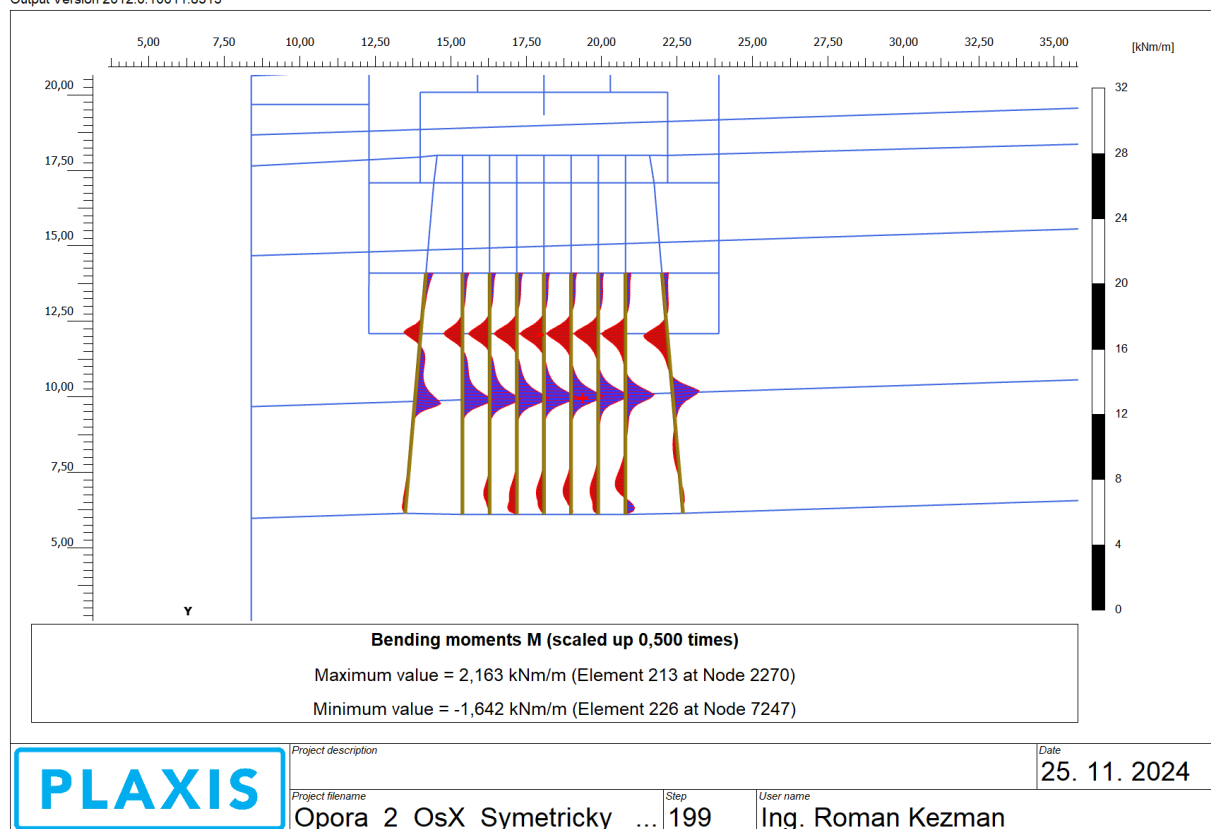
PLAXIS	Project description		Date
	Opora_2_OsX_Symetricky_ ...		25. 11. 2024
	Project filename	Step	User name
	Opora_2_OsX_Symetricky_ ...	199	Ing. Roman Kezman



PLAXIS	Project description		Date
	Opora_2_OsX_Symetricky_ ...		25. 11. 2024
	Project filename	Step	User name
	Opora_2_OsX_Symetricky_ ...	199	Ing. Roman Kezman





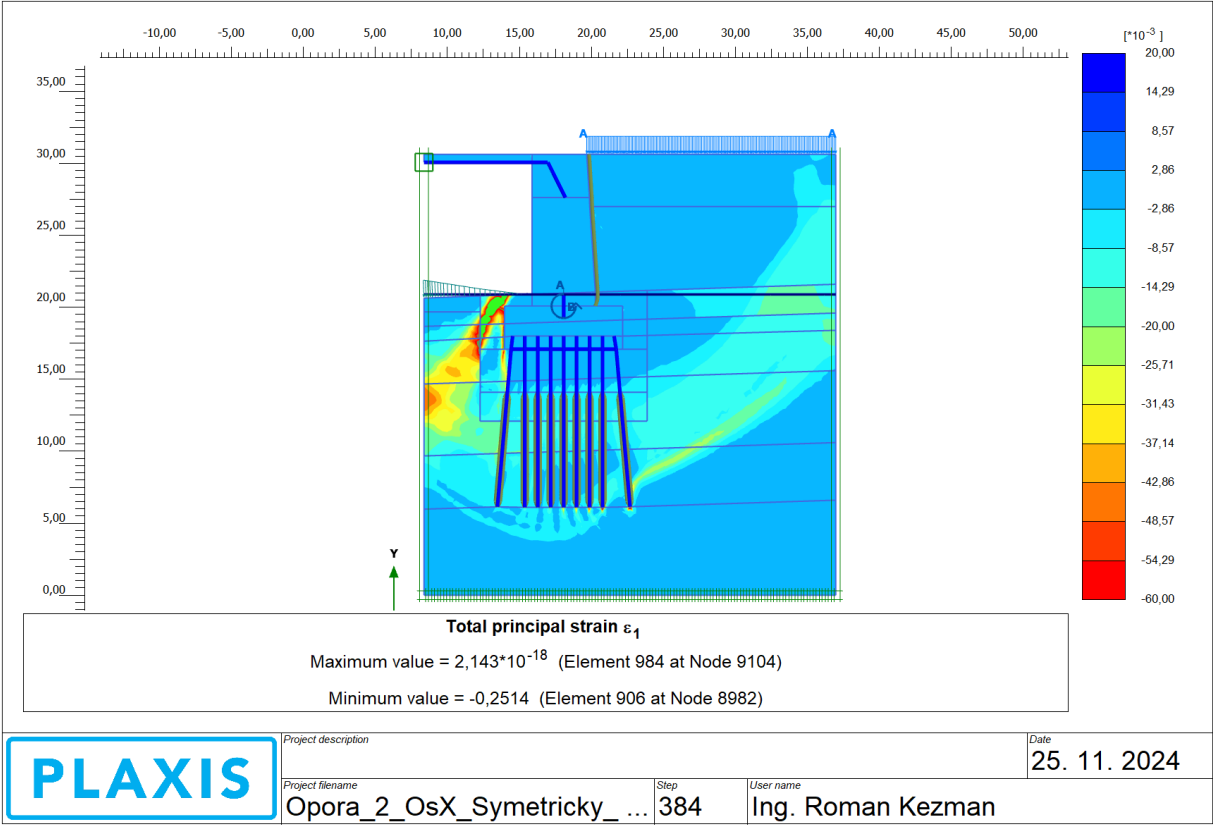


12) Sezmicitá:

133/16: $N = 543 \text{ kN/m}$, $Q = 85 \text{ kN/m}$, $M = 28,3 \text{ kNm/m}$

89/16: $N = 595 \text{ kN/m}$, $Q = 9 \text{ kN/m}$, $M = 2,5 \text{ kNm/m}$

12) Sezmicitá:



Návrh jadra mikropilót - Opora 2

Profil: rúra 133/16, S460 (450, str.27 STN EN 1993) posúdenie jadra prierezu.

$$d_{vo} := 133\text{mm} \quad t_s := 16\text{mm}$$

$$ss := \frac{d_{vo}}{t_s} \quad ss = 8.313$$

Profil bude vždy v triede 1. ss je menšie ako 50 x E2 (50x0,51=25,5 (S460 je 25,5))

Určenie momentu zotrvačnosti a prierezového modulu jadra mikropilóty 133/16 (dvn = 101mm):

$$d_{vo} := 0.133\text{m}$$

$$d_{vn} := 0.101\text{m}$$

$$I_{vo} := \frac{\pi \cdot d_{vo}^4}{64} \quad I_{vo} = 1.536 \times 10^{-5} \text{m}^4$$

$$I_{vn} := \frac{\pi \cdot d_{vn}^4}{64} \quad I_{vn} = 5.108 \times 10^{-6} \text{m}^4$$

$$I_c := I_{vo} - I_{vn} \quad I_c = 1.025 \times 10^{-5} \text{m}^4$$

$$W_c := \frac{I_c}{\frac{d_{vo}}{2}} \quad W_c = 1.542 \times 10^{-4} \text{m}^3$$

$$A_o := \frac{\pi \cdot d_{vo}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{vn}^2}{4} \quad A_o = 0.005881 \text{m}^2$$

Max. moment, ktorý preniesie jadro mikropilóty:

$$\text{Spôľahlivosť materiálu:} \quad \gamma_{m0} := 1.2$$

$$f_y := 440\text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 366.667\text{MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 56.524 \text{kN}\cdot\text{m}$$

Max. osová sila, ktorú preniesie jadro mikropilóty (so vzperom v podloží nie je potrebné uvažovať) :

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 2156.389 \text{kN}$$

Zaťažovacia kombinácia NC1 (S440):

$$M_{\max X} := 24.6 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max Y} := 0.5 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{\max} := 459 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Pri momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.2}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.25}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.25}{M_U} = 0.81 \quad \text{musí byť menšie ako 1 (vyhovuje)}$$

Zaťažovacia kombinácia seizmicita (oceľ S440) :

Spôľahlivosť materiálu: $\gamma_{m0} := 1.2$

$$f_y := 440 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 366.667 \text{ MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 56.524 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 2156.389 \text{ kN}$$

$$M_{\max X} := 25.5 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max Y} := 0.5 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{\max} := 489 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Pri momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.0}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.0}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.0}{M_U} = 0.687 \quad \text{musí byť menšie ako 1}$$

Ohyb, šmyk (priečna sila) a osová sila (STN EN 1993-1-1, 6.2.10). Za predpokladu, že priečna sila neprekročí 50% návrhovej priečnej sily plastickej odolnosti nie je potrebné zmenšiť odolnosť pre ohyb a osovú silu.

Výslednica priečnej sily zo smerov X a Y:

$$Q_V := 85 \text{ kN}$$

$$\gamma_{MO} := 1.5$$

$$V_{Ed} := Q_V$$

$$A_V := \frac{2 \cdot A_o}{\pi}$$

$$A_V = 0.003744 \text{ m}^2$$

STN EN 1993-1-1, 6.2.6

$$V_{pRd} := \frac{A_V \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{MO}}$$

$$V_{pRd} = 634.069 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pRd}} = 0.134$$

Prierez je namáhaný len 14% šmykovou silou, ktorú je schopný preniesť.

Profil: rúra 89/16, S355 (str.27 STN EN 1993) posúdenie jadra prierezu.

$$d_{vo} := 89 \text{ mm}$$

$$t_s := 16 \text{ mm}$$

$$ss := \frac{d_{vo}}{t_s}$$

$$ss = 5.563$$

Profil bude vždy v triede 1. ss je menšie ako 50 x E2 (50x0,66=33 (S355 je 33))

Určenie momentu zotrvačnosti a priezozového modulu jadra mikropilóty 89/16 (dvn = 101mm):

$$d_{vo} := 0.089 \text{ m}$$

$$d_{vn} := 0.057 \text{ m}$$

$$I_{vo} := \frac{\pi \cdot d_{vo}^4}{64} \quad I_{vo} = 3.08 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_{vn} := \frac{\pi \cdot d_{vn}^4}{64} \quad I_{vn} = 5.182 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$I_c := I_{vo} - I_{vn} \quad I_c = 2.562 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_c := \frac{I_c}{\frac{d_{vo}}{2}} \quad W_c = 5.757 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$A_o := \frac{\pi \cdot d_{vo}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{vn}^2}{4} \quad A_o = 0.003669 \text{ m}^2$$

Max. moment, ktorý prenesie jadro mikropilóty:

$$\text{Spôľahlivosť materiálu:} \quad \gamma_{m0} := 1.15$$

$$f_y := 355 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 308.696 \text{ MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 17.77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Max. osová sila, ktorú prenesie jadro mikropilóty (so vzperom v podloží nie je potrebné uvažovať) :

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 1132.722 \text{ kN}$$

Zaťažovacia kombinácia NC1 (S355):

$$M_{\max X} := 2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\max Y} := 0.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{\max} := 506 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Pri momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.2}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.25}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.25}{M_U} = 0.712 \quad \text{musí byť menšie ako 1 (vyhovuje)}$$

Zaťažovacia kombinácia seizmicita (oceľ S355) :

Spôľahlivosť materiálu: $\gamma_{m0} := 1.15$

$$f_y := 355 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 308.696 \text{ MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 17.77 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 1132.722 \text{ kN}$$

$$M_{\max X} := 2.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max Y} := 0.5 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{\max} := 536 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Pri momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.0}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.0}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.0}{M_U} = 0.631 \quad \text{musí byť menšie ako 1}$$

Ohyb, šmyk (priečna sila) a osová sila (STN EN 1993-1-1, 6.2.10). Za predpokladu, že priečna sila neprekročí 50% návrhovej priečnej sily plastickej odolnosti nie je potrebné zmenšiť odolnosť pre ohyb a osovú silu.

Výslednica priečnej sily zo smerov X a Y: $Q_V := 8.1 \text{ kN} \quad \gamma_{MO} := 1.5$

$$V_{Ed} := Q_V$$

$$A_V := \frac{2 \cdot A_o}{\pi} \quad A_V = 0.002336 \text{ m}^2 \quad \text{STN EN 1993-1-1, 6.2.6}$$

$$V_{plRd} := \frac{A_V \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{MO}} \quad V_{plRd} = 319.19 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{plRd}} = 0.025$$

Prierez je namáhaný len 3% šmykovou silou, ktorú je schopný preniesť.

Návrh mikropilót

Overenie únosnosti mikropilóty na základe medzného plášťového trenia. Plášťové trenie je overované s výpočtom v module GEO5

Jadro mikropilót je tvorené tyčou 89/16, 133/16.

Priemer vrtu : $d := 0.2\text{m}$

Priemer preinjektovaného telesa mikropilóty: $D := 1.0 \cdot d$ $D = 0.2\text{m}$

Dĺžka mikropilóty - injektovania: $l := 11\text{m}$

1. Posúdenie únosnosti na kontakte zemina injektáž.

Teleso mikropilóty bude prechádzať vrstvami.

Vrstva G3/G-F: $l_1 := 0\text{m}$

Vrstva R6, F6: $l_2 := 0\text{m}$

Vrstva R5: $l_3 := 7\text{m}$

Vrstva R4: $l_4 := 4\text{m}$

Medzné plášťové trenie vrstiev:

Súčiniteľ spoľahlivosti medzného plášťového trenia je v zmysle normy 2,0.

$$\gamma_{pt} := 2.5$$

$$M_1 := \frac{150\text{kPa}}{\gamma_{pt}} \quad M_1 = 60\text{kPa}$$

$$M_2 := \frac{140\text{kPa}}{\gamma_{pt}} \quad M_2 = 56\text{kPa}$$

$$M_3 := \frac{300\text{kPa}}{\gamma_{pt}} \quad M_3 = 120\text{kPa}$$

$$M_4 := \frac{600\text{kPa}}{\gamma_{pt}} \quad M_4 = 240\text{kPa}$$

Plocha mikropilóty:

$$\text{obvod mikropilóty: } O_m := \pi \cdot D \quad O_m = 0.62832\text{m}$$

$$A_1 := O_m \cdot l_1 \quad A_1 = 0\text{m}^2$$

$$A_2 := O_m \cdot l_2 \quad A_2 = 0\text{m}^2$$

$$A_3 := O_m \cdot I_3 \quad A_3 = 4.39823 \text{ m}^2$$

$$A_4 := O_m \cdot I_4 \quad A_4 = 2.51327 \text{ m}^2$$

Únosnost mikropilóty na plášti:

$$N_{Up} := A_1 \cdot M_1 + A_2 \cdot M_2 + A_3 \cdot M_3 + A_4 \cdot M_4$$

$$N_{Up} = 1130.973 \text{ kN}$$

Posouzení piloty

Vstupní data

Projekt

Akce : Opora 2

Datu : 25. 11.

m 2024

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1
(EC2)

Součinitele EN 1992-1-1 : standardní
Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1
(EC3)

Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu : $gM0 = 1,00$

Dřevěné konstrukce : EN 1995-1-1
(EC5)

Dílčí součinitel vlastností dřeva : $gM = 1,30$

Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti $k_{mod} = 0,50$

(dřevo) :

Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo) $k_{cr} = 0,67$

:

Piloty

Výpočet pro odvodněné podmínky : ČSN 73 1002

Zatěžovací křivka : nelineární (Masopust)

Vodorovná únosnost : pružný poloprostor

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997

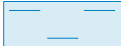


Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)




Trvalá návrhová situace					
		Nepříznivé		Příznivé	
Stálé zatížení :	gG =	1,35	[-]	1,00	[-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	gs =	1,10	[-]
Součinitel redukce odporu na patě :	gb =	1,10	[-]
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty :	gst =	1,15	[-]

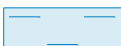


Základní parametry zemin

Číslo	Název	Vzorek	jef [°]	cef [kPa]	g [kN/m3]	n [-]
1	1_R5		24,00	25,00	22,00	0,25
2	2_R4		28,00	36,00	22,00	0,25
3	3_RR3/R4		29,00	48,00	23,00	0,20

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Číslo	Název	Vzorek	Eoed [MPa]	Edef [MPa]	gsat [kN/m3]	gs [kN/m3]	n [-]
1	1_R5		96,00	-	22,10	-	-
2	2_R4		217,00	-	22,10	-	-
3	3_RR3/R4		289,00	-	23,10	-	-

Parametry zemin pro výpočet modulu reakce podloží

Číslo	Název	Vzorek	Typ zeminy	nh [MN/m3]
1	1_R5		soudržná	-
2	2_R4		soudržná	-
3	3_RR3/R4		soudržná	-

Parametry zemin

1_R5

Objemová tíha :	$g = 22,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Úhel vnitřního tření :	$j_{ef} = 24,0^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 25,0 \text{ kPa}$
Poissonovo číslo :	$n = 0,25$
Edometrický modul :	$E_{oe} = 96,0 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy :	$g_{sat} = 22,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Typ zeminy :	soudržná

2_R4

Objemová tíha :	$g = 22,00 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Úhel vnitřního tření :	$j_{ef} = 28,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 36,00 \text{ kPa}$
Poissonovo číslo :	$n = 0,25$
Edometrický modul :	$E_{oe} = 217,0 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy :	$g_{sat} = 22,10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Typ zeminy :	soudržná

3_RR3/R4

Objemová tíha :	$g = 23,00 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Úhel vnitřního tření :	$j_{ef} = 29,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 48,00 \text{ kPa}$
Poissonovo číslo :	$n = 0,20$
Edometrický modul :	$E_{oe} = 289,0 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy :	$g_{sat} = 23,10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Typ zeminy :	soudržná

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr $d = 0,20 \text{ m}$

r

Délka $l = 11,0 \text{ m}$

0

Spočtené průřezové charakteristiky

Plocha $A = 3,14E-02 \text{ m}^2$

Moment $I = 7,85E-05$ m⁴
setrvačnosti

Umístění

Vysazení $h = -4,00$ m

Hloubka upraveného terénu $h = 0,00$ m
z

Typ technologie: Beraněné piloty
Modul reakce podloží uvažován podle ČSN 731004.

Materiál konstrukce

Objemová tíha $g = 27,00$ kN/m³

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton : C 25/30

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 25,00$ MPa

Pevnost v tahu $f_{ct} = 2,60$ MPa

Modul pružnosti $E_c = 31000,0$ MPa

Modul pružnosti ve smyku $G = 12917,0$ MPa




Ocel podélná : B500

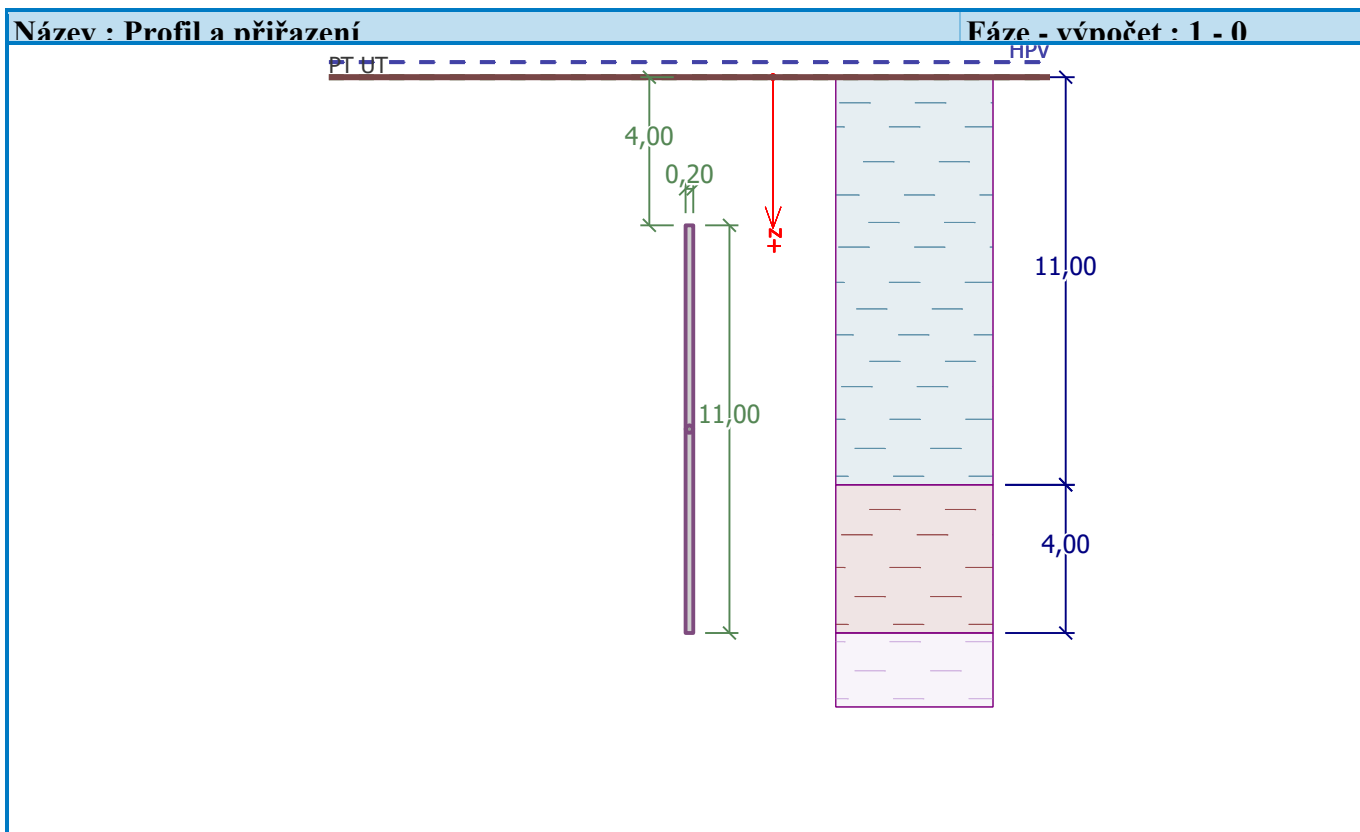
Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa

Ocel příčná: B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	11,00	1_R5	
2	4,00	2_R4	
3	-	3_RR3/R4	



Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Hx [kN]	Hy [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	700,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Ano		Zatížení č. 2	Užitné	600,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce -0,40 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení

Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Metodika posouzení : bez redukce vstupních dat

Posouzení čís. 1

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva a	Počátek	Konec	Mocnost	Es	Součinitel	Součinitel
číslo	[m]	[m]	[m]	[MPa]	a	b

Vrstva a číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	Es [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0,00	11,00	11,00	43,00	131,00	94,00
2	11,00	15,00	4,00	88,00	169,00	139,00

Uvažovat zatížení : návrhové

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1,00$

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 15,0$ mm

Regresní součinitel $e = 1600,00$

Regresní součinitel $f = 1150,00$

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Mezní síla na plášti piloty	$R_s = 984,51$ kN
Velikost napětí na patě při R_{sy}	$q_0 = 1584,6$ kPa
Průměrné plášťové tření	$q_s = 142,45$ kPa
Průměrný sečnový modul deformace	$E_s = 59,36$ MPa
Součinitel přenosu zatížení do paty	$b = 0,04$

Příčinkové součinitele sedání :

Základní - závislý na poměru l/d $I_0 = 0,04$

Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,68$

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Body zatěžovací křivky

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0,0	0,00
1,5	520,00
3,0	735,38
4,5	900,66
6,0	1022,39
7,5	1031,86
9,0	1041,33
10,5	1050,80
12,0	1060,27
13,5	1069,74
15,0	1079,21

Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

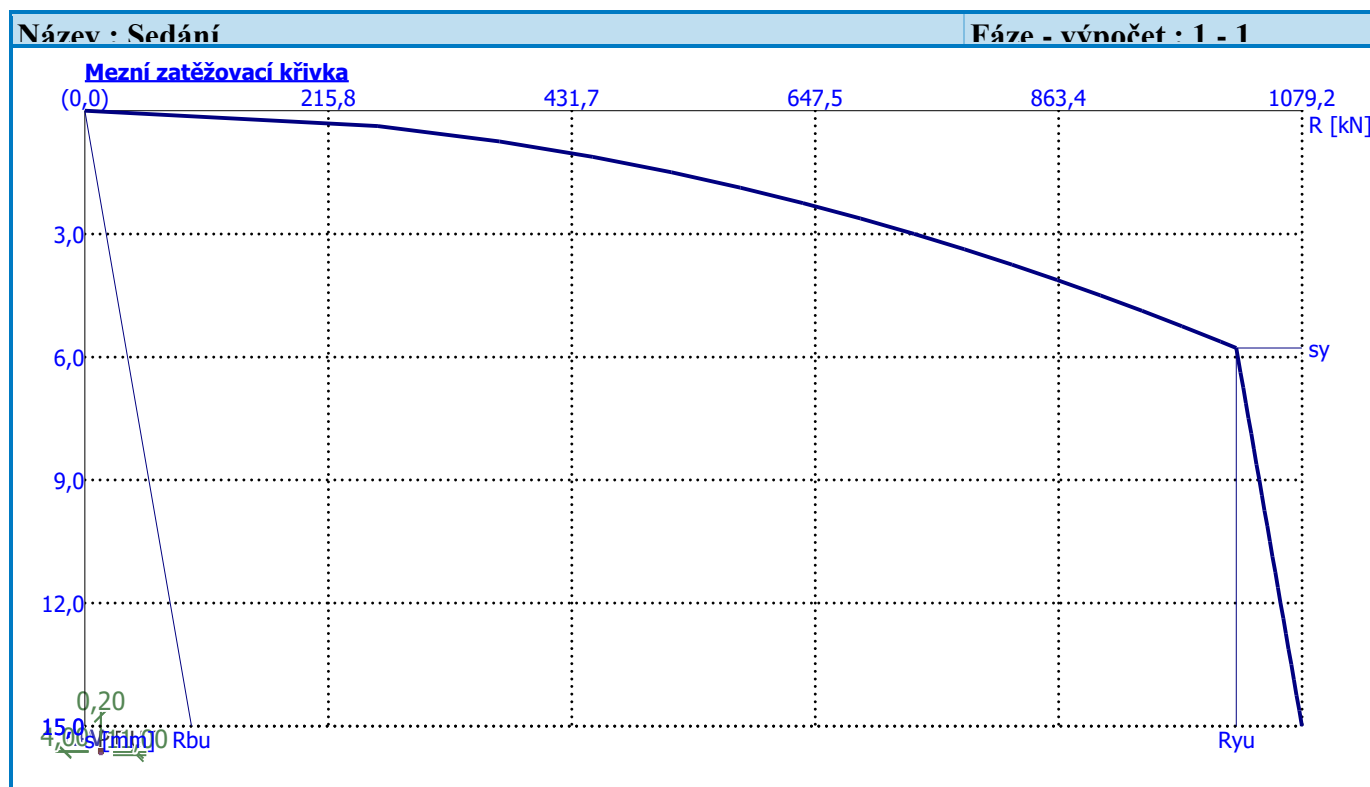
Zatížení na mezi mobilizace
 plášť.tření
 Velikost sedání odpovídající síle R_{yu}

$R_y = 1021,0 \text{ kN}$
 $u = 2$
 $s_y = 5,8 \text{ m}$

Únosnosti odpovídající sednutí 15,0
 mm :

Únosnost paty
 $R_b = 94,69 \text{ kN}$
 u
 Celková únosnost
 $R_c = 1079,2 \text{ kN}$
 1

Pro zatížení $Q = 700,00 \text{ kN}$ je sednutí piloty 2,7 mm



Záver opora 2:

Doporučujeme výmenu podložia mocnosti 0,8 m na dĺžke 10 m za oporou. Mikropilóty: jadro je 89/16 (S355), Prstenec 133/16 mm (S460/440). Výpažnica - 203/8 mm. Maximálna sila je 536 kN. V podloží sa zhotoví trysková injektáž. Dĺžka MP je 11 m. Únosnosť MP je 700 kN pri deformácii 3 mm. V smere osi (os X) železničnej trate je 9 MP. Krajné môžu byť uklonené.

Posúdenie zakladania krídla opory č. 2:

Geologická skladba v podloží a vlastnosti zemín vstupujúce do výpočtu:

Mostný objekt je v km cca 258 až 258,23

Geológia: Vychádzame z informácii získaných z vrtu V-1 a LM-04, DPS-03

Podrobný prieskum: Príloha č. 2.1. – Situácia, Príloha č. 3.1. – Pozdĺžny schematický IG rez

Vrt LM-04 podložie tvorené súvrstvým ílovcov a pieskovcov

Pevnosť úlomkov ílovcov R5, Polohy s pieskovcami možno R4. Pre posúdenie vlastnosti podložia bližšie k R5. Priemer medzi R5/R4.

Hĺbka 5 m – vápnitý ílovec charakteru ílu s úlomkami; ílovec rozložený – $E_{def} = 21,5$ MPa. Íl tuhej konzistencie, R6 (0,5 – 1,5 MPa)

Hĺbka 8,7 m – vápnitý ílovec s preplástkami zvetraného pieskovca; ílovec, pieskovec zvetraný – $E_{def} = 21,8$ MPa, R5 (1,5 – 5 MPa)

Hĺbka 12,8 m – vápnitý ílovec s laminami pieskovca; ílovec navetraný – $E_{def} = 115$ MPa, R4 (5 – 15 MPa)

Hĺbka 16,5 m – vápnitý ílovec s laminami pieskovca; ílovec, pieskovec navetraný – $E_{def} = 254$ MPa, Navetralý pieskovec – R3, Navetralý ílovce – R4, R4/R3

Voda – rozbor, voda nie je agresívna na betón, agresívna na oceľové konštrukcie (STN 038375) tab. 1 – IV. a tab. 2 – I.

Plášťové trenia:

Plášťové trenie pre poloskalné horniny (R5 – R3) 300 – 1000 kPa

F4/CS – 100 kPa

G3, G2 – 150 kPa

R6 – 140 kPa

R5 – 300 kPa

R4 – 600 kPa

Geológia:

0 – 2 m F4/CS – tuhej konzistencie

2 – 3,2 m G3 – stredne uľahlé

3,2 – 6 m R6, íl tuhej konzistencie

6,0 – 11 m R5

11 – 15 m R4

15 – X m R3/R4

Základová škára v hĺbke 3,8 m

Násyp triedy G3/G-F

$\varphi_{ef} = 33^\circ$, $c_{ef} = 0$ kPa, $E_{oed} = 121$ MPa, $E_{def} = 100$ MPa, $\gamma_z = 20$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

0 – 2 m F4/CS – tuhej konzistencie

$\varphi_{ef} = 24^\circ$, $c_{ef} = 15$ kPa, $E_{oed} = 13$ MPa, $E_{def} = 8$ MPa, $\gamma_z = 18,5$ kN.m⁻³, $\nu = 0,35$, $\beta = 0,62$, PR.

2 – 3,2 m G3 – stredne uľahlé

$\varphi_{ef} = 34^\circ$, $c_{ef} = 0$ kPa, $E_{oed} = 108$ MPa, $E_{def} = 90$ MPa, $\gamma_z = 19$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

3,2 – 6 m R6, íl tuhej konzistencie

$\varphi_{ef} = 19^\circ$, $c_{ef} = 14$ kPa, $E_{oed} = 68$ MPa, $E_{def} = 50$ MPa, $\gamma_z = 21$ kN.m⁻³, $\nu = 0,3$, $\beta = 0,74$, PR.

6,0 – 11 m R5 (1,5 – 5 MPa)

$\varphi_{ef} = 24^\circ$, $c_{ef} = 25$ kPa, $E_{oed} = 96$ MPa, $E_{def} = 80$ MPa, $\gamma_z = 22$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

11 – 15 m R4 (5 – 15 MPa)

$\varphi_{ef} = 28^\circ$, $c_{ef} = 36$ kPa, $E_{oed} = 217$ MPa, $E_{def} = 180$ MPa, $\gamma_z = 22$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

15 – X m R3/R4 (5 – 50 MPa)

$\varphi_{ef} = 29^\circ$, $c_{ef} = 48$ kPa, $E_{oed} = 289$ MPa, $E_{def} = 260$ MPa, $\gamma_z = 23$ kN.m⁻³, $\nu = 0,2$, $\beta = 0,9$, PR.

Trysková injektáž:

$\varphi_{ef} = 21^\circ$, $c_{ef} = 45$ kPa, $E_{oed} = 203$ MPa, $\gamma_z = 22$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

Seizmické zaťaženie

Vplyv seizmicity (STN EN 1998-1): Kategória podložia A.

- referenčné špičkové seizmické zrýchlenie podložia (Liptovský Mikuláš): $a_{gR} = 0,63$ m.s⁻²
- návrhové seiz. zrýchlenie podložia ($\gamma_I = 1,0$): $a_g = \gamma_I \times a_{gR} = 1,0 \times 0,63$ m.s⁻² = 0,63 m.s⁻²
- pomer medzi zrýchlením a gravitačným zrýchlením: $\alpha = a_g / g = 0,063$
- parameter podložia: $S = 1,0$
- prítomnosť kyprých pieskov a štrkov na povrchu: Nie - 1,0 (podľa STN EN 1998-5, príloha A, bod c))
- faktor vodorovnej akcelerácie: $K_h = \alpha \cdot S/r$ ($r = 1$) = 0,063 (podľa STN EN 1998-5, 7.3.2.2 – ŽB konštrukcie)
- faktor zvislej akcelerácie: $K_v = 0,5 \cdot k_h = 0,032$

Mikropilóty: jadro je 89/16 (D vonkajšie 89 / d vnútorné 57 mm), Prstenec 133/16 mm.

Výpažnica: 203/8, Oceľ S355, S460.

Výpočet:

Výstupy zo súboru: „Kridlo_V3_TryskInj_prstenec“

0) IP – počiatočná fáza určenie východzieho geostatického napätia

1) R.D. – vynulovanie deformácií.

2) Zhotovenie: trysková injektáž, krídlo.

3) Zasypanie krídla do konečnej úrovne.

4) Seizmické zaťaženie

133/16: $N = 287$ kN/m, $Q = 96$ kN/m, $M = 28,5$ kNm/m

133/16: $N = 258$ kN, $Q = 87$ kN, $M = 25,7$ kNm/m

89/16: $N = 304$ kN/m, $Q = 7$ kN/m, $M = 1,4$ kNm/m

89/16: $N = 274$ kN, $Q = 6,3$ kN, $M = 1,3$ kNm/m

5) Z fázy č.3. Pritlačenie povrchu svahu nad krídlom.

133/16: $N = 272$ kN/m, $Q = 80$ kN/m, $M = 22,5$ kNm/m

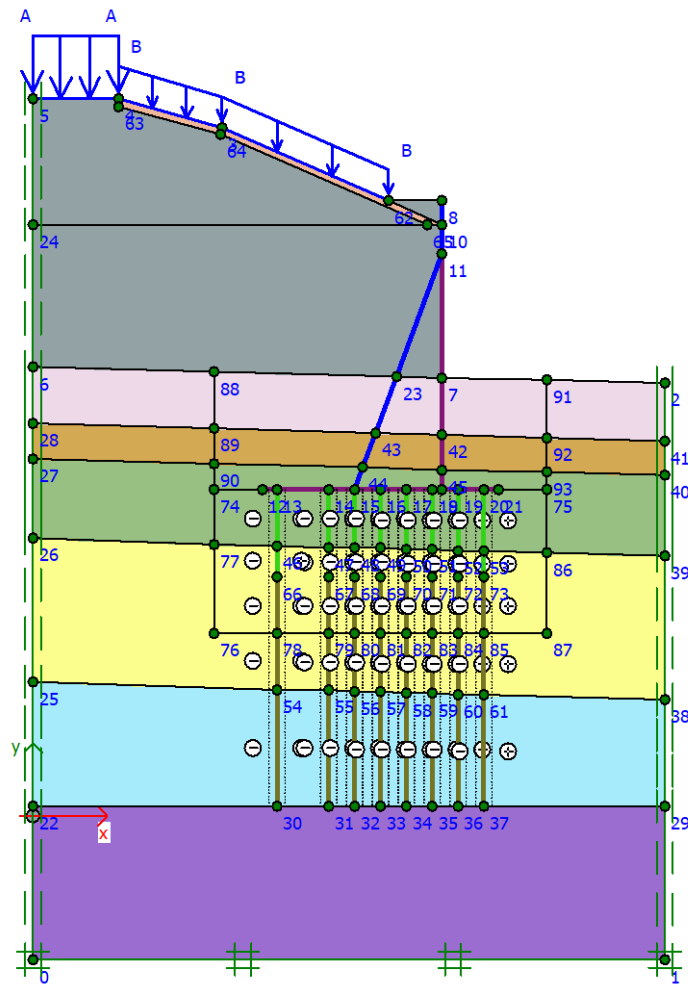
133/16: $N = 245$ kN, $Q = 72$ kN, $M = 20,3$ kNm/m

89/16: $N = 307$ kN/m, $Q = 6$ kN/m, $M = 1,1$ kNm/m

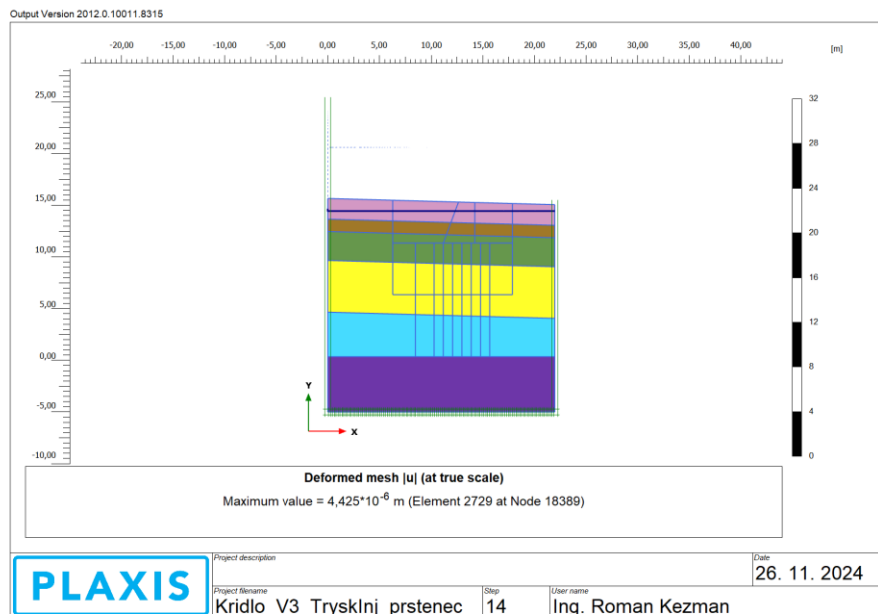
89/16: $N = 276$ kN, $Q = 5,4$ kN, $M = 1,0$ kNm/m

6) Stabilita $F_s = 1,43$ (minimálne sa požaduje 1,25). Povrchová vrstva.

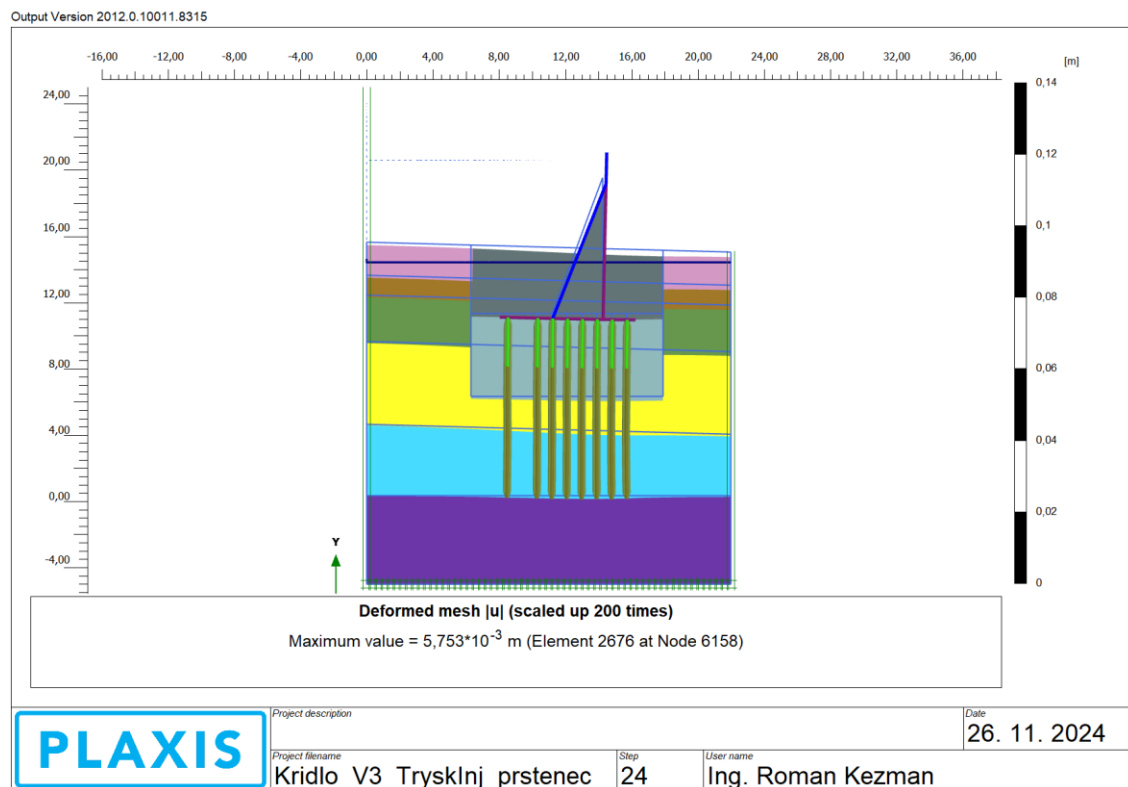
Model - „Kridlo_V3_Trysklnj_prstenec“



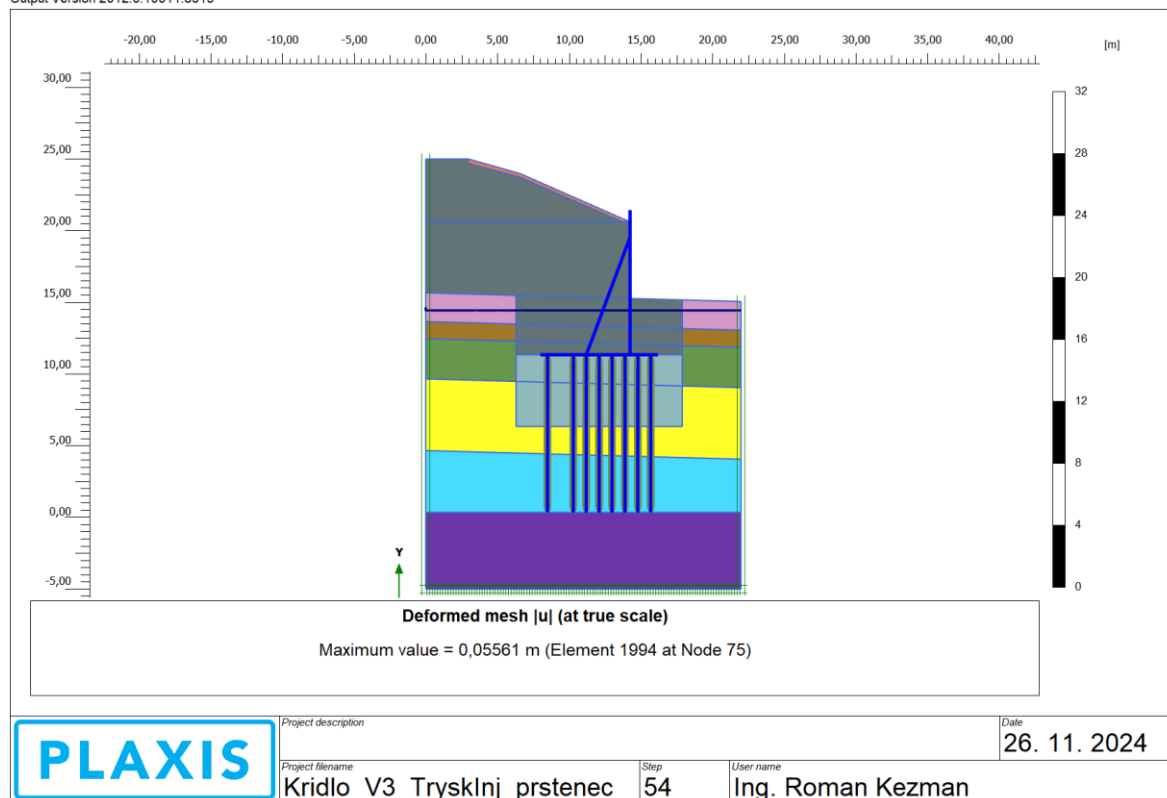
1) R.D. – vynulovanie deformácií.



2) Zhotovenie: trysková injektáž, kridlo.



3) Zasypanie kridla do konečnej úrovne.



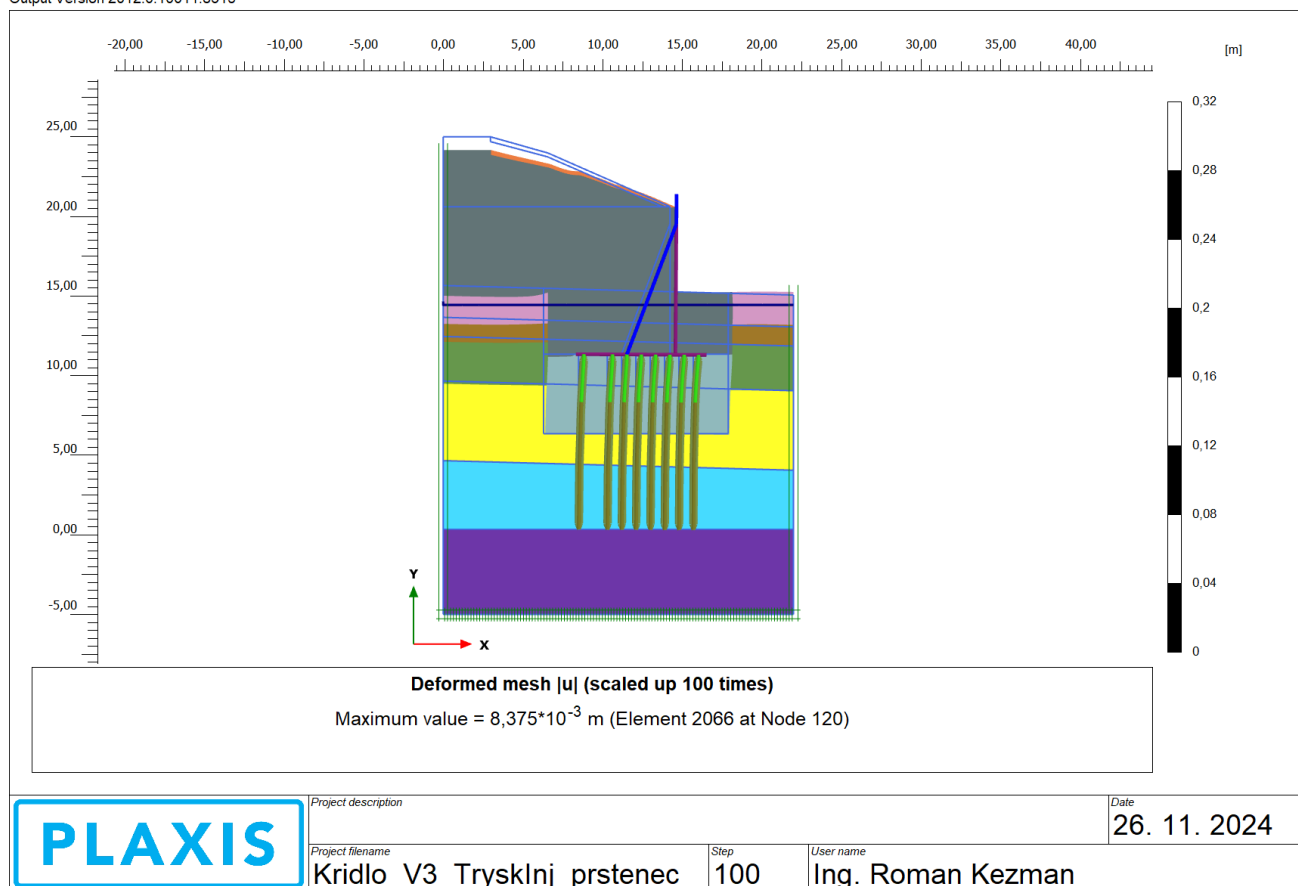
4) Seizmické zat'azenie

133/16: $N = 287 \text{ kN/m}$, $Q = 96 \text{ kN/m}$, $M = 28,5 \text{ kNm/m}$

133/16: $N = 258 \text{ kN}$, $Q = 87 \text{ kN}$, $M = 25,7 \text{ kNm/m}$

89/16: $N = 304 \text{ kN/m}$, $Q = 7 \text{ kN/m}$, $M = 1,4 \text{ kNm/m}$

89/16: $N = 274 \text{ kN}$, $Q = 6,3 \text{ kN}$, $M = 1,3 \text{ kNm/m}$



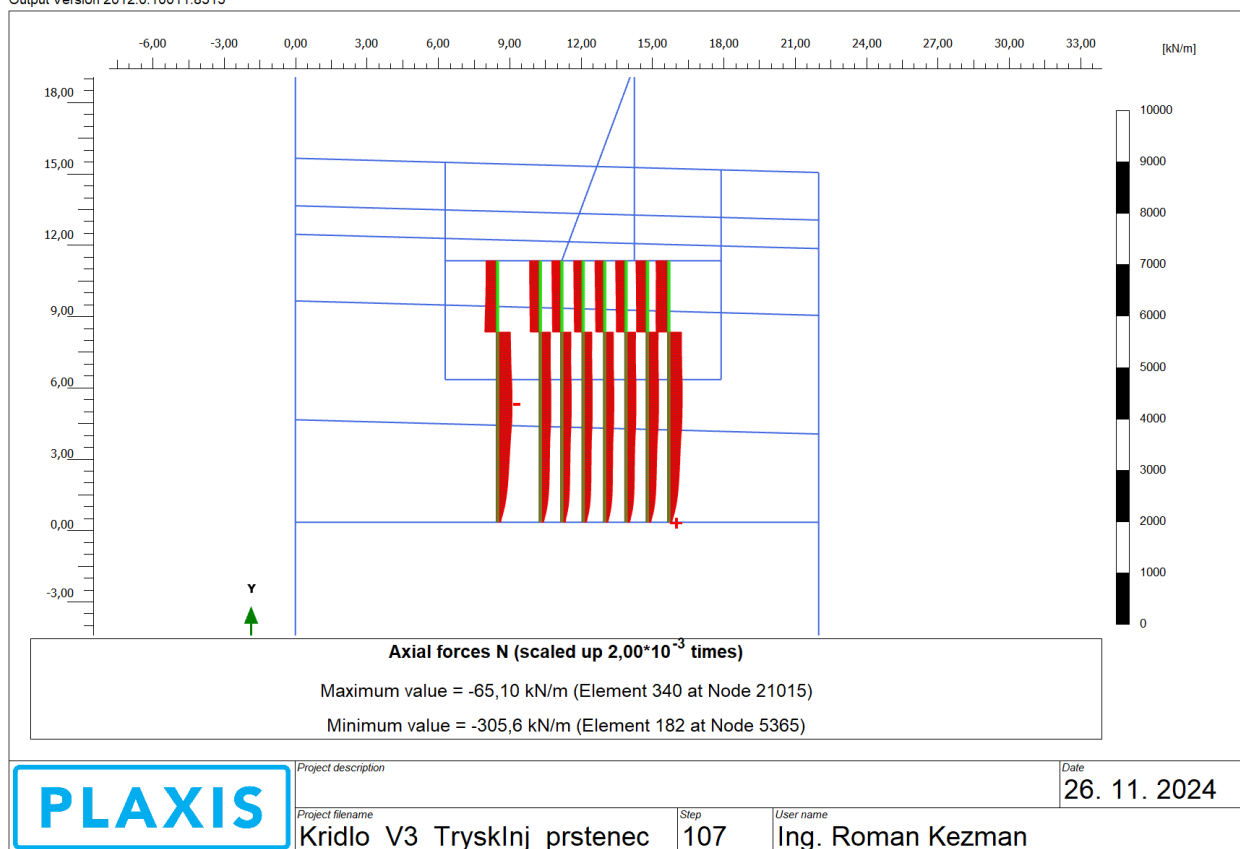
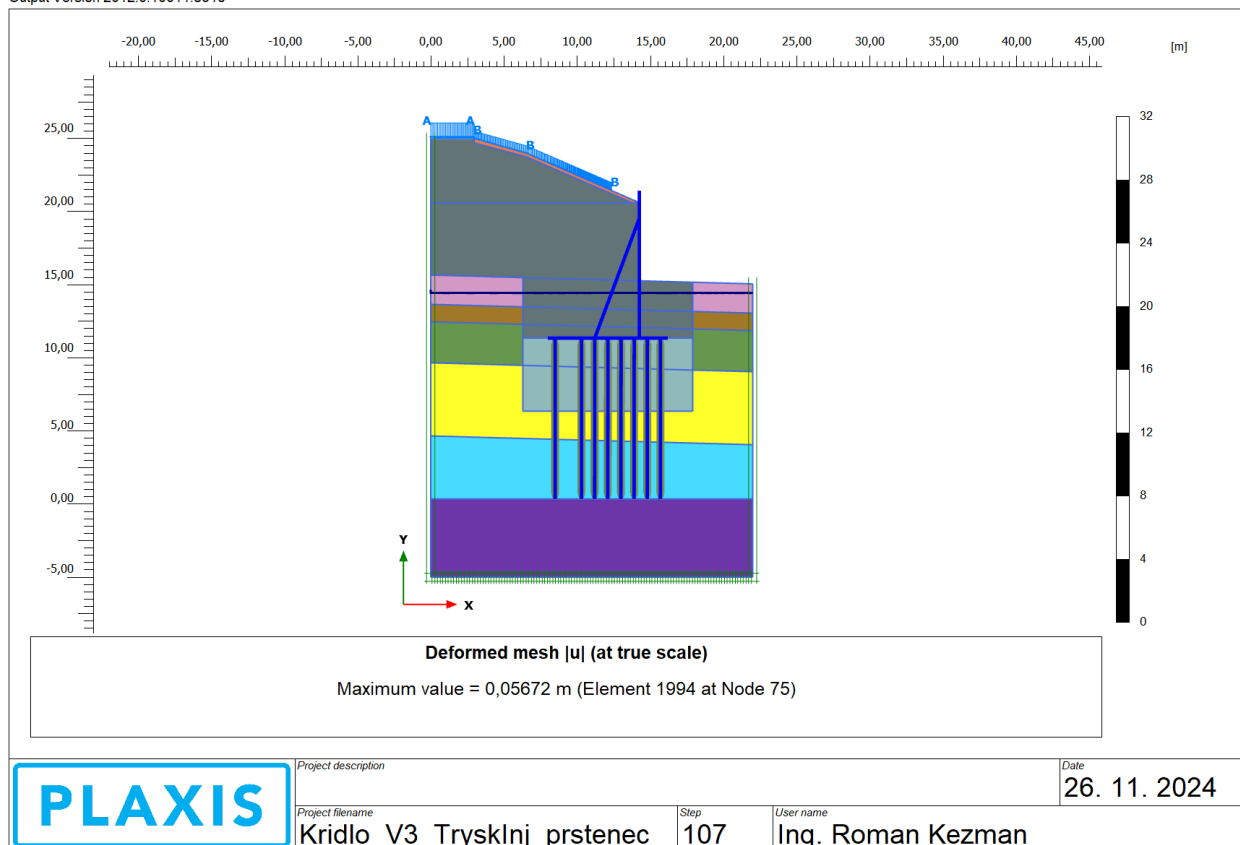
5) Z fázy č.3. Prit'azenie povrchu svahu nad kridlom.

133/16: $N = 272 \text{ kN/m}$, $Q = 80 \text{ kN/m}$, $M = 22,5 \text{ kNm/m}$

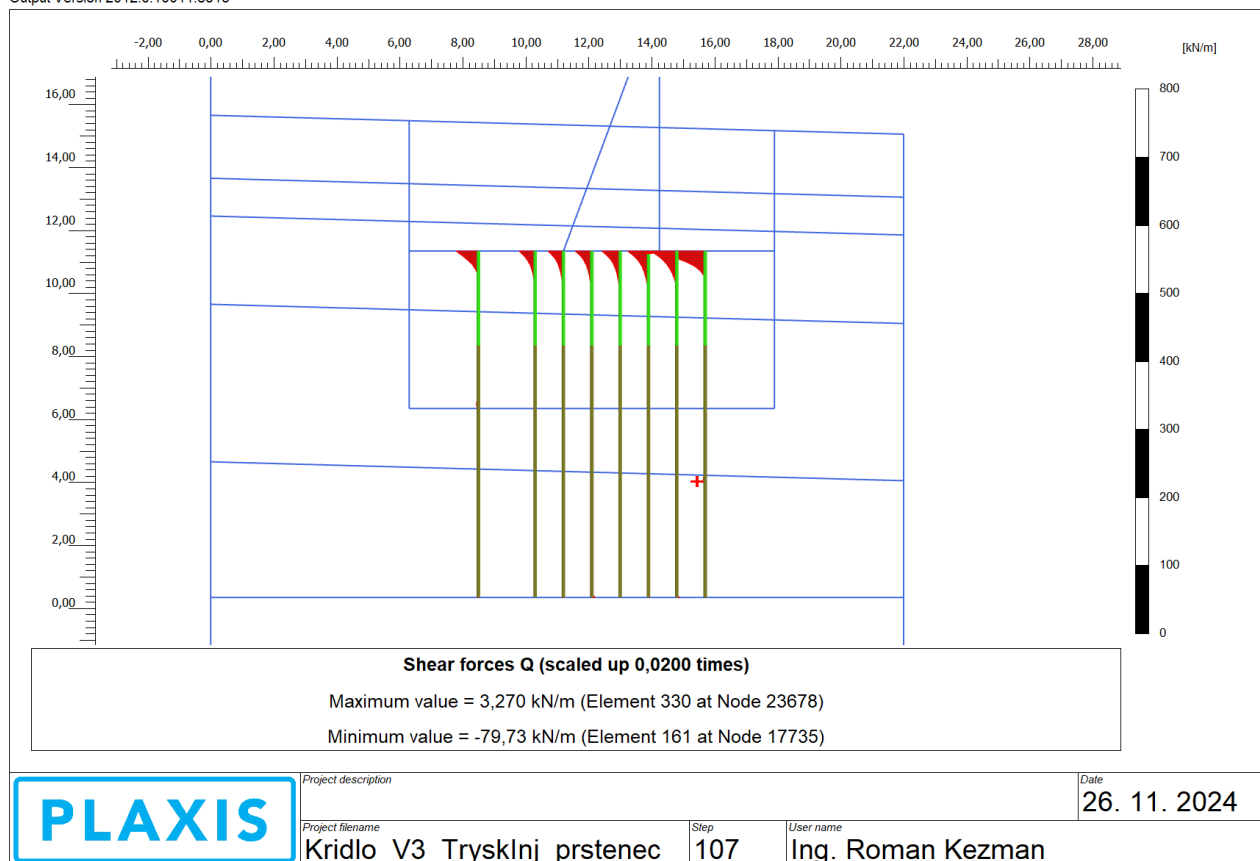
133/16: $N = 245 \text{ kN}$, $Q = 72 \text{ kN}$, $M = 20,3 \text{ kNm/m}$

89/16: $N = 307 \text{ kN/m}$, $Q = 6 \text{ kN/m}$, $M = 1,1 \text{ kNm/m}$

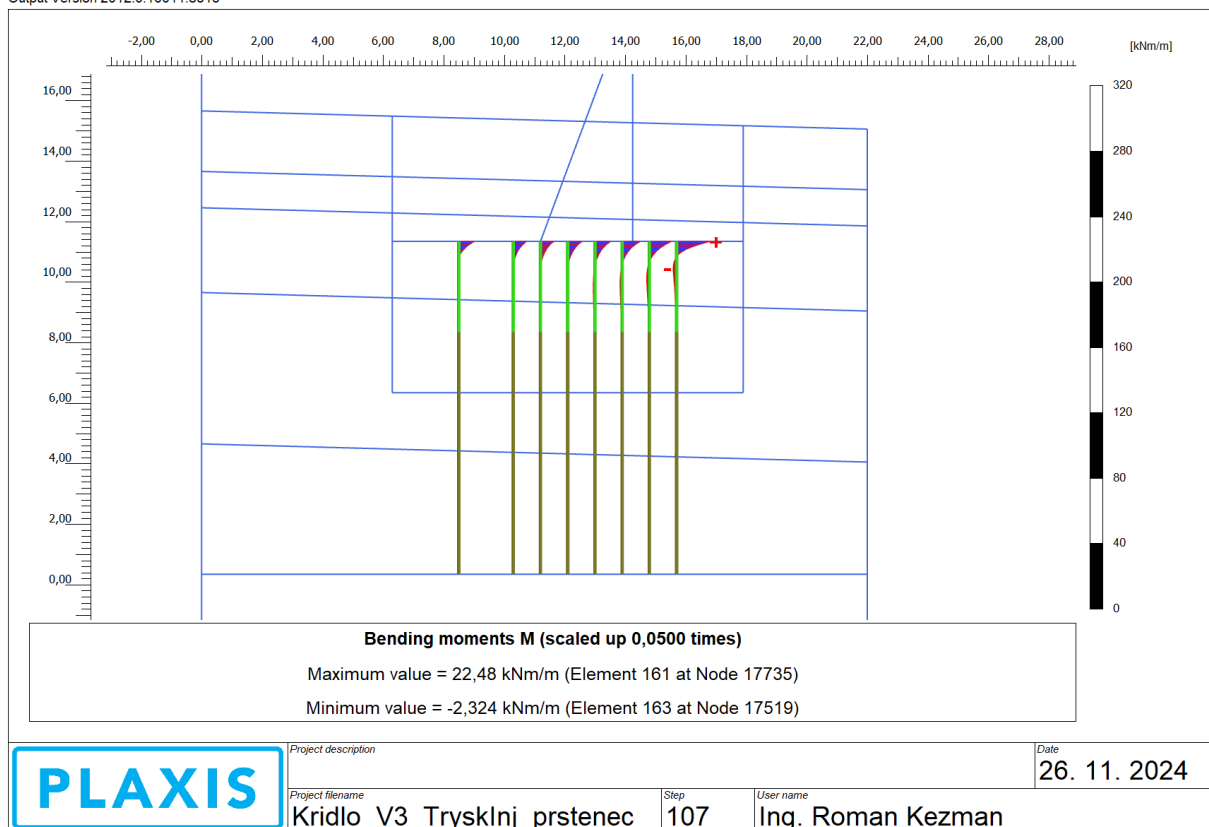
89/16: $N = 276 \text{ kN}$, $Q = 5,4 \text{ kN}$, $M = 1,0 \text{ kNm/m}$



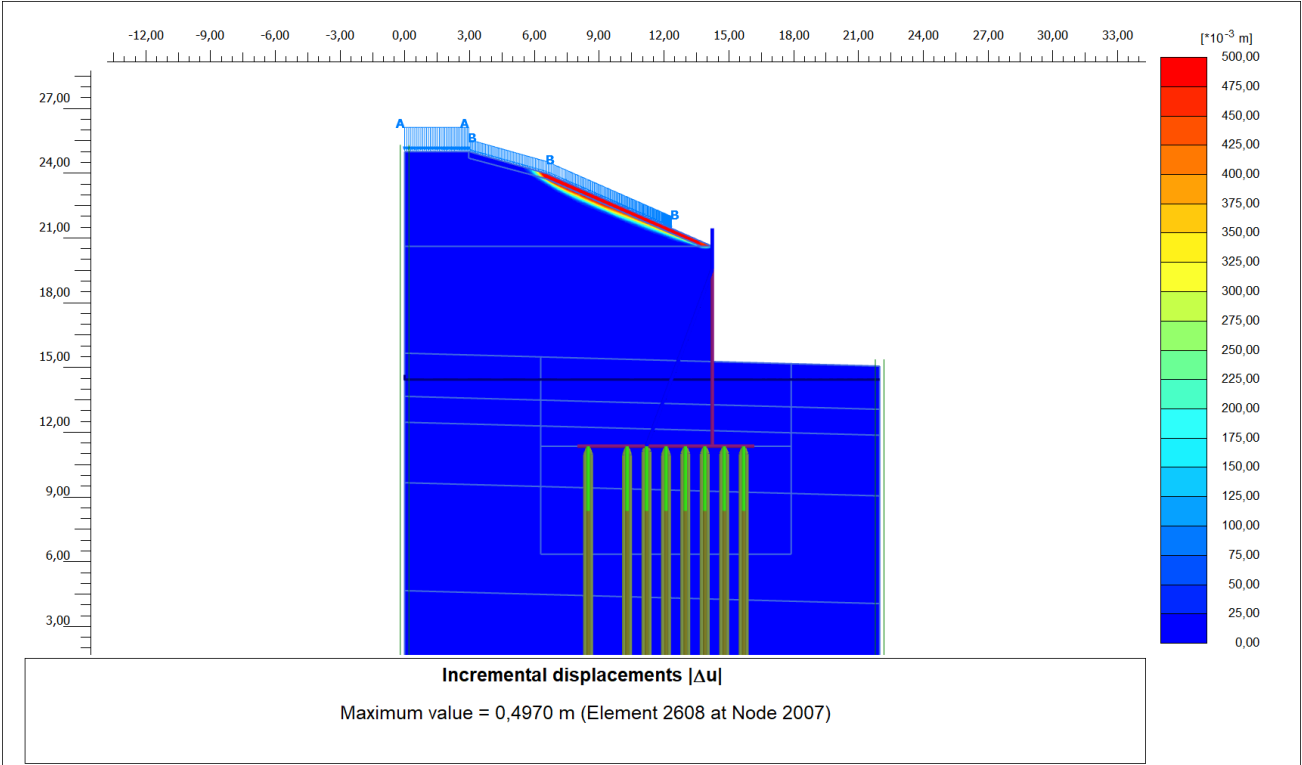
Output Version 2012.0.10011.8315



Output Version 2012.0.10011.8315



6) Stabilita $F_s = 1,43$ (minimálne sa požaduje 1,25). Povrchová vrstva.



	Project description		Date
	Project filename	Step	User name
	Kridlo_V3_Trysklnj_prstenec	287	Ing. Roman Kezman

Návrh jadra mikropilót - Kridlo, opora 2

Profil: rúra 133/16, S460 (450, str.27 STN EN 1993) posúdenie jadra prierezu.

$$d_{vo} := 133\text{mm} \quad t_s := 16\text{mm}$$

$$ss := \frac{d_{vo}}{t_s} \quad ss = 8.313$$

Profil bude vždy v triede 1. ss je menšie ako 50 x E2 (50x0,51=25,5 (S460 je 25,5))

Určenie momentu zotrvačnosti a prierezového modulu jadra mikropilóty 133/16 (dvn = 101mm):

$$d_{vo} := 0.133\text{m}$$

$$d_{vn} := 0.101\text{m}$$

$$I_{vo} := \frac{\pi \cdot d_{vo}^4}{64} \quad I_{vo} = 1.536 \times 10^{-5} \text{m}^4$$

$$I_{vn} := \frac{\pi \cdot d_{vn}^4}{64} \quad I_{vn} = 5.108 \times 10^{-6} \text{m}^4$$

$$I_c := I_{vo} - I_{vn} \quad I_c = 1.025 \times 10^{-5} \text{m}^4$$

$$W_c := \frac{I_c}{\frac{d_{vo}}{2}} \quad W_c = 1.542 \times 10^{-4} \text{m}^3$$

$$A_o := \frac{\pi \cdot d_{vo}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{vn}^2}{4} \quad A_o = 0.005881 \text{m}^2$$

Max. moment, ktorý prenesie jadro mikropilóty:

$$\text{Spôľahlivosť materiálu:} \quad \gamma_{m0} := 1.2$$

$$f_y := 440\text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 366.667\text{MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 56.524\text{kN}\cdot\text{m}$$

Max. osová sila, ktorú prenesie jadro mikropilóty (so vzperom v podlaží nie je potrebné uvažovať) :

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 2156.389\text{kN}$$

Zaťažovacia kombinácia č.5 (S440):

$$M_{\max X} := 20.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max Y} := 5 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{\max} := 245 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Pri momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.2}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.25}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.25}{M_U} = 0.696 \quad \text{musí byť menšie ako 1 (vyhovuje)}$$

Zaťažovacia kombinácia seizmicita (oceľ S440) :

Spôľahlivosť materiálu: $\gamma_{m0} := 1.2$

$$f_y := 440 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 366.667 \text{ MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 56.524 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 2156.389 \text{ kN}$$

$$M_{\max X} := 25.7 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max Y} := 5 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{\max} := 258 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Pri momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.0}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.0}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.0}{M_U} = 0.663 \quad \text{musí byť menšie ako 1}$$

Ohyb, šmyk (pričná sila) a osová sila (STN EN 1993-1-1, 6.2.10). Za predpokladu, že pričná sila neprekročí 50% návrhovej pričnej sily plastickej odolnosti nie je potrebné zmenšiť odolnosť pre ohyb a osovú silu.

Výslednica pričnej sily zo smerov X a Y:

$$Q_V := 87 \text{ kN}$$

$$\gamma_{MO} := 1.5$$

$$V_{Ed} := Q_V$$

$$A_V := \frac{2 \cdot A_0}{\pi}$$

$$A_V = 0.003744 \text{ m}^2$$

STN EN 1993-1-1, 6.2.6

$$V_{plRd} := \frac{A_V \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{MO}}$$

$$V_{plRd} = 634.069 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{plRd}} = 0.137$$

Prierez je namáhaný len 14% šmykovou silou, ktorú je schopný preniesť.

Profil: rúra 89/16, S355 (str.27 STN EN 1993) posúdenie jadra prierezu.

$$d_{vo} := 89 \text{ mm}$$

$$t_s := 16 \text{ mm}$$

$$ss := \frac{d_{vo}}{t_s}$$

$$ss = 5.563$$

Profil bude vždy v triede 1. ss je menšie ako 50 x E2 (50x0,66=33 (S355 je 33))

Určenie momentu zotrvačnosti a prierezového modulu jadra mikropilóty 89/16 (dvn = 101mm):

$$d_{vo} := 0.089 \text{ m}$$

$$d_{vn} := 0.057 \text{ m}$$

$$I_{vo} := \frac{\pi \cdot d_{vo}^4}{64} \quad I_{vo} = 3.08 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_{vn} := \frac{\pi \cdot d_{vn}^4}{64} \quad I_{vn} = 5.182 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$I_c := I_{vo} - I_{vn} \quad I_c = 2.562 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_c := \frac{I_c}{\frac{d_{vo}}{2}} \quad W_c = 5.757 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$A_o := \frac{\pi \cdot d_{vo}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{vn}^2}{4} \quad A_o = 0.003669 \text{ m}^2$$

Max. moment, ktorý prenesie jadro mikropilóty:

$$\text{Spôľahlivosť materiálu:} \quad \gamma_{m0} := 1.15$$

$$f_y := 355 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 308.696 \text{ MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 17.77 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Max. osová sila, ktorú prenesie jadro mikropilóty (so vzperom v podloží nie je potrebné uvažovať) :

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 1132.722 \text{ kN}$$

Zaťažovacia kombinácia č. 5 (S355):

$$M_{\max X} := 1 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max Y} := 2 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{\max} := 276 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Prí momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.2}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.25}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.25}{M_U} = 0.503 \quad \text{musí byť menšie ako 1 (vyhovuje)}$$

Zaťažovacia kombinácia seizmicita (ocel' S355) :

Spoľahlivosť materiálu: $\gamma_{m0} := 1.15$

$$f_y := 355 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 308.696 \text{ MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 17.77 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 1132.722 \text{ kN}$$

$$M_{\max X} := 1.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max Y} := 2 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{\max} := 274 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Pri momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.0}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.0}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.0}{M_U} = 0.428 \quad \text{musí byť menšie ako 1}$$

Ohyb, šmyk (pričná sila) a osová sila (STN EN 1993-1-1, 6.2.10). Za predpokladu, že pričná sila neprekročí 50% návrhovej pričnej sily plastickej odolnosti nie je potrebné zmenšiť odolnosť pre ohyb a osovú silu.

Výslednica pričnej sily zo smerov X a Y:

$$Q_V := 6.3 \text{ kN} \quad \gamma_{MO} := 1.5$$

$$V_{Ed} := Q_V$$

$$A_V := \frac{2 \cdot A_o}{\pi} \quad A_V = 0.002336 \text{ m}^2 \quad \text{STN EN 1993-1-1, 6.2.6}$$

$$V_{plRd} := \frac{A_V \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{MO}} \quad V_{plRd} = 319.19 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{plRd}} = 0.02$$

Prierez je namáhaný len 3% šmykovou silou, ktorú je schopný preniesť.

Záver - krídla opory č. 2:

Doporučujeme výmenu podložia mocnosti 0,8 m na dĺžke 10 m za oporou. Mikropilóty: jadro je 89/16 (S355), Prstenec 133/16 mm (S460/440). Výpažnica - 203/8 mm. Maximálna sila je 276 kN. V podloží sa zhotoví trysková injektáž (5 m). Dĺžka MP je 11 m. Únosnosť MP je 700 kN pri deformácii 3 mm. V posudzovanom reze je 8 ks mikropilót. Vlastnosti zemín zásypu krídel aj opory: G3/G-F, $\varphi_{ef} = 33^\circ$, $c_{ef} = 0$ kPa, $E_{oed} = 121$ MPa, $E_{def} = 100$ MPa, $\gamma_z = 20$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$.

Únosnosť mikropilót na plášti je zhodná s únosnosťou mikropilót pri opore č. 2.

Posúdenie zakladania opory č. 1:

Geologická skladba v podloží a vlastnosti zemín vstupujúce do výpočtu:

Vo svahu v mieste opory (za rubom) bola zrealizovaná kopaná sonda KS-01. Výšková úroveň realizácie kopanej sondy je 573,43.

Geologický popis:

0 – 0,9 m kamenito-ílovitá suť tuhej konzistencie. Zatriedenie F2/CG

$\varphi_{ef} = 25^\circ$, $c_{ef} = 12$ kPa, $E_{oed} = 23$ MPa, $E_{def} = 14$ MPa, $\gamma_z = 19,5$ kN.m⁻³, $\nu = 0,35$, $\beta = 0,62$, P.

0,9 – 1,4 m

Zvetraný ílovec (W4 – silno zvetralý), pevnosť R5 (1,5 – 5 MPa)

$\varphi_{ef} = 24^\circ$, $c_{ef} = 22$ kPa, $E_{oed} = 108$ MPa, $E_{def} = 80$ MPa (PS), $\gamma_z = 22$ kN.m⁻³, $\nu = 0,3$, $\beta = 0,74$, P.

1,4 – 12,5 m

Ílovec (W4 – silno zvetralý, W3 – slabo zvetralý), pevnosť R5 – R4

Pieskovce (W4 – silno zvetralý, W3 – slabo zvetralý), pevnosť R4 – R3

Pevnosť vrstvy ako celku R4 (pevnosť 5 – 15 MPa)

$\varphi_{ef} = 28^\circ$, $c_{ef} = 36$ kPa, $E_{oed} = 278$ MPa, $E_{def} = 250$ MPa (PS), $\gamma_z = 22$ kN.m⁻³, $\nu = 0,2$, $\beta = 0,9$, P.

12,5 – 15,0 m

Íľovce (W3 – slabo zvetralý, W2 – navetralý), Pevnosť R4 (5 – 15) – R3 (15 – 50 MPa)

$\varphi_{ef} = 29^\circ$, $c_{ef} = 46$ kPa, $E_{oed} = 333$ MPa, $E_{def} = 300$ MPa (PS), $\gamma_z = 23$ kN.m⁻³, $\nu = 0,2$, $\beta = 0,9$, P.

Zásyp G3/G-F

$\varphi_{ef} = 33^\circ$, $c_{ef} = 0$ kPa, $E_{oed} = 121$ MPa, $E_{def} = 100$ MPa, $\gamma_z = 20$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

Pod oporou sa nachádza potenciálne zosuvné územie (povrchová nestabilita). A to len za podmienky extrémne vysokej HPV (výpočtovo modelovaná pri reziduálnych parametroch – dnes územie nemá reziduálne parametre zemín) v masíve. Vybudovaním opory a odvodnením rubu opory, do masívu pod oporou už nebude vtekať podzemná voda a povrchová nestabilita územia pod oporu nevznikne (opora bude sústavne odvádzať vsiaknuté (podzemné) vody).

Seizmické zaťaženie

Vplyv seizmicity (STN EN 1998-1): Kategória podložia A.

- referenčné špičkové seizmické zrýchlenie podložia (Liptovský Mikuláš): $a_{gR} = 0,63$ m.s⁻²
- návrhové seiz. zrýchlenie podložia ($\gamma_I = 1,0$): $a_g = \gamma_I \times a_{gR} = 1,0 \times 0,63$ m.s⁻² = 0,63 m.s⁻²
- pomer medzi zrýchlením a gravitačným zrýchlením: $\alpha = a_g / g = 0,063$
- parameter podložia: $S = 1,0$
- prítomnosť kyprých pieskov a štrkov na povrchu: Nie - 1,0 (podľa STN EN 1998-5, príloha A, bod c))
- faktor vodorovnej akcelerácie: $K_h = \alpha \cdot S/r$ ($r = 1$) = 0,063 (podľa STN EN 1998-5, 7.3.2.2 – ŽB konštrukcie)
- faktor zvislej akcelerácie: $K_v = 0,5 \cdot k_h = 0,032$

Mikropilóty: jadro je 89/16 (D vonkajšie 89 / d vnútorné 57 mm), Prstenec 133/16 mm.

Výpažnica: 203/8

Oceľ S355, S460.

Zaťaženie:

1. Reakcie Opora 1

Lineárny výpočet, Extrém : Uzol

Výber : Opora1

Skupiny výsledkov : MSU

Podpera	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Opora1/N1 305	ULS13- gr21LM71b-te/13	0,00	-2,00	8223,31	-51,72	0,00	0,00
Opora1/N1 305	ULS13- gr21LM71b-te/14	0,00	-2,51	7300,04	-49,41	0,00	0,00
Opora1/N1 305	ULS55- gr26SW2c-tr/15	0,00	-350,29	8485,90	2339,74	0,00	0,00
Opora1/N1 305	ULS4- gr22LM71c-wi/16	0,00	1297,11	7454,82	-5312,05	0,00	0,00
Opora1/N1	ULS26-	0,00	10,41	2207,72	-266,62	0,00	0,00

Podpera	Stav	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
305	gr21LM71b-tn/17						
Opora1/N1 305	ULS49- gr21LM71b-tr/18	0,00	601,94	15997,91	-803,24	0,00	0,00
Opora1/N1 305	ULS51- gr22LM71c-tr/19	0,00	1149,19	10410,61	-12072,26	0,00	0,00
Opora1/N1 305	ULS52- gr22LM71c-tr/20	0,00	-329,69	8081,25	9645,62	0,00	0,00
Opora1/N1 305	ULS25- gr21LM71b-tn/21	0,00	340,60	7494,97	-2228,57	0,00	0,00
Opora1/N1 305	G0G1 MSU/22	0,00	-2,25	7893,89	-50,62	0,00	0,00

Šírka opory je 10,9 m

Pozdĺžny smer (os X); Kombinácia tr/18:

R_x (trenie v ložiskách) = 15998 kN x 0,035 (3,5%) = 560 kN na bm = 51,4 kN/m; R_z = 15998 kN = 1468 kN/m; M_x = 12072 kNm, Pomerná časť podľa fázy tr/19 (12072/10410 = 1,16), M_xpomer = 18557 kNm; Rozdelený na 2 sily (+-) na ramene 2,7 m. Jedna polovica opory je na 48 mikropilótach. Rozklad na jednu ťahovú a tlakovú silu 3437 kN – sila pôsobí na 48 mikropilót. Sila do jednej MP je 72 kN (+-).

Výpočet: „Rez_pozd_O1V3_tiaz_lozisko“

0) IP – počiatočná fáza určenie východzieho geostatického napätia

1) R.D. – vynulovanie deformácií.

2) Stabilita F_s = 1,85

3) Zhotovenie: zakladanie, opora, zásyp.

4) Zaťaženie kombinácia tr/18, Horizontálna, zvislá sila. Prit'azenie od prevádzky.

133/16: N = 534 (27) kN/m, Q = 10 kN/m, M = 1,5 kNm/m

N = 481 (24) kN, Q = 9 kN, M = 1,4 kNm/m

89/16: N = 460 kN/m, Q = 6 kN/m, M = 1 kNm/m

N = 414 kN, Q = 6 kN, M = 0,9 kNm/m

5) Stabilita F_s = 1,67

6) Z fázy č.4. Seizmicita

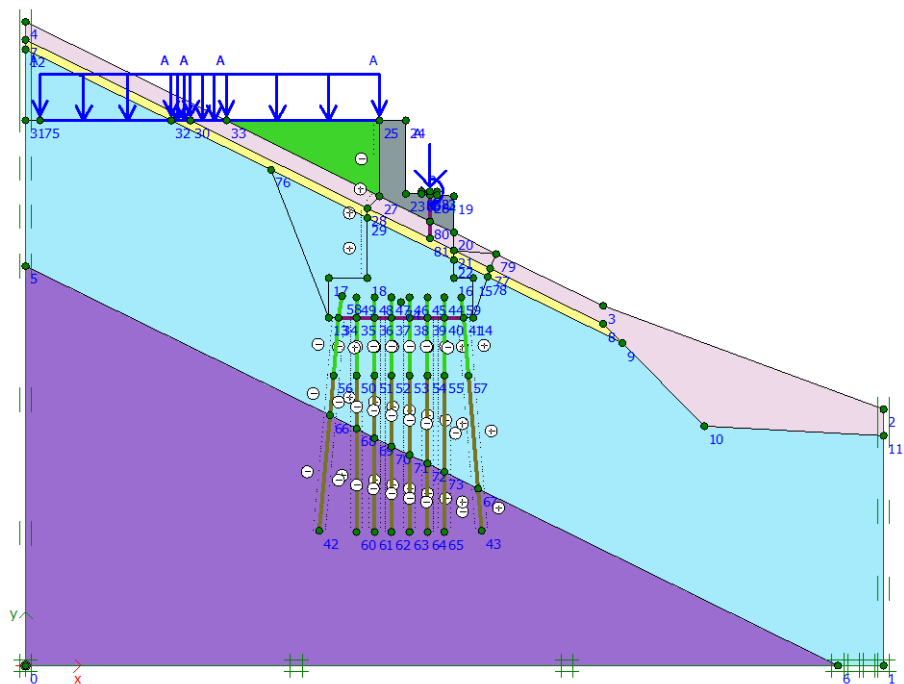
133/16: N = 571 (10) kN/m, Q = 18 kN/m, M = 3,6 kNm/m

N = 514 (9) kN, Q = 16 kN, M = 3,3 kNm/m

89/16: N = 518 kN/m, Q = 7 kN/m, M = 1 kNm/m

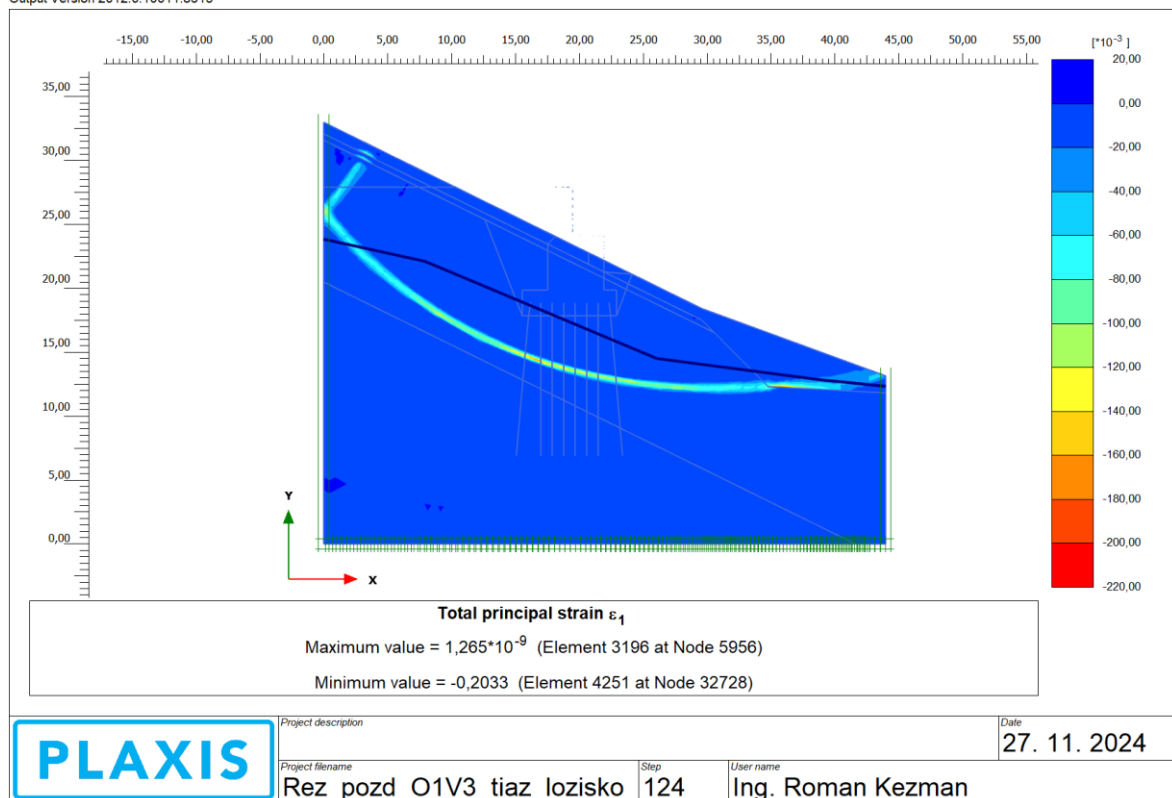
N = 466 kN, Q = 7 kN, M = 0,9 kNm/m

Model:

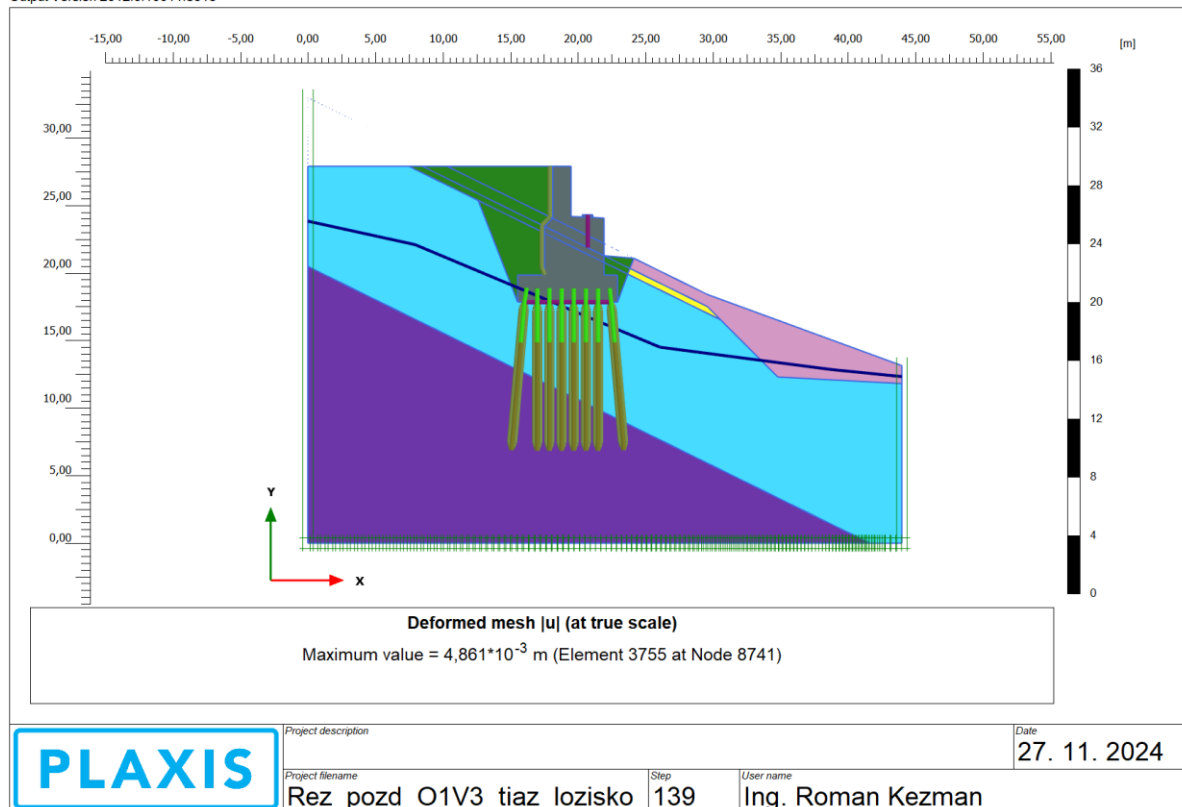


2) Stabilita $F_s = 1,85$

Output Version 2012.0.10011.8315



3) Zhotovenie: zakladanie, opora, zásyp.



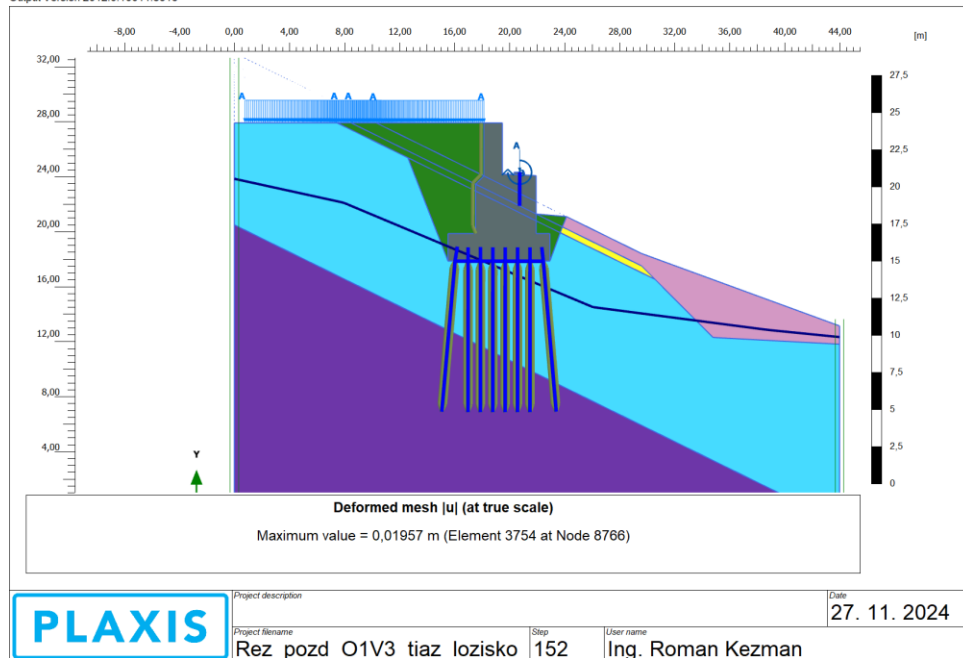
4) Zaťaženie kombinácia tr/18, Horizontálna, zvislá sila. Prit'azhenie od prevádzky.

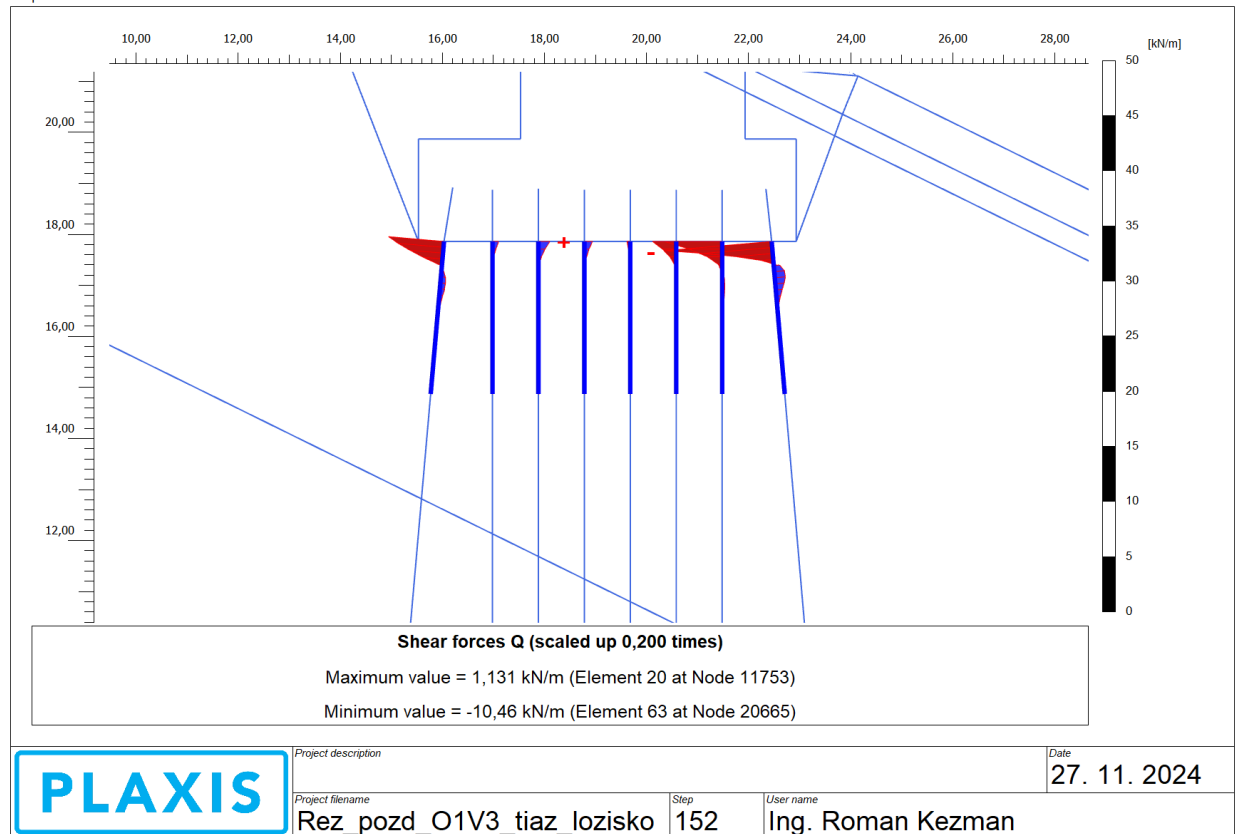
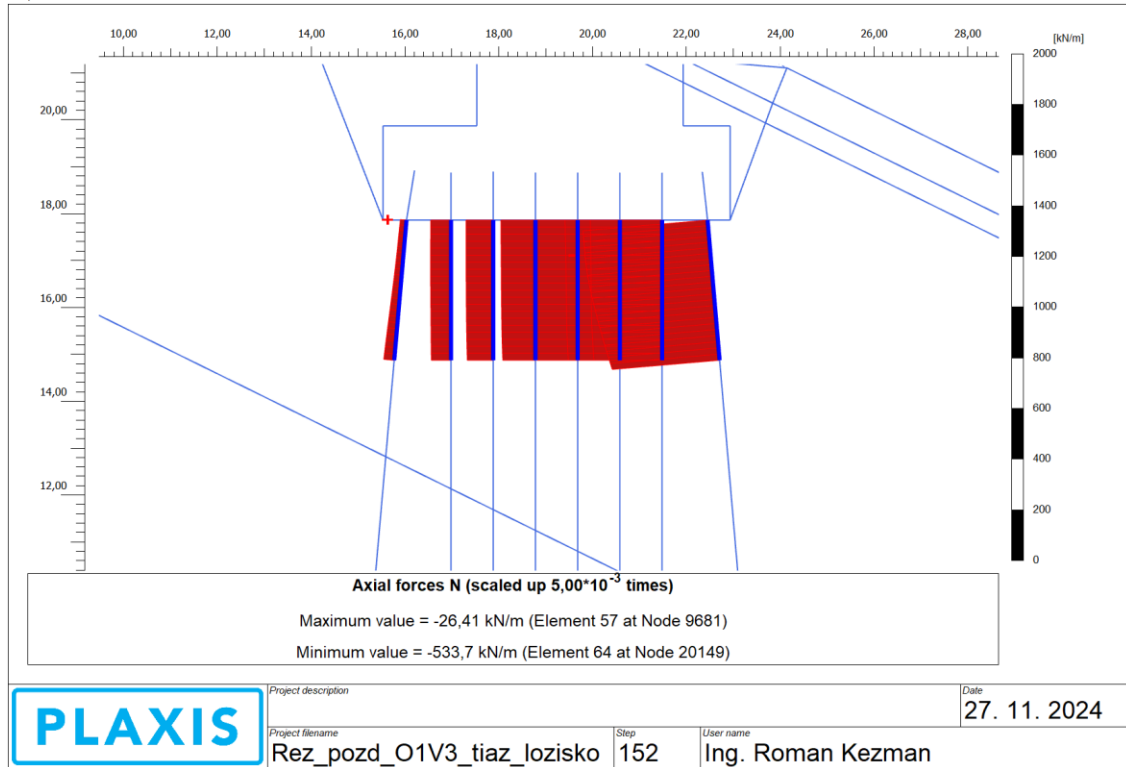
133/16: $N = 534$ (27) kN/m, $Q = 10$ kN/m, $M = 1,5$ kNm/m

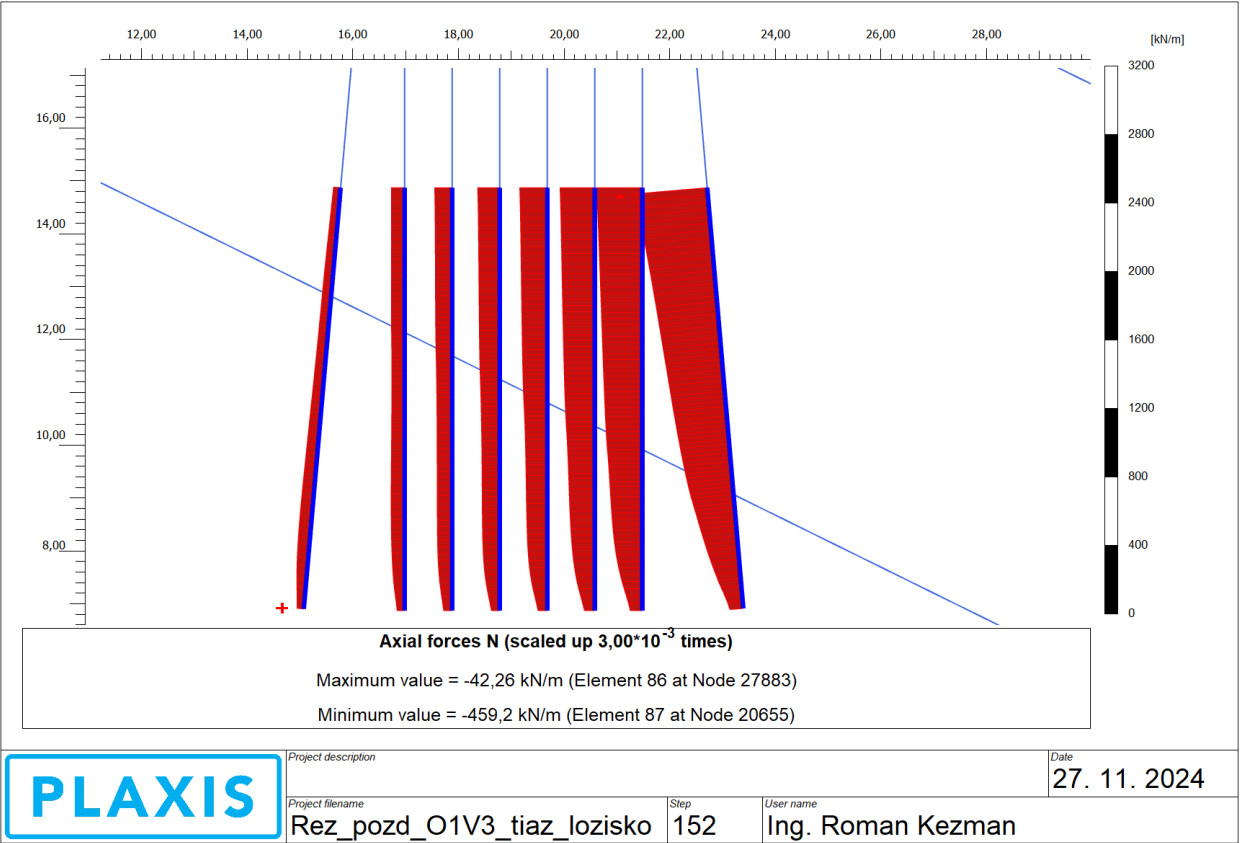
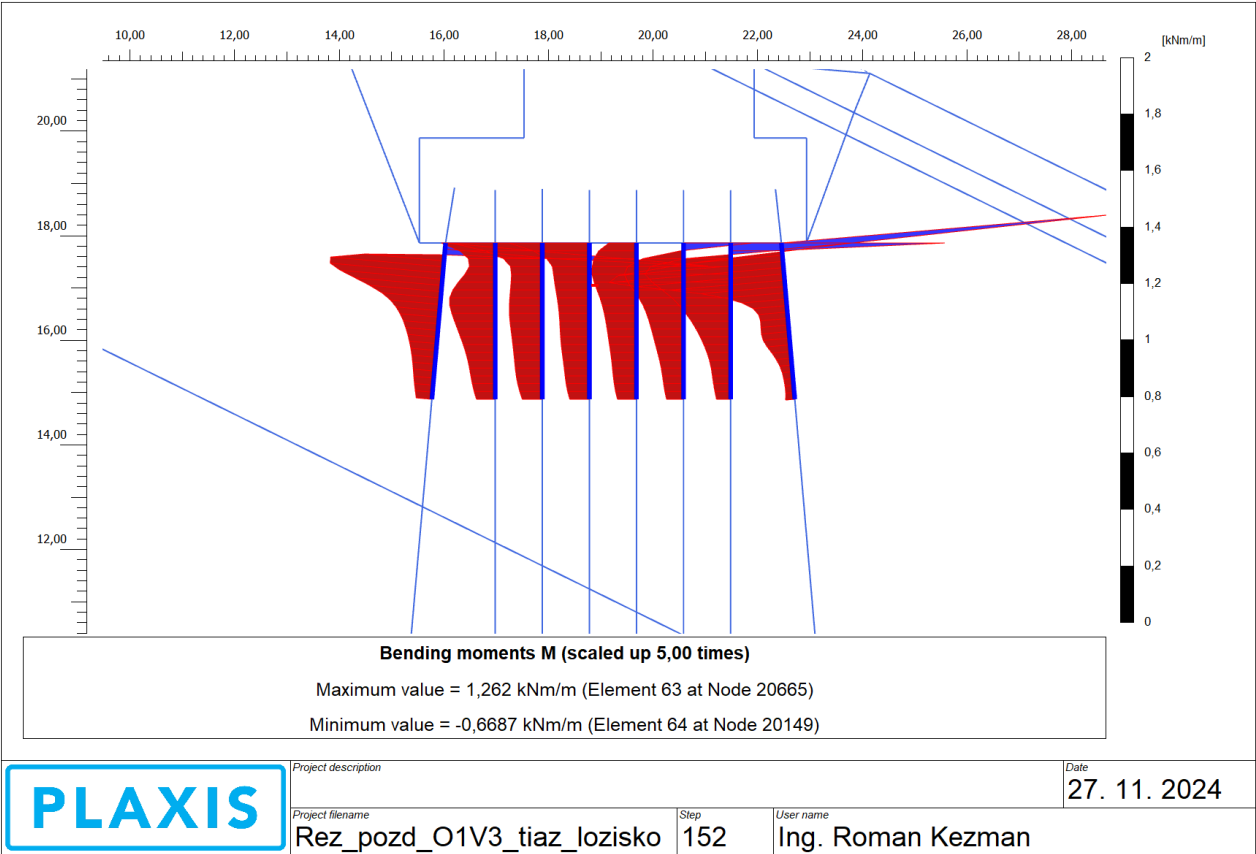
$N = 481$ (24) kN, $Q = 9$ kN, $M = 1,4$ kNm/m

89/16: $N = 460$ kN/m, $Q = 6$ kN/m, $M = 1$ kNm/m

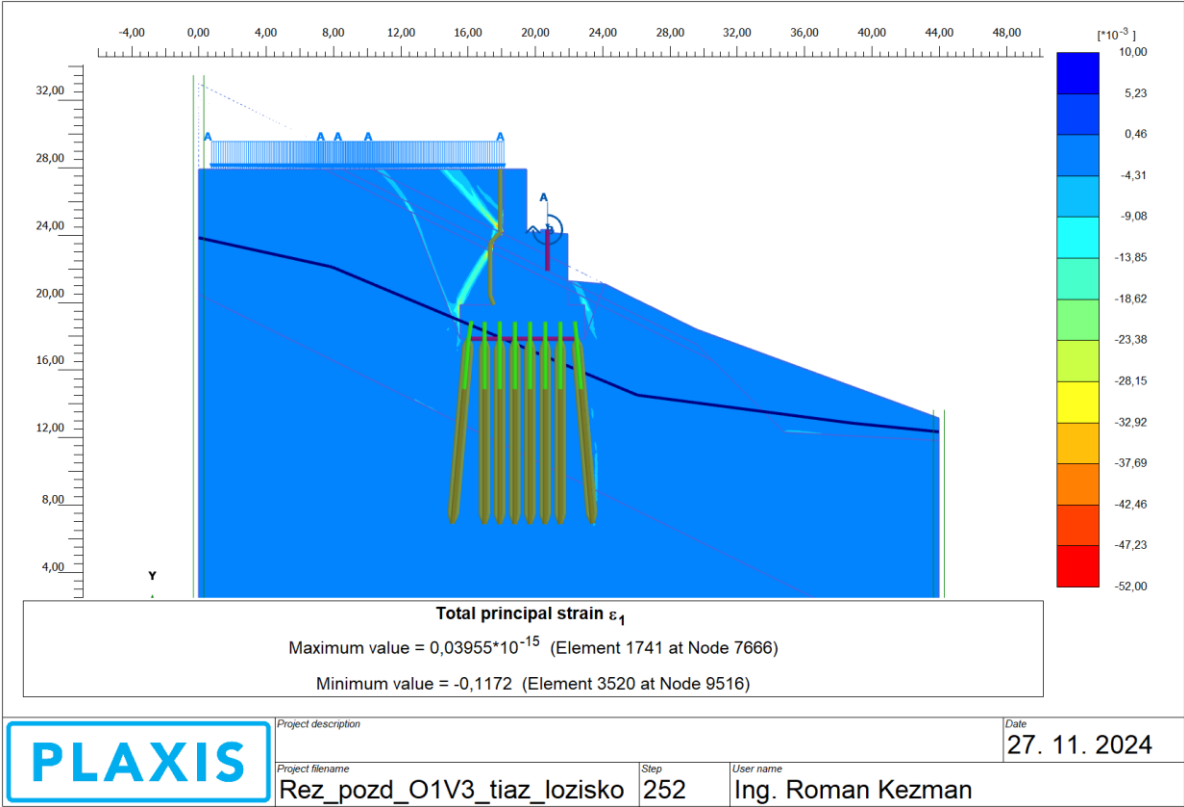
$N = 414$ kN, $Q = 6$ kN, $M = 0,9$ kNm/m







5) Stabilita $F_s = 1,67$



Návrh jadra mikropilót - Opora 1

Profil: rúra 133/16, S460 (450, str.27 STN EN 1993) posúdenie jadra prierezu.

$$d_{vo} := 133\text{mm} \quad t_s := 16\text{mm}$$

$$ss := \frac{d_{vo}}{t_s} \quad ss = 8.313$$

Profil bude vždy v triede 1. ss je menšie ako 50 x E2 (50x0,51=25,5 (S460 je 25,5))

Určenie momentu zotrvačnosti a prierezového modulu jadra mikropilóty 133/16 (dvn = 101mm):

$$d_{vo} := 0.133\text{m}$$

$$d_{vn} := 0.101\text{m}$$

$$I_{vo} := \frac{\pi \cdot d_{vo}^4}{64} \quad I_{vo} = 1.536 \times 10^{-5} \text{m}^4$$

$$I_{vn} := \frac{\pi \cdot d_{vn}^4}{64} \quad I_{vn} = 5.108 \times 10^{-6} \text{m}^4$$

$$I_c := I_{vo} - I_{vn} \quad I_c = 1.025 \times 10^{-5} \text{m}^4$$

$$W_c := \frac{I_c}{\frac{d_{vo}}{2}} \quad W_c = 1.542 \times 10^{-4} \text{m}^3$$

$$A_o := \frac{\pi \cdot d_{vo}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{vn}^2}{4} \quad A_o = 0.005881 \text{m}^2$$

Max. moment, ktorý prenesie jadro mikropilóty:

$$\text{Spôľahlivosť materiálu:} \quad \gamma_{m0} := 1.2$$

$$f_y := 440\text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 366.667\text{MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 56.524 \text{kN}\cdot\text{m}$$

Max. osová sila, ktorú prenesie jadro mikropilóty (so vzperom v podloží nie je potrebné uvažovať) :

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 2156.389 \text{kN}$$

Zaťažovacia kombinácia NC1 (S440):

$$M_{\max X} := 1.4 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max Y} := 1 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{\max} := 553 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Pri momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.2}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.25}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.25}{M_U} = 0.361 \quad \text{musí byť menšie ako 1 (vyhovuje)}$$

Zaťažovacia kombinácia seizmicita (oceľ S440) :

Spôľahlivosť materiálu: $\gamma_{m0} := 1.2$

$$f_y := 440 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 366.667 \text{ MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 56.524 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 2156.389 \text{ kN}$$

$$M_{\max X} := 3.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max Y} := 1 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{\max} := 564 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Pri momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.0}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.0}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.0}{M_U} = 0.338 \quad \text{musí byť menšie ako 1}$$

Ohyb, šmyk (priečna sila) a osová sila (STN EN 1993-1-1, 6.2.10). Za predpokladu, že priečna sila neprekročí 50% návrhovej priečnej sily plastickej odolnosti nie je potrebné zmenšiť odolnosť pre ohyb a osovú silu.

Výslednica priečnej sily zo smerov X a Y:

$$Q_V := 16 \text{ kN}$$

$$\gamma_{MO} := 1.5$$

$$V_{Ed} := Q_V$$

$$A_V := \frac{2 \cdot A_o}{\pi}$$

$$A_V = 0.003744 \text{ m}^2$$

STN EN 1993-1-1, 6.2.6

$$V_{plRd} := \frac{A_V \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{MO}}$$

$$V_{plRd} = 634.069 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{plRd}} = 0.025$$

Prierez je namáhaný len 3% šmykovou silou, ktorú je schopný preniesť.

Posouzení piloty

Vstupní data

Projekt

Akce : Opora 1

Datu : 25. 11.

m 2024

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1
(EC2)

Součinitele EN 1992-1-1 : standardní

Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1
(EC3)

Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu : $g_{M0} = 1,00$

Dřevěné konstrukce : EN 1995-1-1
(EC5)

Dílčí součinitel vlastností dřeva : $g_M = 1,30$

Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti (dřevo) : $k_{mod} = 0,50$

Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo) $k_{cr} = 0,67$

:

Piloty

Výpočet pro odvodněné podmínky :

Zatěžovací křivka :

Vodorovná únosnost :

Metodika posouzení :

Návrhový přístup :

ČSN 73 1002

nelineární (Masopust)

pružný poloprostor


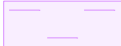
výpočet podle EN 1997

2 - redukce zatížení a odporu

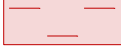

Součinitele redukce zatížení (F)					
Trvalá návrhová situace					
		Nepříznivé		Příznivé	
Stálé zatížení :	gG =	1,35	[-]	1,00	[-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	gs =	1,10	[-]
Součinitel redukce odporu na patě :	gb =	1,10	[-]
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty :	gst =	1,15	[-]


Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	jef [°]	cef [kPa]	g [kN/m3]	n [-]
1	2_R4		28,00	36,00	22,00	0,25
2	3_RR3/R4		29,00	48,00	23,00	0,20

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Číslo	Název	Vzorek	Eoed [MPa]	Edef [MPa]	gsat [kN/m3]	gs [kN/m3]	n [-]
1	2_R4		217,00	-	22,10	-	-
2	3_RR3/R4		289,00	-	23,10	-	-

Parametry zemín pro výpočet modulu reakce podloží

Číslo	Název	Vzorek	Typ zeminy	nh [MN/m3]
1	2_R4		soudržná	-

Číslo	Název	Vzorek	Typ zeminy	nh [MN/m3]
2	3_RR3/R4		soudržná	-

Parametry zemin

2_R4

Objemová tíha : $g = 22,00 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $jef = 28,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $cef = 36,00 \text{ kPa}$
Poissonovo číslo : $n = 0,25$
Edometrický modul : $Eoe = 217,0 \text{ MPa}$
 $d = 0$
Obj.tíha sat.zeminy : $gsat = 22,10 \text{ kN/m}^3$
Typ zeminy : soudržná

3_RR3/R4

Objemová tíha : $g = 23,00 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $jef = 29,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $cef = 48,00 \text{ kPa}$
Poissonovo číslo : $n = 0,20$
Edometrický modul : $Eoe = 289,0 \text{ MPa}$
 $d = 0$
Obj.tíha sat.zeminy : $gsat = 23,10 \text{ kN/m}^3$
Typ zeminy : soudržná

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr $d = 0,20 \text{ m}$
 r
Délka $l = 11,0 \text{ m}$
 0

Spočtené průřezové charakteristiky

Plocha $A = 3,14E-02 \text{ m}^2$
Moment setrvačnosti $I = 7,85E-05 \text{ m}^4$

Umístění

Vysazení $h = -3,60 \text{ m}$

Hloubka upraveného terénu $h_z = 0,00 \text{ m}$

Typ technologie: Beraněné piloty
Modul reakce podloží uvažován podle ČSN 731004.

Materiál konstrukce

Objemová tíha $g = 27,00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton : C 25/30

Válcová pevnost v tlaku	$f_{ck} = 25,00$	MPa
Pevnost v tahu	$f_{ctm} = 2,60$	MPa
Modul pružnosti	$E_c = 31000,0$	MPa
Modul pružnosti ve smyku	$G = 12917,0$	MPa



Ocel podélná : B500

Mez kluzu	$f_{yk} = 500,0$	MPa
-----------	------------------	-----

Ocel příčná: B500

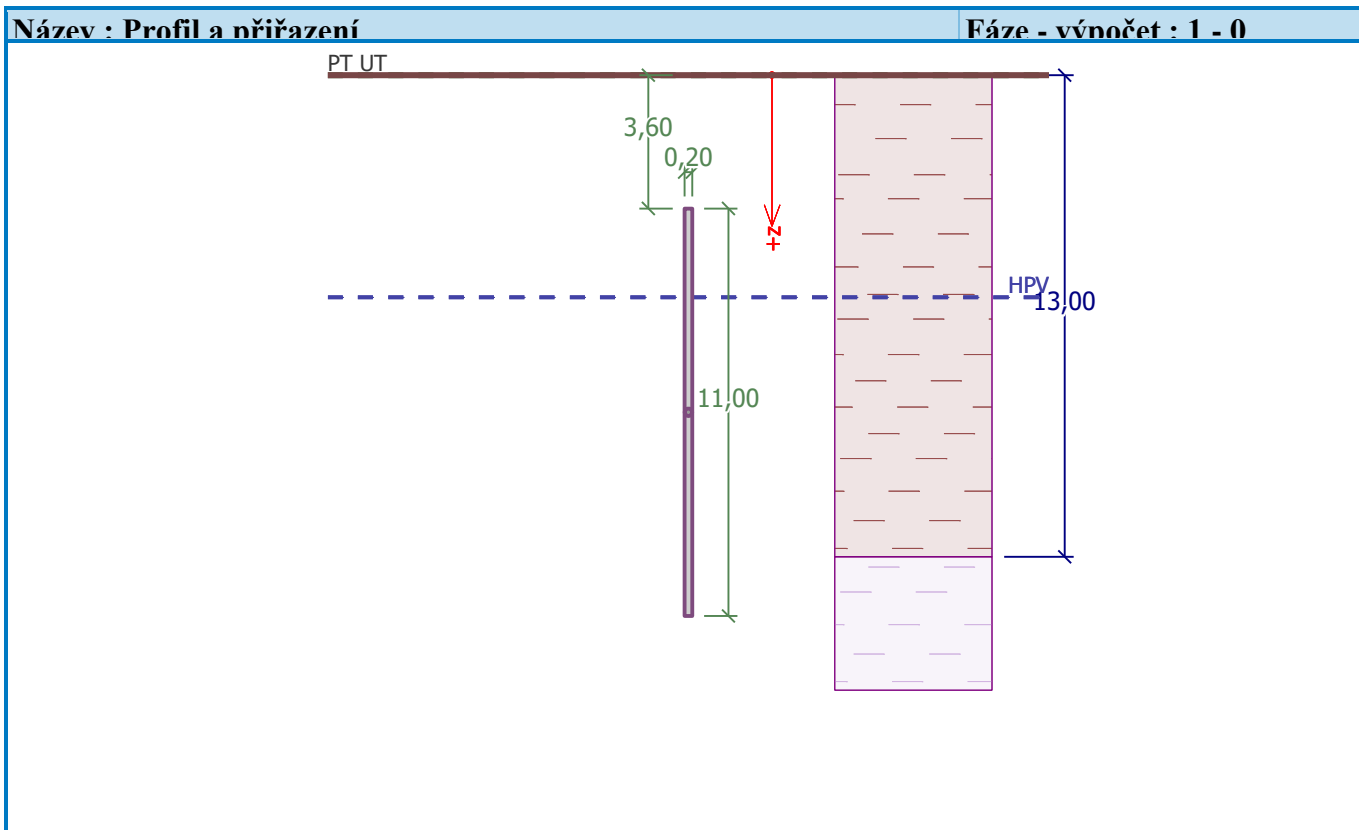
Mez kluzu	$f_{yk} = 500,0$	MPa
-----------	------------------	-----

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	13,00	2_R4	
2	-	3_RR3/R4	

Název : Profil a přiřazení

Fáze - výpočet : 1 - 0



Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Hx [kN]	Hy [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	700,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Ano		Zatížení č. 2	Užitné	600,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 6,00 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení

Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Metodika posouzení : bez redukce vstupních dat

Posouzení čís. 1

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva a číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	Es [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
----------------------	----------------	--------------	----------------	-------------	-----------------	-----------------

Vrstva a číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	Es [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0,00	13,00	13,00	55,00	150,00	110,00
2	13,00	14,60	1,60	92,00	190,00	190,00

Uvažovat zatížení : návrhové

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1,00$

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 15,0$ mm

Regresní součinitel $e = 1900,00$

Regresní součinitel $f = 1180,00$

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Mezní síla na plášti piloty	$R_s = 1057,0$ kN
	$y = 7$
Velikost napětí na patě při R_{sy}	$q_0 = 1883,8$ kPa
	4
Průměrné plášťové tření	$q_s = 152,94$ kPa
Průměrný sečnový modul deformace	$E_s = 60,38$ MPa
Součinitel přenosu zatížení do paty	$b = 0,04$

Příčinkové součinitele sedání :

Základní - závislý na poměru l/d $I_0 = 0,04$

Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,69$

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Body zatěžovací křivky

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0,0	0,00
1,5	543,56
3,0	768,72
4,5	941,48
6,0	1087,13
7,5	1111,35
9,0	1122,20
10,5	1133,06
12,0	1143,91
13,5	1154,77
15,0	1165,62

Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

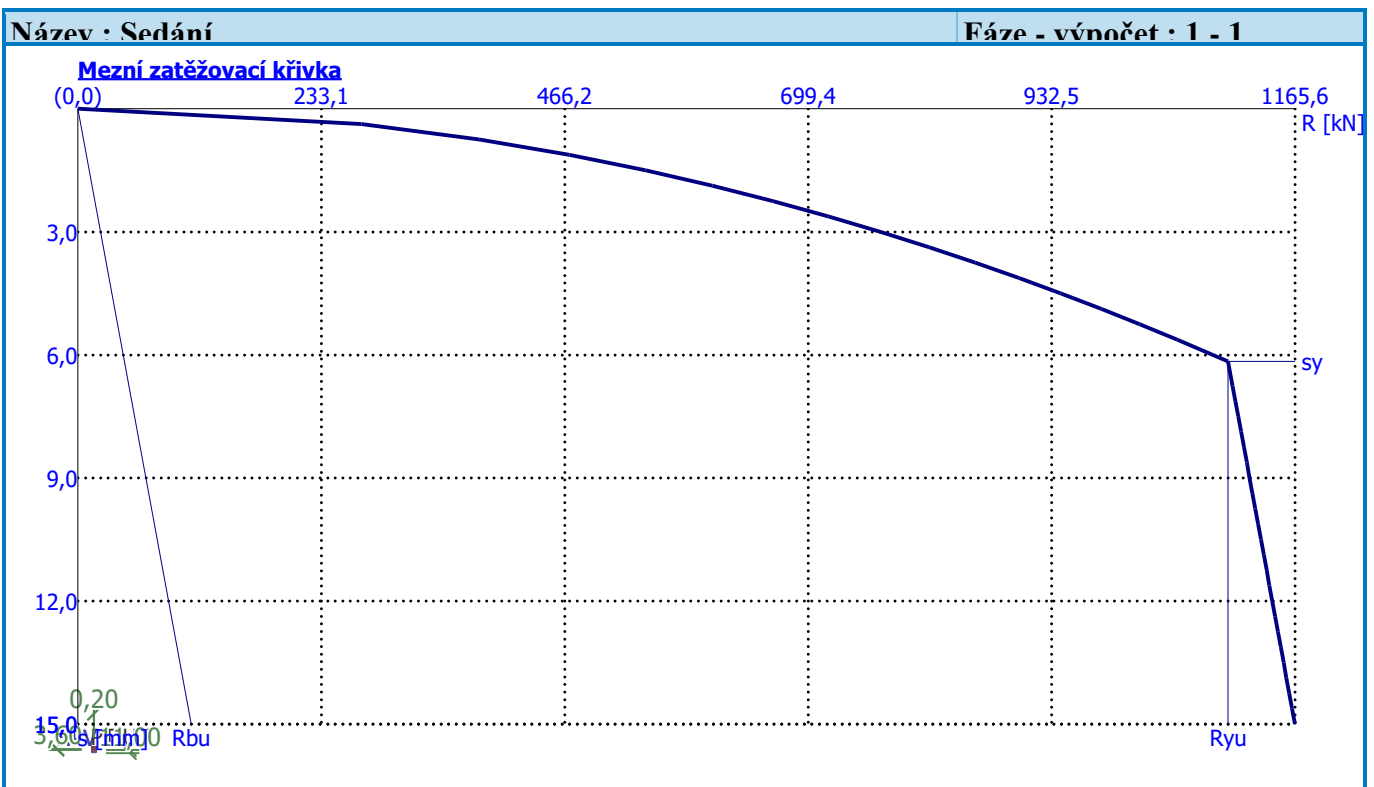
$$\text{sy} = 6,2 \quad \text{m}$$

mm :

u

2

Pro zatížení $Q = 700,00 \text{ kN}$ je sednutí piloty $2,5 \text{ mm}$



Záver - opory č. 1:

Mikropilóty: jadro je 89/16 (S355), Prstenec 133/16 mm (S460/440). Výpažnica - 203/8 mm. Maximálna sila je 553 (seizmicita 564) kN. Ťahové sily sú v rozmedzí 48 – 100 kN. Bez tryskovej injektáže. Dĺžka MP je 11 m. Únosnosť MP je 700 kN pri deformácii 2 mm. V posudzovanom reze je 8 ks mikropilót. Vlastnosti zemín zásypu opory: $G_3/G-F$, $\varphi_{ef} = 33^\circ$, $c_{ef} = 0$ kPa, $E_{oed} = 121$ MPa, $E_{def} = 100$ MPa, $\gamma_z = 20$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$.

Pod oporou sa nachádza potenciálne zosuvné územie (povrchová nestabilita). A to len za podmienky extrémne vysokej HPV (výpočtovo modelovaná pri reziduálnych parametroch – dnes územie nemá reziduálne parametre zemín) v masíve. Vybudovaním opory a odvodnením rubu

opory, do masívu pod oporou už nebude vtekať podzemná voda a povrchová nestabilita územia pod oporu nevznikne (opora bude sústavne odvádzať vsiaknuté (podzemné) vody).
Z dôvodu možných blokových porúch (ktoré neboli skúmané v rámci IGP) je opora založené na hĺbkových základoch.

Posúdenie zakladania pilieru č. 2:

Geologická skladba v podloží a vlastnosti zemín vstupujúce do výpočtu:

0 – 5,8 m G3 – naplaveniny

$\varphi_{ef} = 29^\circ$, $c_{ef} = 0$ kPa, $E_{oed} = 100$ MPa, $E_{def} = 83$ MPa, $\gamma_z = 19$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

5,8 – 12,8 m R6, íl tuhej konzistencie

$\varphi_{ef} = 19^\circ$, $c_{ef} = 14$ kPa, $E_{oed} = 68$ MPa, $E_{def} = 50$ MPa, $\gamma_z = 21$ kN.m⁻³, $\nu = 0,3$, $\beta = 0,74$, PR.

12,8 – X m R3/R4 (5 – 50 MPa)

$\varphi_{ef} = 29^\circ$, $c_{ef} = 46$ kPa, $E_{oed} = 333$ MPa, $E_{def} = 300$ MPa, $\gamma_z = 23$ kN.m⁻³, $\nu = 0,2$, $\beta = 0,9$, PR.

Trysková injektáž:

$\varphi_{ef} = 21^\circ$, $c_{ef} = 40$ kPa, $E_{oed} = 203$ MPa, $\gamma_z = 22$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

Mikropilóty: jadro je 89/16 (D vonkajšie 89 / d vnútorné 57 mm), Prstenec 133/16 mm.

Výpažnica: 203/8

Oceľ S355, S460.

Sily pôsobia vo vrchole základu. Vstupné sily sú aj s tiažou základu a piliera č. 2. Tiaž do výpočtu 0 kN.

Šírka základu je 7 m (dĺžka 12,4 m)

2. Reakcie Podepra č. 2

Lineárny výpočet, Extrém : Uzol

Výber : Sn10

Skupiny výsledkov : MSU

Podpera	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn10/N12 67	ULS1- gr21LM71b-wi/23	-540,91	-3,56	43784,4 1	-2207,37	- 4462,86	0,00
Sn10/N12 67	ULS13- gr21LM71b-te/24	0,00	1,52	41553,9 0	-2311,49	0,00	0,00
Sn10/N12 67	ULS51- gr22LM71c-tr/25	0,00	-392,80	56210,6 8	-4878,41	-818,35	0,00
Sn10/N12 67	ULS4- gr22LM71c-wi/26	0,00	2802,62	34331,5 8	- 42364,48	-654,52	0,00
Sn10/N12 67	G0G1 MSU doska/27	0,00	-0,97	11186,0 9	-159,10	0,00	0,00
Sn10/N12	ULS49-	0,00	1867,78	66598,0	-	-	0,00

Podpera	Stav	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
67	gr21LM71b-tr/28			4	33119,68	2902,13	
Sn10/N12 67	ULS3- gr22LM71c-wi/29	0,00	2736,72	49694,7 6	- 68226,26	1160,55	0,00
Sn10/N12 67	ULS52- gr22LM71c-tr/30	0,00	-308,01	39917,8 1	27254,71	1451,07	0,00
Sn10/N12 67	ULS1- gr21LM71b-wi/31	-540,91	-7,08	53611,0 5	-780,74	- 8786,31	0,00
Sn10/N12 67	ULS49- gr21LM71b-tr/32	0,00	1,06	53046,2 0	-961,40	5405,70	0,00
Sn10/N12 67	ULS1- gr21LM71b-wi/33	0,00	-0,14	41676,4 0	-2277,44	0,00	0,00
Sn10/N12 67	G0G1 MSU/22	0,00	-1,94	47709,0 1	-2968,68	0,00	0,00

Zaťaženie v priečnom smere tvorí rozhodujúce zaťaženie. Pozdĺžny smer tvorí maximálne 13% priečného zaťaženia (vo forme momentu).

Kombinácia ULS49-gr21LM71b-tr/28:

R_y = 1868 kN = 267 kN/m; R_z = 66598 kN (33299 kN) = 9514 (4757) kN/m; M_x = 33120 kNm = 4732 kNm/m (20MN = 2857 kN);

Kombinácia ULS3-gr22LM71c-wi/29

R_y = 2737 kN = 391 kN/m; R_z = 49695 kN (24848 kN) = 7100 (3550) kN/m; M_x = 68227 kNm = 9748 kNm/m;

Výpočet: „Pilier2_priečne_Y_V1“

0) IP – počiatková fáza určenie východzieho geostatického napätia

1) R.D. – vynulovanie deformácií.

2) Zhotovenie: trysková injektáž, zakladania, pilier.

3) Zaťaženie kombinácia ULS49-gr21LM71b-tr/28, Horizontálna, zvislá sila, moment.

MSU: ΔY_L (ľavá strana) = 12 mm, ΔY_P (pravá strana) = 8 mm, Nerovnomerne = 4 mm

II. MS: Predelené 1,3. ΔY_L (ľavá strana) = 9 mm, ΔY_P (pravá strana) = 6,2 mm, Nerovnomerne = 2,8 mm

133/16: N = 943 kN/m, Q = 15 kN/m, M = 3 kNm/m

N = 849 (F6 PLX. real. 792) kN, Q = 13,5 kN, M = 2,8 kNm/m

89/16: N = 878 kN/m, Q = 16 kN/m, M = 2,5 kNm/m

N = 790 kN, Q = 14,4 kN, M = 2,3 kNm/m

4) Zaťaženie kombinácia ULS3-gr22LM71c-wi/29, Horizontálna, zvislá sila, moment

MSU: ΔY_L (ľavá strana) = 11 mm, ΔY_P (pravá strana) = 3,5 mm, Nerovnomerne = 7,5 mm

II. MS: Predelené 1,3. ΔY_L (ľavá strana) = 8,5 mm, ΔY_P (pravá strana) = 2,7 mm, Nerovnomerne = 5,8 mm

133/16: N = 881 kN/m, Q = 16 kN/m, M = 2,3 kNm/m

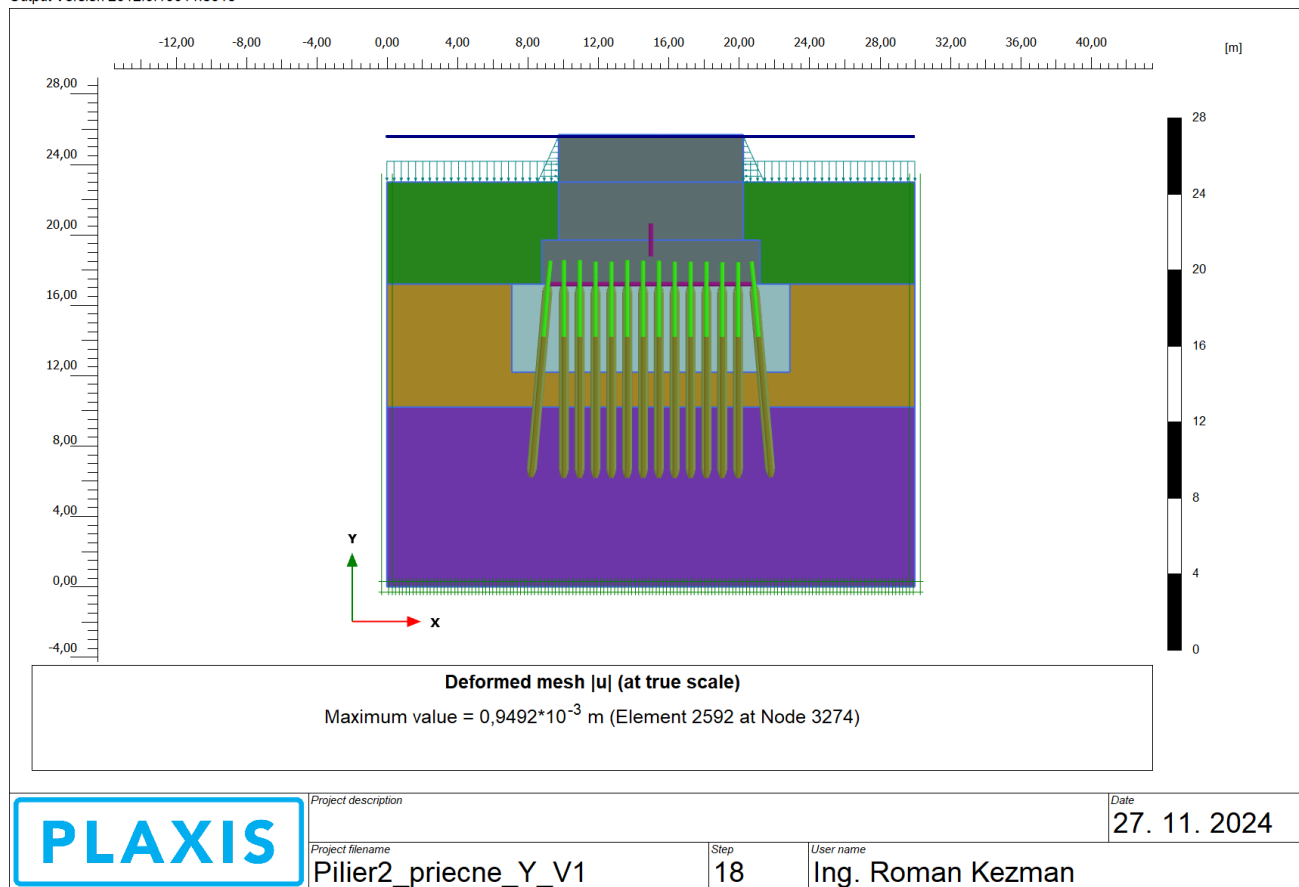
N = 793 kN, Q = 14,4 kN, M = 2,1 kNm/m

89/16: N = 811 kN/m, Q = 14 kN/m, M = 1,8 kNm/m

N = 730 kN, Q = 12,6 kN, M = 1,6 kNm/m

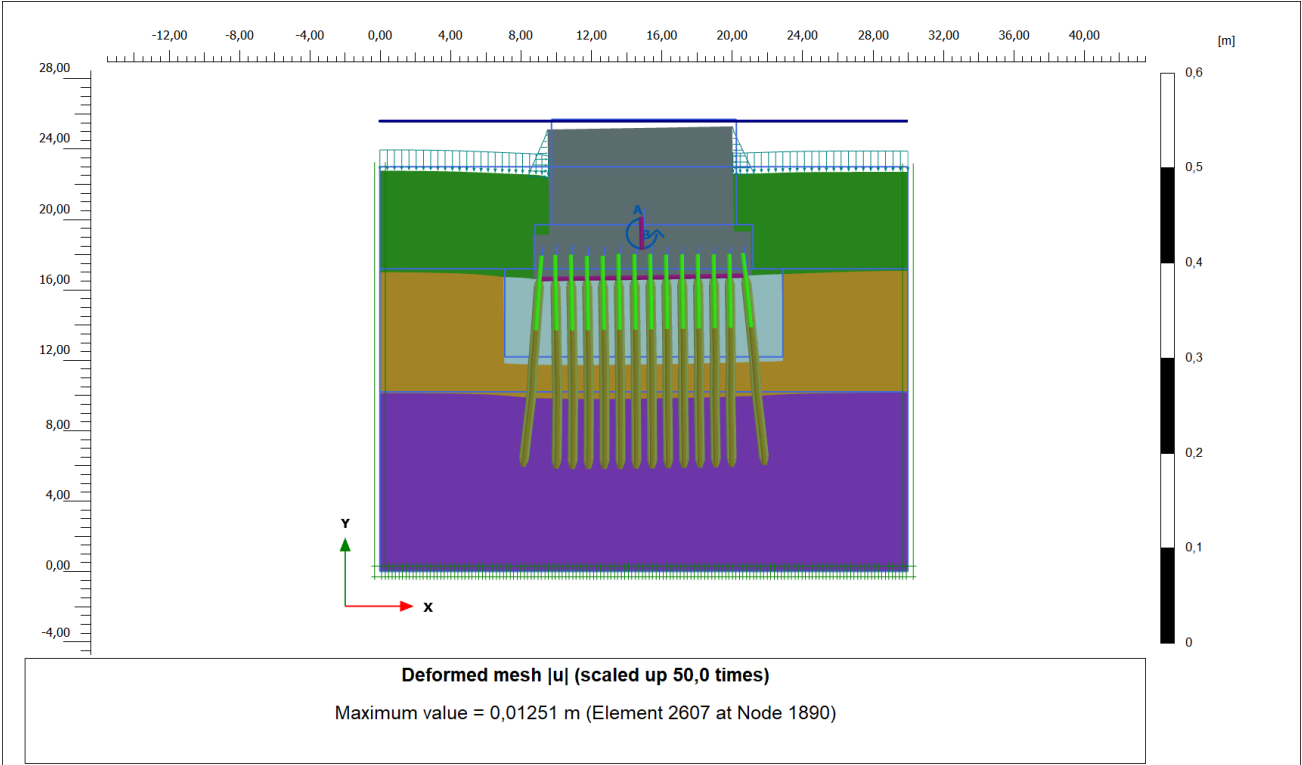
- 5) Stabilita $F_s = 3,08$ (minimálne STN EN 1,25)
 2) Zhotovenie: trysková injektáž, zakladania, pilier.

Output Version 2012.0.10011.8315

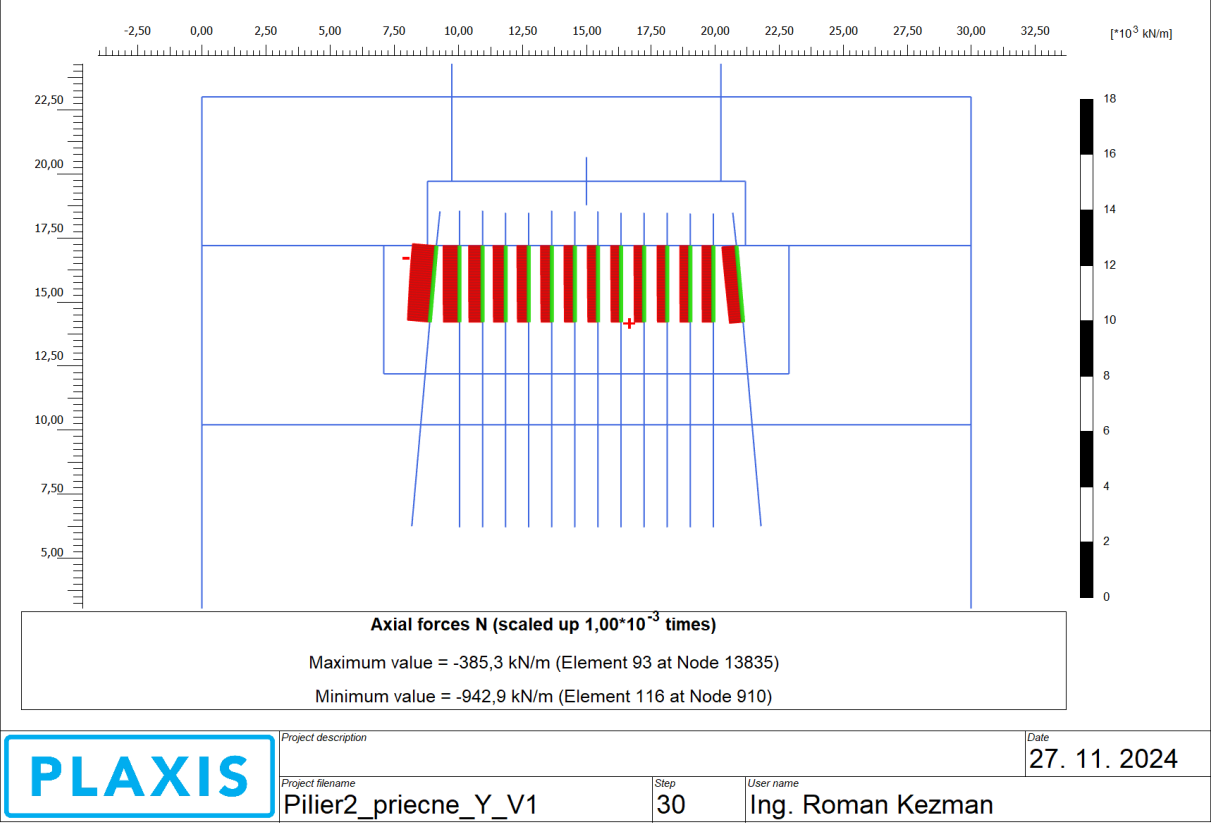


- 3) Zaťaženie kombinácia ULS49-gr21LM71b-tr/28, Horizontálna, zvislá sila, moment.
 MSU: ΔY_L (ľavá strana) = 12 mm, ΔY_P (pravá strana) = 8 mm, Nerovnomerne = 4 mm
 II. MS: Predelené 1,3. ΔY_L (ľavá strana) = 9 mm, ΔY_P (pravá strana) = 6,2 mm, Nerovnomerne = 2,8 mm

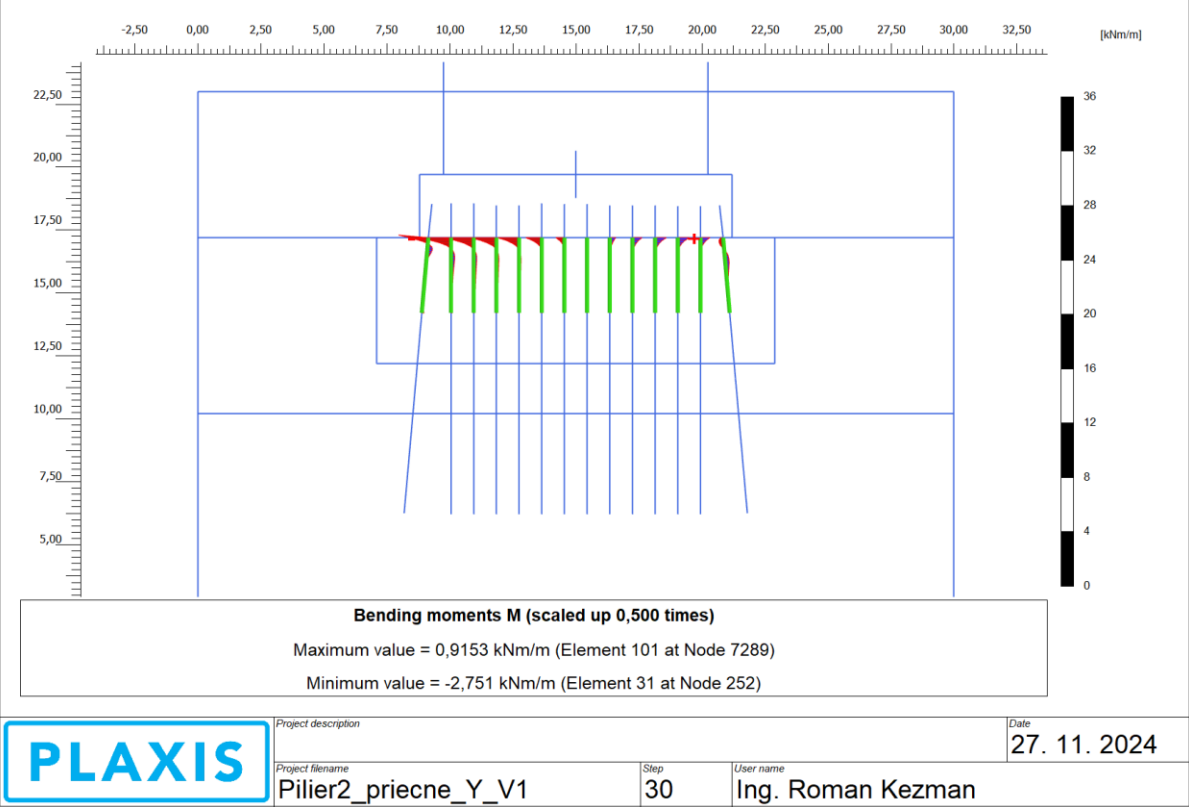
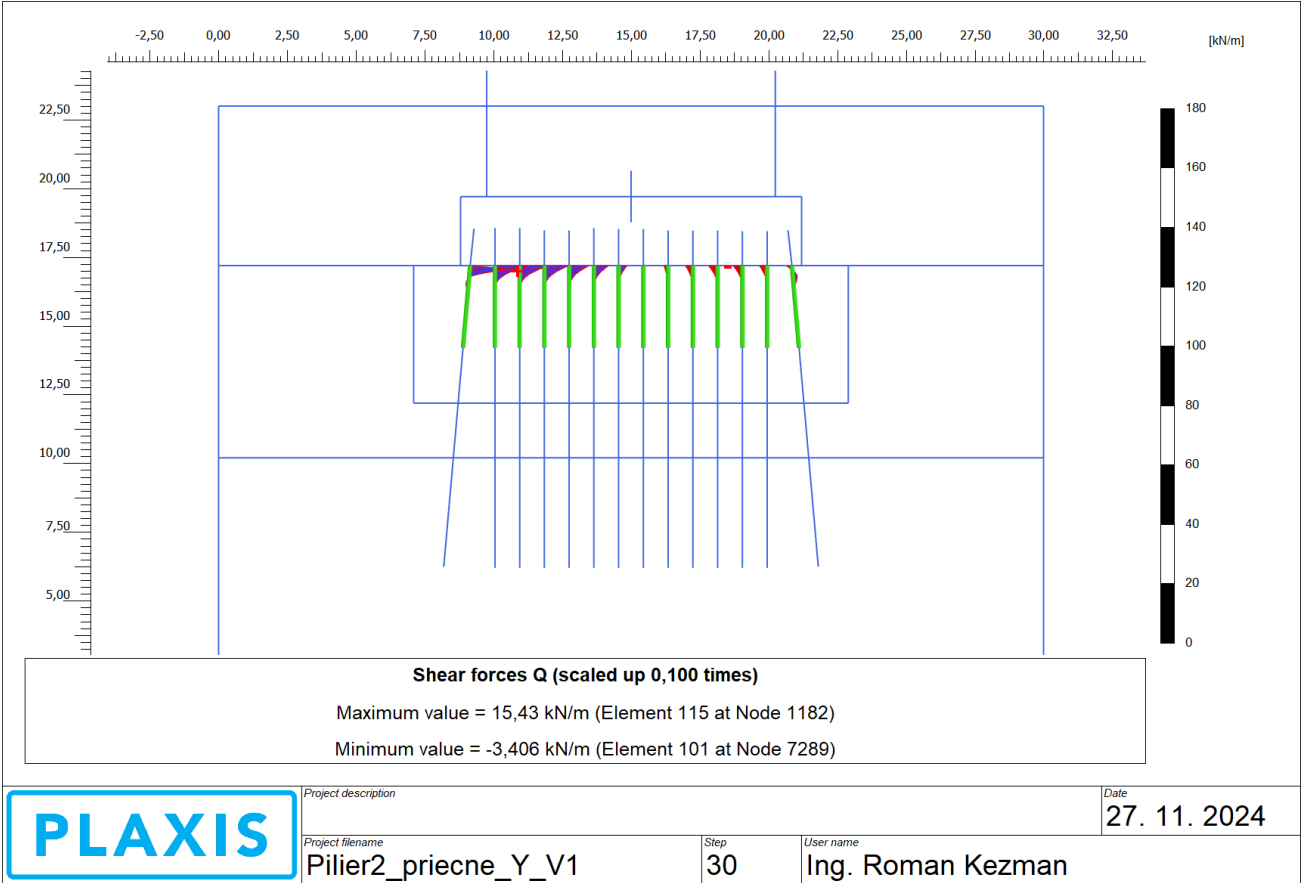
133/16: $N = 943$ kN/m, $Q = 15$ kN/m, $M = 3$ kNm/m
 $N = 849$ (F6 PLX. real. 792) kN, $Q = 13,5$ kN, $M = 2,8$ kNm/m
 89/16: $N = 878$ kN/m, $Q = 16$ kN/m, $M = 2,5$ kNm/m
 $N = 790$ kN, $Q = 14,4$ kN, $M = 2,3$ kNm/m

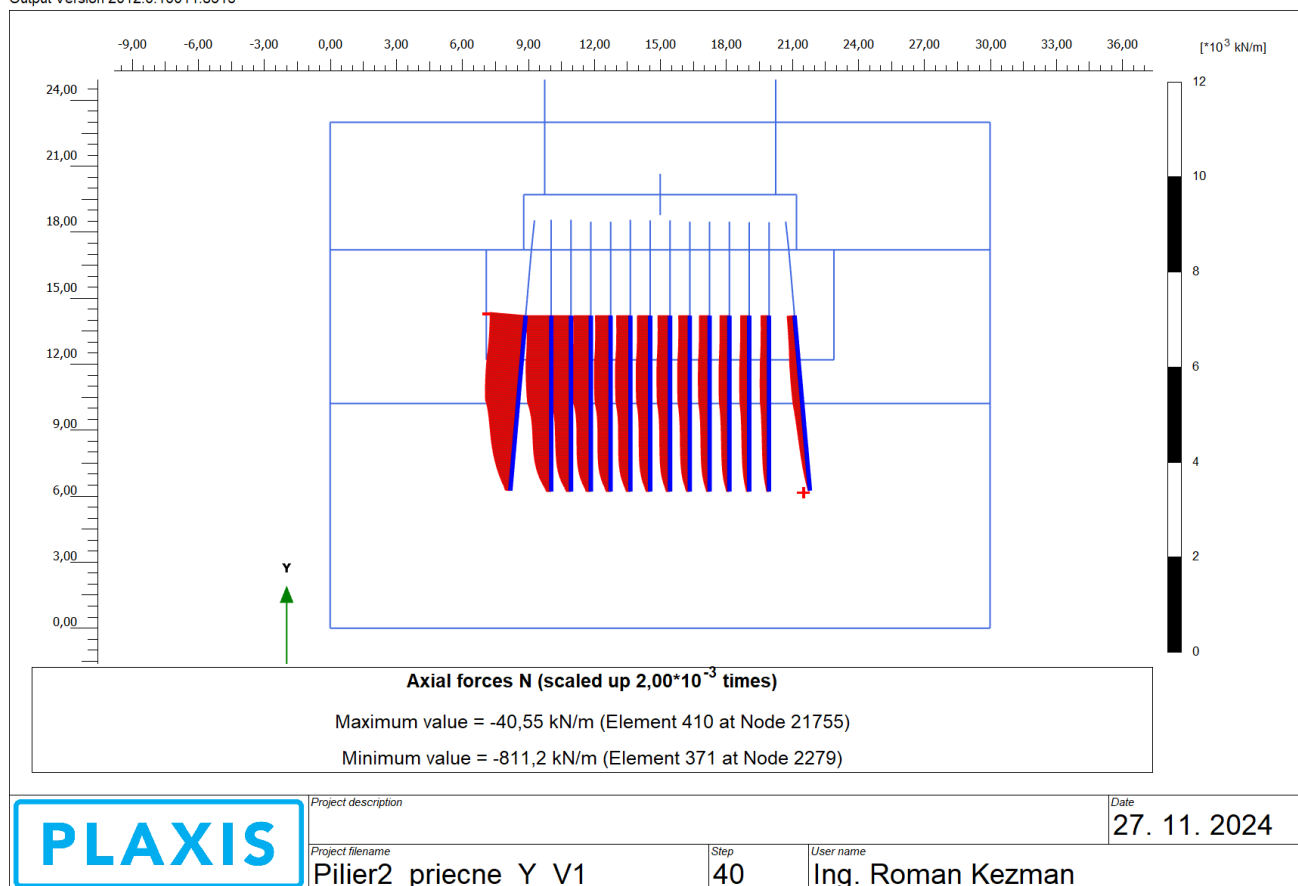


PLAXIS	Project description		Date	
	Project filename	Step	User name	
	Pilier2_priečne_Y_V1	30	Ing. Roman Kezman	



PLAXIS	Project description		Date	
	Project filename	Step	User name	
	Pilier2_priečne_Y_V1	30	Ing. Roman Kezman	





4) Zat'azenie kombinacia ULS3-gr22LM71c-wi/29, Horizontálna, zvislá sila, moment

MSU: ΔY_L (ľavá strana) = 11 mm, ΔY_P (pravá strana) = 3,5 mm, Nerovnomerne = 7,5 mm

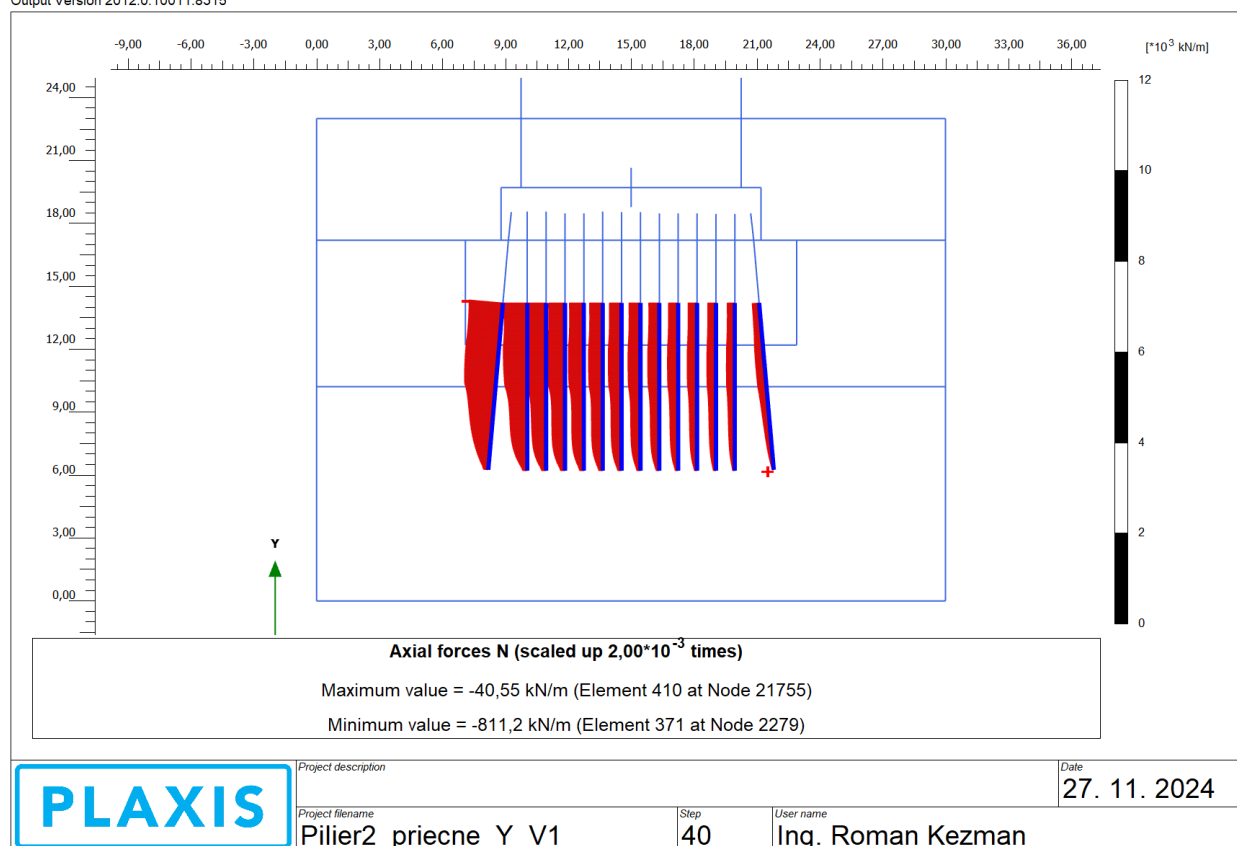
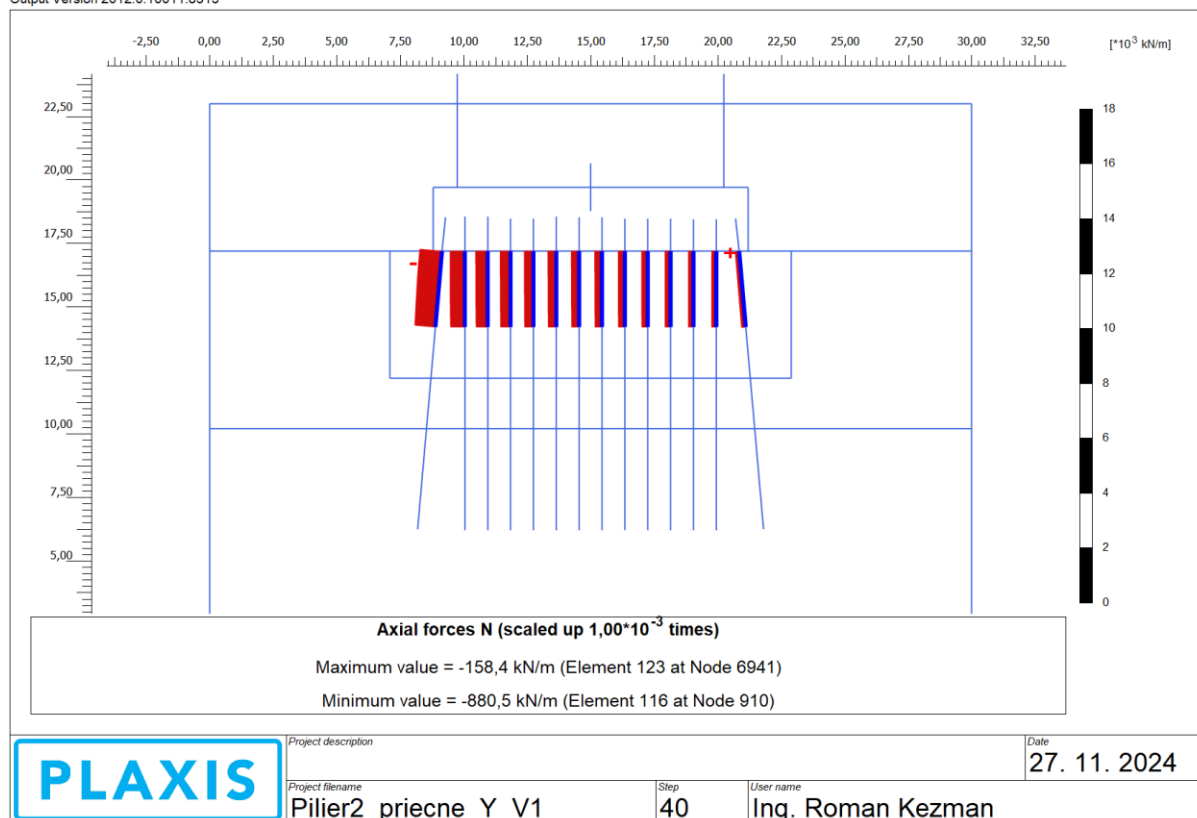
II. MS: Predelené 1,3. ΔY_L (ľavá strana) = 8,5 mm, ΔY_P (pravá strana) = 2,7 mm, Nerovnomerne = 5,8 mm

133/16: N = 881 kN/m, Q = 16 kN/m, M = 2,3 kNm/m

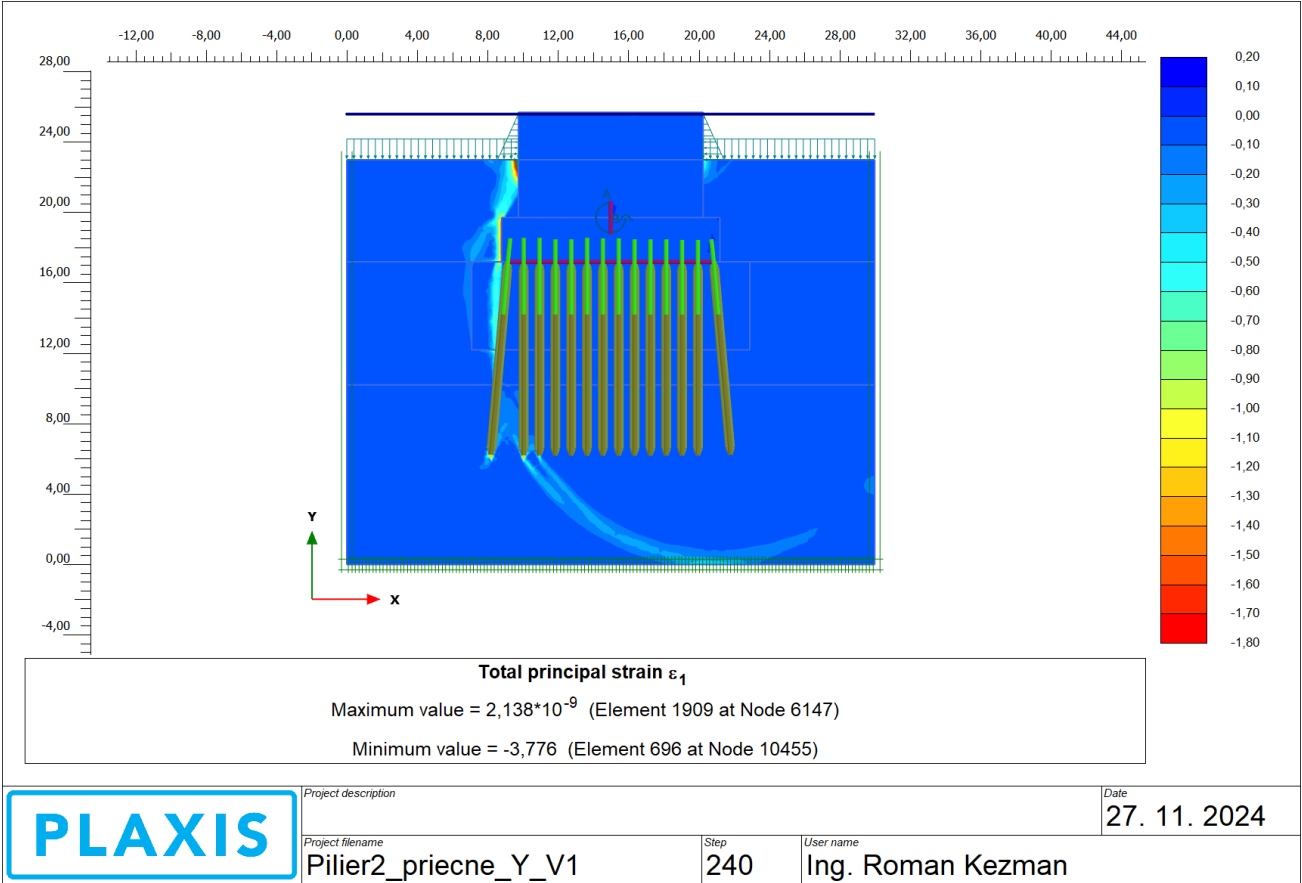
N = 793 kN, Q = 14,4 kN, M = 2,1 kNm/m

89/16: N = 811 kN/m, Q = 14 kN/m, M = 1,8 kNm/m

N = 730 kN, Q = 12,6 kN, M = 1,6 kNm/m



5) Stabilita $F_s = 3,08$ (minimálne STN EN 1,25)



Návrh jadra mikropilót - Pilier 2

Profil: rúra 133/16, S460 (450, str.27 STN EN 1993) posúdenie jadra prierezu.

$$d_{vo} := 133\text{mm} \quad t_s := 16\text{mm}$$

$$ss := \frac{d_{vo}}{t_s} \quad ss = 8.313$$

Profil bude vždy v triede 1. ss je menšie ako 50 x E2 (50x0,51=25,5 (S460 je 25,5))

Určenie momentu zotrvačnosti a prierezového modulu jadra mikropilóty 133/16 (dvn = 101mm):

$$d_{vo} := 0.133\text{m}$$

$$d_{vn} := 0.101\text{m}$$

$$I_{vo} := \frac{\pi \cdot d_{vo}^4}{64} \quad I_{vo} = 1.536 \times 10^{-5} \text{m}^4$$

$$I_{vn} := \frac{\pi \cdot d_{vn}^4}{64} \quad I_{vn} = 5.108 \times 10^{-6} \text{m}^4$$

$$I_c := I_{vo} - I_{vn} \quad I_c = 1.025 \times 10^{-5} \text{m}^4$$

$$W_c := \frac{I_c}{\frac{d_{vo}}{2}} \quad W_c = 1.542 \times 10^{-4} \text{m}^3$$

$$A_o := \frac{\pi \cdot d_{vo}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{vn}^2}{4} \quad A_o = 0.005881 \text{m}^2$$

Max. moment, ktorý prenesie jadro mikropilóty:

$$\text{Spôľahlivosť materiálu:} \quad \gamma_{m0} := 1.2$$

$$f_y := 440\text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 366.667\text{MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 56.524\text{kN}\cdot\text{m}$$

Max. osová sila, ktorú prenesie jadro mikropilóty (so vzperom v podloží nie je potrebné uvažovať) :

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 2156.389\text{kN}$$

Zaťažovacia kombinácia tr/28 (S440):

$$M_{\max X} := 2.8 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max Y} := 2.8 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{\max} := 849 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Pri momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.2}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.0}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.0}{M_U} = 0.572 \quad \text{musí byť menšie ako 1 (vyhovuje)}$$

Zaťažovacia kombinácia wi/29 (oceľ S440) :

Spôľahlivosť materiálu: $\gamma_{m0} := 1.2$

$$f_y := 440 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 366.667 \text{ MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 56.524 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 2156.389 \text{ kN}$$

$$M_{\max X} := 2.1 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max Y} := 2.1 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{\max} := 793 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Pri momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.2}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.0}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.0}{M_U} = 0.516 \quad \text{musí byť menšie ako 1}$$

Ohyb, šmyk (pričná sila) a osová sila (STN EN 1993-1-1, 6.2.10). Za predpokladu, že pričná sila neprekročí 50% návrhovej pričnej sily plastickej odolnosti nie je potrebné zmenšiť odolnosť pre ohyb a osovú silu.

Výslednica pričnej sily zo smerov X a Y:

$$Q_V := 15 \text{ kN}$$

$$\gamma_{MO} := 1.5$$

$$V_{Ed} := Q_V$$

$$A_V := \frac{2 \cdot A_o}{\pi}$$

$$A_V = 0.003744 \text{ m}^2$$

STN EN 1993-1-1, 6.2.6

$$V_{plRd} := \frac{A_V \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{MO}}$$

$$V_{plRd} = 634.069 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{plRd}} = 0.024$$

Prierez je namáhaný 3% šmykovou silou, ktorú je schopný preniesť.

Profil: rúra 89/16, S355 (str.27 STN EN 1993) posúdenie jadra prierezu.

$$d_{vo} := 89 \text{ mm}$$

$$t_s := 16 \text{ mm}$$

$$ss := \frac{d_{vo}}{t_s}$$

$$ss = 5.563$$

Profil bude vždy v triede 1. ss je menšie ako 50 x E2 (50x0,66=33 (S355 je 33))

Určenie momentu zotrvačnosti a prierezového modulu jadra mikropilóty 89/16 (dvn = 101mm):

$$d_{vo} := 0.089 \text{ m}$$

$$d_{vn} := 0.057 \text{ m}$$

$$I_{vo} := \frac{\pi \cdot d_{vo}^4}{64} \quad I_{vo} = 3.08 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_{vn} := \frac{\pi \cdot d_{vn}^4}{64} \quad I_{vn} = 5.182 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$I_c := I_{vo} - I_{vn} \quad I_c = 2.562 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_c := \frac{I_c}{\frac{d_{vo}}{2}} \quad W_c = 5.757 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$A_o := \frac{\pi \cdot d_{vo}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{vn}^2}{4} \quad A_o = 0.003669 \text{ m}^2$$

Max. moment, ktorý prenesie jadro mikropilóty:

$$\text{Spôľahlivosť materiálu:} \quad \gamma_{m0} := 1.15$$

$$f_y := 355 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 308.696 \text{ MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 17.77 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Max. osová sila, ktorú prenesie jadro mikropilóty (so vzperom v podloží nie je potrebné uvažovať) :

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 1132.722 \text{ kN}$$

Zaťažovacia kombinácia tr/28 (S355):

$$M_{\max X} := 2.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max Y} := 1.0 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{\max} := 790 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Pri momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.15}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.0}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.0}{M_U} = 0.988 \quad \text{musí byť menšie ako 1 (vyhovuje)}$$

Zaťažovacia kombinácia seizmicita (oceľ S355) :

Spoločnosť materiálu: $\gamma_{m0} := 1.15$

$$f_y := 355 \text{ MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 308.696 \text{ MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 17.77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 1132.722 \text{ kN}$$

$$M_{\max X} := 1.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\max Y} := 1.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{\max} := 730 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Pri momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.15}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.0}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.0}{M_U} = 0.921 \quad \text{musí byť menšie ako 1}$$

Ohyb, šmyk (pričná sila) a osová sila (STN EN 1993-1-1, 6.2.10). Za predpokladu, že pričná sila neprekročí 50% návrhovej pričnej sily plastickej odolnosti nie je potrebné zmenšiť odolnosť pre ohyb a osovú silu.

Výslednica pričnej sily zo smerov X a Y: $Q_V := 15 \text{ kN}$ $\gamma_{MO} := 1.5$

$$V_{Ed} := Q_V$$

$$A_V := \frac{2 \cdot A_o}{\pi} \quad A_V = 0.002336 \text{ m}^2 \quad \text{STN EN 1993-1-1, 6.2.6}$$

$$V_{plRd} := \frac{A_V \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{MO}} \quad V_{plRd} = 319.19 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{plRd}} = 0.047$$

Prierez je namáhaný 5% šmykovou silou, ktorú je schopný preniesť.

Posouzení piloty
Vstupní data
Projekt

Akce : Pilier 2
Datu : 25. 11.
m 2024

Nastavení
(zadané pro aktuální úlohu)
Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1
(EC2)
Součinitele EN 1992-1-1 : standardní
Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1
(EC3)
Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu : $gM0 = 1,00$
Dřevěné konstrukce : EN 1995-1-1
(EC5)
Dílčí součinitel vlastností dřeva : $gM = 1,30$
Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti (dřevo) : $kmod = 0,50$
Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo) $kcr = 0,67$
:




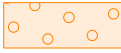
Piloty

Výpočet pro odvodněné podmínky : ČSN 73 1002
Zatěžovací křivka : nelineární (Masopust)
Vodorovná únosnost : pružný poloprostor
Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu





Součinitele redukce zatížení (F)					
Trvalá návrhová situace					
		Nepříznivé		Příznivé	
Stálé zatížení :	$gG =$	1,35	[-]	1,00	[-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$gs =$	1,10	[-]
Součinitel redukce odporu na patě :	$gb =$	1,10	[-]
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty :	$gst =$	1,15	[-]





Základní parametry zemin

Číslo	Název	Vzorek	je _f [°]	ce _f [kPa]	g [kN/m ³]	n [–]
1	1_R5		24,00	25,00	22,00	0,25
2	2_R6		19,00	14,00	21,00	0,30
3	3_RR3/R4		29,00	46,00	23,00	0,20
4	0_Napl. G3, středně ulehlá		29,00	0,00	19,00	0,25

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Číslo	Název	Vzorek	E _{oed} [MPa]	E _{def} [MPa]	g _{sat} [kN/m ³]	g _s [kN/m ³]	n [–]
1	1_R5		96,00	-	22,10	-	-
2	2_R6		68,00	-	21,10	-	-
3	3_RR3/R4		333,00	-	23,10	-	-
4	0_Napl. G3, středně ulehlá		100,00	-	19,30	-	-

Parametry zemin pro výpočet modulu reakce podloží

Číslo	Název	Vzorek	Typ zeminy	nh [MN/m ³]
1	1_R5		soudržná	-
2	2_R6		soudržná	-
3	3_RR3/R4		soudržná	-
4	0_Napl. G3, středně ulehlá		nesoudržná	4,00

Parametry zemin

1_R5

Objemová tíha : $g = 22,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Úhel vnitřního tření : $je_f = 24,0^\circ$

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr $d = 0,20$ m

r

Délka $l = 11,0$ m
0

Spočtené průřezové charakteristiky

Plocha $A = 3,14E-02$ m²

Moment setrvačnosti $I = 7,85E-05$ m⁴

Umístění

Vysazení $h = -5,80$ m

Hloubka upraveného terénu $h_z = 0,00$ m

Typ technologie: Beraněné piloty

Modul reakce podloží uvažován podle ČSN 731004.

Materiál konstrukce

Objemová tíha $g = 27,00$ kN/m³

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton : C 25/30

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 25,00$ MPa

Pevnost v tahu $f_{ct} = 2,60$ MPa

Modul pružnosti $E_c = 31000,0$ MPa

Modul pružnosti ve smyku $G = 12917,0$ MPa


Ocel podélná : B500




Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa

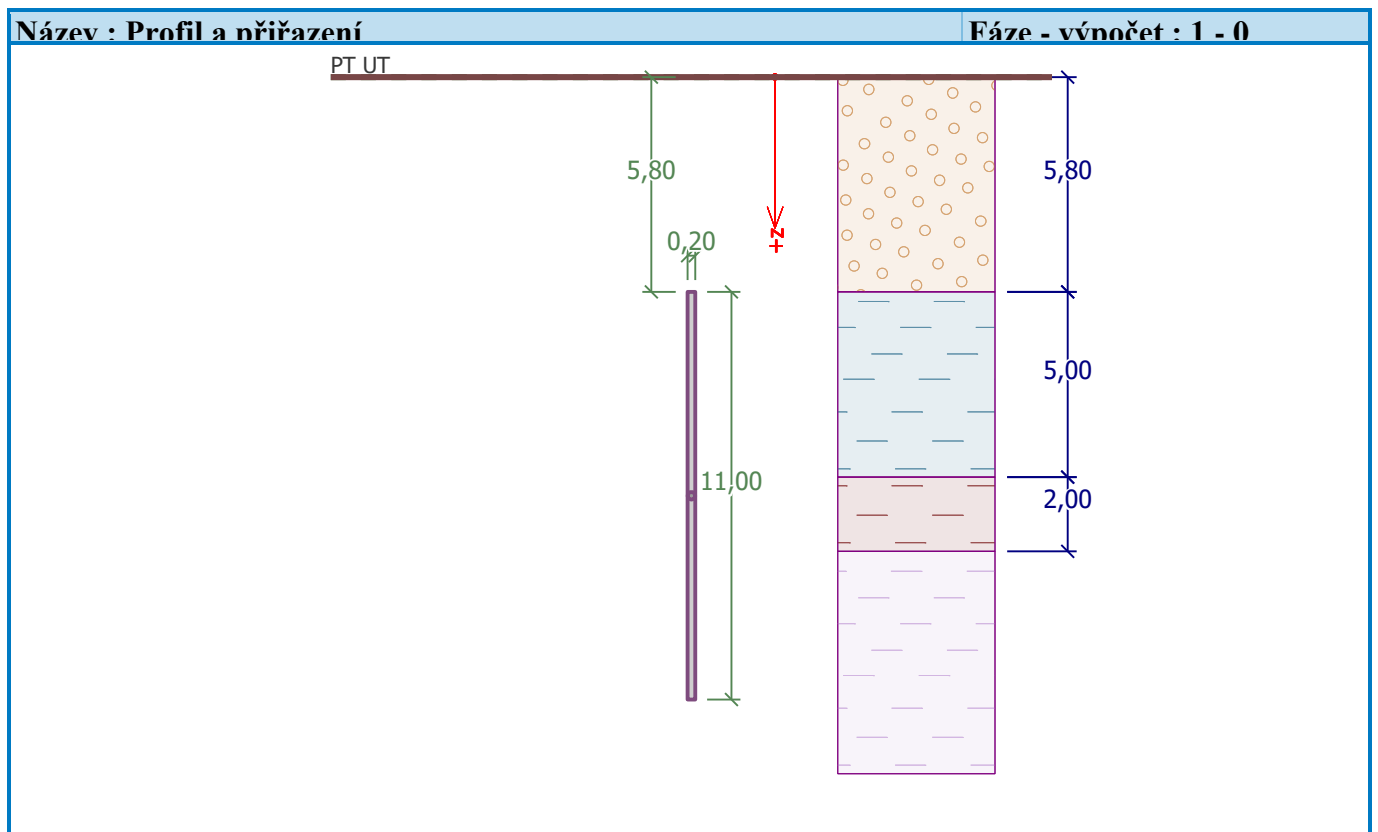
Ocel příčná: B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	5,80	0_Napl. G3, středně ulehlá	

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
2	5,00	1_R5	
3	2,00	2_R6	
4	-	3_RR3/R4	



Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Hx [kN]	Hy [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	850,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Ano		Zatížení č. 2	Užitné	654,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce -2,70 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení

Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Metodika posouzení : bez redukce vstupních dat

Posouzení čís. 1

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	Es [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0,00	5,80	5,80	18,00	60,00	20,00
2	5,80	10,80	5,00	54,00	131,00	94,00
3	10,80	12,80	2,00	40,00	97,00	108,00
4	12,80	16,80	4,00	90,00	190,00	180,00

Uvažovat zatížení : návrhové

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1,00$

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 20,0$ mm

Regresní součinitel $e = 2000,00$

Regresní součinitel $f = 1200,00$

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Mezní síla na plášti piloty $R_s = 995,43$ kN

Velikost napětí na patě při R_{sy} $q_0 = 1985,7$ kPa

Průměrné plášťové tření $q_s = 144,03$ kPa

Průměrný sečnový modul deformace $E_s = 64,55$ MPa

Součinitel přenosu zatížení do paty $b = 0,04$

Příčinkové součinitele sedání :

Základní - závislý na poměru l/d $I_0 = 0,04$

Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,73$

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Body zatěžovací křivky

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0,0	0,00
2,0	622,45
4,0	880,28
6,0	1039,65
8,0	1054,38

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
10,0	1069,12
12,0	1083,86
14,0	1098,59
16,0	1113,33
18,0	1128,07
20,0	1142,81

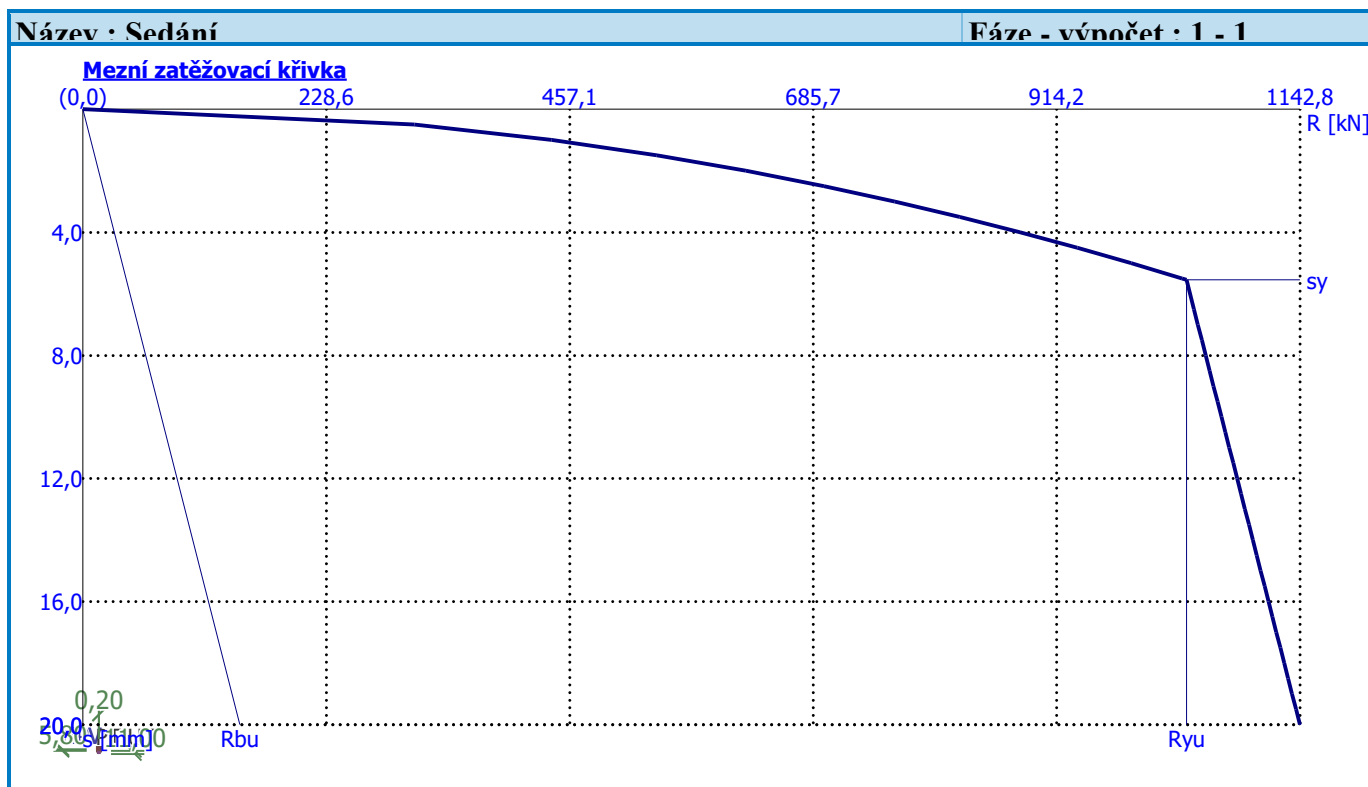
Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace
plášť.tření $R_y = 1036,2 \text{ kN}$
Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $u = 8 \text{ m}$
 $s_y = 5,5 \text{ m}$

Únosnosti odpovídající sednutí 20,0
mm :

Únosnost paty $R_b = 147,37 \text{ kN}$
Celková únosnost $R_c = 1142,8 \text{ kN}$
1

Pro zatížení $Q = 850,00 \text{ kN}$ je sednutí piloty 3,7 mm



Záver – pilier 2:

Mikropilóty: jadro je 89/16 (S355), Prstenec 133/16 mm (S460/440). Výpažnica - 203/8 mm. Maximálna sila je /849/ 792 (II. MS - 610) / kN. Dĺžka MP je 11 m. Únosnosť MP je 900 kN pri deformácii 4,8 mm. V posudzovanom reze je 14 ks mikropilót. Vlastnosti zemín zásypu základu piliera: G3/G-F, $\varphi_{ef} = 33^\circ$, $c_{ef} = 0$ kPa, $E_{oed} = 121$ MPa, $E_{def} = 100$ MPa, $\gamma_z = 20$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$.

Posúdenie zakladania pilieru č. 10:**Geologická skladba v podloží a vlastnosti zemín vstupujúce do výpočtu:**

Trysková injektáž – spevnené R6, íly (tvrdé)

$\varphi_{ef} = 21^\circ$, $c_{ef} = 45$ kPa, $E_{oed} = 203$ MPa, $E_{def} = 150$ MPa, $\gamma_z = 22$ kN.m⁻³, $\nu = 0,3$, $\beta = 0,74$, PR.

0 – 2 m F4/CS – tuhej konzistencie

$\varphi_{ef} = 24^\circ$, $c_{ef} = 15$ kPa, $E_{oed} = 13$ MPa, $E_{def} = 8$ MPa, $\gamma_z = 18,5$ kN.m⁻³, $\nu = 0,35$, $\beta = 0,62$, PR.

2 – 3,2 m G3 – stredne uľahlé

$\varphi_{ef} = 34^\circ$, $c_{ef} = 0$ kPa, $E_{oed} = 108$ MPa, $E_{def} = 90$ MPa, $\gamma_z = 19$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

3,2 – 6 m R6, íl tuhej konzistencie

$\varphi_{ef} = 19^\circ$, $c_{ef} = 14$ kPa, $E_{oed} = 68$ MPa, $E_{def} = 50$ MPa, $\gamma_z = 21$ kN.m⁻³, $\nu = 0,3$, $\beta = 0,74$, PR.

6,0 – 11 m R5 (1,5 – 5 MPa)

$\varphi_{ef} = 24^\circ$, $c_{ef} = 25$ kPa, $E_{oed} = 96$ MPa, $E_{def} = 80$ MPa, $\gamma_z = 22$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

11 – 15 m R4 (5 – 15 MPa)

$\varphi_{ef} = 28^\circ$, $c_{ef} = 36$ kPa, $E_{oed} = 217$ MPa, $E_{def} = 180$ MPa, $\gamma_z = 22$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

15 – X m R3/R4 (5 – 50 MPa)

$\varphi_{ef} = 29^\circ$, $c_{ef} = 48$ kPa, $E_{oed} = 289$ MPa, $E_{def} = 260$ MPa, $\gamma_z = 23$ kN.m⁻³, $\nu = 0,2$, $\beta = 0,9$, PR.

Zásyp výkopu: G3/G-F

$\varphi_{ef} = 33^\circ$, $c_{ef} = 0$ kPa, $E_{oed} = 121$ MPa, $E_{def} = 100$ MPa, $\gamma_z = 20$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

Mikropilóty: jadro je 89/16 (D vonkajšie 89 / d vnútorné 57 mm), Prstenec 133/16 mm.

Výpažnica: 203/8

Oceľ S355, S460 (440).

Sily pôsobia v polovici základu základu. Vstupné sily sú aj s tiažou základu a piliera č. 10. Tiaž do výpočtu 0 kN.

Šírka základu je 7 m (dĺžka 13,55 m)

Plášťové trenia:

Plášťové trenie pre poloskalné horniny (R5 – R3) 300 – 1000 kPa

F4/CS – 100 kPa

G3, G2 – 150 kPa

R6 – 140 kPa

R5 – 300 kPa

R4 – 600 kPa

Geológia:

0 – 2 m F4/CS – tuhej konzistencie

2 – 3,2 m G3 – stredne uľahlé

3,2 – 6 m R6, íl tuhej konzistencie

6,0 – 11 m R5

11 – 15 m R4

15 – X m R3/R4

1. Reakcie

Nelineárny výpočet, Extrém : Uzol

Výber : Opora2, Pilier10, Pilier4

Nelineárne kombinácie : NC2

Podpera	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Opora2/N 15	NC2	- 11210,40	162,50	47304,48	-1009,61	-34961,45	- 1424,50
Pilier10/ N13	NC2	-5616,56	158,82	47502,30	-1119,65	-32462,06	-377,54
Pilier4/N 1	NC2	12460,68	376,53	66711,17	11966,22	175245,10	2998,37

2. Reakcie

Nelineárny výpočet, Extrém : Uzol

Výber : Opora2, Pilier10, Pilier4

Nelineárne kombinácie : NC1

Podpera	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Opora2/N 15	NC1	8989,34	-164,87	44717,08	1504,60	116192,80	1507,53
Pilier10/ N13	NC1	4491,63	-161,32	48031,25	1562,73	32206,22	425,22
Pilier4/N 1	NC1	- 8449,82	-76,02	63387,71	17695,34	- 128467,60	845,20

Kombinácia: Pilier 10, NC2, NC1, dĺžka 13,55 m

$R_x = 5617 \text{ kN} = 415 (+ 12 \text{ kN} = 427) \text{ kN/m}$; $R_z = 48031 \text{ kN} = 3545 \text{ kN/m}$; $M_y = 32462 \text{ kNm} = 2396 \text{ kNm/m}$;

Moment M_z prisúdime štyrom krajným radom mikropilót na každej strane. Šírka medzi 4 radmi MP je 3,45 m. Rameno je 5,1 m. $F_m = 425 \text{ kNm} / 2 / 5,1 \text{ m} / 3,45 \text{ m} = 12 \text{ kN/bm}$ (priráta sa k R_x)

K1) SO 4113307, P10 základ 7 m x 13,55 m, kombinácia NC1

$V_d = 48032 \text{ kN}$

$M_{xd} = 1563 \text{ kN.m}$ moment pôsobiaci okolo osi X

$M_{yd} = 32462 \text{ kN.m}$ moment pôsobiaci okolo osi Y

$e_1 = 0,032541 \text{ m}$ M_{xd}/V_d excentricita na ose Y

$e_2 = 0,675841 \text{ m}$ M_{yd}/V_d excentricita na ose X

celkový počet mikropilót = 128 ks

S_x^2
544,32

S_y^2
1975,44

	X (m)	$X^2 \text{ (m}^2\text{)}$	Y (m)	$Y^2 \text{ (m}^2\text{)}$	F (kN)
MP1	-3,15	9,9225	6,425	41,28063	192,4748
MP2	-2,25	5,0625	6,425	41,28063	246,1487
MP3	-1,35	1,8225	6,425	41,28063	299,8227
MP4	-0,45	0,2025	6,425	41,28063	353,4966
MP5	0,45	0,2025	6,425	41,28063	407,1705
MP6	1,35	1,8225	6,425	41,28063	460,8445
MP7	2,25	5,0625	6,425	41,28063	514,5184
MP8	3,15	9,9225	6,425	41,28063	568,1924
MP9	-3,15	9,9225	5,525	30,52563	191,7627
MP10	-2,25	5,0625	5,525	30,52563	245,4366
MP11	-1,35	1,8225	5,525	30,52563	299,1106
MP12	-0,45	0,2025	5,525	30,52563	352,7845
MP13	0,45	0,2025	5,525	30,52563	406,4584
MP14	1,35	1,8225	5,525	30,52563	460,1324
MP15	2,25	5,0625	5,525	30,52563	513,8063
MP16	3,15	9,9225	5,525	30,52563	567,4803
MP17	-3,15	9,9225	4,675	21,85563	191,0901
MP18	-2,25	5,0625	4,675	21,85563	244,7641
MP19	-1,35	1,8225	4,675	21,85563	298,438
MP20	-0,45	0,2025	4,675	21,85563	352,112
MP21	0,45	0,2025	4,675	21,85563	405,7859
MP22	1,35	1,8225	4,675	21,85563	459,4598

MP23	2,25	5,0625	4,675	21,85563	513,1338
MP24	3,15	9,9225	4,675	21,85563	566,8077
MP25	-3,15	9,9225	3,825	14,63063	190,4176
MP26	-2,25	5,0625	3,825	14,63063	244,0915
MP27	-1,35	1,8225	3,825	14,63063	297,7655
MP28	-0,45	0,2025	3,825	14,63063	351,4394
MP29	0,45	0,2025	3,825	14,63063	405,1134
MP30	1,35	1,8225	3,825	14,63063	458,7873
MP31	2,25	5,0625	3,825	14,63063	512,4613
MP32	3,15	9,9225	3,825	14,63063	566,1352
MP33	-3,15	9,9225	2,975	8,850625	189,7451
MP34	-2,25	5,0625	2,975	8,850625	243,419
MP35	-1,35	1,8225	2,975	8,850625	297,093
MP36	-0,45	0,2025	2,975	8,850625	350,7669
MP37	0,45	0,2025	2,975	8,850625	404,4408
MP38	1,35	1,8225	2,975	8,850625	458,1148
MP39	2,25	5,0625	2,975	8,850625	511,7887
MP40	3,15	9,9225	2,975	8,850625	565,4627
MP41	-3,15	9,9225	2,125	4,515625	189,0725
MP42	-2,25	5,0625	2,125	4,515625	242,7465
MP43	-1,35	1,8225	2,125	4,515625	296,4204
MP44	-0,45	0,2025	2,125	4,515625	350,0944
MP45	0,45	0,2025	2,125	4,515625	403,7683
MP46	1,35	1,8225	2,125	4,515625	457,4422
MP47	2,25	5,0625	2,125	4,515625	511,1162
MP48	3,15	9,9225	2,125	4,515625	564,7901
MP49	-3,15	9,9225	1,275	1,625625	188,4
MP50	-2,25	5,0625	1,275	1,625625	242,0739
MP51	-1,35	1,8225	1,275	1,625625	295,7479
MP52	-0,45	0,2025	1,275	1,625625	349,4218
MP53	0,45	0,2025	1,275	1,625625	403,0958
MP54	1,35	1,8225	1,275	1,625625	456,7697
MP55	2,25	5,0625	1,275	1,625625	510,4437
MP56	3,15	9,9225	1,275	1,625625	564,1176
MP57	-3,15	9,9225	0,425	0,180625	187,7275
MP58	-2,25	5,0625	0,425	0,180625	241,4014
MP59	-1,35	1,8225	0,425	0,180625	295,0754
MP60	-0,45	0,2025	0,425	0,180625	348,7493
MP61	0,45	0,2025	0,425	0,180625	402,4232
MP62	1,35	1,8225	0,425	0,180625	456,0972
MP63	2,25	5,0625	0,425	0,180625	509,7711
MP64	3,15	9,9225	0,425	0,180625	563,4451
MP65	-3,15	9,9225	-0,425	0,180625	187,0549
MP66	-2,25	5,0625	-0,425	0,180625	240,7289
MP67	-1,35	1,8225	-0,425	0,180625	294,4028
MP68	-0,45	0,2025	-0,425	0,180625	348,0768

MP69	0,45	0,2025	-0,425	0,180625	401,7507
MP70	1,35	1,8225	-0,425	0,180625	455,4246
MP71	2,25	5,0625	-0,425	0,180625	509,0986
MP72	3,15	9,9225	-0,425	0,180625	562,7725
MP73	-3,15	9,9225	-1,275	1,625625	186,3824
MP74	-2,25	5,0625	-1,275	1,625625	240,0563
MP75	-1,35	1,8225	-1,275	1,625625	293,7303
MP76	-0,45	0,2025	-1,275	1,625625	347,4042
MP77	0,45	0,2025	-1,275	1,625625	401,0782
MP78	1,35	1,8225	-1,275	1,625625	454,7521
MP79	2,25	5,0625	-1,275	1,625625	508,4261
MP80	3,15	9,9225	-1,275	1,625625	562,1
MP81	-3,15	9,9225	-2,125	4,515625	185,7099
MP82	-2,25	5,0625	-2,125	4,515625	239,3838
MP83	-1,35	1,8225	-2,125	4,515625	293,0578
MP84	-0,45	0,2025	-2,125	4,515625	346,7317
MP85	0,45	0,2025	-2,125	4,515625	400,4056
MP86	1,35	1,8225	-2,125	4,515625	454,0796
MP87	2,25	5,0625	-2,125	4,515625	507,7535
MP88	3,15	9,9225	-2,125	4,515625	561,4275
MP89	-3,15	9,9225	-2,975	8,850625	185,0373
MP90	-2,25	5,0625	-2,975	8,850625	238,7113
MP91	-1,35	1,8225	-2,975	8,850625	292,3852
MP92	-0,45	0,2025	-2,975	8,850625	346,0592
MP93	0,45	0,2025	-2,975	8,850625	399,7331
MP94	1,35	1,8225	-2,975	8,850625	453,407
MP95	2,25	5,0625	-2,975	8,850625	507,081
MP96	3,15	9,9225	-2,975	8,850625	560,7549
MP97	-3,15	9,9225	-3,825	14,63063	184,3648
MP98	-2,25	5,0625	-3,825	14,63063	238,0387
MP99	-1,35	1,8225	-3,825	14,63063	291,7127
MP100	-0,45	0,2025	-3,825	14,63063	345,3866
MP101	0,45	0,2025	-3,825	14,63063	399,0606
MP102	1,35	1,8225	-3,825	14,63063	452,7345
MP103	2,25	5,0625	-3,825	14,63063	506,4085
MP104	3,15	9,9225	-3,825	14,63063	560,0824
MP105	-3,15	9,9225	-4,675	21,85563	183,6923
MP106	-2,25	5,0625	-4,675	21,85563	237,3662
MP107	-1,35	1,8225	-4,675	21,85563	291,0402
MP108	-0,45	0,2025	-4,675	21,85563	344,7141
MP109	0,45	0,2025	-4,675	21,85563	398,388
MP110	1,35	1,8225	-4,675	21,85563	452,062
MP111	2,25	5,0625	-4,675	21,85563	505,7359
MP112	3,15	9,9225	-4,675	21,85563	559,4099
MP113	-3,15	9,9225	-5,525	30,52563	183,0197
MP114	-2,25	5,0625	-5,525	30,52563	236,6937

MP115	-1,35	1,8225	-5,525	30,52563	290,3676
MP116	-0,45	0,2025	-5,525	30,52563	344,0416
MP117	0,45	0,2025	-5,525	30,52563	397,7155
MP118	1,35	1,8225	-5,525	30,52563	451,3894
MP119	2,25	5,0625	-5,525	30,52563	505,0634
MP120	3,15	9,9225	-5,525	30,52563	558,7373
MP121	-3,15	9,9225	-6,425	41,28063	182,3076
MP122	-2,25	5,0625	-6,425	41,28063	235,9816
MP123	-1,35	1,8225	-6,425	41,28063	289,6555
MP124	-0,45	0,2025	-6,425	41,28063	343,3295
MP125	0,45	0,2025	-6,425	41,28063	397,0034
MP126	1,35	1,8225	-6,425	41,28063	450,6773
MP127	2,25	5,0625	-6,425	41,28063	504,3513
MP128	3,15	9,9225	-6,425	41,28063	558,0252

Výpočet: „Pozdl_rez_OsX“

0) IP – počiatočná fáza určenie východzieho geostatického napätia

1) R.D. – vynulovanie deformácií.

2) Zhotovenie: trysková injektáž, zakladania, pilier.

3) Zaťaženie kombinácia Pilier 10, NC2, NC1, Horizontálna, zvislá sila, moment.

MSU: $\Delta YL = 11,5$ mm, $\Delta YP = 4,5$ mm, Nerovnomerne = 6 mm

II. MS: Predelené 1,3. $\Delta YL = 8,8$ mm, $\Delta YP = 3,5$ mm, Nerovnomerne = 5,3 mm

133/16: N = 723 kN/m, Q = 41 kN/m, M = 9,3 kNm/m

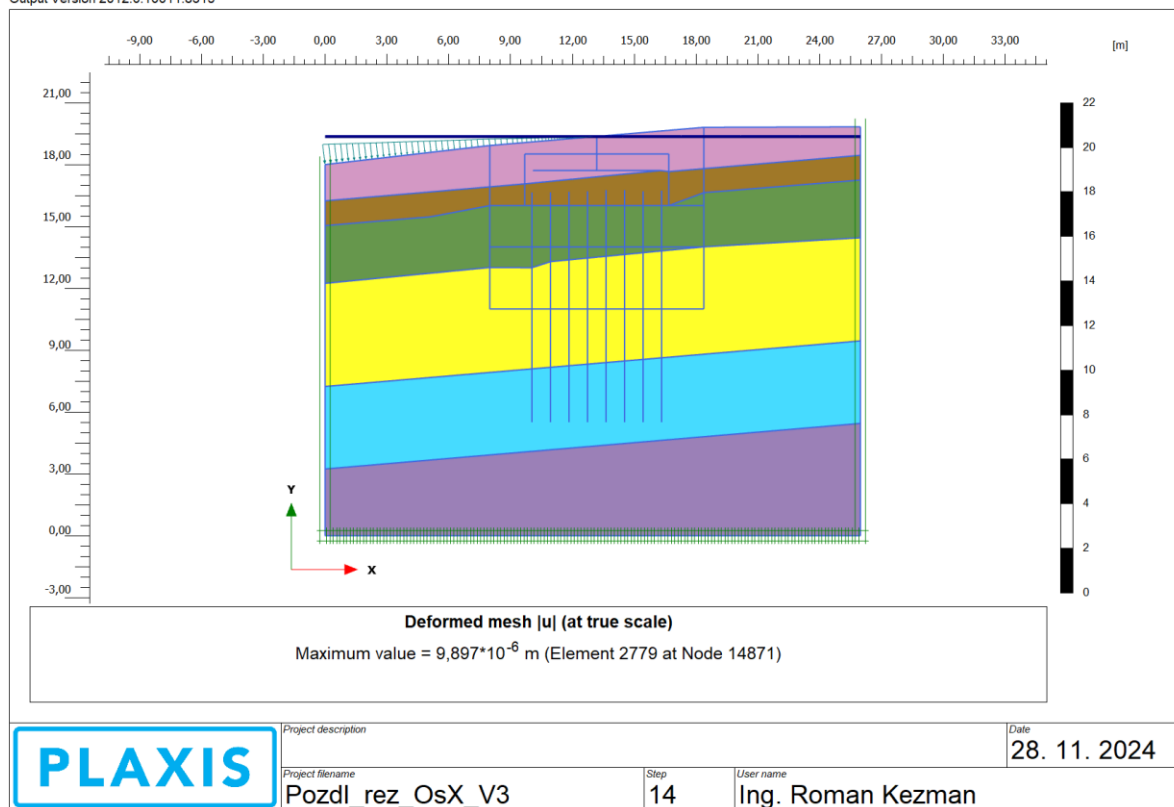
N = 615 kN, Q = 35 kN, M = 8 kNm/m

89/16: N = 663 kN/m, Q = 11 kN/m, M = 1,2 kNm/m

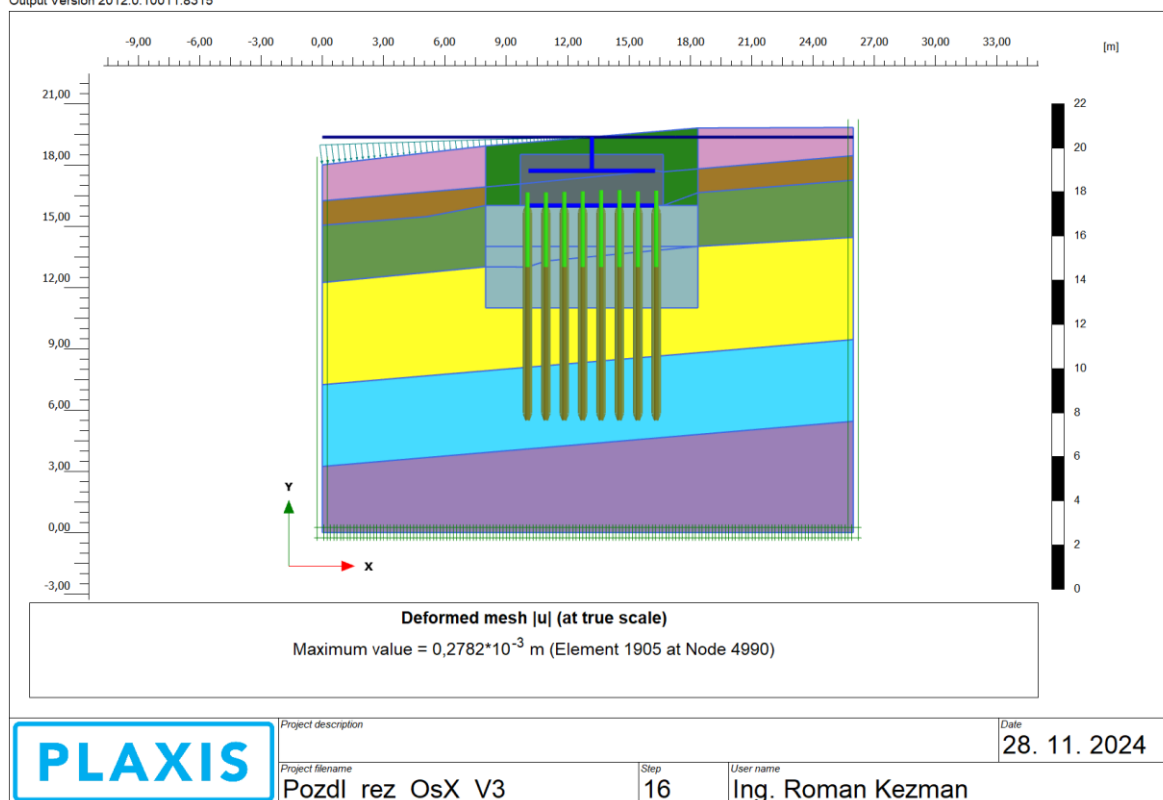
N = 564 kN, Q = 9,4 kN, M = 1 kNm/m

4) Stabilita $F_s = 2,6$ (minimálne STN EN 1,25)

1) R.D. – vynulovanie deformácií.



2) Zhotovenie: trysková injektáž, zakladania, pilier.



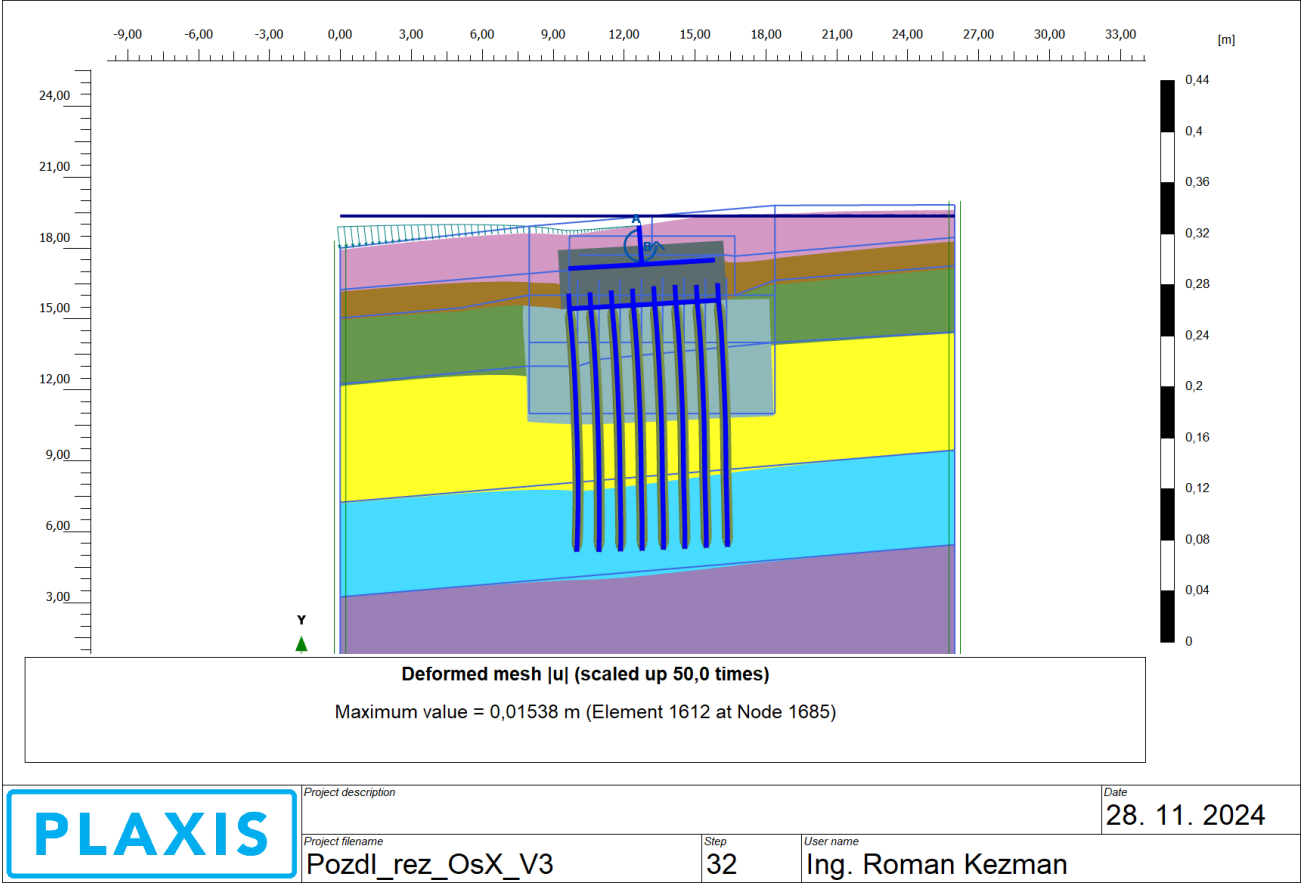
3) Zaťaženie kombinácia Pilier 10, NC2, NC1, Horizontálna, zvislá sila, moment.

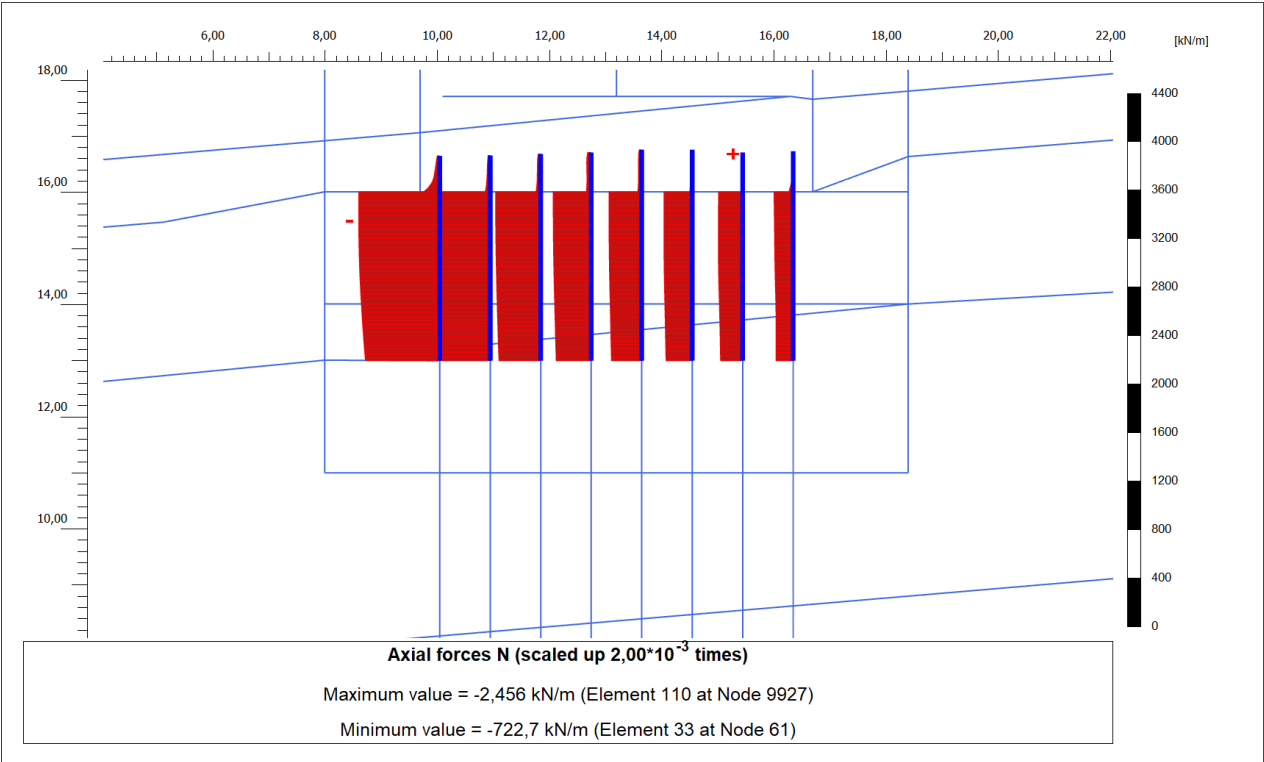
MSU: $\Delta Y_L = 11,5$ mm, $\Delta Y_P = 4,5$ mm, Nerovnomerne = 6 mm

II. MS: Predelené 1,3. $\Delta Y_L = 8,8$ mm, $\Delta Y_P = 3,5$ mm, Nerovnomerne = 5,3 mm

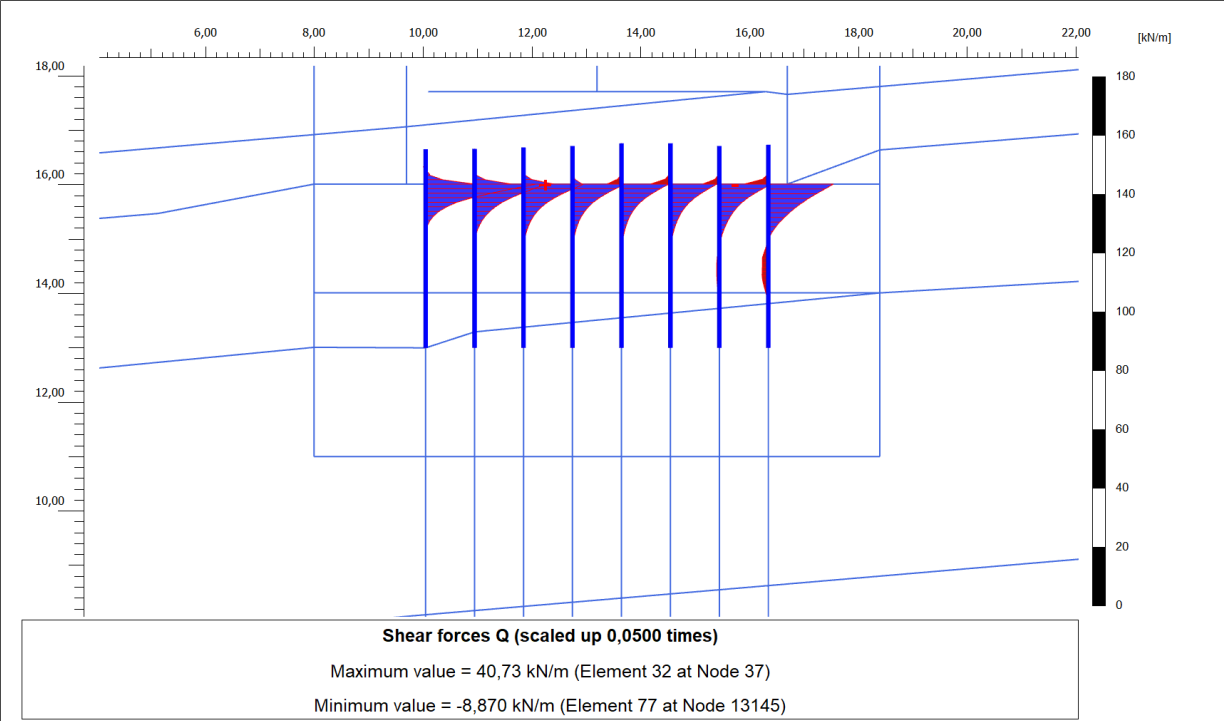
133/16: $N = 723 \text{ kN/m}$, $Q = 41 \text{ kN/m}$, $M = 9,3 \text{ kNm/m}$
 $N = 615 \text{ kN}$, $Q = 35 \text{ kN}$, $M = 8 \text{ kNm/m}$
89/16: $N = 663 \text{ kN/m}$, $Q = 11 \text{ kN/m}$, $M = 1,2 \text{ kNm/m}$
 $N = 564 \text{ kN}$, $Q = 9,4 \text{ kN}$, $M = 1 \text{ kNm/m}$

Output Version 2012.0.10011.8315

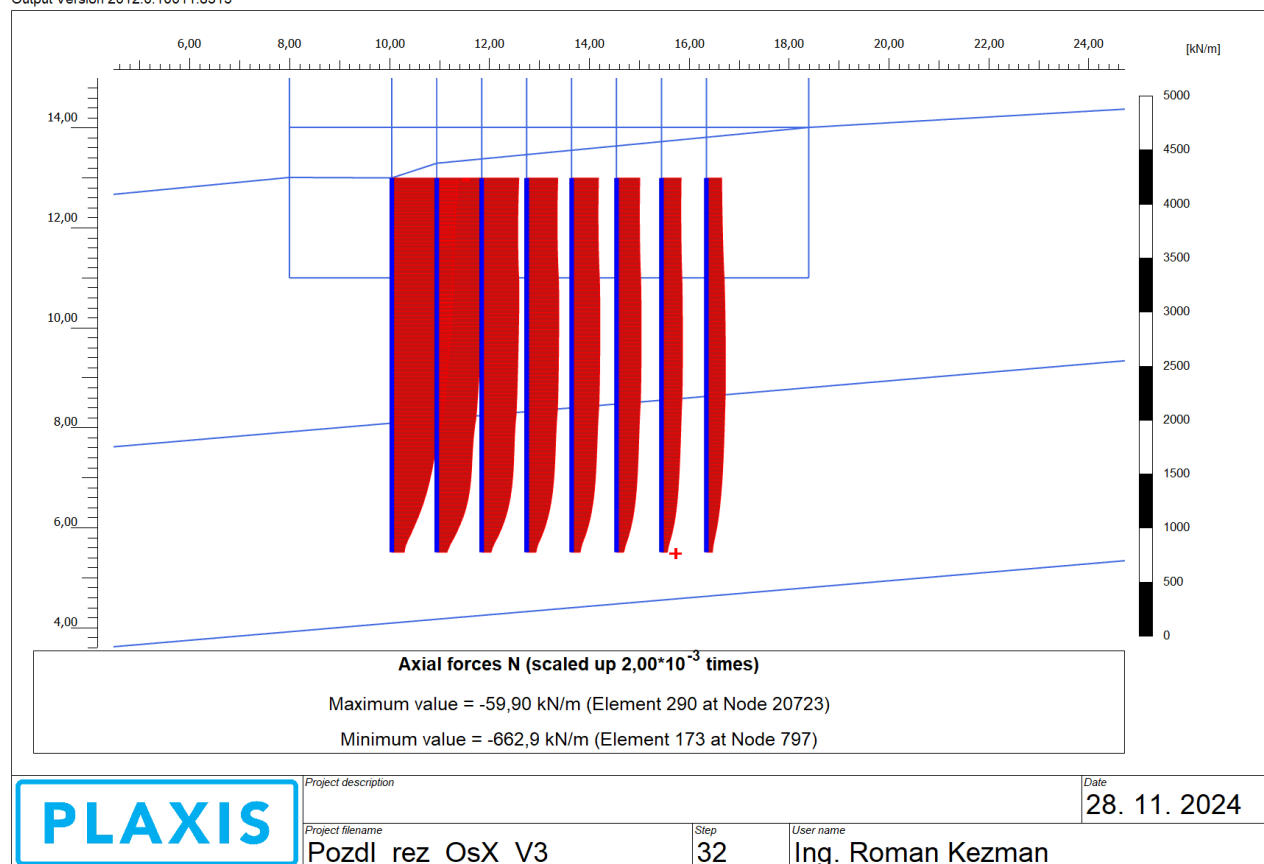
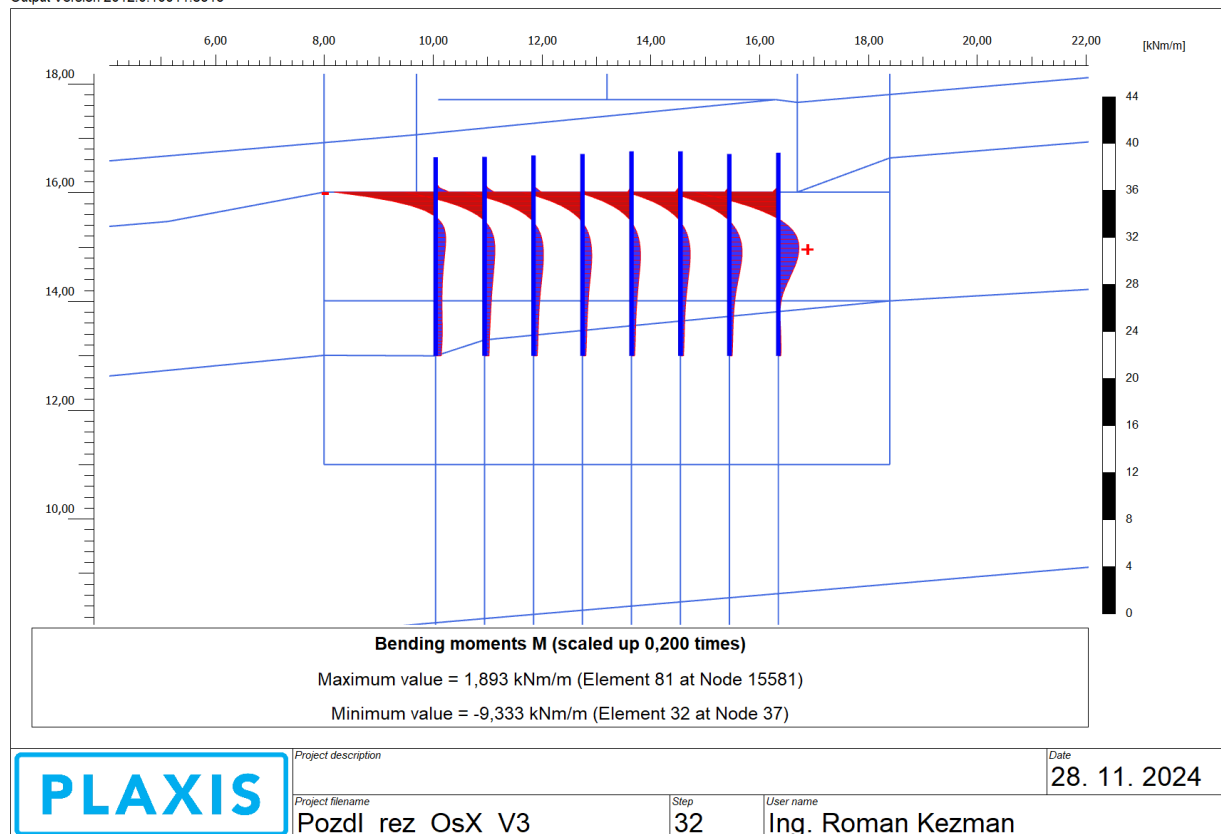




	Project description		Date
	Project filename	Step	User name
	Pozdl_rez_OsX_V3	32	Ing. Roman Kezman



	Project description		Date
	Project filename	Step	User name
	Pozdl_rez_OsX_V3	32	Ing. Roman Kezman



4) Stabilita $F_s = 2,6$ (minimálne STN EN 1,25)

Návrh jadra mikropilót - Pilier 10

Profil: rúra 133/16, S460 (450, str.27 STN EN 1993) posúdenie jadra prierezu.

$$d_{vo} := 133\text{mm} \quad t_s := 16\text{mm}$$

$$ss := \frac{d_{vo}}{t_s} \quad ss = 8.313$$

Profil bude vždy v triede 1. ss je menšie ako 50 x E2 (50x0,51=25,5 (S460 je 25,5))

Určenie momentu zotrvačnosti a prierezového modulu jadra mikropilóty 133/16 (dvn = 101mm):

$$d_{vo} := 0.133\text{m}$$

$$d_{vn} := 0.101\text{m}$$

$$I_{vo} := \frac{\pi \cdot d_{vo}^4}{64} \quad I_{vo} = 1.536 \times 10^{-5} \text{m}^4$$

$$I_{vn} := \frac{\pi \cdot d_{vn}^4}{64} \quad I_{vn} = 5.108 \times 10^{-6} \text{m}^4$$

$$I_c := I_{vo} - I_{vn} \quad I_c = 1.025 \times 10^{-5} \text{m}^4$$

$$W_c := \frac{I_c}{\frac{d_{vo}}{2}} \quad W_c = 1.542 \times 10^{-4} \text{m}^3$$

$$A_o := \frac{\pi \cdot d_{vo}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{vn}^2}{4} \quad A_o = 0.005881 \text{m}^2$$

Max. moment, ktorý prenesie jadro mikropilóty:

$$\text{Spôľahlivosť materiálu:} \quad \gamma_{m0} := 1.2$$

$$f_y := 440\text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 366.667\text{MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 56.524\text{kN}\cdot\text{m}$$

Max. osová sila, ktorú prenesie jadro mikropilóty (so vzperom v podloží nie je potrebné uvažovať) :

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 2156.389\text{kN}$$

Zaťažovacia kombinácia NC2, NC1 (S440):

$$M_{\max X} := 8 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max Y} := 3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{\max} := 615 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Pri momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.25}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.25}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.25}{M_U} = 0.6 \quad \text{musí byť menšie ako 1 (vyhovuje)}$$

Ohyb, šmyk (priečna sila) a osová sila (STN EN 1993-1-1, 6.2.10). Za predpokladu, že priečna sila neprekročí 50% návrhovej priečnej sily plastickej odolnosti nie je potrebné zmenšiť odolnosť pre ohyb a osovú silu.

Výslednica priečnej sily zo smerov X a Y:

$$Q_V := 35 \text{ kN}$$

$$\gamma_{MO} := 1.5$$

$$V_{Ed} := Q_V$$

$$A_V := \frac{2 \cdot A_o}{\pi}$$

$$A_V = 0.003744 \text{ m}^2$$

STN EN 1993-1-1, 6.2.6

$$V_{plRd} := \frac{A_V \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{MO}}$$

$$V_{plRd} = 634.069 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{plRd}} = 0.055$$

Prierez je namáhaný 6% šmykovou silou, ktorú je schopný preniesť.

Profil: rúra 89/16, S355 (str.27 STN EN 1993) posúdenie jadra prierezu.

$$d_{VO} := 89 \text{ mm}$$

$$t_s := 16 \text{ mm}$$

$$ss := \frac{d_{vo}}{t_s} \quad ss = 5.563$$

Profil bude vždy v triede 1. ss je menšie ako 50 x E2 (50x0,66=33 (S355 je 33))

Určenie momentu zotrvačnosti a prierezového modulu jadra mikropilóty 89/16 (dvn = 101mm):

$$d_{vo} := 0.089\text{m}$$

$$d_{vn} := 0.057\text{m}$$

$$I_{vo} := \frac{\pi \cdot d_{vo}^4}{64} \quad I_{vo} = 3.08 \times 10^{-6} \text{m}^4$$

$$I_{vn} := \frac{\pi \cdot d_{vn}^4}{64} \quad I_{vn} = 5.182 \times 10^{-7} \text{m}^4$$

$$I_c := I_{vo} - I_{vn} \quad I_c = 2.562 \times 10^{-6} \text{m}^4$$

$$W_c := \frac{I_c}{\frac{d_{vo}}{2}} \quad W_c = 5.757 \times 10^{-5} \text{m}^3$$

$$A_o := \frac{\pi \cdot d_{vo}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{vn}^2}{4} \quad A_o = 0.003669 \text{m}^2$$

Max. moment, ktorý prenesie jadro mikropilóty:

$$\text{Spôľahlivosť materiálu:} \quad \gamma_{m0} := 1.15$$

$$f_y := 355 \text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 308.696 \text{MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 17.77 \text{kN}\cdot\text{m}$$

Max. osová sila, ktorú prenesie jadro mikropilóty (so vzperom v podloží nie je potrebné uvažovať) :

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 1132.722 \text{kN}$$

Zaťažovacia kombinácia NC2, NC1 (S355):

$$M_{\max X} := 1 \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max Y} := 2 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{\max} := 564 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Pri momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.25}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.25}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.25}{M_U} = 0.833 \quad \text{musí byť menšie ako 1 (vyhovuje)}$$

Ohyb, šmyk (priečna sila) a osová sila (STN EN 1993-1-1, 6.2.10). Za predpokladu, že priečna sila neprekročí 50% návrhovej priečnej sily plastickej odolnosti nie je potrebné zmenšiť odolnosť pre ohyb a osovú silu.

Výslednica priečnej sily zo smerov X a Y:

$$Q_V := 9.4 \text{ kN} \quad \gamma_{MO} := 1.5$$

$$V_{Ed} := Q_V$$

$$A_V := \frac{2 \cdot A_o}{\pi} \quad A_V = 0.002336 \text{ m}^2 \quad \text{STN EN 1993-1-1, 6.2.6}$$

$$V_{plRd} := \frac{A_V \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{MO}} \quad V_{plRd} = 319.19 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{plRd}} = 0.029$$

Prierez je namáhaný 3% šmykovou silou, ktorú je schopný preniesť.

Záver - pilier č. 10:

Mikropilóty: jadro je 89/16 (S355), Prstenec 133/16 mm (S460/440). Výpažnica - 203/8 mm. Maximálna sila je 615 kN. V podloží sa zhotoví trysková injekť. Dĺžka MP je 11 m. Únosnosť MP je 700 kN pri deformácii 3 mm. V smere osi (os X) železničnej trate je 8 MP. Krajné môžu byť uklonené. Vlastnosti zemín zásypu základu piliera: $G3/G-F$, $\varphi_{ef} = 33^\circ$, $c_{ef} = 0 \text{ kPa}$, $E_{oed} = 121 \text{ MPa}$, $E_{def} = 100 \text{ MPa}$, $\gamma_z = 20 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3}$, $\nu = 0.25$, $\beta = 0.83$.

Posúdenie zakladania pilieru č. 4:

Geologická skladba v podloží a vlastnosti zemín vstupujúce do výpočtu:

0 – 5,8 m G3 – naplaveniny

$\varphi_{ef} = 29^\circ$, $c_{ef} = 0$ kPa, $E_{oed} = 100$ MPa, $E_{def} = 83$ MPa, $\gamma_z = 19$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

5,8 – 12,8 m R6, íl tuhej konzistencie

$\varphi_{ef} = 19^\circ$, $c_{ef} = 14$ kPa, $E_{oed} = 68$ MPa, $E_{def} = 50$ MPa, $\gamma_z = 21$ kN.m⁻³, $\nu = 0,3$, $\beta = 0,74$, PR.

12,8 – X m R3/R4 (5 – 50 MPa)

$\varphi_{ef} = 29^\circ$, $c_{ef} = 46$ kPa, $E_{oed} = 333$ MPa, $E_{def} = 300$ MPa, $\gamma_z = 23$ kN.m⁻³, $\nu = 0,2$, $\beta = 0,9$, PR.

Trysková injektáž:

$\varphi_{ef} = 21^\circ$, $c_{ef} = 40$ kPa, $E_{oed} = 203$ MPa, $\gamma_z = 22$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

Mikropilóty: jadro je 89/16 (D vonkajšie 89 / d vnútorné 57 mm), Prstenec 133/16 mm.

Výpažnica: 203/8

Oceľ S355, S460.

Sily pôsobia vo vrchole základu. Vstupné sily sú aj s tiažou základu a piliera č. 4. Tiaž (model piliera) do výpočtu 0 kN.

Šírka základu je 10,05 m (dĺžka 14,1 m)

1. Reakcie

Nelineárny výpočet, Extrém : Uzol

Výber : Opora2, Pilier10, Pilier4

Nelineárne kombinácie : NC2

Podpera	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Opora2/N 15	NC2	- 11210,40	162,50	47304,48	-1009,61	-34961,45	- 1424,50
Pilier10/ N13	NC2	-5616,56	158,82	47502,30	-1119,65	-32462,06	-377,54
Pilier4/N 1	NC2	12460,68	376,53	66711,17	11966,22	175245,10	2998,37

2. Reakcie

Nelineárny výpočet, Extrém : Uzol

Výber : Opora2, Pilier10, Pilier4

Nelineárne kombinácie : NC1

Podpera	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Opora2/N 15	NC1	8989,34	-164,87	44717,08	1504,60	116192,80	1507,53
Pilier10/ N13	NC1	4491,63	-161,32	48031,25	1562,73	32206,22	425,22
Pilier4/N 1	NC1	- 8449,82	-76,02	63387,71	17695,34	- 128467,60	845,20

Kombinácia: Pilier 4, NC2, NC1, dĺžka 14.1 m

Rx = 12461 kN = 883,8 (+ 71,2 kN = 955) kN/m; Rz = 66711 kN = 4731 kN/m; My = 175245 kNm = 12429 kNm/m;

Moment Mz prisúdime štyrom krajným radom mikropilót na každej strane. Šírka medzi 4 radmi MP je 3,6 m. Rameno je 5,85 m. Fm = 2998 kNm / 2 / 5,85 m / 3,6 m = 71,2 kN/bm (priráta sa k Rx)

Zaťaženie v pozdĺžnom smere tvorí rozhodujúce zaťaženie. Priečny smer tvorí maximálne 2,2% / 13% pozdĺžneho zaťaženia (vo forme osovej sily / momentu).

Výpočet: „Pozdĺžny_smer_X_V1“

0) IP – počiatočná fáza určenie východzieho geostatického napätia

1) R.D. – vynulovanie deformácií.

2) Zhotovenie: trysková injektáž, zakladanie, pilier.

3) Zaťaženie kombinácia Pilier 10, NC2, NC1, Horizontálna, zvislá sila, moment.

MSU: $\Delta YL = 11$ mm, $\Delta YP = -1$ mm, Nerovnomerne = 12 mm

II. MS: Predelené 1,3. $\Delta YL = 8,5$ mm, $\Delta YP = 0,8$ mm, Nerovnomerne = 9,3 mm

133/16: N = 919 (ťah 363) kN/m, Q = 34 kN/m, M = 5,8 kNm/m

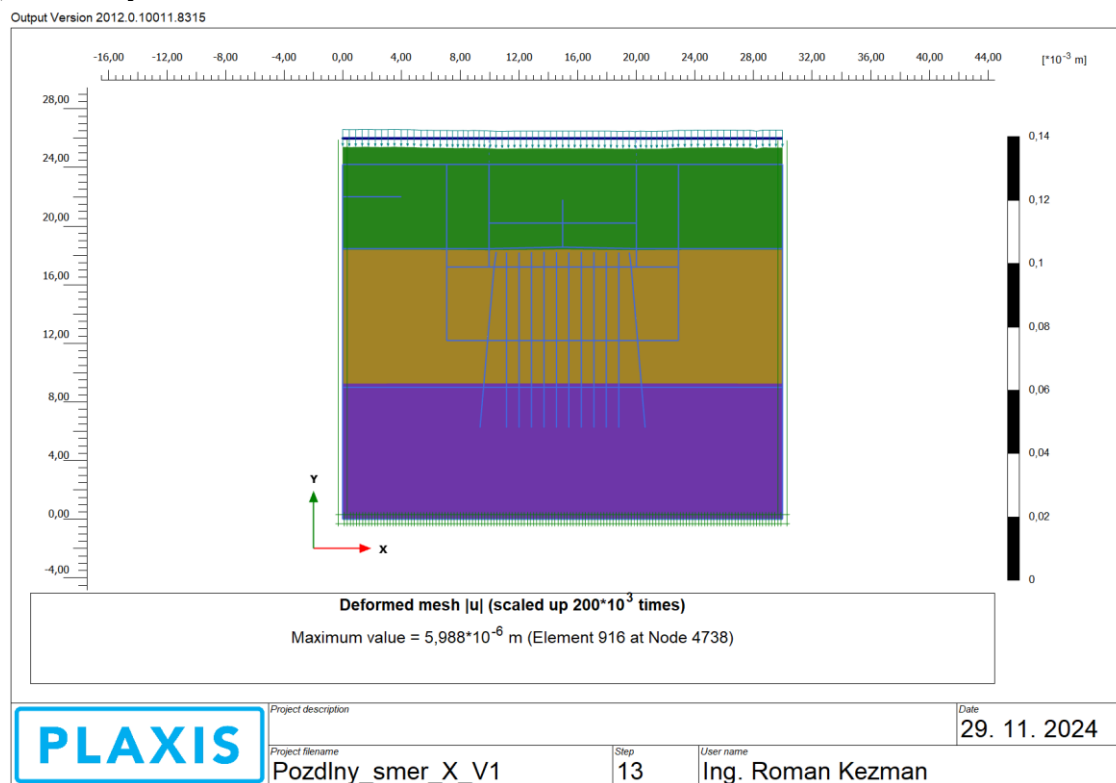
N = 827 (ťah 327) kN, Q = 31 kN, M = 5,2 kNm/m

89/16: N = 842 (ťah 283) kN/m, Q = 8,4 kN/m, M = 2,6 kNm/m

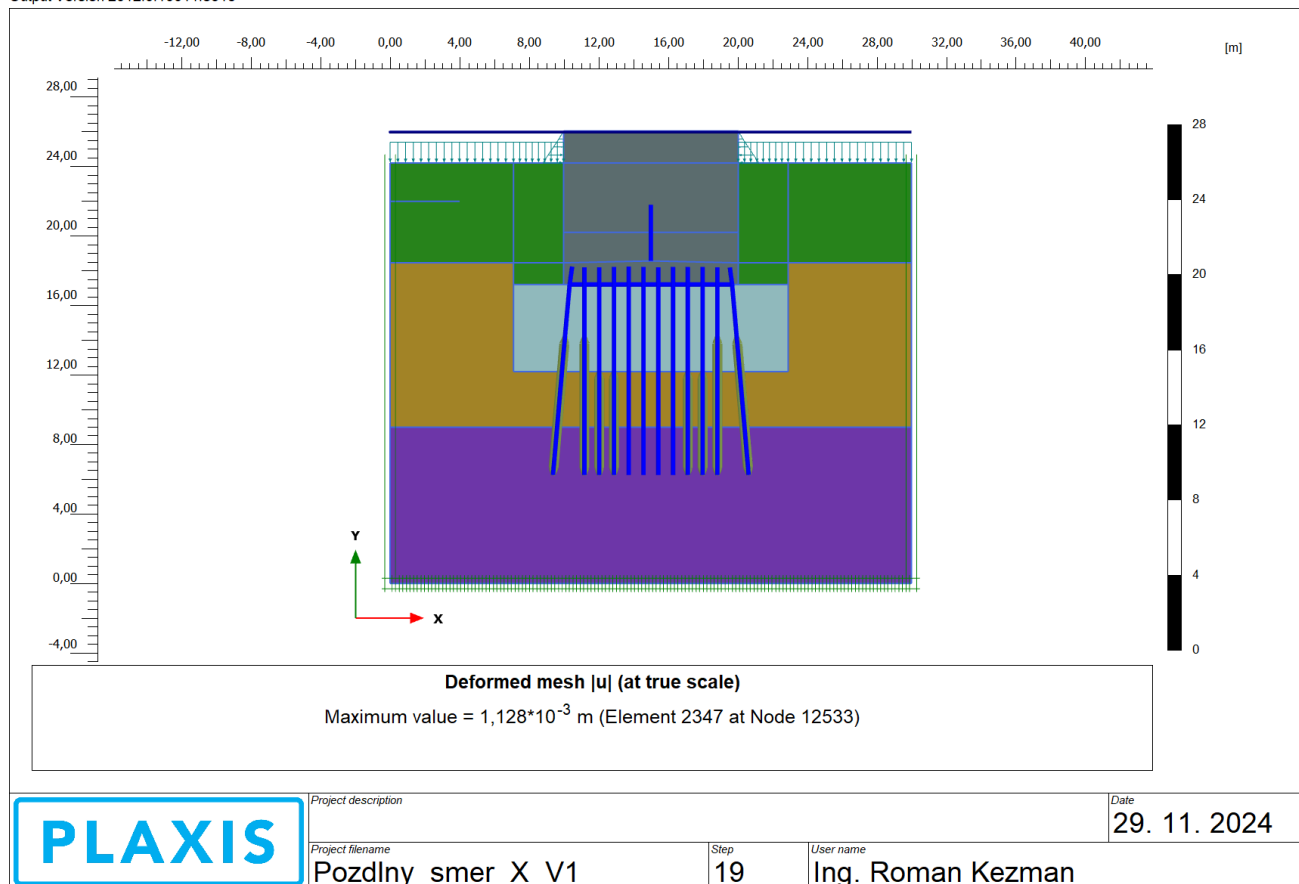
N = 756 (ťah 255) kN, Q = 7,6 kN, M = 2,3 kNm/m

4) Stabilita Fs = 2,27 (minimálne STN EN 1,25)

1) R.D. – vynulovanie deformácii.



2) Zhotovenie: trysková injektáž, zakladanie, pilier.



3) Zaťaženie kombinácia Pilier 10, NC2, NC1, Horizontálna, zvislá sila, moment.

MSU: $\Delta YL = 11$ mm, $\Delta YP = -1$ mm, Nerovnomerne = 12 mm

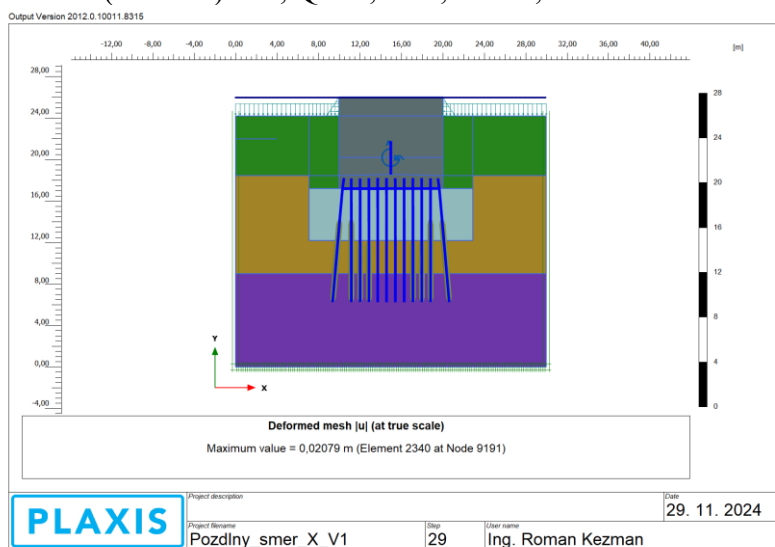
II. MS: Predelené 1,3. $\Delta YL = 8,5$ mm, $\Delta YP = 0,8$ mm, Nerovnomerne = 9,3 mm

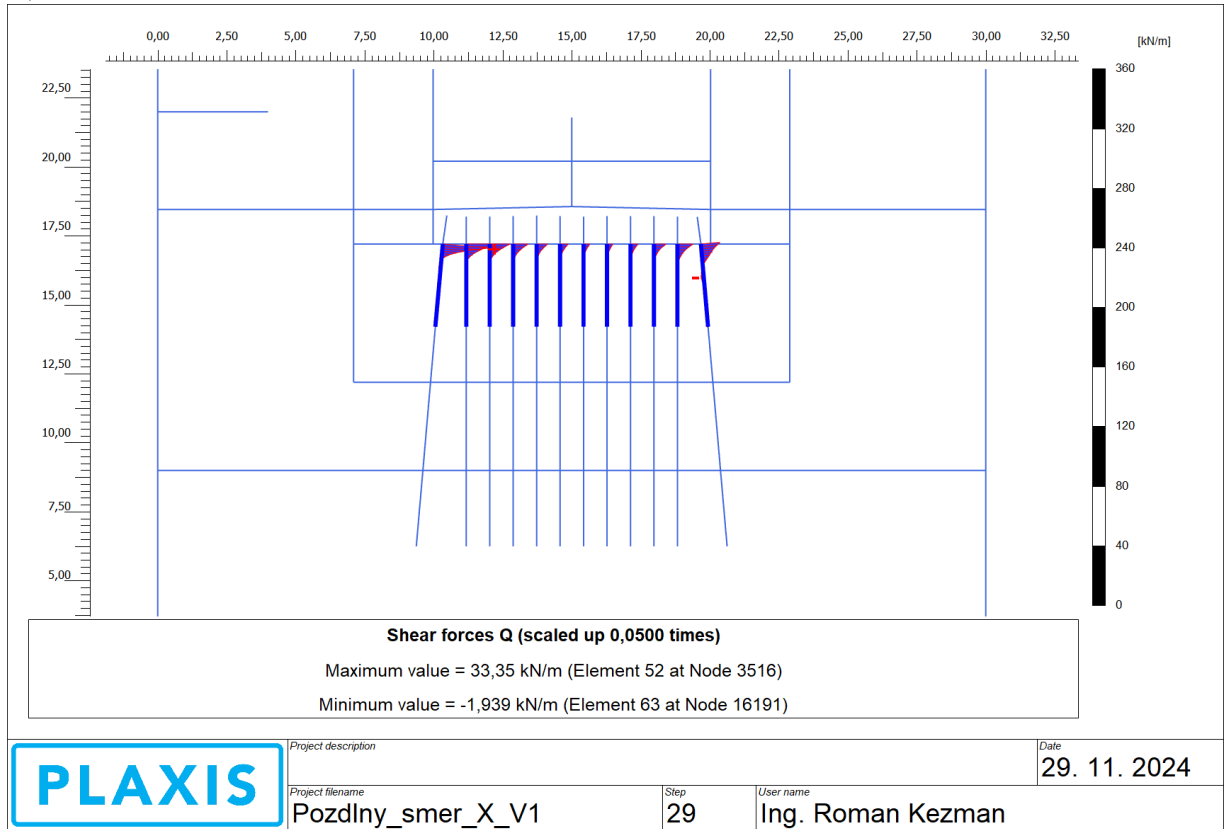
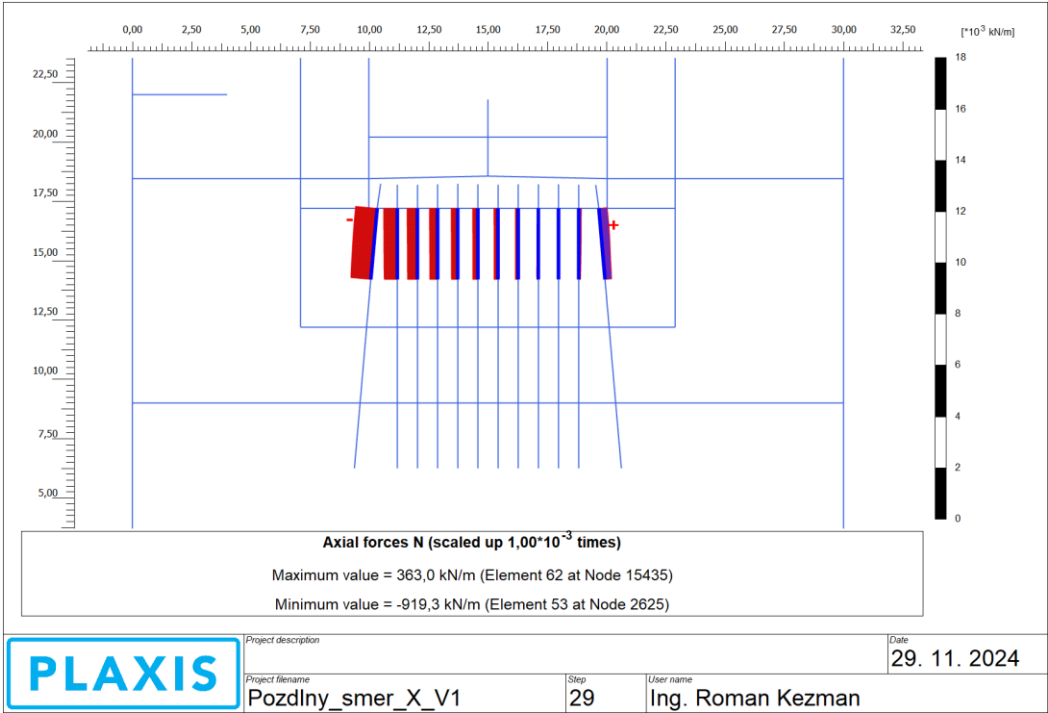
133/16: N = 919 (ťah 363) kN/m, Q = 34 kN/m, M = 5,8 kNm/m

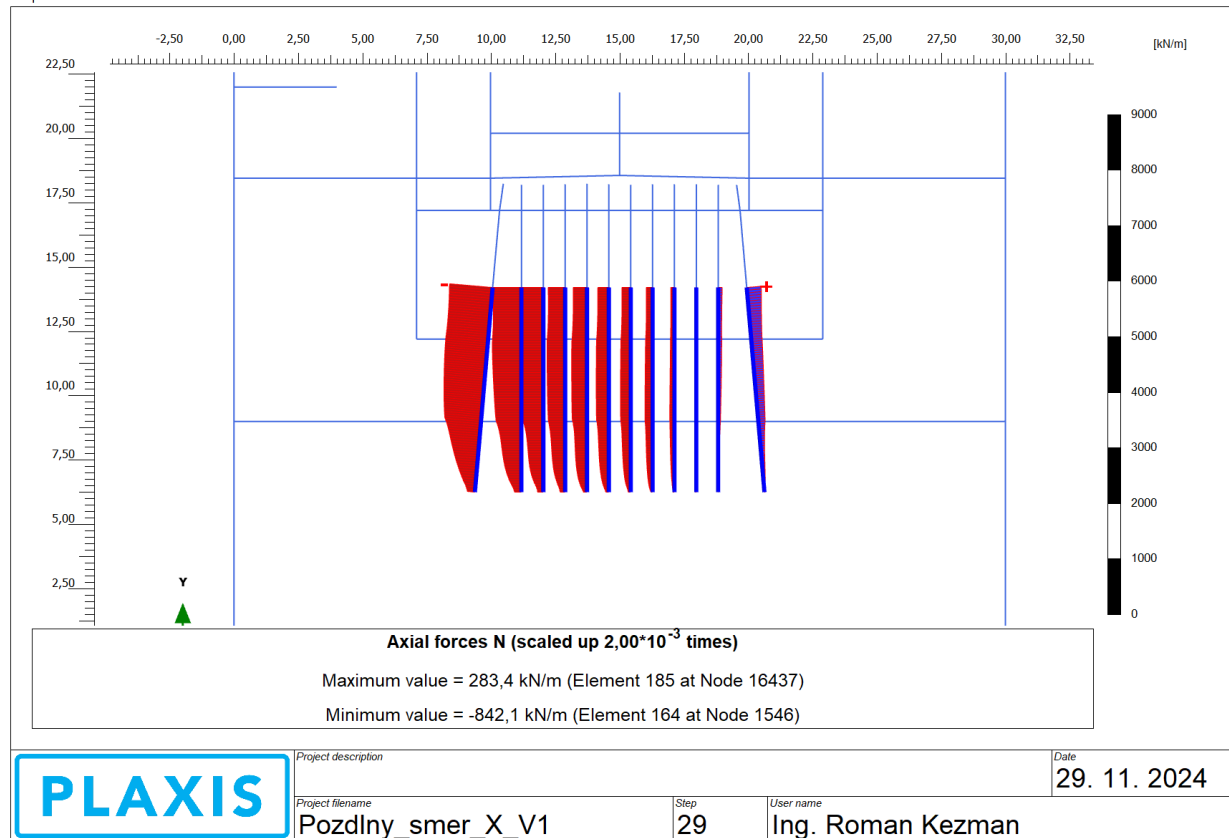
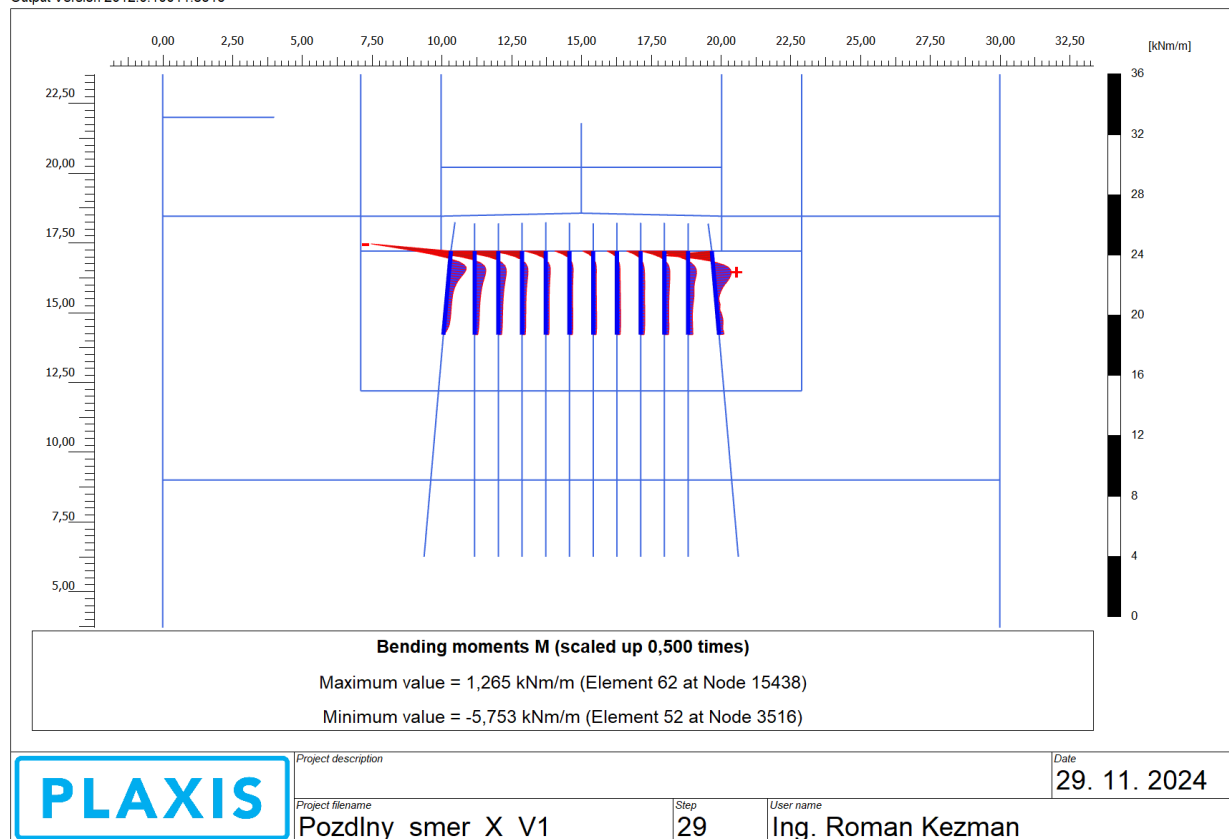
N = 827 (ťah 327) kN, Q = 31 kN, M = 5,2 kNm/m

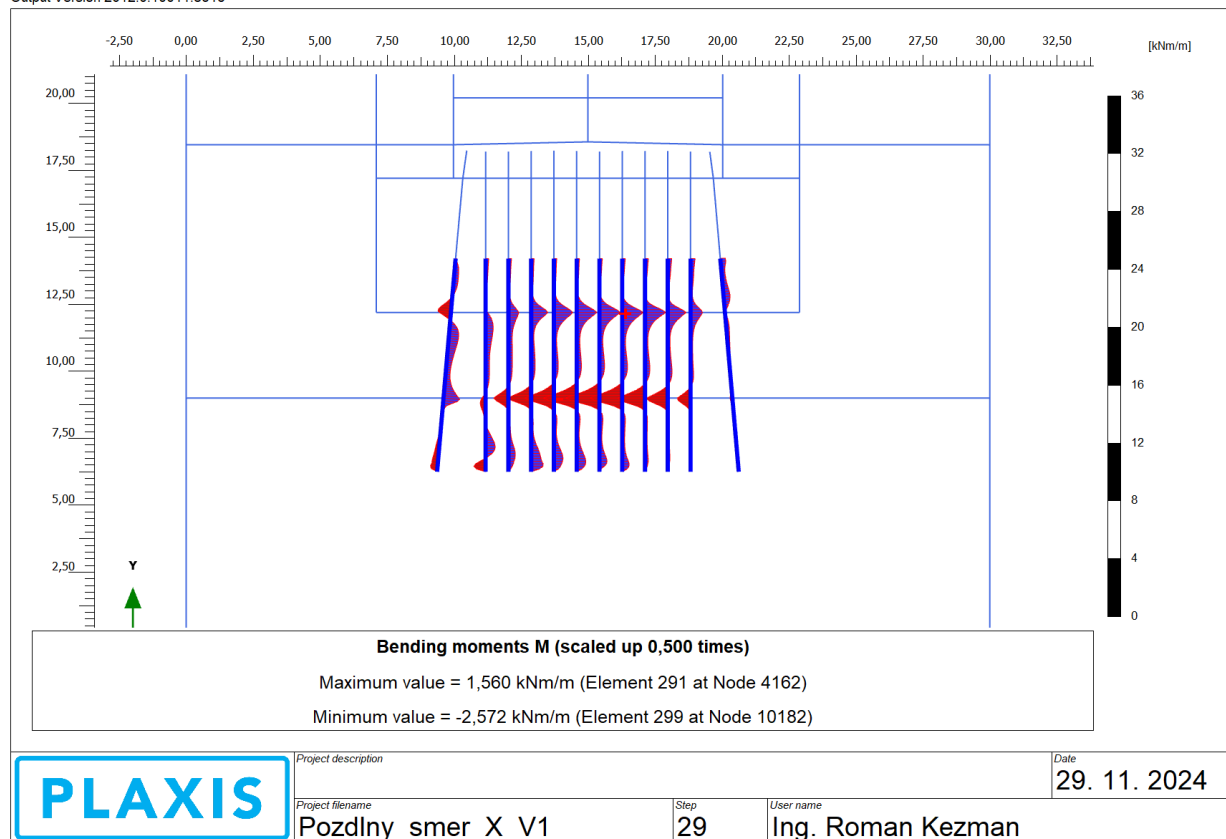
89/16: N = 842 (ťah 283) kN/m, Q = 8,4 kN/m, M = 2,6 kNm/m

N = 756 (ťah 255) kN, Q = 7,6 kN, M = 2,3 kNm/m

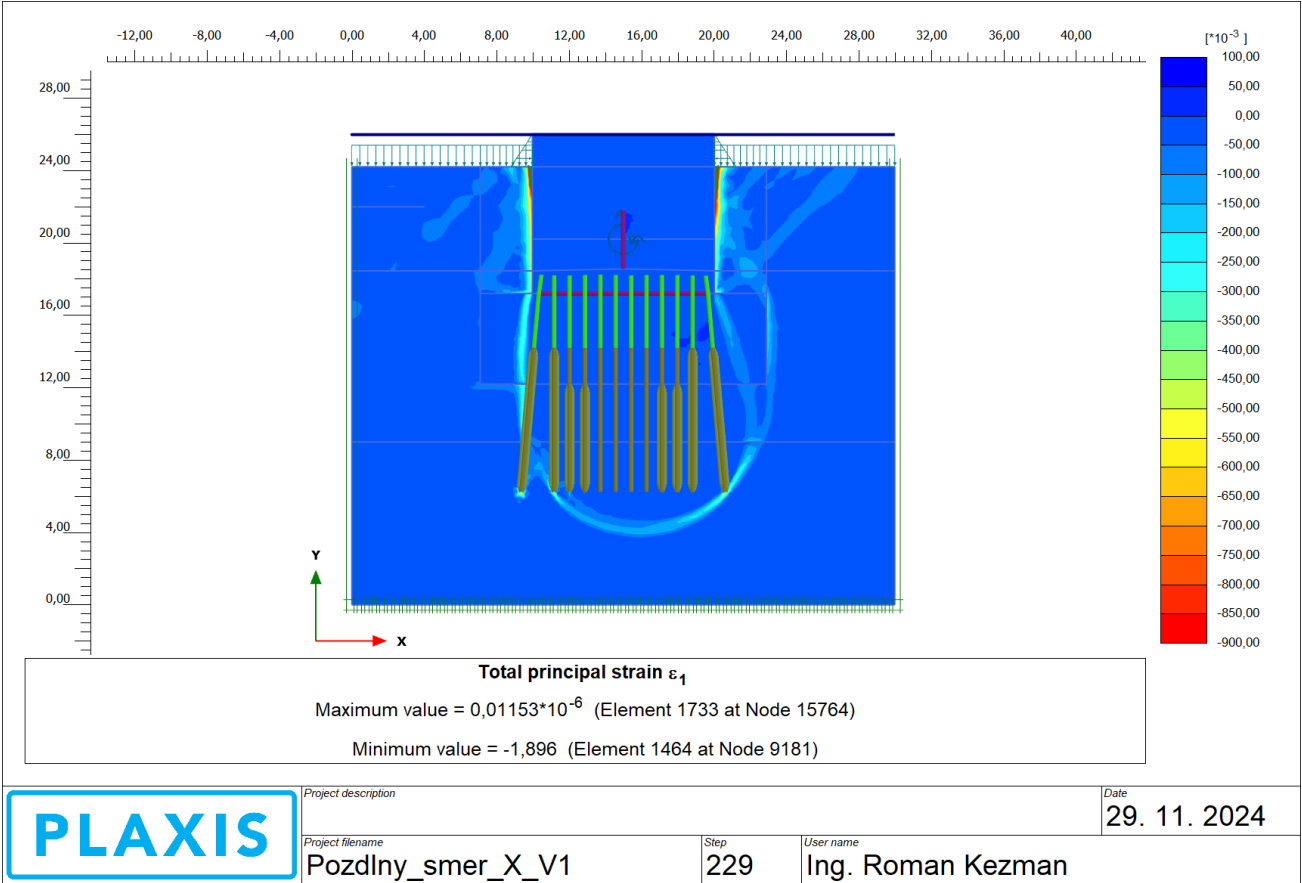








4) Stabilita $F_s = 2,27$ (minimálne STN EN 1,25)



Návrh jadra mikropilót - Pilier 4

Profil: rúra 133/16, S460 (450, str.27 STN EN 1993) posúdenie jadra prierezu.

$$d_{vo} := 133\text{mm} \quad t_s := 16\text{mm}$$

$$ss := \frac{d_{vo}}{t_s} \quad ss = 8.313$$

Profil bude vždy v triede 1. ss je menšie ako 50 x E2 (50x0,51=25,5 (S460 je 25,5))

Určenie momentu zotrvačnosti a prierezového modulu jadra mikropilóty 133/16 (dvn = 101mm):

$$d_{vo} := 0.133\text{m}$$

$$d_{vn} := 0.101\text{m}$$

$$I_{vo} := \frac{\pi \cdot d_{vo}^4}{64} \quad I_{vo} = 1.536 \times 10^{-5} \text{m}^4$$

$$I_{vn} := \frac{\pi \cdot d_{vn}^4}{64} \quad I_{vn} = 5.108 \times 10^{-6} \text{m}^4$$

$$I_c := I_{vo} - I_{vn} \quad I_c = 1.025 \times 10^{-5} \text{m}^4$$

$$W_c := \frac{I_c}{\frac{d_{vo}}{2}} \quad W_c = 1.542 \times 10^{-4} \text{m}^3$$

$$A_o := \frac{\pi \cdot d_{vo}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{vn}^2}{4} \quad A_o = 0.005881 \text{m}^2$$

Max. moment, ktorý prenesie jadro mikropilóty:

$$\text{Spôľahlivosť materiálu:} \quad \gamma_{m0} := 1.2$$

$$f_y := 440\text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 366.667\text{MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 56.524\text{kN}\cdot\text{m}$$

Max. osová sila, ktorú prenesie jadro mikropilóty (so vzperom v podloží nie je potrebné uvažovať) :

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 2156.389\text{kN}$$

Zaťažovacia kombinácia NC2, NC1 (S440):

$$M_{\max X} := 5.2 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max Y} := 3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{\max} := 827 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Pri momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.25}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.25}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.25}{M_U} = 0.661 \quad \text{musí byť menšie ako 1 (vyhovuje)}$$

Ohyb, šmyk (pričná sila) a osová sila (STN EN 1993-1-1, 6.2.10). Za predpokladu, že pričná sila neprekročí 50% návrhovej pričnej sily plastickej odolnosti nie je potrebné zmenšiť odolnosť pre ohyb a osovú silu.

Výslednica pričnej sily zo smerov X a Y:

$$Q_V := 31 \text{ kN} \quad \gamma_{MO} := 1.5$$

$$V_{Ed} := Q_V$$

$$A_V := \frac{2 \cdot A_o}{\pi} \quad A_V = 0.003744 \text{ m}^2 \quad \text{STN EN 1993-1-1, 6.2.6}$$

$$V_{pIRd} := \frac{A_V \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{MO}} \quad V_{pIRd} = 634.069 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pIRd}} = 0.049$$

Prierez je namáhaný 5% šmykovou silou, ktorú je schopný preniesť.

Profil: rúra 89/16, S355 (str.27 STN EN 1993) posúdenie jadra prierezu.

$$d_{v0} := 89 \text{ mm}$$

$$t_s := 16 \text{ mm}$$

$$ss := \frac{d_{vo}}{t_s} \quad ss = 5.563$$

Profil bude vždy v triede 1. ss je menšie ako 50 x E2 (50x0,66=33 (S355 je 33))

Určenie momentu zotrvačnosti a prierezového modulu jadra mikropilóty 89/16 (dvn = 101mm):

$$d_{vo} := 0.089\text{m}$$

$$d_{vn} := 0.057\text{m}$$

$$I_{vo} := \frac{\pi \cdot d_{vo}^4}{64} \quad I_{vo} = 3.08 \times 10^{-6} \text{m}^4$$

$$I_{vn} := \frac{\pi \cdot d_{vn}^4}{64} \quad I_{vn} = 5.182 \times 10^{-7} \text{m}^4$$

$$I_c := I_{vo} - I_{vn} \quad I_c = 2.562 \times 10^{-6} \text{m}^4$$

$$W_c := \frac{I_c}{\frac{d_{vo}}{2}} \quad W_c = 5.757 \times 10^{-5} \text{m}^3$$

$$A_o := \frac{\pi \cdot d_{vo}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{vn}^2}{4} \quad A_o = 0.003669 \text{m}^2$$

Max. moment, ktorý prenesie jadro mikropilóty:

$$\text{Spôľahlivosť materiálu:} \quad \gamma_{m0} := 1.15$$

$$f_y := 355 \text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \quad f_{yd} = 308.696 \text{MPa}$$

$$M_U := f_{yd} \cdot W_c \quad M_U = 17.77 \text{kN}\cdot\text{m}$$

Max. osová sila, ktorú prenesie jadro mikropilóty (so vzperom v podloží nie je potrebné uvažovať) :

$$N_U := f_{yd} \cdot A_o \quad N_U = 1132.722 \text{kN}$$

Zaťažovacia kombinácia NC2, NC1 (S355):

$$M_{\max X} := 2.3 \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{\max Y} := 1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{\max} := 756 \text{ kN} \quad (\text{maximálna z prerozdelenia síl})$$

Posúdenie prierezu (STN EN 1993-1-1, 6.2.1., (bod 7)):

Pri momentoch je uvažovaná určitá nepresnosť (zeminy, kontakt základu s injekčnou zmesou):

$$\frac{N_{\max} \cdot 1.15}{N_U} + \frac{M_{\max X} \cdot 1.2}{M_U} + \frac{M_{\max Y} \cdot 1.2}{M_U} = 0.99 \quad \text{musí byť menšie ako 1 (vyhovuje)}$$

Ohyb, šmyk (pričná sila) a osová sila (STN EN 1993-1-1, 6.2.10). Za predpokladu, že pričná sila neprekročí 50% návrhovej pričnej sily plastickej odolnosti nie je potrebné zmenšiť odolnosť pre ohyb a osovú silu.

Výslednica pričnej sily zo smerov X a Y:

$$Q_V := 7.6 \text{ kN} \quad \gamma_{MO} := 1.5$$

$$V_{Ed} := Q_V$$

$$A_V := \frac{2 \cdot A_o}{\pi} \quad A_V = 0.002336 \text{ m}^2 \quad \text{STN EN 1993-1-1, 6.2.6}$$

$$V_{plRd} := \frac{A_V \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{MO}} \quad V_{plRd} = 319.19 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{plRd}} = 0.024$$

Prierez je namáhaný 3% šmykovou silou, ktorú je schopný preniesť.

Posouzení piloty
Vstupní data
Projekt

Akce : Pilier 4

Datu : 25. 11.
m 2024

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1
(EC2)
Součinitele EN 1992-1-1 : standardní
Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1
(EC3)
Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu : $g_{M0} = 1,00$
Dřevěné konstrukce : EN 1995-1-1
(EC5)
Dílčí součinitel vlastností dřeva : $g_M = 1,30$
Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti (k_{mod}) : $k_{mod} = 0,50$
Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo) (k_{cr}) : $k_{cr} = 0,67$

Piloty





Výpočet pro odvodněné podmínky : ČSN 73 1002
Zatěžovací křivka : nelineární (Masopust)
Vodorovná únosnost : pružný poloprostor
Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)					
Trvalá návrhová situace					
		Nepříznivé		Příznivé	
Stálé zatížení :	$g_G =$	1,35	[-]	1,00	[-]





Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$g_s =$	1,10	[-]
Součinitel redukce odporu na patě :	$g_b =$	1,10	[-]
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty :	$g_{st} =$	1,15	[-]

Základní parametry zemin





Číslo	Název	Vzorek	j_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	g [kN/m ³]	n [-]
-------	-------	--------	-----------------	-------------------	-----------------------------	------------

Číslo	Název	Vzorek	jef [°]	cef [kPa]	g [kN/m ³]	n [–]
1	1_R5		24,00	25,00	22,00	0,25
2	2_R6		19,00	14,00	21,00	0,30
3	3_RR3/R4		29,00	46,00	23,00	0,20
4	0_Napl. G3, středně ulehlá		29,00	0,00	19,00	0,25

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Číslo	Název	Vzorek	Eoed [MPa]	Edef [MPa]	gsat [kN/m ³]	gs [kN/m ³]	n [–]
1	1_R5		96,00	-	22,10	-	-
2	2_R6		68,00	-	21,10	-	-
3	3_RR3/R4		333,00	-	23,10	-	-
4	0_Napl. G3, středně ulehlá		100,00	-	19,30	-	-

Parametry zemín pro výpočet modulu reakce podloží

Číslo	Název	Vzorek	Typ zeminy	nh [MN/m ³]
1	1_R5		soudržná	-
2	2_R6		soudržná	-
3	3_RR3/R4		soudržná	-
4	0_Napl. G3, středně ulehlá		nesoudržná	4,00

Parametry zemín

1_R5

Objemová tíha : $g = 22,0 \text{ kN/m}^3$
Úhel vnitřního tření : $jef = 24,0^\circ$
Soudržnost zeminy : $cef = 25,0 \text{ kPa}$
Poissonovo číslo : $n = 0,25$

Edometrický modul : Eoe = 96,0 MPa
d 0
Obj.tíha sat.zeminy : gsat = 22,1 kN/m
0 3
Typ zeminy : soudržná

2_R6

Objemová tíha : g = 21,0 kN/m
0 3
Úhel vnitřního tření : jef = 19,0 °
0
Soudržnost zeminy : cef = 14,0 kPa
0
Poissonovo číslo : n = 0,30
Edometrický modul : Eoe = 68,0 MPa
d 0
Obj.tíha sat.zeminy : gsat = 21,1 kN/m
0 3
Typ zeminy : soudržná

3_RR3/R4

Objemová tíha : g = 23,00 kN/m
3
Úhel vnitřního tření : jef = 29,00 °
Soudržnost zeminy : cef = 46,00 kPa
Poissonovo číslo : n = 0,20
Edometrický modul : Eoe = 333,0 MPa
d 0
Obj.tíha sat.zeminy : gsat = 23,10 kN/m
3
Typ zeminy : soudržná

0_Napl. G3, středně ulehlá

Objemová tíha : g = 19,00 kN/m
3
Úhel vnitřního tření : jef = 29,00 °
Soudržnost zeminy : cef = 0,00 kPa
Poissonovo číslo : n = 0,25
Edometrický modul : Eoe = 100,0 MPa
d 0
Obj.tíha sat.zeminy : gsat = 19,30 kN/m
3
Typ zeminy : nesoudržná
Modul horiz.stlačitelnosti : nh = 4,00 MN/m
3

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr $d = 0,20 \text{ m}$
r
Délka $l = 11,0 \text{ m}$
0

Spočtené průřezové charakteristiky

Plocha $A = 3,14E-02 \text{ m}^2$
Moment setrvačnosti $I = 7,85E-05 \text{ m}^4$

Umístění

Vysazení $h = -6,80 \text{ m}$
Hloubka upraveného terénu $h_z = 0,00 \text{ m}$

Typ technologie: Beraněné piloty
Modul reakce podloží uvažován podle ČSN 731004.

Materiál konstrukce

Objemová tíha $g = 27,00 \text{ kN/m}^3$
Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton : C 25/30

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 25,00 \text{ MPa}$
Pevnost v tahu $f_{ct} = 2,60 \text{ MPa}$
Modul pružnosti $E_c = 31000,0 \text{ MPa}$
Modul pružnosti ve smyku $G = 12917,0 \text{ MPa}$


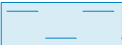
Ocel podélná : B500



Mez kluzu $f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$

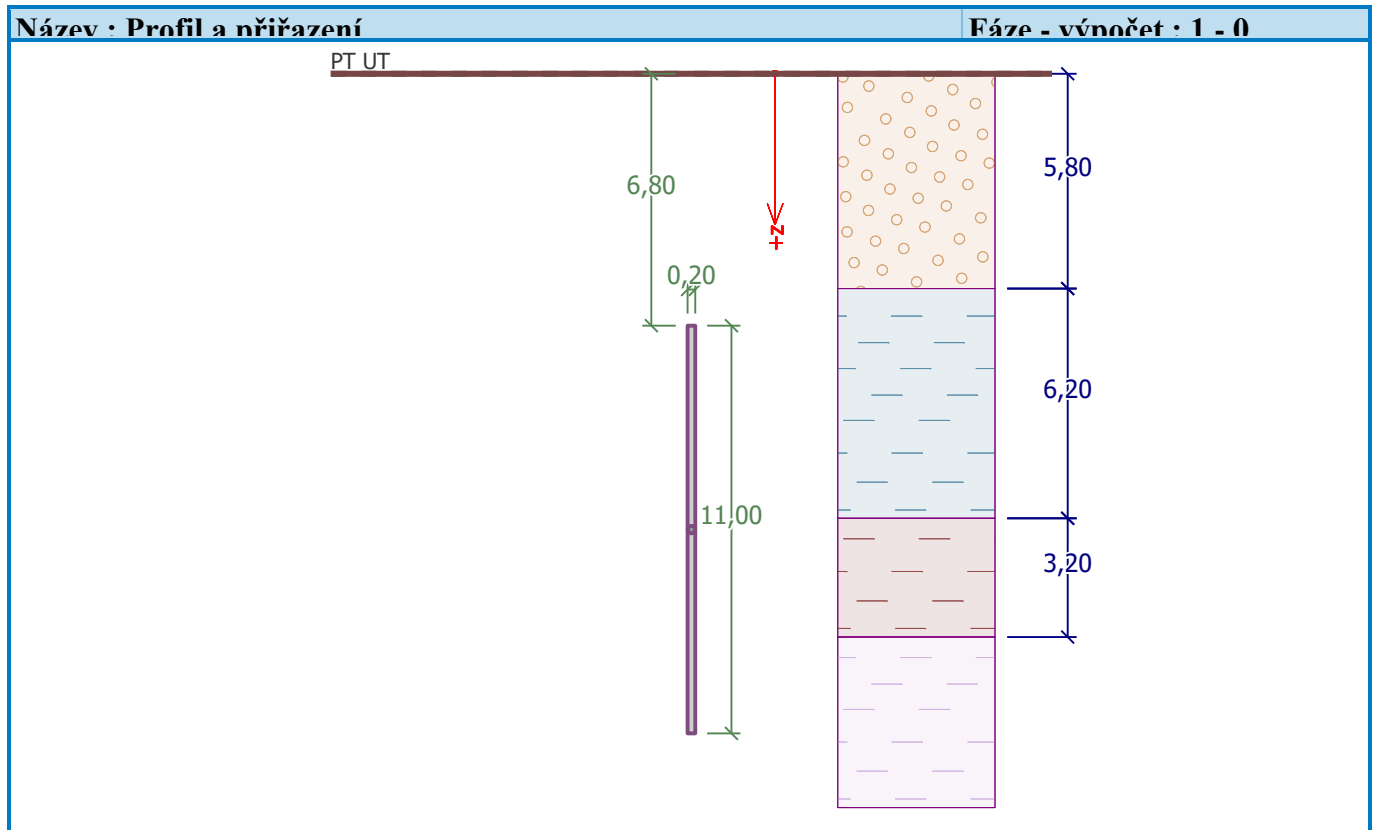
Ocel příčná: B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	5,80	0_Napl. G3, středně ulehlá	
2	6,20	1_R5	

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
3	3,20	2_R6	
4	-	3_RR3/R4	



Zatížení

Číslo	Zatížení nové	změna	Název	Typ	N [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Hx [kN]	Hy [kN]
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	850,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Ano		Zatížení č. 2	Užitné	654,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce -2,10 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení

Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Metodika posouzení : bez redukce vstupních dat

Posouzení čís. 1

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva a číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	Es [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0,00	5,80	5,80	18,00	60,00	20,00
2	5,80	12,00	6,20	54,00	131,00	94,00
3	12,00	15,20	3,20	40,00	97,00	108,00
4	15,20	17,80	2,60	90,00	190,00	180,00

Uvažovat zatížení : návrhové

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1,00$

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 20,0$ mm

Regresní součinitel $e = 2000,00$

Regresní součinitel $f = 1200,00$

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Mezní síla na plášti piloty $R_s = 920,14$ kN
Velikost napětí na patě při R_{sy} $q_0 = 1986,5$ kPa
Průměrné plášťové tření $q_s = 133,13$ kPa
Průměrný sečnový modul deformace $E_s = 58,44$ MPa
Součinitel přenosu zatížení do paty $b = 0,04$

Příčinkové součinitele sedání :

Základní - závislý na poměru l/d $I_0 = 0,04$

Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,67$

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Body zatěžovací křivky

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0,0	0,00
2,0	578,44
4,0	818,04
6,0	962,26
8,0	976,30
10,0	990,34

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
12,0	1004,38
14,0	1018,42
16,0	1032,46
18,0	1046,50
20,0	1060,54

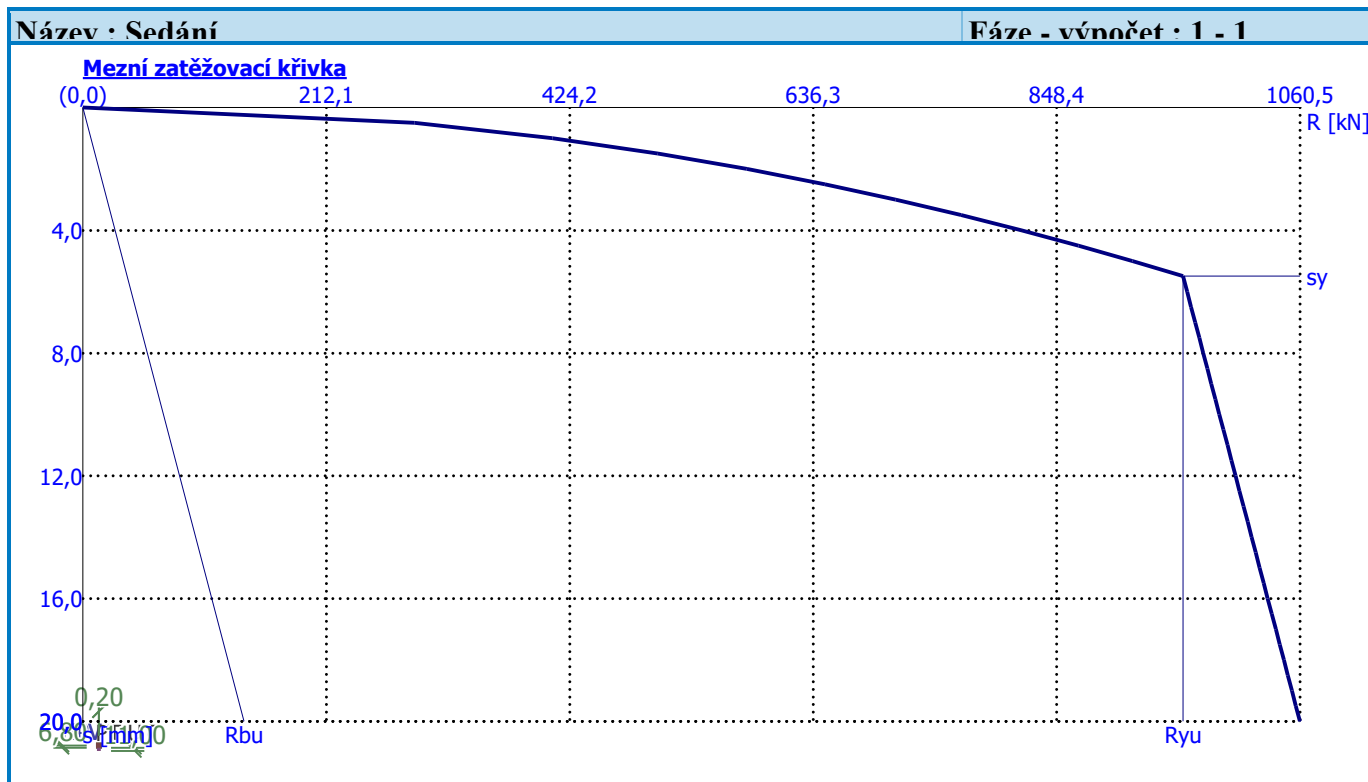
Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace
plášť.tření $R_y = 958,70 \text{ kN}$
Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 5,5 \text{ m}$
 u

Únosnosti odpovídající sednutí 20,0
mm :

Únosnost paty $R_b = 140,40 \text{ kN}$
 u
Celková únosnost $R_c = 1060,5 \text{ kN}$
4

Pro zatížení $Q = 850,00 \text{ kN}$ je sednutí piloty 4,3 mm



Záver - pilier č. 4:

Mikropilóty: jadro je 89/16 (S355), Prstenec 133/16 mm (S460/440). Výpažnica - 203/8 mm. Maximálna sila je 827 (ťah 327) kN. V podloží sa zhotoví trysková injektáž (mocnosť 5 m). Dĺžka MP je 11 m. Únosnosť MP je 850 kN pri deformácii 4,3 mm. V smere osi (os X) železničnej trate je 12 MP. Krajné môžu byť uklonené. Vlastnosti zemín zásypu základu piliera: G3/G-F, $\varphi_{ef} = 33^\circ$, $c_{ef} = 0$ kPa, $E_{oed} = 121$ MPa, $E_{def} = 100$ MPa, $\gamma_z = 20$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$. Zásyp po úroveň naplavenín.

Posúdenie zakladania pilieru č. 5:

Geologická skladba v podloží a vlastnosti zemín vstupujúce do výpočtu:

0 – 5,8 m G3 – naplaveniny

$\varphi_{ef} = 29^\circ$, $c_{ef} = 0$ kPa, $E_{oed} = 100$ MPa, $E_{def} = 83$ MPa, $\gamma_z = 19$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

5,8 – 12,8 m R6, íl tuhej konzistencie

$\varphi_{ef} = 19^\circ$, $c_{ef} = 14$ kPa, $E_{oed} = 68$ MPa, $E_{def} = 50$ MPa, $\gamma_z = 21$ kN.m⁻³, $\nu = 0,3$, $\beta = 0,74$, PR.

12,8 – X m R3/R4 (5 – 50 MPa)

$\varphi_{ef} = 29^\circ$, $c_{ef} = 46$ kPa, $E_{oed} = 333$ MPa, $E_{def} = 300$ MPa, $\gamma_z = 23$ kN.m⁻³, $\nu = 0,2$, $\beta = 0,9$, PR.

Trysková injektáž:

$\varphi_{ef} = 21^\circ$, $c_{ef} = 40$ kPa, $E_{oed} = 203$ MPa, $\gamma_z = 22$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$, PR.

Mikropilóty: jadro je 89/16 (D vonkajšie 89 / d vnútorné 57 mm), Prstenec 133/16 mm.

Výpažnica: 203/8

Oceľ S355, S460.

Sily pôsobia vo vrchole základu. Vstupné sily sú aj s tiažou základu a piliera č. 5. Tiaž (model piliera) do výpočtu 0 kN.

Šírka základu je 7 m (dĺžka 10,94 m)

1. Reakcie

Nelineárny výpočet, Extrém : Uzol

Výber : Pilier5

Nelineárne kombinácie : 2,1

Podper a	Stav	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Pilier5/ N3	2,1	- 2612,21	-268,70	53097,0 2	3804,87	- 30999,72	527,24

2. Reakcie

Nelineárny výpočet, Extrém : Uzol

Výber : Pilier5

Nelineárne kombinácie : NC2

Podper a	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Pilier5/ N3	NC2	4225,50	600,23	43461,2 6	9749,77	36936,4 5	1513,51

Kombinácia: Pilier 5, 2,1, NC2 dĺžka 10,94 m

$R_x = 4223 \text{ kN} = 386 \text{ (} + 55 \text{ kN} = 441 \text{) kN/m}$; $R_z = 48000 \text{ kN} = 4387 \text{ kN/m}$; $M_y = 36936 \text{ kNm} = 3376 \text{ kNm/m}$;

Moment M_z prisúdime štyrom krajným radom mikropilót na každej strane. Šírka medzi 4 radmi MP je 3,6 m. Rameno je 3,83 m. $F_m = 1513 \text{ kNm} / 2 / 3,83 \text{ m} / 3,6 \text{ m} = 55 \text{ kN/bm}$ (priráta sa k R_x)

Zaťaženie v pozdĺžnom smere tvorí rozhodujúce zaťaženie. Priechy smer tvorí minoritné zaťaženie (do 20%).

Výpočet: „Pozdlny_rez_P5_V1“

0) IP – počiatočná fáza určenie východzieho geostatického napätia

1) R.D. – vynulovanie deformácií.

2) Zhotovenie: trysková injektáž, zakladanie, pilier.

3) Zaťaženie kombinácia Pilier 5, 2,1, NC2, Horizontálna, zvislá sila, moment.

MSU: $\Delta Y_L = 9,8 \text{ mm}$, $\Delta Y_P = 4,8 \text{ mm}$, Nerovnomerne = 5 mm

II. MS: Predelené 1,3. $\Delta Y_L = 7,5 \text{ mm}$, $\Delta Y_P = 3,7 \text{ mm}$, Nerovnomerne = 3,8 mm

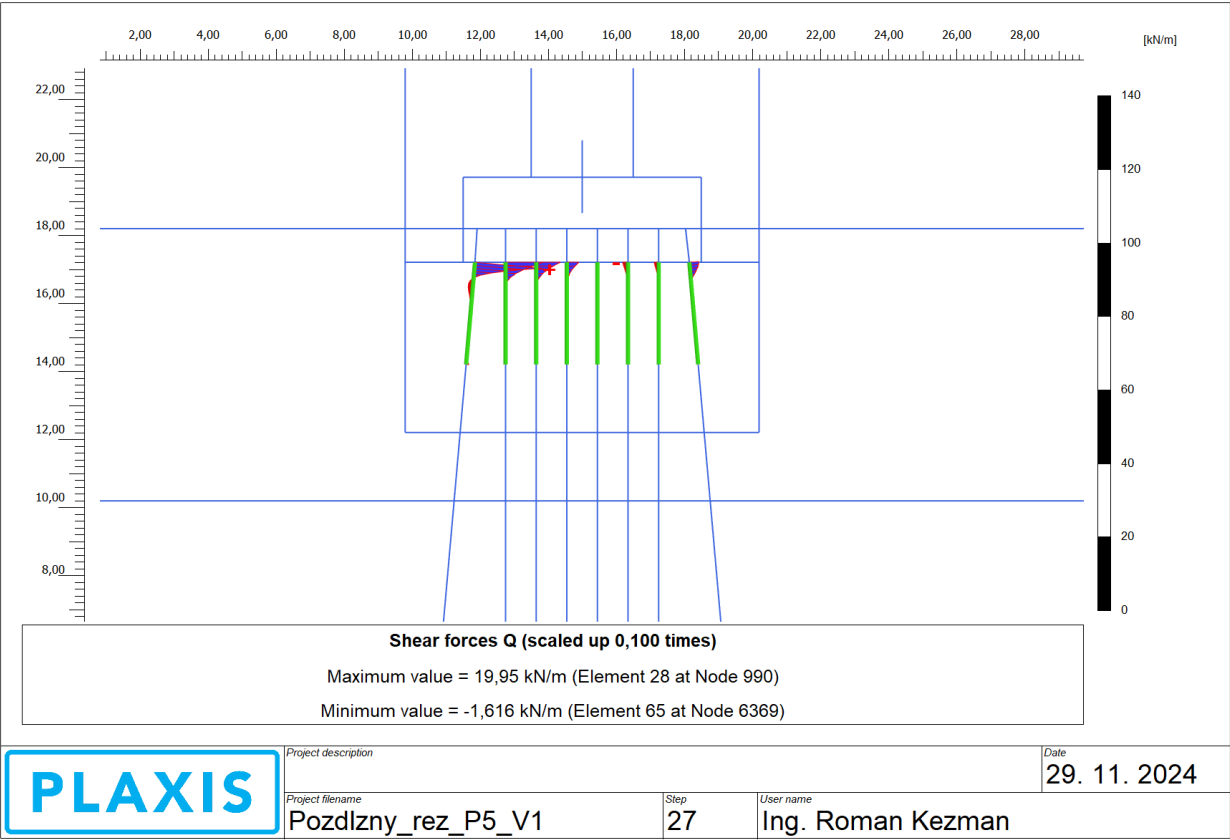
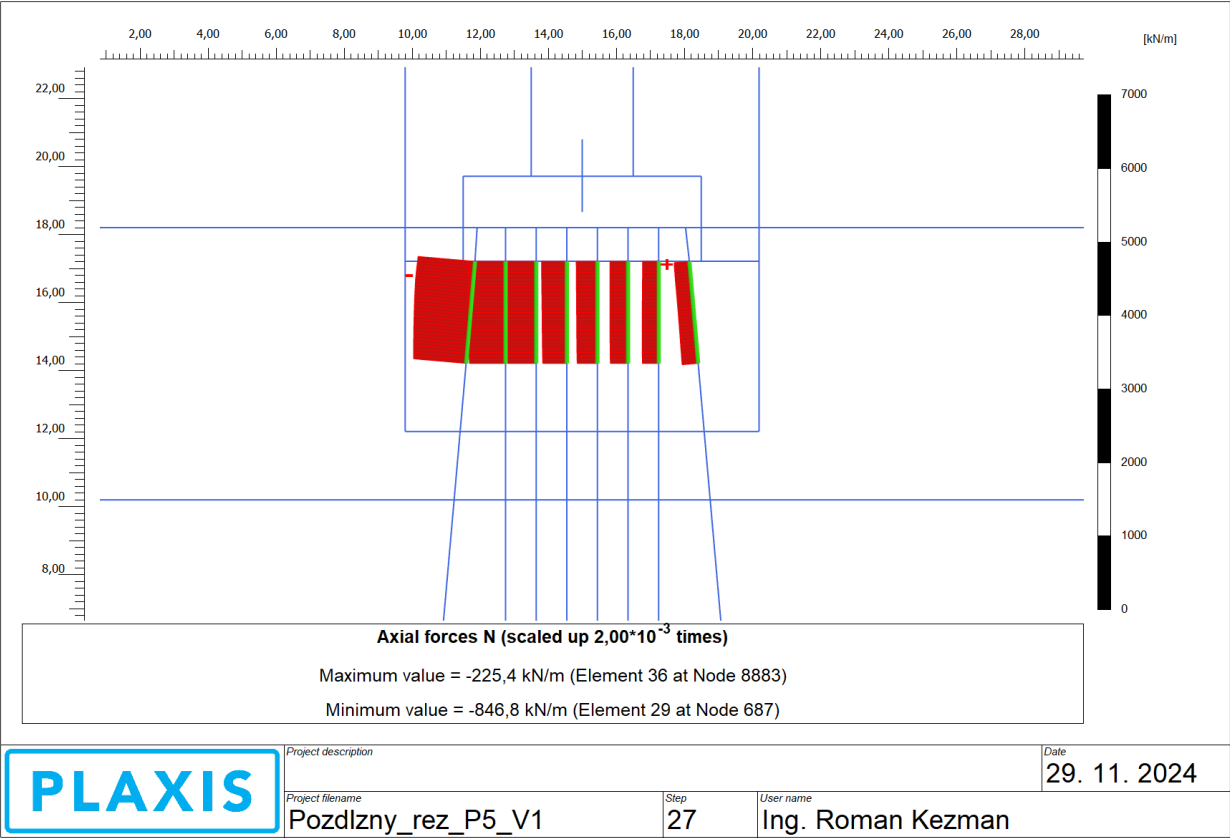
133/16: $N = 847 \text{ kN/m}$, $Q = 20 \text{ kN/m}$, $M = 2,8 \text{ kNm/m}$

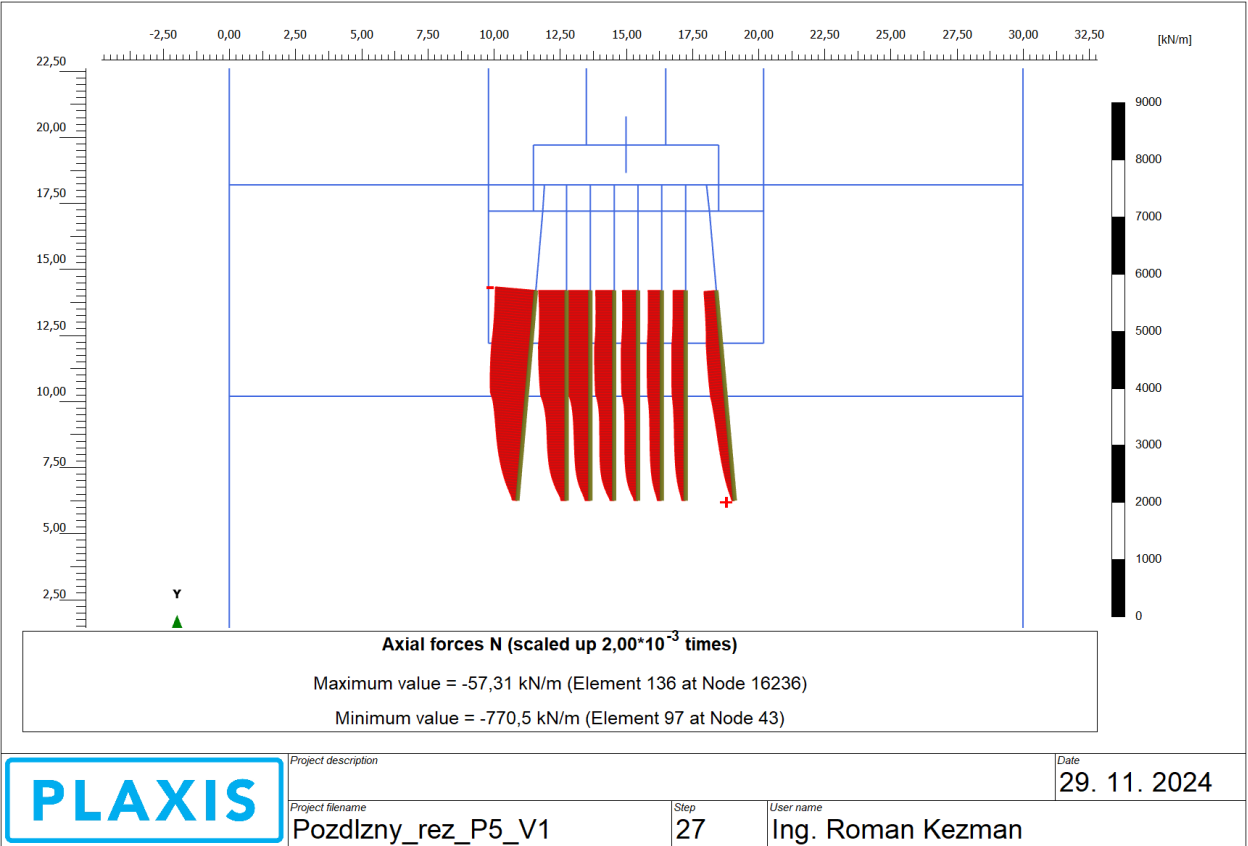
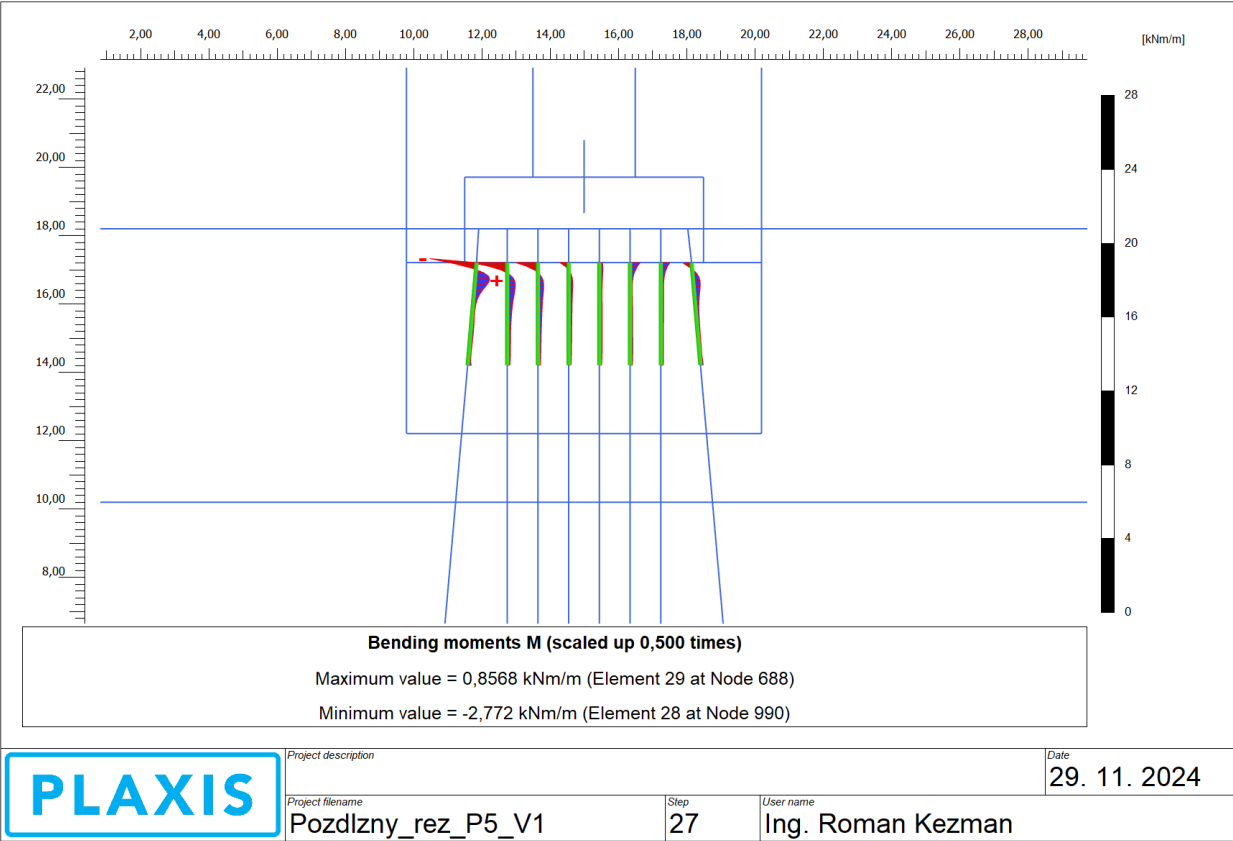
$N = 720 \text{ kN}$, $Q = 17 \text{ kN}$, $M = 2,4 \text{ kNm/m}$

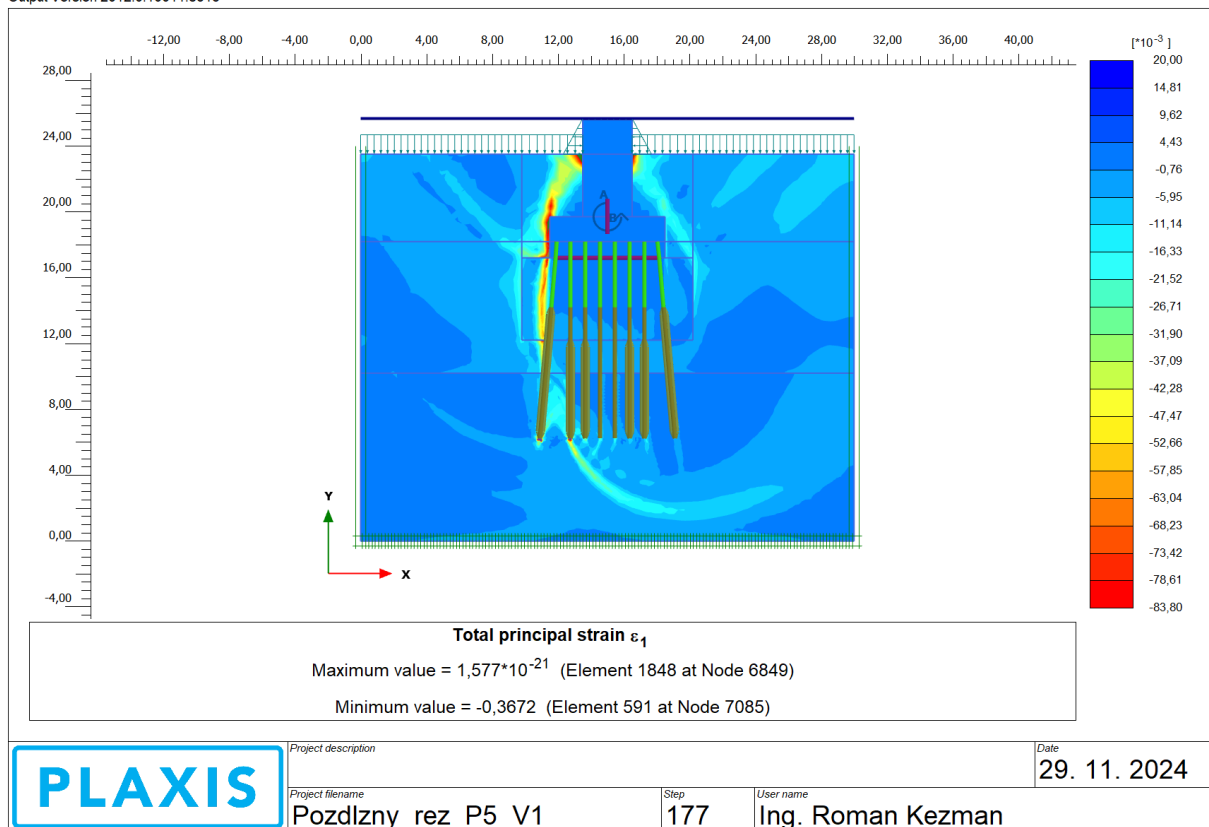
89/16: $N = 771 \text{ kN/m}$, $Q = 7,3 \text{ kN/m}$, $M = 1,9 \text{ kNm/m}$

$N = 655 \text{ kN}$, $Q = 6,2 \text{ kN}$, $M = 1,6 \text{ kNm/m}$

4) Stabilita $F_s = 3,1$ (minimálne STN EN 1,25)







Záver - pilier č. 5:

Mikropilóty: jadro je 89/16 (S355), Prstenec 133/16 mm (S460/440). Výpažnica - 203/8 mm. Maximálna sila je 720 (ťahová sila v MP nevzniká) kN. V podloží sa zhotoví trysková injektáž (mocnosť 5 m). Dĺžka MP je 11 m. Únosnosť MP je 850 kN pri deformácii 4,3 mm (porovnateľné s únosnosťou piliera č. 4). V smere osi (os X) železničnej trate je 8 MP. Krajné MP môžu byť uklonené. Vlastnosti zemín zásypu základu piliera: $G_3/G-F$, $\varphi_{ef} = 33^\circ$, $c_{ef} = 0$ kPa, $E_{oed} = 121$ MPa, $E_{def} = 100$ MPa, $\gamma_z = 20$ kN.m⁻³, $\nu = 0,25$, $\beta = 0,83$. Zásyp po úroveň naplavenín.

V Bratislave 11.2024

Ing. Roman Kezman

Príloha č. 2 Vybrané posudky NK

1. Posúdenie šírky trhlín

Nakoľko je nosná konštrukcia navrhnutá ako spojitý rám dĺžky 123 m s pomerne tuhou spodnou stavbou bolo potrebné venovať osobitnú pozornosť zaťaženiu teplotou ako aj reologickými zmenami.

Postup výstavby konštrukcie bol zvolený tak aby sa využil čas realizácie v maximálnej možnej miere k uskutočneniu reologických zmien na saticky určitej sústave. Z tohto dôvodu bol návrh budovania nosnej konštrukcie zvolený takzvanými „T“ vahadlami, čím bolo zamedzené vzniku trhlín v kritických miestach, ktorými je stred rozpätia polí. Toto miesto s najmenšou hrúbkou dosky je predurčené na vznik trhlín. Nakoľko konštrukcia pomerne rýchlo so vzdialenosťou od stredu naberá hrúbku betón dosiahne takú plochu, pre ktorú aj značné vnútorné sily nie sú dostatočne veľké na vznik takých ťahových napätí ktoré prekročia ťahovú pevnosť betónu. Z tohto dôvodu sa skrátenie konštrukcie od reologických zmien ako aj od zápornej teploty realizuje potrháním dosky v jej natešnej hrúbke čo ma za následok veľkú šírku trhlín.

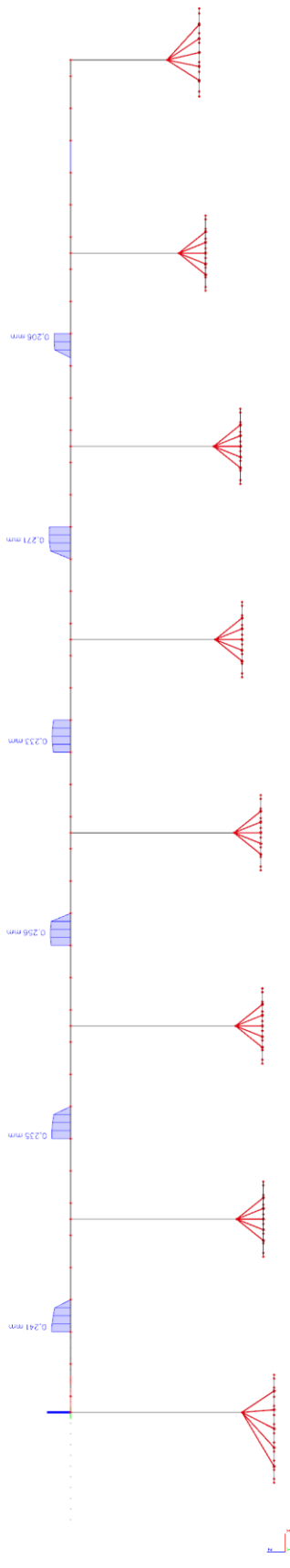
Definitívny návrh betonárskej výstuže odráža potrebu kontroly šírky trhlín do normou stanovených hodnôt. Samotný výpočet šírky trhlín bolo potrebné realizovať nelineárnymi výpočtami kde postupný priťažovaním (ochladzovaním) nosnej konštrukcie dochádza postupne k potrhaniu spomínaného kritického prierezu čím sa uvoľňuje napätie a výsledná vnútorná ťahová sila klesá. Napriek tomuto výpočtu, kde sú osovú silu výrazne nižšie ako v lineárnom výpočte bolo z dôvodu práve kontroly šírky trhlín potrebné doplniť značné množstvo výstuže.

Šírky trhlín vypočítané s výstužou potrebnou pre zaťaženie MSU vychádzali vo výrazne vyšších hodnotách ako nám povoľuje norma. Hodnoty sa hýbali okolo 0,9-1 mm. Dovoľená šírka trhlín je výrazne nižšia a to na úrovni 0,3 mm. Postupný dopĺňovaním výstuže a opakovanými nelineárnymi výpočtami bolo možné dosiahnuť normou požadované maximálne šírky trhlín. Najväčšie hodnoty širok ktoré boli vypočítané su na úrovni 0,27mm. Na uvedených obrázkoch sú zobrazené kritické sily pri vzniku trhlín ako aj samotné šírky trhlín. Na obrázkoch je vidieť potrhánie prierezov s najmenšou hrúbkou. V poli medzi podperou 2 a pilierom č. 10 kde je nosná konštrukcia veľmi široká nedochádza vo výpočtoch k potrhaniu prierezu. Výstuž je navrhnutá vo všetkých poliach rovnako.

Okrem šírky trhlín, bola nosná konštrukcia posúdená s výslednou výstužou aj na medzné stavy únosnosti. Výsledné posúdenia sú deklarované stručným obrázkom. Rovnako ako pre posúdenie šírky trhlín, boli tiež posúdenia MSU realizované na vnútorných silách spočítaných nelineárnymi výpočtami. Overené boli vybrané kombinácie na základe predpokladu maximálneho namáhání kombináciou zaťažení. Boli zvolené dve základné kombinácie. Jedna kombinácia obsahuje zaťaženie rovnomernou zmenou teploty s kladnou hodnotou a druhá so zápornou teplotou. Pri zápornej teplote dochádza k potrhaniu prierezu nosnej konštrukcie v spomínanom kritickom mieste. Pri kladnej teplote bolo overované vznik trhlín resp. posúdenie predovšetkým pilierov a spodnej stavby nakoľko nedochádza zníženiu vnútorných síl z potrháním NK.

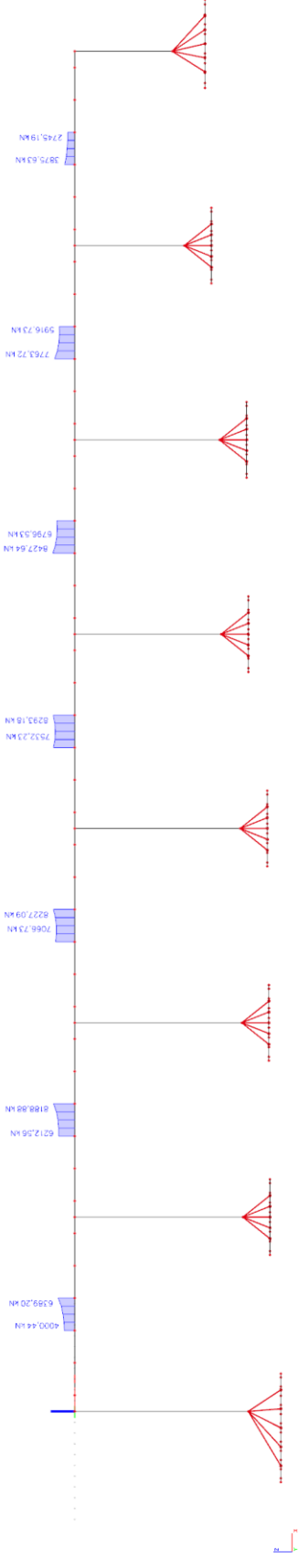
Poslední zkrý trhliv (MSP)

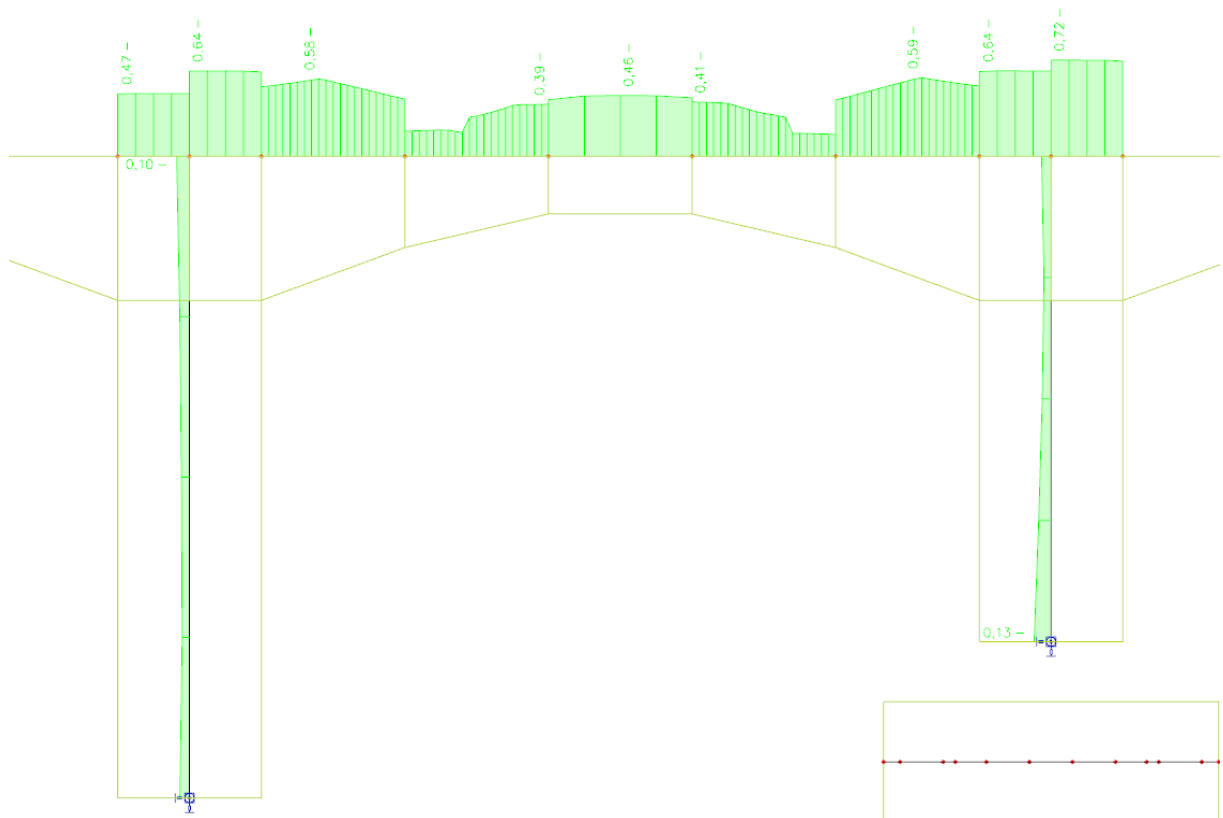
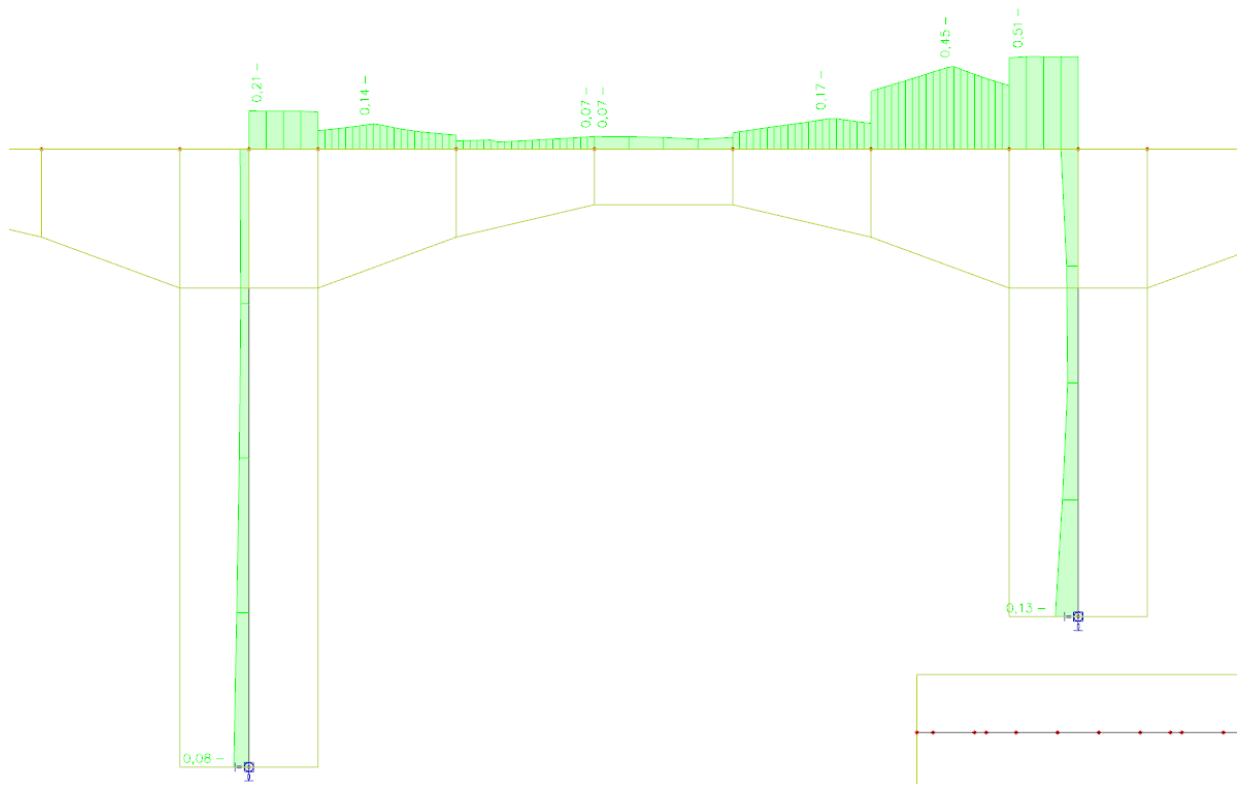
Hodnoty: w
Metoda výpočtu: Kvačálala
Metoda kombinace: Kvačálala
Složení systému: Prok
Výpočet: B12, B19, B26, B33, B40, B47, B54



Poslední zkrý trhliv (MSP)

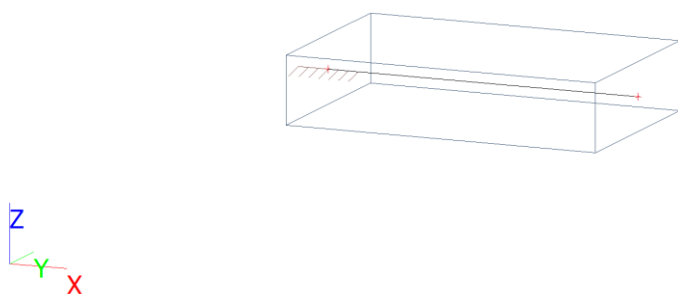
Hodnoty: R_e
Metoda výpočtu: Kvačálala
Metoda kombinace: Kvačálala
Složení systému: Prok
Výpočet: B12, B19, B26, B33, B40, B47, B54



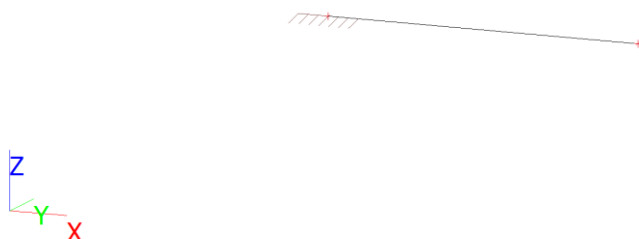


2. Posúdenie priečného smeru – konzola NK

Výpočtový model

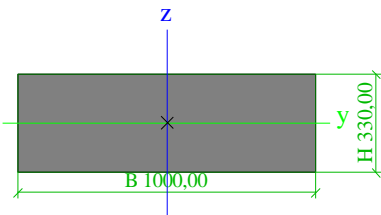


Výpočtový model



Prierezy

CS1		
Typ	Obdĺžnik	
Detailný	330,00; 1000,00	
Typ tvaru	Hrubostenný	
Materiálová položka	C30/37(EN1992-2)	
Výroba	betón	
Farba	■	
A [mm ²]	3,3000e+05	
A _y [mm ²], A _z [mm ²]	2,7500e+05	2,7500e+05
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	2,6600e+00	2,6600e+00

$c_{Y.UCS}$ [mm], $c_{Z.UCS}$ [mm]	500,00	165,00
α [deg]	0,00	
I_y [mm ⁴], I_z [mm ⁴]	2,9948e+09	2,7500e+10
i_y [mm], i_z [mm]	95,26	288,68
$W_{el.y}$ [mm ³], $W_{el.z}$ [mm ³]	1,8150e+07	5,5000e+07
$W_{pl.y}$ [mm ³], $W_{pl.z}$ [mm ³]	0,0000e+00	0,0000e+00
$M_{pl.y,+}$ [Nmm], $M_{pl.y,-}$ [Nmm]	0,00	0,00
$M_{pl.z,+}$ [Nmm], $M_{pl.z,-}$ [Nmm]	0,00	0,00
d_y [mm], d_z [mm]	0,00	0,00
I_t [mm ⁴], I_w [mm ⁶]	9,4889e+09	0,0000e+00
β_y [mm], β_z [mm]	0,00	0,00
Obrázok		

Vysvetlivky symbolov	
A	Plocha
A_y	Šmyk. plocha v hlavnom smere y
A_z	Šmyk. plocha v hlavnom smere z
A_L	Obvod na jednotku dĺžky
A_D	Vysychajúci obvod na jednotku dĺžky
$c_{Y.UCS}$	Súradnica ťažiska v smere Y zadaného osového systému
$c_{Z.UCS}$	Súradnica ťažiska v smere Z zadaného osového systému
$I_{Y.LCS}$	Moment zotrvačnosti k osi YLSS
$I_{Z.LCS}$	Moment zotrvačnosti k osi ZLSS
$I_{YZ.LCS}$	Deviačný moment plochy v systéme LSS
α	Uhlové pootočenie hlavného osového systému
I_y	Moment zotrvačnosti k hlavnej osi y
I_z	Moment zotrvačnosti k

Vysvetlivky symbolov	
	hlavnej osi z
i_y	Polomer zotrvačnosti k hlavnej osi y
i_z	Polomer zotrvačnosti k hlavnej osi z
$W_{el.y}$	Pružný prierezový modul k hlavnej osi y
$W_{el.z}$	Pružný prierezový modul k hlavnej osi z
$W_{pl.y}$	Plastický prierezový modul k hlavnej osi y
$W_{pl.z}$	Plastický prierezový modul k hlavnej osi z
$M_{pl.y.}$ +	Plastický moment k hlavnej osi y pre kladný moment M_y
$M_{pl.y.}$ -	Plastický moment k hlavnej osi y pre záporný moment M_y
$M_{pl.z.}$ +	Plastický moment k hlavnej osi z pre kladný moment M_z
$M_{pl.z.}$ -	Plastický moment k hlavnej osi z pre záporný moment M_z
d_y	Súradnica stredu šmyku v hlavnom smere y meraná od ťažiska - Nevypočítané ale zjednodušené
d_z	Súradnica stredu šmyku v hlavnom smere z meraná od ťažiska - Nevypočítané ale zjednodušené
I_t	Konštanta krútenia - Nevypočítané ale zjednodušené
I_w	Konštanta deplanácie - Nevypočítané ale zjednodušené
β_y	Konštanta monosymetrie k hlavnej osi y
β_z	Konštanta monosymetrie k hlavnej osi z

Materiály

Výstuž EC2

Názov	Typ	ρ [kg/m ³]	E_{mod} [MPa]	G_{mod} [MPa]	α [m/mK]	$f_{y.k}$ [MPa]
B	Betonárska	7850,0	2,0000e+	8,3333e+	0,01e-	500,0

Názov	Typ	ρ [kg/m ³]	E _{mod} [MPa]	G _{mod} [MPa]	α [m/mK]	f _{y,k} [MPa]
500B	výstuž	0	05	04	003	

Betón EN 1992-2

Názov	Typ	Merná hmotnosť [kg/m ³]	E modul [MPa]	Poisson - nu	G modul [MPa]	Tepel. rozt'ážnosť [m/mK]	Farb a
C30/37(EN19 92-2)	Betón	2500,00	3,2800e+ 04	0.2	1,3667e+ 04	0,01e-003	

Zaťažovacie stavy

Názov	Popis	Typ pôsobenia	Zaťažovací a skupina	Smer	Dĺžka trvania	Vzorový zaťažovací stav
	Spec	Typ zaťaženia				
LC1	Vlastná tiaž	Stále Vlastná tiaž	LG1	-Z		
LC2	Rimsa, zábradlie	Stále Štandard	LG1			
LC3	Štrkové lôžko	Stále Štandard	LG1			
LC4	Vykolajený vlak Štandard	Premenné Statické	LM71		Krátkodobé	Žiadny

Zaťažovacie skupiny

Názov	Zaťaženie	Špecifikácia	Typ
LG1	Stále		
LG2	Stále		
LM71	Premenné	Štandard	Zaťaženie dopravou - gr11 (LM71 + SW/0)

Kombinácie

Názov	Popis	Typ	Zaťažovacie stavy	Súč. [-]
CO1	Mimoriadna	EN-Mimoriadne 1	LC1 - Vlastná tiaž	1,00 0
			LC2 - Rimsa, zábradlie	1,00 0
			LC3 - Štrkové	1,00

Názov	Popis	Typ	Zaťažovacie stavy	Súč. [-]
			lôžko	0
			LC4 -	1,00
			Vykolajený vlak	0

Generátor výsledkových obrázkov

Vnútorne sily 1D betónu (posudok)

Hodnoty: **M-MEd**

Lineárny výpočet

Kombinácia: CO1

Súradný systém: Prvok

Extrém 1D: Globálny

Výber: Všetko

Názov	dx [m]	Stav	N [kN] N _{Ed} [kN]	V _y [kN] V _{Edy} [kN]	V _z [kN] V _{Edz} [kN]	M _x [kNm] M _{Edx} [kNm]	M _y [kNm] M _{Edy} [kNm]	M _z [kNm] M _{Edz} [kNm]
B1	1,55	CO1/	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00
	0	1	0,00	0,00	10,00	0,00	-1,89	0,00
B1	0,00	CO1/	0,00	0,00	261,80	0,00	-307,84	0,00
	0	2	0,00	0,00	261,80	0,00	-307,84	0,00

Názov	Kľúč kombinácií
CO1/1	LC1 + LC2 + LC3
CO1/2	LC1 + LC2 + LC3 + 0.80*LC4

Výpočtový model - M

Hodnoty: **M**

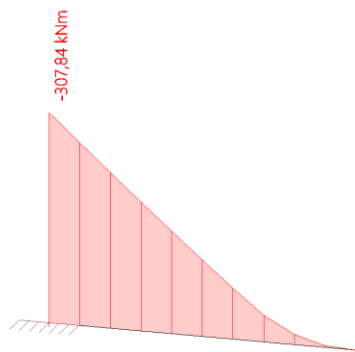
Lineárny výpočet

Kombinácia: CO1

Súradný systém: Prvok

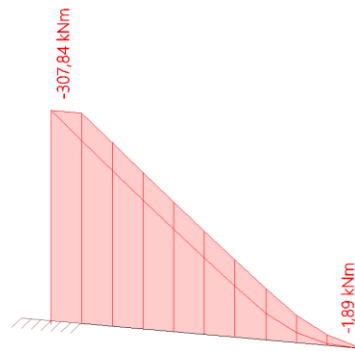
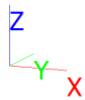
Extrém 1D: Globálny

Výber: Všetko



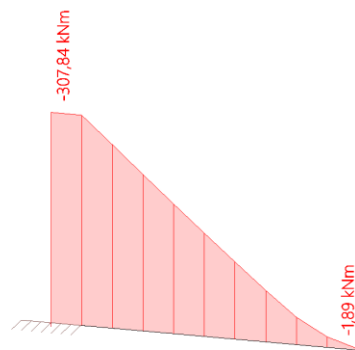
Výpočtový model - M-MEd

Hodnoty: **M-MEd**
 Lineárny výpočet
 Kombinácia: CO1
 Súradný systém: Prvok
 Extrém 1D: Globálny
 Výber: Všetko



Výpočtový model - MEd

Hodnoty: **MEd**
 Lineárny výpočet
 Kombinácia: CO1
 Súradný systém: Prvok
 Extrém 1D: Globálny
 Výber: Všetko



Výpočtový model - Mx

Hodnoty: **Mx**
 Lineárny výpočet
 Kombinácia: CO1
 Súradný systém: Prvok
 Extrém 1D: Globálny
 Výber: Všetko



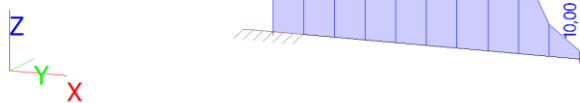
Výpočtový model - MEdx

Hodnoty: **M_{Edx}**
 Lineárny výpočet
 Kombinácia: CO1
 Súradný systém: Prvok
 Extrém 1D: Globálny
 Výber: Všetko



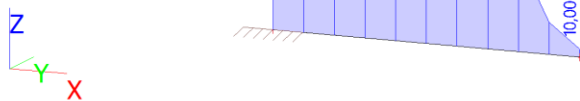
Výpočtový model - V

Hodnoty: **V**
 Lineárny výpočet
 Kombinácia: CO1
 Súradný systém: Prvok
 Extrém 1D: Globálny
 Výber: Všetko



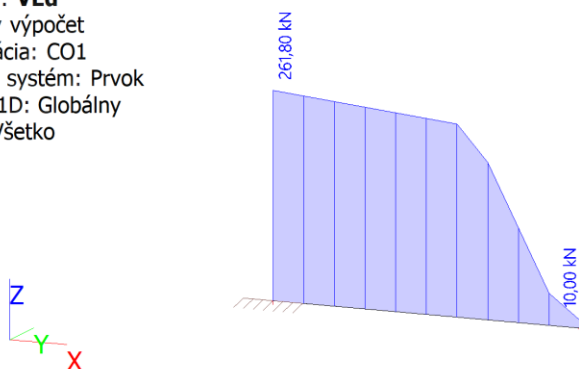
Výpočtový model - V-VEd

Hodnoty: **V-VEd**
 Lineárny výpočet
 Kombinácia: CO1
 Súradný systém: Prvok
 Extrém 1D: Globálny
 Výber: Všetko



Výpočtový model - VEd

Hodnoty: **VEd**
 Lineárny výpočet
 Kombinácia: CO1
 Súradný systém: Prvok
 Extrém 1D: Globálny
 Výber: Všetko



Generátor výsledkových obrázkov

Posúdenie šmyku a krútenia (MSÚ)

Hodnoty: **UC**
 Lineárny výpočet
 Kombinácia: CO1
 Súradný systém: Prvok
 Extrém 1D: Globálny
 Výber: Všetko

Nosník B1		Obdĺžnik (330,00; 1000,00)
STN EN 1992-1-1/NA: 2007-04		Rez 2 [dx = 0.31 m]
Dĺžka prvku: Vzper y-y⊥ Vzper z-z⊥		Betón: C30/37(EN1992-2) Bilineárny pracovný diagram Trieda prostredia: XC3
L = 1.55 m L _y = 3.1 m (posuvný) L _z = 1.55 m (posuvný)		Pozdĺžna bet.výstuž: B 500B Bilineárny s naklonenou hornou vetvou 6ø28+6ø20 (5579 mm ²) ρ _l = 1,691 % (43.8 kg/m)
		Šmyková výstuž: B 500B Bilineárny s naklonenou hornou vetvou 4ø16/143* (konštruovanie)
		Krytie (strmeň) Hore: 50 mm Dole: 50 mm Vľavo: 315 mm Vpravo: 315 mm

Nastavenia

Metóda pre výpočet šmykových odolností: Štandardný

Limitná hodnota uhla medzi ohybovými momentmi a výslednicou šmykových síl pre použitie štandardnej metódy: $\alpha_{VM,lim} = 15^\circ$

Účinný tenkostenný prierez: Automaticky

Uhol medzi betónovou tlakovou diagonálou a osou prvku : Užívateľom definovaná hodnota: $\theta_{inp} = 40^\circ \Rightarrow \cot(\theta_{inp}) = 1.19$

Sily

Obsah kombinácie: LC1+LC2+LC3+0.80*LC4

$N_{Ed} = 0 \text{ kN}$ $M_{Edy} = -269 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = 0 \text{ kNm}$ $V_{Edy} = 0 \text{ kN}$ $V_{Edz} = 255 \text{ kN}$ $T_{Ed} = 0 \text{ kNm}$

Uhol gradientu roviny pretvorenia

$$\alpha_M = 90^\circ$$

Uhol výslednice šmykových síl

$$\alpha_V = 90^\circ$$

Výslednica šmykových síl

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{Edy}^2 + V_{Edz}^2} = \sqrt{0^2 + 255^2} = 255 \text{ kN}$$

Rozdiel medzi uhlami α_M a α_V

$$\alpha_{MV} = \text{abs}(\alpha_M - \alpha_V) = \text{abs}(90 - 90) = 0^\circ$$

Materiálové charakteristiky

Návrhová hodnota pevnosti betónu v tlaku

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.2} = 25 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota pevnosti betónu v ťahu

$$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk005}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 2}{1.2} = 1.67 \text{ MPa} \quad (3.15, 3.16)$$

Výpočet uhla medzi betónovou tlakovou diagonálou a osou prvku

- minimálna hodnota:

$$\theta_{\min} = 21.8^\circ \Rightarrow \cot(\theta_{\min}) = 2.5 \quad (\S 6.2.3(2))$$

- maximálna hodnota:

$$\theta_{\max} = 45^\circ \Rightarrow \cot(\theta_{\max}) = 1 \quad (\S 6.2.3(2))$$

- zadaná/vypočítaná hodnota:

$$\theta = \theta_{\text{inp}} = 40^\circ, \cot(\theta) = 1.19$$

Poznámka: Automatický výpočet uhla je vypnutý, užívateľom zadaná hodnota bude použitá.

Posúdenie šmyku a výpočet odolností na šmyk

Parametre prierezu

Minimálna šírka prierezu v ťahanej oblasti

$$y_{bw} = 0 \text{ mm} \quad z_{bw} = -53.4 \text{ mm} \quad b_w = 1000 \text{ mm}$$

Poznámka: Hodnota b_w je vypočítaná ako najmenšia šírka prierezu v ťahanej oblasti kolmo na výslednicu šmykovej sily.

Minimálna šírka prierezu medzi ťahaným a tlačným pásom

$$y_{bw1} = 0 \text{ mm} \quad z_{bw1} = 85 \text{ mm} \quad b_{w1} = 1000 \text{ mm}$$

Poznámka: Hodnota b_{w1} je vypočítaná ako najmenšia šírka prierezu medzi ťahaným a tlačným pásom kolmo na výslednicu šmykovej sily.

Výška prierezu je vypočítaná v smere výslednice šmykovej sily

$$h = 330 \text{ mm}$$

Poznámka: Hodnota h je vypočítaná ako výška prierezu v jeho ťažisku v smere výslednice šmykovej sily.

Prierezová plocha betónu

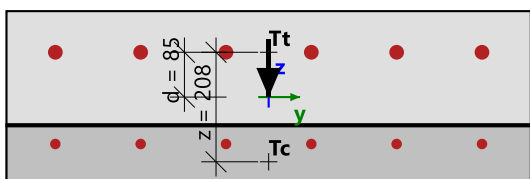
$$A_c = 0.33 \text{ m}^2$$

Účinná výška prierezu prepočítaná do smeru výslednice šmykových síl

$$d = 250 \text{ mm}$$

Rameno vnútorných síl prepočítané do smeru výslednice šmykových síl

$$z = 208 \text{ mm}$$



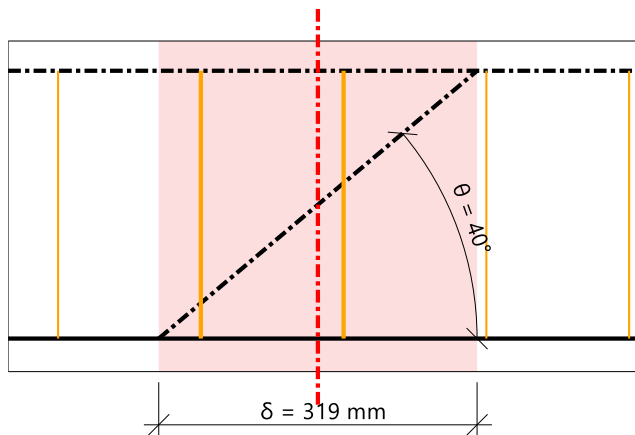
Parametre šmykovej výstuže

Vstupné parametre

Strmene na dĺžku priemetu šmykovej trhliny $\delta = z \cdot \cot(\Theta) = 319 \text{ mm}$, interval (-159; 159)

$$z = \text{Coeff}_d \cdot \text{Coeff}_z \cdot h = 0.9 \cdot 0.9 \cdot 0.33 = 267 \text{ mm} \quad \delta = z \cdot \cotg(\theta) = 0.267 \cdot \cotg(40) = 319 \text{ mm}$$

ID	Oblasť	x_s [mm]	\varnothing_s [mm]	s_s [mm]	n_s []	α_s [°]	f_{ywk} [MPa]
1	1	-117	16	143	2	90	500
2	1	25.7	16	143	2	90	500
Avg.	-	-	16	143	2	90	500



Počet vetiev strmeňov(strižnosť)

$$n_s = 2$$

Priemer výstuže

$$\varnothing_s = 16 \text{ mm}$$

Osová vzdialenosť strmeňov v pozdĺžnom smere

$$s_{inp} = 0.143 \text{ m}$$

Uhol strmeňov od osi prvků

$$\alpha_s = 90^\circ$$

Charakteristická pevnosť výstuže

$$f_{ywk} = 500 \text{ MPa}$$

Prierezová plocha šmykovej výstuže

$$A_{sw} = n_s \cdot \pi \cdot \left(\frac{\varnothing_s}{2} \right)^2 = 2 \cdot 3.14 \cdot \left(\frac{16}{2} \right)^2 = 402 \text{ mm}^2$$

Maximálna osová vzdialenosť vetiev strmeňov

$$s_l = s_{inp} = 143 \text{ mm}$$

Prierezová plocha na bežný meter

$$A_{swm} = \frac{A_{sw}}{s_l} = \frac{402 \cdot 10^{-6}}{0.143} = 2815 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Parametre pozdĺžnej bet. výstuže

Plocha ťahovej výstuže

$$A_{sl} = 3695 \text{ mm}^2$$

Výpočet šmykových odolností

Návrhová šmyková odolnosť prvku bez šmykovej výstuže

$$\sigma_{ct,max} = 14.8 \text{ MPa} \geq f_{ctd} = 1.67 \text{ MPa} \Rightarrow \text{prierez bez trhliny pri ohybe}$$

Výpočet návrhovej šmykovej odolnosti prvku bez šmykovej výstuže podľa kapitoly 6.2.2(1).

Súčiniteľ výšky prierezu

$$k = \min \left(1 + \left(\frac{200}{d} \right)^{\frac{1}{2}}; 2 \right) = \min \left(1 + \left(\frac{200}{250} \right)^{\frac{1}{2}}; 2 \right) = 1.89 \quad (\$6.2.2(1))$$

Stupeň vystuženia

$$\rho_1 = \min \left(\frac{A_{sl}}{b_w \cdot d}; 0.02 \right) = \min \left(\frac{3.69 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 0.25}; 0.02 \right) = 0.0148 \quad (\$6.2.2(1))$$

Napätie v priereze od osovej sily

$$\sigma_{cp} = \min \left(\frac{-N_{Ed}}{A_c}; 0.2 \cdot f_{cd} \right) = \min \left(\frac{-0}{0.33}; 0.2 \cdot 25 \right) = 0 \text{ MPa} \quad (\$6.2.2(1))$$

Ostatné súčinitele

$$C_{Rdc} = 0.15 \quad v_{min} = 0.5 \text{ MPa} \quad k_1 = 0.15$$

Výpočet návrhovej šmykovej odolnosti

$$\begin{aligned} V_{Rdc} &= 10^6 \cdot \left(C_{Rdc} \cdot k \cdot \left(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d \\ &= 10^6 \cdot \left(0.15 \cdot 1.89 \cdot \left(100 \cdot 0.0148 \cdot 30 \right)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot 0 \right) \cdot 1 \cdot 0.25 = 251 \text{ kN} \end{aligned} \quad (6.2.a)$$

$$\begin{aligned} V_{Rdcmin} &= 10^6 \cdot \left(v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d \\ &= 10^6 \cdot \left(0.5 + 0.15 \cdot 0 \right) \cdot 1 \cdot 0.25 = 125 \text{ kN} \end{aligned} \quad (6.2.b)$$

$$V_{Rdc} = \max(V_{Rdc}; V_{Rdcmin}; 0) = \max(251433; 124964; 0) = 251 \text{ kN}$$

Poznámka: Návrhová šmyková odolnosť prvku bez šmykovej výstuže je vypočítaná podľa kapitoly 6.2.2(1), pretože prierez je s trhlinou pri ohybe podľa MSÚ alebo prierez nie je zaťažný osovou silou a ohybovými momentami.

Návrhová hodnota maximálnej šmykovej sily, ktorá môže byť prenesená prvkom

Redukčný súčiniteľ pevnosti betónu s trhlinami v šmyku - hodnota v

$$v = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250} \right) = 0.528 \quad (6.6N)$$

Redukčný súčiniteľ pevnosti betónu s trhlinami v šmyku - hodnota v_1

$$\sigma_{cp} = \min \left(\frac{-N_{Ed}}{A_c}; 0.2 \cdot f_{cd} \right) = \min \left(\frac{-0}{0.33}; 0.2 \cdot 25 \right) = 0 \text{ MPa}$$

$$v_1 = 0.6 \quad (6.10.aN)$$

Coefficient taking into account state of the stress in the compression chord

$$\alpha_{cw} = 1 \quad (\text{pre nepredpätý prvok}) \quad (§6.2.3(3)N3)$$

Návrhová hodnota maximálnej šmykovej sily, ktorá môže byť prenesená prvkom

$$V_{Rdmax} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w1} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{(\cotg(\theta) + \tg(\theta))} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 0.208 \cdot 0.6 \cdot 25 \cdot 10^6}{(\cotg(40) + \tg(40))} = 1534 \text{ kN} \quad (6.9)$$

Návrhová šmyková odolnosť prvku so šmykovou výstužou

Návrhové napätie v šmykovej výstuži

$$A_{sw} = n_s \cdot \pi \cdot \left(\frac{\varnothing_s}{2} \right)^2 = 2 \cdot 3.14 \cdot \left(\frac{16}{2} \right)^2 = 402 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{swd} = \frac{\frac{V_{Ed}}{z} \cdot s_l}{A_{sw} \cdot (\cotg(\theta) + \cotg(\alpha_s) \cdot \sin(\alpha_s))} = \frac{\frac{254636}{0.208} \cdot 0.14}{402 \cdot 10^{-6} \cdot (\cotg(40) + \cotg(90) \cdot \sin(90))} = 365 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota medze klzu šmykovej výstuže

$$f_{ywd} = 0.8 \cdot f_{ywk} = 0.8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa} \quad , (\text{pretože } \sigma_{swd} < 0.8 \cdot f_{ywk})$$

Poznámka: Návrhová hodnota medze klzu šmykovej výstuže bola redukovaná na $0.8 \times f_{ywk}$ (EN 1992-1-1, kapitola 6.2.3(3)), pretože návrhové napätie v šmykovej výstuži je menšie ako 80 % charakteristickej hodnoty medze klzu f_{yk} .

Medzná maximálna prípustná šmyková výstuž

$$A_{sw,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot b_{w1} \cdot s_l}{f_{ywd} \cdot (1 + \cotg(\theta)^2) \cdot \sin(\alpha_s)} = \frac{1 \cdot 0.6 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 143}{400 \cdot (1 + \cotg(40)^2) \cdot \sin(90)} = 2213 \text{ mm}^2 \quad (6.12)$$

$$A_{sw} = \min(A_{swi}; A_{sw,max}) = \min(402; 2213) = 402 \text{ mm}^2$$

Návrhová šmyková odolnosť prvku so šmykovou výstužou

$$V_{Rds} = \frac{A_{sw}}{s_l} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cotg(\theta) = \frac{402 \cdot 10^{-6}}{0.14} \cdot 0.208 \cdot 400 \cdot 10^6 \cdot \cotg(40) = 279 \text{ kN} \quad (6.8)$$

Maximálna šmyková sila pri podpere (vypočítaná bez súčiniteľa β)

$$V_{Edmax} = 0.5 \cdot b_{w1} \cdot d \cdot v \cdot f_{cd} = 0.5 \cdot 1 \cdot 0.25 \cdot 0.528 \cdot 25 \cdot 10^6 = 1650 \text{ kN} \quad (6.5)$$

Šmyková odolnosť prvku

$$V_{Rd} = \min(V_{Rds} + V_{ccd} + V_{td}; V_{Rdmax} + V_{ccd} + V_{td}; V_{Edmax} + V_{ccd} + V_{td}) = \min(279 + 0 + 0; 1534 + 0 + 0; 1650 + 0 + 0) = 279 \text{ kN}$$

Posudok na šmyk

Posúdenie V_{Rdmax}

$$V_{Ed} = 255 \text{ kN} \leq V_{Rdmax} + V_{ccd} + V_{td} = 1534 \text{ kN}$$

Poznámka: Posudok drvenia tlakovej betónovej diagonály vyhovuje ($V_{Ed} \leq V_{Rd,max} + V_{td} + V_{ccd}$).

Posúdenie V_{Edmax}

$$V_{Ed} = 255 \text{ kN} \leq V_{Edmax} + V_{ccd} + V_{td} = 1650 \text{ kN}$$

Poznámka: Posudok na šmykovú silu pri podpere vyhovuje ($V_{Ed} \leq V_{Ed,max} + V_{td} + V_{ccd}$).

Posúdenie V_{Rdc} a V_{Rds}

$$V_{Ed} = 255 \text{ kN} < V_{Rds} + V_{ccd} + V_{td} = 279 \text{ kN}$$

Poznámka: Posudok šmykovej výstuže vyhovuje ($V_{Ed} < V_{Rds} + V_{ccd} + V_{td}$).

Jedn. pos.

$$UC = \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{255 \text{ kN}}{279 \text{ kN}} = 0.914$$

Posúdenie krútenia a výpočet odolností na krútenie

Poznámka: Posudok nebol spočítaný, pretože krútiaci moment (T_{Ed}) je nulový.

Posúdenie interakcie

Poznámka: Posudok interakcie $V_y + V_z + T$ nebol spočítaný, pretože krútiaci moment (T_{Ed}) alebo výslednica šmykovej sily (V_{Ed}) sú nulové.

Celkový jednotkový posudok

$$UC = \max(UC_{shear}; UC_{tor}; UC_{int.con}; UC_{int.shear}) = \max(0.914; 0; 0; 0) = 0.914$$

Výpočtový model - UC

Hodnoty: **UC**

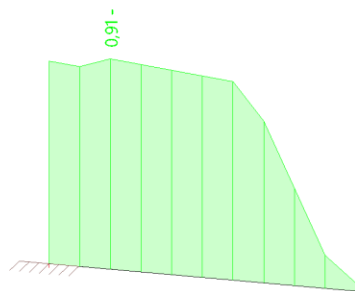
Lineárny výpočet

Kombinácia: CO1

Súradný systém: Prvok

Extrém 1D: Globálny

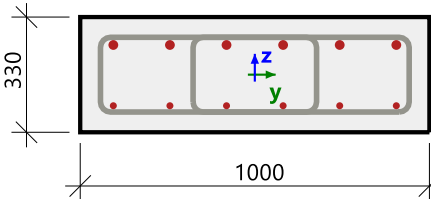
Výber: Všetko



Generátor výsledkových obrázkov

Posudok odolnosti-interakčný diagram

Hodnoty: UC
Lineárny výpočet
Kombinácia: CO1
Súradný systém: Prvok
Extrém 1D: Globálny
Výber: Všetko

Nosník B1		Obdĺžnik (330,00; 1000,00)	
STN EN 1992-1-1/NA: 2007-04		Rez 0 [dx = 0 m]	
Dĺžka prvku: Vzper y-y⊥ Vzper z-z⊥		L = 1.55 m Ly = 3.1 m (posuvný) Lz = 1.55 m (posuvný)	
		6ø28 (3695 mm ²) 6ø20 (1885 mm ²) 4ø16/134*	
		Betón: C30/37(EN1992-2) Bilineárny pracovný diagram Trieda prostredia: XC3	
		Pozdĺžna bet.výstuž: B 500B Bilineárny s naklonenou hornou vetvou 6ø28+6ø20 (5579 mm ²) ρl = 1,691 % (43.8 kg/m)	
		Šmyková výstuž: B 500B Bilineárny s naklonenou hornou vetvou 4ø16/134* (konštruovanie)	
		Krytie (strmeň) Hore: 50 mm Dole: 50 mm Vľavo: 315 mm Vpravo: 315 mm	

Materiálové charakteristiky

Návrhová hodnota pevnosti betónu v tlaku

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.2} = 25 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota medze klzu betonárskej výstuže

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 \text{ MPa} \tag{3.15}$$

Sily

Z FEM analýzy

$$N = 0 \text{ kN} \quad M_y = -308 \text{ kNm} \quad M_z = 0 \text{ kNm}$$

Obsah kombinácie:

$$LC1 + LC2 + LC3 + 0.80 \cdot LC4$$

Tlačený prút

Limitná hodnota osovej sily pre uvažovanie prvku ako tlačného:

$$N_{com} = - \text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0.1 \cdot (25 \cdot 10^6 \cdot 0.33) = -825 \text{ kN}$$

Podmienka posudku:

$$N_{Ed} \geq N_{com} = 0 \text{ kN} \geq -825 \text{ kN} \dots \text{ netlačený prút}$$

Poznámka: Prút nie je považovaný za tlačný prút (normálová sila je relatívne malá alebo nulová).

Prepočet ohybových momentov:

Redukcia momentov nad podperou: Nie

Redukcia šmykových síl nad podperou: Nie

Použiť pravidlo pre posun momentovej čiary - Shift rule : Áno

$$N_{Ed} = 0 \text{ kN} \quad M_{Edy} = -308 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = 0 \text{ kNm}$$

Vstupné údaje pre vytvorenie ID

Metóda posúdenia interakčným diagramom	$N_u M_u$
Rozdelenie pretvorenia po výške prierezu	250
Počet vertikálnych rezov	18
Výslednica ohybových momentov	$M_{res} = 308 \text{ kNm}$
Uhol výslednice ohybových momentov vzťahnutý k M_y smer v horizontálnej rovine M_y - M_z	$\alpha_{MyMz} = 0^\circ$
Uhol výslednice ohybových momentov vzťahnutý k N smer vo vertikálnej rovine N - M_{res}	$\alpha_{NM} = 0^\circ$

Výpočet odolnosti

$$\text{Odolnosti v kladnom smere} \quad N_{Rd+} = 0 \text{ kN} \quad M_{Rdy+} = 235 \text{ kNm} \quad M_{Rdz+} = 0 \text{ kNm}$$

$$\text{Odolnosti v zápornom smere} \quad N_{Rd-} = 0 \text{ kN} \quad M_{Rdy-} = -393 \text{ kNm} \quad M_{Rdz-} = 0 \text{ kNm}$$

Zhrnutie posúdenia

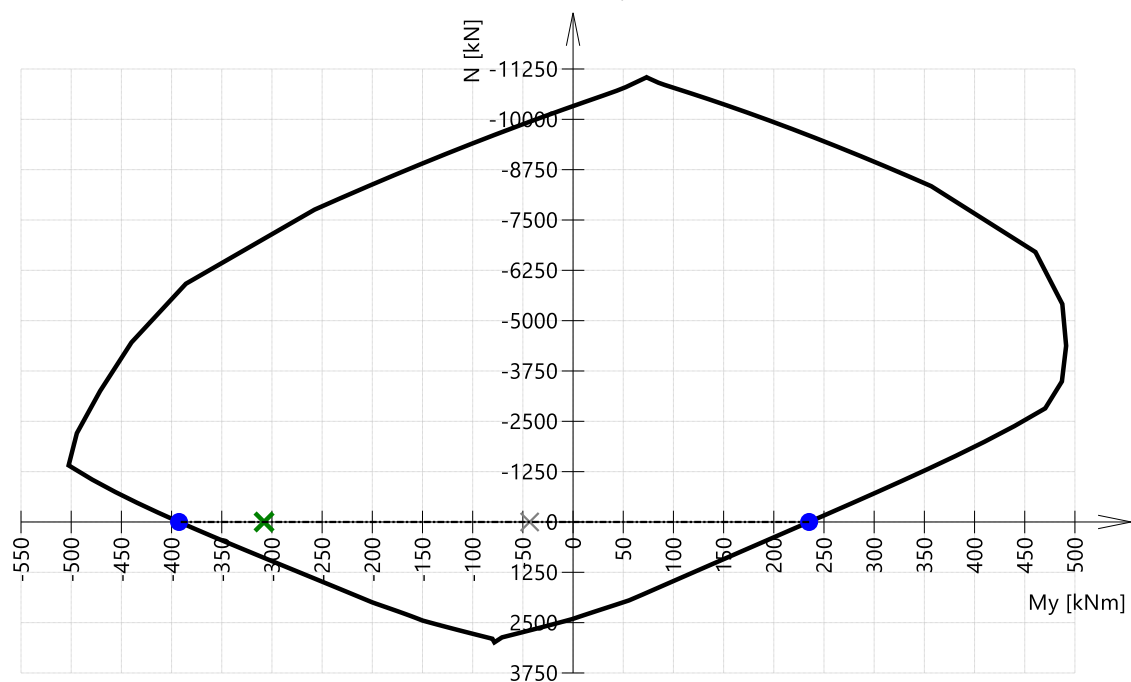
Sily: $N_{Ed} = 0 \text{ kN}$ $M_{Edy} = -308 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = 0 \text{ kNm}$

Odolnosť: $N_{Rd} = 0 \text{ kN}$ $M_{Rdy} = -393 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = 0 \text{ kNm}$

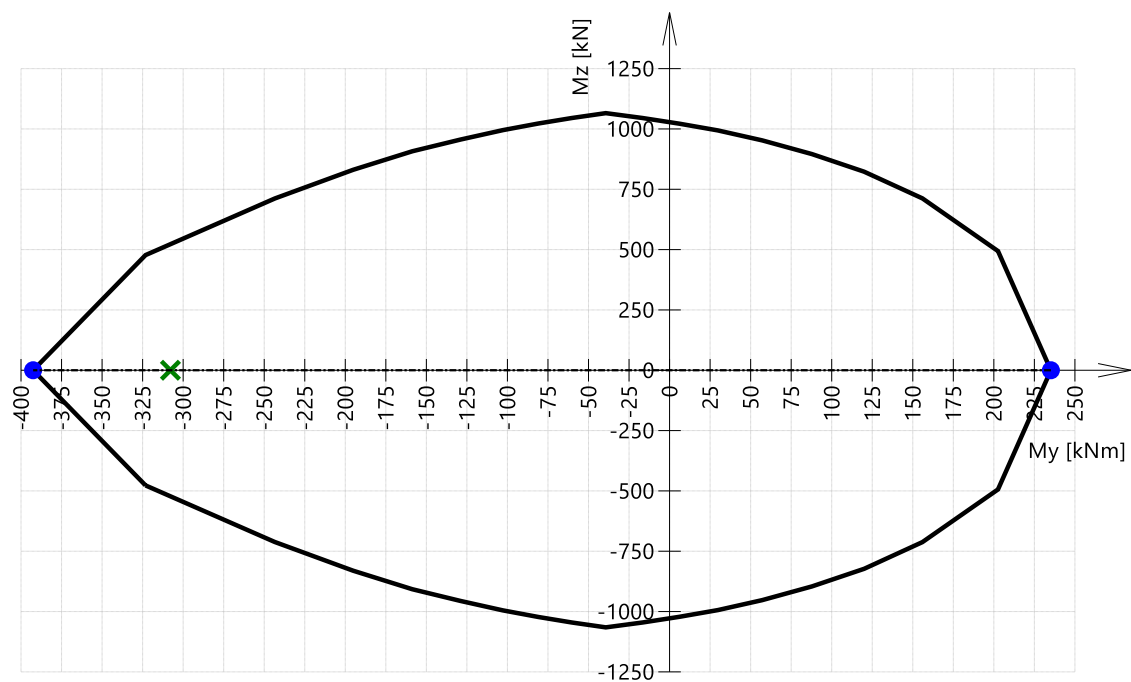
Výpočet jednotkového posudku:

$$UC = \frac{\sqrt{N_{Ed}^2 + M_{Edy}^2 + M_{Edz}^2}}{\sqrt{N_{Rd}^2 + M_{Rdy}^2 + M_{Rdz}^2}} = \frac{\sqrt{0^2 + (-308)^2 + 0^2}}{\sqrt{0^2 + (-393)^2 + 0^2}} = 0.784 \leq 1 \quad \text{OK}$$

3D interakčný diagram - Vertikálny rez N-M_y

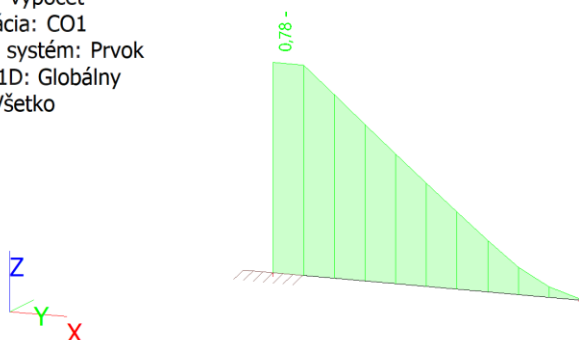


3D interakčný diagram - Horizontálny rez M_y-M_z



Výpočtový model - UC

Hodnoty: **UC**
 Lineárny výpočet
 Kombinácia: CO1
 Súradný systém: Prvok
 Extrém 1D: Globálny
 Výber: Všetko



Generátor výsledkových obrázkov

Posúdenie odolnosti-odozva prierezu

Hodnoty: **UC**
 Lineárny výpočet
 Kombinácia: CO1
 Súradný systém: Prvok
 Extrém 1D: Globálny
 Výber: Všetko

Nosník B1		Obdĺžnik (330,00; 1000,00)
STN EN 1992-1-1/NA: 2007-04		Rez 0 [dx = 0 m]
Dĺžka prvku: Vzper y-y \perp Vzper z-z \perp		Betón: C30/37(EN1992-2) Bilineárny pracovný diagram Trieda prostredia: XC3
L = 1.55 m L _y = 3.1 m (posuvný) L _z = 1.55 m (posuvný)		Pozdĺžna bet.výstuž: B 500B Bilineárny s naklonenou hornou vetvou 6ø28+6ø20 (5579 mm ²) ρ _l = 1,691 % (43.8 kg/m)
		Šmyková výstuž: B 500B Bilineárny s naklonenou hornou vetvou 4ø16/134* (konštruovanie)
6ø28 (3695 mm ²) 6ø20 (1885 mm ²) 4ø16/134*		Krytie (strmeň) Hore: 50 mm Dole: 50 mm Vľavo: 315 mm Vpravo: 315 mm

Materiálové charakteristiky

Návrhová hodnota pevnosti betónu v tlaku

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1.2} = 25 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota medze klzu betonárskej výstuže

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 \text{ MPa} \quad (3.15)$$

Sily

Obsah kombinácie: LC1+LC2+LC3+0.80*LC4

Z FEM analýzy:

$$N = 0 \text{ kN} \quad M_y = -308 \text{ kNm} \quad M_z = 0 \text{ kNm}$$

Tlačený prút

Limitná hodnota osovej sily pre uvažovanie prvku ako tlačeného:

$$N_{com} = - \text{Coeff}_{com} \cdot (f_{cd} \cdot A_c) = -0.1 \cdot (25 \cdot 10^6 \cdot 0.33) = -825 \text{ kN}$$

Podmienka posudku:

$$N_{Ed} \geq N_{com} = 0 \text{ kN} \geq -825 \text{ kN} \dots \text{ netlačený prút}$$

Poznámka: Prút nie je považovaný za tlačený prút (normálová sila je relatívne malá alebo nulová).

Prepočet ohybových momentov:

Redukcia momentov nad podperou: Nie

Redukcia šmykových síl nad podperou: Nie

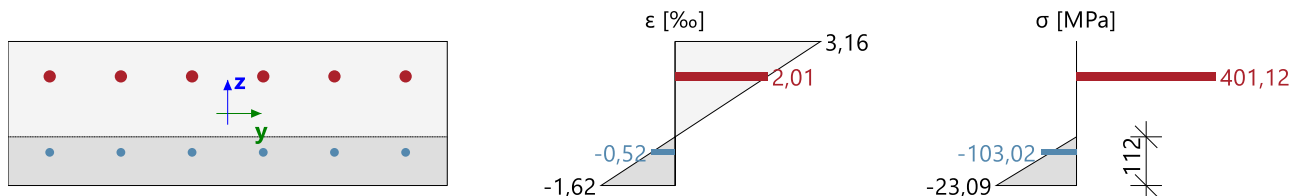
Použiť pravidlo pre posun momentovej čiary - Shift rule : Áno

$$N_{Ed} = 0 \text{ kN} \quad M_{Edy} = -308 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = 0 \text{ kNm}$$

Zhrnutie posúdenia

Typ časti prierezu	Vláknó /Prút	ϵ_{extr} [%]	σ_{extr} [MPa]	Posúdenie pretvorenie [-]	Posúdenie napätie [-]	JP [-]	Limit [-]	Stav
Betón	1	-1.62	-23.1	0,46	0,92	0,92	1	OK
Výstuž	7	2.01	401	0,04	0,75			

Priebeh napätia a pretvorenia



Extrémne hodnoty napätí/pretvorení v jed.částiach prierezu

Typ časti prierezu	Vlákno / Prút	ϵ [‰]	ϵ_{lim} [‰]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	JP [-]	Stav
Betón - tlak	1	-1.62	-3.5	-23.1	-25	0,92	OK
Betón - ťah	3	3.16	0	0	0	0,00	OK
Bet.výstuž- tlak	1	-0.515	-45	-103	-536	0,19	OK
Bet.výstuž - ťah	7	2.01	45	401	536	0,75	OK

Rovina pretvorenia

Pretvorenie v ťažisku prierezu

$$\epsilon_x = 0.774 \text{ ‰}$$

Krivosť okolo osi (z)

$$\epsilon_y = 14.5 \text{ ‰}$$

Krivosť okolo osi (y)

$$\epsilon_z = 0 \text{ ‰}$$

Výška tlačenej oblasti

$$x = 112 \text{ mm}$$

Výška tlačenej oblasti pre rovnovážny stav

$$x_{bal} = 142 \text{ mm}$$

Maximálna výška tlačenej oblasti

$$x_{lim} = 18 \text{ mm}$$

Sklon neutrálnej osi

$$\alpha_{NA} = 0^\circ$$

Výška prierezu kolmo na neutrálnu os

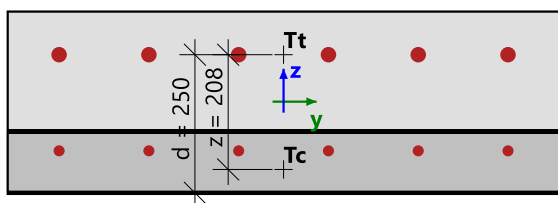
$$h = 330 \text{ mm}$$

Účinná výška prierezu kolmá na neutrálnu os

$$d = 250 \text{ mm}$$

Rameno vnútorných síl kolmé na neutrálnu os

$$z = 208 \text{ mm}$$



Prierezové charakteristiky

Typ časti prierezu	t_y [m]	t_z [m]	A [m ²]	I_y [m ⁴]	I_z [m ⁴]
Betón - tlak	0	-0.109	0.112	$1.45 \cdot 10^{-3}$	$9.3 \cdot 10^{-3}$
Betón - ťah	0	0.056	0.218	$1.55 \cdot 10^{-3}$	0.0182
Bet.výstuž- tlak	0	-0.089	$1.89 \cdot 10^{-3}$	$14.9 \cdot 10^{-6}$	$144 \cdot 10^{-6}$
Bet.výstuž - ťah	0	0.085	$3.7 \cdot 10^{-3}$	$26.7 \cdot 10^{-6}$	$283 \cdot 10^{-6}$
Celý betón	0	0	0.33	$2.99 \cdot 10^{-3}$	0.0275
Všetky pruty výstuže	0	0.026	$5.58 \cdot 10^{-3}$	$41.6 \cdot 10^{-6}$	$428 \cdot 10^{-6}$

Sily vo všetkých častiach prierezu

Typ časti prierezu	N_{res} [kN]	$M_{res,y}$ [kNm]	$M_{res,z}$ [kNm]	e_y [m]	e_z [m]
Betón - tlak	-1288	-165	0	0	-0.128
Betón - ťah	0	0	0	0	0
Bet.výstuž- tlak	-194	-17.3	0	0	-0.089
Bet.výstuž - ťah	1482	-126	0	0	0.085
Všetko v tlaku	-1482	-182	0	0	-0.123
Všetko v ťahu	1482	-126	0	0	0.085
Zhrnutie	0	-308	0		

Detailné výsledky napätí a pretvorení vo vláknach bet. prierezu

Vlákn	Materiál	y_i [m]	z_i [m]	ϵ [‰]	ϵ_{lim} [‰]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	$\epsilon / \epsilon_{lim}$ [-]	σ / σ_{lim} [-]	Posúdenie
1	C30/37(EN1992-2)0.5	-0.165	-0.165	-1.62	-3.5	-23.1	-25	0.46	0.92	OK
2	C30/37(EN1992-2)0.5	0	0	0.77	0	0	0	0	0	OK
3	C30/37(EN1992-2)0.5	0.165	0.165	3.16	0	0	0	0	0	OK
4	C30/37(EN1992-2) 0	0.165	0.165	3.16	0	0	0	0	0	OK
5	C30/37(EN1992-2)0.5	0.165	0.165	3.16	0	0	0	0	0	OK
6	C30/37(EN1992-2)0.5	0	0	0.77	0	0	0	0	0	OK
7	C30/37(EN1992-2)0.5	-0.165	-0.165	-1.62	-3.5	-23.1	-25	0.46	0.92	OK
8	C30/37(EN1992-2) 0	-0.165	-0.165	-1.62	-3.5	-23.1	-25	0.46	0.92	OK

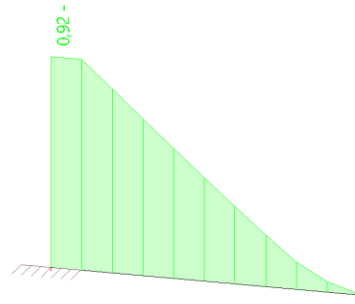
Detailné výsledky napätí a pretvorení v prútoch bet. výstuže

Prút	Materiál	d_s [mm]	y_i [m]	z_i [m]	ϵ [‰]	ϵ_{lim} [‰]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	$\epsilon / \epsilon_{lim}$ [-]	σ / σ_{lim} [-]	Posúdenie
1	B 500B	20	-0.405	-0.089	-0.52	-45	-103	-536	0.01	0.19	OK
2	B 500B	20	-0.243	-0.089	-0.52	-45	-103	-536	0.01	0.19	OK
3	B 500B	20	-0.081	-0.089	-0.52	-45	-103	-536	0.01	0.19	OK
4	B 500B	20	0.081	-0.089	-0.52	-45	-103	-536	0.01	0.19	OK
5	B 500B	20	0.243	-0.089	-0.52	-45	-103	-536	0.01	0.19	OK
6	B 500B	20	0.405	-0.089	-0.52	-45	-103	-536	0.01	0.19	OK
7	B 500B	28	0.405	0.085	2.01	45	401	536	0.04	0.75	OK
8	B 500B	28	0.243	0.085	2.01	45	401	536	0.04	0.75	OK
9	B 500B	28	0.081	0.085	2.01	45	401	536	0.04	0.75	OK
10	B 500B	28	-0.081	0.085	2.01	45	401	536	0.04	0.75	OK
11	B 500B	28	-0.243	0.085	2.01	45	401	536	0.04	0.75	OK
12	B 500B	28	-0.405	0.085	2.01	45	401	536	0.04	0.75	OK

Zoznam chýb/varovaní/poznámok: N2/1

Výpočtový model - UC

Hodnoty: **UC**
Lineárny výpočet
Kombinácia: CO1
Súradný systém: Prvok
Extrém 1D: Globálny
Výber: Všetko



V Bratislave 25.11.2024

Ing. Gabriel Meždej

Príloha č. 3 Vybrané posúdenia spodnej stavby

3. Sústredené namáhanie pod ložiskami

Materiály

Betón

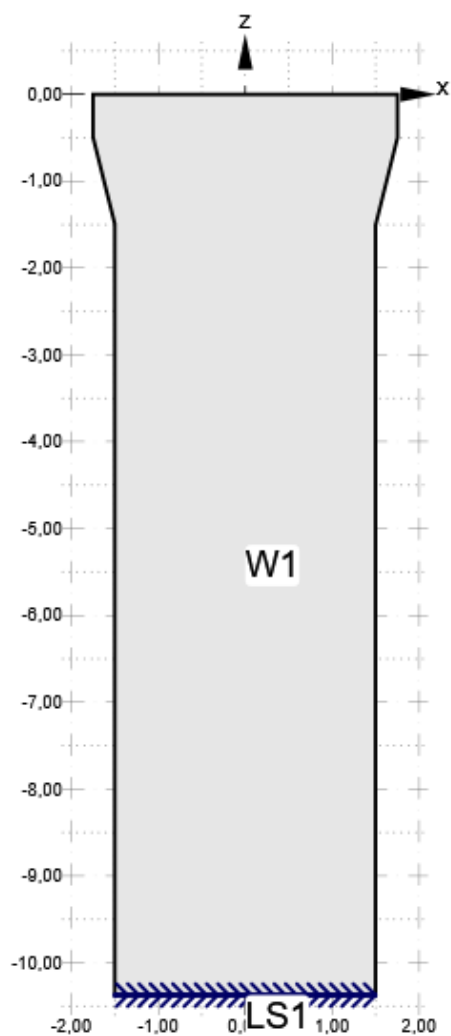
Názov	f_{ck} [MPa]	$f_{ctk,0.05}$ [MPa]	f_{ctm} [MPa]	E_{cm} [MPa]	ν [-]
C30/37	30,0	2,0	2,9	32836,6	0,20
$\epsilon_{c2} = 20,0 \cdot 10^{-4}$, $\epsilon_{cu2} = 500,0 \cdot 10^{-4}$, Typ diagramu: Parabolický $\phi_{perm}: 2,50$ $\phi_{pres}: 2,50$					

Výstuž

Názov	f_{yk} [MPa]	k [-]	E_s [MPa]	Jednotková hmotnosť [kg/m ³]	ϵ_{uk} [1e-4]	Povrch
B 500B	500,0	1,08	200000,0	7850	500,0	Rebrovaná
$\epsilon_{st} = 500,0 \cdot 10^{-4}$, $\epsilon_{sc} = 500,0 \cdot 10^{-4}$,						

DRM1

Geometria

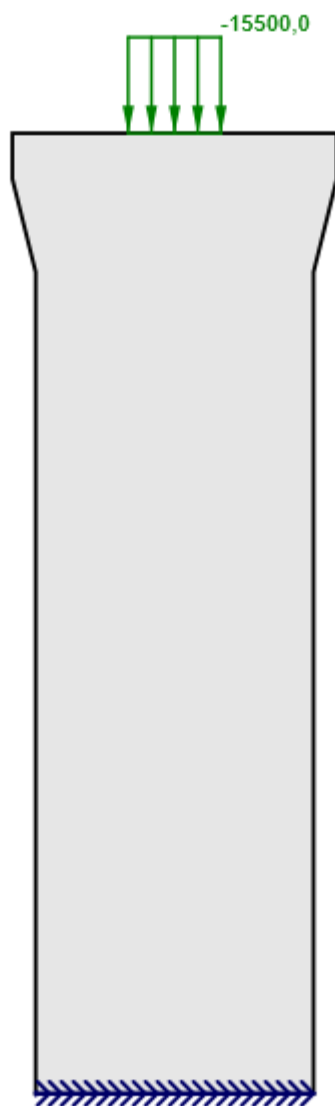


Celková tabulka

Meno	Typ	Vlastnosti	Poloha
W1	Stena	Obecný; T: 2,00 m; Materiál: C30/37	
LS1	Liniová podpora	X: 65673,1 MN/m/m'; Z: 65673,1 MN/m/m'; Ry; Lokálne	M: W1, Hrana 7; Celá dĺžka

Zaťaženie

LC1



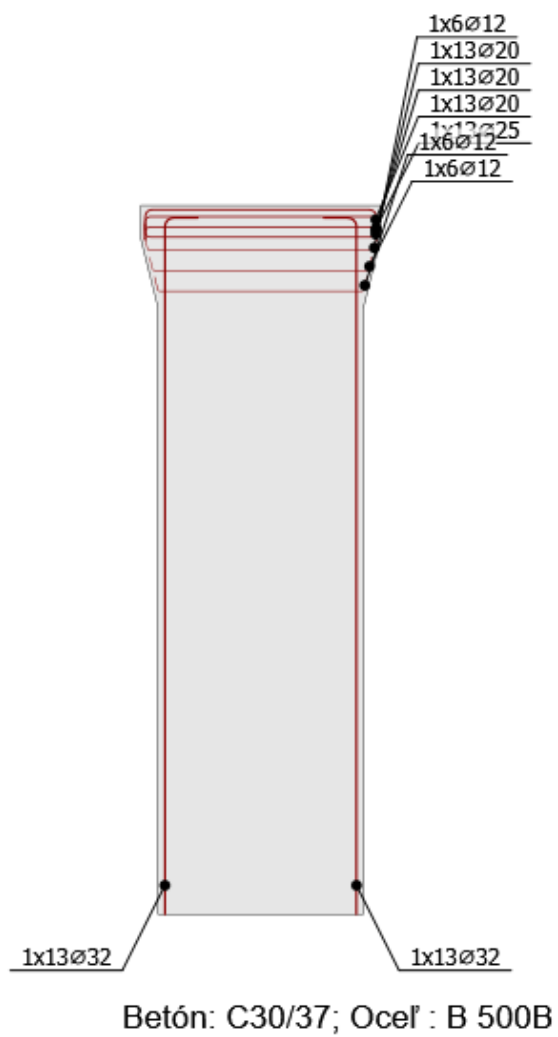
Zaťažovací stav LC1 - Stále

Líniové zaťaženia

Meno	Začátek [kN/m]	Koniec [kN/m]	Smer	Poloha	Dĺžka [m]
LI1	-15500,0	-15500,0	Globálne Z	W1: Hrana 3 Pozice na hraně: 1,25 m	1,00

Výstuž

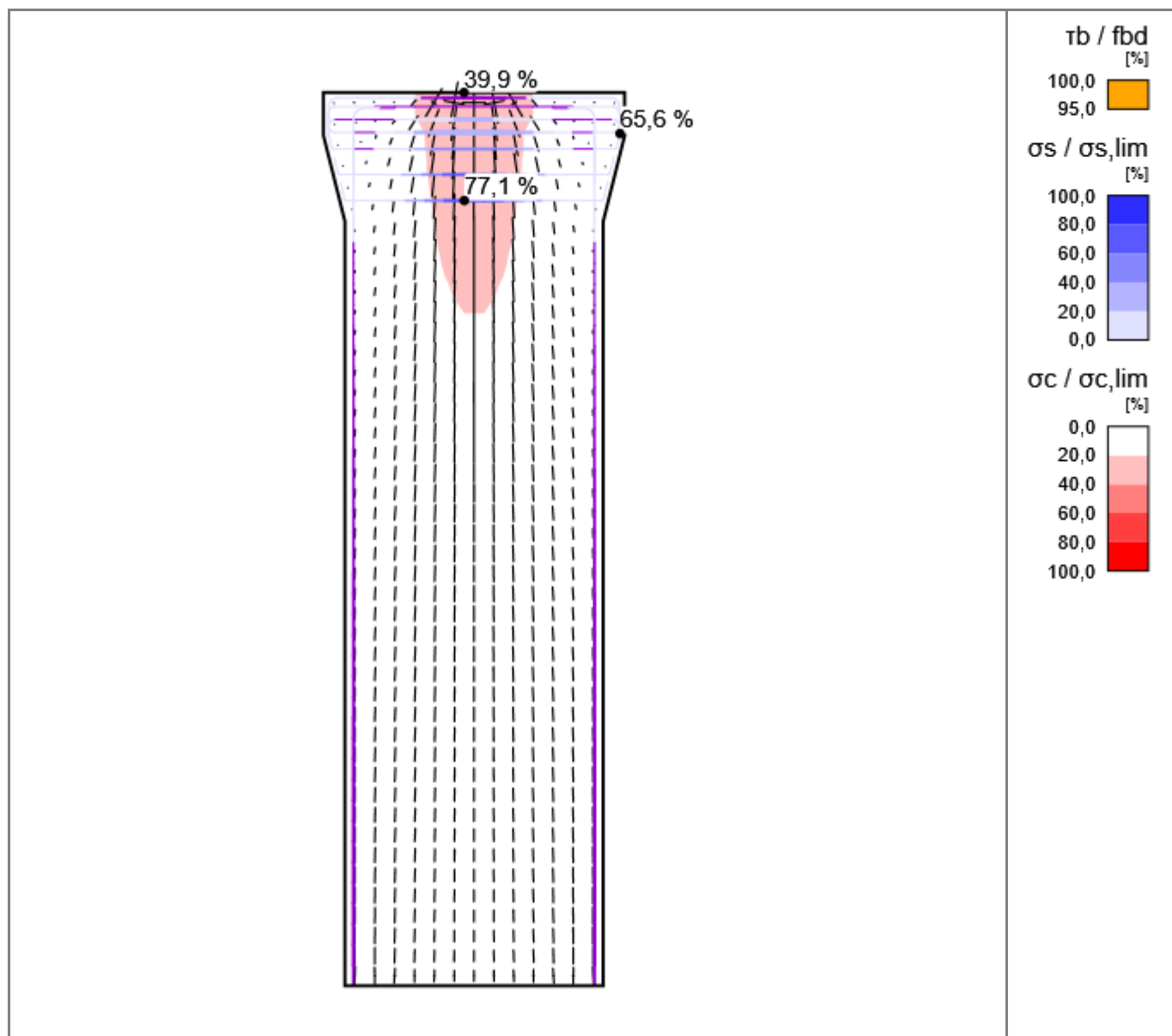
Schéma vystuženia





Výsledky
Zhrnutie
Celková tabuľka

Položka posudku	Kombinácie	Prírastok	Položka	
MSÚ	LC1	100,0%	Pevnosť výztuže	✓
Položka posudku	Položka	Využití		
Pevnosť betonu	W1	$\sigma_c/\sigma_{c,lim}$: 39,9%		✓
Pevnosť výztuže	GB8	$\epsilon_s/\epsilon_{s,lim}$: 15,7%, $\sigma_s/\sigma_{s,lim}$: 77,1%		✓
Kotevná dĺžka	GB6	τ_b/fbd : 65,6%		✓

MSÚ - Zhrnutie
Tok napětí



Nad mezí kluzu	Tlak	Vysvetlenie
		Tloušťka úměrná k síle

Souhrn reakcí a aplikovaných zatížení: LC1, Přírůstek zatížení: 100,0%

Typ	F_x [kN]	F_z [kNm]	M_y [kNm]
Souhrn reakcí	0,0	15500,6	0,0
Souhr aplikovaných zatížení	0,0	-15500,0	0,0
Kontrola rovnováhy	0,0	0,6	0,0

MSÚ - Pevnost

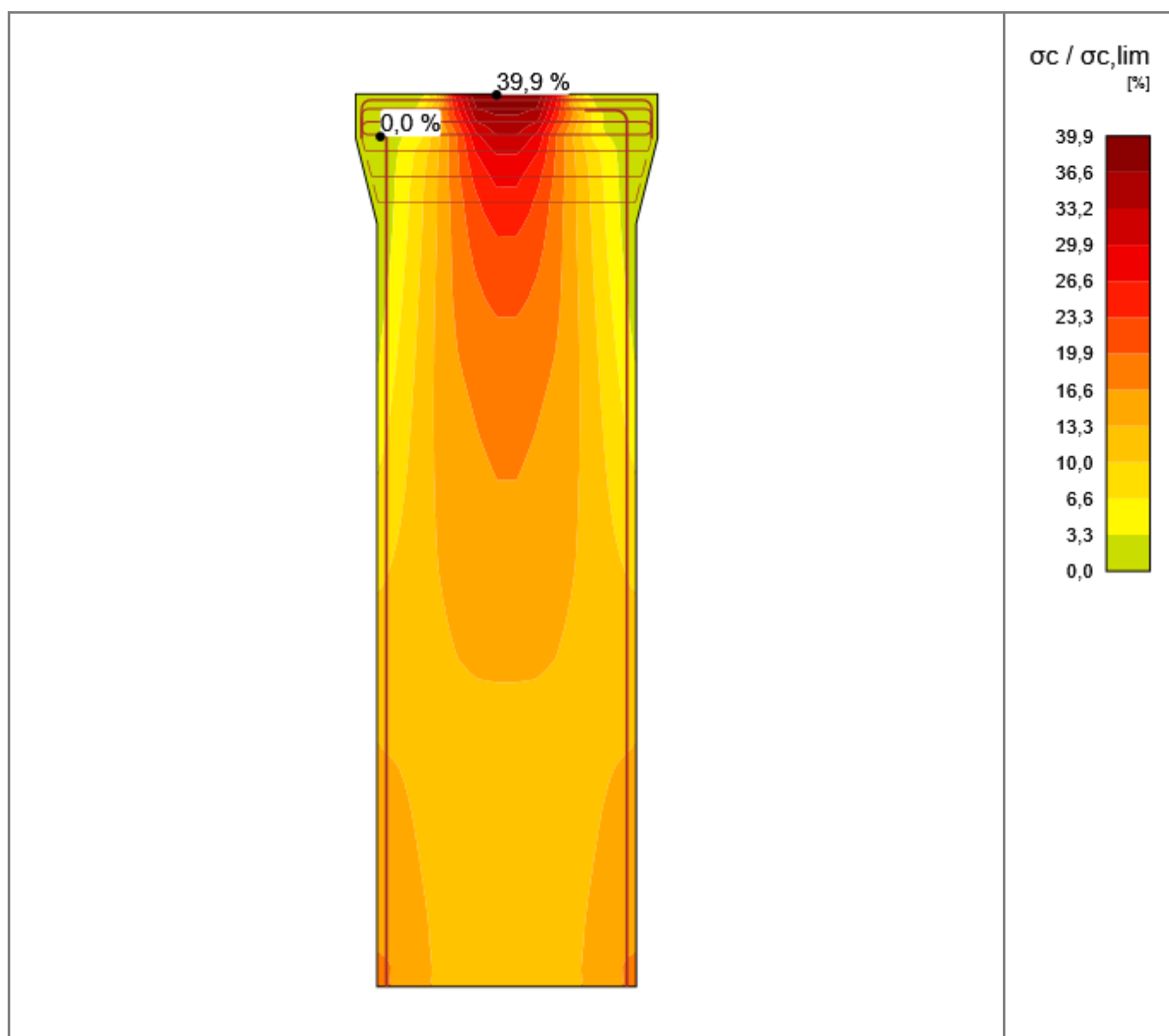
Detailní výsledky pevnosti betonu: LC1, Přírůstek zatížení: 100,0%

Prvok	X [m]	Z [m]	σ_c [MPa]	ε_c [1e-4]	ε_{pl} [1e-4]	k_{c2} [-]	$\sigma_c / \sigma_{c,lim}$ [%]	
W1	-0,12	0,00	-8,0	-3,7	-0,2	1,00	39,9	OK
W1	-0,35	0,00	-7,9	-4,0	-0,2	1,00	39,5	OK
W1	-0,11	-2,43	-4,1	-2,2	0,0	0,95	19,7	OK

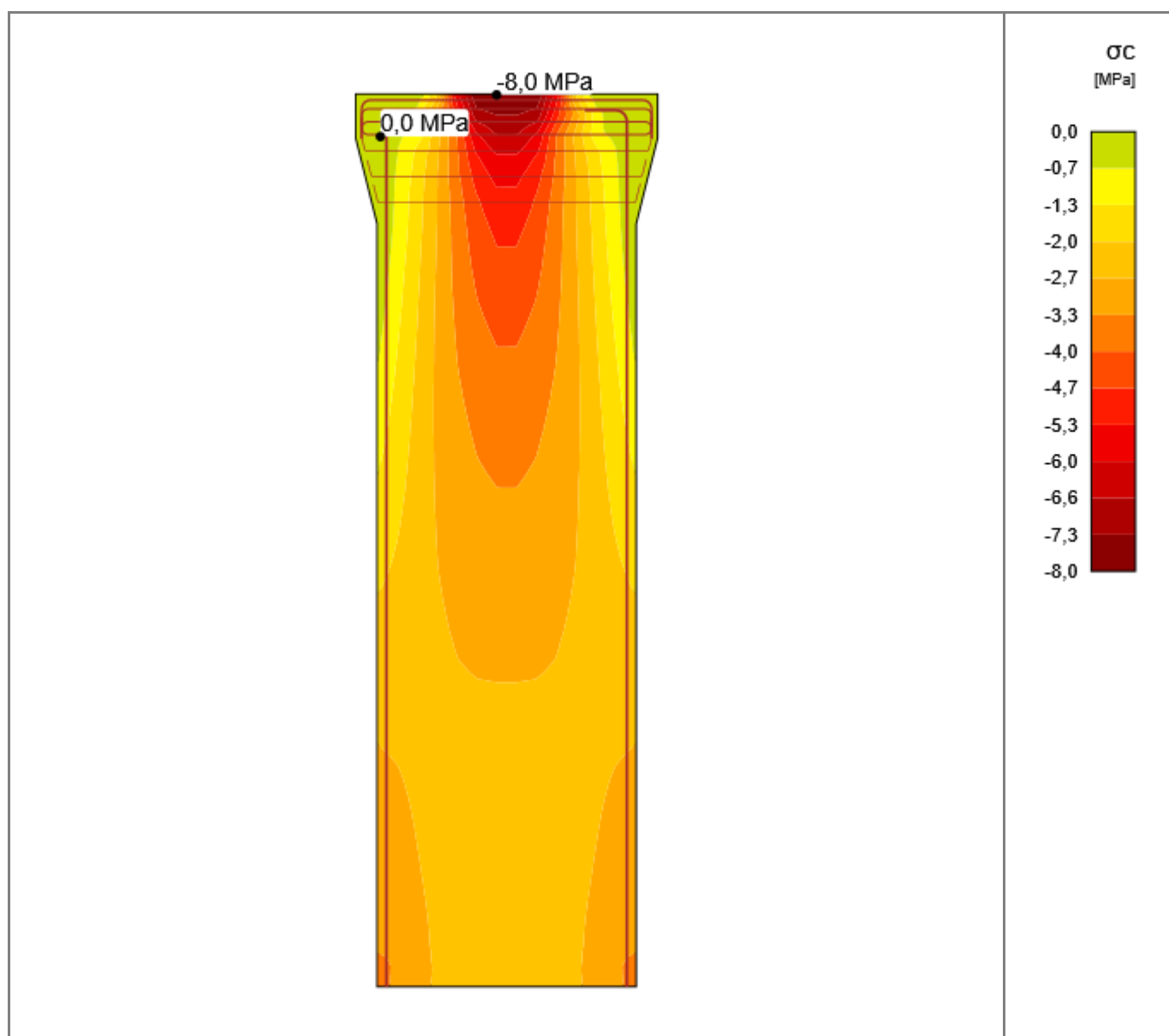
Podrobné výsledky pevnosti výztuže: LC1, Přírůstek zatížení: 100,0%

Prvok	X [m]	Z [m]	σ_s [MPa]	ϵ_s [1e-4]	$\sigma_s/\sigma_{s,lim}$ [%]	$\epsilon_s/\epsilon_{s,lim}$ [%]	
GB8	-0,11	-1,26	362,0	11,0	77,1	15,7	OK
GB7	-0,12	-0,95	314,4	8,6	67,0	12,3	OK
GB6	-0,23	-0,66	256,9	5,8	54,7	8,2	OK
GB5	0,00	-0,46	161,1	3,5	34,3	3,5	OK
GB4	0,00	-0,31	104,5	1,7	22,2	1,3	OK
GB2	-0,12	-0,06	-44,0	-2,2	9,4	0,5	OK
GB10	-1,40	-9,65	-30,5	-1,5	6,5	0,3	OK
GB9	1,40	-9,65	-30,5	-1,5	6,5	0,3	OK
GB3	0,00	-0,16	-9,6	-0,5	2,0	0,1	OK
GB2	0,61	-0,06	15,9	0,1	3,4	0,0	OK
GB9	1,40	-0,55	8,2	0,0	1,7	0,0	OK
GB10	-1,40	-0,55	8,0	0,0	1,7	0,0	OK
GB3	1,66	-0,18	1,0	0,0	0,2	0,0	OK
GB3	1,64	-0,17	1,0	0,0	0,2	0,0	OK

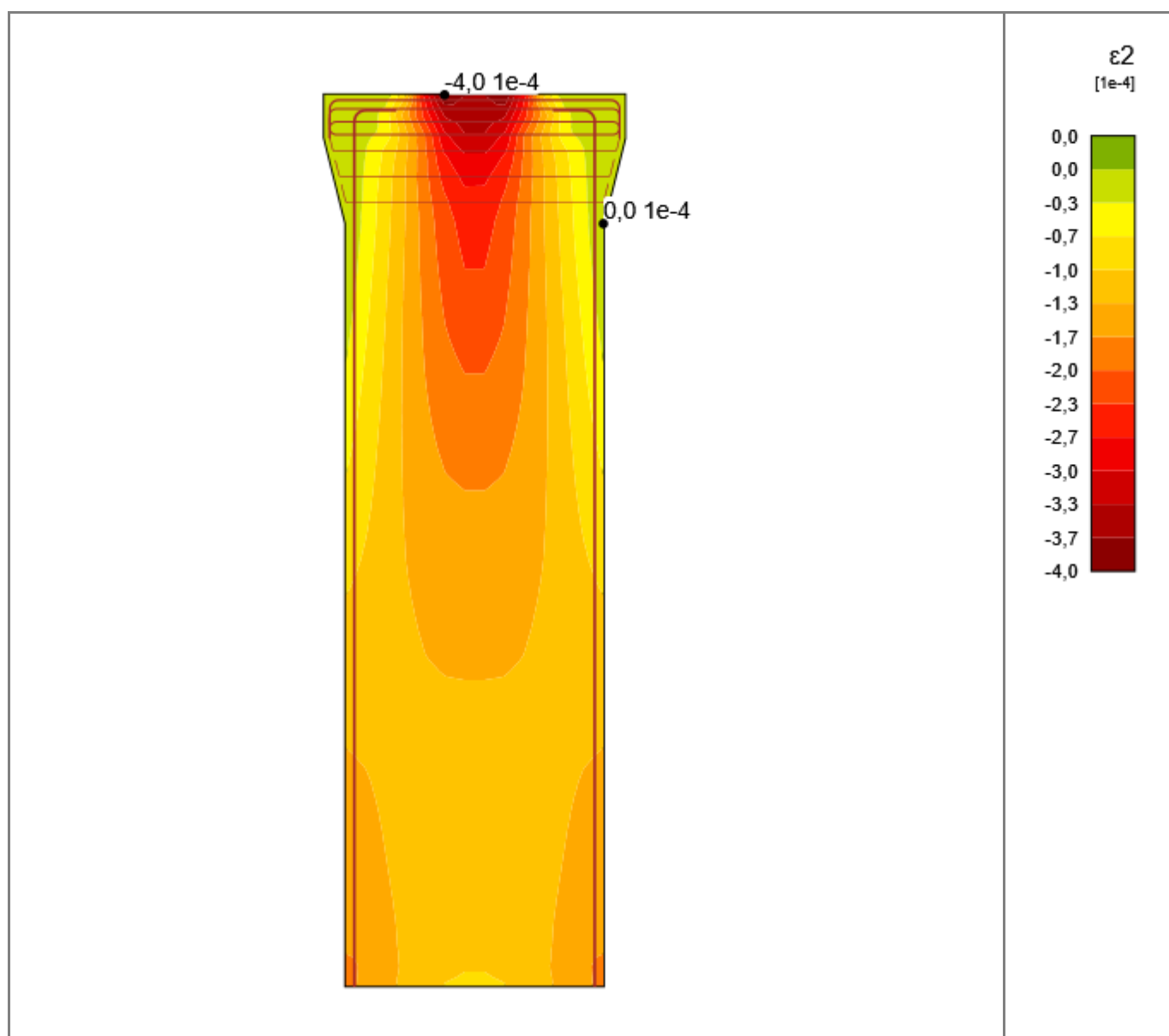
Poměr napětí/pevnost betonu



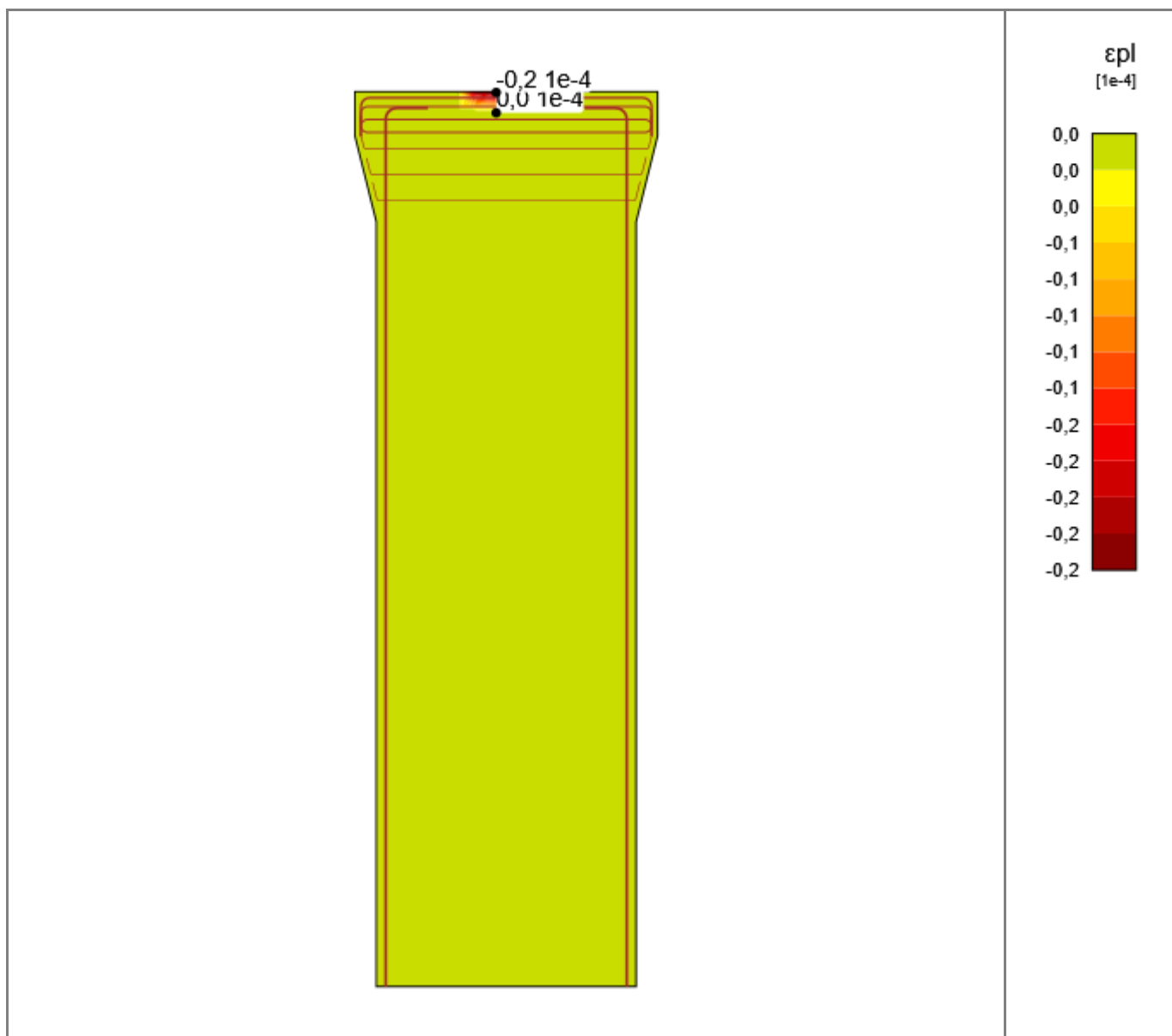
Hlavní napětí betonu σ_c



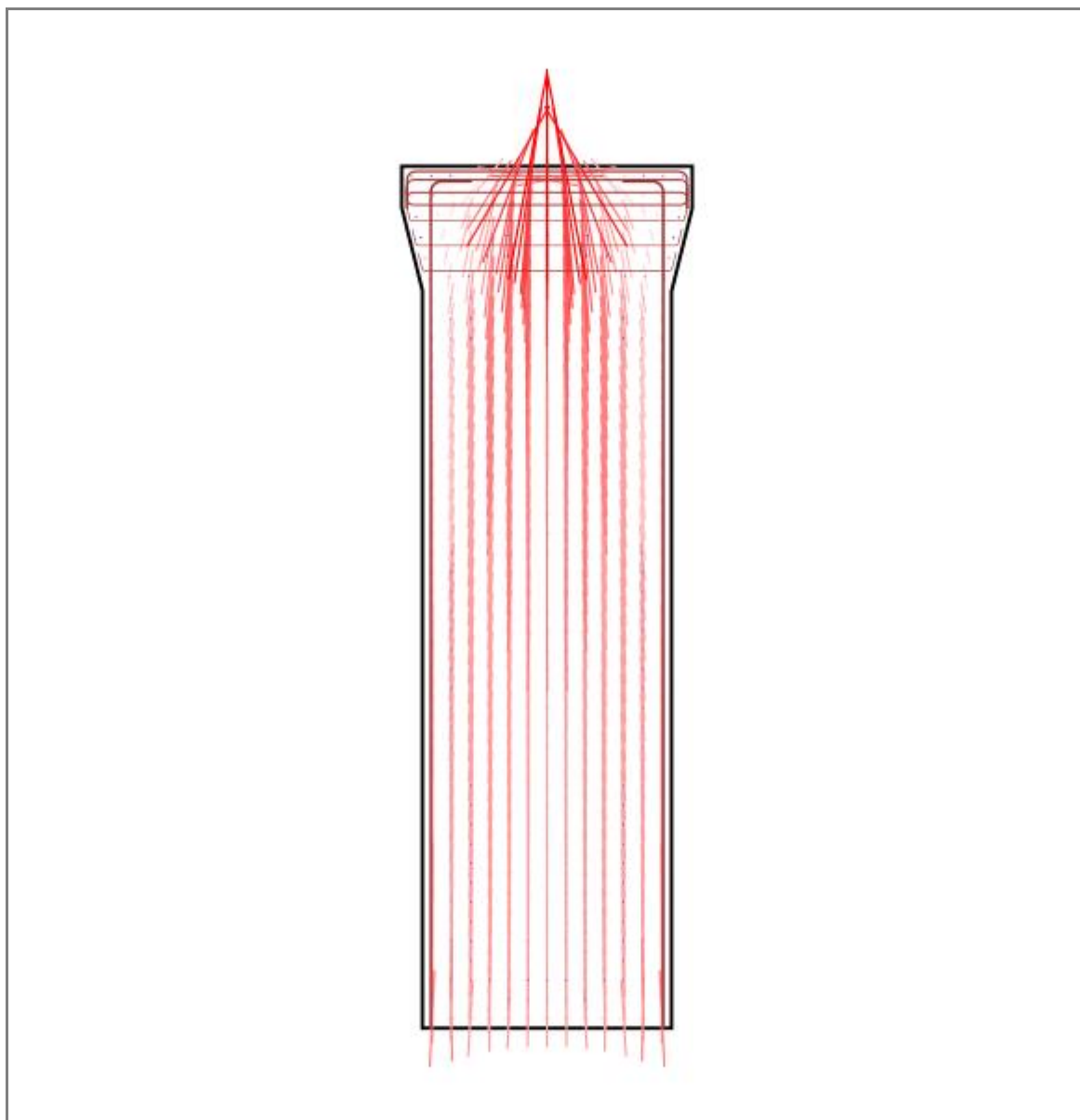
Hlavní přetvoření betonu ε_c



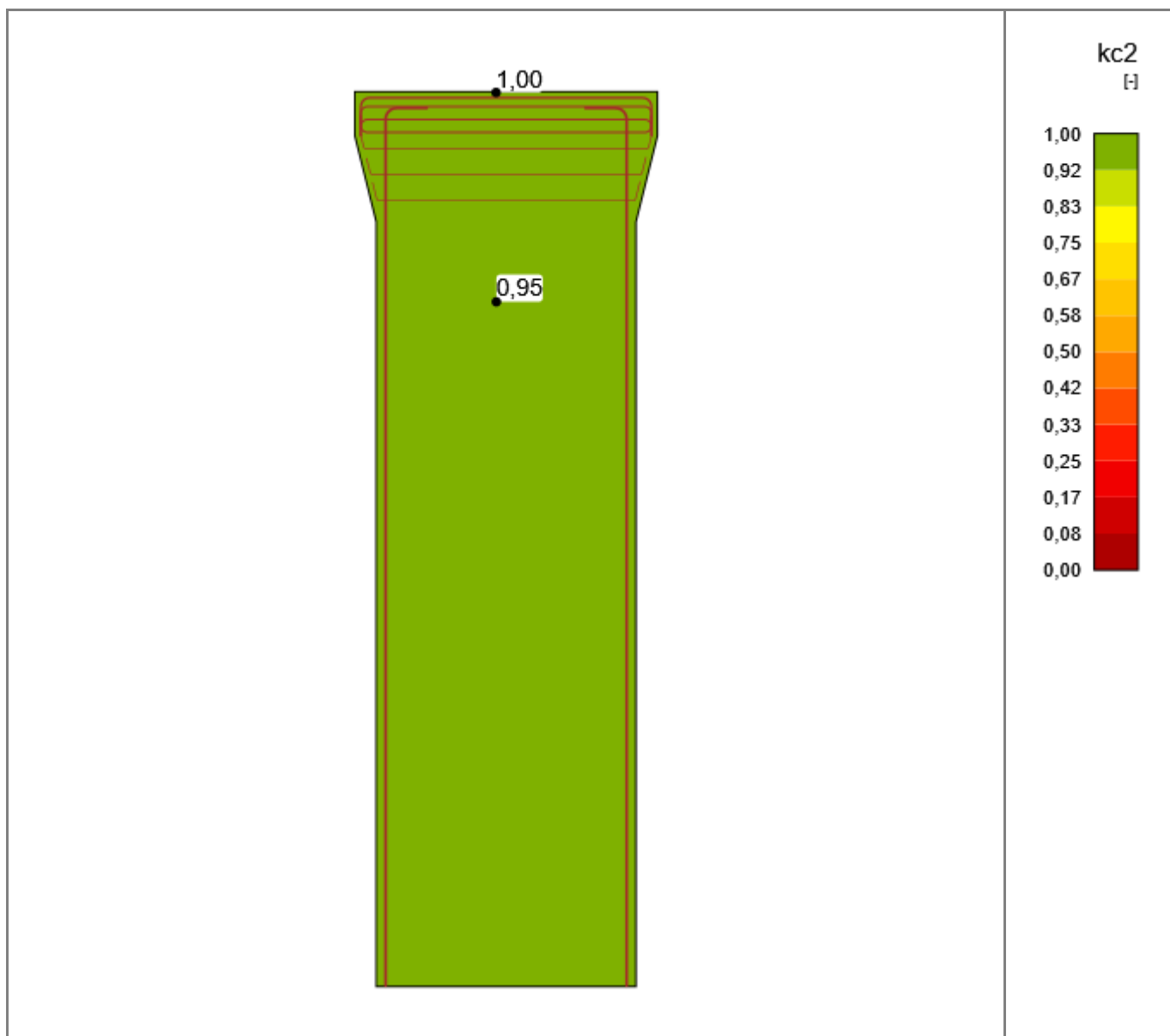
Plastické pretvorenie betónu ϵ_{pl}



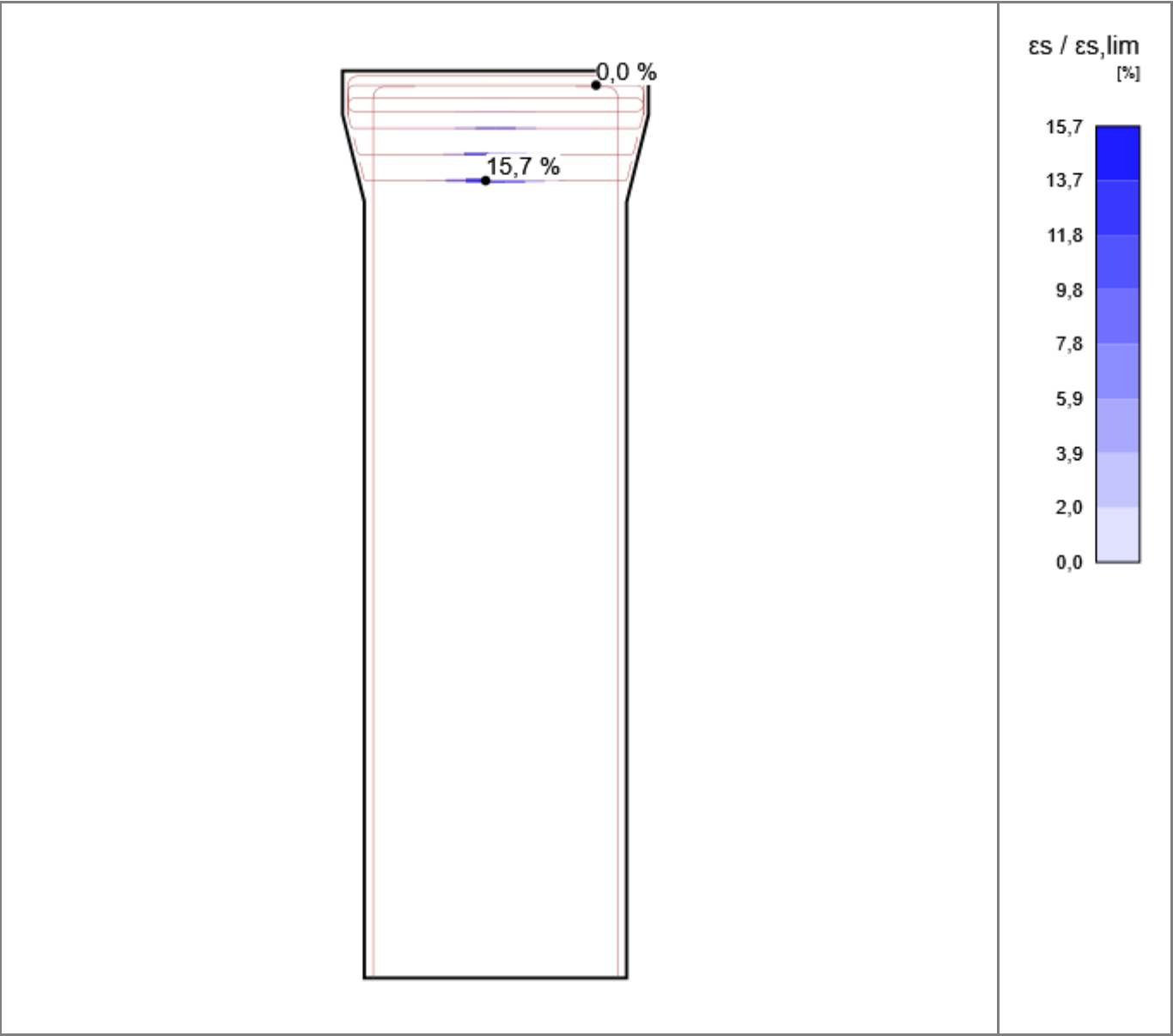
Směry hlavních napětí



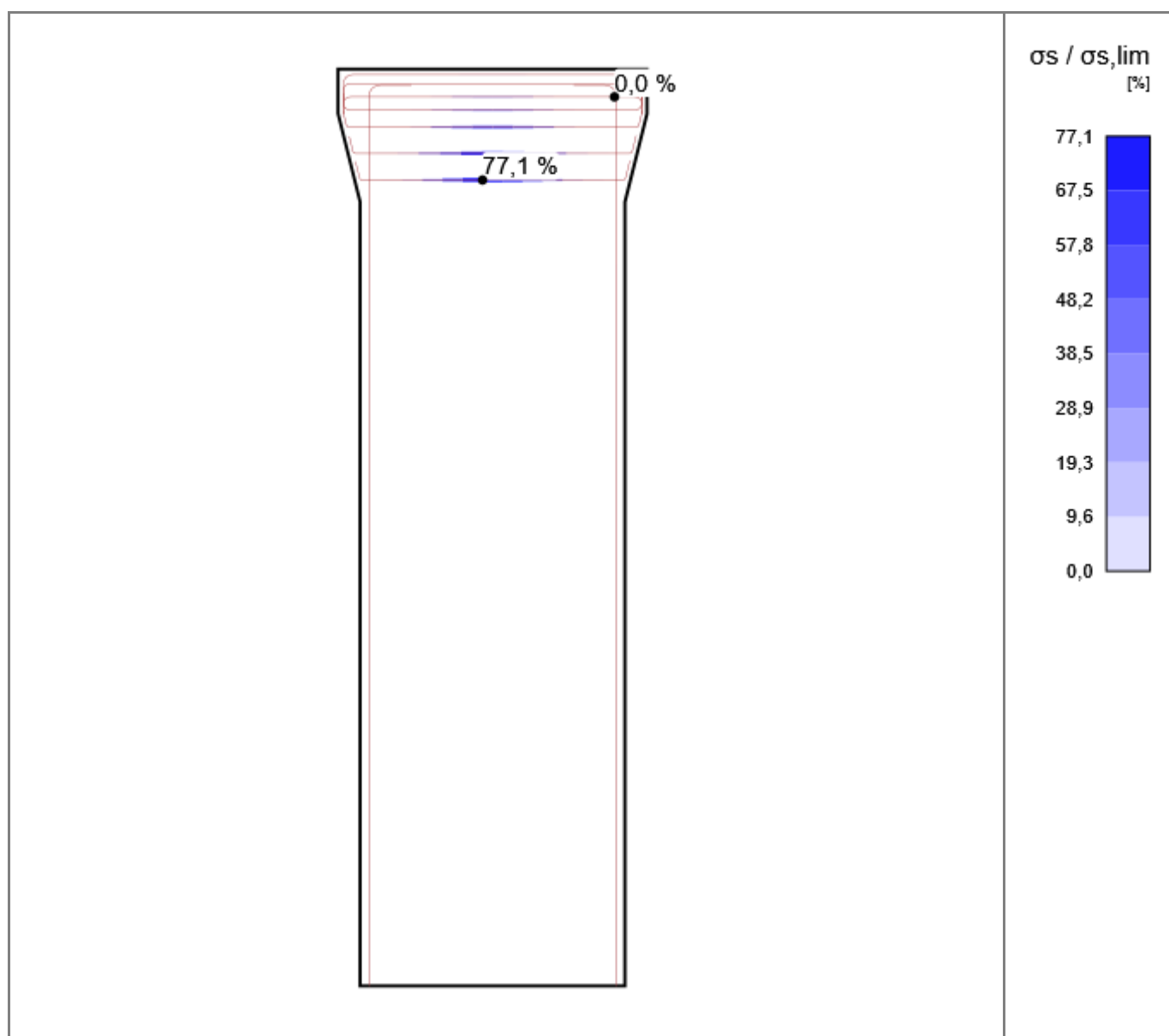
Redukční součinitel pevnosti betonu v tlaku k_c



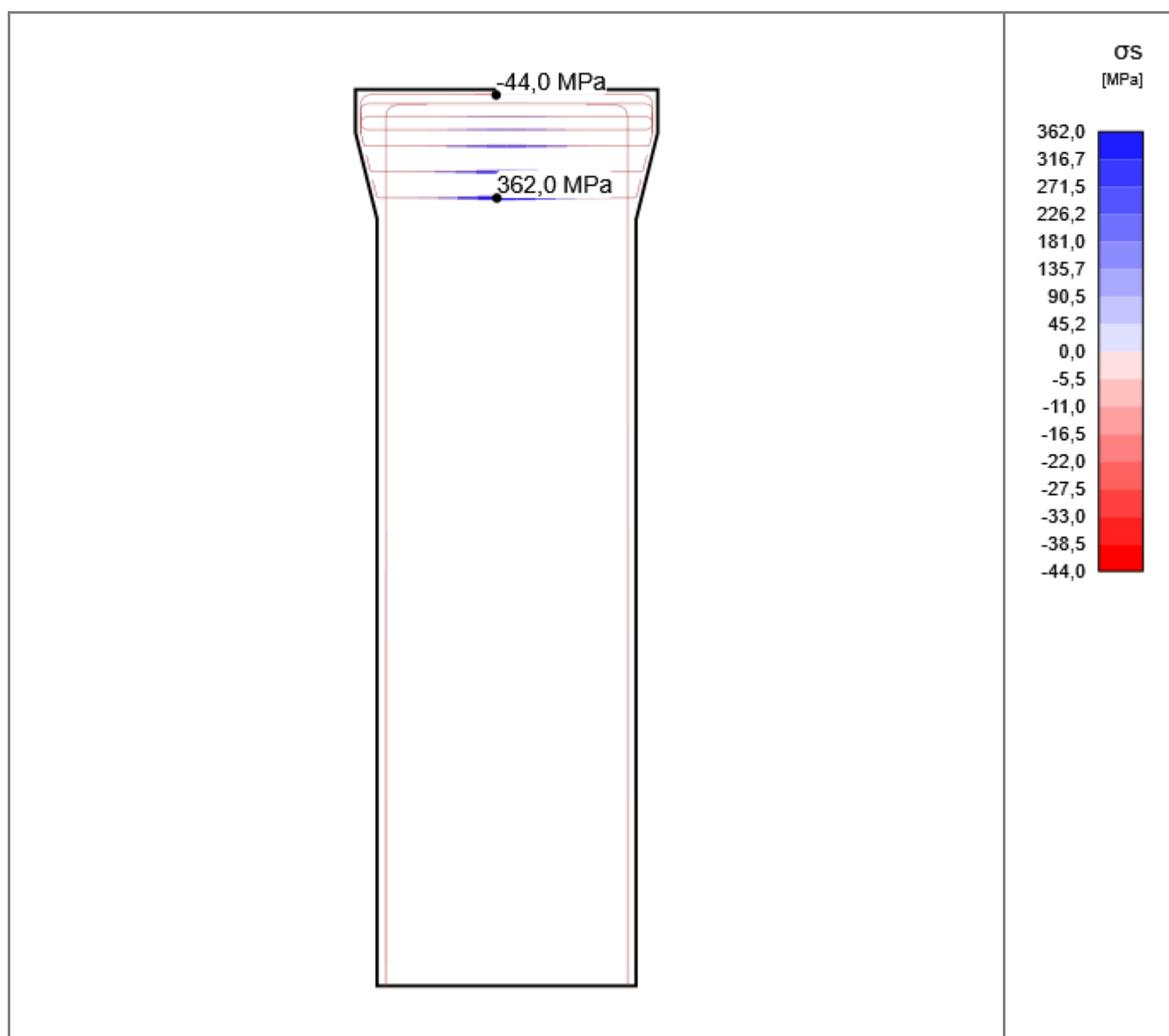
Poměr přetvoření/mezního přetvoření výztuže - $\epsilon_s/\epsilon_{s,lim}$ [%]



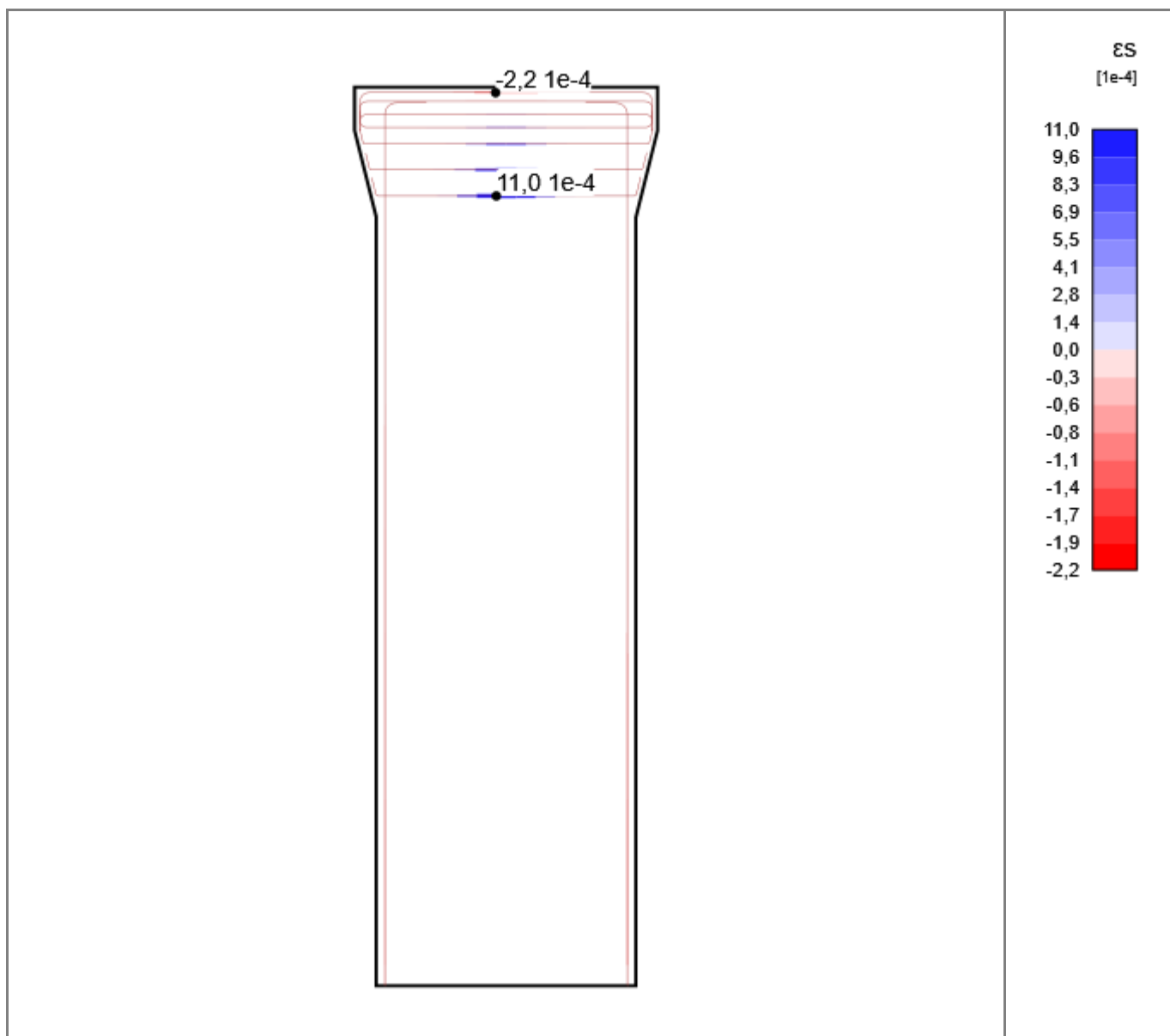
Poměr napětí/pevnost výztuže - $\sigma_s/\sigma_{s,lim}$ [%]



Napätie vo výstuži - σ_s [MPa]



Přetvoření výztuže - ϵ_s [1e-4]



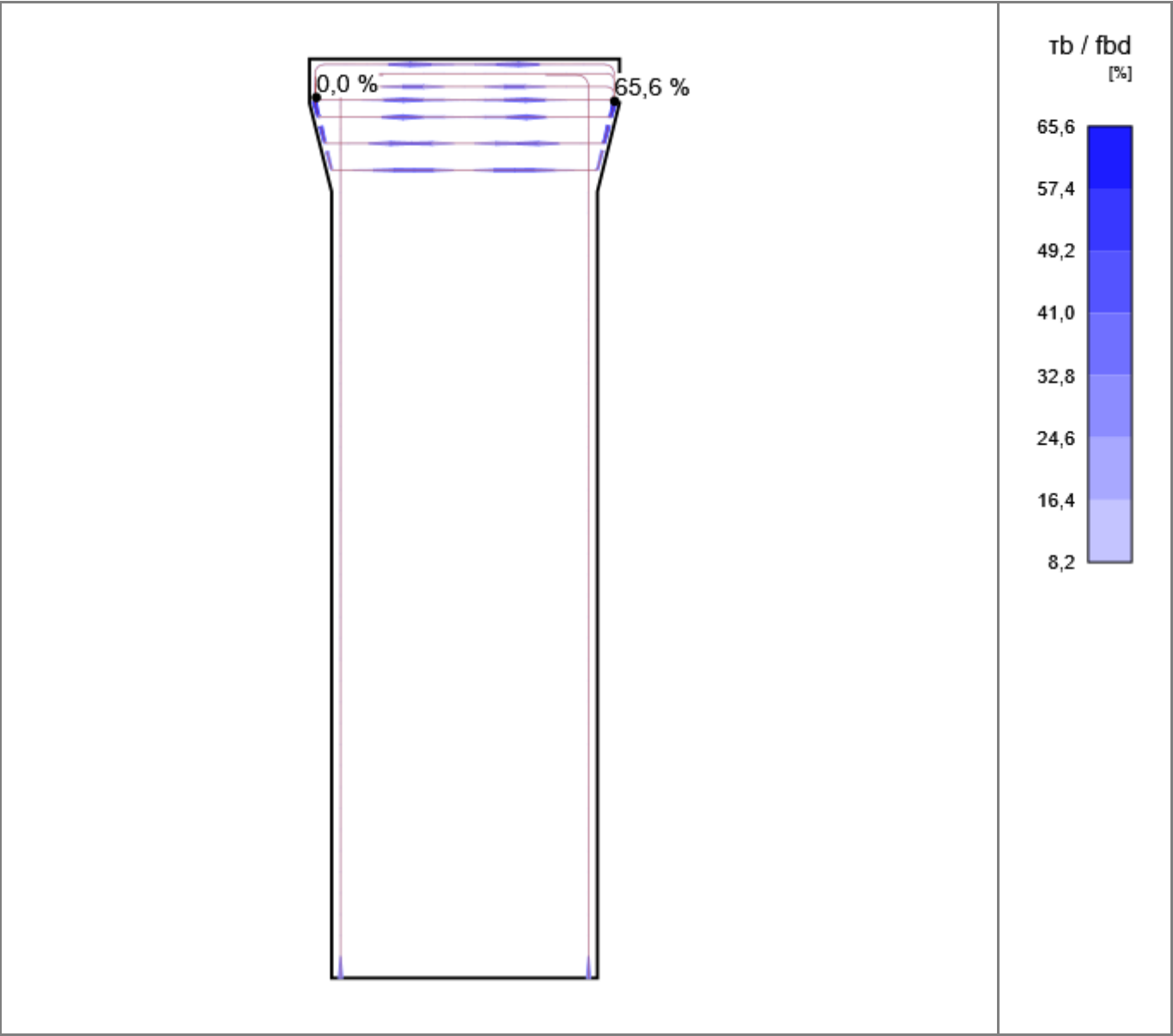
MSÚ - Kotvení

Detailní výsledky kotvení - Výstuž: LC1, Přírůstek zatížení: 100,0%

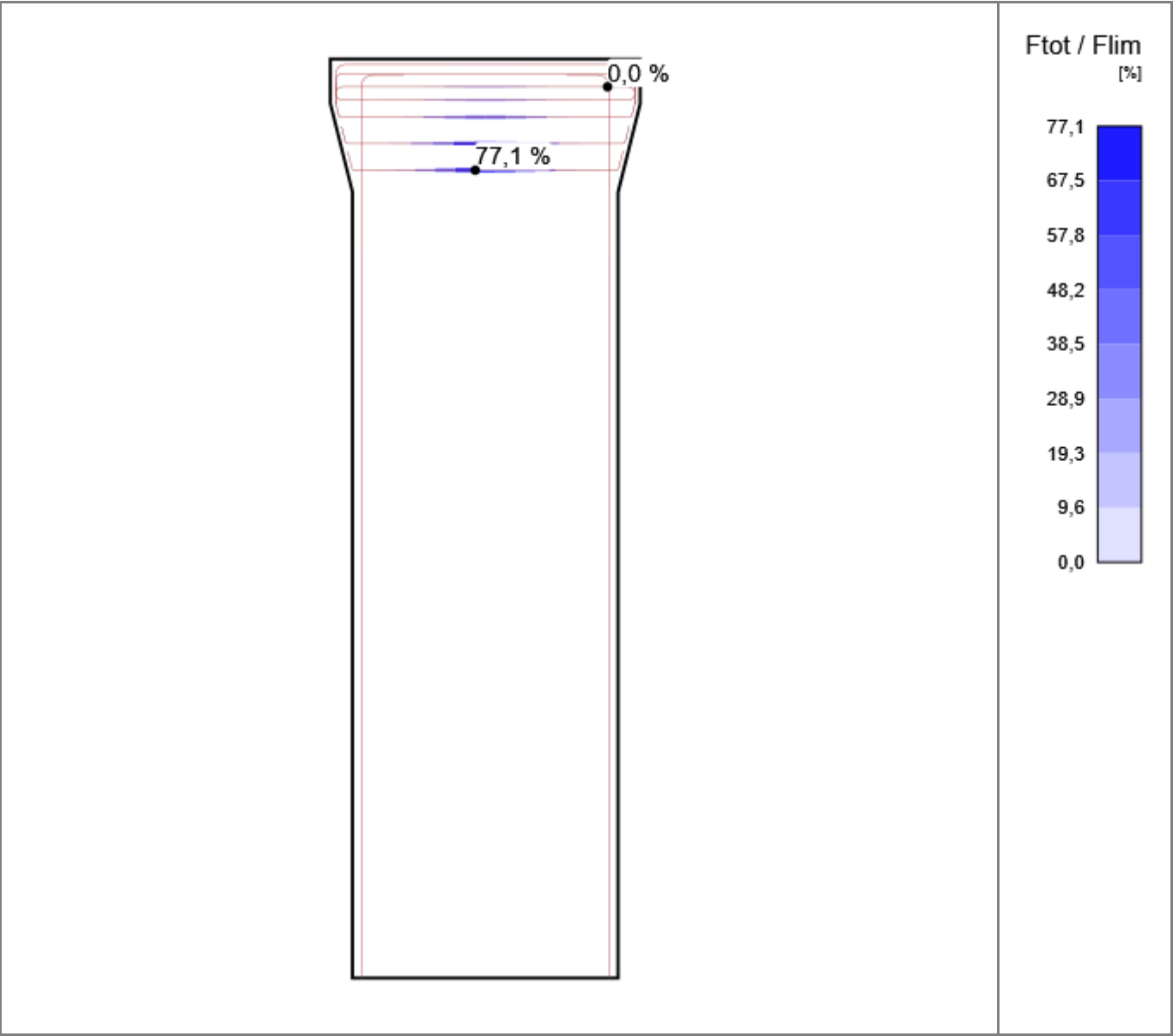
Prvok	X [m]	Z [m]	τ _b [MPa]	F _a [kN]	F _{tot} [kN]	F _{tot} /F _{lim} [%]	τ _b /f _{bd} [%]	
GB6	1,70	-0,48	-2,0	0,1	16,9	15,2	65,6	OK
GB6	-1,69	-0,48	2,0	0,1	16,1	15,0	64,2	OK
GB6	-0,23	-0,66	0,6	0,1	174,3	54,7	18,5	OK
GB6	-1,39	-0,66	0,0	0,1	-0,3	0,1	0,6	OK
GB10	-1,40	-10,37	1,8	0,0	-196,9	4,0	60,1	OK
GB10	-1,40	-1,03	-0,1	0,0	81,2	1,8	4,2	OK
GB10	-1,40	-0,55	0,1	0,0	83,3	2,3	2,9	OK
GB10	-1,40	-9,65	0,0	0,0	-318,9	6,5	0,2	OK
GB9	1,40	-10,37	1,8	0,0	-196,9	4,0	60,1	OK
GB9	1,40	-1,03	-0,1	0,0	82,0	1,8	4,3	OK
GB9	1,40	-0,55	0,1	0,0	85,3	2,4	3,4	OK
GB9	1,40	-9,65	0,0	0,0	-318,9	6,5	0,2	OK

GB7	1,62	-0,75	-1,7	0,1	15,4	12,4	55,0	OK
GB7	-1,62	-0,76	1,7	0,1	14,6	12,3	54,3	OK
GB7	-0,12	-0,95	0,0	0,1	213,4	67,0	0,8	OK
GB7	1,31	-0,95	-0,2	0,1	4,5	1,4	5,2	OK
GB5	-0,69	-0,46	1,6	0,0	150,5	7,8	51,6	OK
GB5	0,69	-0,46	-1,6	0,0	391,1	20,4	51,3	OK
GB5	0,00	-0,46	0,0	0,0	657,9	34,3	0,1	OK
GB5	1,15	-0,46	0,0	0,0	-0,4	0,0	0,4	OK
GB4	-0,46	-0,31	1,3	0,0	172,7	9,0	42,2	OK
GB4	0,46	-0,31	-1,3	0,0	371,0	19,3	42,0	OK
GB4	0,00	-0,31	0,0	0,0	426,6	22,2	0,1	OK
GB4	0,92	-0,31	0,2	0,0	-9,3	0,5	5,4	OK
GB8	0,80	-1,26	-1,3	0,0	117,8	37,0	42,3	OK
GB8	-0,79	-1,26	1,3	0,0	59,0	18,5	42,1	OK
GB8	-0,11	-1,26	0,2	0,0	245,6	77,1	5,8	OK
GB8	-1,50	-1,24	-0,2	0,0	8,2	5,5	5,3	OK
GB2	0,61	-0,06	1,1	0,1	-92,2	3,1	52,5	OK
GB2	-0,61	-0,06	-1,1	0,1	100,0	3,3	51,7	OK
GB2	0,61	-0,06	1,1	0,1	101,7	3,4	52,5	OK
GB2	-0,12	-0,06	-0,2	0,1	-280,8	9,4	9,6	OK
GB3	-0,23	-0,16	-0,1	0,0	-25,0	1,3	4,3	OK
GB3	0,46	-0,16	0,1	0,0	-26,5	1,4	4,1	OK
GB3	1,66	-0,18	0,0	0,0	4,1	0,9	0,3	OK
GB3	0,00	-0,16	0,0	0,0	-39,0	2,0	0,1	OK
GB3	1,69	-0,23	-0,1	0,0	3,3	0,9	2,5	OK

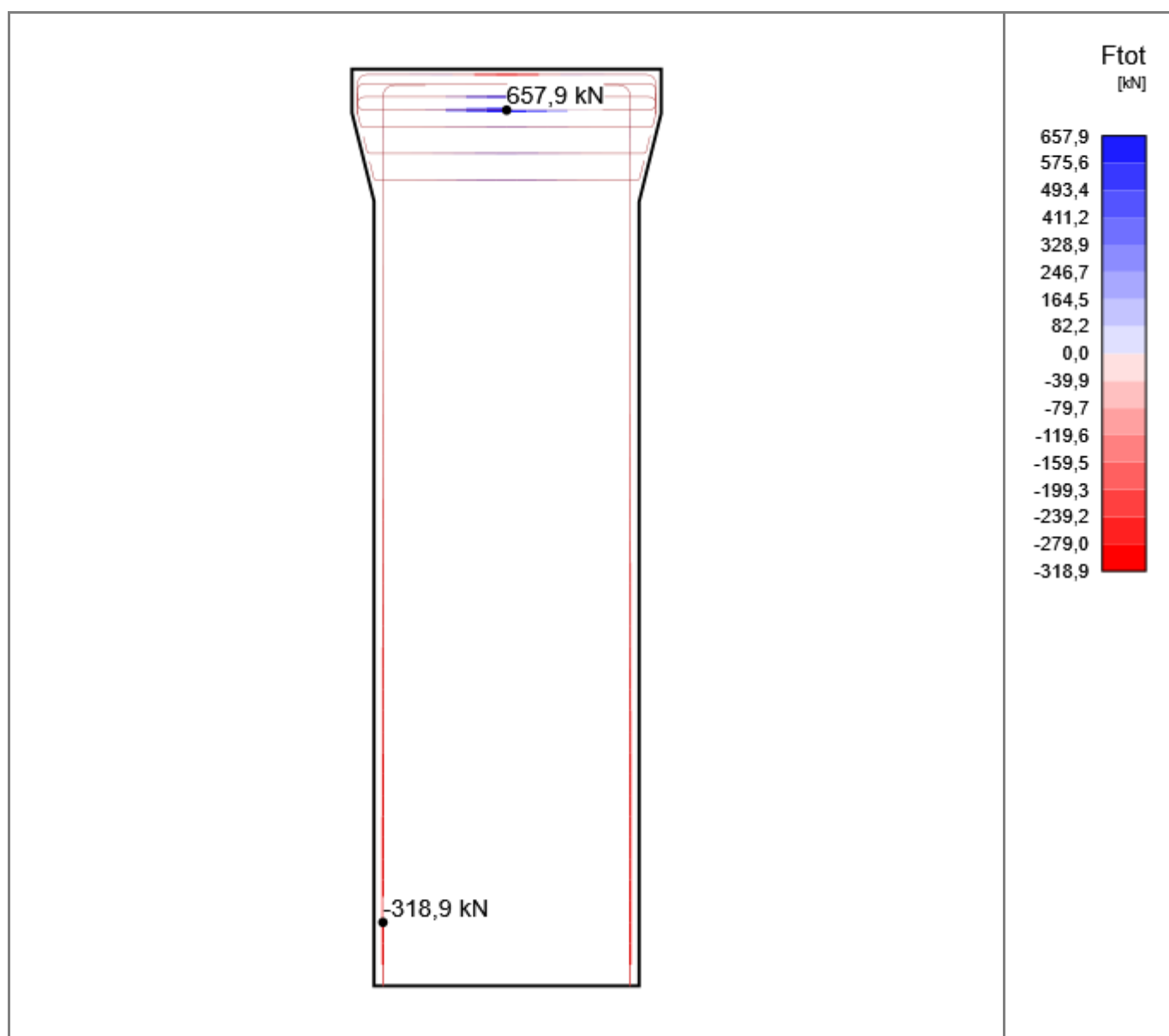
Hodnota posouzení napětí v soudržnosti - τ_b/f_{bd} [%]



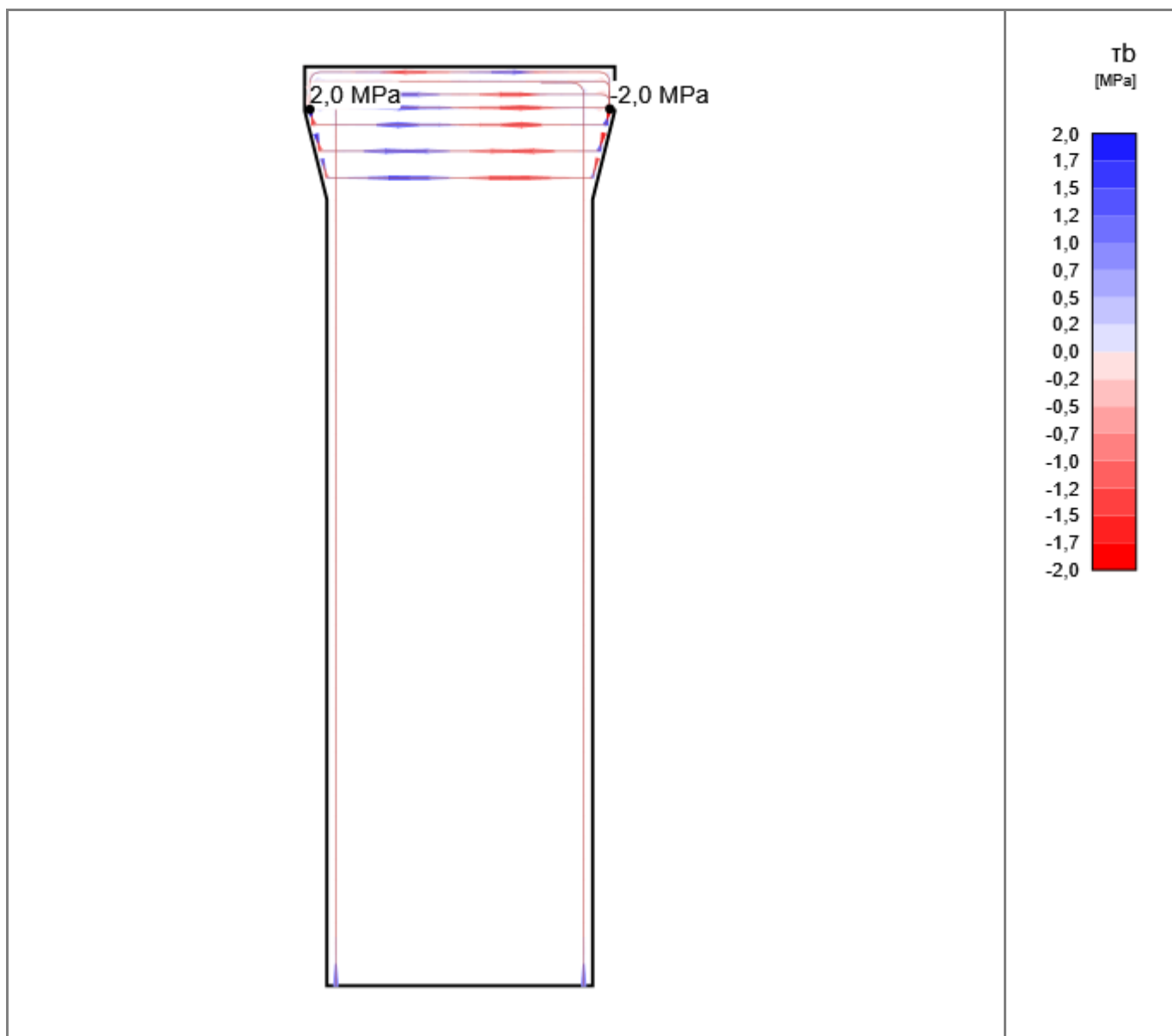
Hodnota posudku sil - F_{tot}/F_{lim} [%]



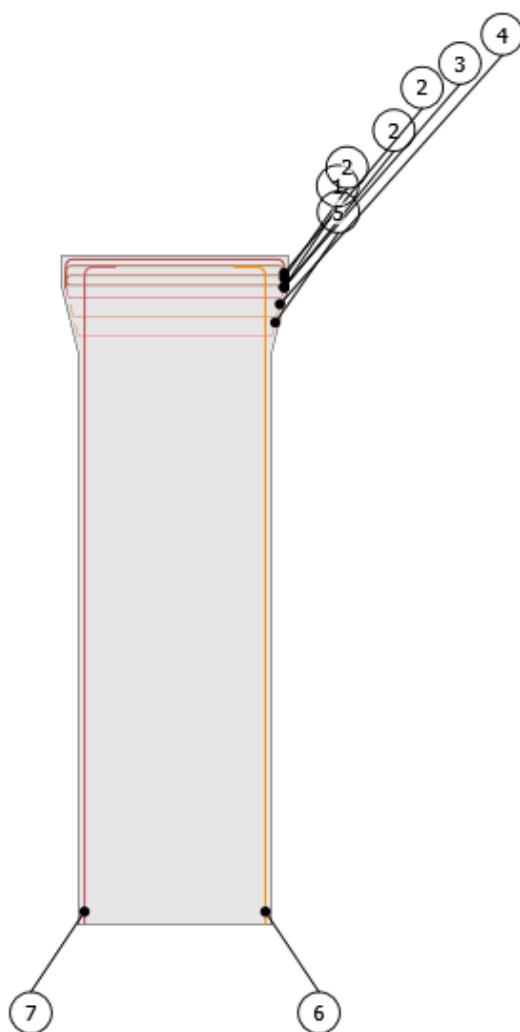
Celková síla ve vložce - F_{tot} [kN]



Napětí v soudržnosti - τ_b [MPa]



Výkaz materiálu
Číslování položek

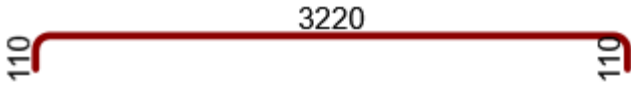
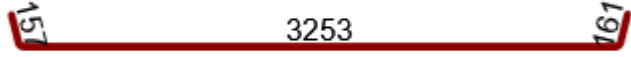
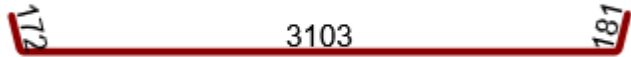
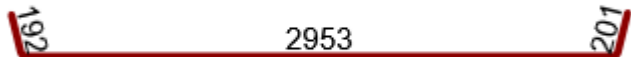




Stručná tabulka vložek výztuže

Index	Φ [mm]	Materiál	Položky	Dĺžka [mm]	Váha [kg]	Celková dĺžka [m]
1	25	B 500B	13	4164	16	54,13
2	20	B 500B	39	3691	9	143,94
3	12	B 500B	6	3650	3	21,90
4	12	B 500B	6	3535	3	21,21
5	12	B 500B	6	3425	3	20,55
6	32	B 500B	13	10616	67	138,00
7	32	B 500B	13	10616	67	138,01

Podrobné tabulky výztužných vložek

Parametr	Hodnota	Tvar
Index	1	
Φ [mm]	25	
Materiál	B 500B	
Počet položiek	13	
Dĺžka [mm]	4164	
Váha [kg]	16	
Celková dĺžka [m]	54,13	

Parametr	Hodnota	Tvar
Index	2	
Φ [mm]	20	
Materiál	B 500B	
Počet položiek	39	
Dĺžka [mm]	3691	
Váha [kg]	9	
Celková dĺžka [m]	143,94	
Parametr	Hodnota	Tvar
Index	3	
Φ [mm]	12	
Materiál	B 500B	
Počet položiek	6	
Dĺžka [mm]	3650	
Váha [kg]	3	
Celková dĺžka [m]	21,90	
Parametr	Hodnota	Tvar
Index	4	
Φ [mm]	12	
Materiál	B 500B	
Počet položiek	6	
Dĺžka [mm]	3535	
Váha [kg]	3	
Celková dĺžka [m]	21,21	
Parametr	Hodnota	Tvar
Index	5	
Φ [mm]	12	
Materiál	B 500B	
Počet položiek	6	
Dĺžka [mm]	3425	
Váha [kg]	3	
Celková dĺžka [m]	20,55	
Parametr	Hodnota	Tvar
Index	6	
Φ [mm]	32	
Materiál	B 500B	
Počet položiek	13	
Dĺžka [mm]	10616	
Váha [kg]	67	
Celková dĺžka [m]	138,00	
Parametr	Hodnota	Tvar
Index	7	
Φ [mm]	32	
Materiál	B 500B	
Počet položiek	13	
Dĺžka [mm]	10616	

Váha [kg]	67	
Celková dĺžka [m]	138,01	

Celková tabuľka

Φ [mm]	12	20	25	32
Celková dĺžka Φ [m]	63,66	143,94	54,13	276,01
Hmotnosť na metr Φ [kg/m]	1	2	4	6
Celková hmotnosť Φ [kg]	57	355	209	1743
Celková hmotnosť vložiek [kg]	2363			
Objem betonu [m ³]	63,24			
Parametrické použitie výstuže [kg/m ³]	37			

Vysvetlenie

Symbol	Vysvetlenie
f_{ck}	Charakteristická vĺcová pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní
$f_{ctk,0.05}$	Charakteristická pevnosť betónu v dosteďnom ťahu, 5% kvantil
f_{ctm}	Priemerná hodnota pevnosti betónu v dosteďnom ťahu
E_{cm}	Sečnicový modul pružnosti betónu
ν	Poissonovo číslo
ϵ_c	Pomerné pretvorenie betónu v tlaku pri dosiahnutí maximálneho napätia f_c
ϵ_{cu}	Medzne pomerné pretvorenie betónu v tlaku
ϕ_{perm}	Súčiniteľ dotvarovania pre trvalé zaťaženie
ϕ_{pres}	Súčiniteľ dotvarovania pre predpätie
f_{yk}	Charakteristická medza klzu betonárskej výstuže
E_s	Modul pružnosti výstužnej ocele
ϵ_{uk}	Charakteristické pomerné pretvorenie betonárskej alebo predpínacej ocele pri maximálnom zaťažení
Vlastnosti	W - Šírka; H - Výška; T - Hrúbka; L - Dĺžka; r - Polomer; α - Sklon
Poloha	M - Řídící; MP - Riadiaci bod; IP - Bod vloženia
σ_c	Extrémna hodnota tlakového napätia betónu σ_c vybranej podoblasti.
ϵ_c	Minimálna tlaková deformácia betónu ϵ_c
ϵ_{pl}	Minimálna plastická deformácia betónu v tlaku ϵ_{pl}
k_{c2}	Redukční součinitel pevnosti betonu v tlaku k_c
$\sigma_c/\sigma_{c,lim}$	Poměr napětí v betonu a pevnosti betonu. Ukazuje úroveň využití materiálu vzhledem k pevnosti betonu.
σ_s	Maximální napětí po délce výstužné vložky.
ϵ_s	Maximální přetvoření po délce výstužné vložky.
$\sigma_s/\sigma_{s,lim}$	Poměr napětí a pevnosti výstuže. Ukazuje úroveň využití vzhledem k pevnosti výstuže.
$\epsilon_s/\epsilon_{s,lim}$	Poměr přetvoření betonu a mezního přetvoření betonu. Ukazuje úroveň využití materiálu vzhledem k meznímu přetvoření betonu.
τ_b	Napětí v soudržnosti na povrchu výstužné vložky.
F_a	Kotevní síla. Vzniká na koncích vložek od ohybů kotvení.
F_{tot}	Celková síla vznikající po délce vložky. Skládá se z kotevní síly od ohybů kotvení a síly v soudržnosti, která integruje napětí soudržnosti po ploše vložky.
F_{tot}/F_{lim}	Poměr celkové síly ve vložce a mezní hodnoty síly. Mezní hodnota síly je stanovena jako minimum ze dvou hodnot: (a) síla vypočtená jako suma mezních kotevní síly a síly od konce vložky k zájmovému bodu se zohledněním mezní soudržnosti, (b) mezní pevnost vložky.

τ_b/f_{bd}	Poměr napětí v soudržnosti a mezního napětí v soudržnosti se zobrazuje pro vybranou vložku (skupinu) a aplikovanou část zatížení. Ukazuje úroveň využití vzhledem k meznímu napětí v soudržnosti mezi výztuží a okolním betonem.
-----------------	--

Předpoklady výpočtu

- V oblastiach s trhlinami musí byť zadané minimálne množstvo výstuže vzdorujúce aspoň ťahovému namáhaniu pred vznikom trhlín.
- Aby bolo zaistené plné ukotvenie strmienok, je potrebné zaistiť priečne vystuženie alebo príslušný presah výstuže.
- Výpočet a posouzení podle normy se provádí pro okrajové podmínky zadané v projektu. Neuvažuje se se změnou podpor ve fázi výstavby/provozní fázi.

4. Sústredené namáhanie od roznášacej platne mikropilóty v základe

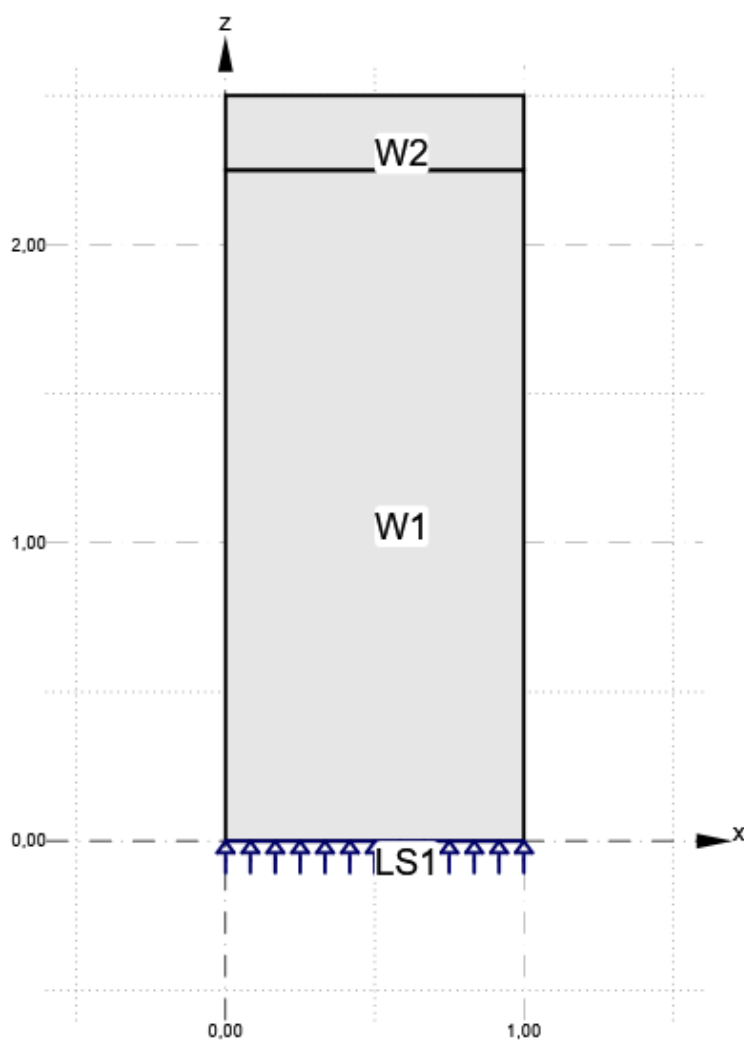
Materiály

Betón

Názov	f_{ck} [MPa]	$f_{ctk,0.05}$ [MPa]	f_{ctm} [MPa]	E_{cm} [MPa]	ν [-]
C30/37	30,0	2,0	2,9	32836,6	0,20
	$\epsilon_{c2} = 20,0 \cdot 10^{-4}$, $\epsilon_{cu2} = 500,0 \cdot 10^{-4}$, Typ diagramu: Parabolický $\phi_{perm}: 2,50$ $\phi_{pres}: 2,50$				

DRM1

Geometria



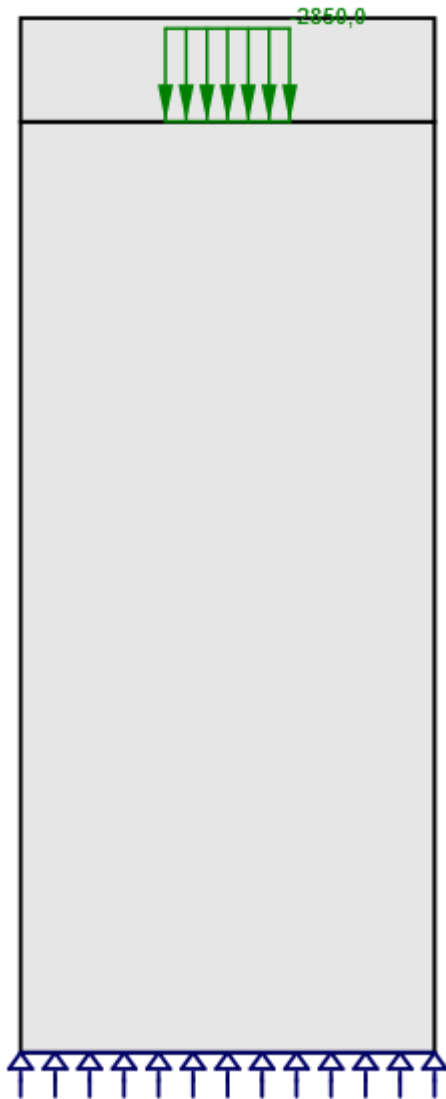
Celková tabuľka

Meno	Typ	Vlastností	Poloha
W1	Stena	Obdĺžnikový ; W: 1,00 m; H: 2,25 m; T: 0,30 m;	

		Materiál: C30/37	
W2	Stena	Obdĺžnikový ; W: 1,00 m; H: 0,25 m; T: 0,30 m; Materiál: C30/37	M: W1; IP: 1; MP: 4
LS1	Liniová podpora	X; Z (Jen tlak); Lokálne	M: W1, Hrana 1; Celá dĺžka

Zaťaženie

LC1



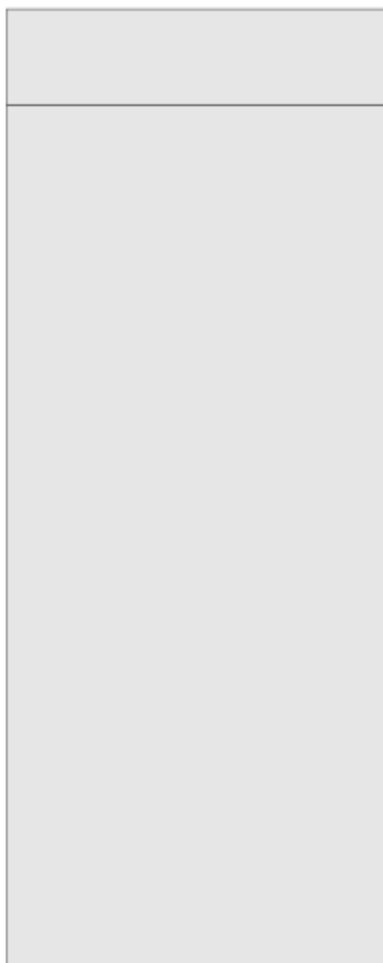
Zaťažovací stav LC1 - Stále

Líniové zaťaženia

Meno	Začátek [kN/m]	Koniec [kN/m]	Smer	Poloha	Dĺžka [m]
LI1	-2850,0	-2850,0	Globálne Z	W1: Hrana 3 Pozice na hraně: 0,35 m	0,30

Výstuž

Schéma vystuženia



Betón: C30/37; Ocel' : -

Výsledky

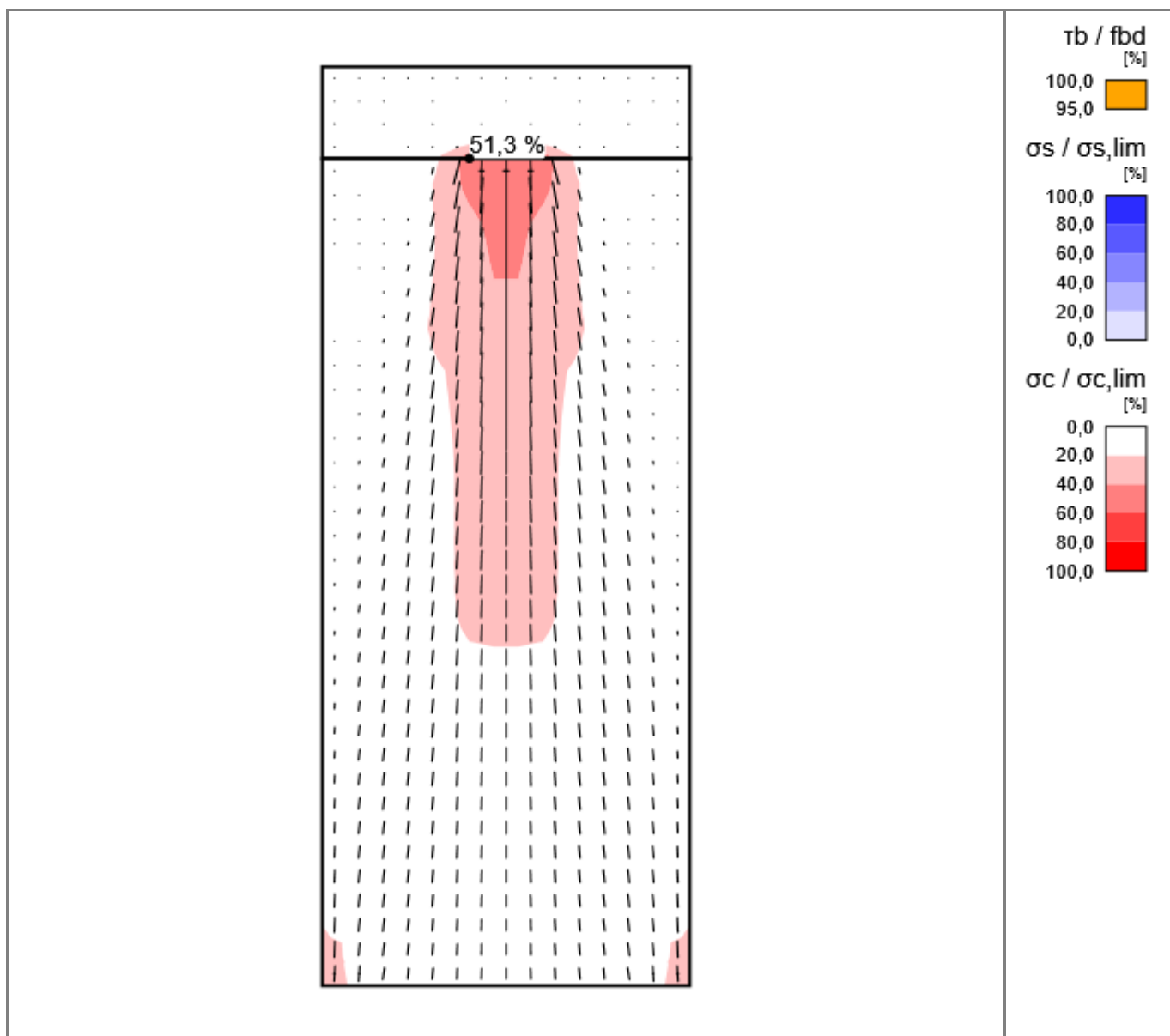
Zhrnutie



Celková tabulka

Položka posudku	Kombinácie	Prírastok	Položka	
MSÚ	LC1	100,0%	Pevnosť betonu	✓
Položka posudku	Položka	Využití		
Pevnosť betonu	W1	$\sigma_c/\sigma_{c,lim}$: 51,3%	✓	
Pevnosť výztuže			?	
Kotevná dĺžka			?	

MSÚ - Zhrnutie

Tok napětí



Nad mezí kluzu	Tlak	Vysvetlenie
		Tloušťka úměrná k síle

Souhrn reakcí a aplikovaných zatížení: LC1, Přírůstek zatížení: 100,0%

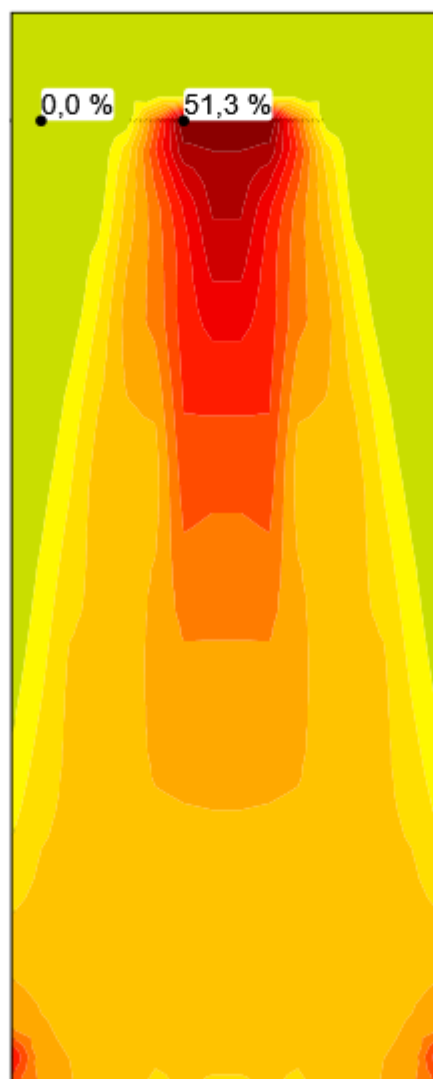
Typ	F_x [kN]	F_z [kNm]	M_y [kNm]
Souhrn reakcí	0,0	855,0	427,5
Souhr aplikovaných zatížení	0,0	-855,0	-427,5
Kontrola rovnováhy	0,0	0,0	0,0

MSÚ - Pevnost

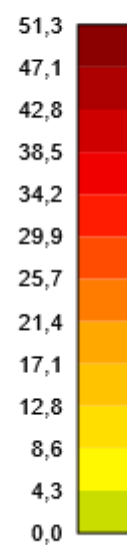
Detailní výsledky pevnosti betonu: LC1, Přírůstek zatížení: 100,0%

Prvok	X [m]	Z [m]	σ_c [MPa]	ϵ_c [1e-4]	ϵ_{pl} [1e-4]	k_{c2} [-]	$\sigma_c / \sigma_{c,lim}$ [%]	
W1	0,40	2,25	-10,3	-6,2	-1,0	1,00	51,3	OK
W1	0,40	1,65	-4,8	-3,5	0,0	0,69	16,8	OK
W2	0,40	2,25	-1,9	-1,1	0,0	0,85	8,0	OK
W2	0,00	2,25	-0,1	0,0	0,0	1,00	0,4	OK

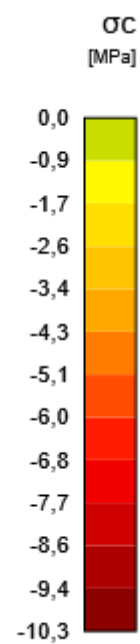
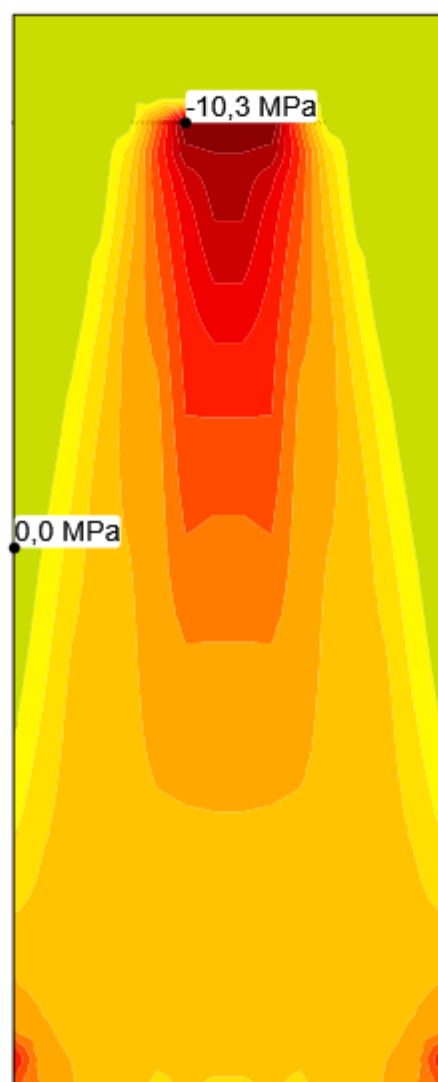
Poměr napětí/pevnost betonu



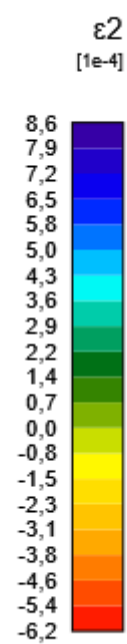
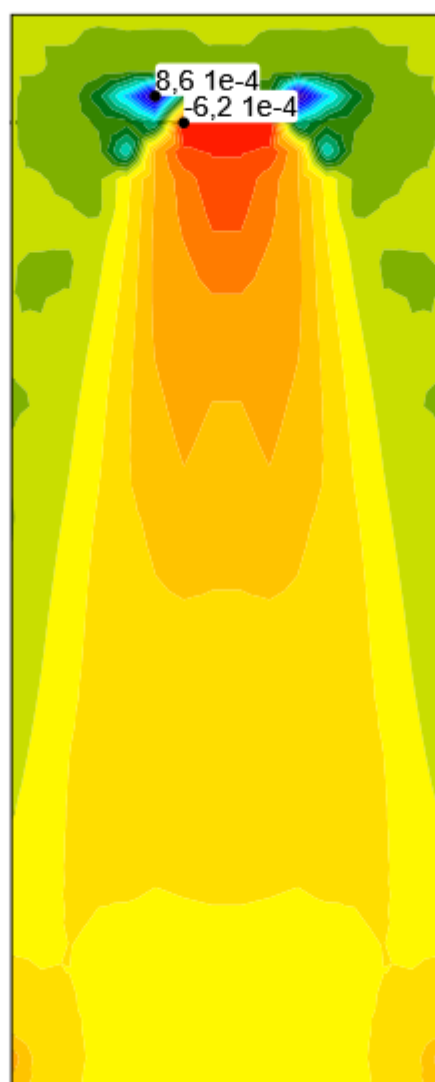
$\sigma_c / \sigma_{c,lim}$
[%]



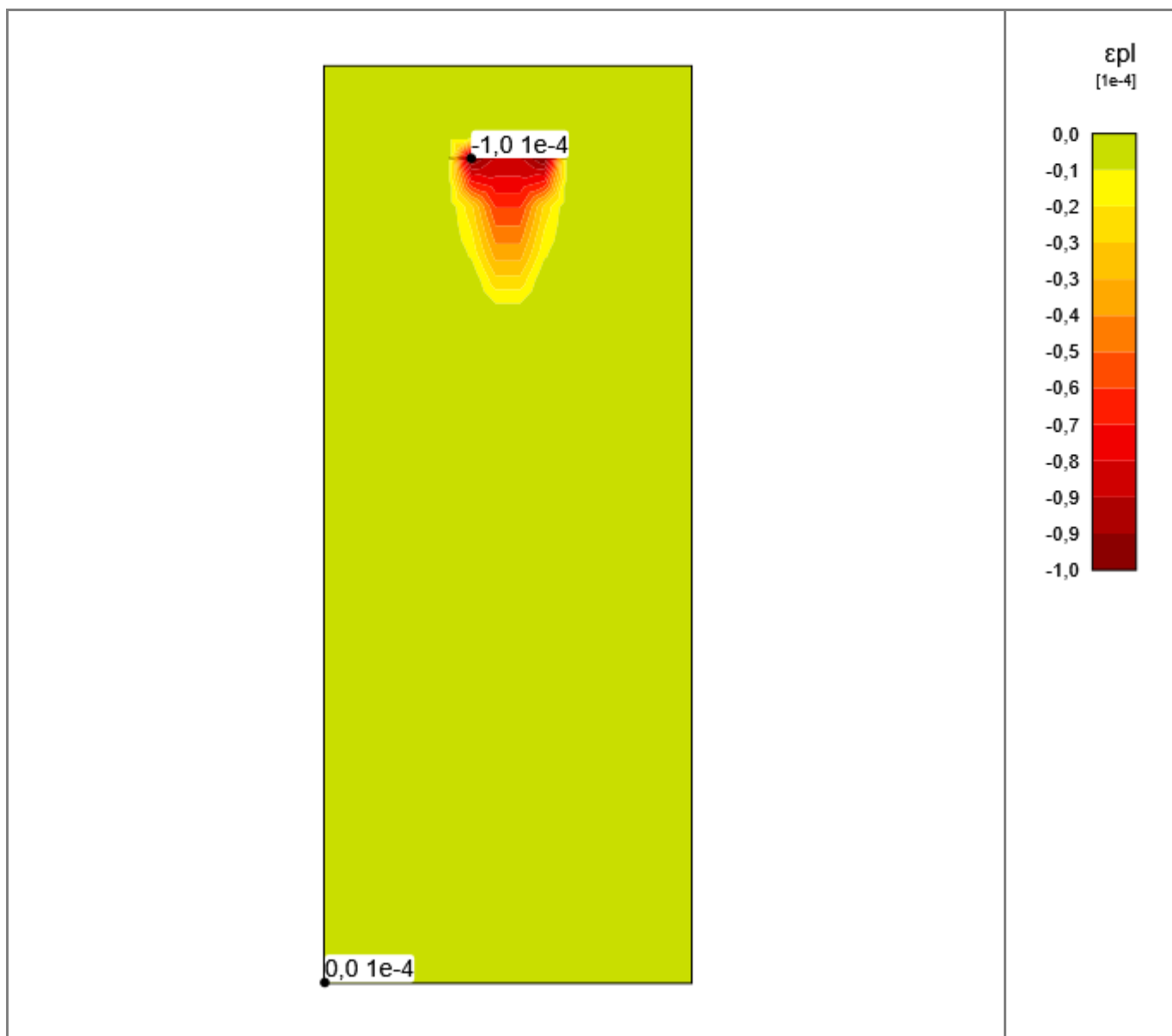
Hlavní napětí betonu σ_c



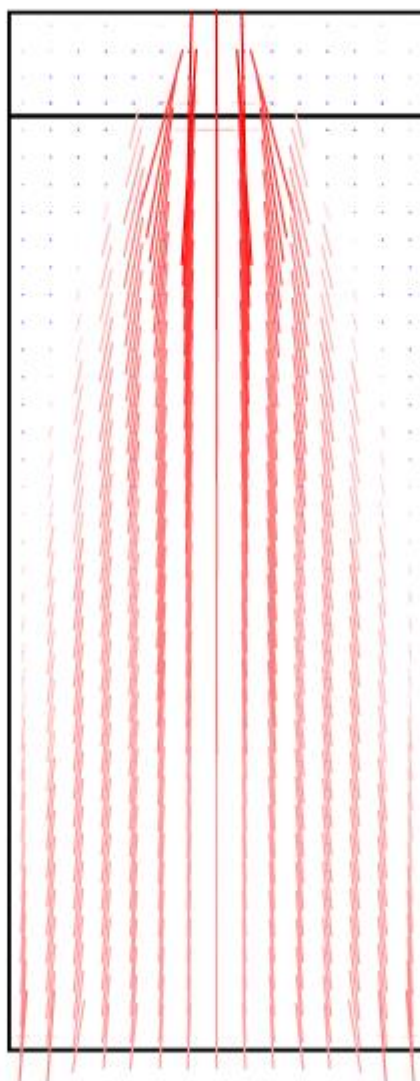
Hlavní přetvoření betonu ϵ_c



Plastické pretvorenie betónu ϵ_{pl}



Směry hlavních napětí



Redukční součinitel pevnosti betonu v tlaku k_c



MSÚ - Kotvení

Výkaz materiálu

V modelu není aktivní vyztužení.

Vysvetlenie

Symbol	Vysvetlenie
f_{ck}	Charakteristická válcová pevnosť betónu v tlaku vo veku 28 dní
$f_{ctk,0.05}$	Charakteristická pevnosť betónu v dostrednom ťahu, 5% kvantil
f_{ctm}	Priemerná hodnota pevnosti betónu v dostrednom ťahu
E_{cm}	Sečnicový modul pružnosti betónu
ν	Poissonovo číslo
ϵ_c	Pomerné pretvorenie betónu v tlaku pri dosiahnutí maximálneho napätia f_c
ϵ_{cu}	Medzne pomerné pretvorenie betónu v tlaku
ϕ_{perm}	Súčiniteľ dotvarovania pre trvalé zaťaženie
ϕ_{pres}	Súčiniteľ dotvarovania pre predpätie
Vlastnosti	W - Šírka; H - Výška; T - Hrúbka; L - Dĺžka; r - Polomer; α - Sklon
Poloha	M - Řídící; MP - Riadiaci bod; IP - Bod vloženia

σ_c	Extrémna hodnota tlakového napätia betónu σ_c vybranej podoblasti.
ε_c	Minimálna tlaková deformácia betónu ε_c
ε_{pl}	Minimálna plastická deformácia betónu v tlaku ε_{pl}
k_{c2}	Redukční součinitel pevnosti betonu v tlaku k_c
$\sigma_c/\sigma_{c,lim}$	Poměr napětí v betonu a pevnosti betonu. Ukazuje úroveň využití materiálu vzhledem k pevnosti betonu.

Předpoklady výpočtu

- V oblastiach s trhlinami musí byť zadané minimálne množstvo výstuže vzdorujúce aspoň ťahovému namáhaniu pred vznikom trhlín.
- Aby bolo zaistené plné ukotvenie strmienok, je potrebné zaistiť priečne vystuženie alebo príslušný presah výstuže.
- Výpočet a posouzení podle normy se provádí pro okrajové podmínky zadané v projektu. Neuvažuje se se změnou podpor ve fázi výstavby/provozní fázi.

V Bratislave 25.11.2024

Ing. Gabriel Meždej

5. Výpočet rozvoja hydratačného tepla a rozvoj trhlín vo vybranom prvku spodnej stavby

Navrhnuté konštrukčné prvky s mocnosťami 3 m a viac, bolo potrebné podrobiť výpočtom rozvoja hydratačného tepla počas tuhnutia a zretia betónovej zmesy. Vzhľadom na túto skutočnosť bol zhotovený výpočet na vybranom prvku s najväčšími rozmermi. Jedná sa o pilier č. 4 s hrúbkou až 6 m. Výpočtom (pozri prílohu č. 3 statického výpočtu) bolo overené, že bude potrebné pri realizácii spomínaných hrubých prvkov vytvoriť také podmienky aby nedochádzalo k nadmernému vzniku tepla ktoré by znehodnotilo zrajúci betón.

Numerická analýza sa zamerala na predikciu časového vývoja teploty a vzniku trhlín v ranom veku masívneho železobetónového piliera železničného mosta v oblasti Liptovská Mara. Hydratačný proces a vedenie tepla boli simulované metódou konečných prvkov v softvéri ATENA pomocou modulu Transport. Cieľom analýzy bolo overiť, či:

- maximálna teplota vo vnútri piliera nepresiahne kritickú hodnotu 70 °C,
- teplotný gradient medzi jadrom a povrchom prvku neprekročí 20 °C.

Pri tvrdení čerstvého betónu dochádza k uvoľňovaniu hydratačného tepla v dôsledku hydratácie cementu. Ak maximálna teplota presiahne kritickú hodnotu (zvyčajne 65-70 °C), proces tvorby ettringitu počas hydratácie neprebehne správne. Oneskorená kryštalizácia ettringitu v neskorších fázach, keď je betón už stuhnutý, spôsobuje vnútorné expanzné tlaky, ktoré vedú k vzniku mikrotrhlín. Tieto mikrotrhliny zhoršujú mechanické vlastnosti a trvanlivosť betónu. Okrem toho rozdielne teploty medzi jadrom a povrchom prvku môžu viesť k vzniku povrchových trhlín, ktoré znižujú životnosť konštrukcie. Na minimalizáciu týchto rizík bol zohľadnený maximálny teplotný gradient 20 °C, ktorý je bežne stanovený v technických normách.

Výpočet ukázal prekročenie oboch limitných hodnôt:

- Maximálna teplota v pilieri dosiahla 79,5 °C (limit: 70 °C).
- Teplotný gradient dosiahol 69,1 °C (limit: 20 °C).

Výsledky ukázali vznik trhlín spôsobených nerovnomerným teplotným namáhaním, pričom maximálna šírka trhlín bola:

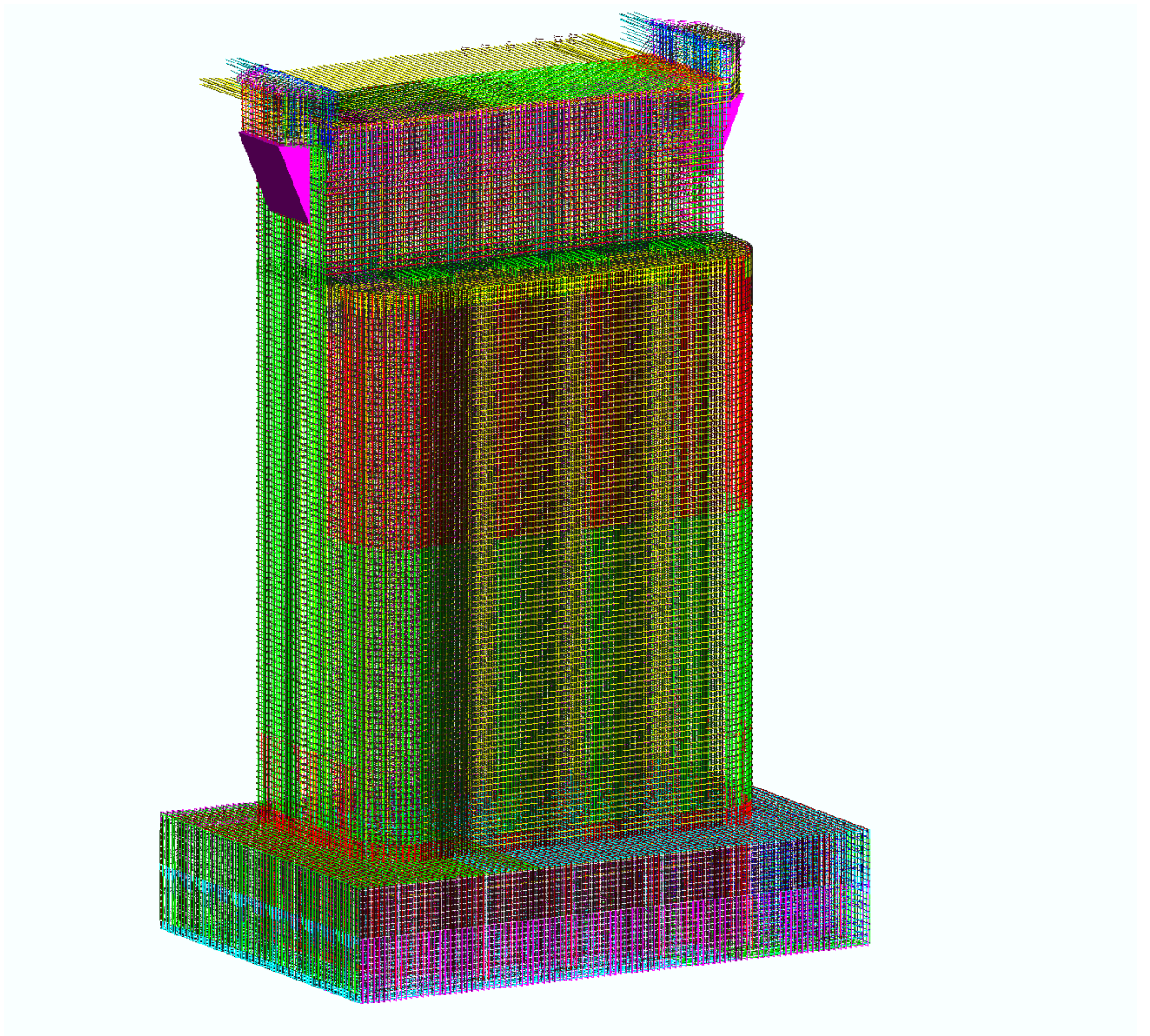
- 3,18 mm na 19. deň,
- 0,95 mm na 91. deň.

Tieto hodnoty prekračujú všeobecne uznávaný limit šírky trhlín 0,3 mm pre železobetónové konštrukcie.

Záver

Výsledky analýzy poukazujú na potrebu opatrení na zníženie vnútornej teploty a gradientu teplôt v pilieri počas jeho dozrievania. Bez týchto opatrení hrozí zníženie životnosti konštrukcie. Celý stavebný výpočet je u projektanta.

Ako vstup do výpočtu bol prevedný skutočný model vystženého piliera č. 4 do modelov vhodných pre výpočet rozvoja tepla a výpočtu šírky trhlín.





**ČERVENKA
CONSULTING**

Na Hřebenkách 55, 150 00 Praha 5, Česká republika
Tel.: +420 220 610 018, Fax: +420 220 612 227
E-mail: cervenka@cervenka.cz
Web: <http://www.cervenka.cz>

Název: **Vznik a rozvoj trhlin vlivem hydratace v masivním pilíři železničního mostu**

Objednatel: BlueberryS s. r. o.
Žehrianska 3180/2
851 07 Bratislava 5

Číslo zprávy: 2024-11-26-0039

Verze: verze 4

Datum: 28.11.2024

Autor: Ing. Petr Bočan
Ing. Jiří Rymeš, Dr. Eng

Kontrola kvality: Ing. Jan Červenka Ph.D.

Vydání: Ing. Jan Červenka Ph.D.

ČERVENKA CONSULTING s.r.o.
Na Hřebenkách 55
150 00 Praha 5
cervenka@cervenka.cz
tel. +420 220 610 018
IČO: 28399269, DIČ: CZ28399269



Obsah

1	Úvod	5
2	Podklady pro zpracování	6
3	Popis konstrukce.....	7
4	Numerický model a výpočet.....	8
4.1	Materiálové parametry	8
4.2	Okrajové podmínky a velikost sítě	11
4.3	Zatížení modelu	12
4.3.1	Historie zatěžování	13
5	Výsledky nelineární analýzy.....	14
5.1	Časový průběh teplot (Transport)	14
5.1.1	19. den výpočtu (maximální spočtená teplota)	15
5.1.2	28. den výpočtu	16
5.1.3	91. den výpočtu	17
5.2	Model s dotvarováním (Creep)	19
5.2.1	19. den výpočtu	19
5.2.2	28. den výpočtu	20
5.2.3	59. den výpočtu	21
5.2.4	91. den výpočtu	22
6	Závěr.....	23

Seznam obrázků

Obr. 3-1. Geometrie konstrukce použitá pro výpočetní model s kótami základních rozměrů uvedených v metrech.	7
Obr. 4-1. Vývoj stupně hydratace cementu při referenční teplotě 25 °C v časovém rozsahu modelu.	9
Obr. 4-2. Numerický model se sítí konečných prvků.	11
Obr. 4-3. Průběh venkovních teplot dne 15.5.	12
Obr. 5-1. Časový průběh teplot hydratujícího pilíře v průběhu 91 dnů na venkovních plochách (přední a zadní straně) a ve středu tloušťky pilíře (3,05 m).	14
Obr. 5-2. Rozložení teploty po konstrukci v čase 19 dnů ukazující maximální teplotu 79,5 °C	15
Obr. 5-3. Rozložení vlhkosti po konstrukci v čase 19 dnů , ukazující hodnotu vlhkosti mezi 0,8128-0,8548	15
Obr. 5-4. Rozložení teploty po konstrukci v čase 28 dnů ukazující maximální teplotu 78 °C	16
Obr. 5-5. Rozložení vlhkosti po konstrukci v čase 28 dnů ukazující hodnotu vlhkosti mezi 0,8088-0,8454	16
Obr. 5-6. Stupeň hydratace čerstvého betonu v čase 28 dnů s hodnotou 0,85	17
Obr. 5-7. Rozložení teploty v konstrukci v čase 91 dnů ukazující maximální teplotu 45,9 °C	17
Obr. 5-8. Rozložení vlhkosti v konstrukci v čase 91 dnů ukazující hodnotu vlhkosti mezi 0,8028-0,8243	18
Obr. 5-9. Stupeň hydratace čerstvého betonu v čase 91 dnů s hodnotou 0,90	18
Obr. 5-10. Zobrazení trhlin v masivním pilíři v čase 19 dnů , kde maximální šířka trhliny je 3,176 mm (vykresleny trhliny nastaveno na větší než 0,5 mm).	19
Obr. 5-11. Lokalizace trhlin v prostředku výšky pilíře v čase 19 dnů , kde maximální šířka trhliny je 3,176 mm (vykresleny trhliny nastaveno na větší než 0,5 mm).	19
Obr. 5-12. Zobrazení trhlin v masivním pilíři v čase 28 dnů , kde maximální šířka trhliny je 2,775 mm (vykresleny trhliny nastaveno na větší než 0,5 mm).	20
Obr. 5-13. Lokalizace trhlin v prostředku výšky pilíře v čase 28 dnů , kde maximální šířka trhliny je 2,775 mm (vykresleny trhliny nastaveno na větší než 0,5 mm).	20
Obr. 5-14. Zobrazení trhlin v masivním pilíři v čase 59 dnů , kde maximální šířka trhliny je 1,62 mm (vykresleny trhliny nastaveno na větší než 0,5 mm).	21
Obr. 5-15. Lokalizace trhlin v prostředku výšky pilíře v čase 59 dnů , kde maximální šířka trhliny je 1,62 mm (vykresleny trhliny nastaveno na větší než 0,5 mm). ...	21
Obr. 5-16. Zobrazení trhlin v masivním pilíři v čase 91 dnů , kde maximální šířka trhliny je 0,945 mm (vykresleny trhliny nastaveno na větší než 0,5 mm).	22
Obr. 5-17. Lokalizace trhlin v prostředku výšky pilíře v čase 91 dnů , kde maximální šířka trhliny je 0,945 mm (vykresleny trhliny nastaveno na větší než 0,5 mm).	22
Obr. 6-1. Teploty sledované k maximální dosažené teplotě v pilíři, tedy ke 19 dnu.	23

Seznam tabulek

Tab. 4-1. Materiálové parametry masivního pilíře použité v modulu Transport.	8
Tab. 4-2. Materiálové parametry základové patky použité v modulu Transport.	8
Tab. 4-3. Materiálové parametry základové patky odpovídající betonu C25/30.....	9
Tab. 4-4. Materiálové parametry masivního pilíře odpovídající betonu C30/37 ve stáří 28 dnů.	10
Tab. 4-5. Materiálové parametry masivního pilíře s uvažováním dotvarování a smrštění.....	10
Tab. 4-6. Materiálové parametry výztuže B 500B použité v modelech.	10
Tab. 4-7. Historie zatěžování v modulu Transport.	13
Tab. 6-1. Posouzení vypočtených hodnot s limitními hodnotami v teplotním výpočtu.	23
Tab. 6-2. Shrnutí výsledků šířky trhlin z výpočtu v modulu Creep a jejich posouzení s limitní šířkou 0,3 mm.....	24

1 Úvod

Obsahem této zprávy je numerická predikce časového vývoje teploty a případná predikce vzniku trhlin v raném stádiu masivního pilíře železničního mostu v místě Liptovská Mara, Slovensko.

Numerický výpočet hydratačního procesu a vedení tepla byl proveden metodou konečných prvků v software ATENA pomocí modulu Transport [4], který umožňuje nelineární výpočet vedení tepla společně s vývinem hydratačního tepla v čerstvém betonu. Cílem výpočtu bylo posoudit, zda:

- maximální teplota uvnitř konstrukce nepřesáhne 70 °C,
- gradient mezi teplotou uvnitř a na povrchu prvku nepřesáhne 20 °C.

K nárůstu teploty uvnitř čerstvého betonu dochází vlivem hydratace cementu při tuhnutí čerstvého betonu. Pokud maximální teplota překročí kritickou hodnotu, nedojde během hydratace k formaci ettringitu, který pak krystalizuje opožděně v době, kdy je beton již v pevném stavu. Jako limitní teplota se obvykle udává 65-70 °C [2]. Expanzní tlaky v důsledku opožděné krystalizace ettringitu vedou ke vzniku mikrotrhlin ve struktuře betonu, což zhoršuje jeho mechanické a trvanlivostní charakteristiky. Podobně zhoršují trvanlivost konstrukce trhliny, kterou mohou vzniknout na povrchu betonu v důsledku diferenčního teplotního namáhání. Pro posouzení výsledků v této zprávě byl uvažován maximální teplotní gradient mezi jádrem a hranou průřezu 20 °C. Tato hodnota je uvažována například Správou železnic v České republice [3].

Dále byl proveden nelineární výpočet sledující vznik a rozvoj trhlin je proveden v softwaru ATENA v modulu Creep [4], kde lze numerickými postupy realisticky simulovat odezvu konstrukce na zatížení včetně poškozování při přetížení. Modul Creep uvažuje materiálové modely s vlivem dotvarování a smrštění podle platných norem. Základem softwaru je ověřený nelineární materiálový model pro beton a železobeton, jehož podrobnosti je možné nalézt v manuálu softwaru [5] a v originální publikaci [6].

Shrnutí výpočtu a reprezentace konečných výsledků je představeno v kapitole 5. a následné posouzení výsledků s limitními hodnotami v kapitole 6.

2 Podklady pro zpracování

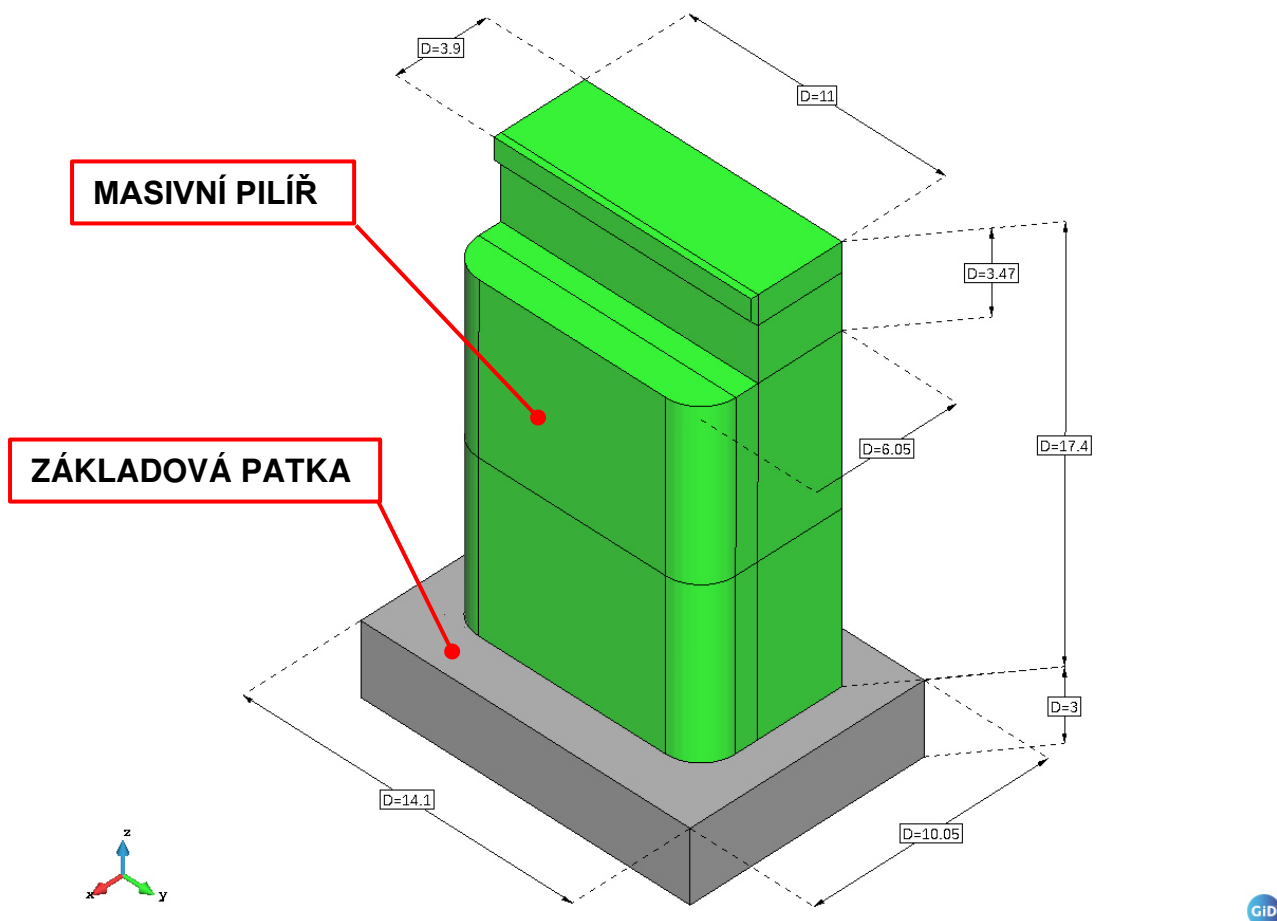
[1] 3D model konstrukce, 10/2024

Seznam použité literatury:

- [2] Taylor, H.F.W., Cement chemistry, 2nd ed., Thomas Telford Publishing, London, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(98\)00023-7](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(98)00023-7).
- [3] Správa železnic, státní organizace: Technické kvalitativní podmínky staveb státních drah - Kapitola 18: Betonové konstrukce a mosty, 2022.
- [4] Červenka, V., Jendele, L., and Červenka, J., „*ATENA Program documentation. Theory*“, Červenka Consulting, www.cervenka.cz, 2021.
- [5] Červenka, J., Jendele, L., and Červenka, V. *ATENA Program documentation*. Cervenka Consulting, www.cervenka.cz, 2014.
- [6] Červenka, J. and Pappanikolaou, V. Three dimensional combined fracture-plastic material model for concrete. *Int. J. of Plasticity*, Vol. 24, 12, 2008, ISSN 0749-6419, pp. 2192-2220.
- [7] Jendele, L., Šmilauer, V., and Červenka, J.. Multiscale hydro-thermo-mechanical model for early-age and mature concrete structures. *Advances in Engineering Software* 72, 2014, pp. 134-146.
- [8] ČSN EN 1992 – Navrhování betonových konstrukcí
- [9] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, „*Tepelná ochrana budov Část 3: Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování*“, ČSN 73 0540-3 (73 0540), 1994.

3 Popis konstrukce

Výpočet numerické analýzy se zabývá masivním železobetonovým pilířem s půdorysnými rozměry 6,05 x 11 m (mohutnější část) a 3,9 x 11 m (užší část). Celková výška pilíře činní 17,4 m, kde pouze 3,47 m tvoří užší část. Pilíř je založen na železobetonovém základu s rozměry 14,1 x 10,05 x 3 m (š x h x v). Numerický model je ukázán na obrázku Obr. 3-1.



Obr. 3-1. Geometrie konstrukce použitá pro výpočetní model s kótami základních rozměrů uvedených v metrech.

Pro vyztužení pilíře je uvažována betonářská výztuž B 500B. Spojení pilíře a základu zajišťuje podélná výztuž D12 mm. Hlavní podélná výztuž pilíře je provedena pomocí prutů D32 mm, zajištěna třmínky D20 mm a konstrukční výztuží D16 mm. Základ je vyztužen obousměrně pruty D28 mm s konstrukční výztuží D16 mm.

4 Numerický model a výpočet

4.1 Materiálové parametry

Pro Transportní výpočet byly předpokládány dva materiály. Materiálové parametry pro hydratující pilíř jsou popsány v Tab. 4-1. Detaily k hydratačnímu modelu pro čerstvý beton je možné najít v článku [7]. Betonový základ bude betonován v předstihu, a proto je v numerickém modelu považován za vyzrálý a jeho materiálové parametry jsou popsány v Tab. 4-2.

Tab. 4-1. Materiálové parametry **masivního pilíře** použité v modulu Transport.

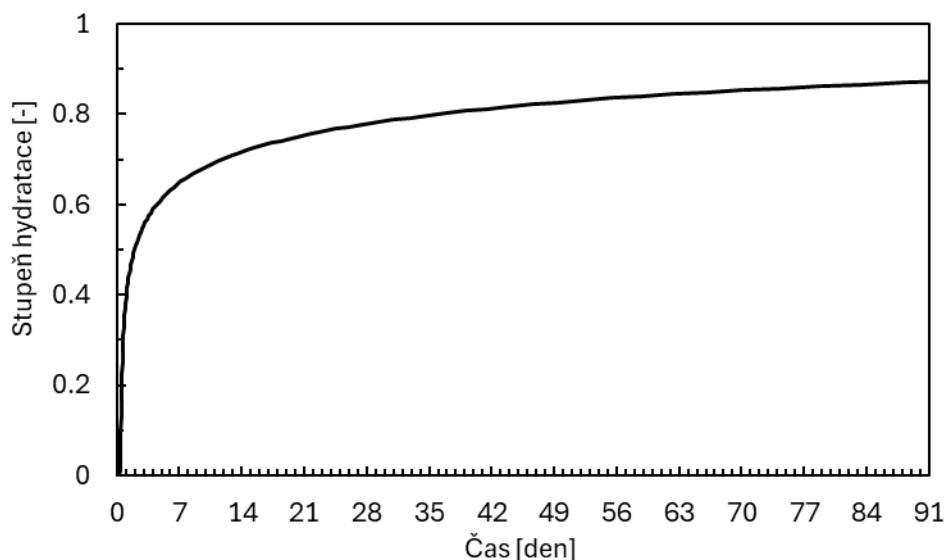
Název parametru	Hodnota
Počáteční teplota betonu $T_{init,mature}$ [°C]	10
Cement	
Hmotnost v 1 m ³ betonu m_{cem} [kg]	380
Hustota cementu ρ_{cem} [kg/m ³]	3150
Měrná tepelná kapacita cementu c_{cem} [MJ/m ³ /°C]	2,53575
Hydratační koeficient $B1$ [s ⁻¹]	0,0004269
Hydratační koeficient $B2$ [-]	1,54E-07
Hydratační koeficient η [-]	9,843
Maximální stupeň hydratace α_{∞} [-]	1
Aktivační energie E_a [J/mol]	38000
Celkové hydratační teplo $Q_{h,pot}$ [J/kg]	492000
Kamenivo	
Hmotnost v 1 m ³ betonu m_a [kg]	1760
Hustota kameniva ρ_a [kg/m ³]	2620
Měrná tepelná kapacita kameniva c_a [MJ/m ³ /°C]	2,1746
Voda	
Hmotnost v 1 m ³ betonu m_w [kg/m ³]	190
Hustota vody ρ_w [kg/m ³]	1000
Měrná tepelná kapacita vody c_w [MJ/m ³ /°C]	2,2

Tab. 4-2. Materiálové parametry **základové patky** použité v modulu Transport.

Název parametru	Hodnota
Tepelná vodivost $K_{c,mature}$ [W/°C/m]	2,1
Měrná tepelná kapacita $c_{c,mature}$ [MJ/m ³ /°C]	2,55
Počáteční teplota základové patky $T_{init,mature}$ [°C]	8,0 - 12,51 ^{POZN.1}

POZN.1 Jelikož je u betonového základu předpokládáno, že bude venkovním teplotám vystavena jen jeho horní hrana (zbytek předpokládán v zemině), jeho počáteční teplota se po výšce prvku mění.

Hydratační křivka cementu při referenční teplotě 25 °C popsaná parametry z Tab. 4-1 je ukázána na Obr. 4-1. Průběh hydratace ve výpočtu je dále ovlivněn teplotou betonu v průběhu hydratace. Teplota vyšší než referenční teplota 25 °C způsobuje akceleraci hydratace, teplota nižší než 25 °C hydrataci zpomaluje. Rychlost hydratace se ve výpočtu upravuje automaticky pomocí Arrheniova zákona a hodnoty aktivační energie cementu.



Obr. 4-1. Vývoj stupně hydratace cementu při referenční teplotě 25 °C v časovém rozsahu modelu.

V software ATENA je beton modelován jako kvazi-křehký materiál, kdy tlakové porušení je popsáno teorií plasticity, vznik a vývoj trhlin je založen na lomové mechanice. Tab. 4-3. a Tab. 4-4 ukazují uvažované materiálové charakteristiky základové patky a masivního pilíře ve stáří 28 dnů.

Tab. 4-3. Materiálové parametry **základové patky** odpovídající betonu C25/30.

Název parametru	Uvažované hodnoty
Modul pružnosti E [GPa]	31
Poissonovo číslo ν [-]	0,2
Pevnost v tlaku f_{ck} [MPa]	-25
Pevnost v tahu f_{tk} [MPa]	1.8
Specifická lomová energie G_{fk} [N/m]	90
Plastické přetvoření při tlakové pevnosti ϵ_{cp} [-]	-0,0012629
Pružné přetvoření při tlakové pevnosti ϵ_{ce} [-]	-0,0008065
Celkové přetvoření při tlakové pevnosti ϵ_{c1} [-]	-0,002695
Součinitel teplotní roztažnosti α [-]	0,000012

Tab. 4-4. Materiálové parametry **masivního pilíře** odpovídající betonu C30/37 ve stáří 28 dnů.

Název parametru	Uvažované hodnoty
Modul pružnosti E [GPa]	32
Poissonovo číslo ν [-]	0,2
Pevnost v tlaku f_{ck} [MPa]	-38
Pevnost v tahu f_{tk} [MPa]	2.9
Specifická lomová energie G_{fk} [N/m]	145
Plastické přetvoření při tlakové pevnosti ε_{cp} [-]	- 0,0011875
Pružné přetvoření při tlakové pevnosti ε_{ce} [-]	-0,00097438
Celkové přetvoření při tlakové pevnosti ε_{c1} [-]	- 0,00216188
Součinitel teplotní roztažnosti α [-]	0,000012

Pro sledování rozvoje trhlin vlivem hydratačního tepla v pilíři byl použit modul Creep, který při výpočtu mechanické odezvy konstrukce zohledňuje dotvarování a smrštění materiálu s využitím modelu B3 (vstupy pro výpočet v Tab. 4-5). Tento model také simuluje postupné zrání betonu tím, že v průběhu výpočtu zvyšuje materiálové parametry betonu jako je například pevnost, modul pružnosti, lomová energie atd.

Tab. 4-5. Materiálové parametry **masivního pilíře** s uvažováním dotvarování a smrštění.

Název parametru	Uvažované hodnoty
Efektivní tloušťka průřezu [m]	0,2
Relativní vlhkost [-]	0,07
Objemová tíha [kg/m ³]	2330
Poměr cementu a kameniva a/c [-]	4,632
Vodní součinitel w/c [-]	0,5

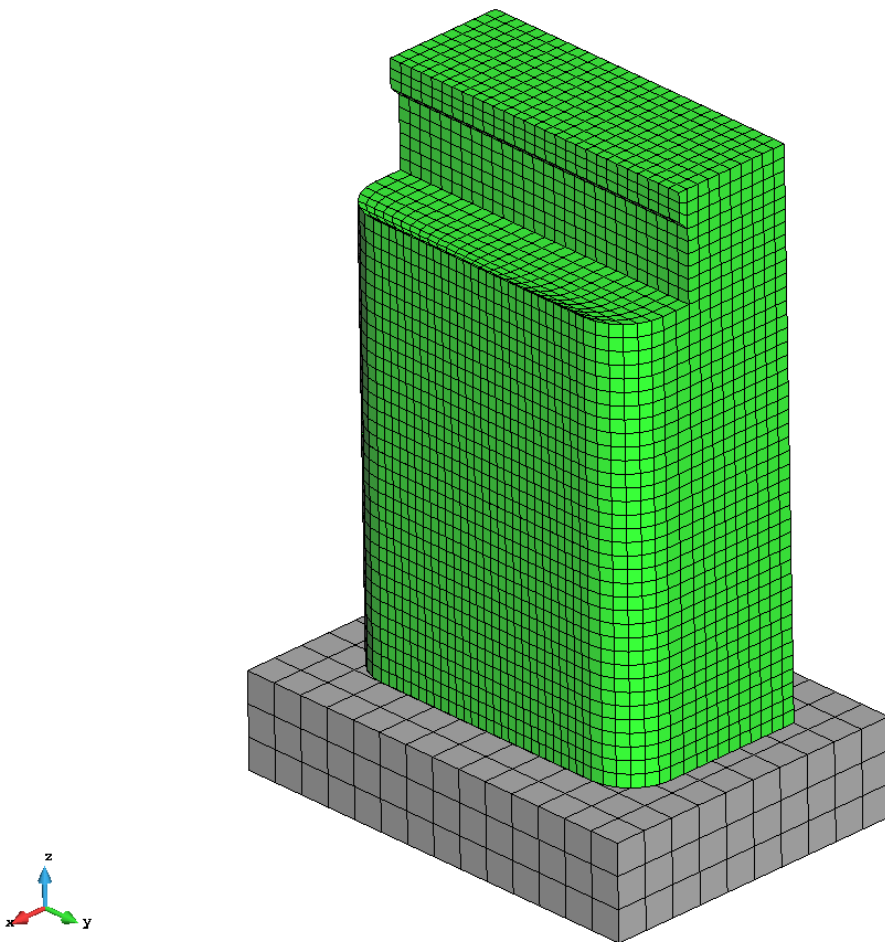
Pro výpočet pomocí modulu Creep byla vymodelována výztuž s jejím skutečným uložením a průměry dle doložených podkladů [1]. Charakteristické materiálové parametry výztuže B 500B použité v numerickém modelu jsou uvedeny v Tab. 4-6.

Tab. 4-6. Materiálové parametry výztuže B 500B použité v modelech.

Název parametru	Uvažované hodnoty
Průměr prutu d [mm]	12-32
Modul pružnosti E [GPa]	200
Mez kluzu f_{yk} [MPa]	500
Poměrné přetvoření na mezi kluzu [-]	0,0025
Tahová pevnost f_{ytk} [MPa]	540
Mezní protažení ε_u [-]	0,05
Součinitel teplotní roztažnosti α [-]	0,000012

4.2 Okrajové podmínky a velikost sítě

Síť konečných prvků byl vytvořena pomocí lineárních hexahedronů (šestistěnných prvků) o velikosti cca $0.4 \times 0.4 \times 0.4$ mm pro masivní pilíř. Na základovou patku byla použita hrubší síť s velikostí prvků $1 \times 1 \times 1$ m. Spojení těchto dvou částí bylo provedeno pomocí fix kontaktu (tzv. Master-slave contact). Celkem je model složen z 29 801 elementů a 34 285 uzlů.



Obr. 4-2. Numerický model se sítí konečných prvků.

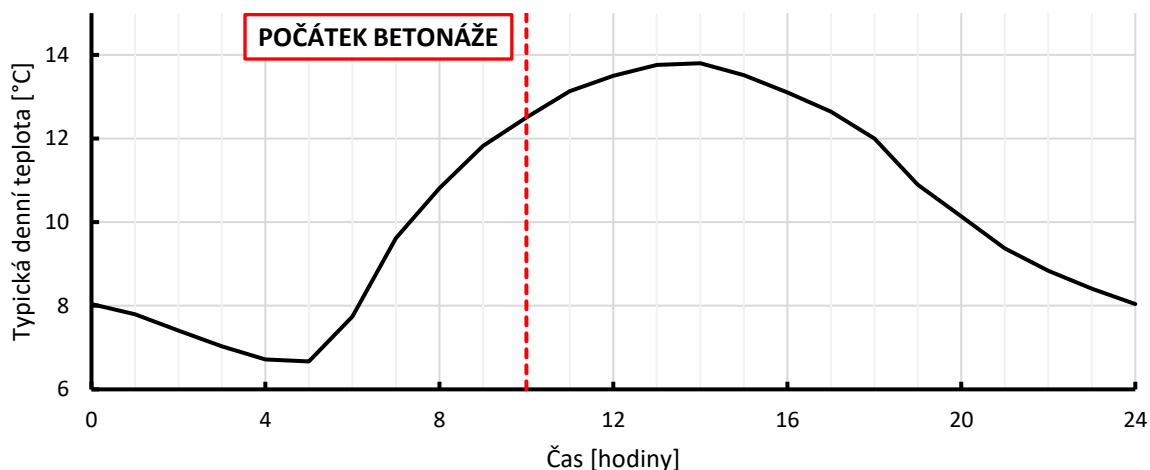
Výpočet v modulu Transport dále obsahoval několik monitorů pro sledování průběhu teplot po šířce prvku. Dva z monitorů se nacházejí na zadním a předním povrchu a dále jsou monitory umístěny po 1 m napříč pilířem. Umístění všech monitorů je v polovině výšky masivní části pilíře.

Pro výpočet v modulu Creep byly nadále doplněny podpory v základové patce tak, aby se jednalo o staticky určitou konstrukci. Patka byla podepřena celoplošně ve směru z a následně ve 3 bodech, kde jeden bod odebírá stupeň volnosti ve směru x, druhý ve směru y a třetí v obou těchto směrech.

4.3 Zatížení modelu

Pro výpočet časového průběhu teploty v konstrukci je nutné stanovit počáteční podmínky konstrukce. Počátečními podmínkami se v tomto smyslu rozumí teplota základové konstrukce v okamžiku betonáže pilíře a teplota čerstvé betonové směsi v okamžiku uložení do bednění. Jako okolní teplota byla uvažovaná průměrná denní teplota v květnu v místě Liptovská Mara. Počátek betonáže byl zvolen na 10:00 hodin. Pro stanovení počáteční teploty základové patky byla použita Dirichletovské okrajová podmínka (podmínka prvního typu), kde byla stanovena hodnota teploty okolní zeminy (cca 8 °C) na základové spáře. Tato hodnota se lineárně zvyšovala po výšce patky, kdy vrchní hrana základu odpovídá průměrné teplotě venkovního prostředí předpokládaného času betonáže (cca 12,51 °C). Počáteční teplota čerstvé betonové směsi byla uvažovaná 10 °C.

Také byla stanovena průměrná venkovní teplota dne 15.5. s průměrováním ± 14 dnů (viz. Obr. 4-3.). Tento průběh teplot byl následně použit v intervalu 91 dnů jako průměrná teplota venkovního prostředí.



Obr. 4-3. Průběh venkovních teplot dne 15.5.

Tato teplota byla pomocí Neumannovská okrajová podmínky (podmínka druhého typu) aplikovaná na vrchní hrana základové patky a po celém povrchu pilíře. Teplota okolního prostředí byla uvažována dle Obr. 4-3. v průběhu 91 dnů a součinitel přestupu tepla λ_{ext} byl stanoven na základě tepelného odporu při přestupu tepla do venkovního prostředí podle normy ČSN 73 0540-3 [9] jako:

$$\lambda_{ext} = \frac{1}{R_{ext}} = \frac{1}{0,04} = 25,0 \frac{W}{m^2K} , \quad (4.1)$$

kde R_{ext} je tepelný odpor při přestupu tepla do venkovního prostředí [m^2K/W].

V prvních 5 dnech bylo uvažováno bednění na povrchu pilíře, které přispívá k tepelné izolaci hydratujícího betonu. Bednění bylo uvažováno jako OSB deska tloušťky 21 mm a její tepelná vodivost byla započtena do součinitele přestupu tepla v okrajové

podmínce pro tepelný tok. Tepelný odpor OSB desky R_{OSB} závisí na její tloušťce a tepelné vodivosti:

$$R_{OSB} = \frac{1}{\frac{\lambda_{OSB}}{t_{OSB}}} = \frac{1}{\frac{0,13}{0,021}} = 0,1615 \frac{m^2K}{W} , \quad (4.2)$$

kde λ_{OSB} je součinitel tepelné vodivosti OSB desky [W/m/K] a t_{OSB} je tloušťka OSB desky [m]. Celkový tepelný odpor R_{tot} je dán součtem tepelného odporu OSB desky a vnějšího koeficientu přestupu tepla:

$$R_{tot} = R_{OSB} + R_{ext} = 0,1615 + 0,04 = 0,2015 \frac{m^2K}{W} . \quad (4.3)$$

Součinitel přestupu tepla na čerstvý masivní pilíř v bednění $\lambda_{ext,bedneni}$ je tedy:

$$\lambda_{ext,bedneni} = \frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{0,2015} = 4,963 \frac{W}{m^2K} . \quad (4.4)$$

4.3.1 Historie zatěžování

Tepelný výpočet (modul Transport) byl uvažován s účinkem působení venkovních teplot na konstrukci a následný vývoj hydratačního tepla uvnitř pilíře. Historie zatěžování byla rozdělena do několika intervalů, kde se měnila časová délka jednotlivých kroků.

Tab. 4-7. Historie zatěžování v modulu Transport.

	Trvání [dny]	Krok [h]	Počet kroků [-]
Interval 1	5	2	60
Interval 2	2	4	12
Interval 3	21	8	63
Interval 4	63	12	126

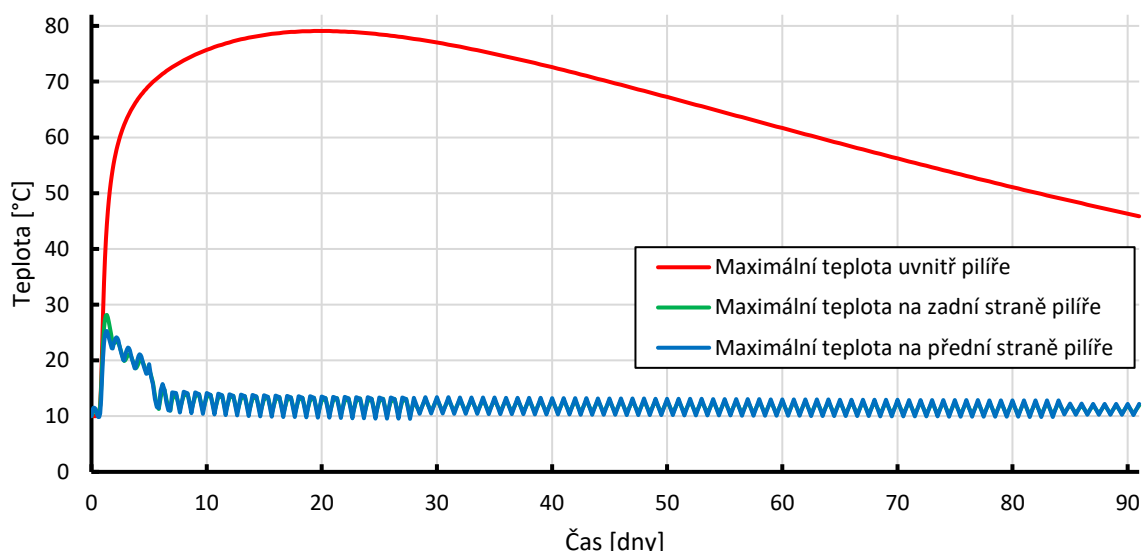
Vypočtené rozložení teploty v jednotlivých výpočetních krocích z modulu Transport bylo následně importováno do modulu Creep, kde jsou teplotní data převedeny na teplotní přetvoření způsobující zatížení modelu. Vypočtené teplotní a vlhkostní data také ovlivňují materiálové vlastnosti podle modelu B3. Výpočet byl s uvažován s krokem 2 hodin v prvních 28 dnech a následně s časovým intervalem 12 hodin. V celkovém součtu byl výpočet proveden opět v 91 dnech. Pro výpočet bylo navíc uvaženo zatížení vlastní tíhou konstrukce.

5 Výsledky nelineární analýzy

Tato kapitola shrnuje výsledky z nelineárního výpočtu pro posouzení hydratujícího pilíře. Kapitola je rozdělena na 2 typů výpočtů. První v modulu Transport, kde je sledován nelineární průběh teplot v konstrukci a následně v modulu Creep pro sledování chování konstrukce za účinků teplotního namáhání během prvních 91 dnů po betonáži. Ve výpočtu jsou uvažovány materiálové parametry dle kapitoly 4.1 a zatížení dle kapitoly 4.3.

5.1 Časový průběh teplot (Transport)

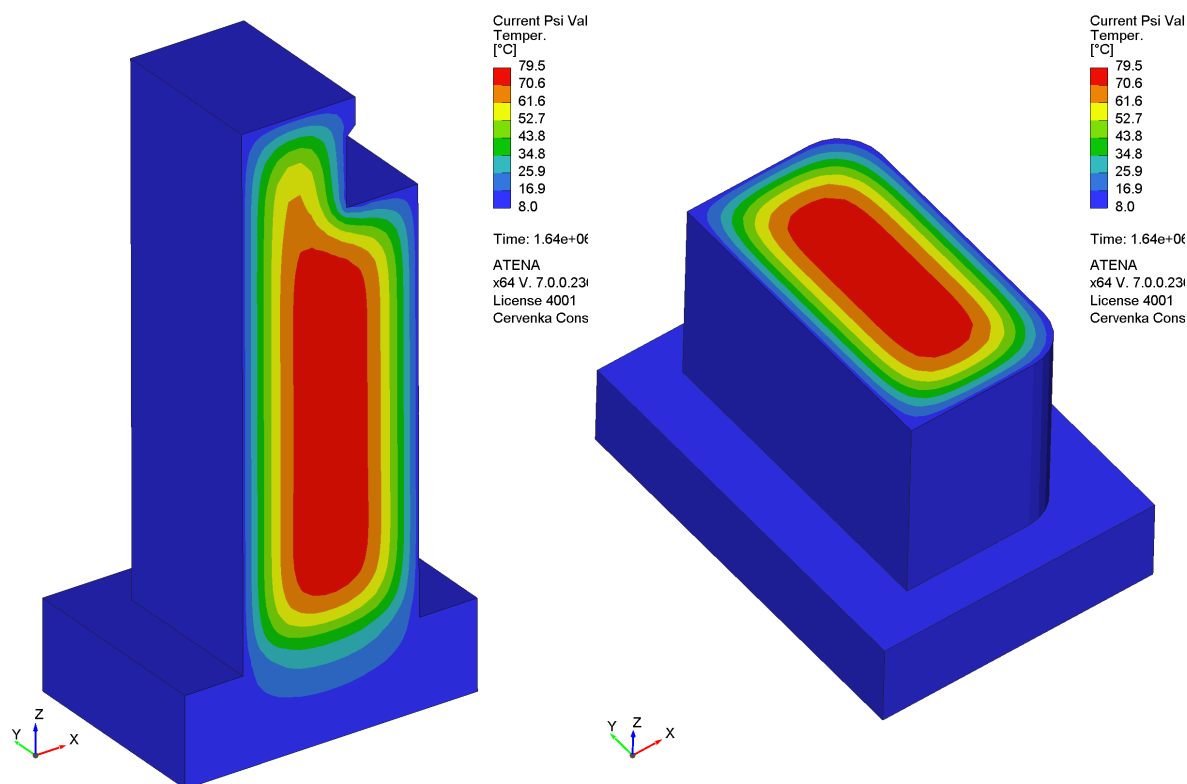
Výpočet v modulu Transport sleduje nelineární průběh teplot po konstrukci v průběhu 91 dnů. Průběh teplot během této doby je znázorněn na Obr. 5-1., kde je zobrazen průběh teplot uprostřed tloušťky hydratujícího pilíře (3,05 m od povrchu) a následně na obou venkovních površích pilíře. Z grafu je patrné, že maximální teplota vlivem hydratace dosahuje necelých 80 °C v 19 dnu výpočtu.



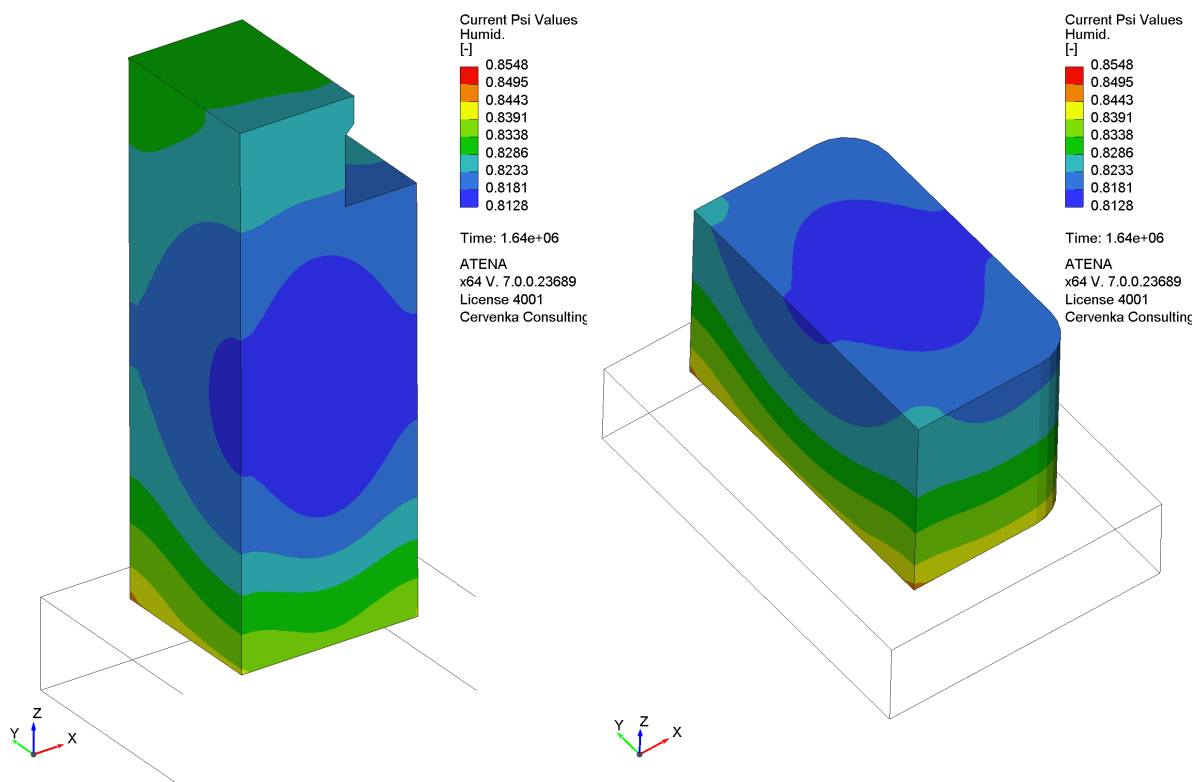
Obr. 5-1. Časový průběh teplot hydratujícího pilíře v průběhu 91 dnů na venkovních plochách (přední a zadní straně) a ve středu tloušťky pilíře (3,05 m).

Následující podkapitoly zobrazují vykreslení pro 19 den, 28 den a 91 den. Ve vykreslení hodnot se objevují hodnoty průběhu teplot a vlhkosti po konstrukci. Dále byly vytvořeny obrázky vykreslení v 28 den a 91 den, které ukazují stupeň hydratace pilíře.

5.1.1 19. den výpočtu (maximální spočtená teplota)

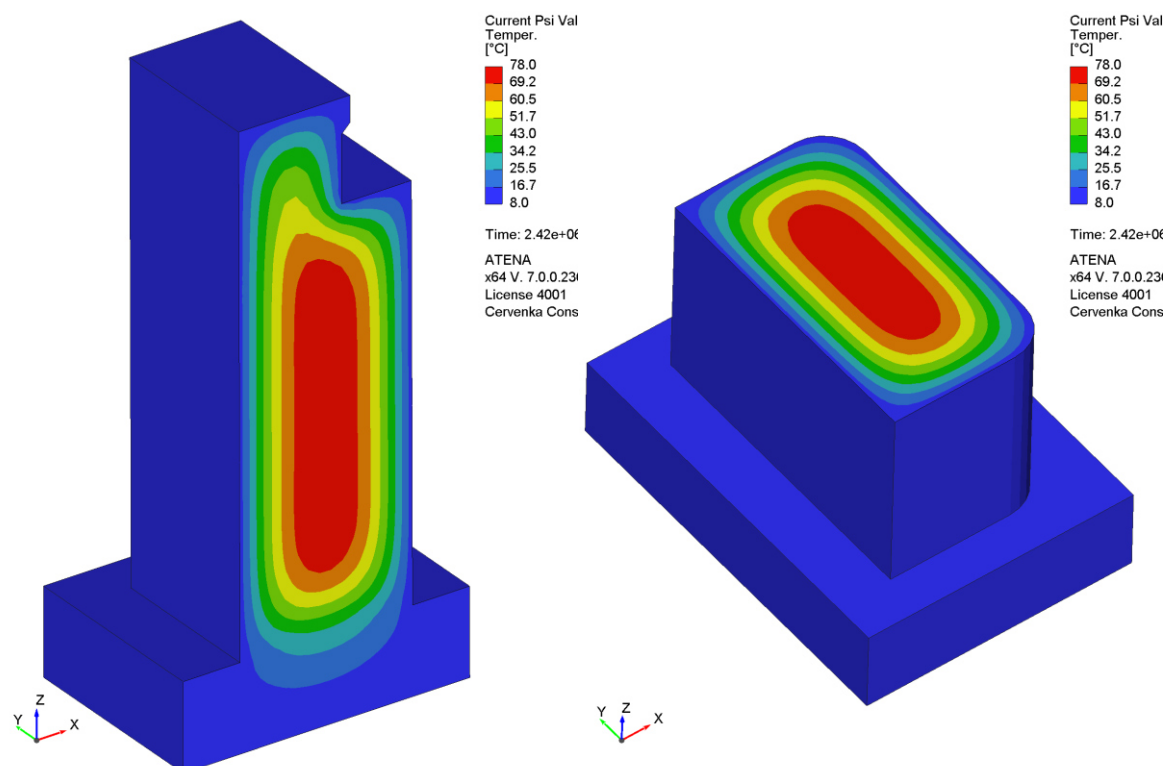


Obr. 5-2. Rozložení teploty po konstrukci v čase **19 dnů** ukazující maximální teplotu **79,5 °C**.

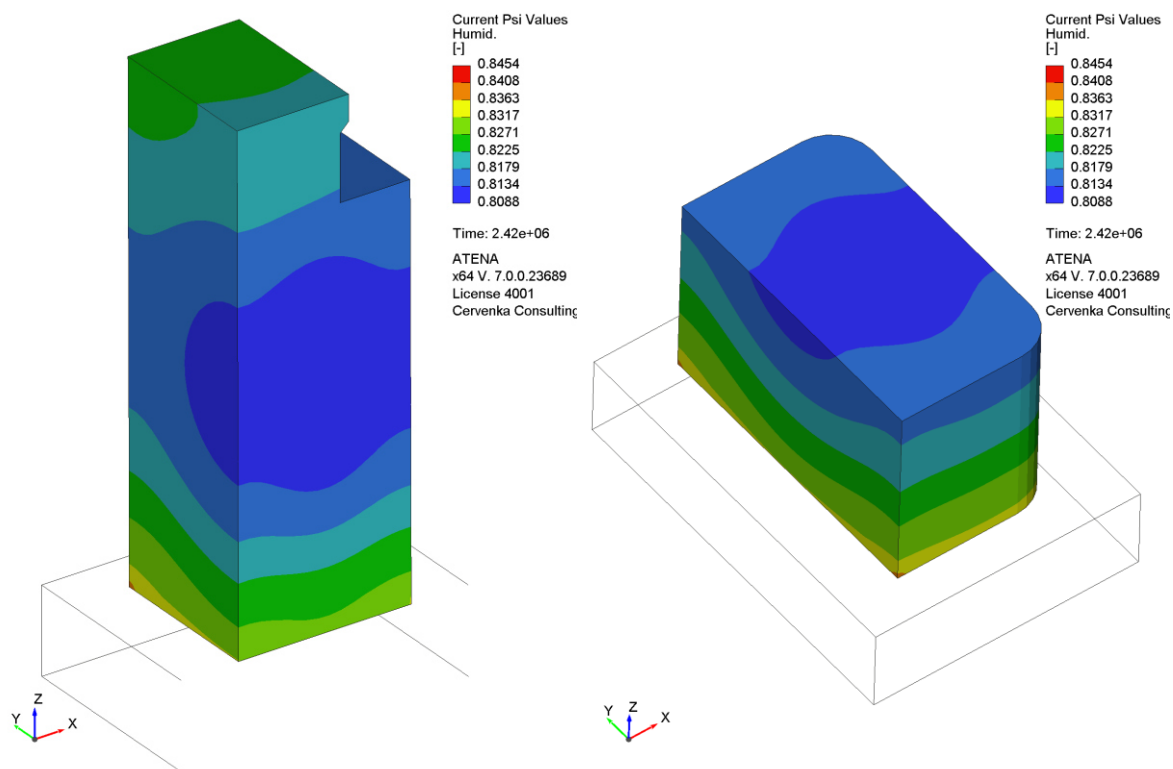


Obr. 5-3. Rozložení vlhkosti po konstrukci v čase **19 dnů**, ukazující hodnotu vlhkosti mezi **0,8128-0,8548**.

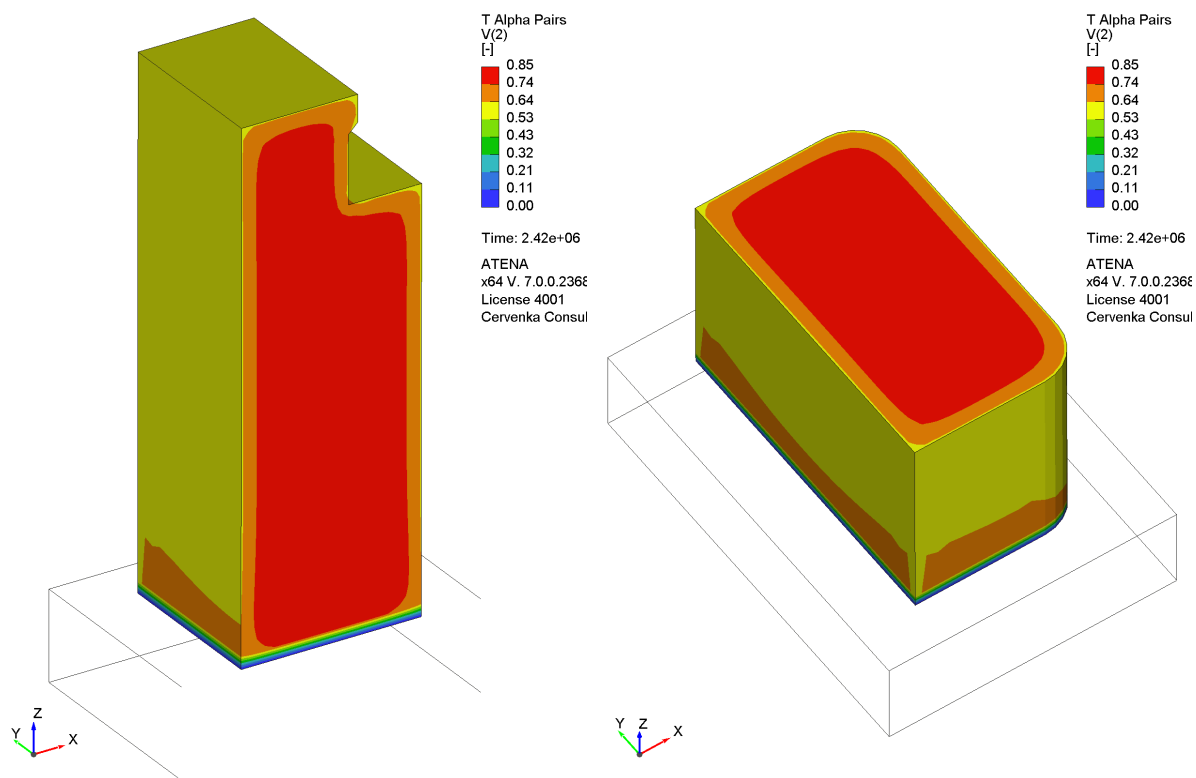
5.1.2 28. den výpočtu



Obr. 5-4. Rozložení teploty po konstrukci v čase **28 dnů** ukazující maximální teplotu **78 °C**.

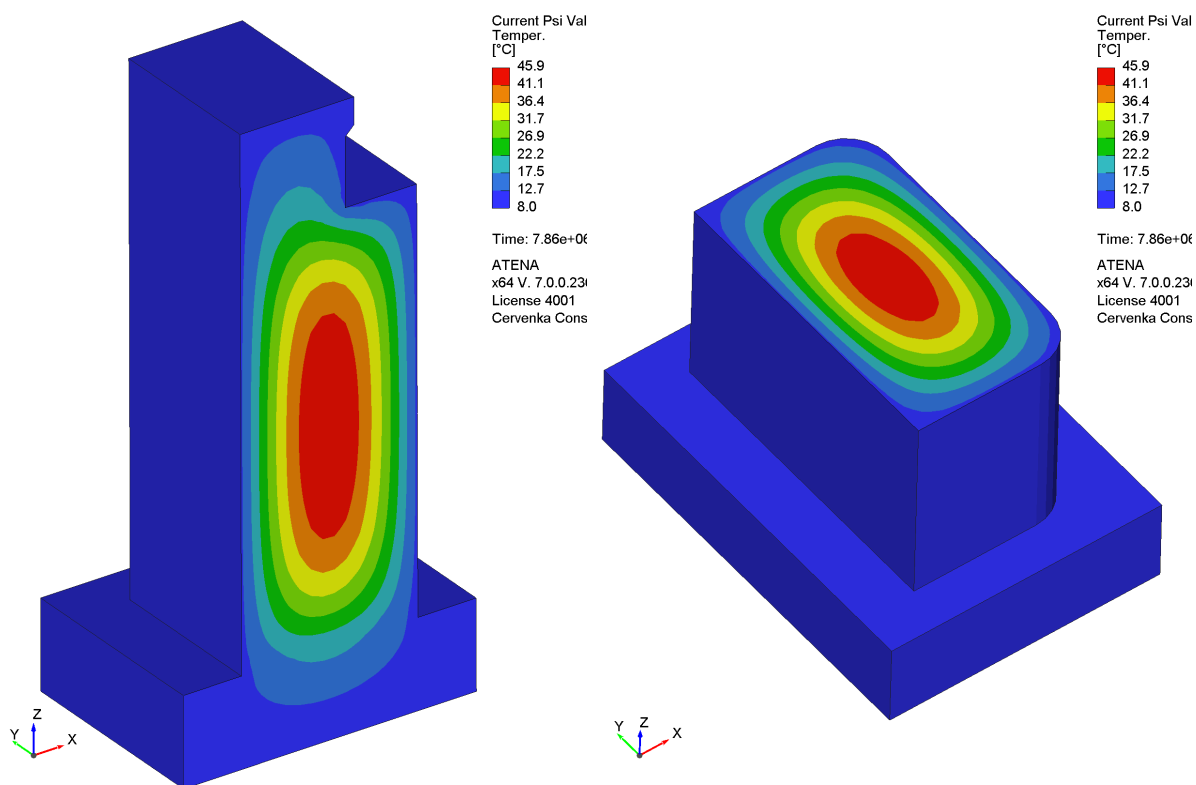


Obr. 5-5. Rozložení vlhkosti po konstrukci v čase **28 dnů** ukazující hodnotu vlhkosti mezi **0,8088-0,8454**.

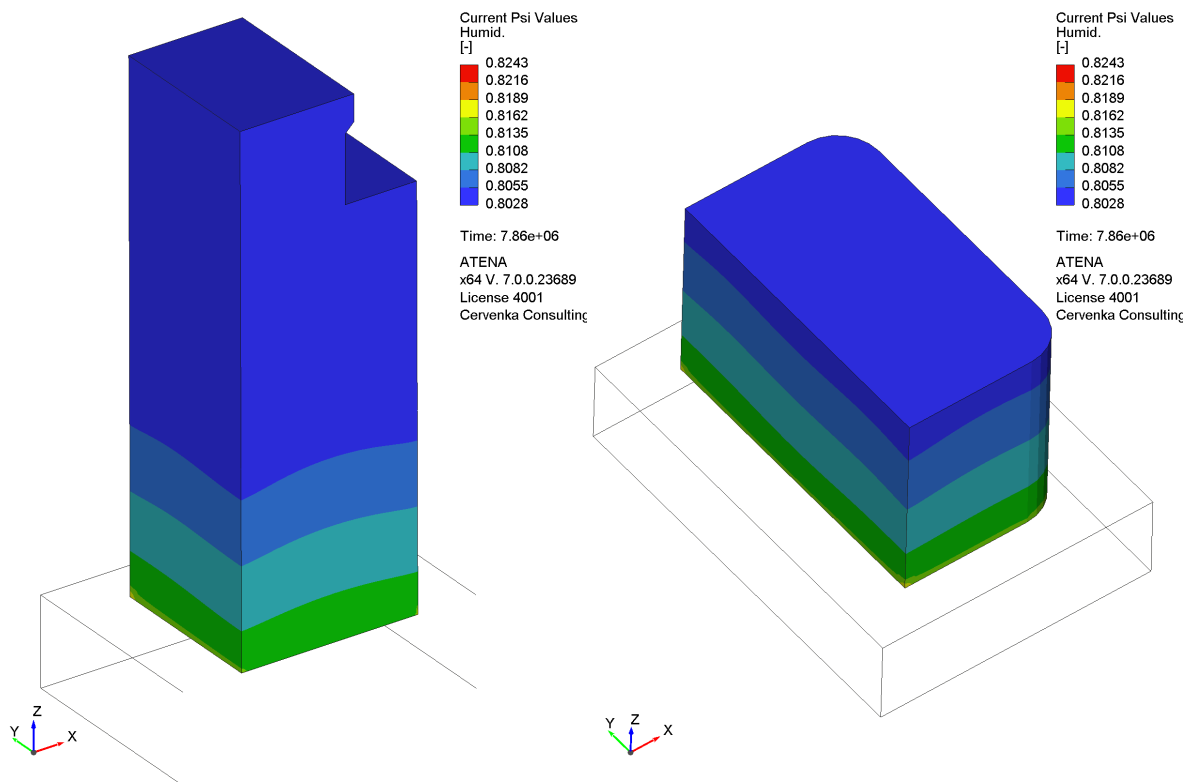


Obr. 5-6. Stupeň hydratace čerstvého betonu v čase **28 dnů** s hodnotou **0,85**.

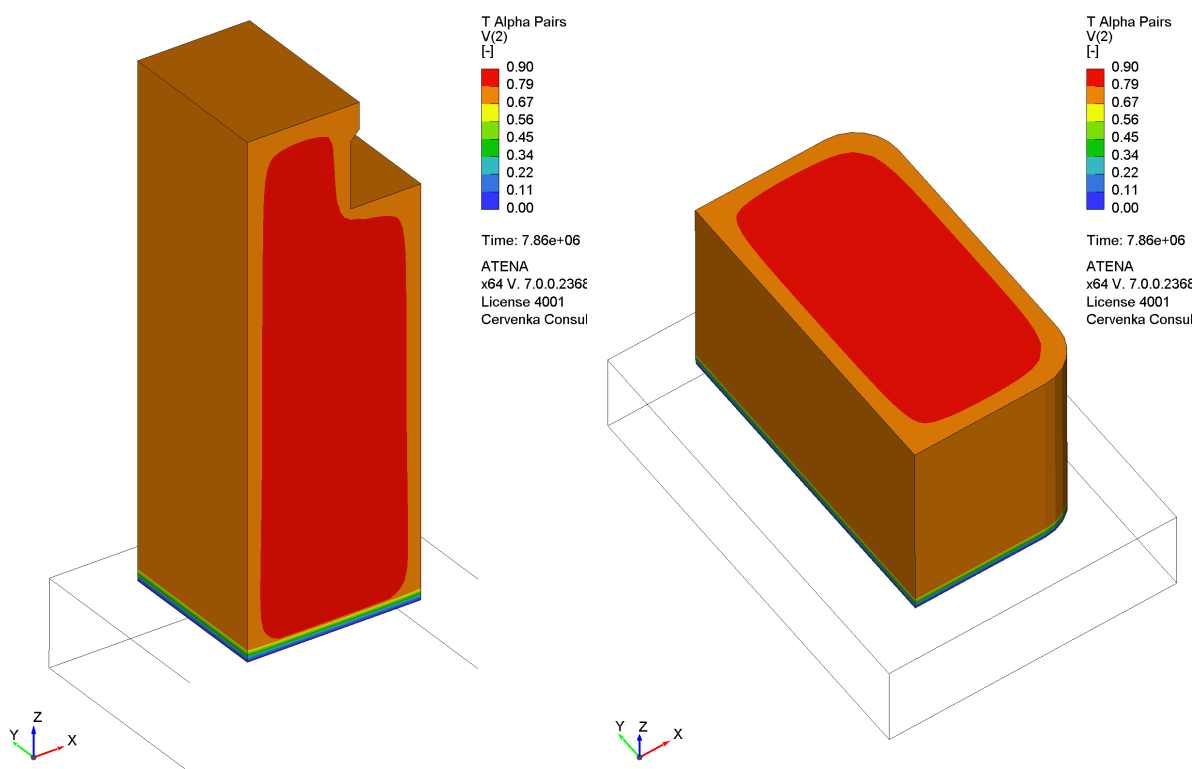
5.1.3 91. den výpočtu



Obr. 5-7. Rozložení teploty v konstrukci v čase **91 dnů** ukazující maximální teplotu **45,9 °C**.



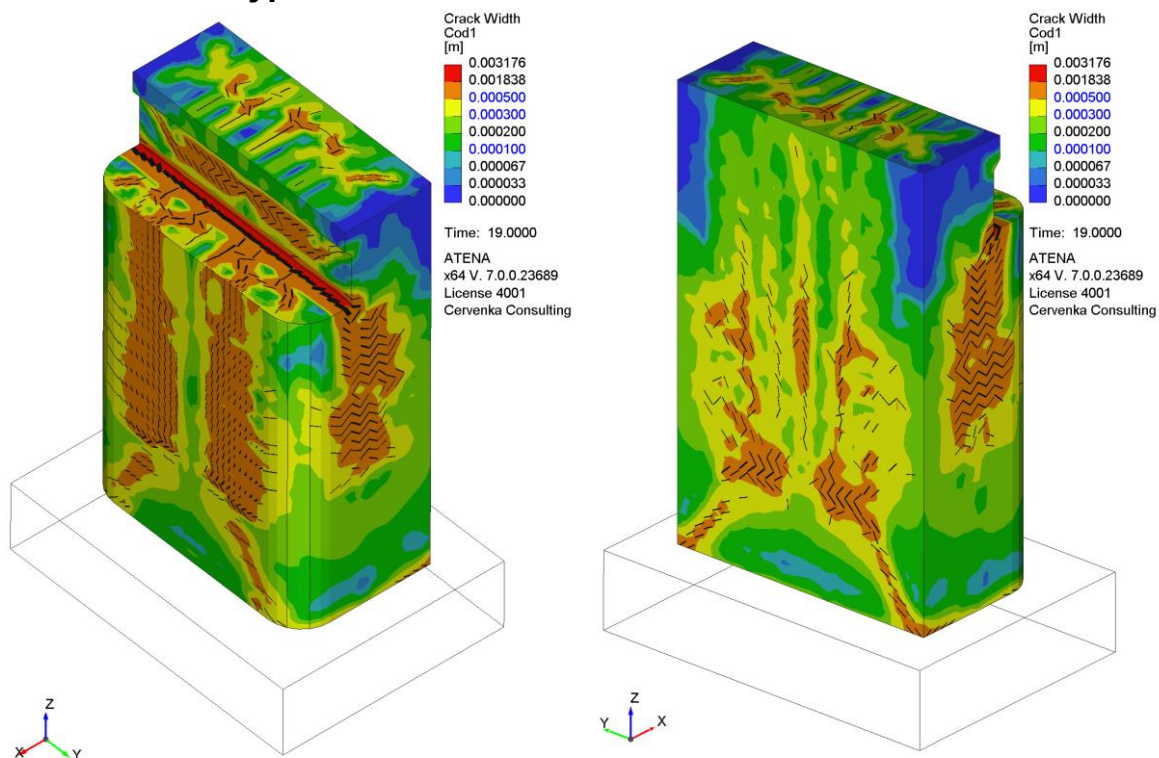
Obr. 5-8. Rozložení vlhkosti v konstrukci v čase **91 dnů** ukazující hodnotu vlhkosti mezi **0,8028-0,8243**.



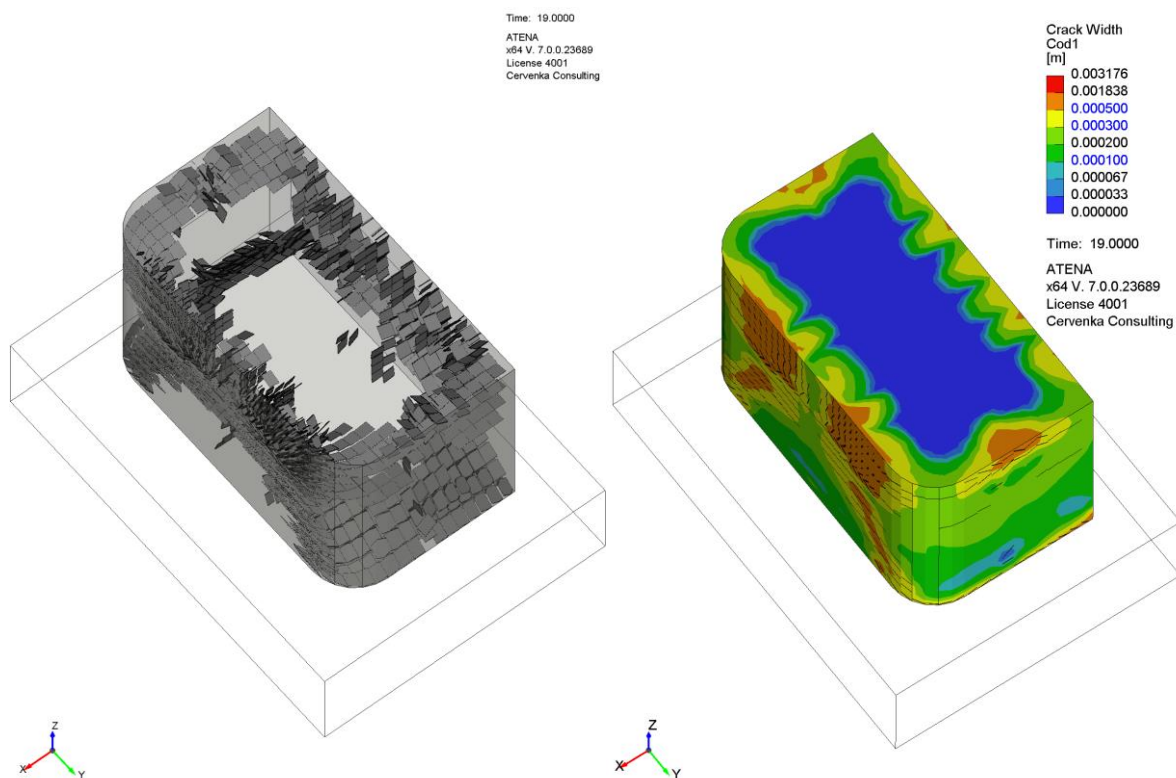
Obr. 5-9. Stupeň hydratace čerstvého betonu v čase **91 dnů** s hodnotou **0,90**.

5.2 Model s dotvarováním (Creep)

5.2.1 19. den výpočtu

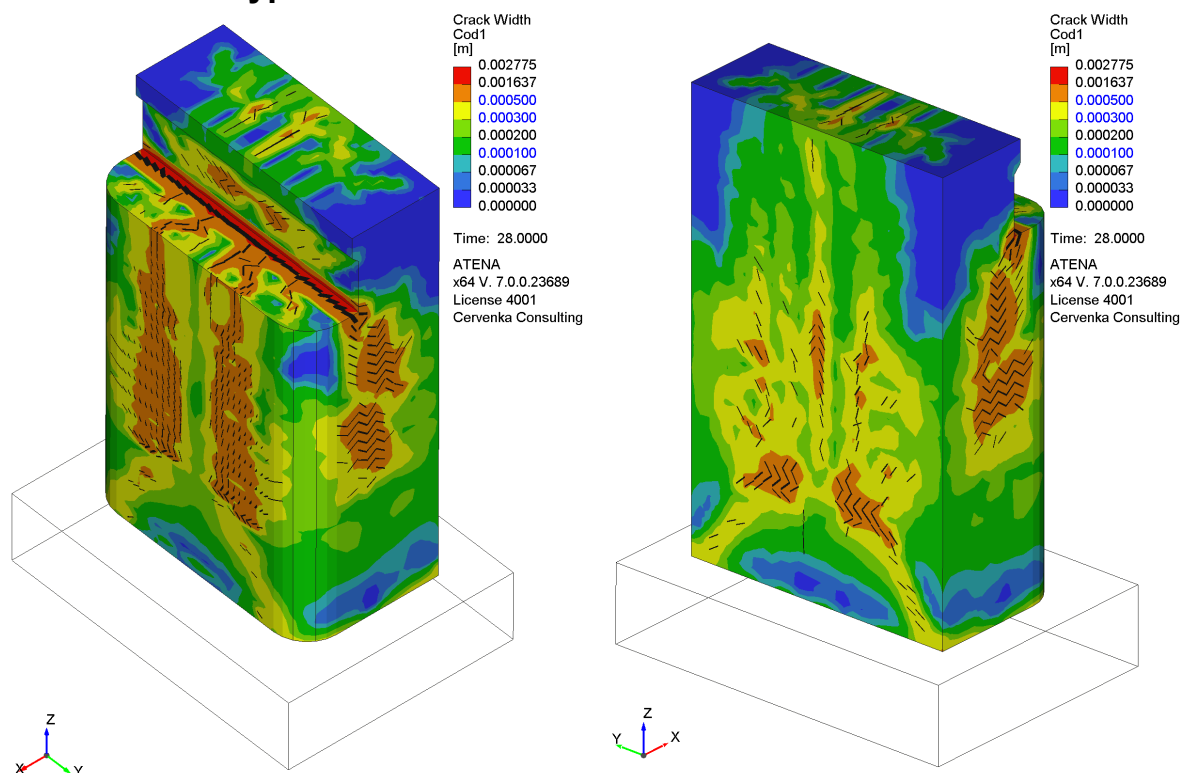


Obr. 5-10. Zobrazení trhlín v masivním pilíři v čase **19 dnů**, kde maximální šířka trhliny je **3,176 mm** (vykresleny trhliny nastaveno na větší než 0,5 mm).

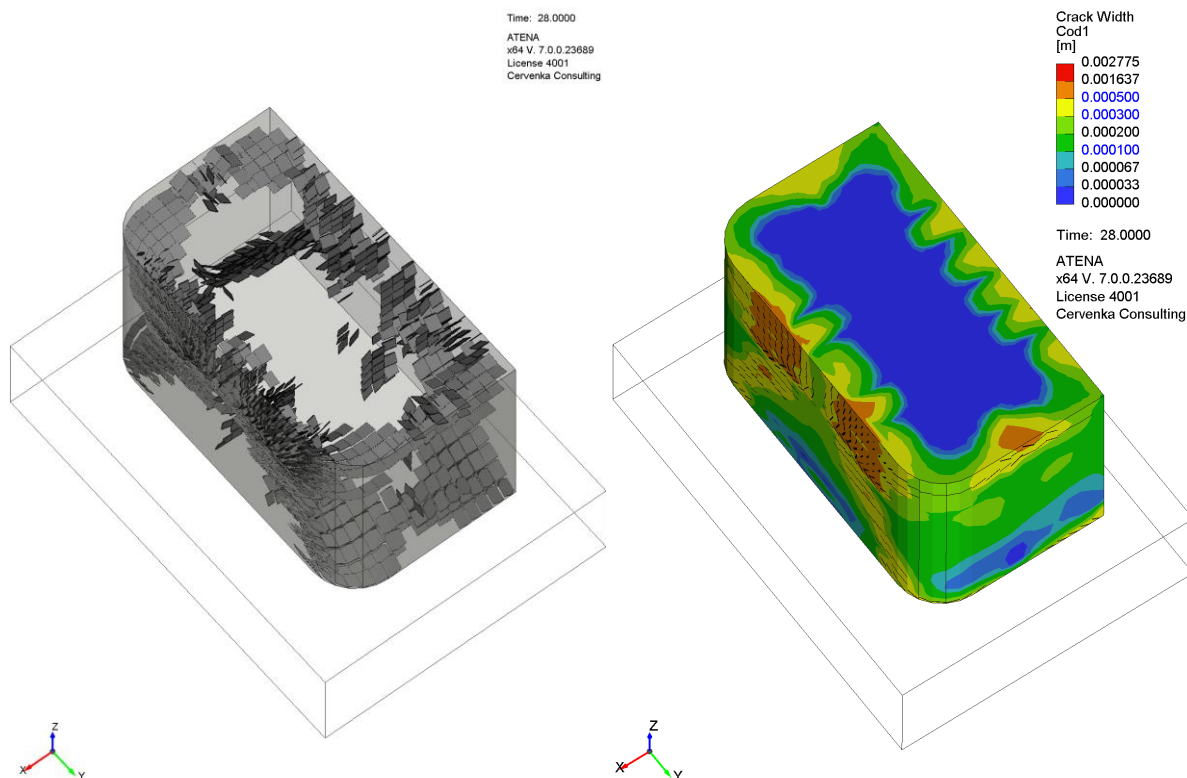


Obr. 5-11. Lokalizace trhlín v prostředku výšky pilíře v čase **19 dnů**, kde maximální šířka trhliny je **3,176 mm** (vykresleny trhliny nastaveno na větší než 0,5 mm)

5.2.2 28. den výpočtu

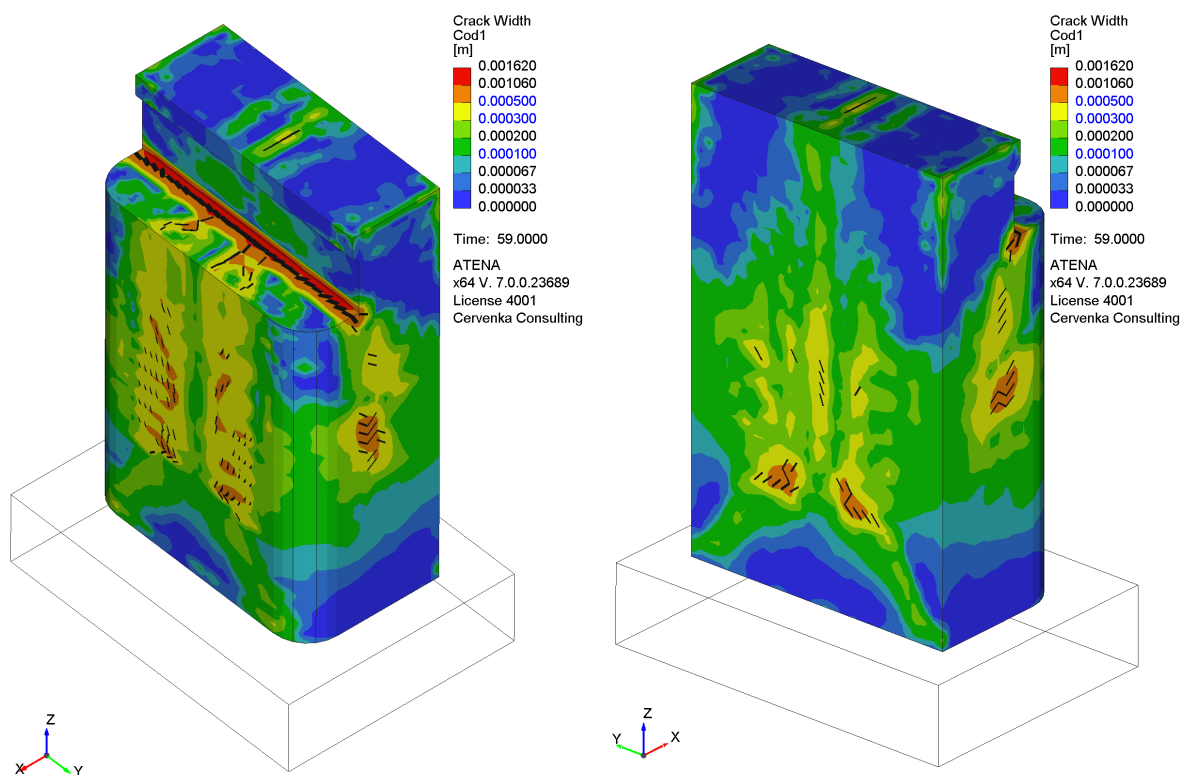


Obr. 5-12. Zobrazení trhlin v masivním pilíři v čase **28 dnů**, kde maximální šířka trhliny je **2,775 mm** (vykresleny trhliny nastaveno na větší než 0,5 mm).

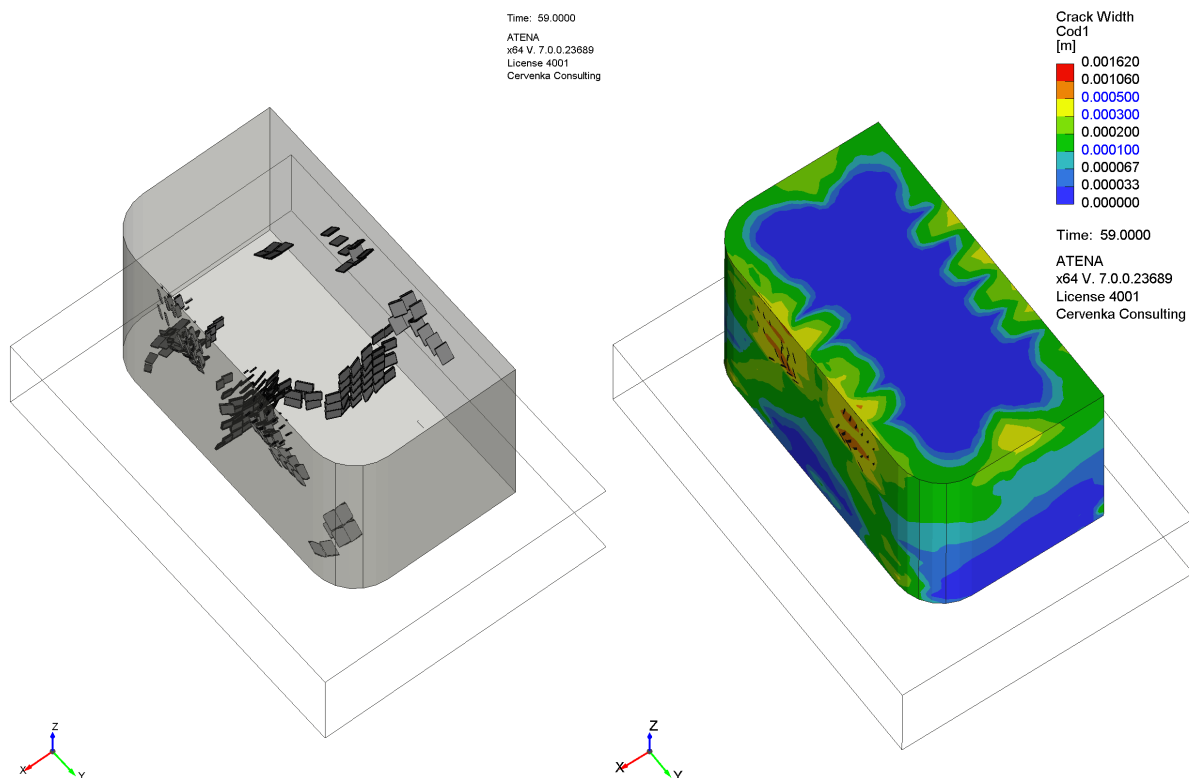


Obr. 5-13. Lokalizace trhlin v prostředku výšky pilíře v čase **28 dnů**, kde maximální šířka trhliny je **2,775 mm** (vykresleny trhliny nastaveno na větší než 0,5 mm).

5.2.3 59. den výpočtu

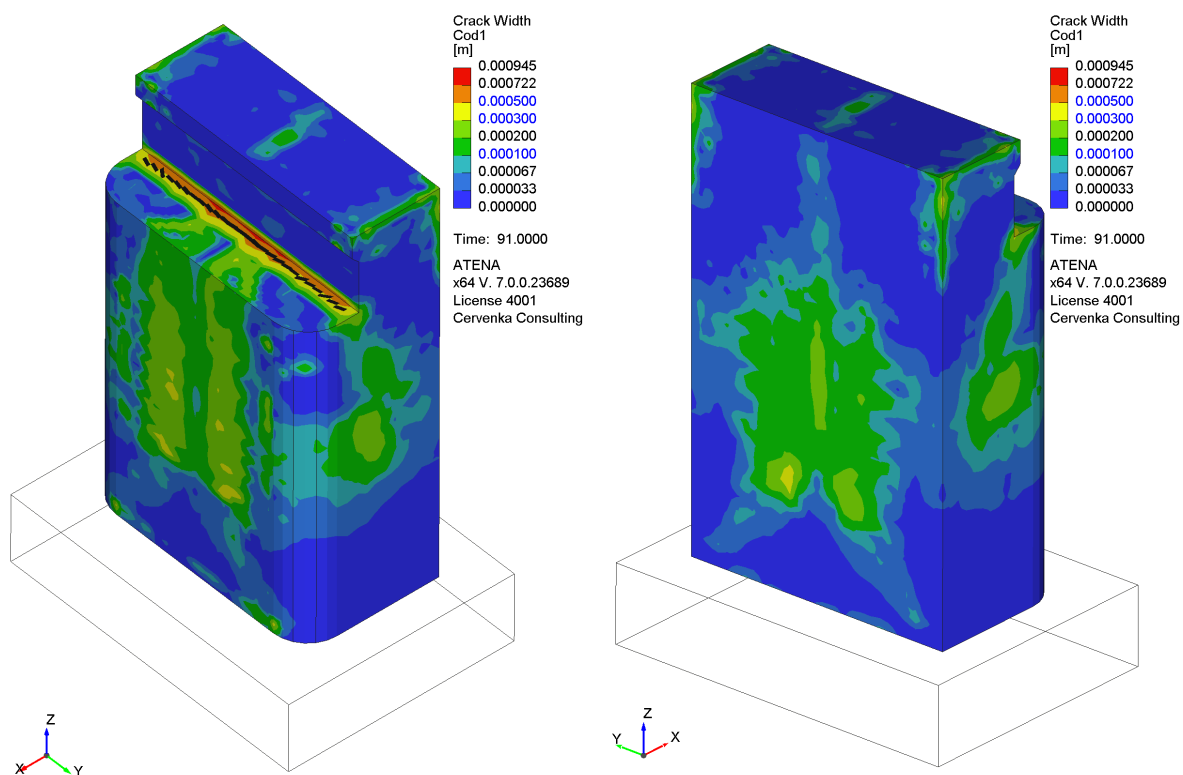


Obr. 5-14. Zobrazení trhlín v masivním pilíři v čase **59 dnů**, kde maximální šířka trhliny je **1,62 mm** (vykresleny trhliny nastaveno na větší než 0,5 mm).

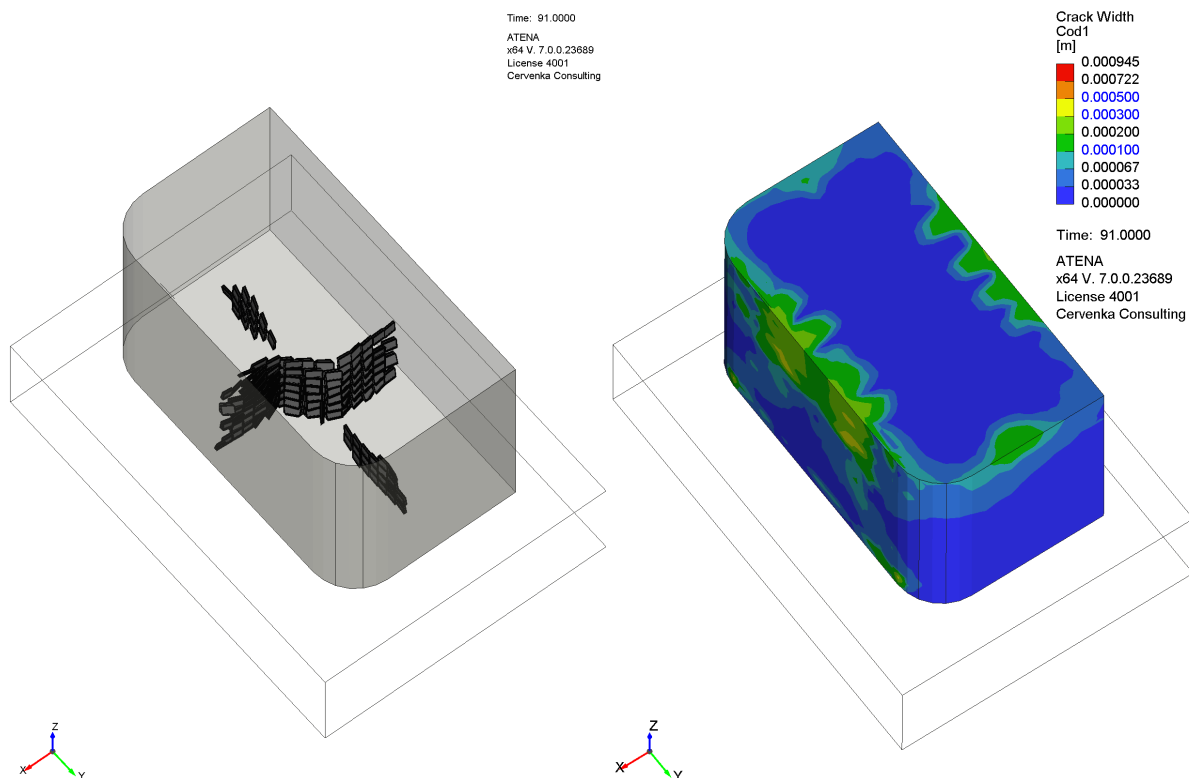


Obr. 5-15. Lokalizace trhlín v prostředku výšky pilíře v čase **59 dnů**, kde maximální šířka trhliny je **1,62 mm** (vykresleny trhliny nastaveno na větší než 0,5 mm).

5.2.4 91. den výpočtu



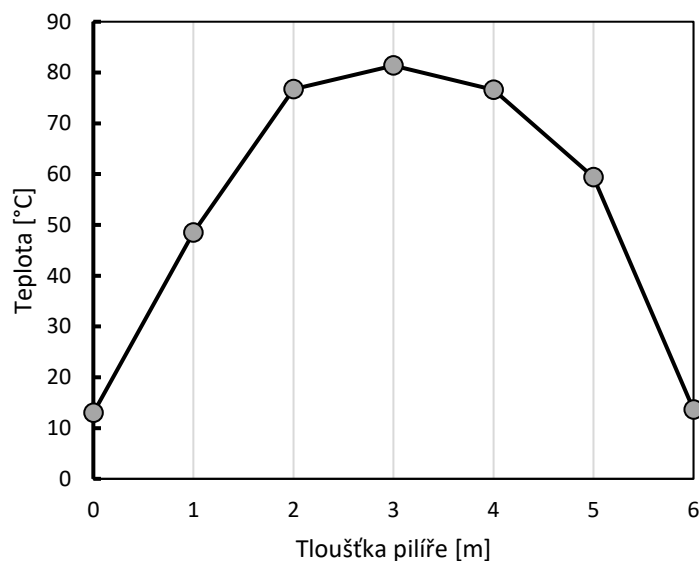
Obr. 5-16. Zobrazení trhlín v masivním pilíři v čase **91 dnů**, kde maximální šířka trhliny je **0,945 mm** (vykresleny trhliny nastaveno na větší než 0,5 mm).



Obr. 5-17. Lokalizace trhlín v prostředku výšky pilíře v čase **91 dnů**, kde maximální šířka trhliny je **0,945 mm** (vykresleny trhliny nastaveno na větší než 0,5 mm).

6 Závěr

V modulu Transport byl sledován průběh teplot po konstrukci s vlivem hydratujícího tepla a venkovních teplotních podmínek. Ve výpočtu se prokázal velký nárůst hydratačního tepla uvnitř pilíře (uprostřed – 3,05 m), kde teplota dosahovala až **79,5 °C** v 19. dni výpočtu. Na Obr. 6-1 si lze všimnout průběhu teploty po tloušťce pilíře, kdy v hloubce přibližně 3 m teplota dosahuje maximálních hodnot. Naopak oba povrchy pilíře se blíží hodnotám předepsaného průběhu venkovních teplot. Z toho lze určit teplotní gradient $\Delta T = 79,5 - 10,4 = 69,1 \text{ °C}$.



Obr. 6-1. Teploty sledované k maximální dosažené teplotě v pilíři, tedy ke 19. dnu.

Výpočet ukázal ochlazení konstrukce v průběhu 91 dnů na 49.5 °C.

Předpoklad pro posudek teplotního výpočtu byl takový, že maximální hydratační teplota by neměla přesáhnout 70 °C a teplotní gradient by neměl být vyšší než 20 °C. První předpoklad zajišťuje, že v konstrukci nedojde k opožděné krystalizaci ettringitu spojené se vznikem trhlin uvnitř prvku, druhý slouží jako předběžné kritérium pro prevenci vzniku trhlin od nerovnoměrného teplotního namáhání. Výsledky numerického výpočtu ukazují překročení obou těchto kritérií. Tab. 6-1. shrnuje vypočtené hodnoty s limitními hodnotami.

Tab. 6-1. Posouzení vypočtených hodnot s limitními hodnotami v teplotním výpočtu.

Posuzovaný parametr	Maximální předpokládaná hodnota	Vypočtená hodnota	Posouzení
Maximální teplota uvnitř pilíře	70 °C	79,5 °C	přesahuje
Gradient teplot	20 °C	69,1 °C	přesahuje

Výpočet průběhu teplot byl aplikován v modulu Creep, za účelem sledování vzniku a rozvoje trhlin. Byl proveden výpočet pomocí 456 kroků představující 91 dnů

od betonáže pilíře. V čase 19 dnů výpočet ukazuje trhliny od nerovnoměrného teplotního namáhání o maximální šířce až **3,2 mm**. S následným ochlazováním konstrukce dochází i ke zmenšení objemu a tím pádem i k uzavření trhlin, kdy v čase 28 dnů model predikuje trhliny o maximální šířce **2,77 mm** a v čase 91 dnů trhliny o maximální šířce **0.95 mm**. Tyto hodnoty jsou shrnuty v tabulce Tab. 6-2. Za limitní hodnotu šířky trhlin se obecně v betonových konstrukcích uvažuje 0,3 mm. Výsledky numerického výpočtu ukazují překročení limitních hodnot ve všech sledovaných dnech.

Tab. 6-2. Shrnutí výsledků šířky trhlin z výpočtu v modulu Creep a jejich posouzení s limitní šířkou 0,3 mm.

Den výpočtu	Maximální předpokládaná hodnota	Vypočtená hodnota	Posouzení
19 den (max. teplota)	0,3 mm	3,18 mm	přesahuje
28 den		2,77 mm	přesahuje
59 den		1,62 mm	přesahuje
91 den		0,95 mm	přesahuje

Výpočet ukázal, že z důvodu velké tloušťky navržené konstrukce dochází uvnitř pilíře vlivem hydratačního tepla k překročení teploty 70 °C v raném stáří betonu. To způsobuje risk opožděné krystalizace ettringitu uvnitř pilíře. Zároveň dochází vlivem nerovnoměrného teplotního namáhání ke vzniku trhlin v posuzované konstrukci. Oba tyto důvody by vedly ke snížené životnosti uvažované konstrukce. Na základě těchto výsledků **je nutné provést opatření, která povedou ke snížení teploty uvnitř konstrukce a monitorovat teplotu uvnitř pilíře během jeho zrání. Déle je nutné provést opatření, která povedou ke snížení teplotního gradientu uvnitř pilíře.**