



Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Bakalářská práce

Návrh vysouvaného dálniční mostu přes železniční trať

Vojtěch Štok

Obor: Konstrukce a dopravní stavby
Vedoucí práce: Ing. Radek Hájek, Ph.D.
Květen 2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Štok Jméno: Vojtěch Osobní číslo: 477236

Zadávající katedra: Katedra betonových a zděných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh vysouvaného dálničního mostu přes železniční trať

Název bakalářské práce anglicky: Design of an incrementally launched highway bridge over a railway track

Pokyny pro vypracování:

Součástí řešení bude

- 1) Rešerše na téma problematiky výsuvu mostních konstrukcí s důrazem na specifika návrhu konstrukce v porovnání s konvenčnějšími metodami výstavby
- 2) Zpracování variantního komentovaného statického posouzení nosné konstrukce pro měnící se uspořádání během výstavby se snahou o optimalizaci chování konstrukce změnou uspořádání a rozložení tuhosti jednotlivých konstrukčních prvků
- 3) Posouzení základních nosných prvků pro zvolené uspořádání konstrukce a předběžný návrh založení

Seznam doporučené literatury:

Stráský, J. (2001) Betonové mosty. Knižnice autorizovaného inženýra a technika, TK21, ČSSI, s. 103

Navrátil, J. (2004) Předpjaté betonové konstrukce. Akademické nakladatelství CERM, s. 160

Marchetti, M. E. (1984) Specific design problems related to bridges built using the incremental launching method. Engineering structures. Vol 6/1984. s. 26

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Radek Hájek, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 19. 2. 2021

Termín odevzdání bakalářské práce: 16. 5. 2021

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího Ing. Radka Hájka, Ph.D. Dále prohlašuji, že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v seznamu použité literatury.

V Praze dne 16. 5. 2021

.....
Vojtěch Štok

Poděkování

Rád bych zde poděkoval mému vedoucímu, Ing. Radku Hájkovi, Ph.D., za odbornou pomoc a rady, které mi poskytl v průběhu psaní této bakalářské práce. Mé poděkování dále také patří firmám IDEA StatiCa a Bricsys za poskytnutí studentských licencí.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem vysouvaného dálničního mostu. Návrh je založen na reálné probíhající zakázce, která je součástí většího projektu na kapacitnění obchvatu města Louny na dálnici D7. Pro tuto bakalářskou práci bylo zadání upraveno a byla zpracována jiná varianta přemostění, než v reálné zakázce. Teoretická část práce je zaměřena na problematiku postupně vysouvaných mostních konstrukcí. Výpočtová část se zabývá návrhem a posouzením konstrukčních fází výstavby a finálního stavu nosné konstrukce.

Klíčová slova: postupně vysouvané mosty, vysouvání, konstrukční fáze, předpětí

Abstract

This bachelor thesis focuses on design of incrementally launched highway bridge. The design is based on realistic ongoing order, which is part of bigger project for making higher transport capacity on highway D7 near the city Louny. For this bachelor thesis the task was changed and different construction was designed compared to the reality. The theory part of thesis is focused on incrementally launched bridges. The calculation part handles with the design and the assessment of design phases and final superstructure.

Keywords: incrementally launched bridges, launching, design phases, prestressing

OBSAH

1	Úvod	15
2	Geografická poloha, stávající stav, popis	17
2.1	Identifikační údaje stavby	17
2.2	Základní údaje o mostním objektu	17
2.2.1	Mostní objekt – SO 201	18
2.3	Stavba a její zvláštnosti	18
2.3.1	Popis	18
2.3.2	Objekty stavby a vztah k území	18
3	Technologie vysouvání	19
3.1	Základní princip	19
3.2	Výrobní dvůr	23
3.3	Segmenty	25
3.4	Předpětí	26
3.5	Zařízení potřebné pro vysouvání	27
4	Návrh řešení	37
4.1	Popis konstrukce	37
4.1.1	Geologické podmínky	37
4.1.2	Založení	37
4.1.3	Spodní stavba	38
4.1.3.1	Opěry	38
4.1.3.2	Pilíře	38
4.1.4	Nosná konstrukce	39
4.1.5	Vozovka	39
4.1.6	Svodidla	40
4.1.7	Zábradlí	40
4.2	Materiály	40
4.2.1	Beton	40
4.2.2	Betonářská výztuž	40
4.2.3	Předpínací výztuž	40
4.2.4	Výsuvný nos	41
4.3	Konstrukční fáze výstavby	41
4.3.1	První fáze vysouvání	41
4.3.2	Druhá fáze vysouvání	42
4.3.3	Třetí fáze vysouvání	42
4.3.4	Dokončovací fáze	42
4.4	Výpočet	42

4.4.1	Zatížení	42
4.4.2	Sestavy zatížení dopravou	43
4.4.3	Kombinace zatížení	43
4.4.3.1	Mezní stav únosnosti - MSÚ	43
4.4.3.2	Mezní stav použitelnosti - MSP	44
4.4.4	Numerické modely	44
4.4.4.1	Výpočetní numerický model pro finální stav konstrukce	44
4.4.4.2	Výpočetní numerický model pro konstrukční fáze výstavby	45
5	Závěr	47
6	Přílohy	48
6.1	Statický výpočet	48
6.2	Výkresové přílohy	160
	Rejstřík	177
	Zdroje	178
	Seznam použité literatury	178
	Fotodokumentace	179
	Ilustrace	179
	Mapový podklad	179

1 Úvod

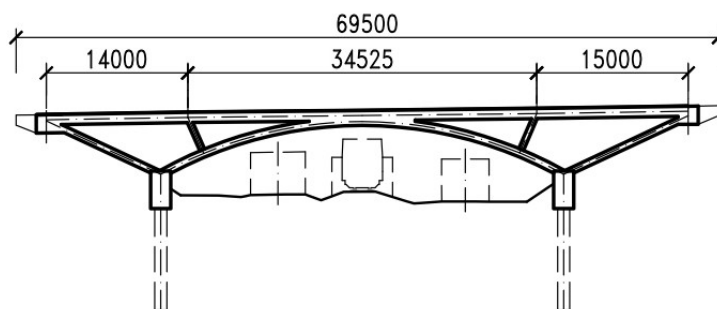
Tato bakalářská práce se zabývá návrhem postupně vysouvané mostní konstrukce. Návrhovaný most je situován do míst skutečně realizovaného projektu. Jedná se o projekt na zkapacitnění obchvatu města Louny na dálnici D7.

Bakalářské práci předcházely v minulém semestru dva projekty. Byl to projekt na katedře K133 (Katedra betonových a zděných konstrukcí) zabývající se návrhem tří variant možného typu přemostění železniční tratě a dvou polních cest. Dále se jednalo o projekt na katedře K135 (Katedra geotechniky), který se zabýval založením všech tří navržených variant přemostění.

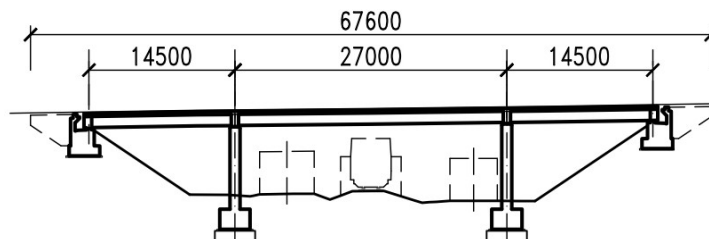
Navržené varianty obsahovaly obloukový most, most z prefabrikovaných nosníků s železobetonovou deskou a most budovaný metodou postupného vysouvání. Obloukový most v daných geologických podmínkách nebylo možné založit, proto bylo od této varianty upuštěno. Variantu prefamonolitického mostu bylo možné dle projektu zrealizovat, ale pro bakalářskou práci byl vybrán most s deskovou nosnou konstrukcí budovaný pomocí metody postupného vysouvání.

Obloukový most byl modelován v programu midas Civil. Všechny horizontální prvky byly modelovány pomocí prvku general beam. Oblouk s mostovkou byly spojeny nehmotnými vazbami. Při výpočtu založení bylo uvažováno, že vzpěry, mezi opěrou a patou oblouku, pomáhají proti zatlačení do zeminy. Z tohoto důvodu byly vzpěry v numerickém modelu podepřeny pružnými podporami simulující zeminu. U tohoto návrhu bylo rozhodující založení mostu. V daných geologických podmínkách by bylo velice obtížné tuto variantu založit. Z tohoto důvodu byla tato varianta zavrhnuta.

Most z prefabrikovaných nosníků spřažených železobetonovou deskou se skládal ze 7 prefabrikovaných nosníků SMP spřažených železobetonovou deskou tloušťky 300 mm. Most byl modelován v programu midas Civil. Všechny horizontální prvky byly modelovány pomocí prvku general beam. Mostovka byla modelována pomocí prvku general beam o příčných rozměrech (šířka × výška) 1.00 m × 0.30 m. Nosníky byly na opěrách spojeny koncovými příčnicí, které podpírala ložiska. Tato varianta byla založena plošně s provedením zlepšení vlastností základové spáry pomocí šterkopískové výměny. Takto navrženou variantu bylo možné založit, ale pro tuto bakalářskou práci tato varianta nebyla vybrána.



Obr. 1. Obloukový most



Obr. 2. Most z prefabrikovaných nosníků spřažených železobetonovou deskou

První část bakalářské práce se zabývá problematikou postupně vysouvaných mostních konstrukcí a její historií. Je zde rozebráno několik stěžejních témat. Rozebrán a popsán je zde hlavní princip této metody. Dále je zde rozebrán účel, poloha a hlavní princip výrobního dvora. Zároveň je zde věnována část dělení nosné konstrukce do segmentů. Následně je zde popsána problematika předpětí pro tuto metodu budování mostních konstrukcí. V neposlední řadě je zde věnován prostor pro zařízení, které je potřebné k vysouvání mostních konstrukcí.

Druhá část bakalářské práce je věnována popisu umístění stavby, zdůvodnění stavby, návrhu a posouzení, které je přiloženo ve výpočtové příloze (statický výpočet). Je zde popis nosné konstrukce včetně přiloženého výkresu tvaru nosné konstrukce, který udává konkrétní tvar a rozměry nosné konstrukce. Je zde uveden výčet použitých a navrhovaných materiálů. Všechny popsání výpočty jsou přiloženy v podobě statického výpočtu. Součástí bakalářské práce jsou i výkresové přílohy. Ve výkresových přílohách jsou přehledné výkresy (půdorys, podélný řez a příčné řezy), tvar nosné konstrukce a výkresy předpětí.

2 Geografická poloha, stávající stav, popis

Řešený objekt je součástí rozsáhlého projektu zkapacitnění obchvatu města Louny na komunikaci D7.



Obr. 3. Umístění stavby [17]

2.1 Identifikační údaje stavby

Stavba:	D7 Louny
Číslo objektu:	SO 201
Název objektu:	SO 201 – D7 Louny vysouvaný most
Katastrální území:	Louny [687391]
Obec:	Louny [687391]
Kraj:	Ústecký
Projektant:	Vojtěch Štok
Pozemní komunikace:	dálnice D7

2.2 Základní údaje o mostním objektu

Jedná se o samostatnou nosnou konstrukci převádějící pravý pás dálnice D7 přes polní cesty a železniční trať.

2.2.1 Mostní objekt – SO 201

<i>Charakteristika mostu:</i>	trvalý masivní silniční most o třech polích, ve výškovém stoupání, desková podélně předpnutá hlavní nosná konstrukce, masivní tížné opěry, hlubinné založení,
<i>Délka přemostění:</i>	53.450 m
<i>Délka mostu:</i>	68.300 m
<i>Délka nosné konstrukce:</i>	57.350 m
<i>Rozpětí jednotlivých polí:</i>	14.500 m, 27.000 m, 14.500 m
<i>Šikmost mostu:</i>	
– opěra 1:	100 g
– opěra 2:	100 g
<i>Volná šířka mostu:</i>	11.50 m
<i>Šířka mostu:</i>	14.60 m
<i>Výška mostu:</i>	cca 7.375 m
<i>Stavební výška:</i>	1.635 m
<i>Plocha nosné kce mostu:</i>	802.900 m ²
<i>Zatížení a zatížitelnost mostu:</i>	most je navržen podle ČSN EN 1991-2, na zatížení dopravou ve smyslu NA.2.12 pro skupinu 1 , v souladu s požadavky článku NA.2.16 je uvažováno zvláštní vozidlo LM3 – 900/150 a LM3 – 3000/240

2.3 Stavba a její zvláštnosti

2.3.1 Popis

Řešený stavební objekt je součástí projektu na zkapacitnění obchvatu města Louny na dálnici D7. Most se nachází v extravilánu nedaleko obce Louny.

2.3.2 Objekty stavby a vztah k území

Most přemostuje následující překážky:

- polní cesta,
- železniční trať

3 Technologie vysouvání¹

Velký pokrok v oblasti vysouvaných mostních konstrukcí vznikl díky inženýrům F. Leonhardt a W. Baur. Tito němečtí inženýři použili metodu segmentové montáže na mostě přes řeku Ager. Z důvodu redukce bednění byly segmenty vytvářeny na jednom místě. Z tohoto prvního výrobního dvora byly segmenty posouvány na svou definitivní pozici po lešení. Na svých definitivních pozicích byly segmenty spojeny a předepruty. Tato stavba vedla k vývoji metody postupně vysouvaných mostů.

K dalšímu vývoji této metody došlo při výstavbě mostu přes řeku Caroni. Při této výstavbě byla celá nosná konstrukce vybudována mimo most a následně vysunuta do definitivní pozice. Při vysouvání této nosné konstrukce bylo poprvé použito kluzné médium **PTFE (Polytetrafluorethylen)**.

Na vynálezu **PTFE** se významně podílel Dr. W. Andrä, který zároveň vyvinul kluzné ložisko. Toto kluzné ložisko se skládá z ložiska z nerezové oceli a tzv. kluzných desek, které jsou z jedné strany pokryty gumou a z druhé strany pokryty kluzným mediem z PTFE. Kluzná deska se vkládá mezi nosnou konstrukci a kluzné ložisko tak, aby kluzná vrstva PTFE přiléhala na nerezovou část výsuvného ložiska. Kontakt mezi nerezovou ocelí a vrstvou PTFE vytváří nízký součinitel tření. Naopak vrstva gumy přiléhající k nosné konstrukci vytváří vysoký součinitel tření mezi nosnou konstrukcí a kluznou deskou.

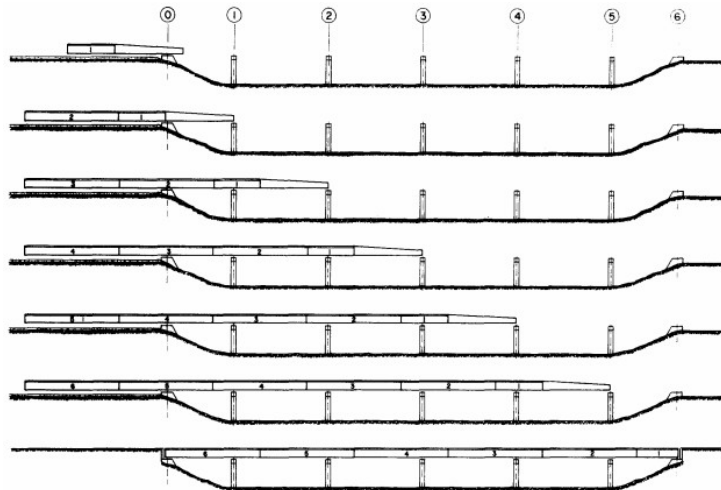
Za první doopravdy vysouvaný most v praxi byl považován most přes řeku Inn. Zvláštností tohoto mostu bylo to, že byl most vysouván bez předpětí pouze s běžnou betonářskou výztuží. Most byl vysunut bez předpětí a to i přes to, že most má ve své definitivní pozici rozpětí 102 m. Toto rozpětí bylo během výstavby redukováno pomocí dočasných pilířů.

Jedním z dalších milníků byl most přes údolí Kocher. Tento most měl ve stěnách komorového průřezu zabudované kanálky předpínací výztuže pro předpětí finálního stavu. Po vysunutí mostu na definitivní pozici bylo kanálky protaženo předpětí, které bylo dále aktivováno a zainjektováno. Toto se stalo běžnou praxí pro následující mosty budované touto metodou. [1]

3.1 Základní princip

Schéma mostu budovaného metodou postupného vysouvání

¹ pro tuto kapitolu bylo čerpáno ze zdrojů [1], [2] a [3].



Obr. 4. Základní schéma [3]

Metoda postupného vysouvání mostních konstrukcí byla vyvinuta zejména pro přemostování hlubokých horských údolí o rozpětí polí kolem 50 m.

Tato metoda se používá především tam, kde by byla nosná konstrukce vysoko nad terénem, při špatné přístupnosti pod budovanou konstrukcí nebo tam, kde je nutné zachovat provoz pod mostem i během výstavby.

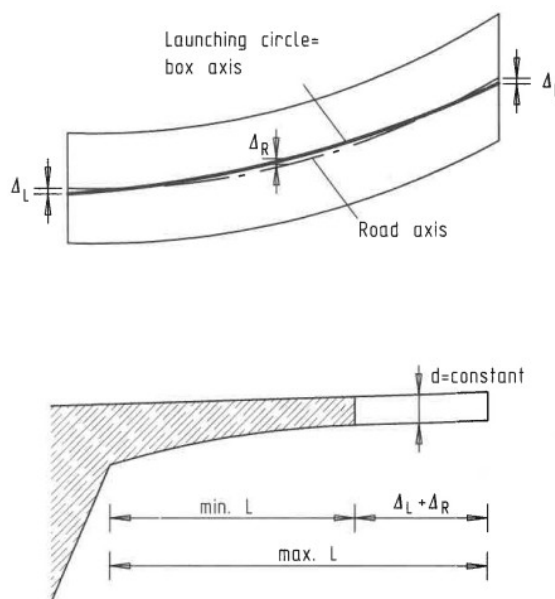
Pro vysouvané konstrukce je zásadní jejich výškové a půdorysné vedení. Půdorysné a výškové vedení spolu tvoří prostorovou křivku. Pro vysouvané mostní konstrukce je zásadní, aby jejich prostorová křivka tvořila tzv. **šroubovici**. [1][3]

Šroubovice je v prostoru popsána funkcí:

$$f(\phi) = R \times \cos \phi + R \times \sin \phi + R \times \phi \times \tan \alpha \quad (1)$$

Šroubovice, která má poloměr základního kruhu roven nekonečnu, se zobrazí jako přímka. Vysouvat lze konstrukce půdorysně i výškově zakřivené za předpokladu konstantně se měnící křivosti. V praxi se však nejčastěji používají kružnice či přímky.

Pokud je odchylka osy komunikace a osy mostu je maximálně cca 0.75 m, tak lze stále vysouvat přímou konstrukci a tyto odchylky lze vykompenzovat pomocí proměnné délky konzolových částí konstrukce. [1]



Obr. 5. Kompenzace pomocí proměnné délky konzolových částí nosné konstrukce [1]

Odchytky ve výškovém vedení v řádech milimetrů lze kompenzovat tloušťkou nosné konstrukcí. Odchytky v řádech centimetrů kompenzovány tloušťkou nosné konstrukce už výrazně přidávají na jejím objemu a zvětšují ohybové momenty během výstavby. Výškové odchytky lze kompenzovat i proměnnou výškou nosné konstrukce, ale to ovlivňuje náročnost provádění bednění konstrukce.

Vhodným průřezem nosné konstrukce pro metodu postupného vysouvání mostů je **komorový průřez**. Výhodou komorového průřezu je jeho lehkost, protože vlastní tíha nosné konstrukce je dominantní složka zatížení během konstrukčních fází výstavby. Další výhodou je, že vlastní tíha během konstrukčních fází výstavby vyvolá srovnatelné napětí v horních a dolních vláknech průřezu. Tato skutečnost je zapříčiněna přibližně stejným vztahem mezi záporným a kladným ohybovým momentem a mezi horním a dolním průřezovým modulem. Tento vztah je přibližně **2:1**. [1][3]

Je možné vysouvat i nosnou konstrukci s **deskovým průřezem**. Nevýhodou deskového průřezu pro tuto metodu je jeho hmotnost. Větší hmotnost má přímý dopad na centrické předpětí nutné během konstrukčních fází výstavby, ale i tak se mohou vysouvané mosty deskových průřezů vyplatit. Zejména při překračování důležitých dopravních tepen, na kterých je nutné zachovat provoz pod budovanou mostní konstrukcí. V takovýchto případech je zvýšená cena za doplňující předpětí zanedbatelná.

Klíčovým parametrem pro návrh nosné konstrukce a centrického předpětí jsou rozpony polí během výstavby. Tyto rozpony se mohou lišit od rozponů polí v definitivním stavu konstrukce. Tyto rozpony se dají redukovat či upravovat dočasnými podporami. Pro ekonomický návrh vzhledem k centrickému předpětí je vhodné, aby si většina polí byla během výstavby co nejvíc navzájem podobná. Krajní pole by však měla být cca o 20 % kratší. [1]

Za opěrou se nachází tzv. **výrobní dvůr**. Výrobní dvůr je místo, kde jsou vytvářeny segmenty. Zároveň je zde uskladněno bednění, vybavení a materiály potřebné

k výrobě jednotlivých segmentů. Na výrobním dvoře jsou vytvářeny kompletní segmenty od bednění, vyztužení, betonáž až po předpětí. Vytvořený segment je poté vysunut z výrobního dvora pomocí vysouvacích lisů tak, aby se uvolnilo místo pro následující segment. Vytvořený segment je ještě na výrobním dvoře monoliticky spojen se segmentem, který byl vytvořen jako předchozí, a vysunut z výrobního dvora.

Vysouvaná konstrukce v určitých fázích výstavby má statické schéma nosníku s převislým koncem, který vytváří velké záporné ohybové momenty. Tyto momenty je snaha zredukovat. Je více možností jak tyto záporné ohybové momenty redukovat. Pro redukcii záporných ohybových momentů se používá **výsuvný nos, dočasné podpory** nebo **zavěšení na pylon**.

Výsuvný nos je lehká ocelová konstrukce, která se připevní na čelo prvního segmentu a zkracuje nutnou délku k překlenutí. Tím dojde i ke snížení záporných ohybových momentů.

Dočasné podpory jsou zbudovány mezi definitivními podporami a zkracují rozpětí. Tím dojde i k redukcii záporného ohybového momentu.

Na nosné konstrukci je zbudován **pylon se závěsy**. Jedna strana závěsů je ukotvena do začátku nosné konstrukce a druhá tak, aby byl pylon namáhán tlakem. Velikost síly v závěsech je možné upravovat lisem, který je umístěn pod pylonelem a jeho nadzvedáváním či spouštěním je možné upravovat sílu v závěsech.

Metoda postupného vysouvání mostů nabízí dále uvedené výhody [1]:

- Ekonomické výhody
 - Redukce ceny za bednění a lešení
 - V náročných základových poměrech je potřeba vytvořit pomocné založení pouze pod výrobním dvořem. Oproti tomu konstrukce budovaná na pevné skruži vyžaduje větší rozsah pomocného založení pod skruží.
 - Potřebné vybavení pro vysouvání mostních konstrukcí má sice vysokou počáteční investici, ale je možné jej používat opakovaně. Při opakovaném používání se z dlouhodobého hlediska vysoká počáteční investice vyplatí.
- Velikou výhodou této metody výstavby mostních konstrukcí je to, že při vysouvání nosné konstrukce je možné zachovat provoz pod budovaným mostním objektem.
- Minimalizace zásahu do okolního prostředí, protože většina prací se odehrává na výrobním dvoře.



Obr. 6. Zachování provozu pod vysouvanou nosnou konstrukcí [16]

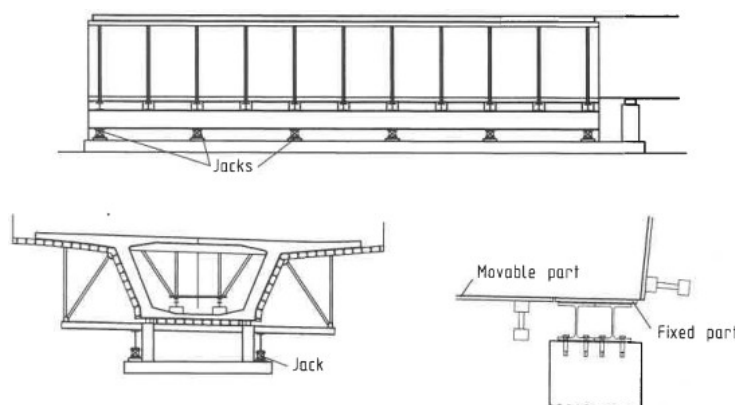
3.2 Výrobní dvůr

Výrobní dvůr je místo kde se vyrábí segmenty. Na výrobním dvoře je uskladněna betonářská výztuž, předpínací výztuž a vše ostatní potřebné k výrobě segmentů. Segment je během výstavby podepřen po celé své délce.

Je více možností, jak jsou segmenty vysouvány z výrobního dvora. Jedna z možností je podepřít segment na okrajích po celé délce ocelovými nosníky. Další je možnost použití vysouvacích ložisek již ve výrobním dvoře.

Při použití ocelových nosníků je konstrukce po zatvrdnutí odbedněna a vysouvána po ocelových I profilech. Součinitel tření mezi betonem a ocelovým nosníkem je však vysoký cca $\mu = 0.3$. Možné řešení tohoto problému je vložit kluznou vrstvu mezi ocelový profil a betonovou nosnou konstrukci. [1]

Jako kluzná vrstva mohou být použity desky různých materiálů, které na sobě mají vrstvu z materiálu snižujícího tření. Tyto desky se před betonáží vloží do bednění kluznou vrstvou na ocelové profily. Po vytvoření konstrukce se desky spolu s nosnou konstrukcí vysouvají. Na konci vysouvací dráhy výrobního dvora jsou desky odebrány a následně přeneseny a použity znovu. Kluzné desky by měly být lehké a snadno přemístitelné. Z testů prováděných během uplynulých let bylo zjištěno, že tření při použití kluzných desek se pohybuje kolem 4 %. Velice důležité je však desky správně spojit, aby mezi ně nevnikl beton. Beton, který by vnikl do spojů mezi desky by vnikl až na kluznou dráhu, tím by zvýšil tření při vysouvání a tím i sílu nutnou pro vysunutí konstrukce. Toto řešení se ukázalo jako vhodné, ale za podmínky, že je vyloučeno sedání výrobního dvora. Pro případnou rektifikaci sedání je možné do stěn podpírající ocelové profily umístit hydraulické lisy. Pomocí lisů lze rektifikovat případné sedání výrobního dvora. [1]



a) Výrobní dvůr podepřený ocelovým nosníkem [1]



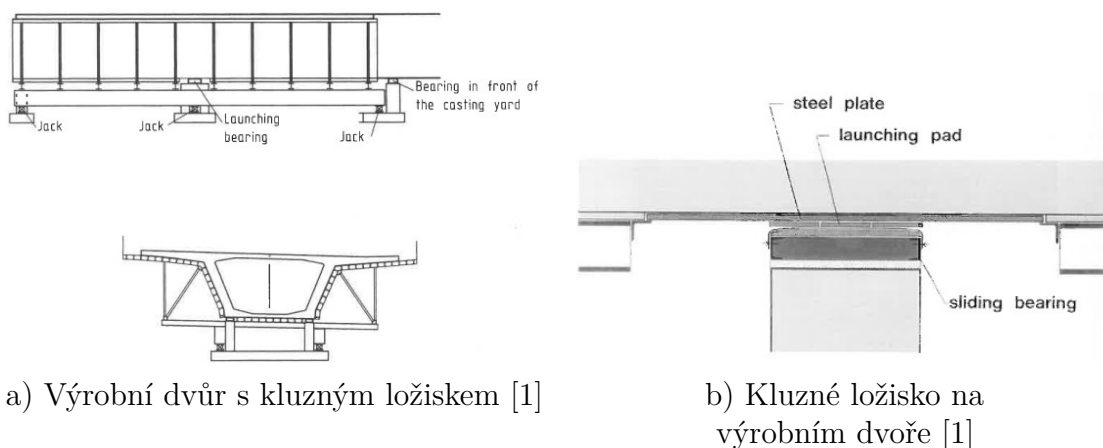
b) Ocelové nosníky podpírající segment na výrobním dvoře [16]

Obr. 7. Výrobní dvůr podepřený ocelovým nosníkem



Obr. 8. Bednění [16]

Když je použita varianta s výsuvnými ložisky ve výrobním dvoře, je bednění připevněno na vnější rošt. Toto bednění je možné výškově upravovat. Po zhotovení segmentu je bednění sníženo a tím je segment odbedněn. Zároveň při snížení bednění se změní statické schéma segmentu na výrobním dvoře. Před snížením bednění je segment podporován po celé své délce. Po snížení bednění je segment podporován pouze dvojicí kluzných ložisek ve středu výrobního dvora. [1]



a) Výrobní dvůr s kluzným ložiskem [1]

b) Kluzné ložisko na výrobním dvoře [1]

Obr. 9. Výrobní dvůr podepřený ocelovým nosníkem

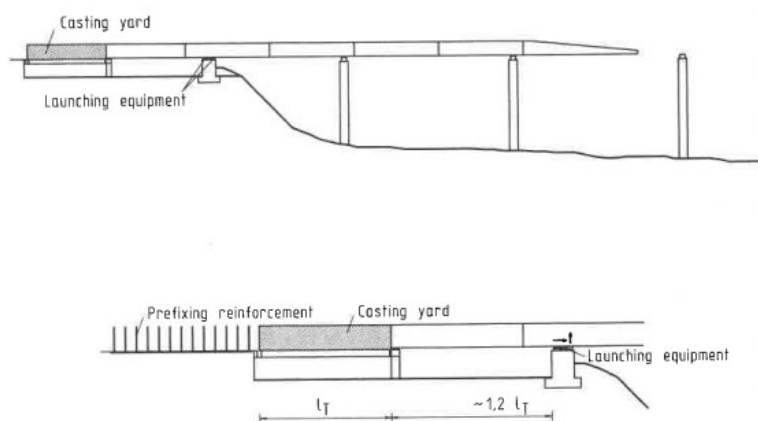
Rošt s bedněním je zvedán a snižován pomocí hydraulických lisů. Lisy jsou spojeny a fungují současně. Rošt při svém pohybu musí být na vnější straně veden. Rošt bývá veden pomocí betonových částí s přišroubovanými ocelovými profily. Tyto vodící prvky jsou většinou umístěny na obou koncích a uprostřed rozpětí výrobního dvora. Rozsah pohybu lisů a bednění musí být minimálně 150 mm, aby byl zajištěn dostatečný prostor mezi sníženým bedněním a nosnou konstrukcí při jejím vysouvání ven z výrobního dvora. [1]

Výhodou této varianty je rychlé zvedání a snižování bednění a díky rektifikovatelnému bednění je zde velice lehké kompenzovat případné sedání výrobního dvora. Zároveň použití výsuvných ložisek má výhodu nízkého tření. Cena této varianty je srovnatelná s variantou popsanou výše. Je však nutné po každém vysunutém dílci bednění přesně výškově rektifikovat před výrobou následujícího segmentu.

Vysunutý segment musí být před výrobním dvorem výškově i horizontálně fixován. Fixace vysunutého segmentu je velice důležitá pro správné vytvoření pracovní

spáry. Z tohoto důvodu se před výrobní dvůr osazuje nízký dočasný pilíř, na kterém je výškově fixované kluzné ložisko. Horizontální fixaci segmentu zajišťují boční vodící prvky. Vzdálenost mezi dočasným pilířem a výrobním dvorem musí být dostatečná pro vkládání kluzných desek mezi nosnou konstrukci a kluzné ložisko. Při použití výrobního dvora podporujícího segment po celé jeho délce musí být vzdálenost dočasného pilíře minimálně stejná jako délka kluzných desek.

Výrobní dvůr obvykle bývá umístěn za opěrou.



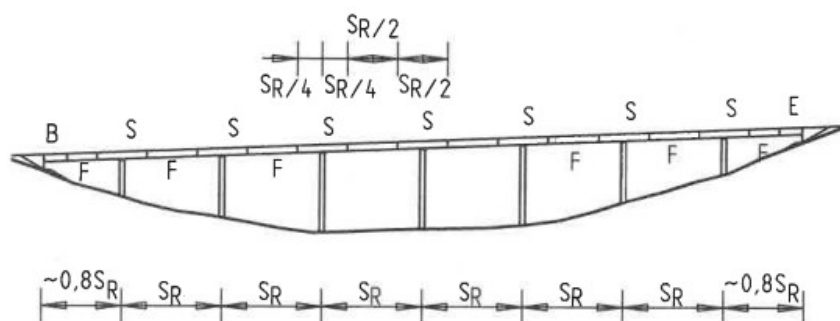
Obr. 10. Umístění výrobního dvora [1]

Vzdálenost výrobního dvora a opěry je zásadní pro návrh vysouvacího mechanismu umístěného na opěře. Většinou bývá vzdálenost výrobního dvora a opěry cca 1.2 x délka segmentu. Je to výhodné z toho důvodu, že vytvořený segment je předepnut pouze na 50 % centrického předpětí. Zbýlých 50 % předpětí je dopnuto při předepínání následujícího segmentu. Předěšlý segment je však vysunut z výrobního dvora pouze s 50 % aktivované předpínací výztuže. Z toho důvodu je nutné vzít v úvahu polohu opěry. Vzdálenost opěry od výrobního dvora významně ovlivňuje namáhání segmentu, který je vysunut z výrobního dvora.

3.3 Segmenty

Segmenty jsou vyráběny na výrobním dvoře a jsou vyráběny v týdenních cyklech. Segment musí být navržen tak, aby bylo možné jeho výrobu provést v týdenních cyklech, ale zároveň by segmenty měli být co nejdelší. Vhodné je vytvářet segmenty, které si navzájem co nejvíce odpovídají. Čím více jsou segmenty totožné, tím je jednodušší bednění. Zároveň musí být délka segmentů navržena tak, aby se jejich spoje v definitivní poloze nenacházeli v nejnamáhanějších místech. [1][3]

Na přiloženém obrázku je uveden příklad dělení délky a řazení segmentů:



Obr. 11. Příklad dělení konstrukce do segmentů [1]

3.4 Předpětí

Pro většinu postupně vysouvaných mostních konstrukcí je během konstrukčních fází výstavby použito **centrické předpětí**. Centrické předpětí společně s betonářskou výztuží má za úkol přenést všechna vzniklá namáhání během konstrukčních fází výstavby. Při návrhu centrického předpětí je snaha o umístění výsledné předpínací síly do těžiště průřezu. Při umístění výsledné síly od předpětí do těžiště průřezu dostaneme excentricitu rovnou nule. Z toho vyplývá, že ohybový moment vyvozený předpětím nosné konstrukce, počítaný ze vztahu $M_p = N_p \times e$, je roven nule. To zapříčiňuje, že centrické předpětí vstupuje do napětí pouze tlakovou složkou $\frac{N_p}{A}$, kde N_p je výsledná síla od předpětí a A je plocha průřezu. Tato skutečnost je u vysouvaných konstrukcí velice žádaná, a to zejména z důvodu konstantních účinků od předpětí, i na proměnném statickém schématu vysouvané konstrukce.

Excentrické předpětí se samostatně pro výsuv nepoužívá. Lze ho však použít v kombinaci s centrickým předpětím nebo je možné zkombinovat dvě proti sobě profilované excentrické předpětí. Zkombinováním dvou proti sobě profilovaných předpětí je možné docílit centrického předpětí. Tohoto je docíleno, když excentricita prvního předpětí (e_1) je stejně velká, ale na opačnou stranu od těžiště jako excentricita druhého předpětí ($e_2 = -e_1$). Toto je zapříčiněno výpočtem, kdy se moment od předpětí spočte jako $M_p = N_p \times e_i$. V tomto případě se výpočet upraví a výsledkem je vztah:

$$M_p = N_p \times (e_1 - e_1) = 0 \text{ kNm} \quad (2)$$

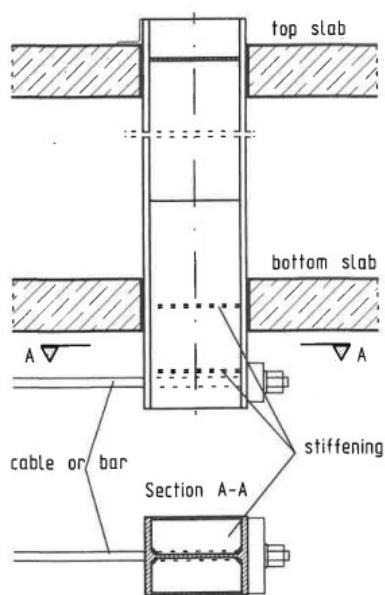
Pro předpětí finálního stavu se již během výstavby připraví kanálky, kterými je po dokončení výsuvu protaženo předpětí. Po dokončení výsuvu je těmito kanálky protaženo předpětí, které je posléze aktivováno a zainjektováno. Při použití dočasných pilířů by se mělo excentrické předpětí napínat až po osazení definitivních ložisek. Napínání po osazení definitivních ložisek se provádí z důvodu toho, že při aktivaci excentrického předpětí dojde k "nadzdvižení" nosné konstrukce z dočasných pilířů a podporové reakce z dočasných pilířů se redistribuují do definitivního podepření nosné konstrukce.

3.5 Zařízení potřebné pro vysouvání

Konstrukce je vysouvána pomocí **hydraulických vysouvacích lisů**. Vysouvání pomocí lisů má dvě varianty.

Konstrukci je možné vysouvat pomocí předpínacích lan nebo tyčí, které prochází skrz hydraulické vysouvací lisy a jsou ukotveny zakotvením do rámu instalovaného na konci segmentu umístěného na výrobním dvoře. Hydraulické lisy jsou umístěny na opěře. Dříve byly použity tyče. Tyče byly ukotveny na spodním líci nosné konstrukce pomocí speciálních svorek. Svorky v sobě měly klínky, které držely tyč při vysouvání, ale zároveň jí dovolovaly zpětný pohyb při zpětném chodu lisů. Svorky byly tvořeny těžkým kusem kovu. Ukázalo se však, že excentricita mezi nosnou konstrukcí a upevněním tyčí vyvozovala nežádoucí velké momenty. Tyto momenty u komorových průřezů představovaly až příliš velké namáhání spodní desky průřezu.

Dnes se pro tažení používají kabely či závitové tyče. Používá se upevnění vyvinuté pro předpínací systém. Kabely nebo závitové tyče prochází přímo mezi kotvami a hydraulickými lisy. Konec kabelu je zakotven na nosné konstrukci, zbytek kabelu vede skrz hydraulické lisy na opěře. Hydraulické lisy musí umožnit zpětný pohyb kabelů, aby je bylo možné po vysunutí segmentu přemístit na konec dalšího segmentu. Během přemísťování kabelů na další segment musí být ostatní kabely drženy, aby sloužili jako brzdna reakce proti zpětnému pohybu již vysunuté konstrukce. Nebo je možné před výrobním dvorem osadit lis, který se pohybuje vertikálně. Vertikálně pohyblivý lis má horní povrch zdrsněný. Při jeho aktivaci se lis vysune a vytvoří velké tření, tím pádem i brzdnu reakci. Lana nebo tyče jsou zakotveny do ocelových konstrukcí na konci segmentů. [1]



a) Ocelová konstrukce pro zakotvení tažných lan – schéma [1]



b) Ocelová konstrukce pro zakotvení tažných lan [16]

Obr. 12. Ocelová konstrukce pro zakotvení tažných lan



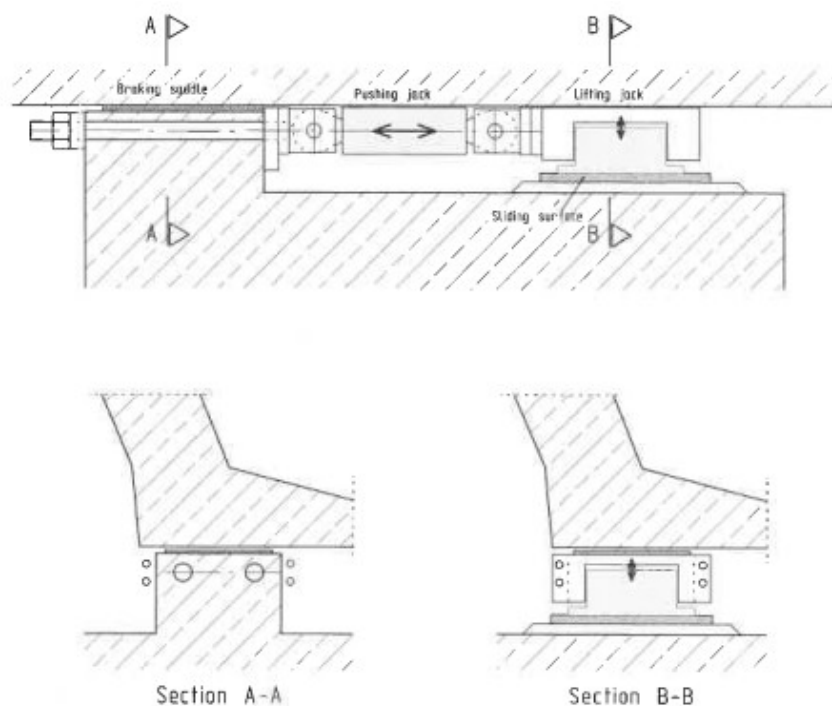
a) Vysouvací lisy [16]



b) Ocelová konstrukce pro zakotvení tažných lan [16]

Obr. 13. Vysouvací zařízení

Při druhém způsobu vysouvání je konstrukce tlačena. Je použita soustava lisů, která vnáší vysouvací sílu do konstrukce pomocí tření. Toto vybavení se skládá ze zvedacího lisu a tlačného lisu. V první fázi je aktivován zvedací lis, který nadzvedne nosnou konstrukci z brzdného sedla tak, že reakce od vlastní tíhy jde do zvedacího lisu. V tuto chvíli je reakce působící ve zvedacím lisu tak velká, aby vytvořila dostatečně velké tření. Poté je aktivován tlačný lis. Tlačný lis posouvá zvedací lis po kluzné podložce a s ním i celou konstrukci. Po maximálním vysunutí tlačného lisu se sníží zvedací lis do své základní pozice a společně s tlačným lisem se vrátí do celkové základní pozice a tím je dokončen pracovní cyklus tlačné soustavy. Pracovní cykly se opakují, dokud se konstrukce nedostane do požadované pozice. [1]

**Obr. 14.** Tlačná vysouvací soustava [1]

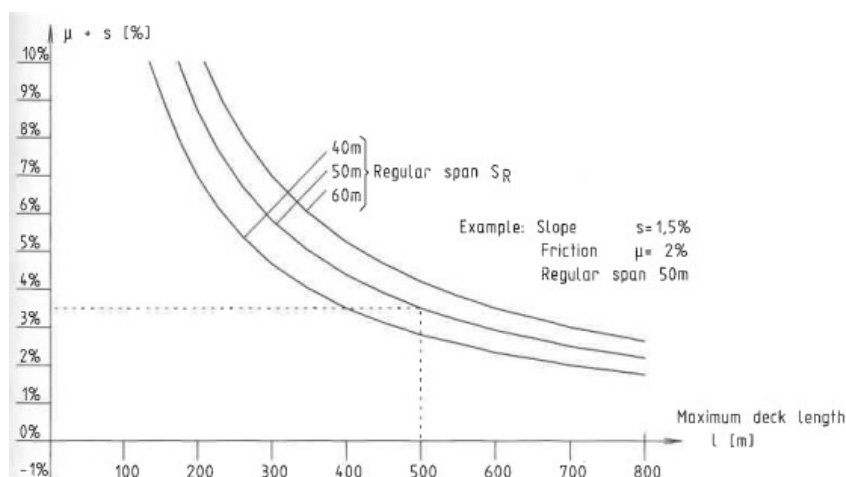
Maximální tlačná síla je závislá na velikosti tření mezi povrchem zvedacího lisu a spodním lícem nosné konstrukce. Zároveň je pod zvedacím lisem umístěna ocelová podložka a spodní líc zvedacího lisu je opatřen vrstvou PTFE. Tento kontakt zajišťuje velmi malé tření a to zhruba 4 %. Naopak koeficient tření mezi ocelí na horním líci zvedacího lisu a nosnou konstrukcí musí být velký, aby bylo možné přenést tlačnou sílu. Koeficient tření na tomto styku je přibližně 75 %. Když známe oba koeficienty tření a velikost síly ve zvedacím lisu jsme schopni spočítat maximální velikost tlačné síly. Tato síla se počítá ze vztahu [1]:

$$H_P \doteq \left(\frac{0.75 - 0.04}{\gamma} \right) \times V \quad (3)$$

- **0.75** - součinitel tření mezi zvedacím lisem a nosnou konstrukcí
- **0.04** - součinitel tření mezi zvedacím lisem a kluznou podložkou
- γ - bezpečnostní součinitel (≈ 1.4)
- **V** - svislá síla ve zvedacím lisu

Zároveň je důležité, jak dlouhý most je možné v daných podmínkách vysunout pomocí tlačné metody založené na tření. Maximální délka vysouvané konstrukce touto metodou je závislá na **S_R rozpětí polí**, **s - sklonu vysouvané konstrukce** a **μ - očekávaném součiniteli tření**. Maximální možná délka vysouvané konstrukce se tedy pak vypočte jako [1]:

$$l_{Fr} \doteq \frac{0.35xS_R}{\mu + s} \quad (4)$$



Obr. 15. Závislost maximální délky vysouvané konstrukce na podélném sklonu a tření [1]

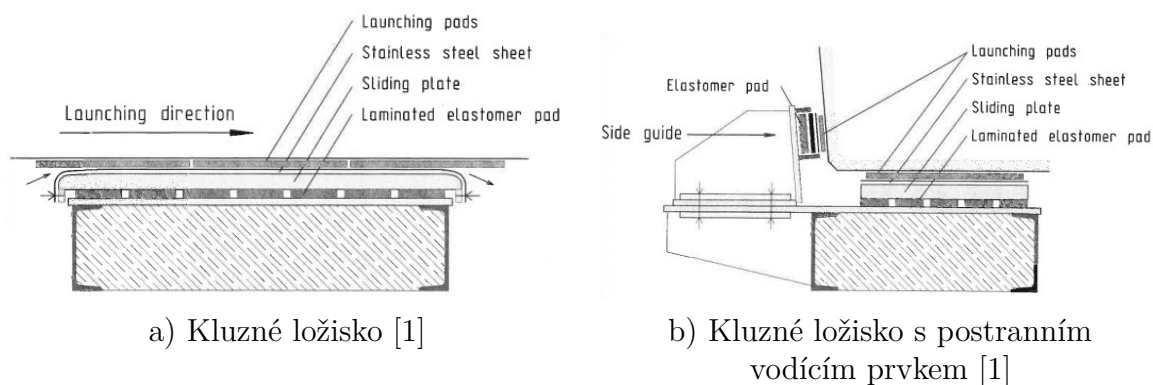
Když je nutné vysouvat konstrukci o větší délce než je vypočtená délka pro tlačné zařízení založené na tření, je možné přidat přídavné tažné tyče. Při přidání přídavných tažných tyčí je možné vysouvat most s téměř dvojnásobnou délkou. Pak je maximální délka limitovaná v podstatě maximální tlačnou silou lisů.

Rozsah vertikálního pohybu zvedacího lisu je v řádech milimetrů. Výraznější zvedání by mohlo mít za následek nežádoucí záporné momenty. Nadzdvihnutí nosné

konstrukce však musí být dostatečné, aby byla konstrukce nadzdvížena z brzdného sedla. Obecně se udává limit kolem 5 mm.

Brzdné sedlo se nachází na opěře. Jedná se v podstatě o beton, který je opatřený ocelovým plátem s drsným povrchem pro zvýšení tření. Mimo vysouvací cyklus brzdné sedlo slouží jako pevný kloub, který musí přenést brzdné síly způsobené podélným sklonem konstrukce a účinkem teploty. Brzdné sedlo je po dokončení výsuvu zdemolováno. [1]

Pro snadnější pohyb vysouvané konstrukce se instalují **kluzná ložiska**. Kluzné ložisko je pokryto nerezovou ocelí. Kluzná ložiska se používají současně s vysouvacími podložkami. Vysouvací podložky jsou z jedné strany opatřeny kluzným médiem, které přiléhá na nerezovou ocel kluzného ložiska a vytváří tak velice nízký součinitel tření. Kluzné ložisko se skládá z ocelového boxu výšky 0.2 až 0.3 m. Tento ocelový box je vyplněn betonem. Konstrukce ložiska je velice odolná a je možné ho mnohokrát opakovaně použít. [1]

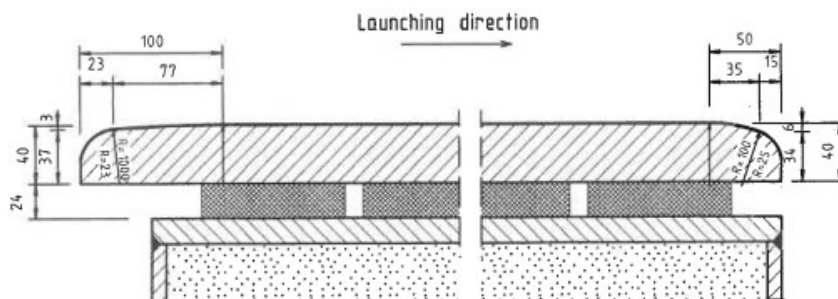


Obr. 16. Kluzné ložisko – schéma



Obr. 17. Kluzné ložisko [16]

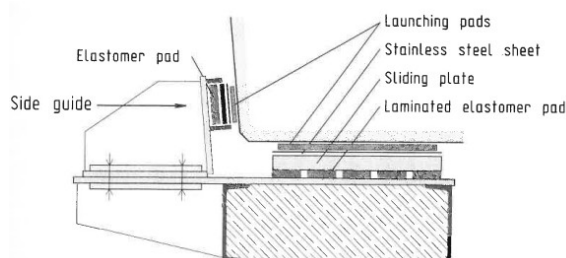
Na samostatné konstrukci ložiska (ocelový box vyplněný betonem) jsou umístěny elastomerové bloky o výšce 20 až 50 mm. Tyto elastomerové bloky se přizpůsobují malým lokálním deformacím. Na elastomerových blocích je umístěna kluzná deska. Jedná se o opracovanou desku, která se ke koncům zužuje a je zaoblena. Zúžení je zde pro lepší vkládání a odebírání vysouvacích podložek. [1]



Obr. 18. Kluzné ložisko [1]

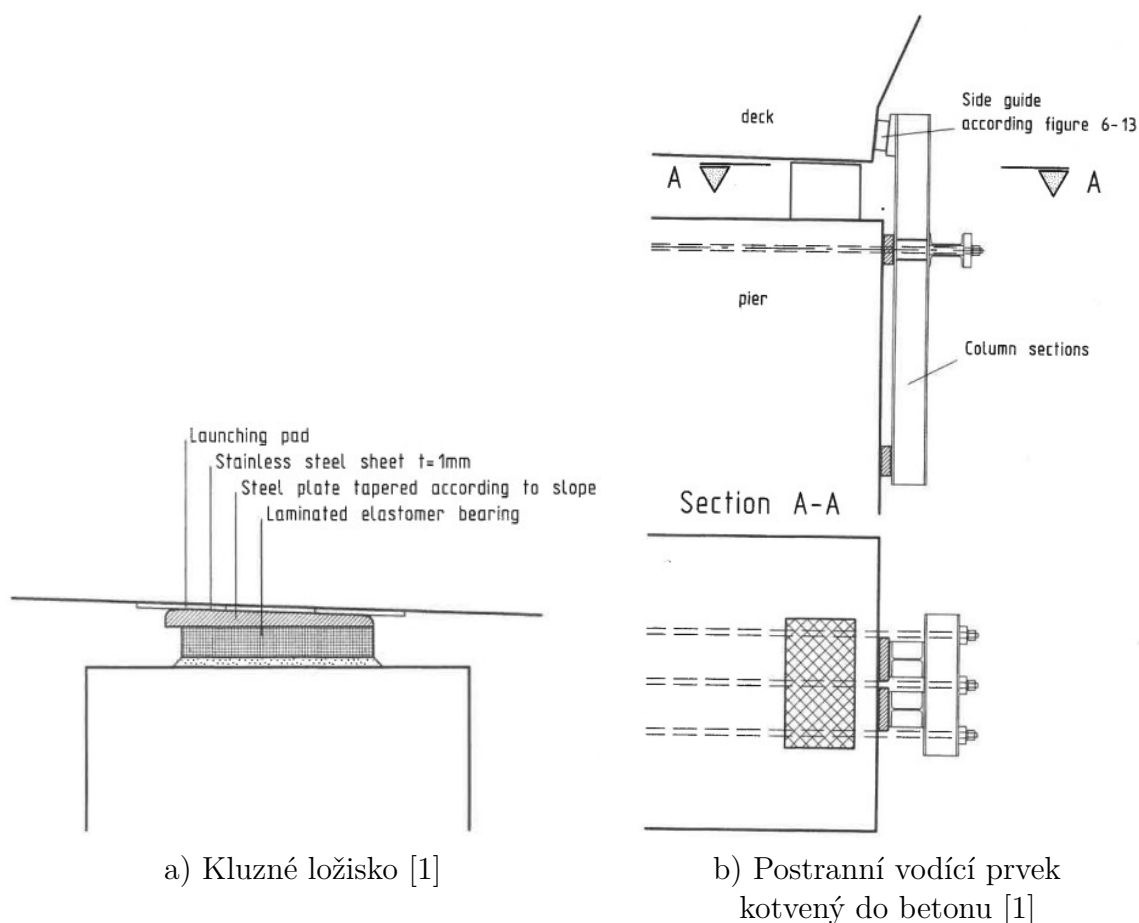
Rozměry uvedené na obrázku výše jsou minimální pro tlak roven 13 MPa. Pro vyloučení plastických deformací je požadováno, aby kluzná deska měla mez kluzu vyšší než 40 MPa. Kluzný plát je zároveň držen proti příčným posunům. Na povrchu kluzné desky je umístěn plát z nerezové oceli tloušťky 1 mm. Plát z nerezové oceli musí být na koncích přišroubován nebo přivařen ke kluzné desce. Zároveň mezi plát z nerezové oceli a kluznou desku se neaplikuje žádný povlak, aby bylo zajištěno vysoké tření mezi kluznou deskou a ocelovým plátem. Samotný ocelový plát může mít maximální součinitel drsnosti $1\mu \times m$. [1]

Vodící prvky jsou upevněny na vnější stranu kluzného ložiska. Jedná se o ocelový úhelník s elastomerovou podložkou (tl. cca 20 mm) a dvěma pláty z nerezové oceli (tl. 6 mm a 1 mm). Oba pláty z nerezové oceli jsou na svých koncích připevněny k ocelovému úhelníku. Stejně jako u kluzných ložisek se mezi nerezovou ocel a nosnou konstrukci vkládá vysouvací podložka s kluznou vrstvou z PTFE pro snížení tření mezi podložkou a nerezovou ocelí. Příčné síly od výsuvu konstrukce se odhadují na 10 % vertikálních sil působících na kluzná ložiska. Je však důležité, aby jako první začala na kluzná ložiska působit vertikální síla. Výsuvný nos by tedy na svých prvních zhruba 2 m neměl vyvinout žádné boční síly. Kdyby ocelový nos hned na jeho začátku vyvinul příčné síly na vodící prvky, mohly by celá ložiska vyrazit z jejich dané polohy. [1]



Obr. 19. Kluzné ložisko s postranním vodícím prvkem [1]

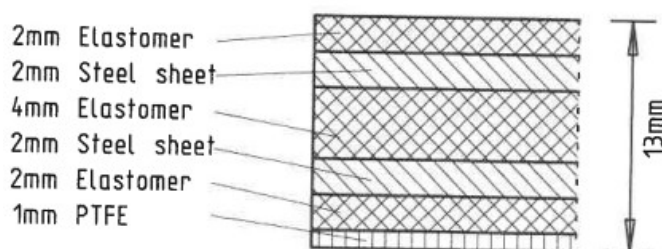
Druhou možností jak připevnit vodící prvky je možnost ukotvit je do betonových konstrukcí pod kluzným ložiskem. Jedná se o svařované ocelové profily přikotvené do betonu pomocí závitových tyčí. U tohoto typu uchycení postranních vodících prvků je však nevýhodou velké rameno sil mezi místem působení příčné síly na vodícím prvku a místem uchycení postranního vodícího prvku. Síla, která je nutná k přenesení je u tohoto typu uchycení někdy až 3x větší než u předešlého typu uchycení. Z tohoto důvodu se doporučuje použít pouze za předpokladu malých bočních sil, například u konstrukcí bez příčného sklonu spodního líce nosné konstrukce. Naopak při vysouvání konstrukce přes finální elastomerová ložiska je toto uchycení velmi vhodným řešením. [1]



Obr. 20. Kluzné ložisko – schéma

Vysouvací podložky jsou nedílnou součástí technologie vysouváných mostních konstrukcí. Vysouvací podložky jsou kombinací elastomerových vrstev, ocelových plátů a kontaktní vrstvy z PTFE. Vysouvací podložky se vkládají mezi kluzné ložisko a vysouvanou konstrukci. Vkládají se tak, aby vrstva PTFE přiléhala na nerezovou ocel kluzného ložiska a tím co nejvíce snížila součinitel tření. Oproti tomu vrstva elastomeru přiléhající na nosnou konstrukci musí vytvářet co největší tření, aby se vysouvací podložka pohybovala společně s vysouvanou nosnou konstrukcí. Při vložení podložky obráceně je nutné nadzvednout konstrukci a špatně vloženou

podložku vyjmout a vložit správně. Podložka vložená mezi kluzné ložisko a vysouvanou konstrukci se pohybuje společně s nosnou konstrukcí přes kluzné ložisko. Na druhé straně kluzného ložiska je nutné vysouvací podložku odebrat a znovu ji vložit na začátek ložiska. Na jednom ložisku je nutné během vysouvání používat více vysouvacích podložek. Nesmí nastat situace, že vysouvaná konstrukce přiléhá přímo na kluzné ložisko. Pro snadnou manipulaci se podložky vyrábí v délce kolem 300 mm. [1]



a) Vysouvací podložka – schéma [1]



b) Vysouvací podložka [16]

Obr. 21. Vysouvací podložka

Vrstva PTFE zajišťuje nízkou hodnotu součinitele tření a to kolem 4 %. Ocelové pláty vložené mezi vrstvy elastomerů svou vysokou mezí kluzu snižují možnost plastické deformace vysouvací podložky.

Vysouvací podložky se vkládají i mezi postranní vodící prvky a nosnou konstrukci. Tyto podložky jsou však širší než jsou podložky vkládané pod nosnou konstrukci. Tloušťka postranních podložek se pohybuje od 80 do 100 mm.

Vrstva PTFE musí být udržována čistá a pravidelně mazána silikonovým mazivem, aby mohla spolehlivě plnit svoji funkci.

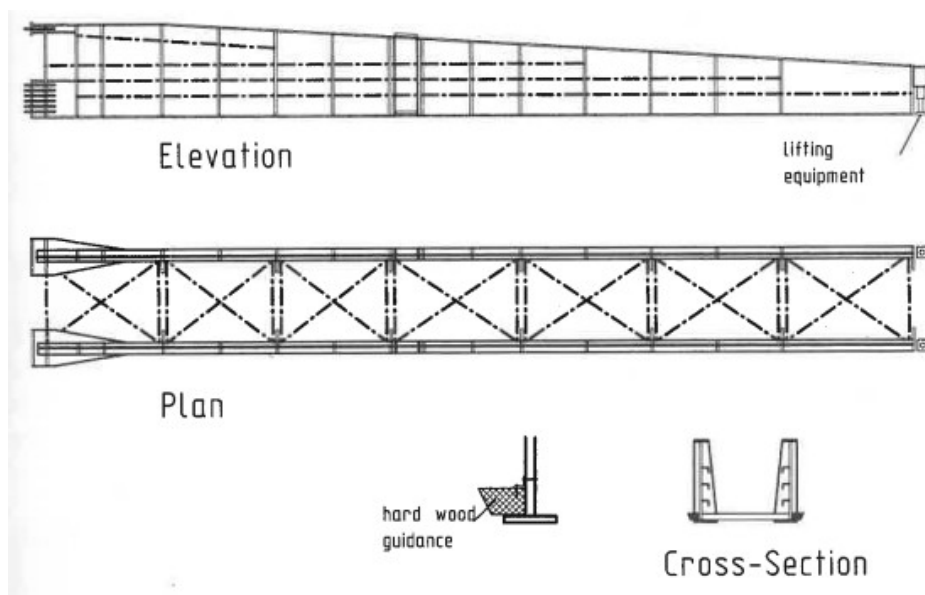
Operace spojené s výměnou vysouvacích podložek během vysouvání na jednom kluzném ložisku musí zvládnout jeden pracovník. To znamená dva pracovníky na každou podporu vysouvané konstrukce.

V několika případech byly použity podložky s vrstvou PTFE na obou površích. Toto řešení má výhodu v tom, že lze pokračovat ve vysouvání i při špatně vložené podložce. Nevýhoda však nastává ve větší ceně a větší nutnosti ošetřování obou povrchů. Zvýšená cena za podložku je však zanedbatelná při porovnání s náklady na zvednutí nosné konstrukce z důvodu špatně vložené vysouvací podložky. [1]

Výsuvný nos je ocelová konstrukce připevněná na čelo prvního segmentu. Výsuvný nos má za úkol snížit záporné konzolové momenty vzniklé během konstrukčních fází výstavby.

Optimální délka výsuvného nosu se pohybuje mezi 60 % až 70 % rozpětí pole. Pokud je výsuvný nos kratší, vzniknou větší záporné momenty a tím i větší potřeba

centrického předpětí. Při použití delšího výsuvného nosu by se záporné momenty zredukovali více, ale na cenu centrického předpětí by to nemelo tak výrazný dopad. [1]



Obr. 22. Výsuvný nos – schéma [1]



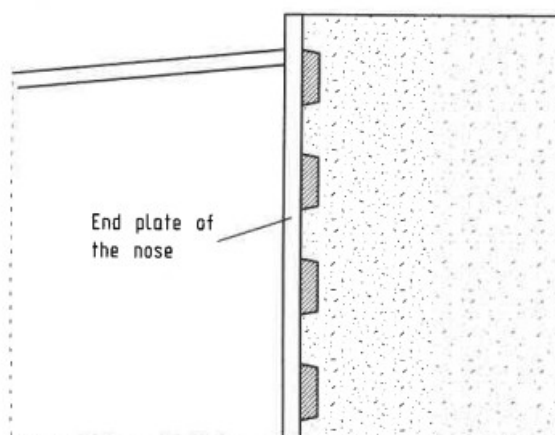
Obr. 23. Výsuvný nos [16]

Ocelový nos se skládá ze dvou podélných nosníků. Vzdálenost obou nosníků musí být stejná jako vzdálenost kluzných ložisek. Oba nosníky je nutné mezi sebou provázat a ztuzit. Ztužení bývá situováno mezi oběma dolními přírubami. Horní příruby ocelového nosu jsou ztuženy **příčnými rámy**. [1]

Je nutné dobře navrhnout výsuvný nos, aby nedošlo k jeho kolapsu. Z důvodu stříhu a vzpěru by se měla stojina navrhovat o minimální tloušťce 20 mm. Svislé výztuhy se nepřipojují až ke spodní pásnici ocelového profilu. Dolní pásnice se nechává neztužená z důvodu toho, aby mohla svou pružnou deformací kompenzovat případné výrobní tolerance. Dimenze dolní pásnice je závislá na vzniklé tahové síle, tlaku od výsuvných ložisek a příčných ohybech spodní pásnice.

Důležité je uvažovat i s dopravou výsuvného nosu na staveniště. Dopravovat celý výsuvný nos v celku je nereálné. Z tohoto důvodu je nutné jej po délce rozčlenit na několik částí. Jednotlivé části jsou mezi sebou spojeny vysokopevnostními šrouby. Dolní líc pásnice musí být hladký i ve spojích. Proto je nutné ve spojích zapustit hlavy šroubů, aby nebránily snadnému pohybu nosu a zároveň nepoškozovaly vysouvací vybavení. Druhou možností je spoje koncipovat podobně jako přípoj ocelového nosu do nosné konstrukce. To spočívá ve využití předpínacích tyčí k přenosu tahových napětí.

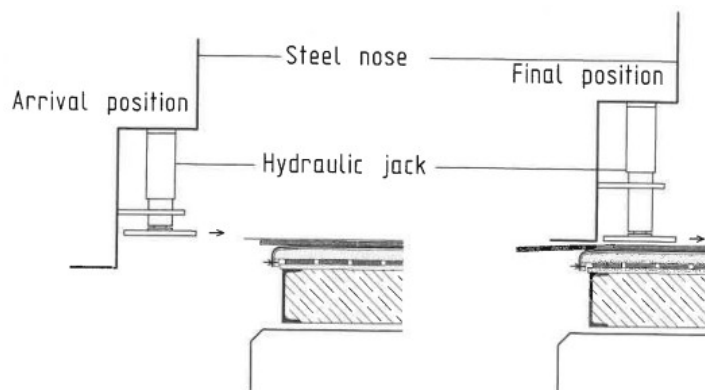
Připojení výsuvného nosu k vysouvané nosné konstrukci může být zrealizováno pomocí předpínacích tyčí, jak je zmíněno výše. Je důležité dosáhnout dostatečného přesahu předpínacích tyčí kotvící ocelový nos a předpínací výztuže nosné konstrukce. Tento přesah by měl být alespoň 4 m. Na druhé straně je nutné dodržet přesah minimálně 0.5 m za koncovou výztuhu výsuvného nosu. Šířka koncového ocelového plátu musí být v horní části rozšířena pro lepší přenos tlakových napětí do nosné konstrukce. Zároveň bude v horní části zakotveno méně předpínacích tyčí a to z důvodu potřeby menší kompenzace tahových napětí než v dolní části výsuvného nosu. Část předpínacích tyčí, která bude kotvená do nosné konstrukce není zainjektována, ale potažena tukem/olejem pro snadnou demontáž po dokončení vysouvání. Důležitý je i přenos smykových namáhání do nosné konstrukce. K tomuto účelu se provádí konzolové betonové pruhy s profilovaným stykem mezi nosnou konstrukcí a ocelovýmnosem. [1]



Obr. 24. Profilovaná betonová konzola pro přenos smykových namáhání [1]

Konzolové pruhy jsou velice namáhané a je zde nebezpečí vzniku velkého množství trhlin a poruch. Je důležité správně navrhnout počet a šířku konzolových pruhů pro správný přenos smykových namáhání.

Na špičce nosu jsou přidělané hydraulické lisy. Tyto lisy přizvedávají výsuvný nos na ložiska v případě, že nos dostane na další podporu a jeho spodní líc je nižší než je horní povrch kluzných ložisek. Z důvodu flexibility nosu je síla nutná k přizvednutí velice malá. Tyto lisy však musí přenést kromě vertikální síly od zvedání i horizontální sílu způsobenou třením. [1]



Obr. 25. Zvedací lisy na začátku výsuvného nosu – schéma [1]



Obr. 26. Zvedací lisy na začátku výsuvného nosu [16]

4 Návrh řešení

Navrhovaný most přemostuje železniční trať a dvě polní cesty. V předešlém semestru byly zpracovány 3 varianty přemostění. Jednalo se o variantu obloukového mostu, most z prefabrikovaných nosníků spřažených železobetonovou deskou a zde řešené varianty vysouvané konstrukce.

4.1 Popis konstrukce

4.1.1 Geologické podmínky

V místě navrhovaného mostního objektu byly provedeny dvě vrtané sondy (J3 a JH4). Sonda J3 byla provedena u Chomutovské opěry a sonda JH4 u Pražské opěry. Sonda J3 byla provedena do hloubky 12 m. Sonda JH4 byla provedena do hloubky 10 m. V obou jádrových vrtech byla naražena spodní voda. Ve vrtu J3 je ustálená hladina podzemní vody stanovena na hloubku 7.40 m. Ve vrtu JH4 je ustálená hladina podzemní vody stanovena na hloubku 6.70 m.

Geologické podmínky zastižené v sondě **J3**:

<i>Hlína písčítá s příměsí drobného štěrku – F3 MS 0</i>	0.0–0.2 m
<i>Písek jílovitý – S5 SC</i>	0.2–0.9 m
<i>Štěrk s písčitohlinitou výplní – G4 GM</i>	0.9–1.0 m
<i>Hlína písčítá s drobným štěrkem – F3 MS</i>	1.0–1.5 m
<i>Jíl šedý – F8 CH</i>	1.5–3.0 m
<i>Jílovec šedý – R5–R4</i>	3.0–12.0 m

Geologické podmínky zastižené v sondě **JH4**:

<i>Hlína písčítá s příměsí drobného štěrku – F3 MS 0</i>	0.0–0.2 m
<i>Kameny ostrohranných bazaltoidů – cb Y</i>	0.2–0.8 m
<i>Hlína písčítá – F3 MS</i>	0.8–1.5 m
<i>Jíl světložlutošedý – F8 CH</i>	1.5–2.0 m
<i>Jílovec šedý – R6–R5</i>	2.0–7.7 m
<i>Pískovec jemnozrnný – R3–R2</i>	7.7–7.9 m
<i>Jílovec tmavězelenošedý – R5–R4</i>	7.9–9.1 m
<i>Pískovec jemnozrnný – R3–R2</i>	9.1–9.3 m
<i>Jílovec tmavěšedý – R6–R5</i>	9.3–10.0 m

4.1.2 Založení

Při řešení založení mostního objektu SO 201 bylo navrženo hlubinné založení. Opěra 1 a opěra 4 jsou založeny na 5 velkopřůměrových pilotách o průměru 1.20 m a délky

8.50 m. Mezilehlé podpěry (pilíř 2 a 3) jsou založeny na 4 velkopřůměrových pilotách o průměru 1.20 m a délky 10.00 m.

Založení bylo posouzeno pro finální stav konstrukce i pro konstrukční fáze vysouvání, v programu GEO5 2021 Skupina pilot.

4.1.3 Spodní stavba

4.1.3.1 Opěry

Opěra 1 i opěra 4 jsou monolitické tížné. U obou opěr jsou navržena zavěšená křídla délky 4.70 m, výšky 4.40 m a šířky 0.30 m.

Rozměry opěry 1:

Výška základu	1.50 m
Šířka základu	4.80 m
Délka základu	17.80 m
Výška dřívku od základu po úložný práh	3.00 m
Šířka dřívku	3.00 m
Délka dřívku	14.00 m
Výška závěrné zídky	1.73 m
Délka křídla	4.50 m
Výška křídla	4.42 m
Šířka křídla	0.30 m
<hr/>	
Celková výška opěry	6.23 m

Rozměry opěry 2:

Výška základu	1.50 m
Šířka základu	4.80 m
Délka základu	17.80 m
Výška dřívku od základu po úložný práh	3.00 m
Šířka dřívku	3.00 m
Délka dřívku	14.00 m
Výška závěrné zídky	1.78 m
Délka křídla	4.35 m
Výška křídla	4.58 m
Šířka křídla	0.30 m
<hr/>	
Celková výška opěry	6.28 m

4.1.3.2 Pilíře

Byly navrženy dva mezilehlé pilíře čtvercového průřezu.

Rozměry pilíře 2:

Výška základu	1.50 m
Šířka základu	6.50 m
Délka základu	7.00 m
Výška dřívku	7.10 m
Šířka dřívku	1.25 m
Délka dřívku	1.25 m
Výška stativa	1.00 m
Celková výška pilíře	9.60 m

Rozměry pilíře 3:

Výška základu	1.50 m
Šířka základu	6.50 m
Délka základu	7.00 m
Výška dřívku	7.40 m
Šířka dřívku	1.25 m
Délka dřívku	1.25 m
Výška stativa	1.00 m
Celková výška pilíře	9.90 m

4.1.4 Nosná konstrukce

Jedná se o deskovou konstrukci s jednostranným příčným sklonem o velikosti 2.5 %. Šířka deskové nosné konstrukce je 14 m. Výška nosné konstrukce v ose nosné konstrukce je 1.5 m. Na spodním líci je vytvořený kvádr výšky 0.15 m a šířky 5 m. Tento kvádr je zde hlavně z důvodu zajištění dostatečné svislé plochy pro vedení nosné konstrukce během konstrukčních fází výstavby. Detailní rozměry a tvar nosné konstrukce jsou zřejmé z výkresové přílohy **Tvar nosné konstrukce**.

4.1.5 Vozovka

Byla navržena vozovka o celkové tloušťce 150 mm.

Navržená skladba **vozovky**:

SMA 11S PmB	40 mm	ČSN 736121, ČSN EN 13108-5
PS-CP,	0.35 kg/m ²	ČSN 736129, ČSN EN 13808
16S PmB	50 mm	ČSN 736121, ČSN EN 13108-5
PS-CP,	0.35 kg/m ²	ČSN 736129, ČSN EN 13808
MA 16 IV PmB	40 mm	ČSN 736122, ČSN EN 13108-6
AID. modif.	5 mm	ČSN 736242
Pečeticí nátěr		ČSN 736242

Konstrukce celé vozovky celkem = 135 mm

4.1.6 Svodidla

Na mostě byla navržena zábradelní svodidla typu **ZSNH4/H2** od firmy **LIBERTY OSTRAVA**. Stupeň zadržení navržených zábradelních svodidel je, dle **TP 114, H2**. [14]

4.1.7 Zábradlí

Na mostě bylo navrženo zábradlí **TYP 14** od firmy **M-konstrukce s.r.o.** [15]

4.2 Materiály

4.2.1 Beton

Nosná konstrukce	C 40/50	XF2/XD1/XC3
Dříky opěr	C 30/37	XF2/XD1/XC4
Dříky pilířů	C 30/37	XF2/XD1/XC4
Základy	C 25/30	XF2/XD1/XC2
Podkladní beton	C 12/15	X0
Římsy	C 35/45	XF4/XD3/XC4

4.2.2 Betonářská výztuž

Betonářská výztuž B500B

4.2.3 Předpínací výztuž

Byly navrženy dvě dráhy předpínací výztuže. Jedna pro finální stav nosné konstrukce a druhá dráha dočasného předpětí pro konstrukční fáze výstavby.

Předpínací výztuž pro **finální stav** konstrukce [11]:

Předpínací systém	FREYSSINET
Lana	EN10138 - 3 - Y1860S7 - 15.7
Kabely	19-ti lanové kabely se soudržností
Kanálky	Standartní kovové
Napínaná kotva	Kotvy řady - C, 19C15
Pevné spojky pro více lan	Spojky typu CC, CC 19C15

Předpínací výztuž pro **dočasné předpětí** [11]:

<i>Předpínací systém</i>	FREYSSINET
<i>Lana</i>	EN10138 - 3 - Y1860S7 - 15.7
<i>Kabely</i>	19-ti lanové kabely bez soudržnosti
<i>Kanálky</i>	Standartní kovové
<i>Napínaná kotva</i>	Kotvy řady - C, 19C15
<i>Pevné spojky pro více lan</i>	Spojky typu CC, CC 19C15

4.2.4 Výsuvný nos

Délka výsuvného nosu byla během výpočtu optimalizována. V prvním kroku byl výsuvný nos navržen na délku 12.00 m. Tato délka byla pouhých 45%. Tato délka nosu byla velice nevyhovující. Z důvodu krátkého výsuvného nosu vznikl velice těžko vykompenzovatelný záporný moment o velikosti **-35 768.3 kNm**. Pro vykompenzování tohoto extrémního ohybového momentu by bylo zapotřebí **39 ks 19-ti lanových kabelů** centrického předpětí. Toto množství by dokázalo vykompenzovat extrémní zápornou špičku ohybových momentů. V takto předepnuté konstrukci by však vznikly tak velké tlakové napětí, které by nosná konstrukce nebyla schopna přenést.

Z tohoto důvodu byla délka výsuvného nosu optimalizována na 74% délky hlavního pole což se rovná délce 20.00 m. S takto optimalizovanou délkou výsuvného nosu byla obálka ohybových momentů mnohem příznivější. Záporný extrém ohybových momentů byl v tuto chvíli **-21 514.6 kNm**. Prodloužením výsuvného nosu o 8.00 m došlo ke snížení o 39.8 % oproti konstrukci s výsuvnýmnosem o délce 12.00 m.

Další výpočty byly prováděny pouze s výsuvnýmnosem délky **20.00 m**.

4.3 Konstrukční fáze výstavby

Nosná konstrukce byla rozdělena na 3 segmenty. Jejich délka a řazení je:

<i>Segment 1</i>	19.00 m
<i>Segment 2</i>	18.00 m
<i>Segment 3</i>	19.00 m
<i>Celkem</i>	56.00 m

4.3.1 První fáze vysouvání

Během první fáze vysouvání bude na výrobním dvoře vytvořen **1. segment**. Připravený 1. segment je předepnut 6 kabely pro finální předpětí a 7 kabely pro dočasné

předpětí. Zbylé kabely jsou pouze protaženy a připraveny pro uložení do následujícího segmentu. Na čelo 1. segmentu bude připevněn ocelový výsuvný nos délky 20 m. Následně bude 1. segment vysouván. Pro vysouvání nosné konstrukce budou použity hydraulické lisy ukotvené na opěře 1, které budou vysouvat nosnou konstrukci tažením pomocí předpínacích lan ukotvených do ocelové konstrukce na konci 1. segmentu. Nosná konstrukce bude vysunuta pouze tak, aby její konec stále spočíval na výrobním dvoře a bylo možné jej napojit na následující segment.

4.3.2 Druhá fáze vysouvání

Během druhé fáze vysouvání bude na výrobním dvoře vytvořen **2. segment**. Tímto segmentem bude protaženo zbylé předpětí, které nebylo aktivováno v 1. fázi. Dále bude naspojováno již aktivované předpětí. Spojkované kabely budou v délce nutné k předepnutí zbývajících dvou segmentů.

4.3.3 Třetí fáze vysouvání

Během třetí fáze vysouvání bude na výrobním dvoře vytvořen **3. segment**. Do třetího segmentu přichází neaktivované kabely procházející skrz druhý segment. V pracovní spáře mezi druhým a třetím segmentem budou naspojované předpínací kabely, které byly aktivovány ve druhé fázi a prochází přes první a druhý segment. Třetí segment je jako jediný během konstrukčních fází předepnut na 100 %. Následně je most vysunut do své definitivní pozice.

4.3.4 Dokončovací fáze

Po dokončení výsuvu nosné konstrukce je demontován výsuvný nos a deaktivováno dočasné předpětí. Po deaktivaci dočasného předpětí bude provedena výztuž koncových příčníků a jejich betonáž. V době náběhu pevnosti koncových příčníků na požadovanou hodnotu budou osazena definitivní ložiska. Po dosažení dostatečné hodnoty pevnosti koncových příčníků je most posazen na definitivní ložiska, která jsou následně aktivována. Následně budou zhotoveny závěrné zídky a osazeny mostní závěry.

Poté bude zhotoven mostní svršek, mostní vybavení a všechny ostatní části jako je odláždění svahů, odláždění za opěrou a ostatní.

4.4 Výpočet

4.4.1 Zatížení

Most byl pro výpočet zatížen vlastní tíhou G_0 , ostatním stálým zatížením G_1 . Proměnným zatížením v podobě **dopravního zatížení** a **zatížení teplotou**.

Dopravní zatížení. Most byl zatěžován zatěžovacími modely **LM 1**, **LM 3 - 900/150** a **LM 3 - 3000/240** dle ČSN EN 1991-2. [6]

Zatěžovací model **LM 1** je rozdělen do 4 pruhů.

Pruh	Šířka [m]	UDL [kN/m ²]	TS [kN]
1	3.00	9.00	2 × 300
2	3.00	6.00	2 × 200
3	3.00	3.00	2 × 100
Zbývající plocha	2.50	3.00	0.00
Celkem	11.50	21.00	1200

Zatěžovací model **LM 3 - 900/150** se, dle ČSN EN 1991-2, na mostní konstrukci pohybuje v **pruhu 1** pro zatěžovací model LM 1. Zvláštní vozidlo LM 3 - 900/150 nahradí zatížení v 1. pruhu. Zároveň se zvláštním vozidlem je na mostě zachováno zatížení LM 1 v ostatních pruzích.

Zatěžovací model **LM 3 - 3000/240** se, dle ČSN EN 1991-2, na mostě pohybuje za vyloučeného provozu (zatížení). Jedná se tedy o jediné vozidlo na mostě. Vozidlo jede v ideální stopě ± 30 cm od osy mostu. [6]

4.4.2 Sestavy zatížení dopravou

Při vytváření sestav zatížení dopravou bylo postupováno dle ČSN EN 1991-2 [6]. Ve výpočtu bylo počítáno se sestavami **gr1a**, **gr5** a **teplota**.

Sestavy zatížení byly ve výpočtu použity v těchto tvarech:

gr1a	stálé zatížení + LM 1 + zatížení teplotou + zatížení chodníků
gr5	stálé zatížení + LM 3 (rozhodující LM 3) + zatížení teplotou + zatížené chodníky
Teplota	stálé zatížení + teplota + rozhodující dopravní zatížení

Pro sestavu **gr5** je pro dopravní zatížení **LM 3** použit dynamický součinitel $\varphi = 1.05$. **Zatížení chodníků** bylo přenásobeno součinitelem o velikosti **0.6**.

Všechny tyto sestavy zatížení vstupují do kombinací pro **MSU** i **MSP**.

4.4.3 Kombinace zatížení

4.4.3.1 Mezní stav únosnosti - MSÚ

Pro posouzení v **mezním stavu únosnosti (MSÚ)** byly použity kombinace **6.10a** a **6.10b** dle normy ČSN EN 1990. [4]

6.10a:

$$\sum \gamma_{G,j} \times G_{k,j} + \gamma_P \times P + \gamma_{Q,1} \times \psi_{0,1} \times Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \times \psi_{0,1} \times Q_{k,i} \quad (5)$$

6.10b:

$$\sum \xi_j \times \gamma_{G,j} \times G_{k,j} + \gamma_P \times P + \gamma_{Q,1} \times Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \times \psi_{0,1} \times Q_{k,i} \quad (6)$$

Výše uvedené kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti jsou uvedeny dle ČSN EN 1990.

Za $Q_{k,1}$ se dosazují jednotlivé sestavy zatížení nikoli jednotlivé zatížení dopravou.

4.4.3.2 Mezní stav použitelnosti - MSP

Pro posouzení v **mezním stavu použitelnosti (MSP)** byly použity kombinace **charakteristická, častá a kvazistálá**. Pro **návrh předpínací výztuže** bylo pracováno s **kvazistálou kombinací**.

Charakteristická kombinace:

$$\sum G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} \times Q_{k,i} \quad (7)$$

Častá kombinace:

$$\sum G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \times Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \times Q_{k,i} \quad (8)$$

Kvazistálá kombinace:

$$\sum G_{k,j} + P + \sum \psi_{2,i} \times Q_{k,i} \quad (9)$$

Výše uvedené kombinace zatížení pro mezní stav použitelnosti jsou uvedeny dle ČSN EN 1990. [4]

4.4.4 Numerické modely

Byly zpracovány dva numerické modely pro ověření správnosti. Pro ověření správnosti byl proveden i ruční výpočet pro stálé zatížení. Detailní rozepsání je uvedeno v příloze **statický výpočet**.

Způsob výpočtu	Pilíř 2 [kNm]	Pole 2 [kNm]
Ruční výpočet	-17608.70	13450.27
SCIA Engineer 20.0	-17845.58	13474.38
midas Civil	-17052.40	12697.80

Dále bylo pracováno pouze s modelem v programu **midas Civil**. Tento model má odchylku **cca 4.96%** od ručního výpočtu a **cca 4.44%** od výpočtu v programu SCIA Engineer 20.0.

V programu **midas Civil** byly vytvořeny dva modely. Jeden pro výpočet finálního stavu mostní konstrukce a druhý pro konstrukční fáze výstavby

4.4.4.1 Výpočetní numerický model pro finální stav konstrukce

Do výpočetního programu midas Civil byl nahrán příčný řez nosné konstrukce a příčný řez koncovým příčnickem. Byly zadány parametry nutné pro výpočet vývoje

pevnosti, smršťování a dotvarování betonu. Následně byla vytvořena nosná konstrukce včetně koncových příčníků. Konstrukce byla rozdělena do prvků délky 0.5 m. Byly vloženy podpory, které se polohou a stupni volnosti shodovaly s navrženými mostními ložisky pro definitivní stav nosné konstrukce mostu.

Dále bylo vloženo zatížení jak stálé tak proměnné. Následně byl proveden výpočet a sestavení zatěžovacích sestav a kombinací popsaných výše. Potřebné výsledky byly zapsány do excelového výpočtu. V programu BricsCAD V20 byl navržen polygon i kompletní dráha předpětí. Detailní rozkreslení ideálního kabelu je zřejmé z výkresové přílohy **Výkres předpětí - finální stav**. Následně bylo v excelu navrženo předpětí. Návrh předpětí byl proveden metodou vyrovnání zatížení. Postup výpočtu předpětí je detailně uveden v příloze **statický výpočet**.

Po provedení návrhu byl vliv předpětí zkombinován se zatížením a bylo provedeno posouzení. Při posouzení byla ověřena **podmínka dekomprese** a ověření **tlakové únosnosti betonu v kvazistálé kombinaci**.

Podmínka dekomprese:

$$\sigma_i < 0 \text{ MPa} \quad (10)$$

Podmínka tlakové únosnosti betonu pro kvazistálo kombinaci:

$$\sigma_i \leq 0.6 \times f_{ck}(t) \quad (11)$$

Po provedení posouzení v excelu bylo navržené předpětí vloženo do programu midas Civil. Bylo vykresleno napětí.

Jak v ručním výpočtu, tak v programu midas Civil obě podmínky **vyhověly**.

Navržené předpětí vyšlo jako VYHOVUJÍCÍ.

4.4.4.2 Výpočetní numerický model pro konstrukční fáze výstavby

Do výpočetního programu midas Civil byl nahrán příčný řez nosné konstrukce. Následně byla vytvořena nosná konstrukce, která byla v konstrukčních fázích rozdělena na 3 navrhované segmenty. Konstrukce byla rozdělena do prvků délky 0.5 m. Byl vložen průřez i ocelového výsuvného nosu, který byl v první iteraci dlouhý 12.00 m.

Konstrukce včetně výsuvného nosu byla podepřena po každém 1 m. Každá podpora byla vložena do své vlastní skupiny podpor. Pro výpočet bylo vytvořeno 65 konstrukčních fází. Konstrukční fáze byly rozděleny do 3 skupin. První skupina zahrnovala výsuvný nos, nosnou konstrukci odpovídající délce 1. segmentu a podpory odpovídající těmto konstrukcím.

Druhá skupina zahrnovala všechny prvky z první skupiny a přidaly se k nim prvky odpovídající 2. segmentu a jemu příslušné podpory.

Třetí skupina už obsahovala celou konstrukci, výsuvný nos a všechny podpory.

Každá skupina konstrukčních fází obsahovala "nultou" fázi, kde byla konstrukce v základním stavu před začátkem vysouvání. V každé následující konstrukční fázi

byly přidávány a odebírány podpory tak, aby simulovaly pohyb konstrukce po výrobním dvoře a po kluzných ložiscích umístěných na spodní stavbě.

Výsledky z každé konstrukční fáze byly exportovány do excelu, kde byla vytvořena obálka ohybových momentů. S touto obálkou bylo dále pracováno pro návrh předpětí pro konstrukční fáze.

Při první iteraci byl výsuvný nos dlouhý 12 m. Při výpočtech se však ukázalo že takto navržený nos není dostačující a množství předpínací výztuže by bylo enormní. Takto velké množství předpínací výztuže by však mělo za následek mnoho problémů, ať už vysoká cena, ale nastal by i problém s rozmístěním výztuže v průřezu.

Z těchto důvodů byla provedena optimalizace délky nosu na 74% délku hlavního pole. S touto optimalizovanou délkou výsuvného nosu byl proveden stejný postup jako je uveden výše.

S nově vypočtenou obálkou ohybových momentů bylo přistoupeno k návrhu předpětí pro konstrukční fáze výstavby. Jelikož již bylo navrženo předpětí pro finální stav konstrukce, bylo využito i zde. Předpětí pro finální stav není centrické, ale je profilované, tak by sice v nějakých pozicích výrazně pomohlo, ale v jiných pozicích by danou situaci zhoršilo i dvojnásobně. Z tohoto důvodu bylo navrženo předpětí se stejným počtem lan i s co nejvíce podobnou, ale opačnou polohou vůči těžištové ose. Tyto dvě předpětí působící zároveň a proti sobě vytvoří v podstatě centrické předpětí.

Pro konstrukční fáze výstavby bylo tedy navrženo **13 ks 19-ti lanových kabelů**, které počtem odpovídaly kabelům předpětí finálního stavu nosné konstrukce. Tyto vlivy byly zkombinovány s vyvozenými momenty od vlastní tíhy během konstrukčních fází výstavby. Následně bylo výsledné namáhání posouzeno.

Takto navržené předpětí při posouzení vyšlo jako vyhovující.

Podrobné posouzení je uvedeno v příloze **statický výpočet**.

5 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala návrhem a posouzení mostní konstrukce budované metodou postupného vysouvání mostní konstrukce. Návrh řešeného mostního objektu vychází ze dvou předešlých projektů, které byly řešeny v předešlém semestru. Zde oproti původnímu návrhu bylo provedeno minimum změn. Změny se týkaly především rozměrů konstrukcí a jejich geometrie. Většina změn se týkala tvaru a rozměru tížných opěr a křídel. Návrh a jeho posouzení bylo provedeno nejdříve na konstrukci v definitivním stavu. Byl proveden ruční výpočet a vytvořeny dva numerické modely, v programu SCIA Engineer 20.0 a midas Civil. Bylo provedeno jejich porovnání účinků vlastní tíhy (G_0). Jako referenční model byl vybrán numerický model v programu midas Civil. Odchytky byly v maximální velikosti 6.4% od referenčního modelu. Tyto odchytky byly považovány za vcelku malé a přijatelné. Z těchto důvodů byl brán referenční model jako správně fungující.

Dále bylo vymodelováno zatížení, které bylo spočteno a následně byly vykresleny a vyexportovány jeho účinky. Na tyto účinky bylo navrženo předpětí. Navrženo bylo předpětí typu 19C15 od firmy FREYSSINET CS a.s. Toto předpětí bylo jednou optimalizováno z 9 lan na 13. Optimalizované předpětí bylo posouzeno v programu midas Civil. Toto předpětí vyšlo z posouzení jako vyhovující.

Druhá část výpočtu byla věnována konstrukčním fázím výstavby. Pro tento výpočet byl také vytvořen numerický model v programu midas Civil. Vysouvání bylo modelováno pomocí nástroje fází výstavby. Vypočtené účinky byly exportovány do programu excel, kde bylo provedeno posouzení. Při posouzení bylo zřejmé, že výsuvný nos je příliš krátký a z toho důvodu byly na konstrukci vyvozeny extrémní záporné ohybové momenty. Pro tuto délku výsuvného nosu by bylo zapotřebí 39 ks předpínacích lan typu 19C15. Tato skutečnost byla vyhodnocena jako nevyhovující a nežádoucí, proto bylo přistoupeno k optimalizaci délky výsuvného nosu. Po optimalizaci byly záporné momenty v obálce ohybových momentů sníženy téměř o 50%. S novou délkou výsuvného nosu byl snížen i počet nutných předpínacích lan a to z 39 na 26 kusů. Z těchto 26 kusů nutné předpínací výztuže je polovina kabelů (13 kusů) tvořena předpínacími kabely pro definitivní stav nosné konstrukce. Zbýlých 13 kusů kabelů předpínací výztuže je profilováno tak, aby kombinace obou předpětí tvořila co nejvíce centrické předpětí. Efektu centrického předpětí je docíleno v podstatě po celé délce nosné konstrukce. Množství předpínací výztuže je dostatečné a konstrukce je po celou dobu tlačena. Kombinace obou předpětí je tedy pro konstrukční fáze výstavby vyhovující.

Navržená konstrukce vyšla ze všech posouzení, jak pro definitivní stav tak i pro konstrukční fáze výstavby, jako vyhovující.

6 Přílohy

6.1 Statický výpočet

Statický výpočet finální stav nosné konstrukce

Výpočet - stále zatížení

$F_{ik} = A_p * \gamma$			
Název	A_p příčná plocha[m ²]	γ [kN/m ³]	F_{ik} [kN/m]
Vozovka	1.71	22.00	37.620
Levá římsa	0.55	25.00	13.825
Pravá římsa	0.55	25.00	13.825
Předpjatá NK	13.11	26.00	340.839
Zábradlí	-	-	3.000
Svodidlo	-	-	3.000
Celkem		Σ	412.109

Počet řad svodidel v příčném řezu 2

Počet řad zábradlí v příčném řezu 2

Vypočtené zatížení

g_0 [kN/m] 340.839

g_1 [kN/m]	k,inf	$(g - g_0) - 20\% * \text{Vozovkové souvrství [kN/m]}$	69.746
	k,m	$(g - g_0)[kN/m]$	77.27
	k,sup	$(g - g_0) + 40\% * \text{Vozovkové souvrství [kN/m]}$	92.318

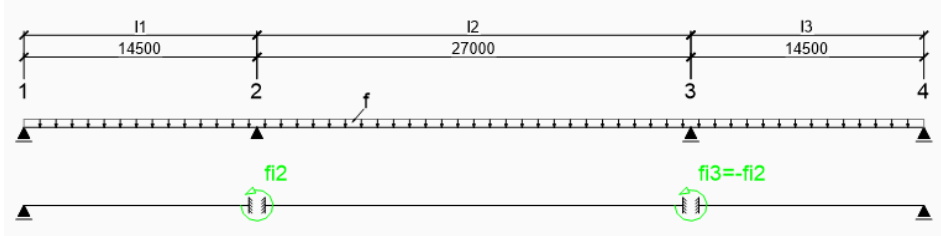
Parametry ručního výpočtu

E [KPa]	I [m ⁴]						
32800000	1.5548						
EI [kNm ²]	11 [m]	12 [m]	13 [m]	g_0 [kN/m]	$g_{1.inf}$ [kN/m]	$g_{1.m}$ [kN/m]	$g_{1.sup}$ [kN/m]
50997440	14.5	27	14.5	340.839	69.746	77.27	92.318

Byl proveden ruční výpočet pomocí zjednodušené deformační metody (dále jen ZDM). Tento ruční výpočet slouží k porovnání výpočetní přesnosti s modelem v programu SCIA Engineer 20.0 a v programu midas Civil.

Výpočet pomocí ZDM

Uvažovaný kladný směr reakcí ve výpočtu je směrem dolů.



$$\overline{M}_{21} = -\frac{f * l_1^2}{8} \quad \overline{M}_{23} = \frac{f * l_2^2}{12}$$

$$M_{21} = \overline{M}_{21} + \frac{2 * EI}{l_1} * 1.5 * \varphi_2 \quad M_{23} = \overline{M}_{23} + \frac{2 * EI}{l_2} * (2 * \varphi_2 + (-\varphi_2))$$

$$M_{21} + M_{23} = 0$$

$$-\frac{f * l_1^2}{8} + \frac{2 * EI}{l_1} * 1.5 * \varphi_2 + \frac{f * l_2^2}{12} + \frac{2 * EI}{l_2} * (2 * \varphi_2 + (-\varphi_2)) = 0$$

$$\left(\frac{3 * EI}{l_1} + \frac{2 * EI}{l_2} \right) * \varphi_2 = \frac{f * l_1^2}{8} - \frac{f * l_2^2}{12}$$

$$\frac{(3 * l_2 + 2 * l_1) * EI}{l_1 * l_2} * \varphi_2 = \frac{1.5 * f * l_1^2 - f * l_2^2}{12}$$

$$\varphi_2 = \frac{1.5 * f * l_1^2 - f * l_2^2}{12} * \frac{l_1 * l_2}{(3 * l_2 + 2 * l_1) * EI}$$

$$\varphi_2 = \frac{1.5 * f * l_1^3 * l_2 - f * l_2^3 * l_1}{(36 * l_2 + 24 * l_1) * EI}$$

$$\overline{Z}_{12} = -\frac{3 * f * l_1}{8}$$

$$R_4 = R_1 = Z_{12} = \overline{Z}_{12} - \frac{2 * EI}{l_1^2} * 1.5 * \varphi_2 = -\frac{3 * f * l_1}{8} - \frac{3 * EI}{l_1^2} * \varphi_2$$

$$R_4 = R_1$$

$$2 * R_2 + R_1 + R_4 - f * (l_1 + l_2 + l_3) = 0$$

$$R_2 = \frac{f * (l_1 + l_2 + l_3) - (R_1 + R_4)}{2}$$

Vypočtené hodnoty pomocí ZDM

Zatížení $f=g_0$

fi2	M2 [kNm]	M3 [kNm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R4 [kN]
-0.00082	-17608.7	-17608.7	-1256.69	-8286.81	-8286.81	-1256.69

Pozice max momentů pole 1

V _{max,1} [kN]	Kontrola	Pozice [m]	Moment pole 1[kNm]
1256.691	0	3.69	2316.741

Pozice max momentů pole 2

V _{max,1} [kN]	Kontrola	Pozice [m]	Moment pole 2[kNm]
4601.329	0	13.50	13450.2701

Pozice max momentů pole 3

V _{max,1} [kN]	Kontrola	Pozice [m]	Moment pole 3[kNm]
1256.691	0	3.69	2316.741

Zatížení $f=g_1,inf$

fi2	M2 [kNm]	M3 [kNm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R4 [kN]
-0.00017	-3603.27	-3603.27	-257.157	-1695.73	-1695.73	-257.157

Pozice max momentů pole 1

V _{max,1} [kN]	Kontrola	Pozice [m]	Moment pole 1[kNm]
257.1569	0	3.69	474.075

Pozice max momentů pole 2

V _{max,1} [kN]	Kontrola	Pozice [m]	Moment pole 2[kNm]
941.571	0	13.50	2752.331711

Pozice max momentů pole 3

V _{max,1} [kN]	Kontrola	Pozice [m]	Moment pole 3[kNm]
257.1569	0	3.69	474.075

Zatížení $f=g_1,m$

fi2	M2 [kNm]	M3 [kNm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R4 [kN]
-0.00019	-3991.98	-3991.98	-284.898	-1878.66	-1878.66	-284.898

Pozice max momentů pole 1

V _{max,1} [kN]	Kontrola	Pozice [m]	Moment pole 1[kNm]
284.8983	0	3.69	525.217

Pozice max momentů pole 2

V _{max,1} [kN]	Kontrola	Pozice [m]	Moment pole 2[kNm]
1043.145	0	13.50	3049.245423

Pozice max momentů pole 3

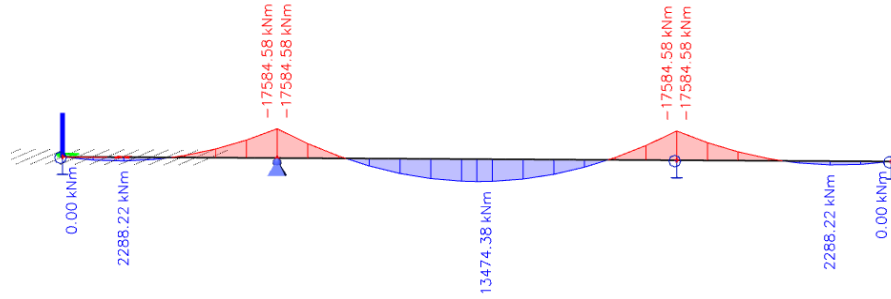
V _{max,1} [kN]	Kontrola	Pozice [m]	Moment pole 3[kNm]
284.8983	0	3.69	525.217

Zatížení f=g1,sup

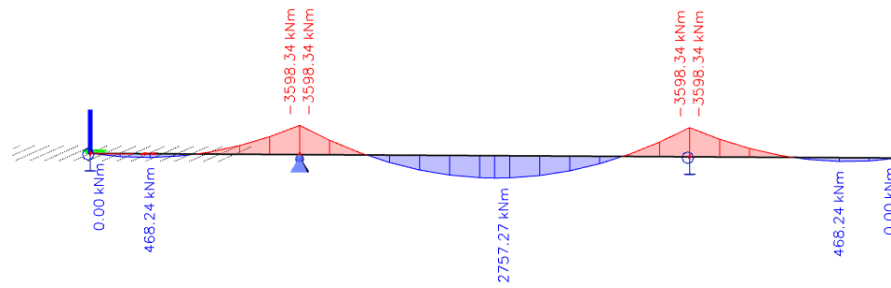
fi2	M2 [kNm]	M3 [kNm]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R4 [kN]
-0.00022	-4769.4	-4769.4	-340.381	-2244.52	-2244.52	-340.381
Pozice max momentů pole 1						
Vmax,l [kN]	Kontrola	Pozice [m]	Moment pole 1[kNm]			
340.381	0	3.69	627.501			
Pozice max momentů pole 2						
Vmax,l [kN]	Kontrola	Pozice [m]	Moment pole 2[kNm]			
1246.293	0	13.50	3643.072848			
Pozice max momentů pole 3						
Vmax,l [kN]	Kontrola	Pozice [m]	Moment pole 3[kNm]			
340.381	0	3.69	627.501			

Momenty vypočtené pomocí softwaru SCIA Engineer 20.0

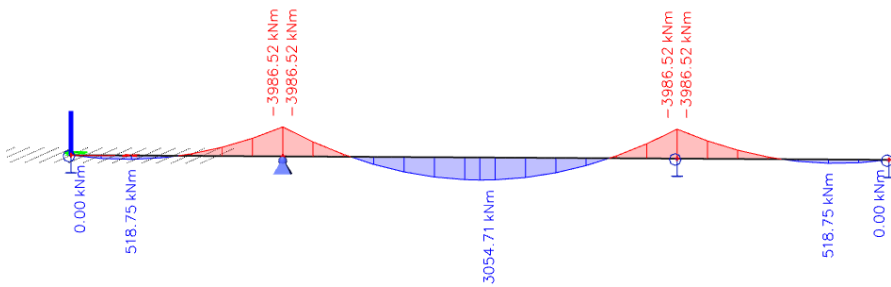
M_{g0}



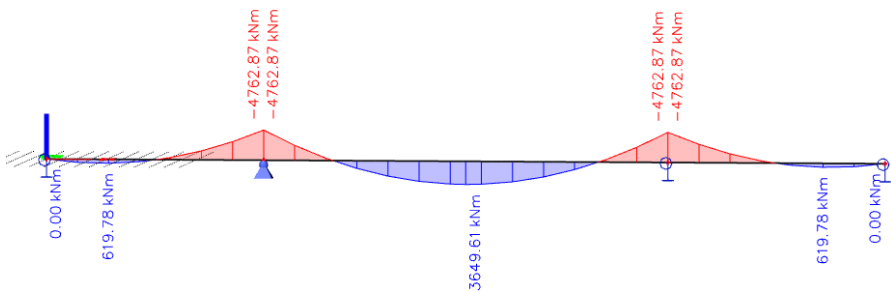
$M_{g1,inf}$

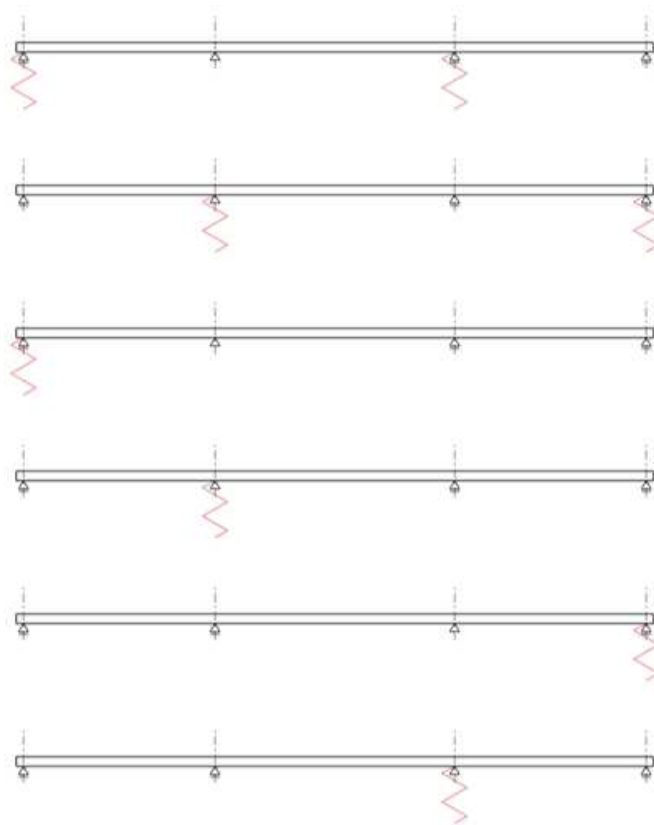


$M_{g1,m}$

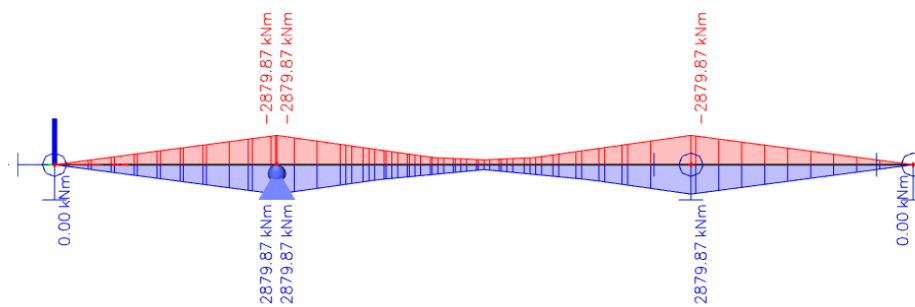


$M_{g1,m}$



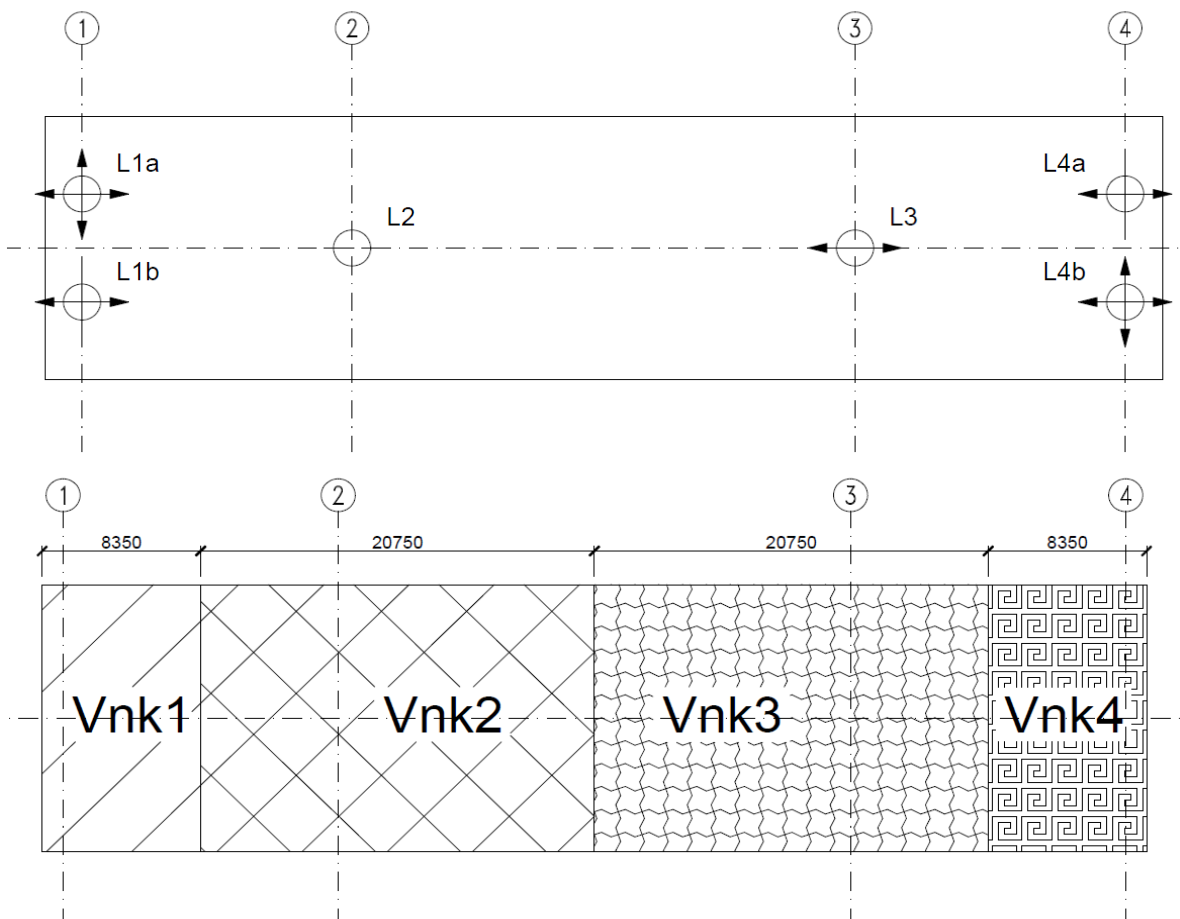
Zatížení poklesem podpor

Uvažovaný pokles 5 mm

Momenty vypočtené pomocí softwaru SCIA Engineer 20

Předběžný návrh ložisek

Předběžný návrh ložisek je proveden na základě vlastní tíhy v návrhových hodnotách + 25%. Předběžné stanovení posunutí v ložiscích jsou stanoveny na základě zjednodušené teplotní roztažnosti.



Objemy odečteny z 3D modelu vytvořeného v programu BricsCAD V20

Výpočet zatížení ložisek

$$F_i = (\Sigma V_i * \gamma_i) / \text{počet ložisek na podpoře}$$

Objem			Oběmová hmotnost		Síla na podpory		
Nosná konstrukce			Nosná konstrukce		Ložiska	Nosná konstrukce	
Vnk1	104.88	m ³	26.00	kN/m ³	1	2726.92	kN
Vnk2	260.48	m ³	26.00	kN/m ³	2	6772.44	kN
Vnk3	260.48	m ³	26.00	kN/m ³	3	6772.44	kN
Vnk4	104.88	m ³	26.00	kN/m ³	4	2726.92	kN
Levá římsa			Levá římsa		Levá římsa		
Vlr1	4.65	m ³	25.00	kN/m ³	1	116.33	kN
Vlr2	11.56	m ³	25.00	kN/m ³	2	288.92	kN
Vlr3	11.56	m ³	25.00	kN/m ³	3	288.92	kN
Vlr4	4.65	m ³	25.00	kN/m ³	4	116.33	kN

Pravá římsa			Pravá římsa		Pravá římsa		
Vpr1	4.65	m3	25.00	kN/m3	1	116.33	kN
Vpr2	11.56	m3	25.00	kN/m3	2	288.92	kN
Vpr3	11.56	m3	25.00	kN/m3	3	288.92	kN
Vpr4	4.65	m3	25.00	kN/m3	4	116.33	kN
Vozovka			Vozovka		Vozovka		
Vv1	14.40	m3	22.00	kN/m3	1	316.88	kN
Vv2	35.77	m3	22.00	kN/m3	2	786.98	kN
Vv3	35.77	m3	22.00	kN/m3	3	786.98	kN
Vv4	14.40	m3	22.00	kN/m3	4	316.88	kN

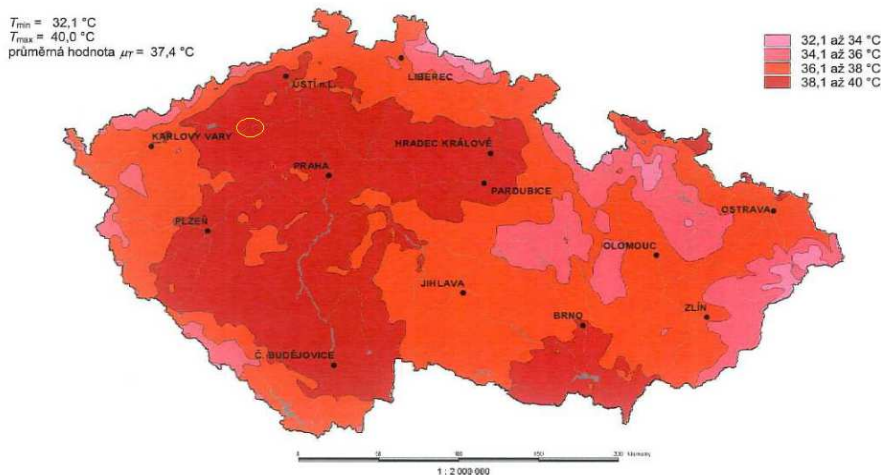
Počet ložisek na podpore	
Podpora	Počet ložisek
1	2
2	1
3	1
4	2

Zatížení ložisek			
Označení ložiska	typ ložiska	Síla na ložisko [kN]	Síla + 25% [kN]
1a	Všesměrně posuvné	1638.23	2047.79
1b	Podélně posuvné	1638.23	2047.79
2	Pevné	8137.25	10171.56
3	Podélně posuvné	8137.25	10171.56
4a	Podélně posuvné	1638.23	2047.79
4b	Všesměrně posuvné	1638.23	2047.79

Výpočet posunů

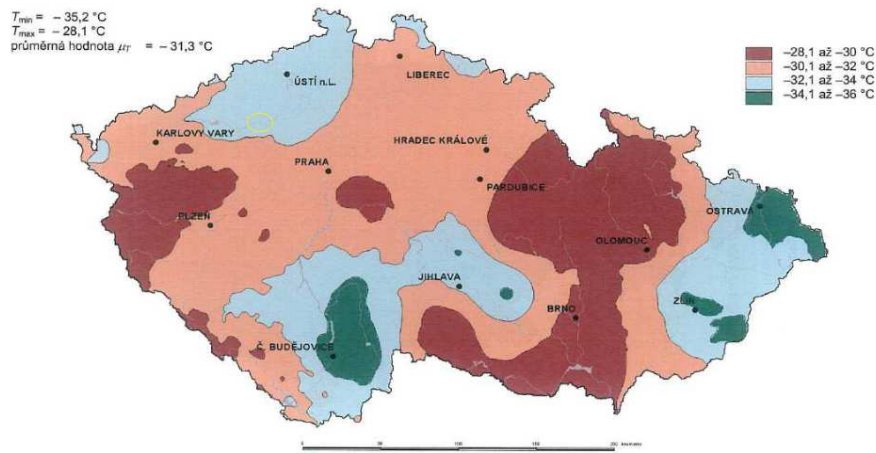
Mapy teplotních oblastí převzaty viz ČSN EN 1991-1-5

Oblast = **Louny**



Obr. 1 - Mapa maximálních teplot ve stínu

Tmax **40** °C



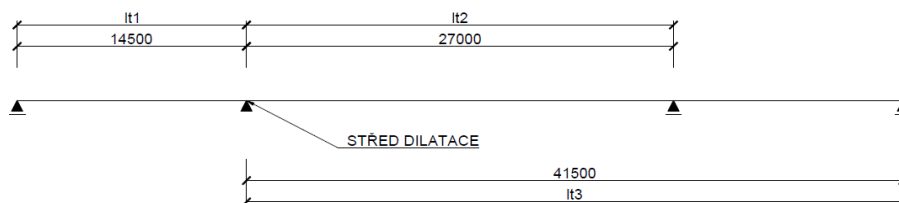
Obr. 2 - Mapa minimálních teplot ve stínu

T_{min} -34 °C

Tabulka zatížení teplotou		
T _{max}	40	°C
T _{min}	-34	°C

Uvažovaná teplota při osazení ložisek (t₀) 10 °C

Schéma dilatačních délek



l1 [m]	l2 [m]	l3 [m]	α [1/K]
14.50	27.00	41.50	0.00001

$$\Delta l = \alpha * l_i * \Delta t_i$$

Δl - změna délky v důsledku zatížení teplotou [m]

α - součinitel teplotní roztažnosti 0.00001 1/K

l_i - původní délka nosné konstrukce úseku [m]

Δt_i - změna teploty [°C]

$$\Delta t_i = T_i - t_0$$

ΔT_{max}	30	°C
ΔT_{min}	-24	°C

Posuny v ložiscích na opěře 1

li [m]	α [1/K]	ΔT_{\max} [°C]	ΔT_{\min} [°C]
14.50	0.00001	30	-24

Δl_{\max}	0.00435	m
Δl_{\min}	-0.00348	m

Posuny v ložiscích na pilíři 2

li [m]	α [1/K]	ΔT_{\max} [°C]	ΔT_{\min} [°C]
27.00	0.00001	30	-24

Δl_{\max}	0.0081	m
Δl_{\min}	-0.00648	m

Posuny v ložiscích na opěře 4

li [m]	α [1/K]	ΔT_{\max} [°C]	ΔT_{\min} [°C]
41.50	0.00001	30	-24

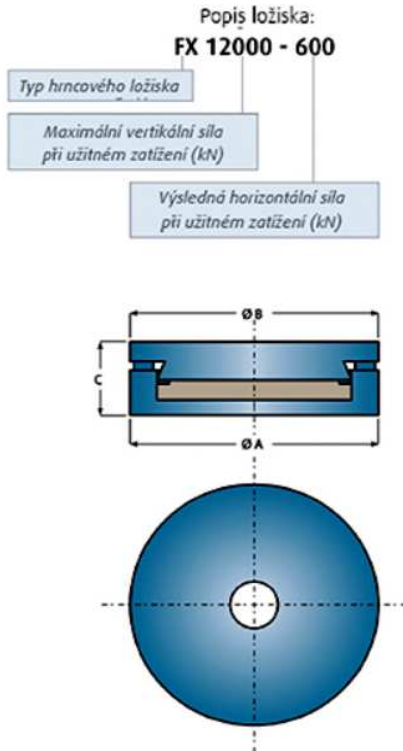
Δl_{\max}	0.01245	m
Δl_{\min}	-0.00996	m

Tabulka požadavků na ložiska				
Pozice	Typ ložiska	Zatížení ložiska [kN]	Posun + [m]	Posun - [m]
1a	Všesměrně posuvné	2047.793	0.00435	-0.00348
1b	Podélně posuvné	2047.793	0.00435	-0.00348
2	Pevné	10171.562	0.00000	0.00000
3	Podélně posuvné	10171.562	0.00810	-0.00648
4a	Podélně posuvné	2047.793	0.01245	-0.00996
4b	Všesměrně posuvné	2047.793	0.01245	-0.00996

Návrh ložisek

Podklady převzaty z : http://www.freyssinet.cz/203-hrncova_mostni_loziska_tetron_cd

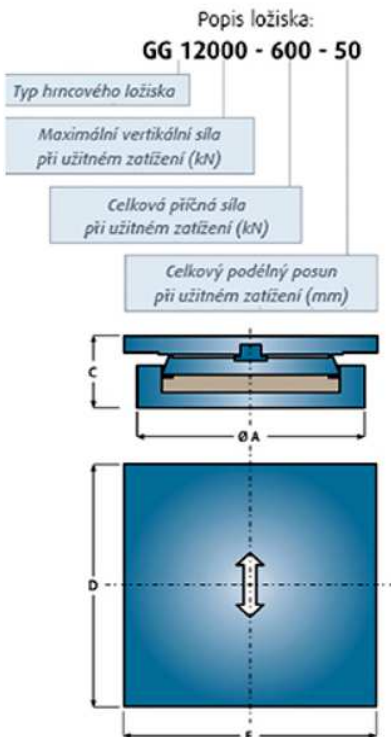
Pevné hrncové ložisko TETRON CD® / FX



Popis	Ø A (mm)	Ø B (mm)	C (mm)	Hmotnost (kg)
FX 500 - 50	180	200	69	15
FX 1000 - 100	255	265	69	25
FX 1500 - 150	295	320	78	40
FX 2000 - 200	345	365	88	60
FX 2500 - 250	385	415	93	75
FX 3000 - 300	420	450	97	95
FX 3500 - 350	460	490	97	110
FX 4000 - 400	480	520	107	135
FX 4500 - 450	510	560	117	170
FX 5000 - 500	570	600	106	205
FX 6000 - 500	580	640	136	255
FX 7000 - 500	620	670	145	305
FX 8000 - 500	660	710	145	340
FX 9000 - 500	690	750	164	430
FX 10000 - 500	730	795	163	470
FX 12000 - 600	835	865	162	565
FX 14000 - 700	905	935	170	685
FX 16000 - 800	945	997	190	865
FX 18000 - 900	1000	1055	209	1085
FX 20000 - 1000	1095	1125	197	1135
FX 24000 - 1200	1190	1220	216	1475
FX 28000 - 1400	1260	1320	285	2400
FX 30000 - 1500	1305	1375	294	2670
FX 35000 - 1750	1415	1475	312	3280
FX 40000 - 2000	1515	1585	321	3865
FX 45000 - 2250	1610	1680	330	4415
FX 50000 - 2500	1700	1770	368	5620

Hodnoty v tabulce jsou uvedeny jako příklad

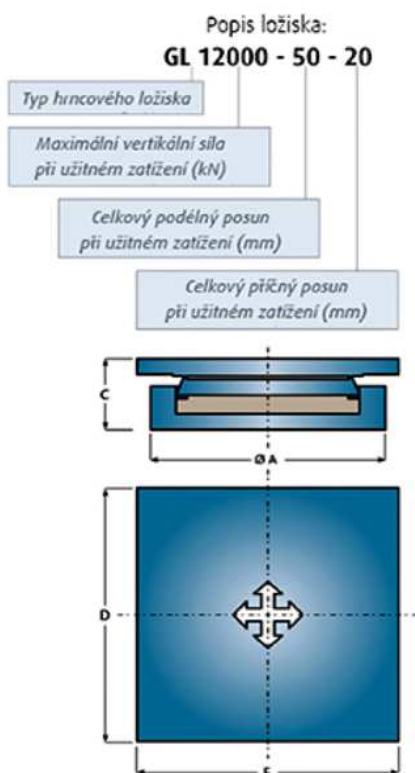
Jednosměrně posuvné hrncové ložisko TETRON CD®/ GG



Popis	Ø A (mm)	D (mm)	E (mm)	C (mm)	Hmotnost (kg)
GG 500 - 50 - 50	205	270	235	100	30
GG 1000 - 100 - 50	270	325	290	104	45
GG 1500 - 150 - 50	325	365	330	104	60
GG 2000 - 200 - 50	355	390	380	109	80
GG 2500 - 250 - 50	400	425	415	113	100
GG 3000 - 300 - 50	430	445	440	118	120
GG 3500 - 350 - 50	460	475	470	123	145
GG 4000 - 400 - 50	490	505	505	123	160
GG 4500 - 450 - 50	520	535	535	137	200
GG 5000 - 500 - 50	550	565	565	142	230
GG 6000 - 500 - 50	590	615	615	162	295
GG 7000 - 500 - 50	620	660	660	162	350
GG 8000 - 500 - 50	660	705	705	167	415
GG 9000 - 500 - 50	690	745	745	181	500
GG 10000 - 500 - 50	730	785	785	185	560
GG 12000 - 600 - 50	820	860	860	184	675
GG 14000 - 700 - 50	870	930	930	213	930
GG 16000 - 800 - 50	935	995	995	242	1245
GG 18000 - 900 - 50	1000	1055	1055	246	1400
GG 20000 - 1000 - 50	1050	1110	1110	265	1710
GG 24000 - 1200 - 50	1160	1215	1215	284	2200
GG 28000 - 1400 - 50	1255	1315	1315	327	2970
GG 30000 - 1500 - 50	1300	1360	1360	336	3300
GG 35000 - 1750 - 50	1410	1470	1470	365	4240
GG 40000 - 2000 - 50	1510	1570	1570	363	4780
GG 45000 - 2250 - 50	1605	1665	1665	382	5690
GG 50000 - 2500 - 50	1695	1755	1755	410	6800

Hodnoty v tabulce jsou uvedeny jako příklad

Všesměrně posuvné hrncové ložisko TETRON CD®/ GL



Popis	Ø A (mm)	D (mm)	E (mm)	C (mm)	Hmotnost (kg)
GL 500 - 50 - 20	170	245	225	90	25
GL 1000 - 50 - 20	225	290	175	90	35
GL 1500 - 50 - 20	270	330	315	94	45
GL 2000 - 50 - 20	310	370	355	99	60
GL 2500 - 50 - 20	345	410	395	99	75
GL 3000 - 50 - 20	375	435	430	108	95
GL 3500 - 50 - 20	405	460	465	108	110
GL 4000 - 50 - 20	435	500	495	108	125
GL 4500 - 50 - 20	465	525	530	118	155
GL 5000 - 50 - 20	495	555	550	112	175
GL 6000 - 50 - 20	545	610	605	122	215
GL 7000 - 50 - 20	590	655	655	142	290
GL 8000 - 50 - 20	635	695	695	157	275
GL 9000 - 50 - 20	680	745	740	156	425
GL 10000 - 50 - 20	720	785	785	170	520
GL 12000 - 50 - 20	795	855	860	169	595
GL 14000 - 50 - 20	860	920	920	208	925
GL 16000 - 50 - 20	925	985	985	232	1185
GL 18000 - 50 - 20	985	1045	1045	244	1405
GL 20000 - 50 - 20	1040	1100	1100	250	1610
GL 24000 - 50 - 20	1145	1205	1205	274	2135
GL 28000 - 50 - 20	1240	1300	1300	293	2685
GL 30000 - 50 - 20	1285	1345	1345	317	3095
GL 35000 - 50 - 20	1395	1455	1455	327	3765
GL 40000 - 50 - 20	1495	1555	1555	356	4715
GL 45000 - 50 - 20	1590	1650	1650	365	5455
GL 50000 - 50 - 20	1680	1740	1740	389	6490

Hodnoty v tabulce jsou uvedeny jako příklad

Navržená ložiska - finální stav nosné konstrukce

Pozice	Typ ložiska	Výrobní označení	Svislá únosnost [kN]	Posun +/- [m]
1a	Všesměrně posuvné	GL 2500 - 50 - 20	2500.00	0.020
1b	Podélně posuvné	GG 2500 - 250 - 50	2500.00	0.050
2	Pevné	FX 12000 - 600	12000.00	0.000
3	Podélně posuvné	GG 12000 - 600 - 50	12000.00	0.050
4a	Podélně posuvné	GG 2500 - 250 - 50	2500.00	0.050
4b	Všesměrně posuvné	GL 2500 - 50 - 20	2500.00	0.020

Navrhovaná ložiska jsou ložiska pro finální stav konstrukce.
Navržená ložiska **splňují** výše vypočtené požadavky.

Momenty vyvolané dopravou

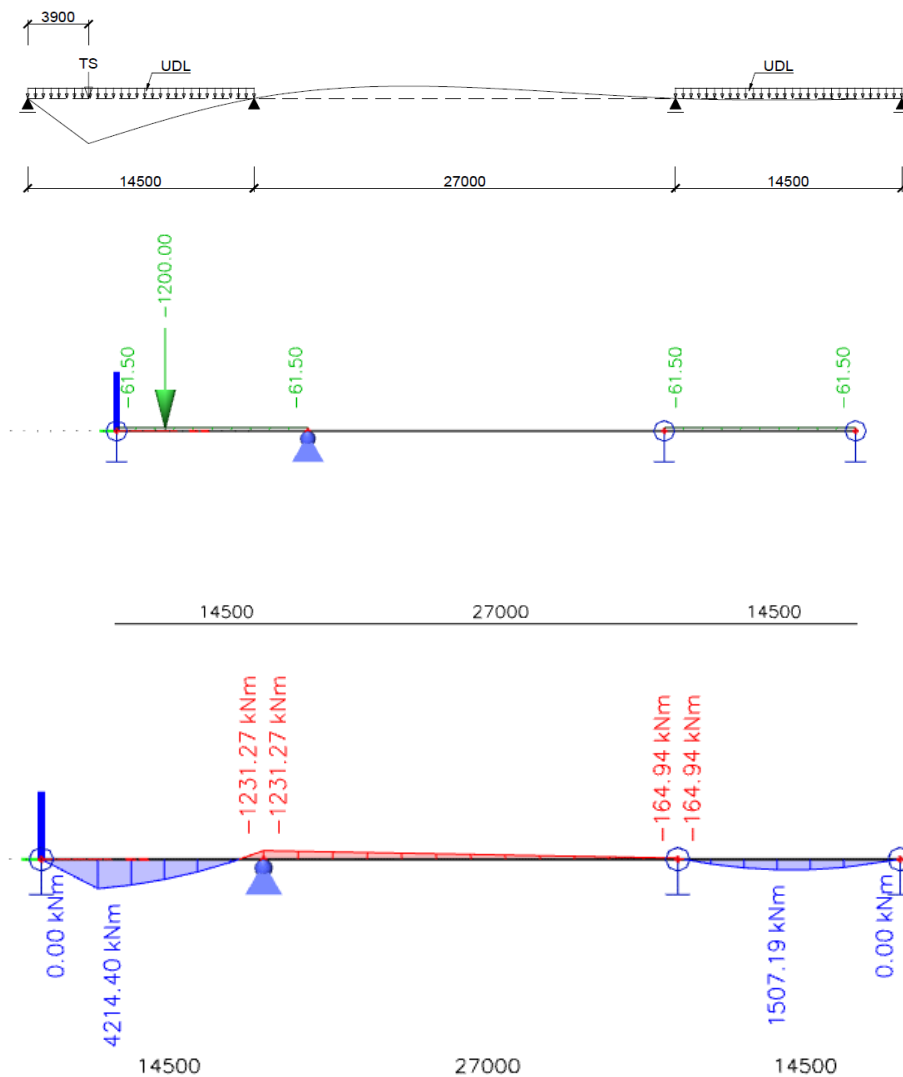
Zatížení zatěžovacím modelem LM 1

Na konstrukci byly vykresleny tvary příčkových čar a dle jejich tvaru byl umístěn zatěžovací model LM 1. Na následujících obrázcích jsou vykresleny příčkové čáry s umístěným zatížením. Konstrukce je zatěžována modelem LM1 dle ČSN EN 1991-2

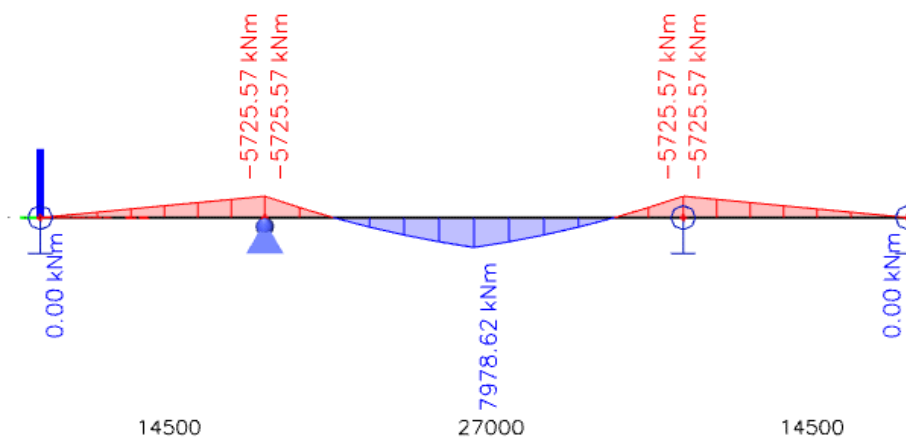
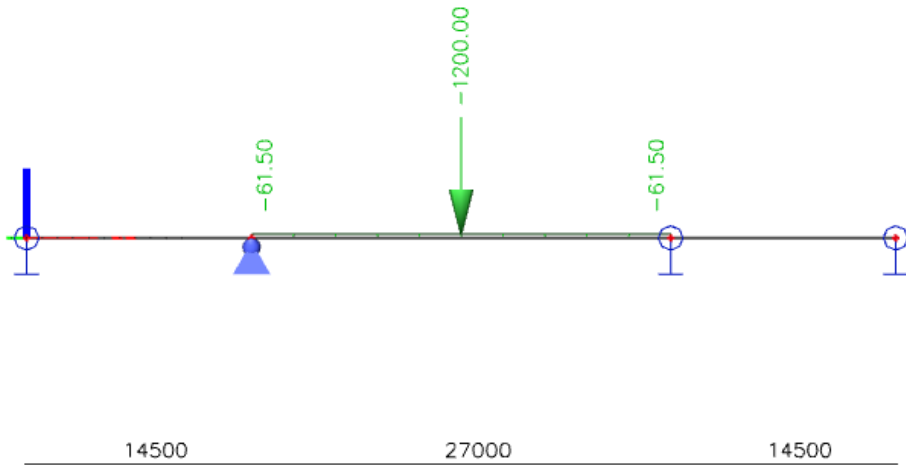
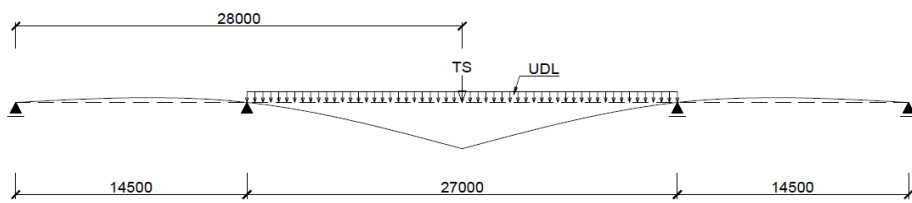
Zatížovací model LM1

Pruh	Zat. [kN/m ²]	b [m]	Char [kN/m]	Nápravový tlak [kN]	
1	9.00	3.00	27.00	300	300
2	6.00	3.00	18.00	200	200
3	3.00	3.00	9.00	100	100
4	3.00	2.50	7.50	0	0
$\Sigma =$			61.50	1200	

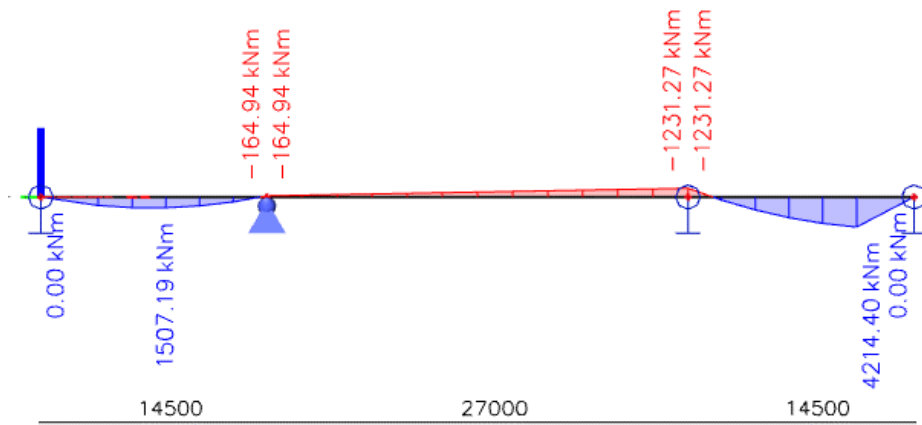
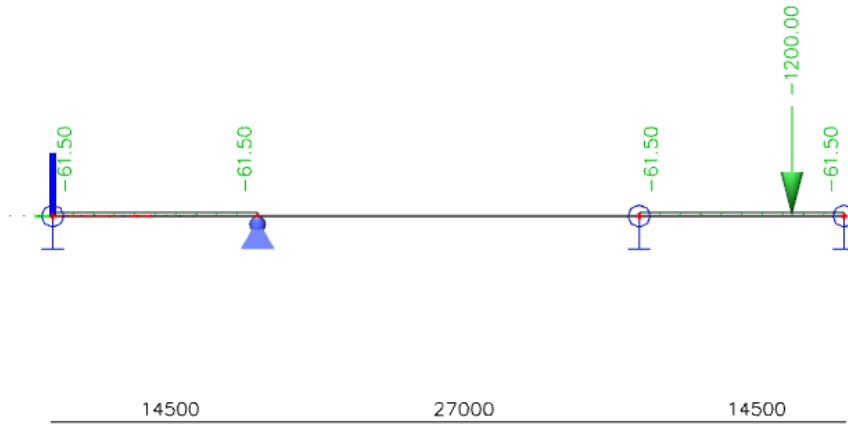
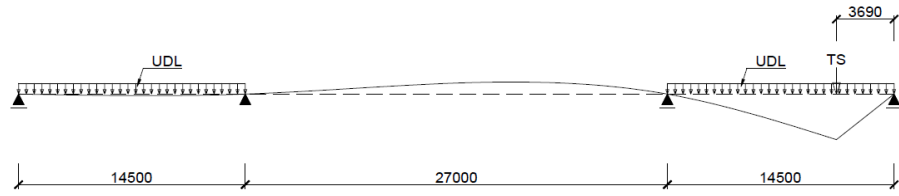
Pole 1



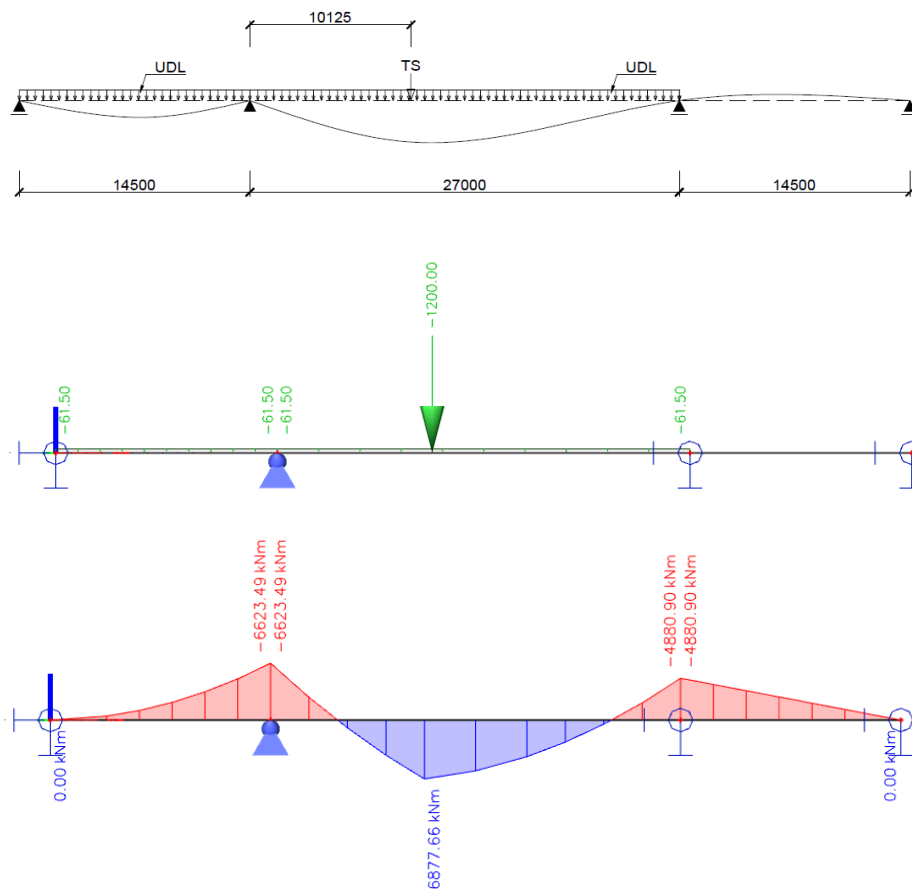
Pole 2



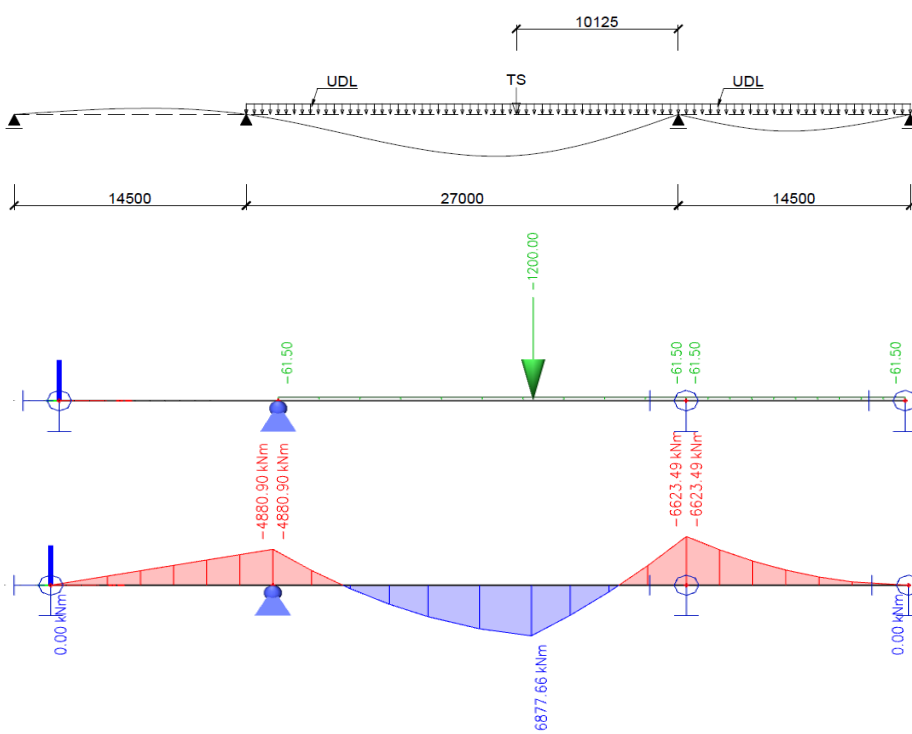
Pole 2



Pilíř 2



Pilíř 3

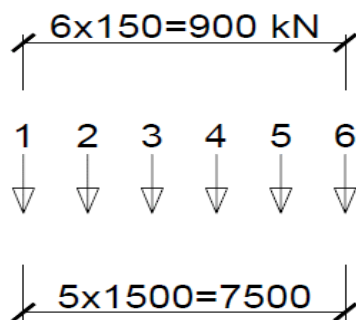


Zatížení zatežovacím modelem 3 - zvláštní vozidlo

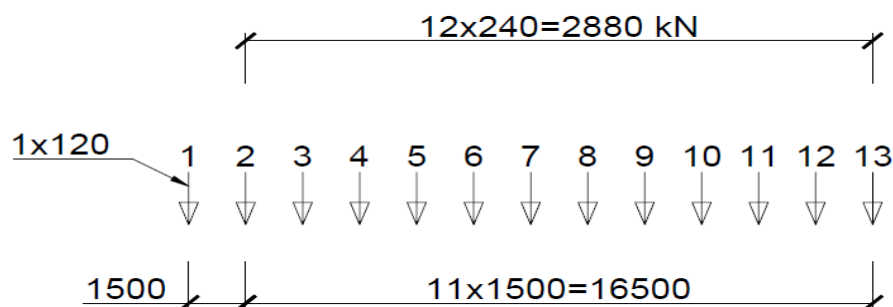
Zatížení zatežovacím modelem 3 - dle normy 1991-2

Dle normy CSN EN 1991-2 národní přílohy 2.16, bude most zatěžován zvláštním vozidlem LM3 900/150 umístěným v pruhu 1 současně ve zbylých pruzích bude působit zbytek LM 1. Dále bude most zatěžován LM3 3000/240 jako jediným vozidlem na mostě.

LM 3 - 900/150		
Celková tíha	[kN]	900
Tíha na nápravu	[kN]	150
Počet náprav	[ks]	6
Vzdálenost	[m]	1.5
Počet kol na nápravu	[ks]	2
Poloha		v pruhu 1 pro zatížení LM 1
Dyn. Součinitel		1.25
Ostatní zatížení		na mostě se nachází zatížení LM 1 kromě pruhu 1



LM 3 - 3000/240		
Celková tíha	[kN]	3000
Tíha na nápravu	[kN]	12x240+1x120
Počet náprav	[ks]	13
Vzdálenost	[m]	1.5
Počet kol na nápravu	[ks]	12x3+1x2
Poloha		"+- 30 cm od osy mostu"
Dyn. Součinitel		1.25
Ostatní zatížení		vozidlo je jediné na mostě



Určení polohy zatížení LM3 pomocí Winklerova kritéria

Winklerovo kritérium

Zatěžovací soustava je v nejučinnější poloze pro vyvolání maximálního momentu v daném průřezu, když součet sil působících na vyšetřovaný průřez a sil, které již překonaly vyšetřovaný průřez, změní znaménko nerovnosti.

Soustavu sil bude pojíždět most nejprve od opěry 1 k opěře 4, poté bude zatěžovací soustava najíždět ve směru od opěry 4 k opěře 1.

Pomocí winklerova kriteria je určeno pouze několik pozic zatížení LM 3 vyvolující kladný moment v poli a záporný moment nad podporou. Zbylé části konstrukce jsou vyšetřeny v programu midas Civil.

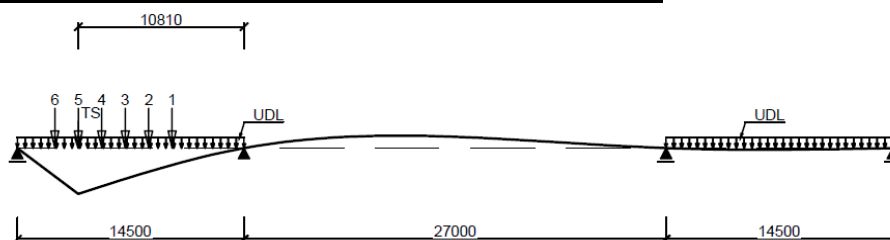
$$F_i >< R * \frac{x}{l}$$

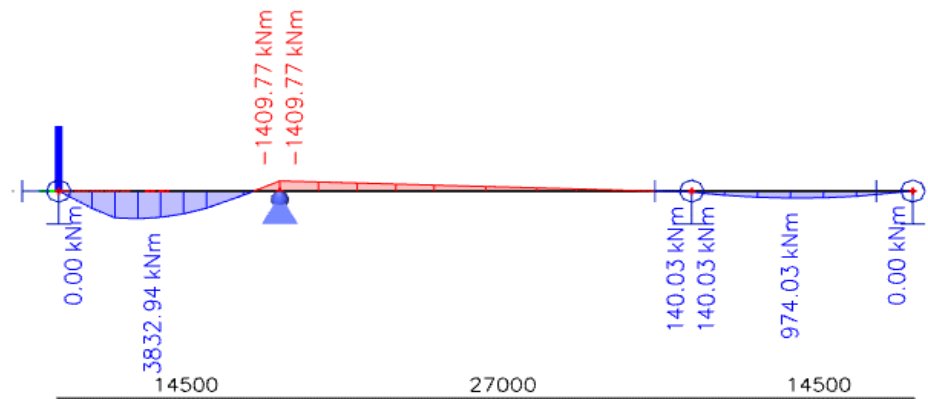
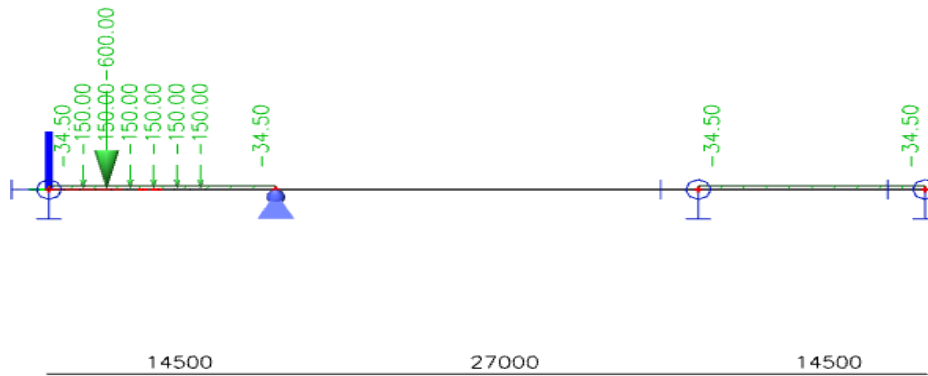
- F_i Σ sil, které jsou na vyšetřovaném místě nebo jej už překonaly [kN]
 R výslednice svislého zatížení [kN]
 x vzdálenost k následující podpoře od vyšetřovaného místa ve směru pojezdu [m]
 l rozpětí pole s vyšetřovaným průřezem [m]

Pozice pro LM 3 900/150

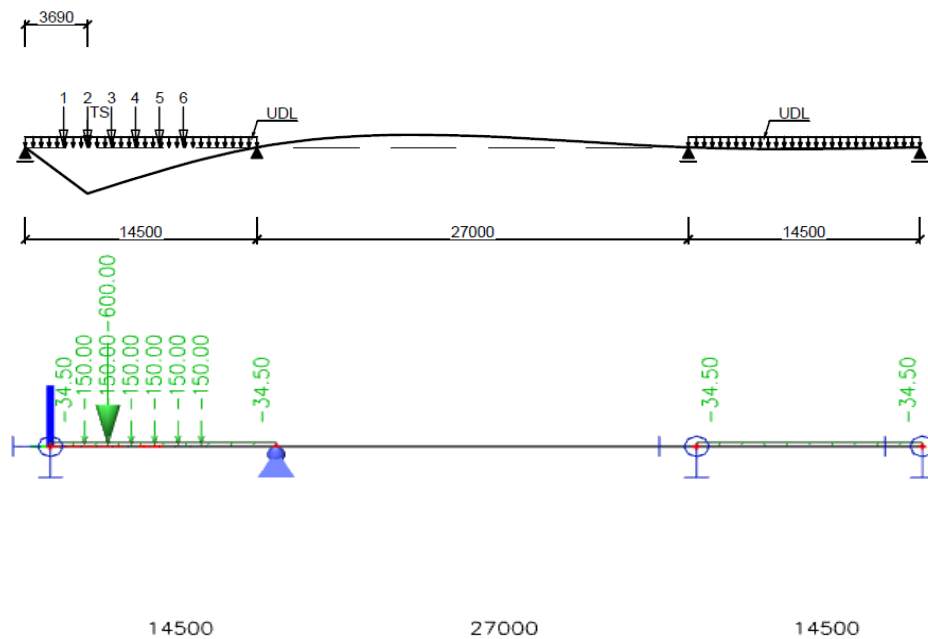
Pruh	Zat. [kN/m ²]	b [m]	Char [kN/m]	Nápravový tlak [kN]	
1	0.00	3.00	0.00	0	0
2	6.00	3.00	18.00	200	200
3	3.00	3.00	9.00	100	100
4	3.00	2.50	7.50	0	0
$\Sigma =$			34.50	600	

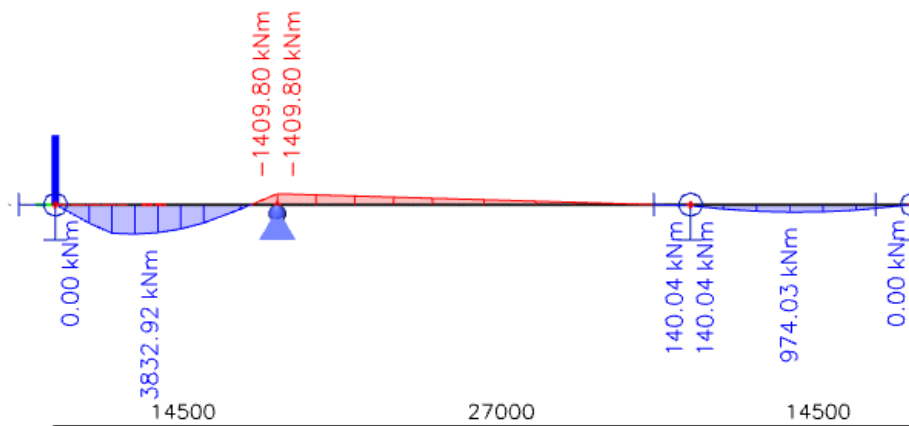
Pole 1 - nájezd od opěry 1				
l [m]	x [m]	R [kN]	F_i [kN]	x/l
14.5	10.81	900	150	0.746
F_i [kN]		$R*(x/l)$	Síla na daném průřezu	
750	<	670.966	5	
	>			





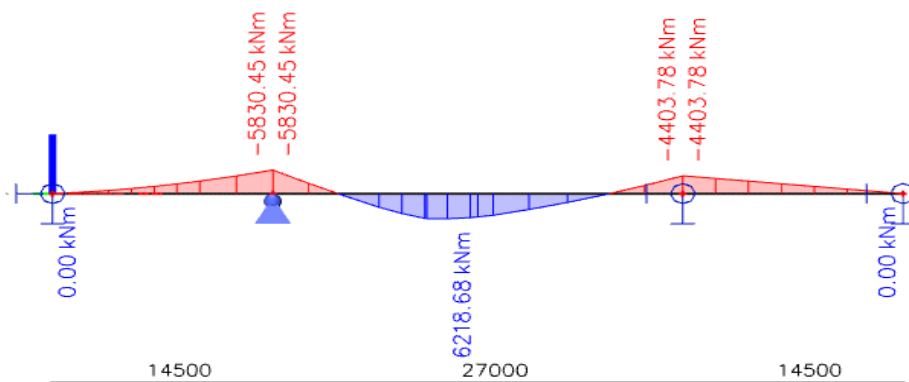
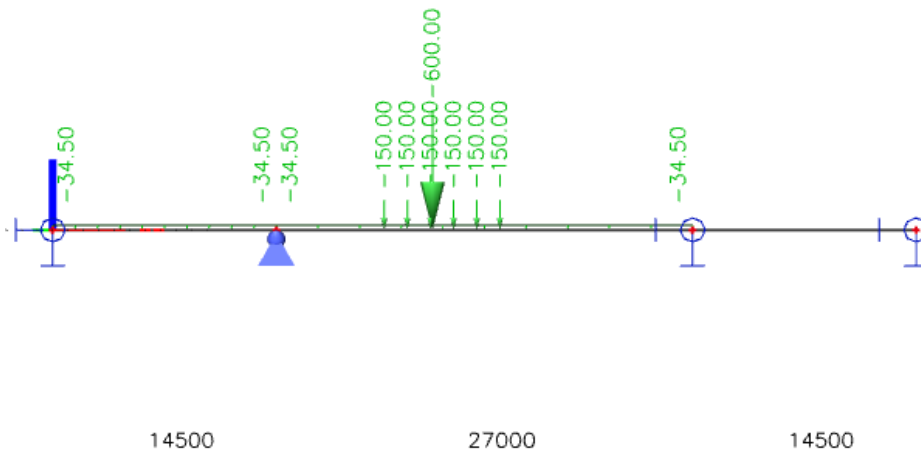
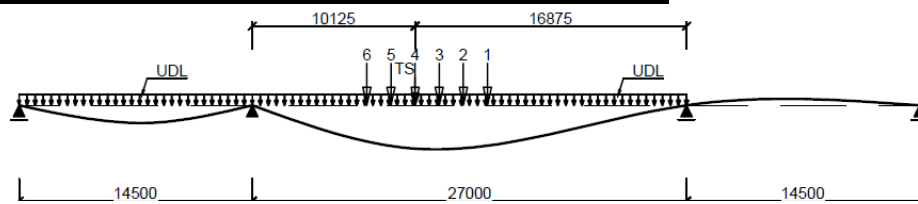
Pole 1 - nájezd od opěry 4				
l [m]	x [m]	R [kN]	Fi [kN]	x/l
14.5	3.69	900	150	0.254
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu	
300	<	229.034	2	
	>			



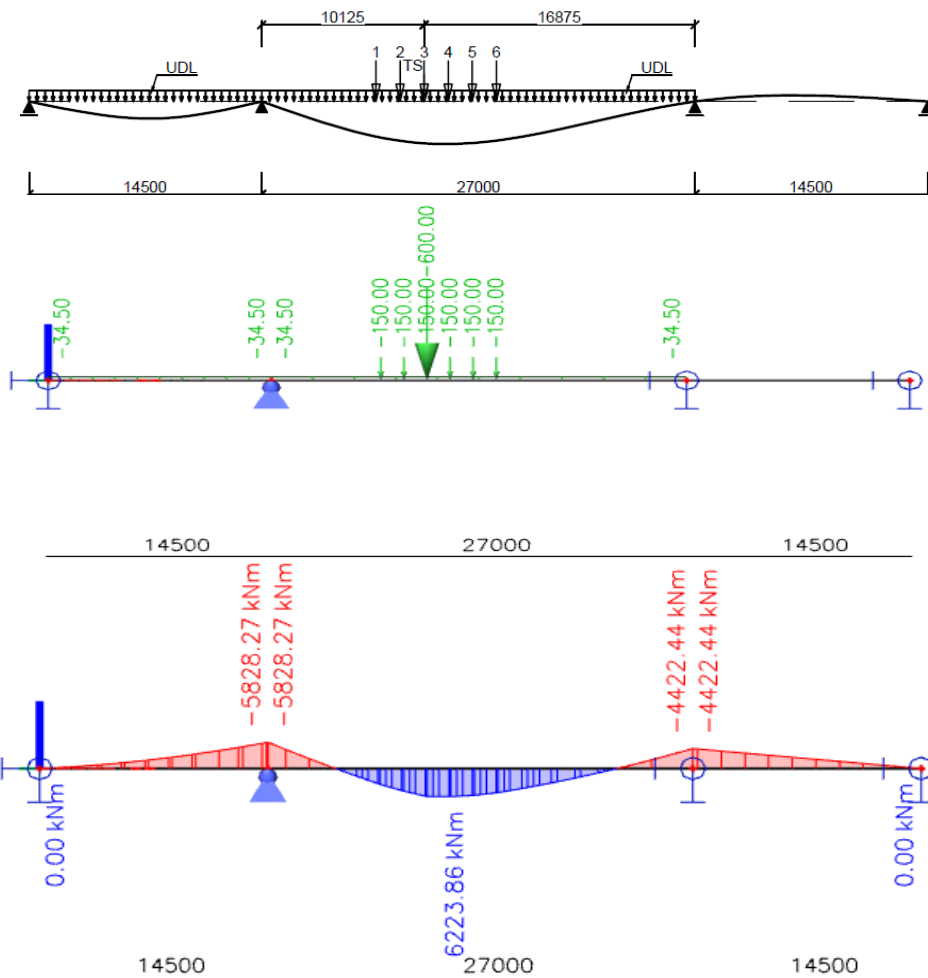


Pilřř 2 - nájezd od opěry 1

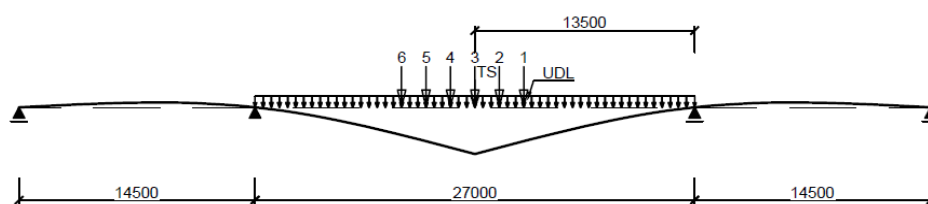
l [m]	x [m]	R [kN]	Fi [kN]	x/l
27	16.875	900	150	0.625
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném řřřezu	
600	<	562.500	4	
	>			

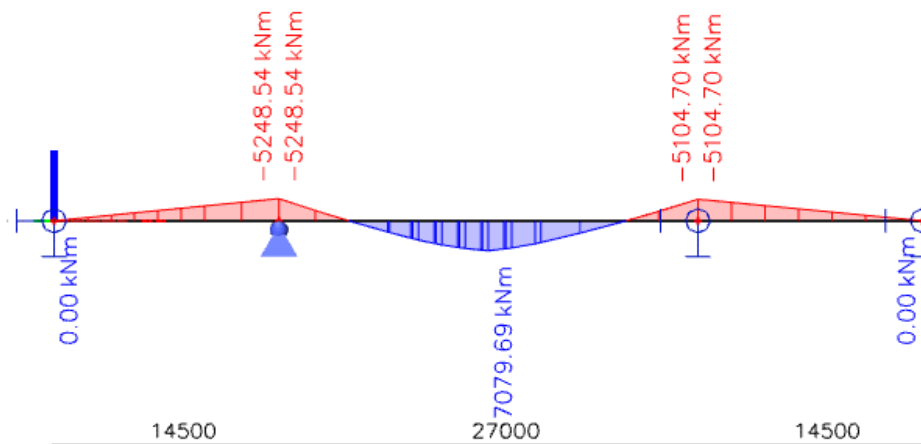
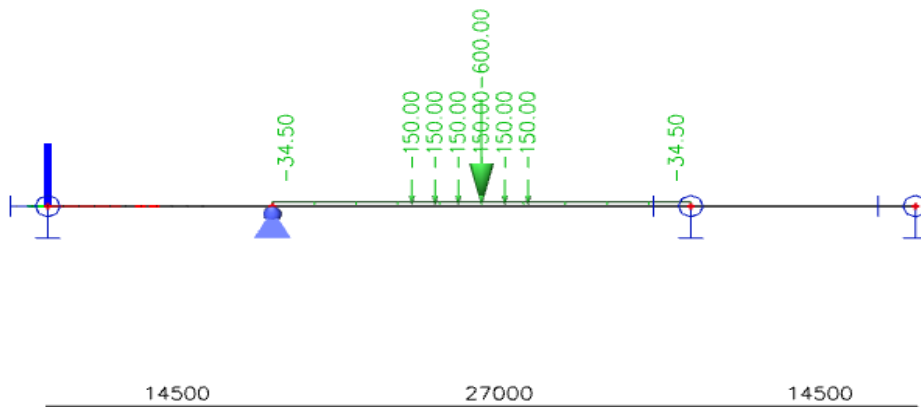


Pilř 2 - nájezd od opěry 4				
l [m]	x [m]	R [kN]	Fi [kN]	x/l
27	10.125	900	150	0.375
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu	
450	<	337.500	3	
	>			



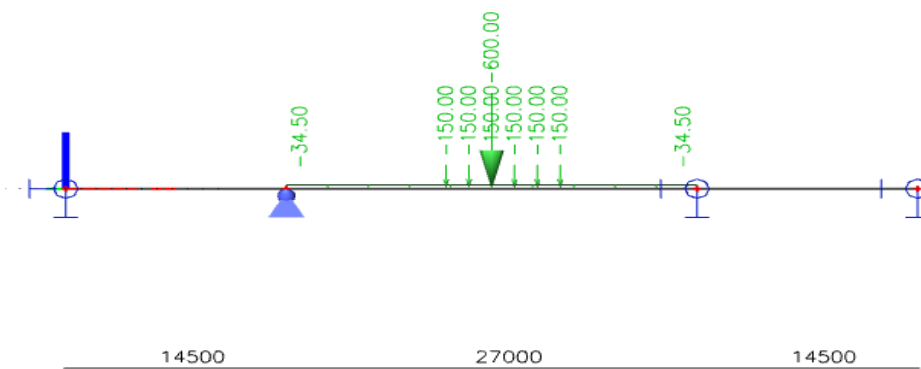
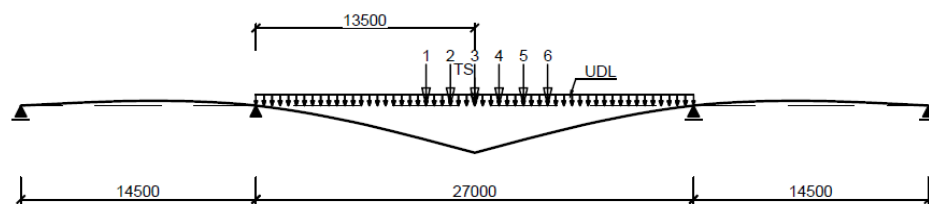
Pole 2 - nájezd od opěry 1				
l [m]	x [m]	R [kN]	Fi [kN]	x/l
27	13.5	900	150	0.500
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu	
450	<	450.000	3	
	>			

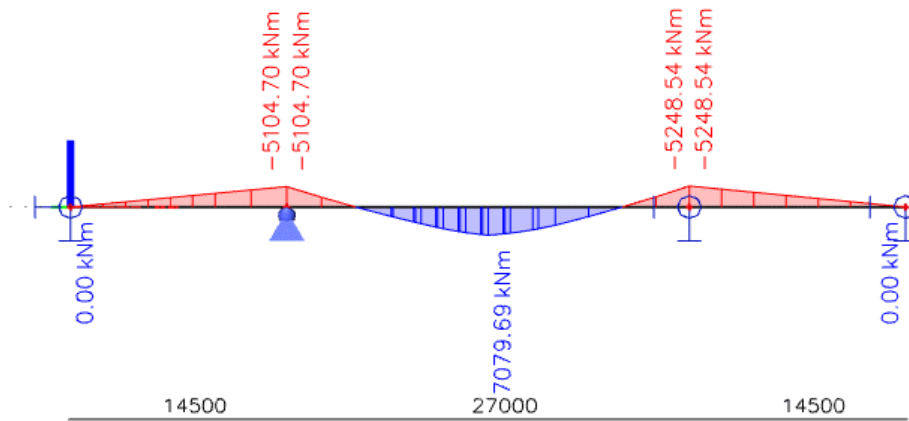




Pole 2 - nájezd od opěry 4

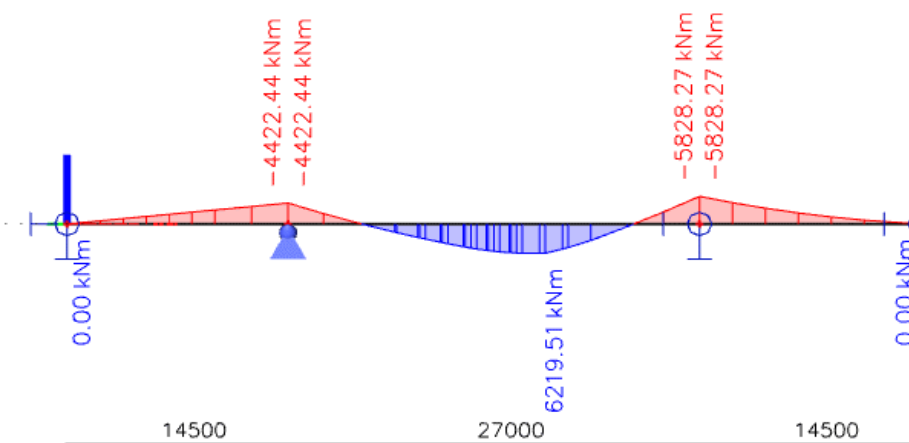
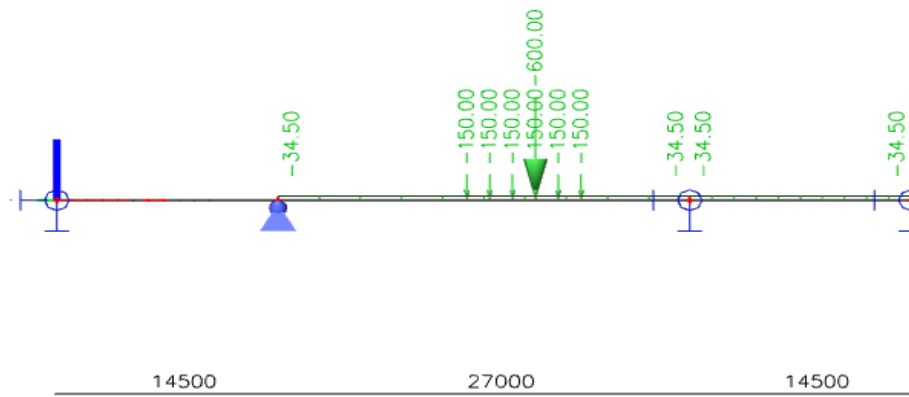
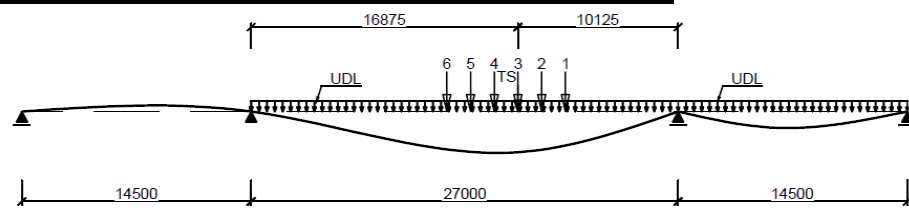
l [m]	x [m]	R [kN]	Fi [kN]	x/l
27	13.5	900	150	0.500
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu	
450	<	450.000	3	
	>			



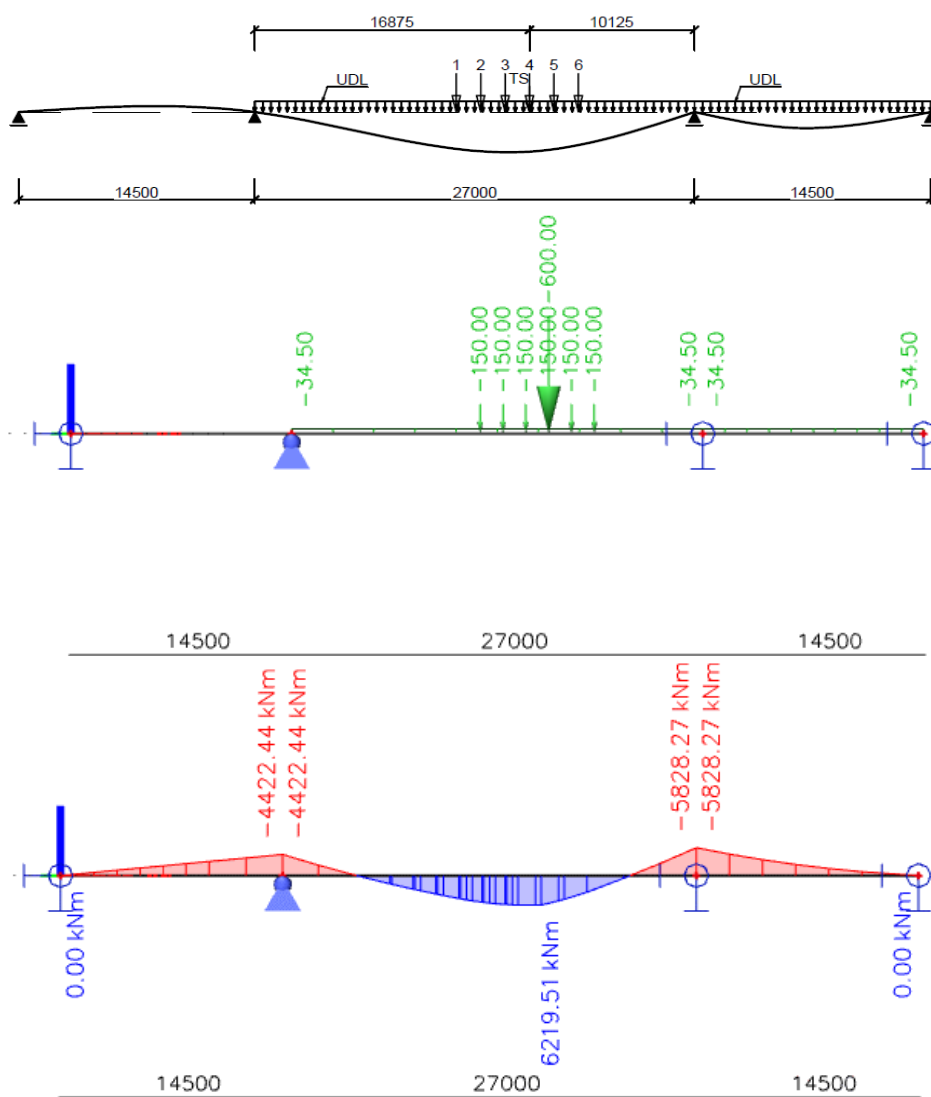


Pilíř 3 - nájezd od opěry 1

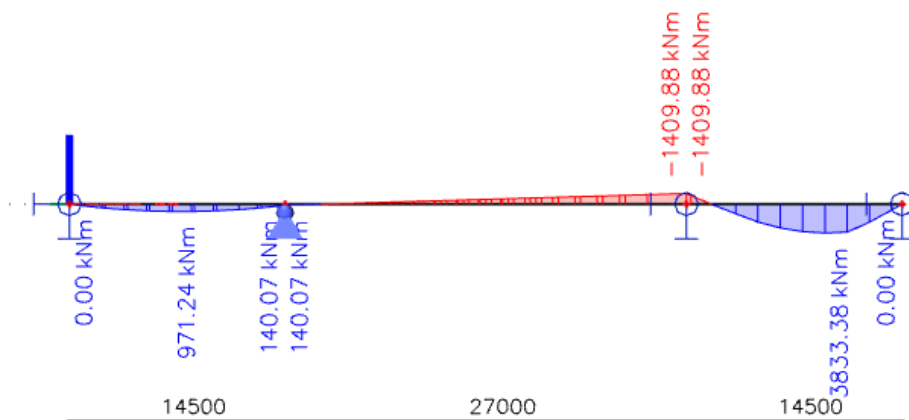
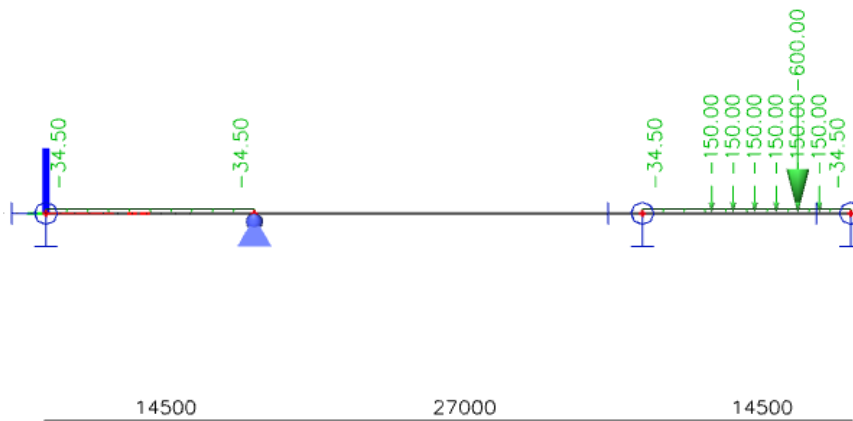
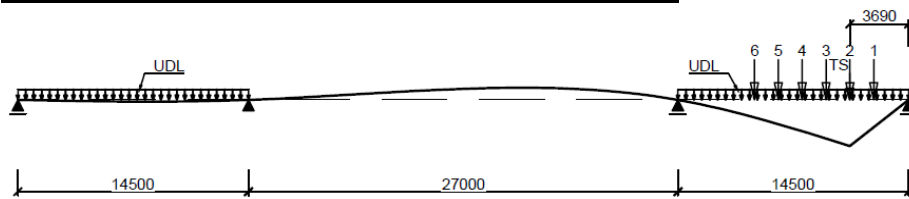
l [m]	x [m]	R [kN]	Fi [kN]	x/l
27	10.125	900	150	0.375
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu	
450	<	337.500	3	
	>			



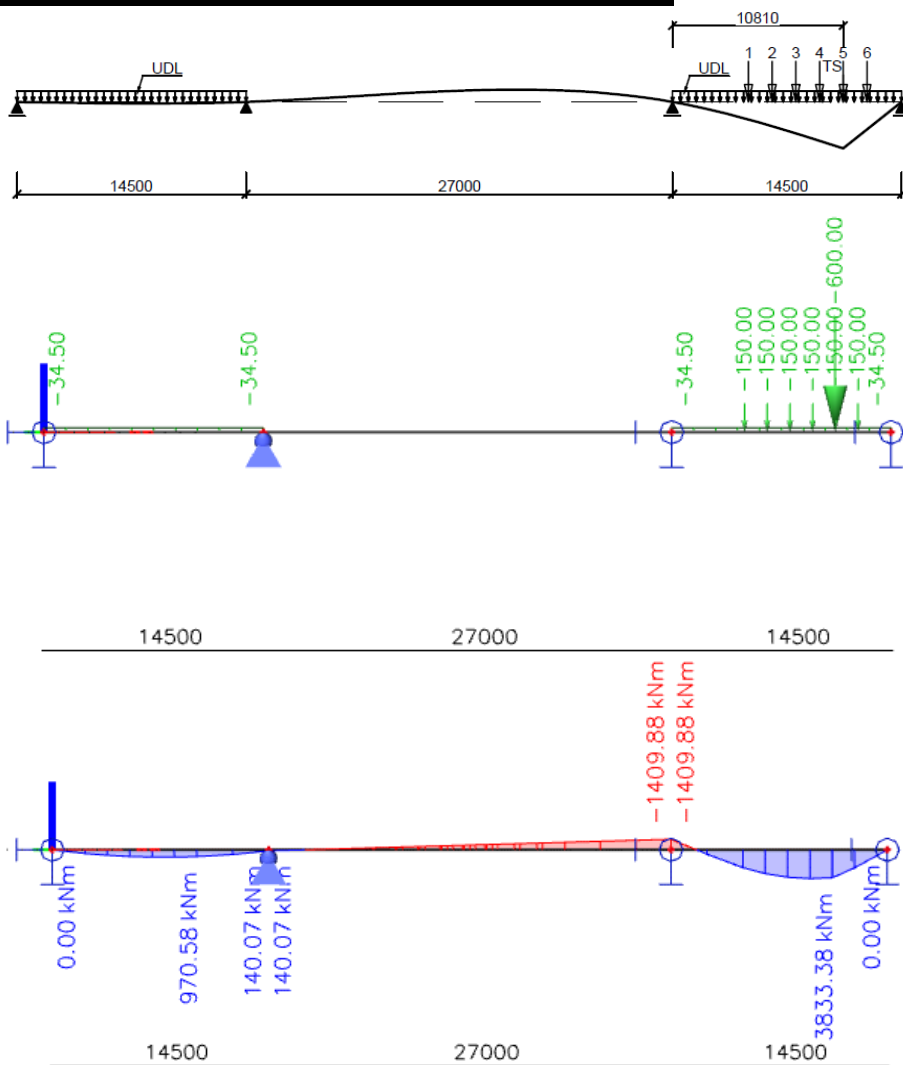
Pilřř 3 - nájezd od opěry 4				
l [m]	x [m]	R [kN]	Fi [kN]	x/l
27	16.875	900	150	0,625
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu	
600	<	562.500	4	
	>			



Pole 3- nájezd od opěry 1				
l [m]	x [m]	R [kN]	Fi [kN]	x/l
14.5	3.69	900	150	0.254
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu	
300	<	229.034	2	
	>			



Pole 3 - nájezd od opěry 4				
l [m]	x [m]	R [kN]	Fi [kN]	x/l
14.5	10.81	900	150	0.746
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu	
750	<	670.966	5	
	>			

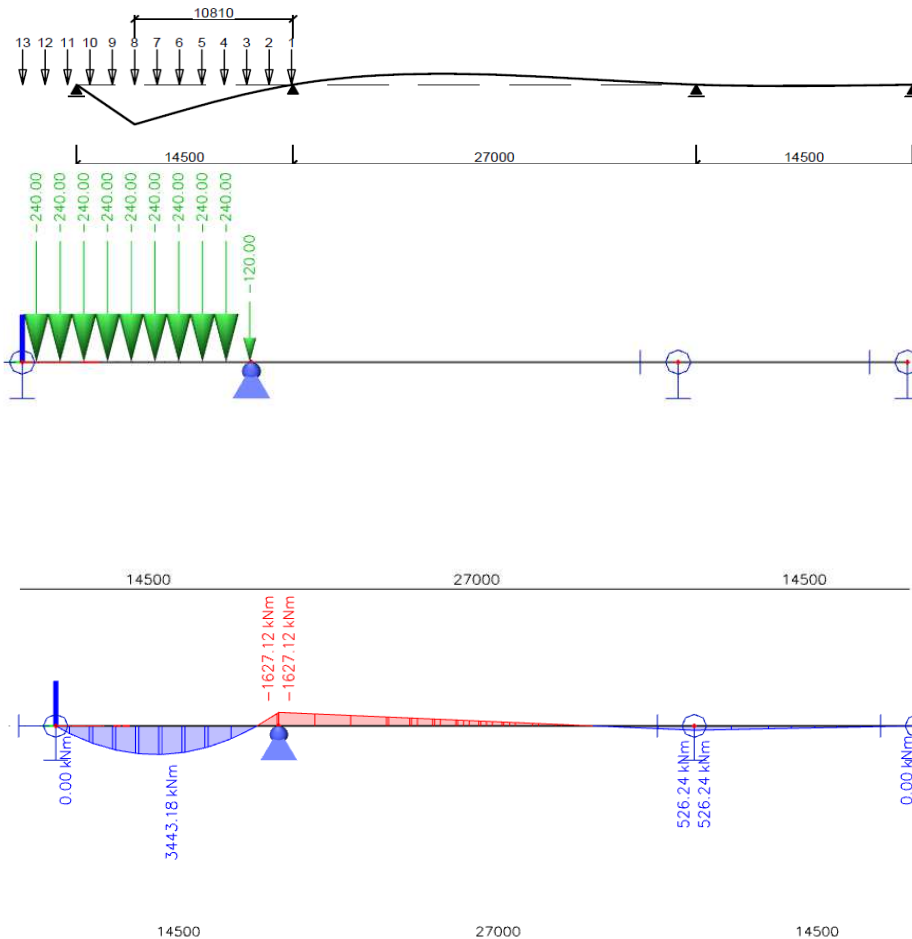


Pozice pro LM 3 3000/240

Pole 1 - nájezd od opěry 1

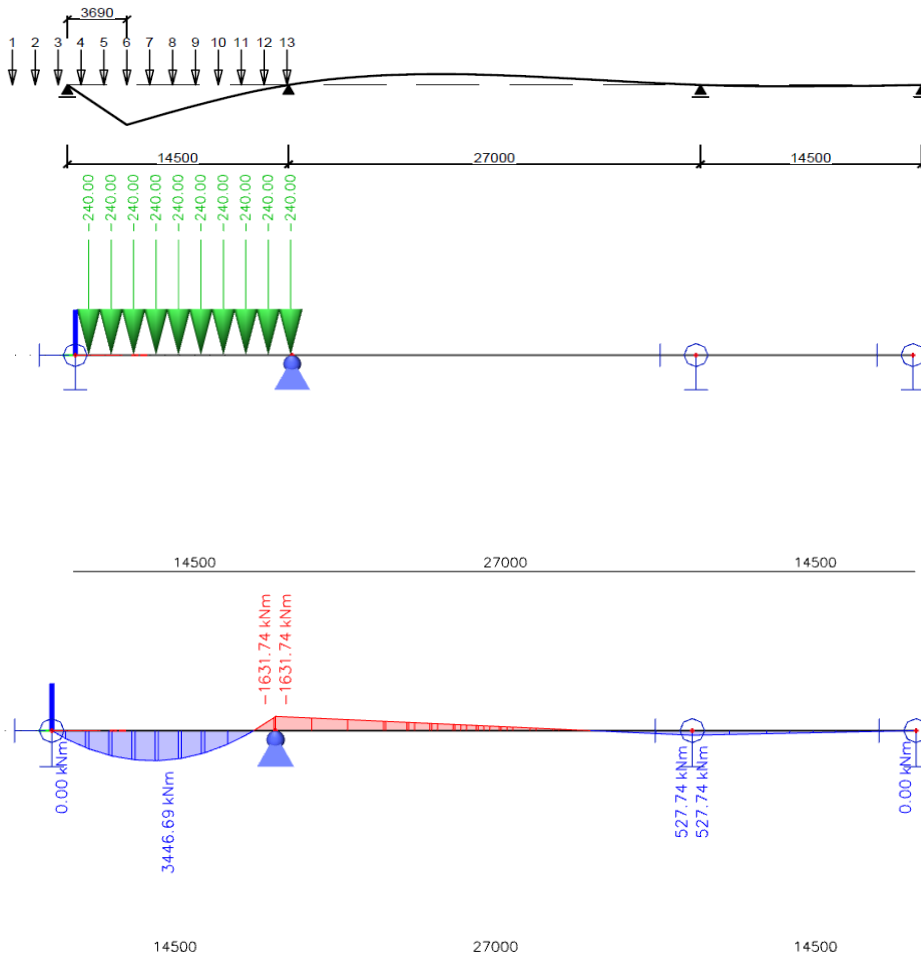
l [m]	x [m]	R [kN]	F1 [kN]	Fi [kN]	x/l
14.5	10.81	2280	120	240	0.746
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu		
1800	<	1699.779	8		
	>				

Síly 13, 12 a 11 se při tomto stavu nachází mimo most a proto nebudou uvažovány

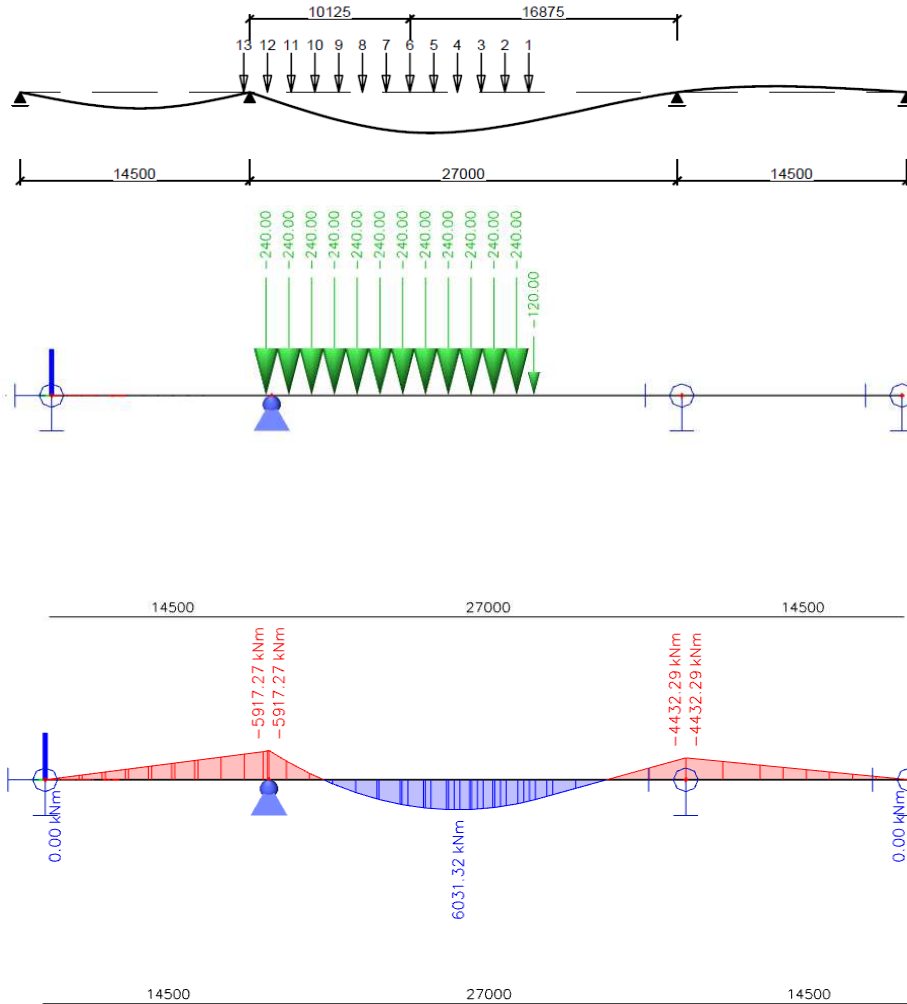


Pole 1 - nájezd od opěry 4					
l [m]	x [m]	R [kN]	F1 [kN]	Fi [kN]	x/l
14.5	3.69	2400	120	240	0.254
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu		
720	<	610.759	6		
	>				

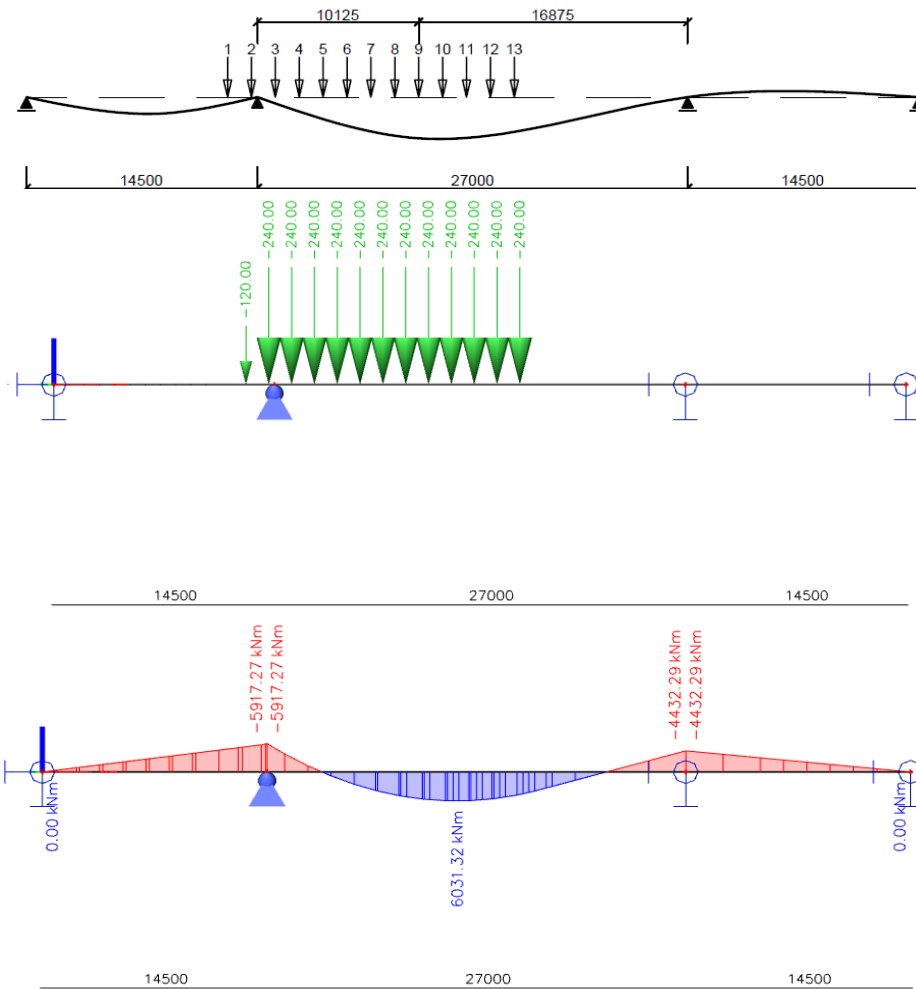
Síly 1, 2 a 3 se při tomto stavu nachází mimo most a proto nebudou uvažovány



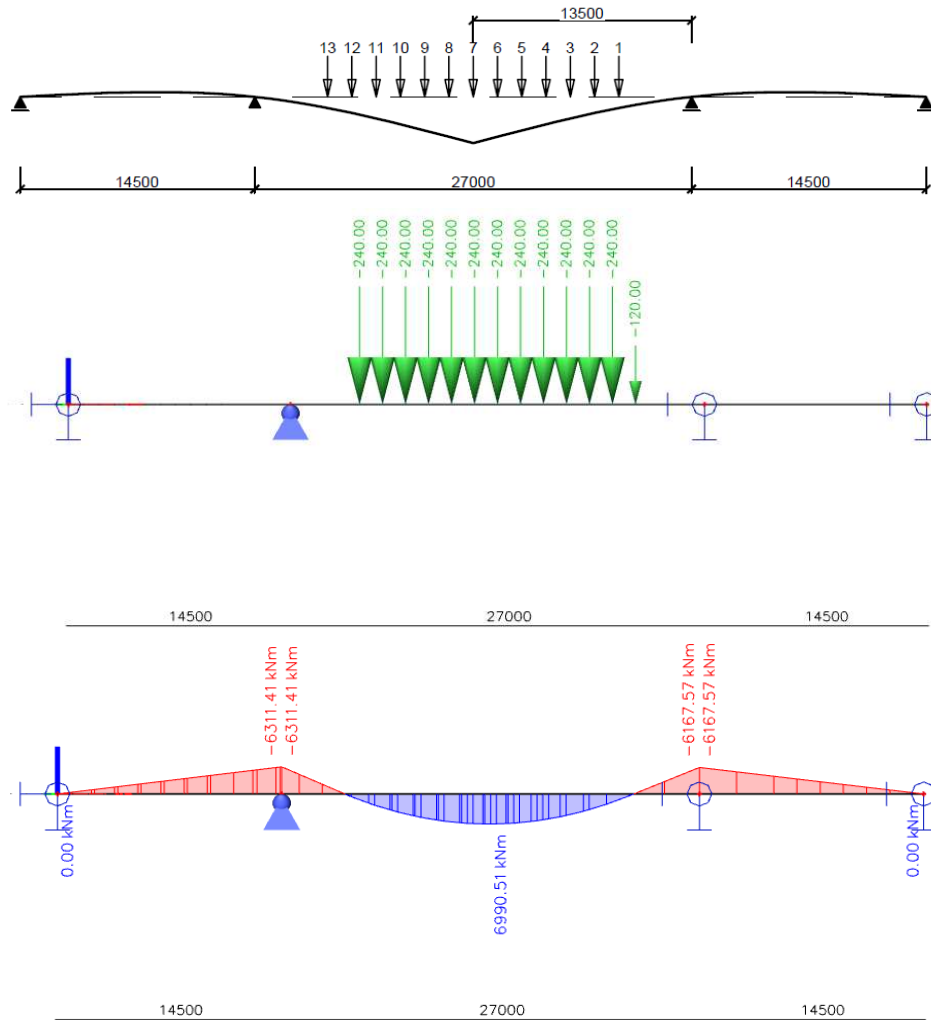
Pilíř 2 - nájezd od opěry 1					
l [m]	x [m]	R [kN]	F1 [kN]	Fi [kN]	x/l
27	10.125	3000	120	240	0.375
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu		
1320	<	1125.000	6		
	>				



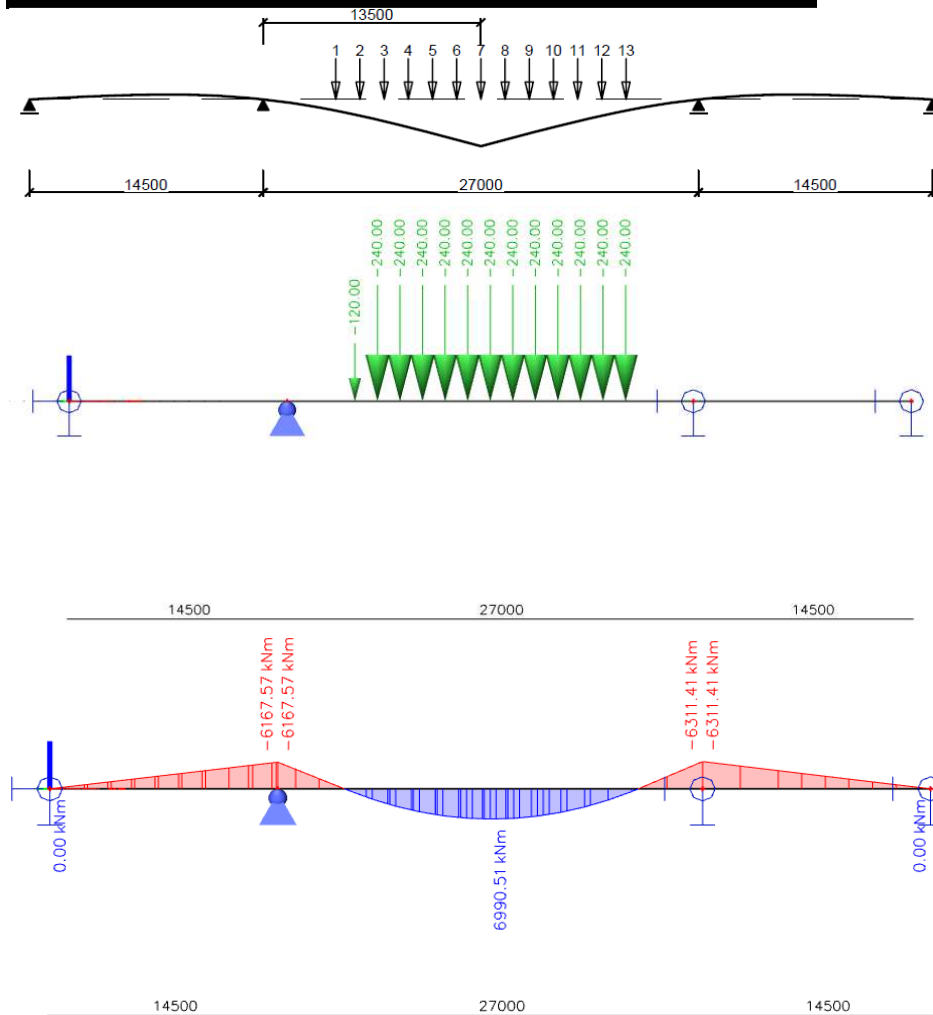
Pilíř 2 - nájezd od opěry 4					
l [m]	x [m]	R [kN]	F1 [kN]	Fi [kN]	x/l
27	16.875	3000	120	240	0.625
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu		
2040	<	1875.000	9		
	>				



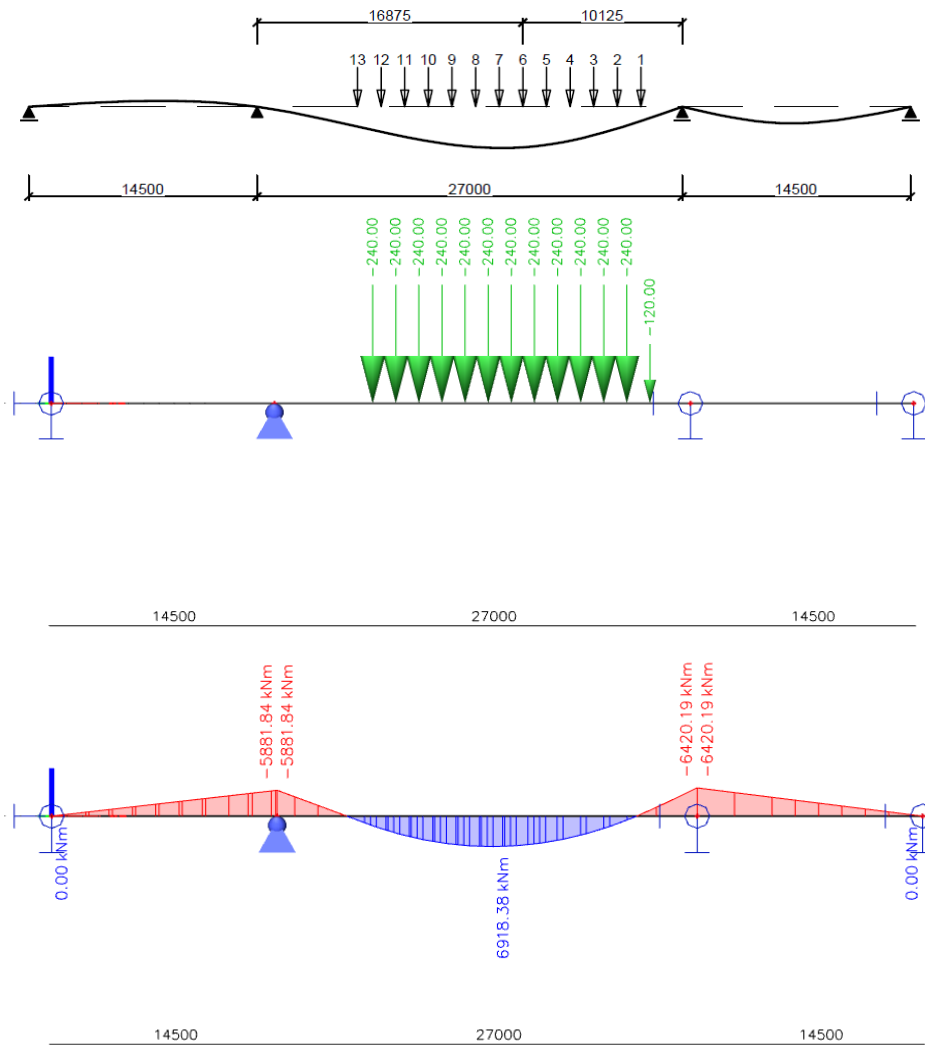
Pole 2 - nájezd od opěry 1					
l [m]	x [m]	R [kN]	F1 [kN]	Fi [kN]	x/l
27	13.5	3000	120	240	0.500
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu		
1560	<	1500.000	7		
	>				



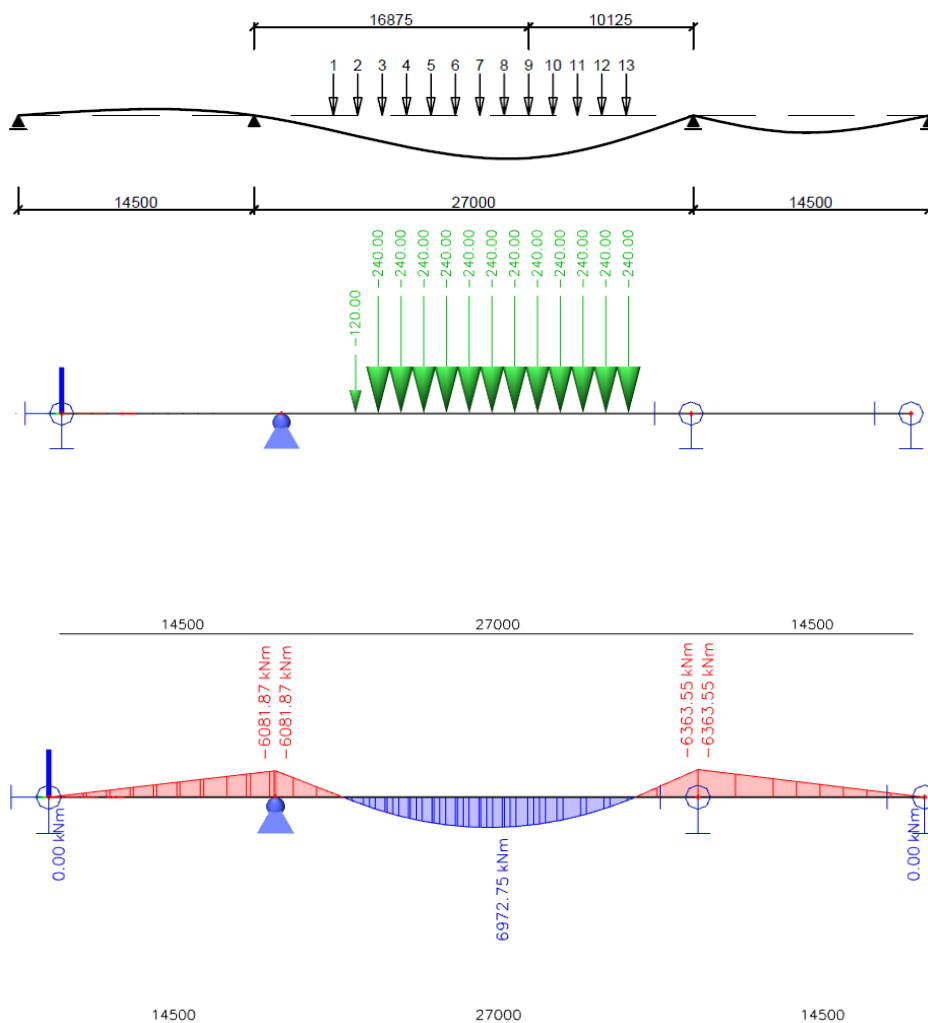
Pole 2 - nájezd od opěry 4					
l [m]	x [m]	R [kN]	F1 [kN]	Fi [kN]	x/l
27	13.5	3000	120	240	0.500
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu		
1560	<	1500.000	7		
	>				



Pilř 3 - nájezd od opěry 1					
l [m]	x [m]	R [kN]	F1 [kN]	Fi [kN]	x/l
27	10.125	3000	120	240	0.375
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu		
1320	<	1125.000	6		
	>				

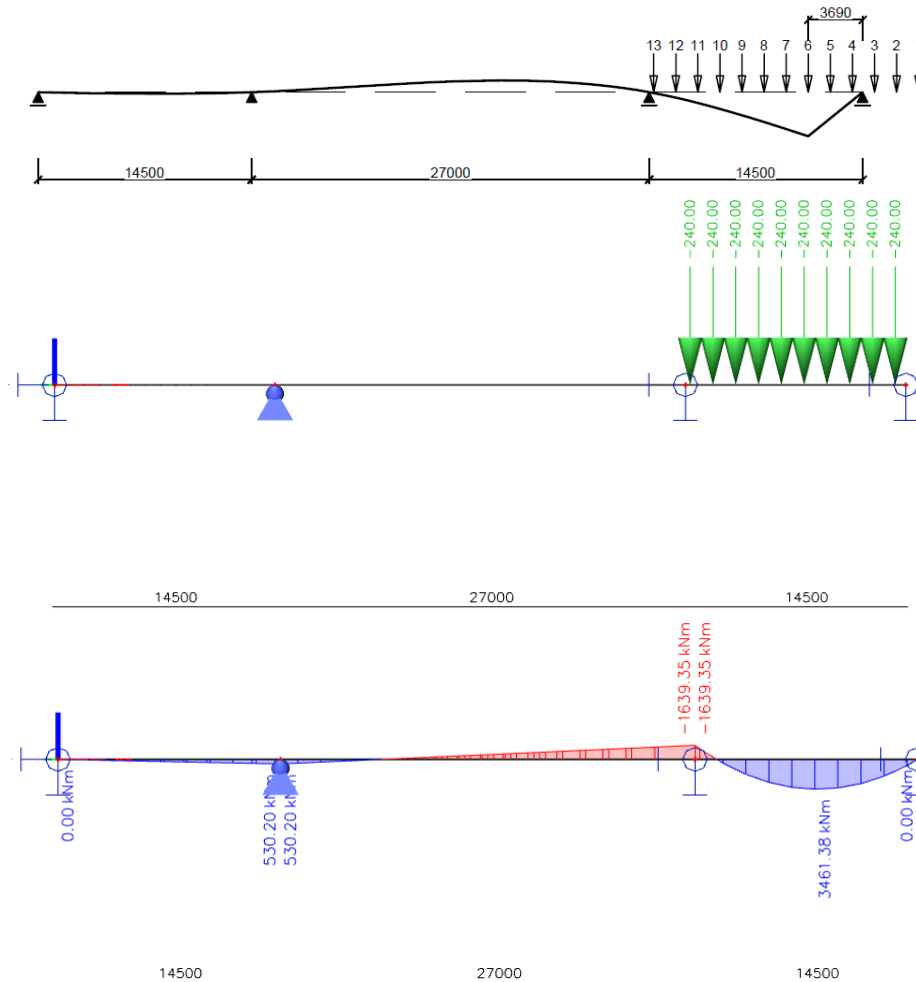


Pilíř 3 - nájezd od opěry 4					
l [m]	x [m]	R [kN]	F1 [kN]	Fi [kN]	x/l
27	16.875	3000	120	240	0.625
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu		
2040	<	1875.000	9		
	>				



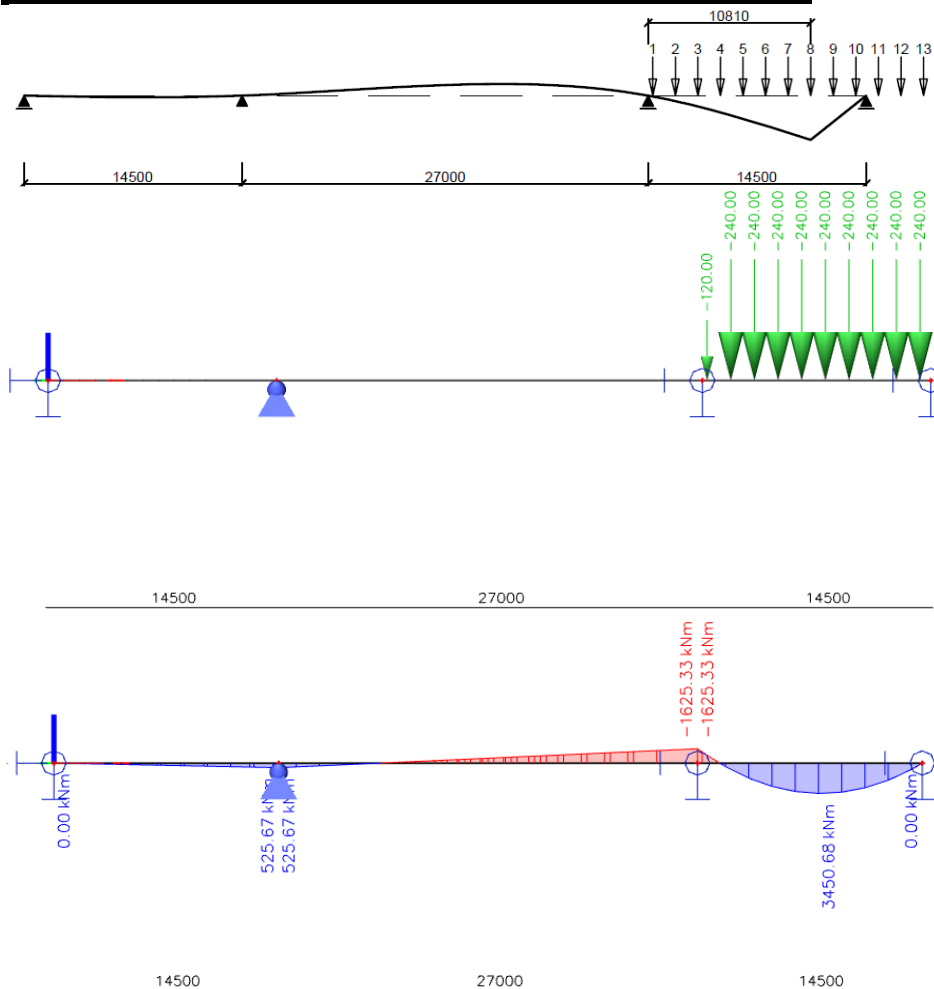
Pole 3 - nájezd od opěry 1					
l [m]	x [m]	R [kN]	F1 [kN]	Fi [kN]	x/l
14.5	3.69	2400	120	240	0.254
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu		
720	<	610.759	6		
	>				

Síly 1, 2 a 3 se při tomto stavu nachází mimo most a proto nebudou uvažovány



Pole 3 - nájezd od opěry 4					
l [m]	x [m]	R [kN]	F1 [kN]	Fi [kN]	x/l
14.5	10.81	2280	120	240	0.746
Fi [kN]		R*(x/l)	Síla na daném průřezu		
1800	<	1699.779	8		
	>				

Síly 13, 12 a 11 se při tomto stavu nachází mimo most a proto nebudou uvažovány

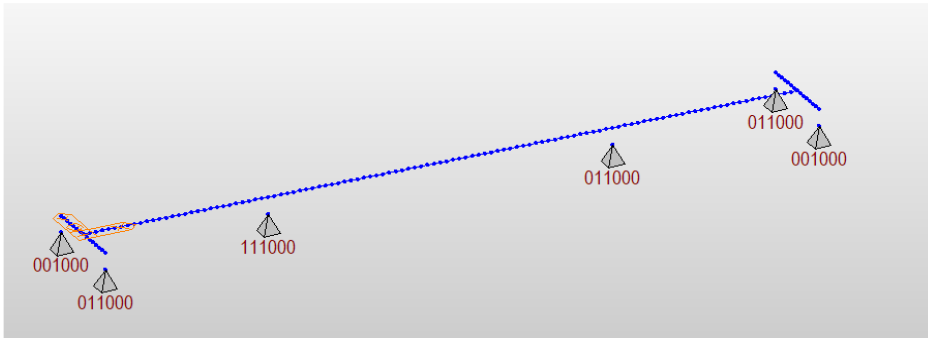


Výše je znázorněno pouze pár poloh zatížení. Celé pojezdy zatěžovacích soustav budou vypočteny v programu midas Civil.

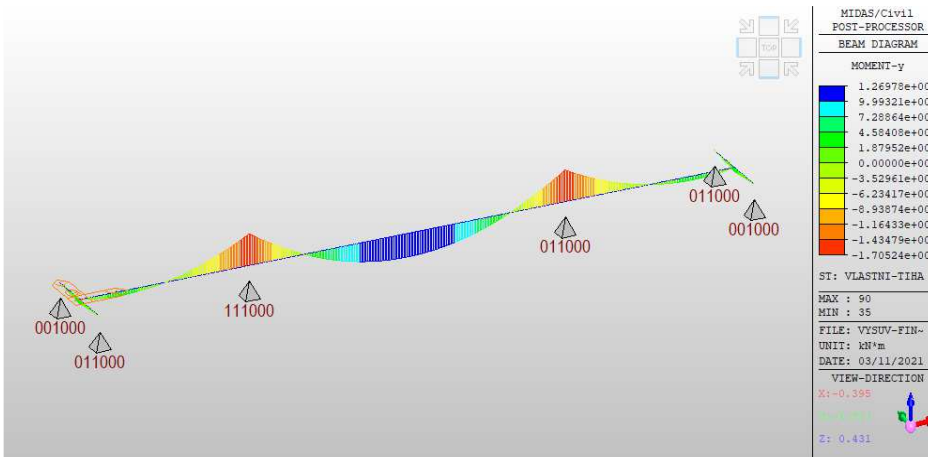
Numerický model v programu midas Civil

Druhý numerický model byl vytvořen ve výpočetním programu midas Civil. V tomto modelu bylo pracováno s mostem v definitivní pozici. Tento model byl zatížen stejně jako předešlý model vytvořený ve SCIA Engineer 20. Navíc byl dále zatížen pohyblivým zatížením LM 1, LM 3 a davem chodců (LM 4).

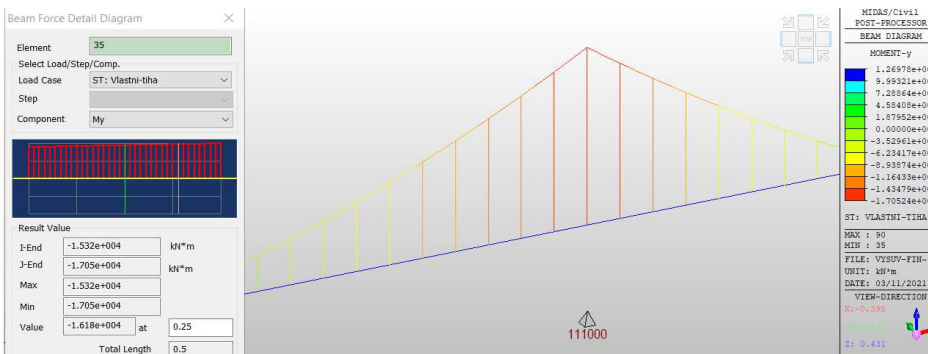
Model konstrukce



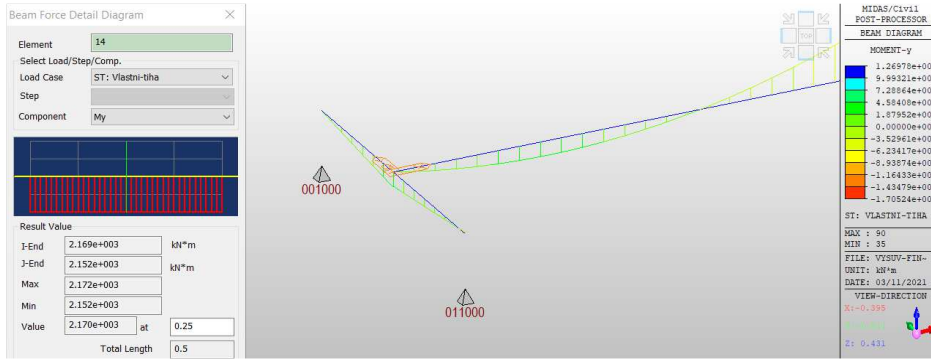
Zatížení vlastní tíhou



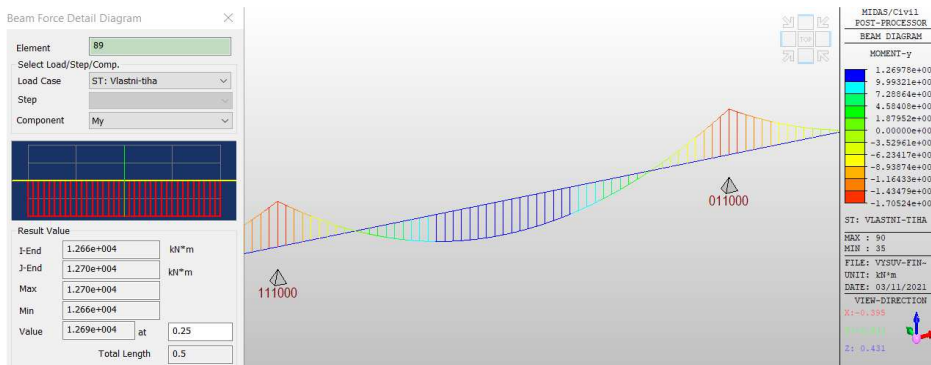
Moment nad podporou - vlastní tíha



Moment v krajním poli - vlastní tíha

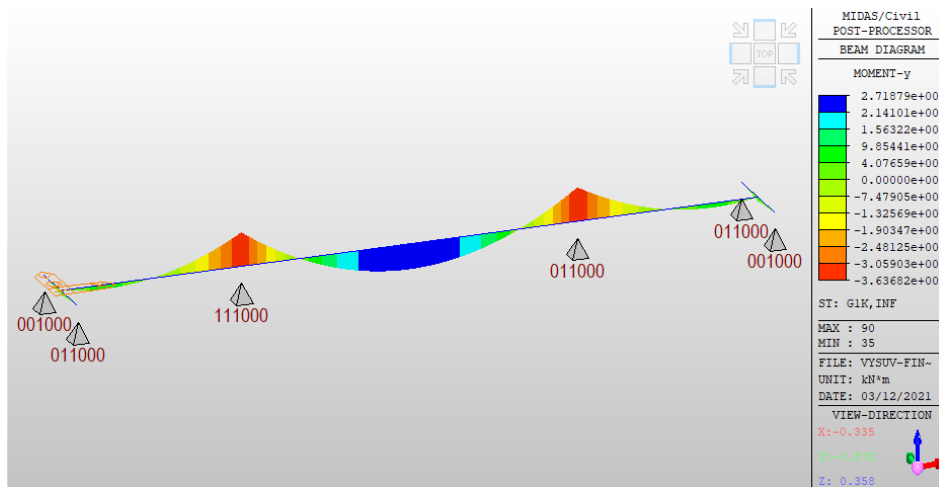


Moment ve středním poli - vlastní tíha



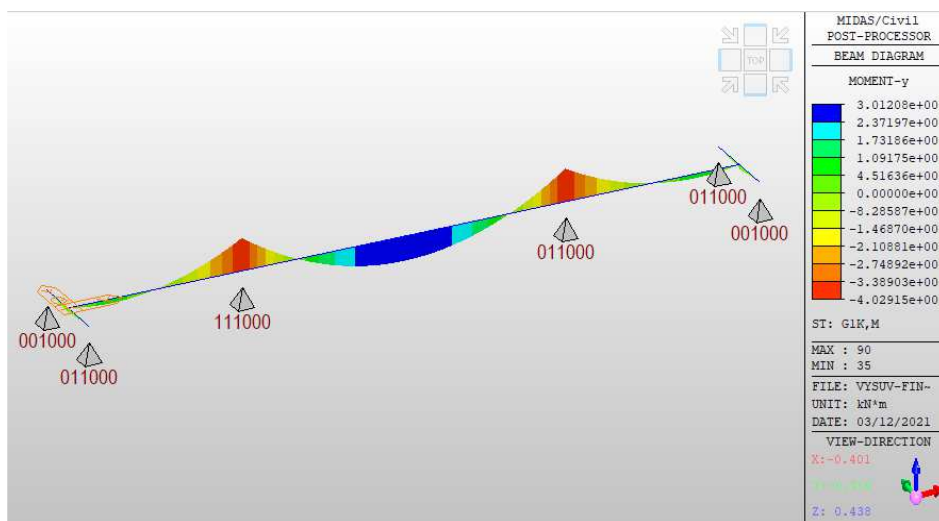
Pole 1			Pole 2		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
13	2168.6	3.50	89	12697.8	13.50
Pole 3					
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 3			
56	2168.6	11.00			
Pilíř 2			Pilíř 3		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
35	-17052.4	14.50	116	-17052.4	27.00

Zatížení g1k,inf



Pole 1			Pole 2		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
13	464.8	3.50	89	2718.8	13.50
Pole 3					
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 3			
56	464.8	11.00			
Pilř 2			Pilř 3		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
35	-3636.8	14.50	116	-3636.8	27.00

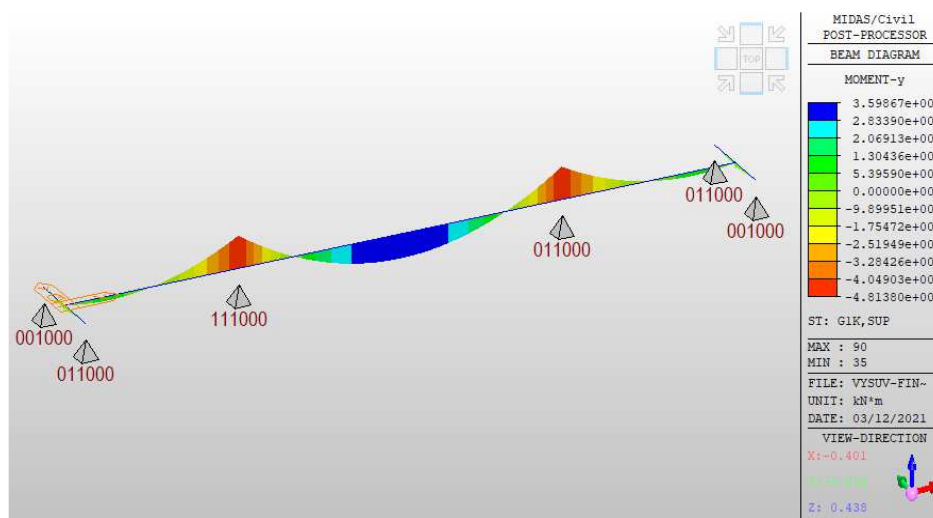
Zatížení g1k,m



Pole 1			Pole 2		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
13	514.9	3.50	89	3012.1	13.50

Pole 3			Pilíř 2			Pilíř 3		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 3	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
56	514.9	11.00	35	-4029.2	14.50	116	-4029.2	27.00

Zatížení g1k,sup



Pole 1			Pole 2		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
13	615.2	3.50	89	3598.7	13.50

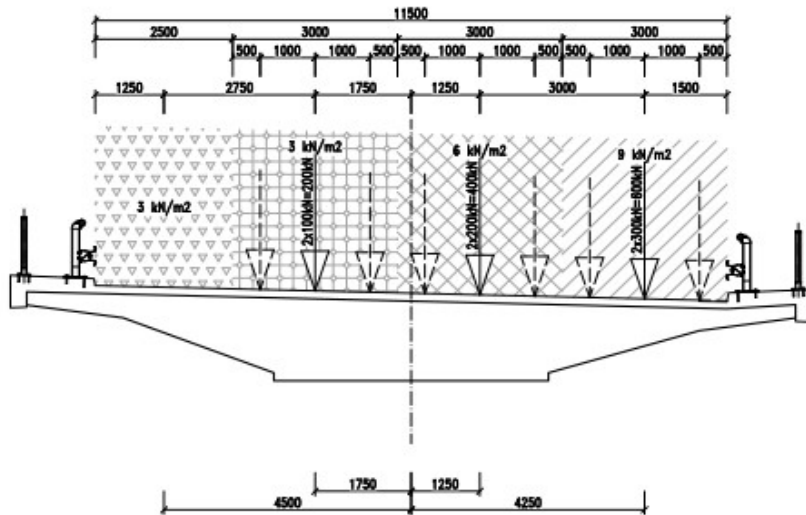
Pole 3		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 3
56	615.2	11.00

Pilíř 2			Pilíř 3		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
35	-4813.8	14.50	116	-4813.8	27.00

Porovnání výpočtů					
porovnání při zatížení g ₀					
Model/výpočet	Pole 1 [kNm]	Pilíř 2 [kNm]	Pole 2 [kNm]	Pilíř 3 [kNm]	Pole 3 [kNm]
referenční model midas Civil	2168.6	-17052.4	12697.8	-17052.4	2168.6
model SCIA Engineer 20.0	2288.2	-17584.6	13474.4	-17584.6	2288.2
odchylka od referenčního modelu	5.2%	3.0%	5.8%	3.0%	5.2%
ruční výpočet	2316.7	-17608.7	13450.3	-17608.7	2316.7
odchylka od referenčního modelu	6.4%	3.2%	5.6%	3.2%	6.4%

Zatížení dopravou - LM1

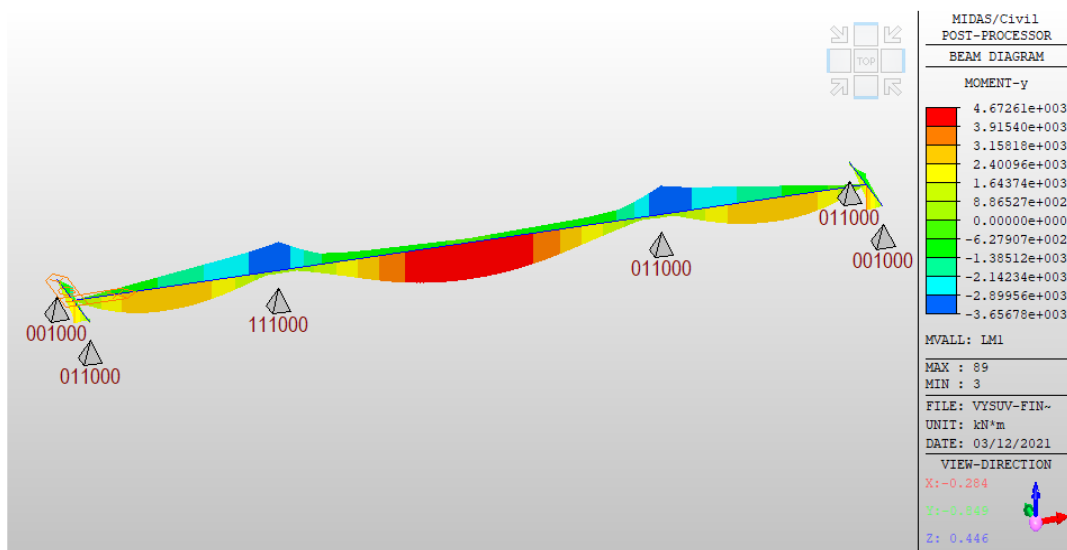
Pohyblivé zatížení je do programu midas Civil zadáváno již se součinitelem ψ
Schéma zatížení dopravou LM 1



Pruh	Zat. [kN/m ²]	b [m]	Char [kN/m]	Nápravový tlak [kN]	
1	9.00	3.00	27.00	300	300
2	6.00	3.00	18.00	200	200
3	3.00	3.00	9.00	100	100
4	3.00	2.50	7.50	0	0
Σ =			61.50	1200	

V zatížení je uvažováno zatížení chodníků 5 kN/m²

LM 1 obálka momentů

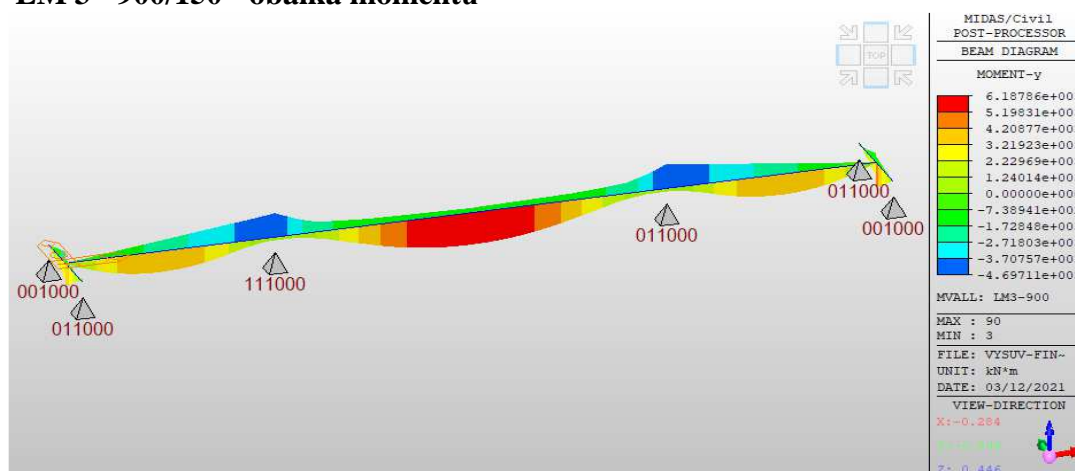


Momenty LM1 kladné

Pole 1			Pole 2		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
13	2450.2	3.50	89	4672.6	13.50
Pole 3					
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 3			
56	2634.1	11.00			
Pilíř 2			Pilíř 3		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
35	421.6	14.50	116	414.0	27.00

Momenty LM1 záporné

Pole 1			Pole 2		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
13	-810.8	3.50	89	-570.7	13.50
Pole 3					
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 3			
56	-933.8	11.00			
Pilíř 2			Pilíř 3		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
35	-3628.1	14.50	116	-3656.8	27.00

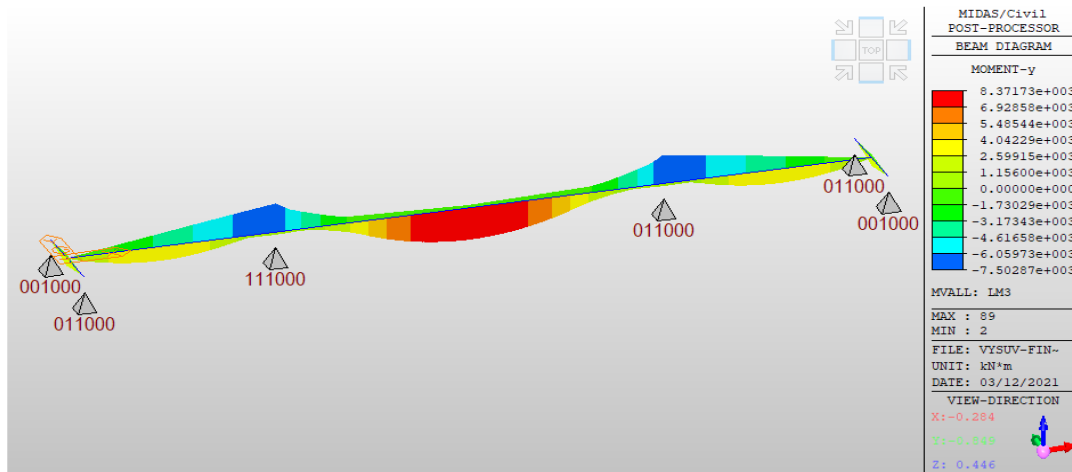
LM 3 - 900/150 - obálka momentů**Momenty LM3 - 900/150 kladné**

Pole 1			Pole 2		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
13	3198.8	3.50	89	6187.5	13.50
Pole 3					
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 3			
56	3436.5	11.00			
Pilíř 2			Pilíř 3		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
35	676.9	14.50	116	609.7	27.00

Momenty LM3 - 900/150 záporné

Pole 1			Pole 2		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
13	-1116.5	3.50	89	-936.8	13.50
Pole 3					
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 3			
56	-1286.3	11.00			
Pilíř 2			Pilíř 3		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
35	-4661.0	14.50	116	-4697.1	27.00

LM 3 - 3000/200 - obálka momentů



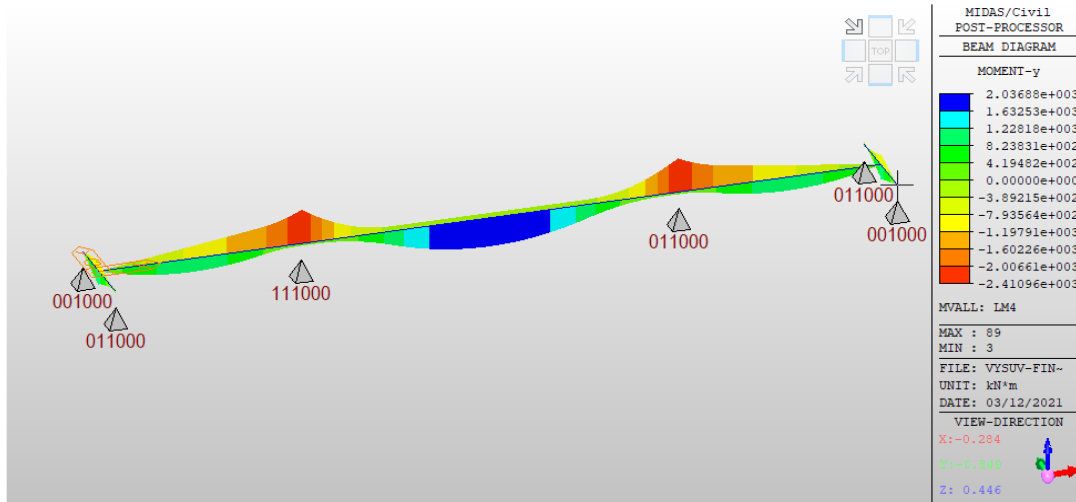
Momenty LM3 - 3000/200 kladné

Pole 1			Pole 2		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
13	2966.1	3.50	89	8371.7	13.50
Pole 3					
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 3			
56	3204.4	11.00			
Pilíř 2			Pilíř 3		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
35	700.9	14.50	116	700.9	27.00

Momenty LM3 - 3000/200 záporné

Pole 1			Pole 2		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
13	-1850.7	3.50	89	-803.8	13.50
Pole 3					
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 3			
56	-2115.0	11.00			
Pilíř 2			Pilíř 3		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
35	-7502.9	14.50	116	-7502.9	27.00

LM 4 - obálka momentů



Momenty LM4 - kladné

Pole 1			Pole 2		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
13	744.5	3.50	89	2036.9	13.50
Pole 3					
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 3			
56	807.8	11.00			
Pilíř 2			Pilíř 3		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
35	165.6	14.50	116	162.5	27.00

Momenty LM4 - záporné

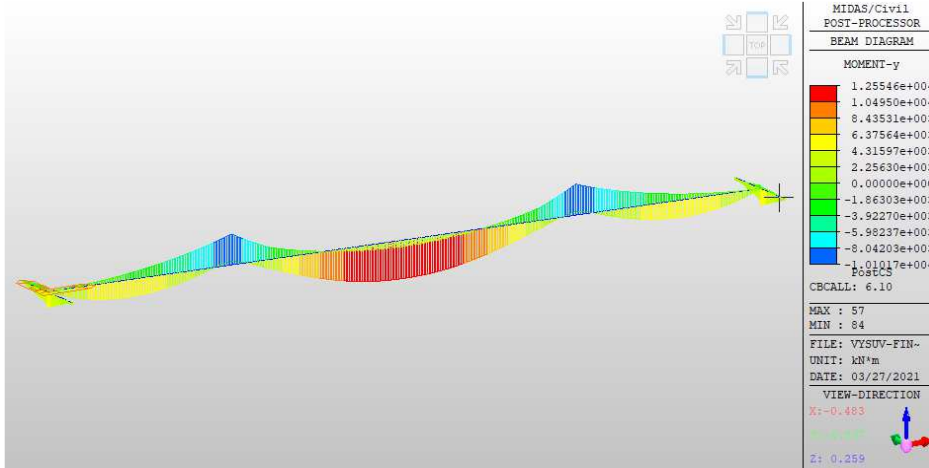
Pole 1			Pole 2		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
13	-457.1	3.50	89	-355.6	13.50
Pole 3					
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 3			
56	-795.0	11.00			
Pilíř 2			Pilíř 3		
Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od OP 1	Element	My [kNm]	vzdálenost elemntu od Pil 2
35	-2411.0	14.50	116	-2411.0	27.00

Kombinace zatížení - MSU

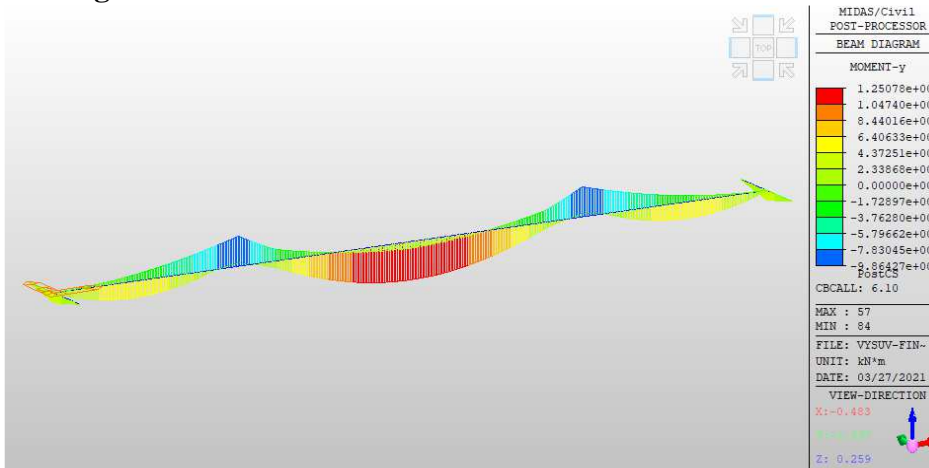
Obsah zatěžovacích soustav je uveden v kapitole 4.4.2

Obsah kombinací je uveden v kapitole 4.4.3.1

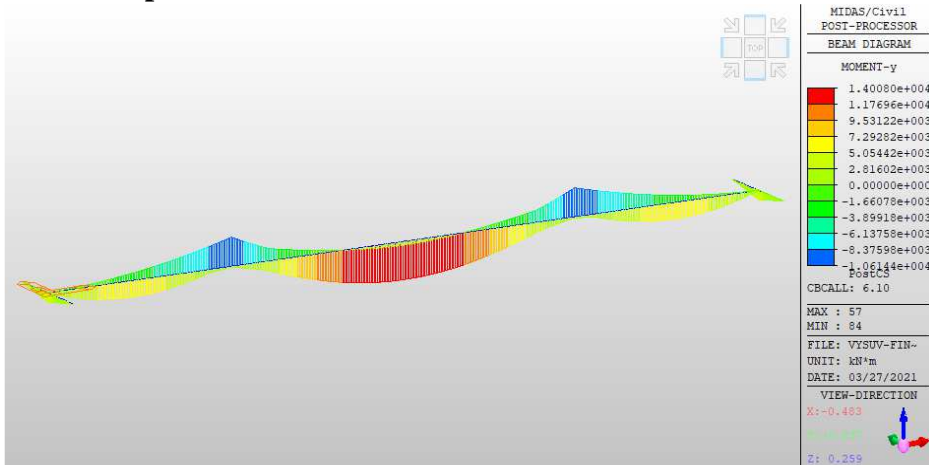
6.10a-gr1a



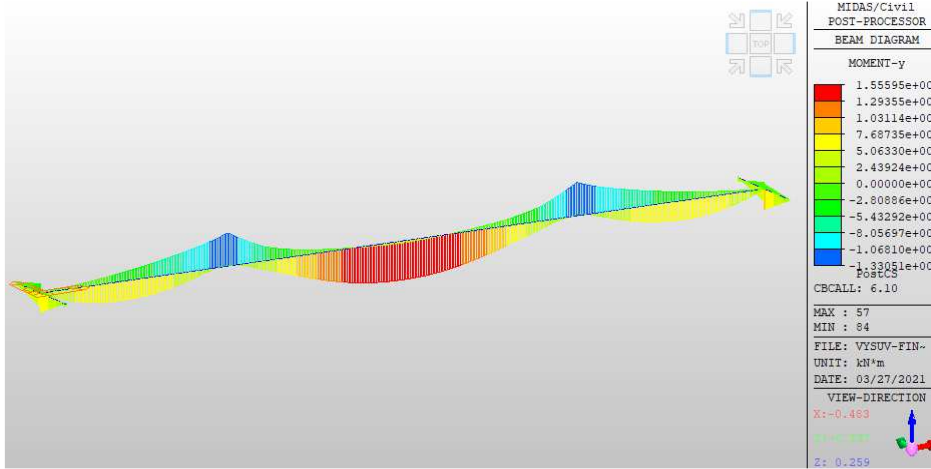
6.10a-gr5



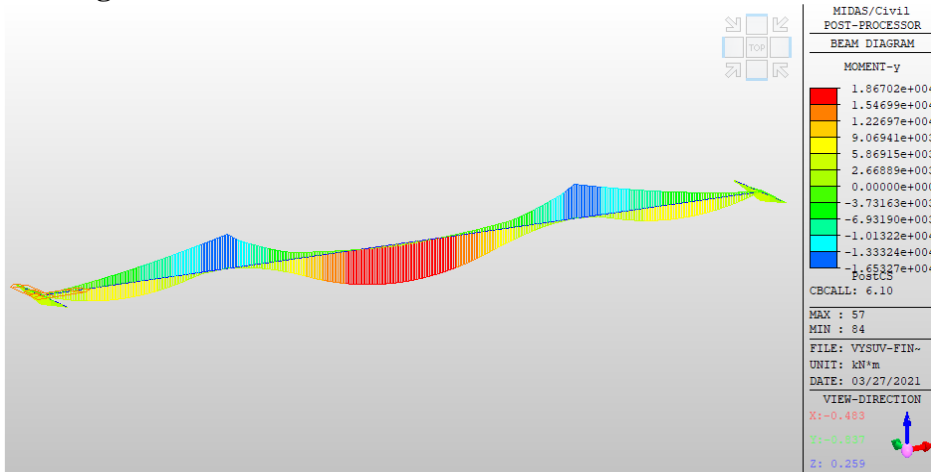
6.10a-temperature



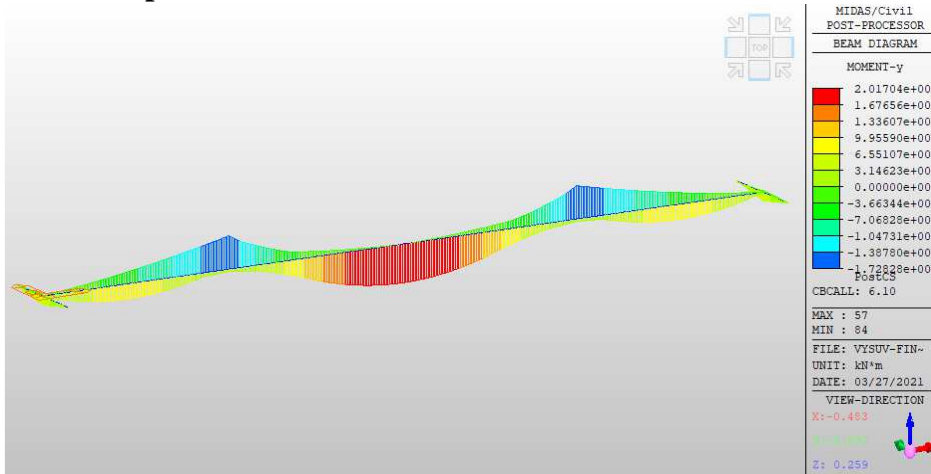
6.10b-gr1a



6.10b-gr5



6.10a-temperature

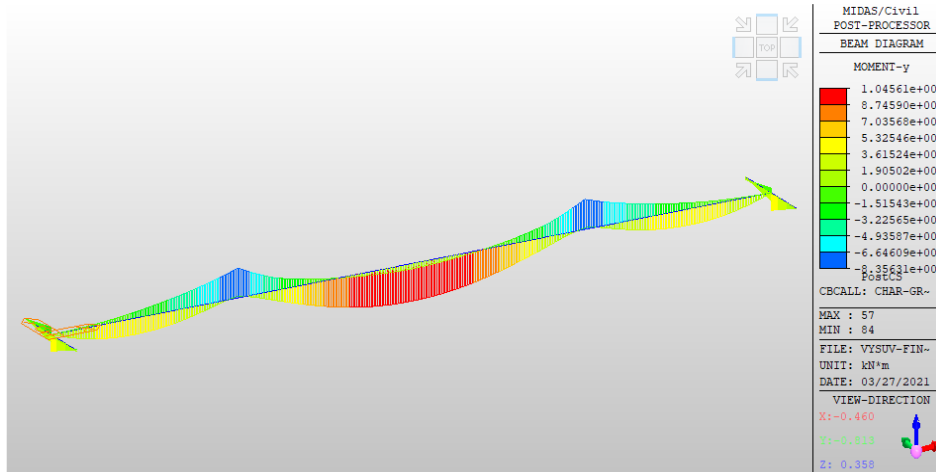


Kombinace zatížení - MSU

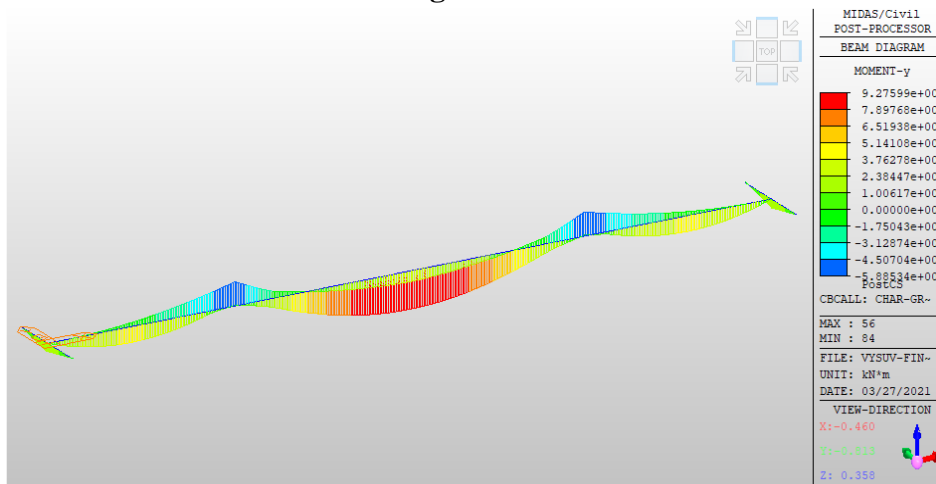
Obsah zatěžovacích soustav je uveden v kapitole 4.4.2

Obsah kombinací je uveden v kapitole 4.4.3.2

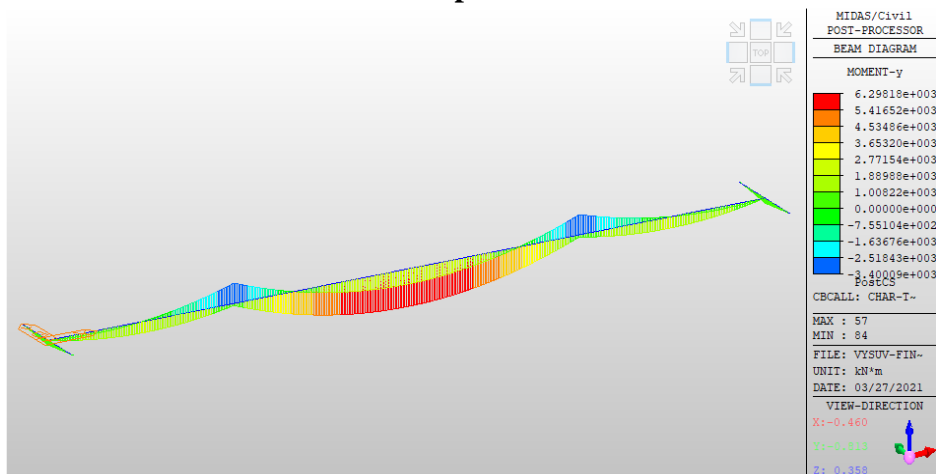
Charakteristická kombinace - gr1a



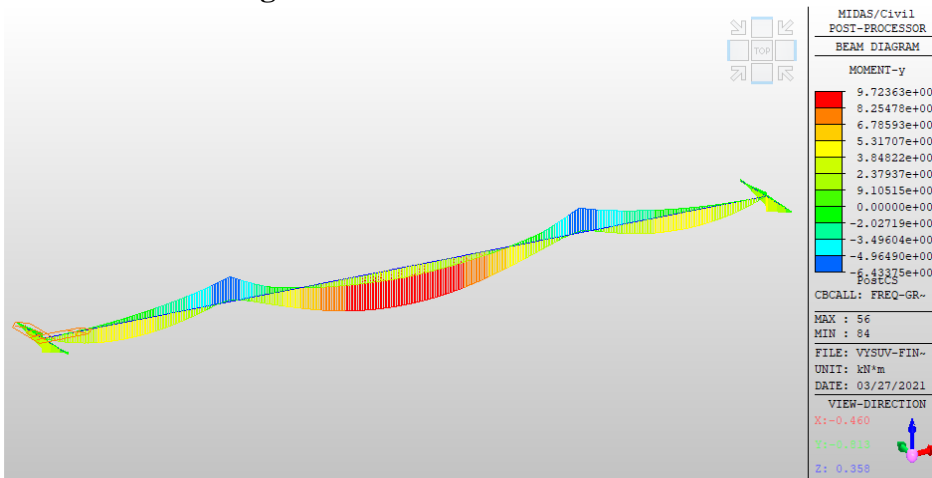
Charakteristická kombinace - gr5



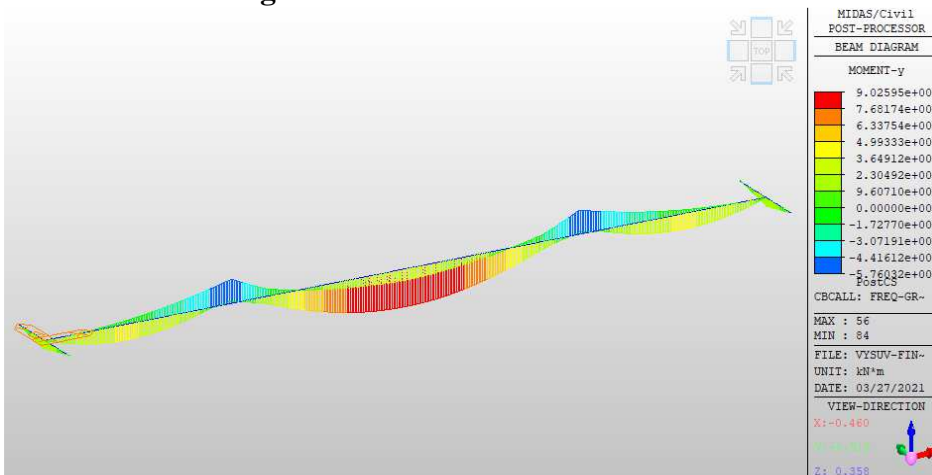
Charakteristická kombinace - teplota



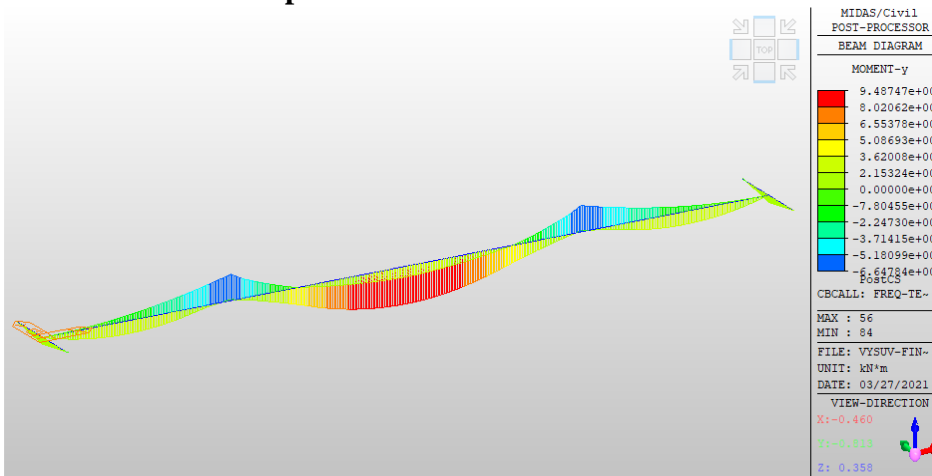
Čatá kombinace - gr1a



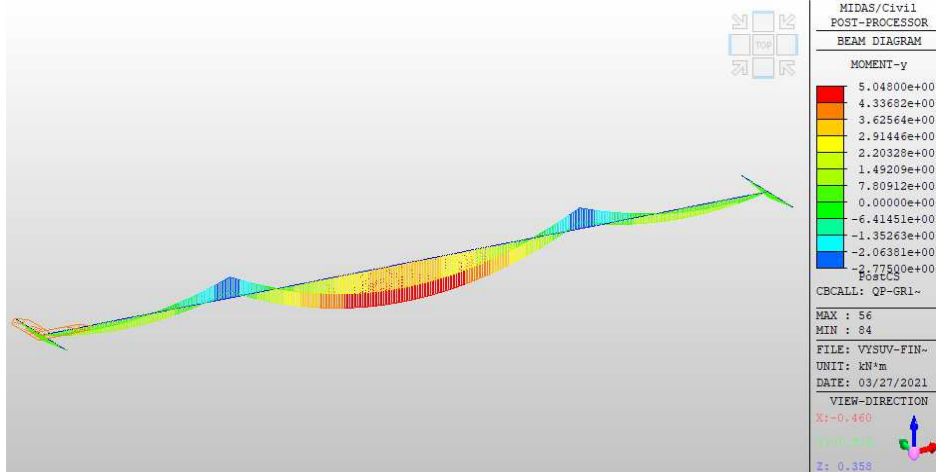
Čatá kombinace - gr5



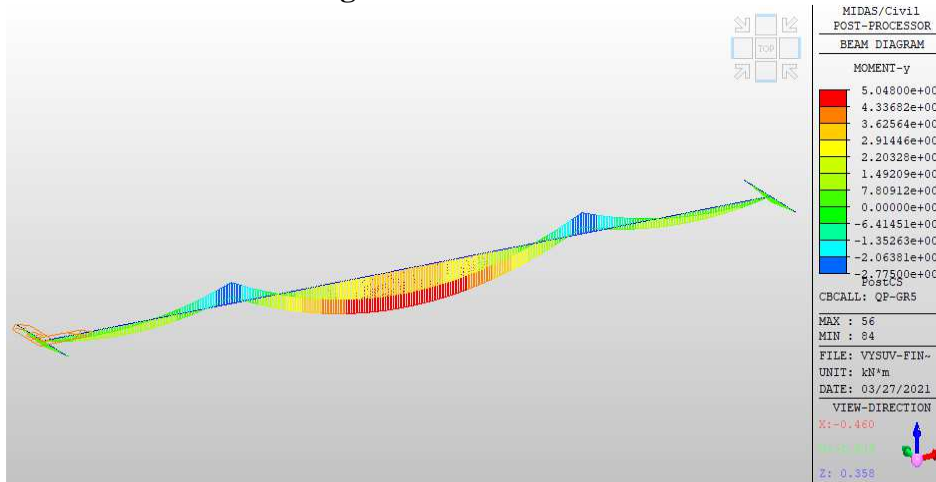
Čatá kombinace - teplota



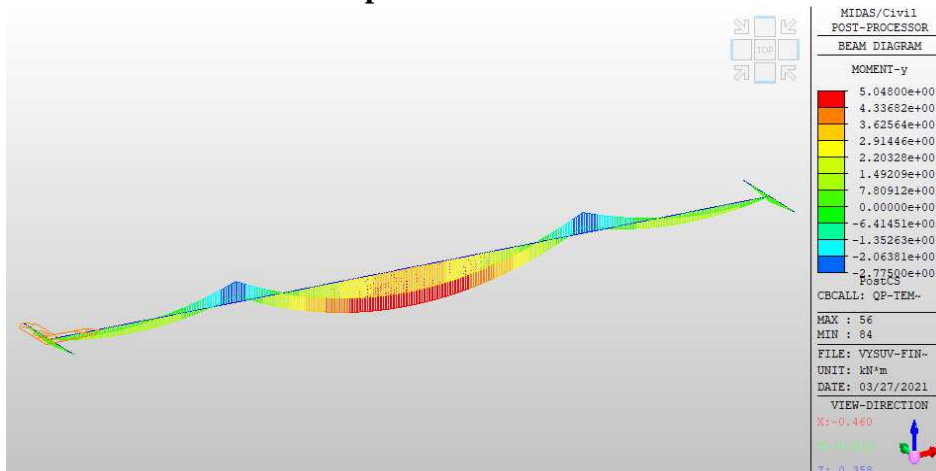
Kvazistálá kombinace - gr1a



Kvazistálá kombinace - gr5



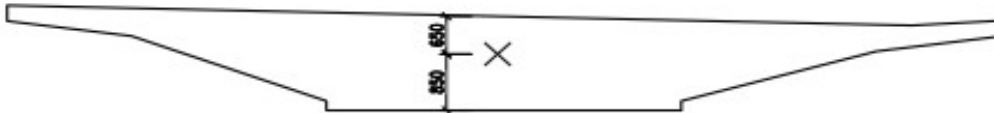
Kvazistálá kombinace - teplota



Návrh předpětí

Pole 1			Pole 2		
M_kvaz-PO1	3094.40	kNm	M_kvaz-PO2	17375.00	kNm
Piliř 2					
M_kvaz-PL2	-22297.0	kNm			

Poloha těžiště průřezu



Vzdálenost horních vláken průřezu = Z_{th} = 0.650 m

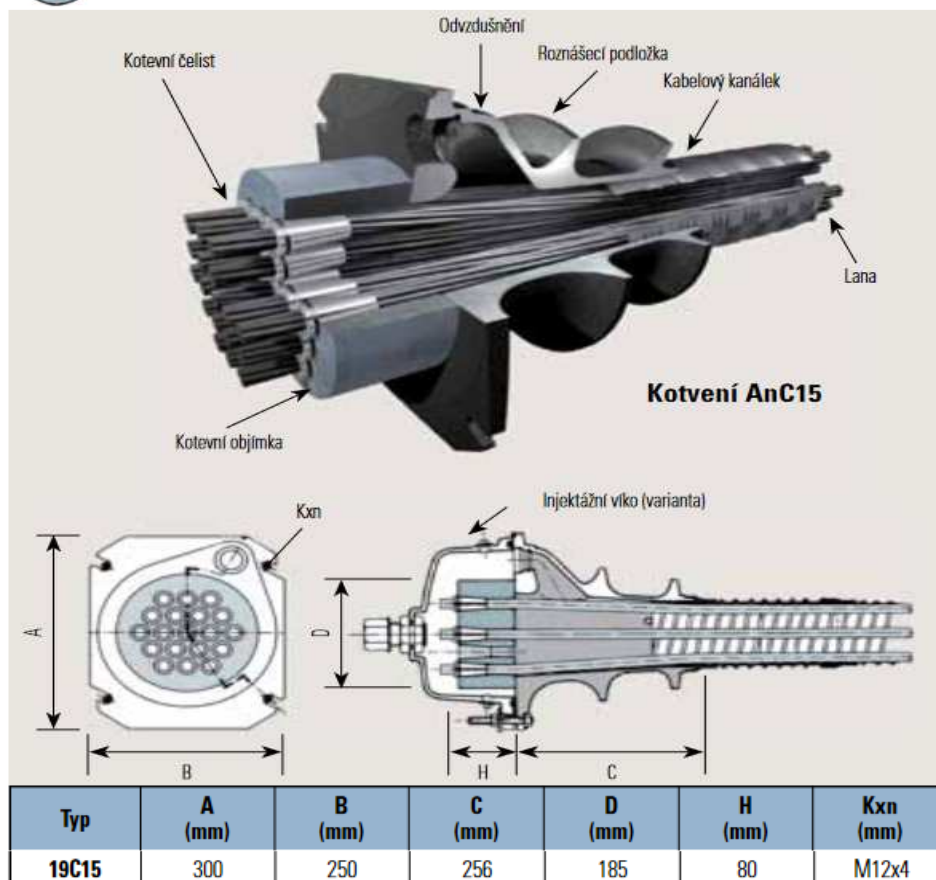
Vzdálenost dolních vláken průřezu = Z_{td} = 0.850 m

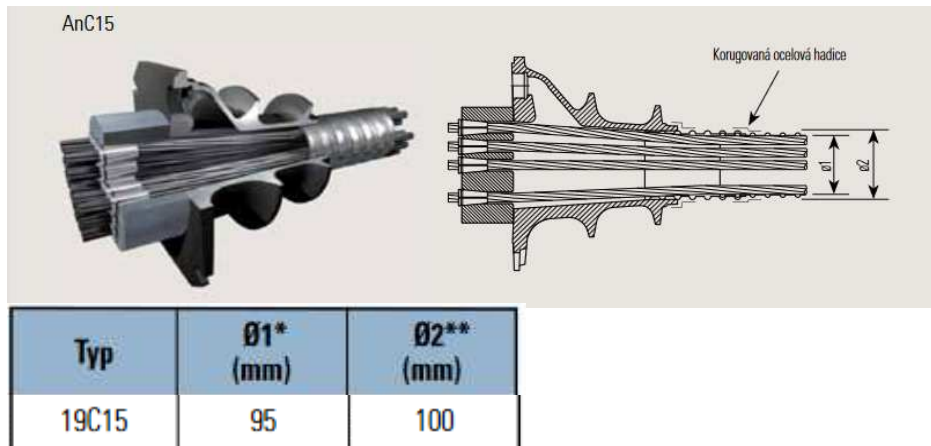
Navrhuji předpětí od firmy FREYSSINET CS, a.s. Návrhováno je předpětí Y 1860S7-15.7 s kotvami řady C. Bude použito 7 drátové hladké lano. Podklady viz: http://www.freyssinet.cz/gallery/predpinaci_system_freyssinet.pdf

Navrhuji typ 19C15.



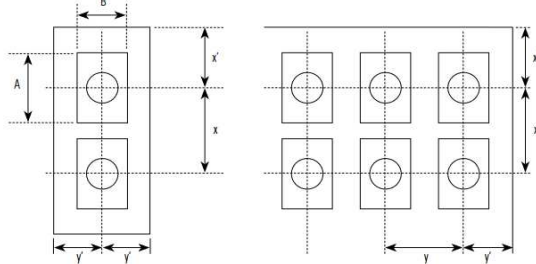
19C15





Typ	Ø1* (mm)	Ø2** (mm)
19C15	95	100

Rozmístění kotev předpětí



Rozměry x a y musí splňovat následující podmínky:
 $x \geq A + 30$ (mm)
 $y \geq B + 30$ (mm)
 $x \cdot y \geq a \cdot b$
 $x \geq 0,85 a$
 $y \geq 0,85 b$
 $x' \geq 0,5 x + \text{krytí betonu} - 10$ (mm)
 $y' \geq 0,5 y + \text{krytí betonu} - 10$ (mm)

Rozměry

a=	400	mm
b=	400	mm
A=	300	mm
B=	250	mm

Krytí výztuže na nonsné konstrukci	
Vliv prostředí:	XC4
	XD1
	XF3
Pevnostní třída betonu : C40/50	
C _{min} =	40 mm
C _{nom} =	50 mm

$x \geq A + 30$ [mm]	$x \geq$	330.0	mm	
$x \geq B + 30$ [mm]	$y \geq$	280.0	mm	
$x \cdot y \geq a \cdot b$	$x \cdot y \geq$	160000.0	mm	$x =$
$x \geq 0,85 \cdot a$	$x \geq$	340.0	mm	400
$x \geq 0,85 \cdot b$	$y \geq$	340.0	mm	$y =$
$x' \geq 0,5 \cdot x + C_{nom} - 10$	$x \geq$	210.0	mm	400
$y' \geq 0,5 \cdot y + C_{nom} - 10$	$y \geq$	210.0	mm	

Podmínky pro rozmístění

$x \geq$	400.0	mm
$y \geq$	400.0	mm
$x' \geq$	210.0	mm
$y' \geq$	210.0	mm

Předběžný návrh předpětí

Excentricity předpínacích kabelů		
Pole 1 - e_{p0-1}	0.640	m
Pilíř 2 - e_{p1-2}	0.380	m
Pole 2 - e_{p0-2}	0.640	m

h _{horní}	0.650	m
h _{dolní}	0.850	m
I _y	2.033	m ⁴

$$\sigma_{c,i,kvaz}^j = \frac{N_p}{A_c} + M_{i,kvaz} * \frac{h_i}{I_y} + N_p * e_{p,i} * \frac{h_i}{I_y}$$

$$\sigma_{c,i,kvaz}^j = 0$$

$$-\frac{M_{i,kvaz} * h_i}{I_y} = N_p \left(\frac{1}{A_c} + \frac{e_{p,i} * h_i}{I_y} \right)$$

$$-\frac{M_{i,kvaz} * h_i}{I_y} * \frac{1}{\left(\frac{1}{A_c} + \frac{e_{p,i} * h_i}{I_y} \right)} = N_p$$

$$\frac{h_{horní}}{I_y} = 0.3196 \text{ m3}$$

$$\frac{h_{dolní}}{I_y} = 0.4180 \text{ m3}$$

Pozice	$\sigma_{j,c,ikvaz}$	[M _{i,kvaz}][kNm]	h _i /I _y [m3]	e _{p,i} [m]	A _c [m ²]	N _{p,nut} [kN]
Pole 1	0	3094.400	0.4180	0.640	13.307	-3774.668
Pilíř 2	0	22297.000	0.3196	0.380		-36249.521
Pole2	0	17375.000	0.4180	0.640		-21194.694

Parametry předpětí		
f _{pk}	1860	MPa
D	15.7	mm
A	150	mm ²
hmotnost	1.172	kg/m
povrch	hladký	
f _{p0,1k}	246	kN
F _{pk}	279	kN
E	195000	MPa

$$f_{pd} = \frac{f_{p0.1k}}{1.15}$$

$$f_{pd} = 213.913 \text{ kN}$$

$$\sigma_{p,max} = \min(0.8 * f_{pk}; 0.9 * f_{p0.1k})$$

$$\sigma_{p,max} = \min(1488.0 \quad 1476.0) = 1476.0 \text{ MPa}$$

$$F_{p,max} = 221.4 \text{ kN}$$

Pozice	N _{p,nut} [kN]	$\sigma_{j,c,ikvaz}$	A _{p,nut} [mm ²]	n _{p,nut} [ks]	Počet lan	n _{kus} [kus]
Pole 1	-3774.668	1476.0	2557.4	18	19	1
Pilíř 2	-36249.521	1476.0	24559.3	164		9
Pole2	-21194.694	1476.0	14359.5	96		6

Navrhuji 9 ks 19-ti lanových kabelů.

Redukce excentricity v poli

$$e_{pi} = e_{p,i,max} * \frac{n_{p,nut,i}}{n_{p,prov}}$$

Pozice	e _{p,i,max} [m]	n _{p,nut} [kus]	n _{p,prov} [kus]	e _{p,p01} [m]
Pole 1	0.640	1	9	0.100
Pole 2	0.640	6	9	0.450

e_{p,i} [m]			
Od OP1 [m]	kam	e_{p,i} [m]	Vzdálenost od horních vláken
0.0	těžiště	0.000	0.650
6.5	dolu	0.100	0.750
14.5	nahoru	0.380	0.270
28	dolu	0.450	1.100
41.5	nahoru	0.380	0.270
49.5	dolu	0.100	0.750
56.0	těžiště	0.000	0.650

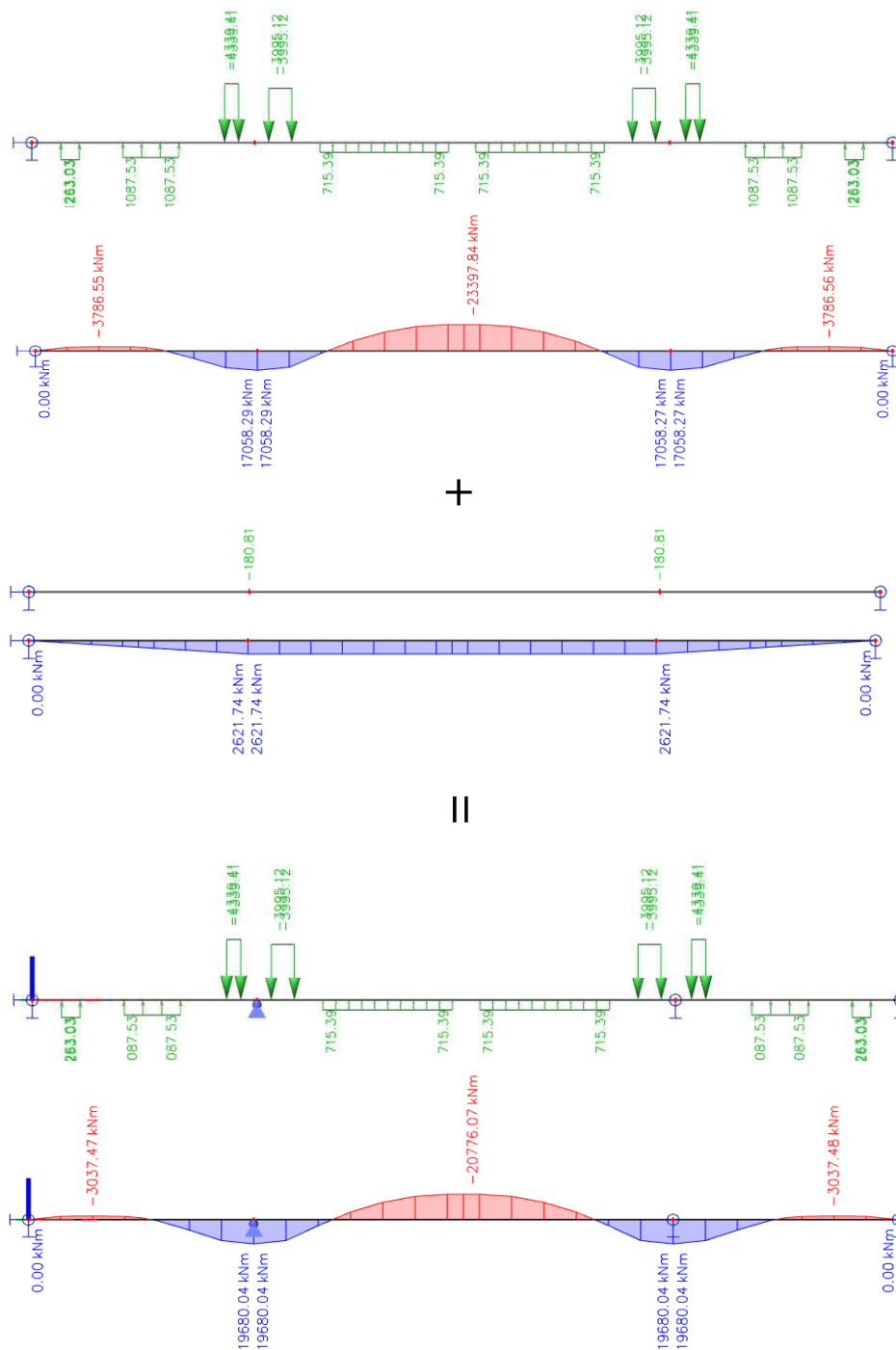
$$F_{i,p,max} = P_{max,přil} \cdot \left(\frac{e_{i-1}-e_i}{L_i} + \frac{e_{i+1}-e_i}{L_{i+1}} \right)$$

$$P_{max} = A_p \cdot \sigma_{p,max} ; A_p = n_{p,prov,kab} \cdot 150 ; \sigma_{p,max} - \text{viz mat. char.}$$

$$\sigma_{p,max} \text{ [MPa]} \quad A_p \text{ [mm}^2\text{]} \quad P_{max} \text{ [kN]}$$

$$1476.0 \quad 25650 \quad 37859.4$$

Pozice	e _i [m]		L _i [m]		F _i [kN]		L-obl [m]	F _p [kN/m]
	e _i	e _i	L _i	L _i	F _i	F _i		
Polygon 1	e0	0.000	L1	2.50	F0	1514.38	-	-
					F1	-1514.38	1.199	-1263.03
Polygon 2	e1	0.100	L2	5.25	F2	-3966.22	3.647	-1087.53
					F3	3966.22	0.914	4339.41
Polygon 3	e3	-0.450	L3	5.25	-	-	-	-
Polygon 4	-		L4	3.00	-	-	-	-
Polygon 5	e4		L5	6.90	F4	5980.69	1.497	3995.12
Polygon 6	-		L6	10.20	F5	-5980.69	8.360	-715.39
Polygon 7	e5	0.640	L7	6.90	F6	-5980.69	8.360	-715.39
					F7	5980.69	1.497	3995.12
Polygon 8	e7	-0.450	L8	3.00	-	-	-	-
Polygon 9	-		L9	5.25	F8	3966.22	0.914	4339.41
Polygon 10	e8		L10	5.25	F9	-3966.22	3.647	-1087.53
Polygon 11	-		L11	2.50	F10	-1514.38	1.199	-1263.03
Polygon 12	e9	0.100	L10	5.25	F11	1514.38	-	-
					F10	-1514.38	1.199	-1263.03
Polygon 13	e11	0.000	L11	2.50	-	-	-	-



Vnitřní síly s vlivem předpětí - kvazistálá kombinace

Pozice	N_p [kN]	M_p [kNm]	M_{kvaz} [kNm]	$M_{vysledny}$ [kNm]	Napětí [Mpa]
Pole 1	37859.4	-3037.5	3094.40	56.93	-2.821
Pilř 2	37859.4	19680.0	-22297.00	-2616.96	-2.009
Pole 2	37859.4	-20776.1	17375.00	-3401.07	-4.267
Pilř 3	37859.4	19680.0	-22297.00	-2616.96	-2.009
Pole 3	37859.4	-3037.5	3094.40	56.93	-2.821

Předpokládaná tahová pevnost betonu C40/50		
f_{ctmk}	3.5	Mpa
γ	1.5	-
α_{cc}	0.85	-
$f_{ctmd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ctmk}}{\gamma}$		
f_{ctmd}	2.333	Mpa

Pevnost betonu		
f_{ck}	40	MPa
γ	1.5	-
α_{cc}	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma}$		
f_{cd}	22.667	MPa

Pevnost betonu

Je uvažováno, že v betonu bude použit cement CEM 42.5 N (třída N)

Časový vývoj pevnosti dle normy ČSN EN 1992-1-1

Pevnosti pro betony v čase t=

$$3 < t < 28 \text{ [dny]} \quad f_{ck}(t) = f_{cm}(t) - 8 \text{ [MPa]}$$

$$t > 28 \text{ [dny]} \quad f_{ck}(t) = f_{ck}$$

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) * f_{cm}$$

$$f_{ctm}(t) = (\beta_{cc}(t))^{\alpha} * f_{ctm}$$

$$\beta_{cc}(t) = \exp\left\{s * \left[1 - \left(\frac{28}{t}\right)^{\frac{1}{2}}\right]\right\}$$

Jelikož byl most vystavěn pomocí metody postupného vysouvání, beton některých částí nosné konstrukce je již starší jak 21 dní. Nosná konstrukce bude posuzována s pevností betonu části která bude ve chvíli napínání kabelů nejmladší. Nejmladší část nosné konstrukce bude ve chvíli napínání kabelů spojitosti stará 21 dní.

Nosná konstrukce		
Fáze		
	f_{ck} [MPa]	40
	f_{cm} [MPa]	48
	f_{ctm} [MPa]	3.5
	s [-]	0.25
Nosné konstrukce	t [dny]=	21
	$\beta_{cc}(t=21 \text{ d.})$	0.962
	$f_{cm}(t=21 \text{ d.})$	46.179
	$f_{ck}(t=21 \text{ d.})$	38.179
	$f_{ctm}(t=21 \text{ d.})$	3.367

Podmínky dekomprese		
Kombinace zatížení	Podmínka 1	Podmínka 2
Kvazistálá kombinace	$ \sigma \leq 0.45 * f_{ck}(t)$	$\sigma \leq 0$
Charakteristická kombinace	$ \sigma \leq 0.6 * f_{ck}(t)$	$\sigma \leq f_{ctm}(t)$

Pole 1			Pole 2		
M_char-PO1	7344.70	kNm	M_char-PO2	25186.20	kNm
Pilíř 2					
M_char-PL2	-28792.7	kNm			

Vniřní síly s vlivem předpětí - charakteristická kombinace					
Pozice	N _p [kN]	M _p [kNm]	M _{char} [kNm]	M _{vysledny} [kNm]	Napětí [Mpa]
Pole 1	37859.4	-3037.5	7344.70	4307.23	-1.045
Pilíř 2	37859.4	19680.0	-28792.70	-9112.66	0.068
Pole 2	37859.4	-20776.1	25186.20	4410.13	-1.002
Pilíř 3	37859.4	19680.0	-28792.70	-9112.66	0.068
Pole 3	37859.4	-3037.5	7344.70	4307.23	-1.045

Ztráty předpětí

Krátkodobé ztráty t = 21

Ztráty pokluzem

$$\Delta\sigma_{sl} = -\varepsilon * E_p = -\frac{n * S_l}{L_v} * E_p$$

$$\text{Délka předpínací dráhy } L_v = 56.367 \text{ m}$$

$$\text{Modul pružnosti předpínací výztuže } E_p = 195000 \text{ MPa}$$

$$\text{Pokluz v kotvě } S_l = 0.005 \text{ m}$$

$$\text{Z kolika stran se bude napínat } n = 2$$

$$\Delta\sigma_{sl} = -34.595 \text{ MPa}$$

Ztráty krátkodobou relaxací

$$\Delta\sigma_{p,r,t=7} = -0.66 * \rho_{1000} * e^{9.1 * \mu} * \left(\frac{t}{1000}\right)^{0.75 * (1 - \mu)} * 10^{-5} * (\sigma_{p,max} - \Delta\sigma_{sl})$$

$$\mu = \frac{\sigma_{p,max}}{f_{pk}}$$

$$\sigma_{p,max} = 1476.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_p = 1441.4 \text{ MPa}$$

$$t = 168 \text{ h}$$

$$f_{pk} = 1860 \text{ MPa}$$

$$\rho_{1000} = 2.5 \%$$

$$\mu = 0.794$$

$$\Delta\sigma_{p,r,t=21} = -24.6879 \text{ MPa}$$

Ztráty třením

$$\Delta\sigma_{\mu} = P_{max} * (1 - e^{-\mu(\theta+k*x)})$$

$$P_{max} = 37859.4 \text{ kN}$$

$$\Theta = 31 \text{ g}$$

$$x = 28.0589 \text{ m}$$

$$k = 1.104819 \text{ g/m}$$

$$\mu = 0.19 \text{ -}$$

Tabulka 5.1 – Součinitele tření μ dodatečně napínané vnitřní předpínací vložky a vnější nesoudržné předpínací vložky

	Vnitřní předpínací vložky ¹⁾	Vnější nesoudržné předpínací vložky			
		ocelové kanálky bez maziva	HDPE kanálky bez maziva	Ocelové kanálky s mazivem	HDPE kanálky s mazivem
Dráty tažené za studena	0,17	0,25	0,14	0,18	0,12
Lana	0,19	0,24	0,12	0,16	0,10
Žebírkové tyče	0,65	–	–	–	–
Hladké kruhové tyče	0,33	–	–	–	–

¹⁾ Pro předpínací vložky, které vyplní asi polovinu kanálku.

Převzato z normy CSN EN 1992-1-1 [5.1]

$$\Delta\sigma_{\mu} = 37.85911 \text{ MPa}$$

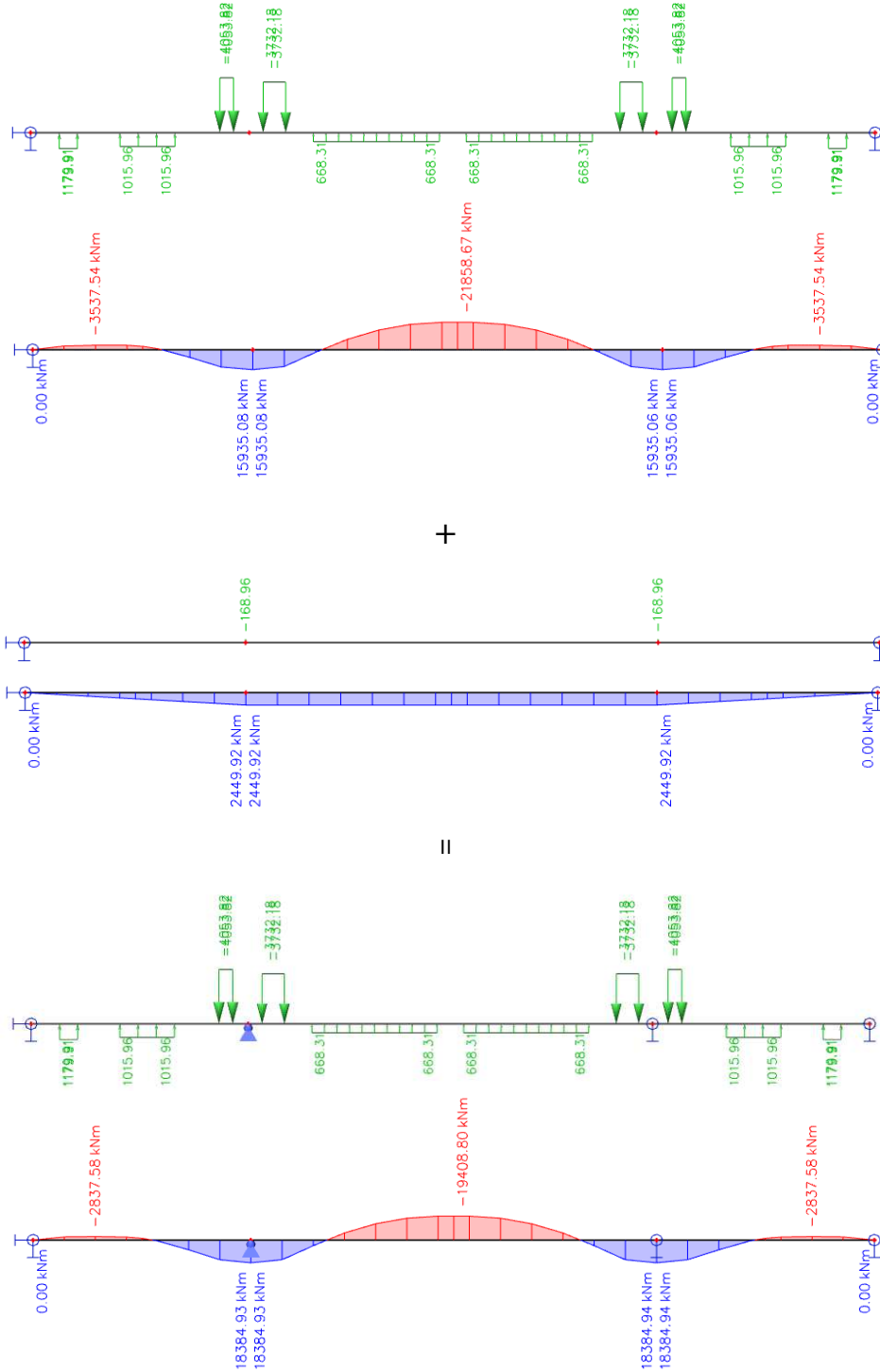
Napětí v předpínací vložce po krátkodobých ztrátách				
$\sigma_{p,max}$ [Mpa]	$\Delta\sigma_{sl}$ [Mpa]	$\Delta\sigma_{p,t=21}$ [Mpa]	$\Delta\sigma_{\mu}$ [Mpa]	$\sigma_{p,0}$ [Mpa]
1476.0	-34.6	-24.6879	-37.8591	1378.858

Přepoččet vlivu předpětí po krátkodobých ztrátách

σ_{p0} [MPa] A_p [mm²] P_{max} [kN]
 1378.9 25650 35367.71

Pozice	e_i [m]		L_i [m]		F_i [kN]		L_{obl} [m]	F_p [kN/m]
Polygon 1	e0	0.000	L1	2.50	F0	1414.71	-	-
Polygon 2	e1	0.100	L2	5.25	F1	-1414.71	1.199	-1179.91
	e2				F2	-3705.19	3.647	-1015.96
Polygon 3	e3	-0.450	L3	5.25	F3	3705.19	0.914	4053.82
Polygon 4			-	L4	3.00	-	-	-
Polygon 5	e4	-0.450	L5	6.90	F4	5587.07	1.497	3732.18
Polygon 6					F5	-5587.07	8.360	-668.31
Polygon 7	e5	0.640	L6	10.20	F6	-5587.07	8.360	-668.31
Polygon 8	e6				F7	5587.07	1.497	3732.18
Polygon 9	e7	-0.450	L7	6.90	-	-	-	-
Polygon 10					-	F8	3705.19	0.914
Polygon 11	e8	0.100	L9	5.25	F9	-3705.19	3.647	-1015.96
Polygon 12	e9		L10	5.25	F10	-1414.71	1.199	-1179.91
Polygon 13	e10	0.000	L11	2.50	F11	1414.71	-	-
	e11							

Účinky předpětí po krátkodobých ztrátách



Vnitřní síly s vlivem předpětí - kvazistálá kombinace

Pozice	N_p [kN]	M_p [kNm]	M_{kvaz} [kNm]	$M_{vysledny}$ [kNm]	Napětí [Mpa]
Pole 1	35367.71	-2837.6	3094.40	256.82	-2.550
Pilíř 2	35367.71	18384.9	-22297.00	-3912.07	-1.407
Pole 2	35367.71	-19408.8	17375.00	-2033.80	-3.508
Pilíř 3	35367.71	18384.9	-22297.00	-3912.07	-1.407
Pole 3	35367.71	-2837.6	3094.40	256.82	-2.550

Vnitřní síly s vlivem předpětí - charakteristická kombinace

Pozice	N_p [kN]	M_p [kNm]	M_{char} [kNm]	$M_{vysledny}$ [kNm]	Napětí [Mpa]
Pole 1	35367.71	-2837.6	7344.70	4507.12	-0.774
Pilíř 2	37859.40	18384.9	-28792.70	-10407.77	0.482
Pole 2	37859.40	-19408.8	25186.20	5777.40	-0.430
Pilíř 3	37859.40	18384.9	-28792.70	-10407.77	0.482
Pole 3	37859.40	-2837.6	7344.70	4507.12	-0.774

Ověření podmínek

pro $t = 21$ dní

		$f_{ck}(21 \text{ dní})$	38.179 MPa		$f_{ctm}(21 \text{ dní})$	3.367 MPa
		Pozice	Vlákna	$M_i + M_p$ [kNm]	σ_i [Mpa]	Ověření podmínek
				$ \sigma \leq 0.45 * f_{ck}(t)$	$\sigma \leq 0$	
Kvazistálá kombinace	Pole 1	horní	256.8	-2.740	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
		dolní		-2.550	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
	Pilíř 2	horní	-3912.1	-1.407	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
		dolní		-4.293	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
	pole 2	horní	-2033.8	-3.308	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
		dolní		-3.508	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
	Pilíř 3	horní	-3912.1	-1.407	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
		dolní		-4.293	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
	Pole 3	horní	256.8	-2.740	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
		dolní		-2.550	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>

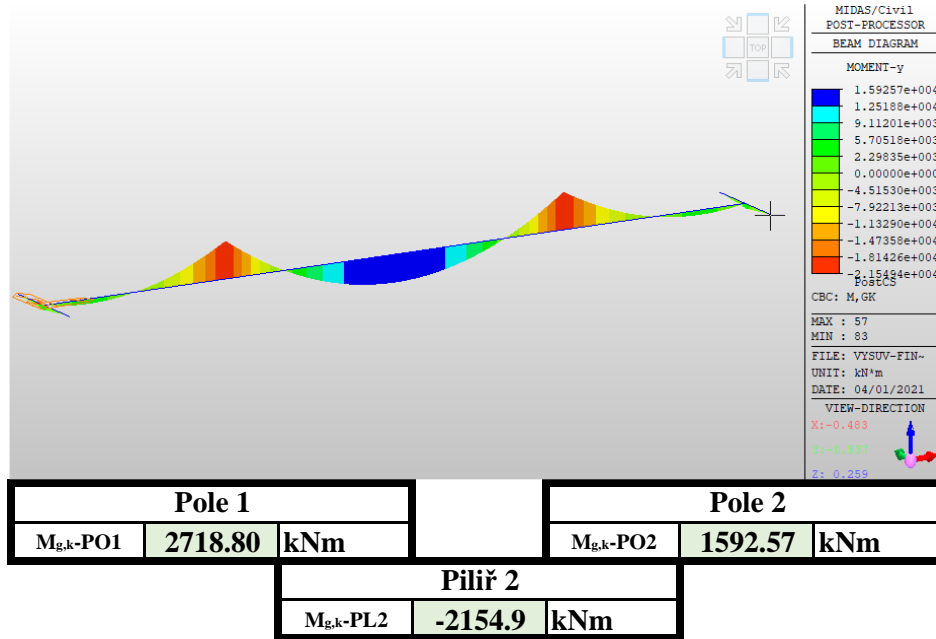
	Pozice	Vlákna	$M_i + M_p$ [kNm]	σ_i [Mpa]	Ověření podmínek	
					$ \sigma \leq 0.6 * f_{ck}(t)$	$\sigma \leq f_{ctm}(t)$
Charakteristická kombinace	Pole 1	horní	4507.1	-4.099	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
		dolní		-0.774	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
	Pilíř 2	horní	-10407.8	0.482	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
		dolní		-7.008	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
	pole 2	horní	5777.4	-0.811	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
		dolní		-0.430	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
	Pilíř 3	horní	-10407.8	0.482	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
		dolní		-7.008	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
	Pole 3	horní	4507.1	-4.099	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
		dolní		-0.774	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>

Ztráty předpětí

Dlouhodobé ztráty $t = 36500$ dní = 100 let

Ztráta dotvarování betonu

ohybové momenty od vlastní tíhy nosné konstrukce - g_0



Napětí od stáلهho zatížení

Pozice	N_p [kN]	M_p [kNm]	$M_{g,k}$ [kNm]	$M_{vysledny}$ [kNm]	Napětí [Mpa]
Pole 1	35367.71	-2837.6	2718.80	-118.78	-2.707
Piliř 2	35367.71	18384.9	-2154.94	16229.99	-7.846
Pole 2	35367.71	-19408.8	1592.57	-17816.23	-10.105
Piliř 3	35367.71	18384.9	-2154.94	16229.99	-7.846
Pole 3	35367.71	-2837.6	2718.80	-118.78	-2.707

$$\Delta\sigma_{p,c} = E_p * \frac{\sigma_{cp}^{g+p}}{E_c(t = 21)} * \rho(36500,21)$$

$$E_p = 195000 \text{ MPa}$$

$$E_c(t) = 34596.26 \text{ MPa}$$

$$h_0 = \frac{2 * A_c}{u}$$

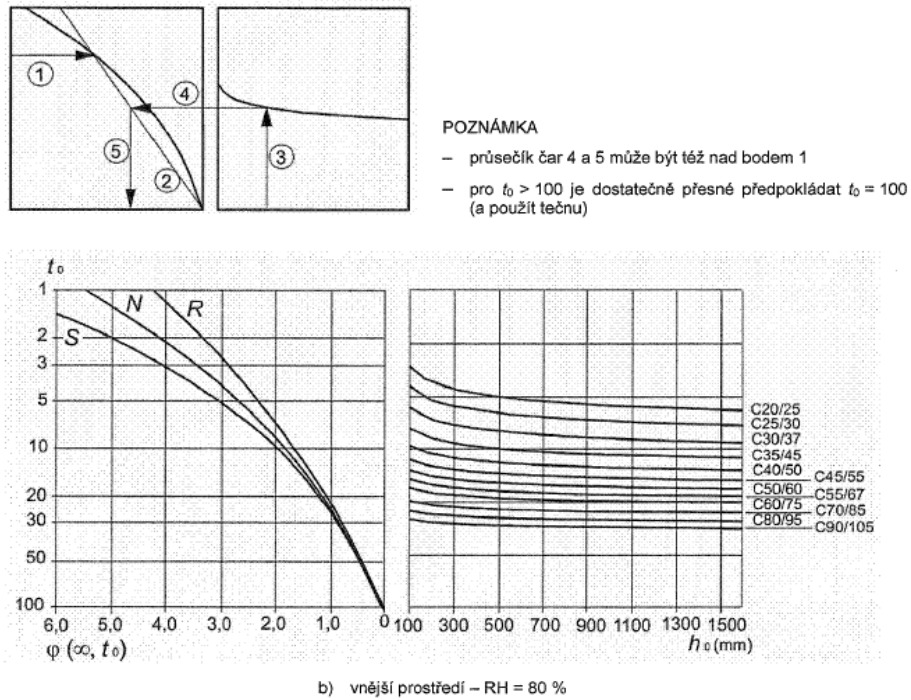
$$A_c = 13.3069 \text{ m}^2$$

$$u = 29.0486 \text{ m}$$

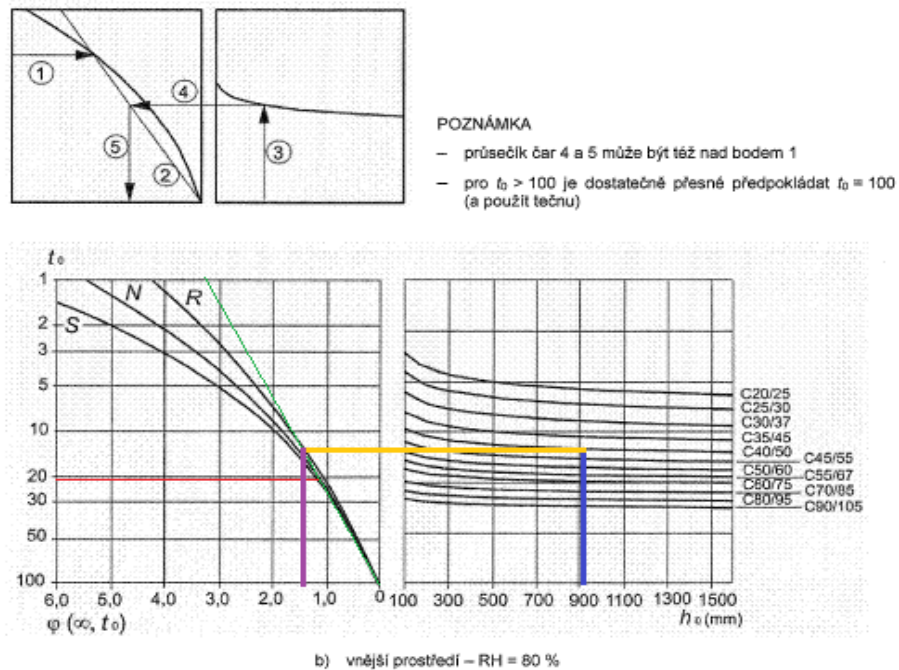
$$h_0 = 916.182 \text{ mm}$$

$$\sigma_{cp}^{g+p} = -10.105 \text{ MPa}$$

Určení součinitele ρ (36500,21)



Převzato z normy CSN EN 1992-1-1 [3.1]



Obrázek 3.1 – Postup stanovení součinitele dotvarování $\varphi(\infty, t_0)$ pro beton uložený v běžném prostředí

$$\rho_{(36500,21)} = 1.4$$

$$\Delta\sigma_{pc} = -79.739 \text{ MPa}$$

Ztráta smrštění betonu

$$\Delta\sigma_{p,s} = E_p * \varepsilon_c^s(t)$$

$$\varepsilon_c^s(t) = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) * k_h * \varepsilon_{cd,0}$$

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0.04 * \sqrt{h_0^3}}$$

$$\varepsilon_{cd,0} = 0.85 * \left[(220 + 110 * \alpha_{ds1}) * \exp\left(-\alpha_{ds2} * \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}\right) \right] * 10^{-6} * \beta_{RH}$$

$$\beta_{RH} = 1.55 * \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right]$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca}(36500)$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5})$$

$$t = 36500 \text{ dny}$$

$$t_s = 21 \text{ dny}$$

$$\alpha_{ds1} = 4$$

$$\alpha_{ds2} = 0.12$$

$$RH = 60 \%$$

$$RH_0 = 100 \%$$

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

Tabulka 3.2 – Jmenovité hodnoty neomezeného poměrného smrštění vysycháním $\varepsilon_{cd,0}$ (v ‰) betonu s cementem CEM třídy N

$f_{cd}/f_{ck,cube}$ (MPa)	Relativní vlhkost (v ‰)					
	20	40	60	80	90	100
20/25	0,62	0,58	0,49	0,30	0,17	0,00
40/50	0,48	0,46	0,38	0,24	0,13	0,00
60/75	0,38	0,36	0,30	0,19	0,10	0,00
80/95	0,30	0,28	0,24	0,15	0,08	0,00
90/105	0,27	0,25	0,21	0,13	0,07	0,00

Převzato z normy ČSN EN 1992-1-1 [3.2]

$$\varepsilon_{cd,0} = 0.38 \%$$

Tabulka 3.3 – Hodnoty k_h ve vztahu (3.9)

h_0 (mm)	k_h
100	1,0
200	0,85
300	0,75
≥ 500	0,70

Převzato z normy CSN EN 1992-1-1 [3.3]

$$k_h = 0.7$$

$$\begin{aligned}\beta_{as}(36500) &= 1 \\ \varepsilon_{ca}(36500) &= 0.000075 \\ \varepsilon_{ca}(t) &= 0.000075\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta_{RH} &= 1.2152 \\ \varepsilon_{cd,0} &= 0.000602\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta_{ds}(t,ts) &= 0.970489 \\ \varepsilon_{cd,0} &= 0.000409\end{aligned}$$

$$\varepsilon_c^S(t) = 0.001011$$

$$\Delta\sigma_{ps} = \mathbf{197.0671 \text{ MPa}}$$

Ztráty dlouhodobou relaxací

$$\Delta\sigma_{p,r,t=7} = -0.66 * \rho_{1000} * e^{9.1*\mu} * \left(\frac{t}{1000}\right)^{0.75*(1-\mu)} * 10^{-5} * (\sigma_{p,max} - \Delta\sigma_{sl})$$

$$\mu = \frac{\sigma_{p,max}}{f_{pk}}$$

$$\begin{aligned}\sigma_p &= 1378.9 \text{ MPa} \\ t &= 876000 \text{ h} \\ f_{pk} &= 1860 \text{ MPa} \\ \rho_{1000} &= 2.5 \text{ \%}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu &= 0.741 \\ \Delta\sigma_{p,r,t=21} &= \mathbf{-72.0506 \text{ MPa}}\end{aligned}$$

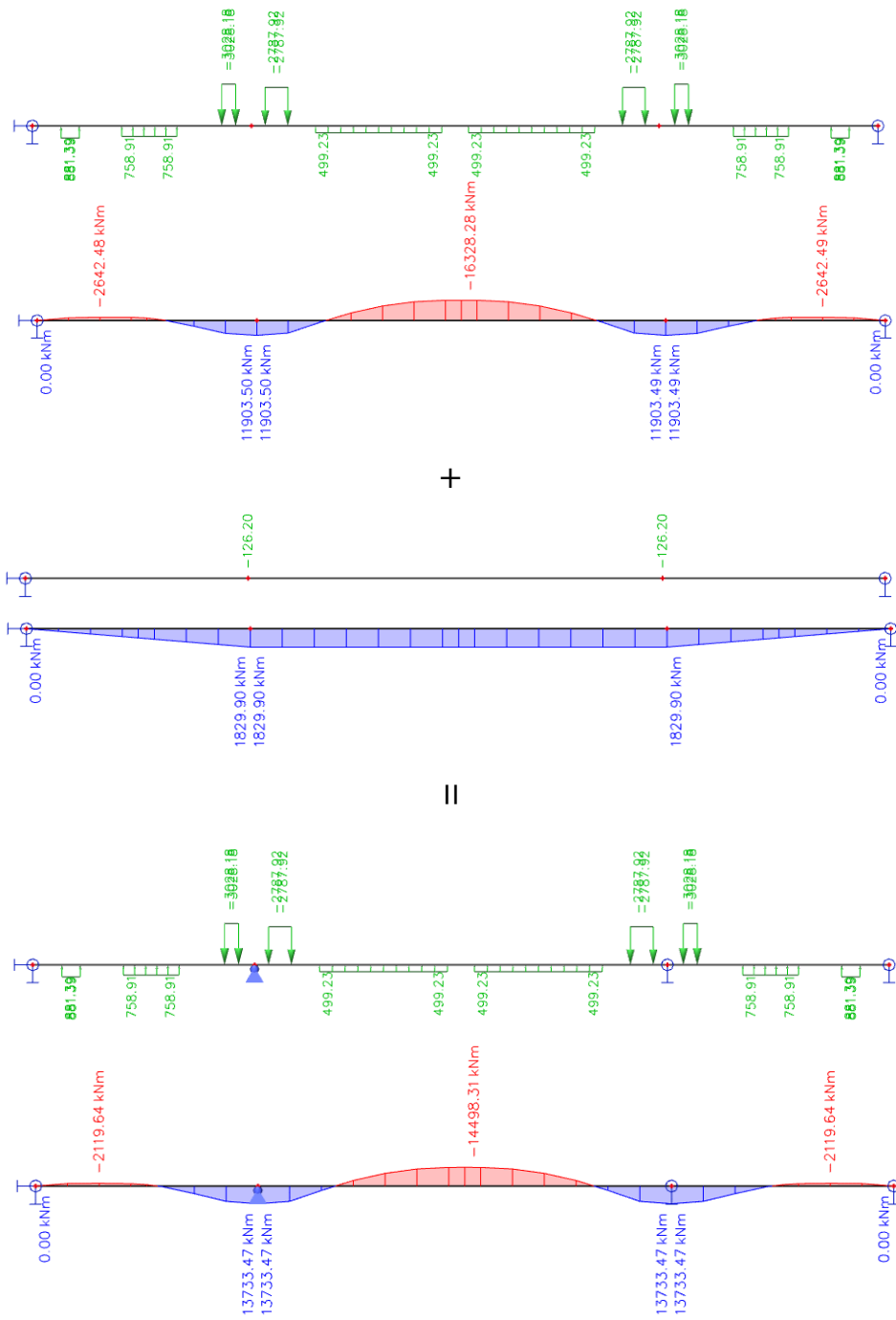
Napětí na konci životnosti

$$\sigma_{p,36500} = \mathbf{1030.002 \text{ MPa}}$$

Přepoččet vlivu předpětí na konci životnosti

σ_{p0} [MPa] A_p [mm²] P_{max} [kN]
 1030.0 25650 26419.54

Pozice	e_i [m]		L_i [m]		F_i [kN]		L_{obl} [m]	F_p [kN/m]
Polygon 1	e0	0.000	L1	2.50	F0	1056.78	-	-
Polygon 2	e1	0.100	L2	5.25	F1	-1056.78	1.199	-881.386
	e2				F2	-2767.76	3.647	-758.915
Polygon 3	e3	-	L3	5.25	F3	2767.76	0.914	3028.185
Polygon 4			L4	3.00	-	-	-	-
Polygon 5	e4	-0.450	L5	6.90	F4	4173.52	1.497	2787.924
Polygon 6					F5	-4173.52	8.360	-499.225
Polygon 7	e5	0.640	L6	10.20	F6	-4173.52	8.360	-499.225
	e6				F7	4173.52	1.497	2787.924
Polygon 8	e7	-	L7	6.90	-	-	-	-
Polygon 9			L8	3.00	F8	2767.76	0.914	3028.185
Polygon 10	e8	-0.450	L9	5.25	F9	-2767.76	3.647	-758.915
Polygon 11					F10	-1056.78	1.199	-881.386
Polygon 12	e9	0.100	L10	5.25	F11	1056.78	-	-
	e10				-	-	-	
Polygon 13	e11	0.000	L11	2.50	-	-	-	-



Vnitřní síly s vlivem předpětí - kvazistálá kombinace

Pozice	N_p [kN]	M_p [kNm]	M_{kvaz} [kNm]	$M_{vysledny}$ [kNm]	Napětí [Mpa]
Pole 1	26419.54	-2119.6	3094.40	974.76	-1.578
Pilíř 2	26419.54	13733.5	-22297.00	-8563.53	0.752
Pole 2	26419.54	-14498.3	17375.00	2876.69	-0.783
Pilíř 3	26419.54	13733.5	-22297.00	-8563.53	0.752
Pole 3	26419.54	-2119.6	3094.40	974.76	-1.578

Vnitřní síly s vlivem předpětí - charakteristická kombinace

Pozice	N_p [kN]	M_p [kNm]	M_{char} [kNm]	$M_{vysledny}$ [kNm]	Napětí [Mpa]
Pole 1	26419.54	-2119.6	7344.70	5225.06	0.199
Pilíř 2	26419.54	13733.5	-28792.70	-15059.23	2.828
Pole 2	26419.54	-14498.3	25186.20	10687.89	2.482
Pilíř 3	26419.54	13733.5	-28792.70	-15059.23	2.828
Pole 3	26419.54	-2119.6	7344.70	5225.06	0.199

Konec životnosti (KZ) $t = 365\,000$ dní

	$f_{ck}(KZ)$	40.000 MPa		$f_{ctm}(KZ)$	3.500 MPa	
	Pozice	Vlákna	$M_i + M_p$ [kNm]	σ_i [Mpa]	Ověření podmínek	
					$ \sigma \leq 0.45 * f_{ck}(t)$	$\sigma \leq 0$
Kvazistálá kombinace	Pole 1	horní	974.8	-2.297	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
		dolní		-1.578	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
	Pilíř 2	horní	-8563.5	0.752	<u>Vyhoví</u>	<u>Nevyhoví</u>
		dolní		-5.565	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
	pole 2	horní	2876.7	-2.905	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
		dolní		-0.783	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
	Pilíř 3	horní	-8563.5	0.752	<u>Vyhoví</u>	<u>Nevyhoví</u>
		dolní		-5.565	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
	Pole 3	horní	974.8	-2.297	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
		dolní		-1.578	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>

	Pozice	Vlákna	$M_i + M_p$ [kNm]	σ_i [Mpa]	Ověření podmínek	
					$ \sigma \leq 0.6 * f_{ck}(t)$	$\sigma \leq f_{ctm}(t)$
Charakteristická kombinace	Pole 1	horní	5225.1	-3.65556	Vyhoví	Vyhoví
		dolní		0.199	Vyhoví	Vyhoví
	Pilíř 2	horní	-15059.2	2.828	Vyhoví	Vyhoví
		dolní		-8.28015	Vyhoví	Vyhoví
	pole 2	horní	10687.9	-5.40174	Vyhoví	Vyhoví
		dolní		2.482	Vyhoví	Vyhoví
	Pilíř 3	horní	-15059.2	2.828	Vyhoví	Vyhoví
		dolní		-8.28015	Vyhoví	Vyhoví
	Pole 3	horní	5225.1	-3.65556	Vyhoví	Vyhoví
		dolní		0.199	Vyhoví	Vyhoví

Navržené předpětí při předběžném posouzení, na konci životnosti, vyšlo jako **nevyhovující**. Z tohoto důvodu bylo nutné optimalizovat návrh předpětí, které bylo následně posouzeno v programu midas Civil .

Optimalizace návrhu předpínací výztuže

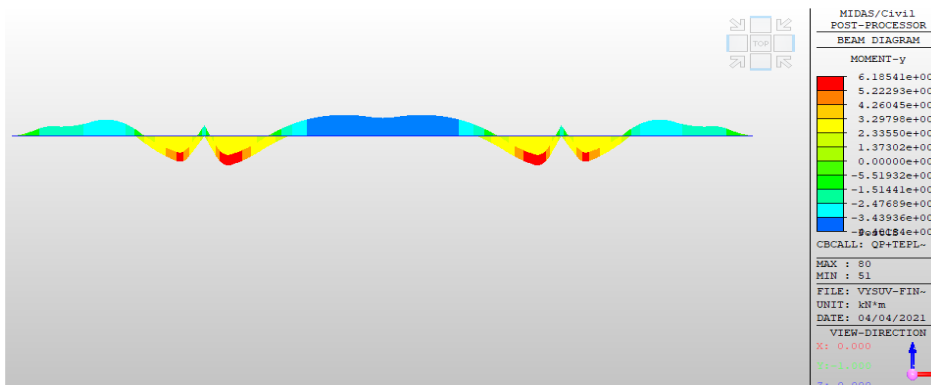
Pozice	$\sigma_{j,c,ikvaz}$	$ M_{i,kvaz} $ [kNm]	h/I_y [m3]	$e_{p,i}$ [m]	A_c [m2]	$N_{p,nut}$ [kN]
Pole 1	0	3094.400	0.4180	0.640	13.307	-3774.668
Pilíř 2	0	22297.000	0.3196	0.380		-36249.521
Pole2	0	17375.000	0.4180	0.640		-21194.694

Pozice	$N_{p,nut}$ [kN]	$\sigma_{j,c,ikvaz}$	$A_{p,nut}$ [mm2]	$n_{p,nut}$ [ks]	Počet lan	n_{kus} [kus]
Pole 1	-3774.668	1030.0	3664.7	25	19	2
Pilíř 2	-36249.521	1030.0	35193.7	235		13
Pole2	-21194.694	1030.0	20577.3	138		8

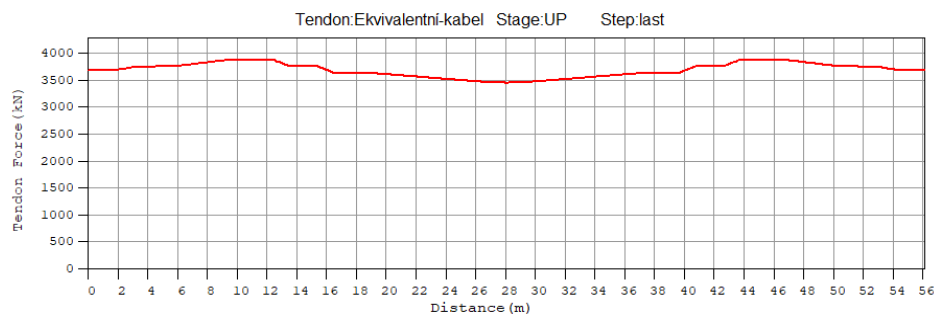
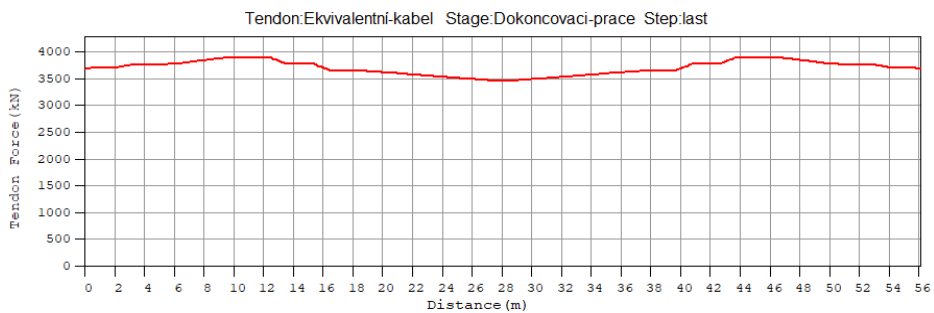
Nově navržené předpětí bude na stejném profilu se stejnými parametry dáhy kabelu. Změněn bude pouze počet kabelů.

Nově navržený počet kabelů 19C15 je **13 kusů**.

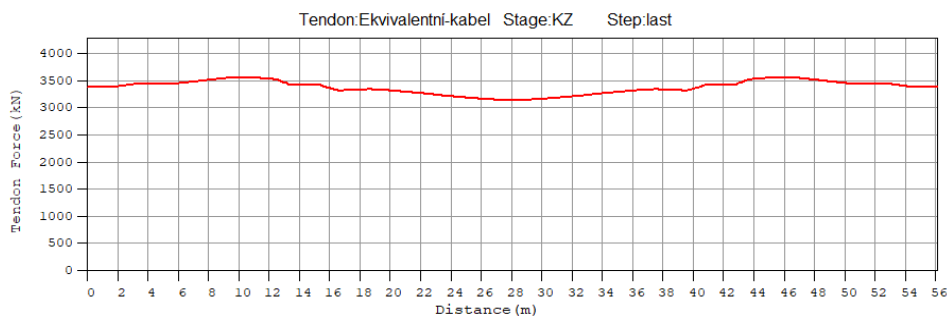
Obálka momentů při kvazistálé kombinaci s vlivem předpětí



Ztráty předpětí vypočtené v programu midas Civil

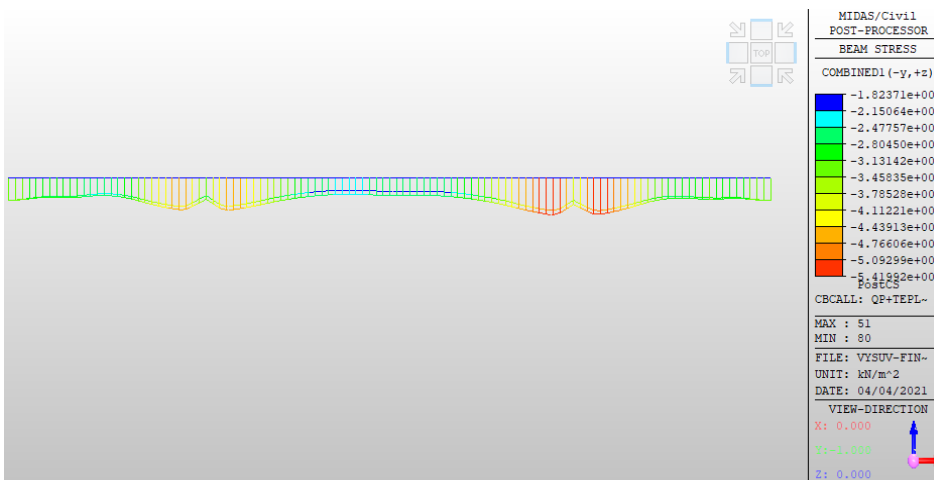


Konec životnosti $t = 36500$ dní

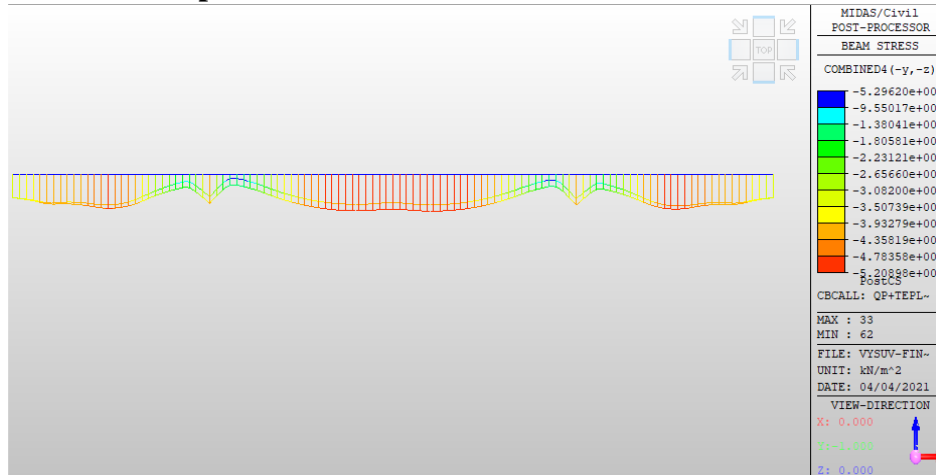


Napětí při kvazistálé kombinaci

Horní vlákna průřezu



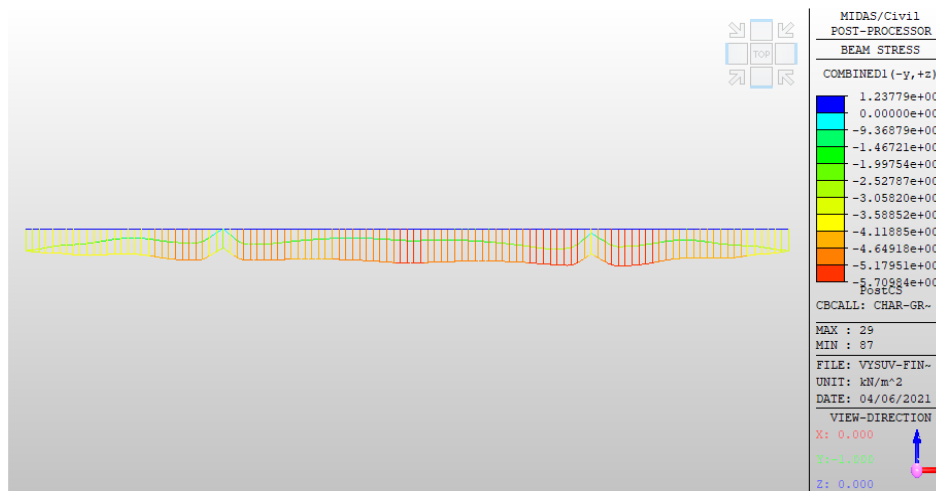
Dolní vlákna průřezu



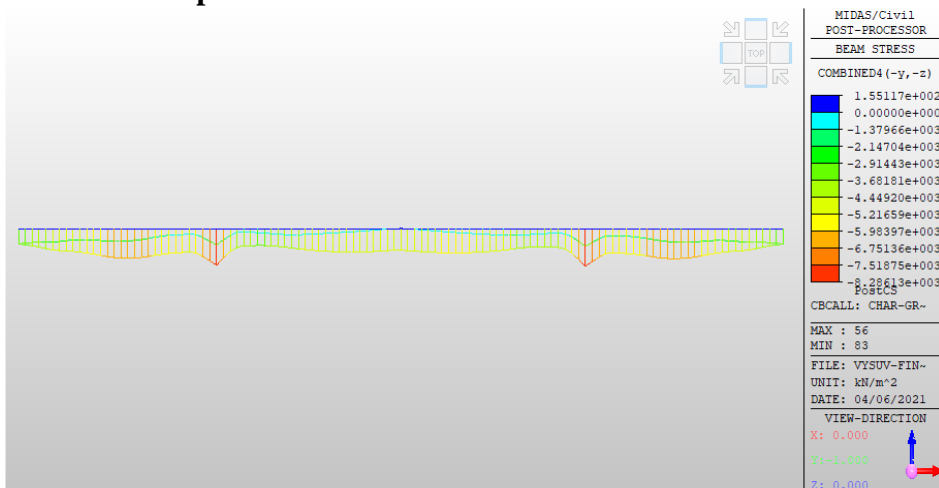
MSP - kvazistálá kombinace	Hodnoty napětí na konci životnosti				$\sigma \leq 0.45 * f_{ck}(t)$	$\sigma < 0 \text{ MPa}$
					$0.45 * f_{ck}(t) = 18$	
Horní vlákna	min	-1.824	MPa	Vyhoví	Vyhoví	
	max	-5.420	MPa	Vyhoví	Vyhoví	
Dolní vlákna	min	-0.529	MPa	Vyhoví	Vyhoví	
	max	-5.209	MPa	Vyhoví	Vyhoví	

Napětí při charakteristické kombinaci

Horní vlákna průřezu



Dolní vlákna průřezu

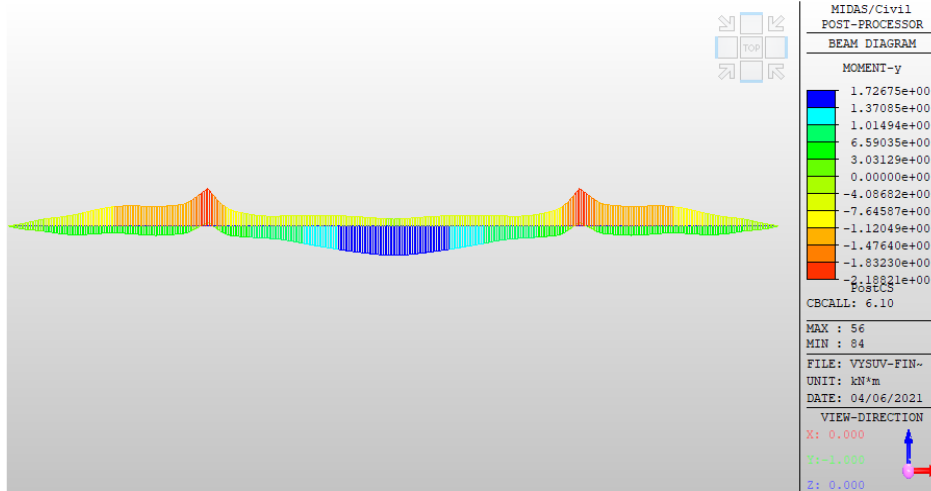


MSP - charakteristická kombinace	Hodnoty napětí na konci životnosti			$\sigma \leq 0.6 * f_{ck}$ $0.6 * f_{ck} = 24$	$\sigma < f_{ctm}$ MPa $f_{ctm} = 3.500$
	Horní vlákna	min	0.012	MPa	<u>Vyhoví</u>
max		-5.710	MPa	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
Dolní vlákna	min	0.016	MPa	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>
	max	-8.286	MPa	<u>Vyhoví</u>	<u>Vyhoví</u>

Navržené předpětí je v mezním stavu použitelnosti vyhovující.

Posouzení MSU - Ohyb

Momentová obálka MSU



Momenty			
Pole 1	min	-11757.2	kNm
	max	5538.5	kNm
Pilíř 2	min	-21882.1	kNm
	max	-2372.3	kNm
Pole 2	min	-4077.0	kNm
	max	17267.5	kNm
Pilíř 3	min	-21882.1	kNm
	max	-2372.3	kNm
Pole 3	min	-11757.2	kNm
	max	5538.5	kNm

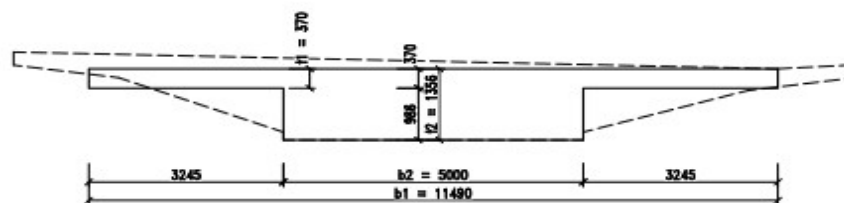
$$N_{pd} = N_{cd}$$

$$N_{pd} = A_p * f_{pd}$$

$$N_{cd} = b * (0.8 * x) * f_{cd}$$

$$z = h - d_p - 0.4 * x$$

Idealizace průřezu



$$h_1 = t_1 = 0.370 \text{ m}$$

$$h_2 = t_2 = 1.356 \text{ m}$$

$$b_1 = 11.490 \text{ m}$$

$$b_2 = 5.000 \text{ m}$$

$A_p =$	1950	mm ²
$f_{pk} =$	1860	MPa
$N_{pd} =$	3627	kN

Pole		
$x =$	0.015	m
$b_i =$	11.490	m
$f_{cd} =$	26.667	MPa
$N_{cd} =$	3627	kN

Pilíř		
$x =$	0.034	m
$b_i =$	5.000	m
$f_{cd} =$	26.667	MPa
$N_{cd} =$	3627	kN

Pole 1 = Pole 3		
$h =$	1.356	m
$d_p =$	0.750	m
$x =$	0.015	m
$z =$	0.591	m

Pole 2		
$h =$	1.356	m
$d_p =$	0.400	m
$x =$	0.015	m
$z =$	0.941	m

Pilíř 2 = Pilíř 3		
$h =$	1.356	m
$d_p =$	0.270	m
$x =$	0.034	m
$z =$	1.052	m

$M_{rd,pi} = z_i * N_{cd}$					
Pozice	z_{pi} [m]	N_{cd} [kN]	$M_{rd,p}$ [kNm]	M_{ed} [kNm]	Podmínka
Pole 1	0.591	3627	2144.294	5538.5	Nutná betonářská výztuž
Pilíř 2	1.052		3815.593	21882.1	Nutná betonářská výztuž
Pole 2	0.941		3413.744	17267.5	Nutná betonářská výztuž
Pilíř 3	1.052		3815.593	21882.1	Nutná betonářská výztuž
Pole 3	0.591		2144.294	5538.5	Nutná betonářská výztuž

Betonářská výztuž

$$f_a = f_c$$

$$M_{rd} = f_c * z$$

$$A_a * f_{yd} = b * 0.8 * x * f_{cd}$$

$$z = h - c_{nom} - \phi_{smyk} - \frac{\phi}{2}$$

$$x = \frac{A_a * f_{yd}}{b * 0.8 * f_{cd}}$$

$$M_{rd} = b * 0.8 * \frac{A_a * f_{yd}}{b * 0.8 * f_{cd}} * f_{cd} * \left(h - c_{nom} - \phi_{smyk} - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$M_{ed} \leq M_{rd}$$

$$M_{ed} \leq b * 0.8 * \frac{A_a * f_{yd}}{b * 0.8 * f_{cd}} * f_{cd} * \left(h - c_{nom} - \phi_{smyk} - \frac{\phi}{2} \right)$$

Parametry betonářské výztuže		
$f_{yk} =$	500	MPa
$\gamma_y =$	1.15	-
$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_y}$		
$f_{yd} =$	435	MPa

Rameno vnitřních sil 1 - z ₁					
$z = h - c_{nom} - \phi_{smyk} - \frac{\phi}{2}$					
h =	1.356	m	ϕ =	32	mm
c _{nom} =	55	mm	z ₁ =	1.257	m
ϕ _{smyk} =	12	mm			

Pozice	M _{ed}	f _{yd} [Mpa]	f _{cd} [Mpa]	b _i [m]	z _i [m]	x [m]	A _{a,nut} [mm ²]	M _{rd,i} [kNm]
Krajní pole	3394.2	435	26.667	11.490	1.257	0.011016	6207.445	3394.2
Pilíř	18066.5			5.000	1.257	0.134744	33040.72	18066.5
Hlavní pole	13853.8			11.490	1.257	0.044963	25336.37	13853.8

Betonářská výztuž						
Pozice	Poloha	A _{a,nut} [mm ²]	Profil	A _ϕ [mm ²]	n _{nut} [ks]	A _{a,prov} [mm ²]
Krajní pole	dole	6207.445	32	804	8	6432
Pilíř	nahore	33040.72	32	804	42	33768
Hlavní pole	dole	25336.37	32	804	32	25728

Posouzení MSU - Ohyb								
$M_{rd} = M_{rd,p} + M_{rd,i} = N_{cd} * z_{p,i} + (A_{\phi} * n * f_{yd}) * z_i$								
Pozice	Poloha	A _{a,prov} [mm ²]	z _i [m]	f _{yd} [Mpa]	M _{rd,i} [kNm]	M _{rd} [kNm]	M _{ed} [kNm]	Podmínka
Krajní pole	dole	6432	1.257	435	3517.0	5661.3	5538.5	Vyhoví
Pilíř	nahore	33768	1.257		18464.2	22279.8	21882.1	Vyhoví
Hlavní pole	dole	25728	1.257		14067.9	17481.7	17267.5	Vyhoví

Rameno vnitřních sil 1 - z ₂					
$z = h - c_{nom} - \phi_{smyk} - \frac{\phi}{2}$					
h =	1.356	m	ϕ =	18	mm
c _{nom} =	55	mm	z ₂ =	1.271	m
ϕ _{smyk} =	12	mm			

Pozice	M _{ed}	f _{yd} [Mpa]	f _{cd} [Mpa]	b _i [m]	z _i [m]	x [m]	A _{a,nut} [mm ²]	M _{rd,i} [kNm]
Krajní pole	11757.2	435	26.667	5.000	1.271	0.086722	21265.18	11757.2
Pilíř	2372.3			11.490	1.271	0.007615	4290.77	2372.3
Hlavní pole	4077.0			5.000	1.271	0.030072	7374.05	4077.0

Betonářská výztuž						
Pozice	Poloha	A _{a,nut} [mm ²]	Profil	A _ϕ [mm ²]	n _{nut} [ks]	A _{a,prov} [mm ²]
Krajní pole	nahore	21265.18	18	254	84	21336
Pilíř	dole	4290.766	18	254	17	4318
Hlavní pole	nahore	7374.047	18	254	30	7620

Posouzení MSU - Ohyb							
$M_{rd} = M_{rd,p} + M_{rd,i} = N_{cd} * z_{p,i} + (A_{\sigma} * n * f_{yd}) * z_i$							
Pozice	Poloha	$A_{a,prov}$ [mm ²]	z_i [m]	f_{yd} [Mpa]	M_{rd} [kNm]	M_{ed} [kNm]	Podmínka
Krajní pole	nahore	21336	1.271	435	11796.4	11757.2	Vyhoví
Pilíř	dole	4318	1.271		2387.4	2372.3	Vyhoví
Hlavní pole	nahore	7620	1.271		4213.0	4077.0	Vyhoví

Potřebná betonářská výztuž			
Pozice	Poloha	Ø hl. nosné výztuže	počet
Krajní pole	nahore	18	8
	dole	32	8
Pilíř	nahore	32	17
	dole	18	42
Hlavní pole	nahore	18	30
	dole	18	32

Pro definitivní stav nosné konstrukce bylo navrženo 13 19-ti lanových kabelů (19C15) od firmy FREYSSINET CS a.s. Dráha ideálního kabelu je zřejmá z výkresové přílohy **výkres předpětí - část 1**. Toto navržené předpětí vyšlo, z výše uvedeného posudku, jako **VYHOVUJÍCÍ**.

Dále byl proveden posudek MSP. V tomto posudku předpínací výztuž nevykompenzovala ohybové momenty tak, aby byla třeba pouze konstrukční výztuž. Proto byla navržena klasická betonářská výztuž. Poloha, profil, a počet nutné betonářské výztuže je uvedeno v tabulce nad tímto textem. Takto navržené nutné množství betonářské výztuže vyšlo, z výše uvedeného posouzení, jako **VYHOVUJÍCÍ**.

Takto navržená mostní konstrukce, pro její finální stav, vyšla ze všech provedených posouzení jako **VYHOVUJÍCÍ**.

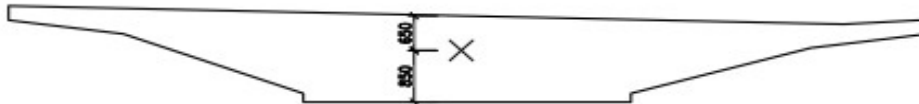
Výpočet konstrukčních fází výstavby

Průřezové charakteristiky Nosná konstrukce

Vypočteno v programu midas Civil

Section Properties		
Area	1.33069e+0	m ²
Asy	1.26607e+0	m ²
Asz	2.90169e+0	m ²
Ixx	6.61725e+0	m ⁴
Iyy	2.03349e+0	m ⁴
Izz	1.25278e+0	m ⁴
Cyp	7.0001	m
Cym	6.9999	m
Czp	0.6501	m
Czm	0.8499	m
Qyb	0.2213	m ²
Qzb	11.2448	m ²
Peri:O	2.90486e+0	m
Peri:I	0.00000e+0	m
Cent:y	6.9999	m
Cent:z	0.8499	m
y1	-6.9999	m

Poloha těžiště



A	13.307	m ²
I _y	2.033	m ⁴
h _h	0.650	m
h _d	0.850	m

Výpočet napětí

Napětí horních vláken průřezu

$$\sigma_h = M_y [kNm] * \frac{h_h [m]}{I_y [m^4]} = [kPa]$$

$$\sigma_h [kPa] * \frac{1}{1000} = [MPa]$$

Napětí dolních vláken průřezu

$$\sigma_d = M_y [kNm] * \frac{h_d [m]}{I_y [m^4]} = [kPa]$$

$$\sigma_d [kPa] * \frac{1}{1000} = [MPa]$$

Předpokládaná tahová pevnost betonu C40/50

f _{ctmk}	3.5	MPa
γ	1.5	-
α _{cc}	0.85	-
$f_{ctmd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ctmk}}{\gamma}$		
f _{ctmd}	2.333	MPa

Pevnost betonu

f _{ck}	40	MPa
γ	1.5	-
α _{cc}	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma}$		
f _{cd}	22.667	MPa

Vlastnosti betonu pro jednotlivé fáze

Je uvažováno, že v betonu bude použit cement CEM 42.5 N (třída N)

Výpočet časově závislých parametrů betonu dle ČSN EN 1992-1-1

Pevnosti pro betony v čase t=

$$3 < t < 28 \text{ [dny]} \quad f_{ck}(t) = f_{cm}(t) - 8 \text{ [MPa]}$$

$$t > 28 \text{ [dny]} \quad f_{ck}(t) = f_{ck}$$

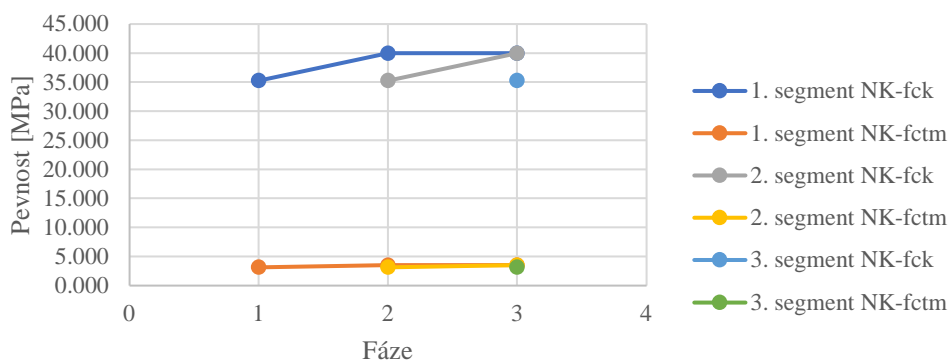
$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) * f_{cm}$$

$$f_{ctm}(t) = (\beta_{cc}(t))^{\alpha} * f_{ctm}$$

$$\beta_{cc}(t) = \exp\left\{s * \left[1 - \left(\frac{28}{t}\right)^{\frac{1}{2}}\right]\right\}$$

1. záběr		2. záběr		3. záběr		
Fáze		Fáze		Fáze		
-	f _{ck} [MPa]	40	f _{ck} [MPa]	40	f _{ck} [MPa]	40
	f _{cm} [MPa]	48	f _{cm} [MPa]	48	f _{cm} [MPa]	48
	f _{ctm} [MPa]	3.5	f _{ctm} [MPa]	3.5	f _{ctm} [MPa]	3.5
	s [-]	0.25	s [-]	0.25	s [-]	0.25
Fáze 1	t [dny]=	14	t [dny]=	0	t [dny]=	0
	β _{cc} (t=7 d.)	0.902	β _{cc} (t=0 d.)	0.000	β _{cc} (t=0 d.)	0.000
	f _{cm} (t=7 d.)	43.278	f _{cm} (t=0 d.)	0.000	f _{cm} (t=0 d.)	0.000
	f _{ck} (t=7 d.)	35.278	f _{ck} (t=0 d.)	0.000	f _{ck} (t=0 d.)	0.000
	f _{ctm} (t=7 d.)	3.156	f _{ctm} (t=0 d.)	0.000	f _{ctm} (t=0 d.)	0.000
Fáze 2	t [dny]=	28	t [dny]=	14	t [dny]=	0
	β _{cc} (t=7 d.)	1.000	β _{cc} (t=0 d.)	0.902	β _{cc} (t=0 d.)	0.000
	f _{cm} (t=7 d.)	48.000	f _{cm} (t=0 d.)	43.278	f _{cm} (t=0 d.)	0.000
	f _{ck} (t=7 d.)	40.000	f _{ck} (t=0 d.)	35.278	f _{ck} (t=0 d.)	0.000
	f _{ctm} (t=7 d.)	3.500	f _{ctm} (t=0 d.)	3.156	f _{ctm} (t=0 d.)	0.000
Fáze 3	t [dny]=	40	t [dny]=	28	t [dny]=	14
	β _{cc} (t=7 d.)	1.000	β _{cc} (t=0 d.)	1.000	β _{cc} (t=0 d.)	0.902
	f _{cm} (t=7 d.)	48.000	f _{cm} (t=0 d.)	48.000	f _{cm} (t=0 d.)	43.278
	f _{ck} (t=7 d.)	40.000	f _{ck} (t=0 d.)	40.000	f _{ck} (t=0 d.)	35.278
	f _{ctm} (t=7 d.)	3.500	f _{ctm} (t=0 d.)	3.500	f _{ctm} (t=0 d.)	3.156

Vývoj pevnosti betonu jednotlivých záběrů nosné konstrukce během jednotlivých fází výsuvu



Fáze		Elem	Load	Shear-z (kN)	Moment- y (kN*m)	σ_h (Mpa)	σ_a (Mpa)
Nosná konstrukce - segment 1	Min	112	Dead Load	-1462.2	-15584.8	4.982	-6.514
	Max	112	Dead Load	3822.3	13597.1	-4.346	5.684
	Min	111	Dead Load	-1635.2	-16359.2	5.229	-6.838
	Max	111	Dead Load	3649.3	14333.9	-4.582	5.992
	Min	110	Dead Load	-1808.1	-17220.0	5.504	-7.198
	Max	110	Dead Load	3836.1	15017.8	-4.800	6.277
	Min	109	Dead Load	-1981.1	-18167.3	5.807	-7.594
	Max	109	Dead Load	3663.1	15615.2	-4.991	6.527
	Min	108	Dead Load	-2032.7	-18167.3	5.807	-7.594
	Max	108	Dead Load	4692.3	16234.5	-5.189	6.786
	Min	107	Dead Load	-2205.6	-17425.3	5.570	-7.284
	Max	107	Dead Load	4519.3	16776.7	-5.363	7.013
	Min	106	Dead Load	-2252.5	-17425.3	5.570	-7.284
	Max	106	Dead Load	4656.3	17251.0	-5.514	7.211
	Min	105	Dead Load	-2425.5	-16964.8	5.423	-7.091
	Max	105	Dead Load	4483.3	17746.6	-5.673	7.418
	Min	104	Dead Load	-2463.5	-16964.8	5.423	-7.091
	Max	104	Dead Load	4634.2	18155.7	-5.803	7.589
	Min	103	Dead Load	-2636.5	-16725.6	5.346	-6.991
	Max	103	Dead Load	4461.2	18535.8	-5.925	7.748
	Min	102	Dead Load	-2662.1	-16725.6	5.346	-6.991
	Max	102	Dead Load	4623.0	18907.5	-6.044	7.903
	Min	101	Dead Load	-2835.1	-16657.8	5.325	-6.963
	Max	101	Dead Load	4450.0	19192.6	-6.135	8.023
	Min	100	Dead Load	-2845.0	-16657.8	5.325	-6.963
	Max	100	Dead Load	4620.3	19482.7	-6.228	8.144
	Min	99	Dead Load	-3018.0	-16717.3	5.344	-6.988
	Max	99	Dead Load	4447.3	19739.3	-6.310	8.251
	Min	98	Dead Load	-3009.5	-16717.3	5.344	-6.988
	Max	98	Dead Load	4623.9	19909.4	-6.364	8.322
	Min	97	Dead Load	-3182.5	-16866.0	5.391	-7.050
	Max	97	Dead Load	4450.9	20119.3	-6.431	8.410
Min	96	Dead Load	-3166.1	-16866.0	5.391	-7.050	
Max	96	Dead Load	4632.2	20269.8	-6.479	8.473	
Min	95	Dead Load	-3339.1	-17248.6	5.513	-7.210	
Max	95	Dead Load	4459.2	20333.9	-6.500	8.500	
Min	94	Dead Load	-3380.5	-17248.6	5.513	-7.210	
Max	94	Dead Load	4670.9	20471.4	-6.544	8.557	
Min	93	Dead Load	-3553.5	-18786.6	6.005	-7.853	
Max	93	Dead Load	4497.9	20524.8	-6.561	8.579	
Min	92	Dead Load	-3726.5	-20606.6	6.587	-8.614	
Max	92	Dead Load	4667.0	20524.8	-6.561	8.579	
Min	91	Dead Load	-3899.4	-22513.1	7.196	-9.410	
Max	91	Dead Load	4494.0	20562.6	-6.573	8.595	

Nosná konstrukce - segment 1	Min	90	Dead Load	-4072.4	-24506.0	7.833	-10.244
	Max	90	Dead Load	4664.6	20562.6	-6.573	8.595
	Min	89	Dead Load	-4245.4	-26585.5	8.498	-11.113
	Max	89	Dead Load	4491.6	20527.6	-6.562	8.581
	Min	88	Dead Load	-4418.4	-28751.4	9.190	-12.018
	Max	88	Dead Load	4663.4	20447.3	-6.536	8.547
	Min	87	Dead Load	-4591.4	-31003.9	9.910	-12.960
	Max	87	Dead Load	4490.4	20419.2	-6.527	8.535
	Min	86	Dead Load	-4764.4	-33342.8	10.658	-13.937
	Max	86	Dead Load	4866.2	20304.7	-6.490	8.487
	Min	85	Dead Load	-4937.4	-35768.3	11.433	-14.951
	Max	85	Dead Load	4693.3	20103.6	-6.426	8.403
	Min	84	Dead Load	-4154.4	-35768.3	11.433	-14.951
	Max	84	Dead Load	5289.2	19816.0	-6.334	8.283
	Min	83	Dead Load	-4327.4	-33167.0	10.602	-13.864
	Max	83	Dead Load	5116.2	19441.9	-6.215	8.127
	Min	82	Dead Load	-4342.0	-30652.1	9.798	-12.813
	Max	82	Dead Load	4943.2	18981.4	-6.067	7.934
	Min	81	Dead Load	-4515.0	-28223.8	9.022	-11.798
	Max	81	Dead Load	4770.2	18434.3	-5.892	7.706
	Min	80	Dead Load	-4516.2	-25881.9	8.273	-10.819
	Max	80	Dead Load	4597.2	17800.7	-5.690	7.441
	Min	79	Dead Load	-4689.1	-23626.5	7.552	-9.876
	Max	79	Dead Load	4424.2	17080.7	-5.460	7.140
	Min	78	Dead Load	-4675.4	-21457.7	6.859	-8.969
	Max	78	Dead Load	4251.2	16274.1	-5.202	6.803
	Min	77	Dead Load	-4848.4	-19375.3	6.193	-8.099
	Max	77	Dead Load	4078.3	15381.1	-4.917	6.429
Min	76	Dead Load	-4819.2	-18517.7	5.919	-7.740	
Max	76	Dead Load	3905.3	14401.6	-4.603	6.020	
Min	75	Dead Load	-4992.2	-19552.9	6.250	-8.173	
Max	75	Dead Load	3732.3	14170.8	-4.530	5.923	
Celkově za fázi	MIN			-4992.2	-35768.3	-6.57278	-14.9512
	MAX			5289.17	20562.59	11.43324	8.595175
				Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)	σ_h(Mpa)	σ_a(Mpa)

Fáze		Elem	Load	Shear-z (kN)	Moment- y (kN*m)	σ_n (Mpa)	σ_a (Mpa)
Nosná konstrukce - segment 2	Min	74	Dead Load	-4946.32	-19552.9	6.250	-8.173
	Max	74	Dead Load	3864.16	14188.84	-4.535	5.931
	Min	73	Dead Load	-5119.31	-20483.7	6.548	-8.562
	Max	73	Dead Load	3691.17	14188.84	-4.535	5.931
	Min	72	Dead Load	-5056.73	-20483.7	6.548	-8.562
	Max	72	Dead Load	3949.99	14178	-4.532	5.926
	Min	71	Dead Load	-5229.72	-21309.6	6.812	-8.907
	Max	71	Dead Load	3777	14178	-4.532	5.926
	Min	70	Dead Load	-5149.98	-21309.6	6.812	-8.907
	Max	70	Dead Load	4026.54	14141.21	-4.520	5.911
	Min	69	Dead Load	-5322.97	-22018.3	7.038	-9.204
	Max	69	Dead Load	3853.55	14237.31	-4.551	5.951
	Min	68	Dead Load	-5224.87	-22018.3	7.038	-9.204
	Max	68	Dead Load	4092.69	14280.62	-4.565	5.969
	Min	67	Dead Load	-5397.86	-22577	7.217	-9.437
	Max	67	Dead Load	3919.7	14280.62	-4.565	5.969
	Min	66	Dead Load	-5281.92	-22577	7.217	-9.437
	Max	66	Dead Load	4141.09	14237.45	-4.551	5.951
	Min	65	Dead Load	-5454.91	-23000.2	7.352	-9.614
	Max	65	Dead Load	3968.1	14118.17	-4.513	5.901
	Min	64	Dead Load	-5321.06	-23000.2	7.352	-9.614
	Max	64	Dead Load	4177.49	14073.04	-4.498	5.883
	Min	63	Dead Load	-5494.05	-23285.5	7.443	-9.733
	Max	63	Dead Load	4004.5	13979.47	-4.469	5.843
	Min	62	Dead Load	-5342.36	-23285.5	7.443	-9.733
	Max	62	Dead Load	4201.66	13933.14	-4.454	5.824
	Min	61	Dead Load	-5515.35	-23435.4	7.491	-9.796
	Max	61	Dead Load	4028.67	13876.29	-4.436	5.800
	Min	60	Dead Load	-5346.13	-23435.4	7.491	-9.796
	Max	60	Dead Load	4213.82	13829.38	-4.421	5.781
	Min	59	Dead Load	-5519.12	-23458	7.498	-9.805
	Max	59	Dead Load	4040.83	13814.44	-4.416	5.774
Min	58	Dead Load	-5332.37	-23458	7.498	-9.805	
Max	58	Dead Load	4214.72	13767.17	-4.401	5.755	
Min	57	Dead Load	-5505.36	-23353.1	7.465	-9.762	
Max	57	Dead Load	4041.73	13762.57	-4.399	5.753	
Min	56	Dead Load	-4476.19	-23353.1	7.465	-9.762	
Max	56	Dead Load	4204.3	13717.37	-4.385	5.734	
Min	55	Dead Load	-4649.18	-21294.2	6.807	-8.901	
Max	55	Dead Load	4031.31	13585.68	-4.343	5.679	
Min	54	Dead Load	-4512.16	-19321.8	6.176	-8.077	
Max	54	Dead Load	3858.32	13367.5	-4.273	5.588	
Min	53	Dead Load	-4685.15	-17815	5.695	-7.447	
Max	53	Dead Load	3685.33	13062.82	-4.175	5.460	

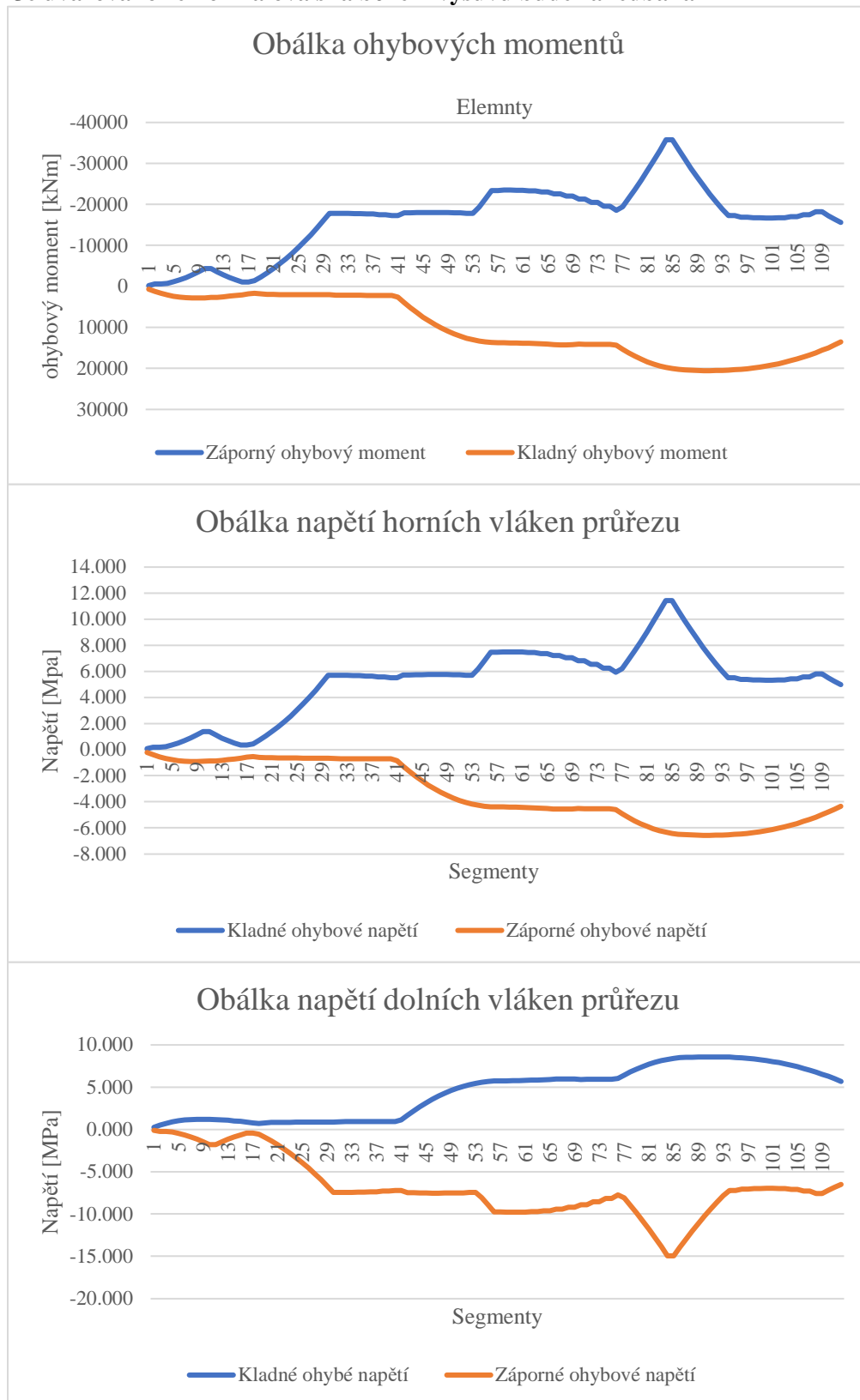
Nosná konstrukce - segment 2	Min	52	Dead Load	-4534.26	-17815	5.695	-7.447
	Max	52	Dead Load	3711.24	12671.64	-4.050	5.297
	Min	51	Dead Load	-4707.25	-17951.1	5.738	-7.504
	Max	51	Dead Load	3538.25	12193.98	-3.898	5.097
	Min	50	Dead Load	-4545.44	-17951.1	5.738	-7.504
	Max	50	Dead Load	3722.17	11629.81	-3.717	4.861
	Min	49	Dead Load	-4718.43	-18013.7	5.758	-7.530
	Max	49	Dead Load	3549.18	10979.15	-3.509	4.589
	Min	48	Dead Load	-4548.16	-18013.7	5.758	-7.530
	Max	48	Dead Load	3726.58	10242	-3.274	4.281
	Min	47	Dead Load	-4721.15	-18019.3	5.760	-7.532
	Max	47	Dead Load	3553.59	9418.35	-3.011	3.937
	Min	46	Dead Load	-4544.55	-18019.3	5.760	-7.532
	Max	46	Dead Load	3725.84	8508.21	-2.720	3.556
	Min	45	Dead Load	-4717.54	-17981.5	5.748	-7.516
	Max	45	Dead Load	3552.85	7511.57	-2.401	3.140
	Min	44	Dead Load	-4536.26	-17981.5	5.748	-7.516
	Max	44	Dead Load	3720.8	6428.44	-2.055	2.687
	Min	43	Dead Load	-4709.25	-17906.3	5.724	-7.485
	Max	43	Dead Load	3547.81	5258.81	-1.681	2.198
	Min	42	Dead Load	-4497.59	-17906.3	5.724	-7.485
	Max	42	Dead Load	3709.54	4002.69	-1.279	1.673
	Min	41	Dead Load	-4670.58	-17244.9	5.512	-7.208
	Max	41	Dead Load	3536.55	2660.07	-0.850	1.112
Min	40	Dead Load	-4501.49	-17244.9	5.512	-7.208	
Max	40	Dead Load	3456.19	2219.11	-0.709	0.928	
Min	39	Dead Load	-4674.48	-17459.9	5.581	-7.298	
Max	39	Dead Load	3283.2	2223.84	-0.711	0.930	
Celkově za fázi	MIN			-5519.12	-23458	-4.56476	-9.80547
	MAX			4214.72	14280.62	7.498304	5.969307
			Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)	σ_b(Mpa)	σ_d(Mpa)	

Fáze		Elem	Load	Shear-z (kN)	Moment- y (kN*m)	σ_n (Mpa)	σ_a (Mpa)
Nosná konstrukce - segment 3	Min	38	Dead Load	-4503.9	-17459.9	5.581	-7.298
	Max	38	Dead Load	3574.32	2223.84	-0.711	0.930
	Min	37	Dead Load	-4676.89	-17631.2	5.636	-7.370
	Max	37	Dead Load	3401.33	2219.98	-0.710	0.928
	Min	36	Dead Load	-4505.05	-17631.2	5.636	-7.370
	Max	36	Dead Load	3666.46	2219.98	-0.710	0.928
	Min	35	Dead Load	-4678.04	-17749.9	5.674	-7.419
	Max	35	Dead Load	3493.47	2208.03	-0.706	0.923
	Min	34	Dead Load	-4505.78	-17749.9	5.674	-7.419
	Max	34	Dead Load	3732.04	2208.03	-0.706	0.923
	Min	33	Dead Load	-4678.77	-17821.5	5.697	-7.449
	Max	33	Dead Load	3559.05	2196.26	-0.702	0.918
	Min	32	Dead Load	-4501.63	-17821.5	5.697	-7.449
	Max	32	Dead Load	3771.42	2187.97	-0.699	0.915
	Min	31	Dead Load	-4674.62	-17817.4	5.695	-7.448
	Max	31	Dead Load	3598.43	2171	-0.694	0.907
	Min	30	Dead Load	-1029.65	-17817.4	5.695	-7.448
	Max	30	Dead Load	3782.67	2076.86	-0.664	0.868
	Min	29	Dead Load	-1202.64	-15969.3	5.105	-6.675
	Max	29	Dead Load	3609.68	2061.09	-0.659	0.862
	Min	28	Dead Load	-1100.36	-14207.7	4.541	-5.939
	Max	28	Dead Load	3436.69	2061.09	-0.659	0.862
	Min	27	Dead Load	-1273.35	-12532.6	4.006	-5.239
	Max	27	Dead Load	3263.7	2046.93	-0.654	0.856
	Min	26	Dead Load	-1324.68	-10944	3.498	-4.575
	Max	26	Dead Load	3090.71	2046.93	-0.654	0.856
	Min	25	Dead Load	-1497.67	-9441.89	3.018	-3.947
	Max	25	Dead Load	2917.72	2033.19	-0.650	0.850
	Min	24	Dead Load	-1305.46	-8026.27	2.566	-3.355
	Max	24	Dead Load	2744.73	2033.19	-0.650	0.850
	Min	23	Dead Load	-1478.45	-6697.15	2.141	-2.799
	Max	23	Dead Load	2571.74	2015.6	-0.644	0.843
Min	22	Dead Load	-1294.53	-5454.53	1.744	-2.280	
Max	22	Dead Load	2398.75	2015.6	-0.644	0.843	
Min	21	Dead Load	-1467.52	-4298.4	1.374	-1.797	
Max	21	Dead Load	2225.76	1971.76	-0.630	0.824	
Min	20	Dead Load	-1290.12	-3228.77	1.032	-1.350	
Max	20	Dead Load	2052.77	1966.88	-0.629	0.822	
Min	19	Dead Load	-1463.11	-2245.63	0.718	-0.939	
Max	19	Dead Load	1879.78	1875.52	-0.600	0.784	
Min	18	Dead Load	-1290.86	-1348.98	0.431	-0.564	
Max	18	Dead Load	1706.79	1697.66	-0.543	0.710	
Min	17	Dead Load	-1463.85	-1054.38	0.337	-0.441	
Max	17	Dead Load	1533.8	1826.29	-0.584	0.763	

Nosná konstrukce - segment 3	Min	16	Dead Load	-1295.9	-1072.17	0.343	-0.448
	Max	16	Dead Load	1360.81	2092.16	-0.669	0.875
	Min	15	Dead Load	-1468.89	-1549.69	0.495	-0.648
	Max	15	Dead Load	1187.83	2271.53	-0.726	0.950
	Min	14	Dead Load	-1307.17	-2113.71	0.676	-0.884
	Max	14	Dead Load	1129.08	2394.59	-0.765	1.001
	Min	13	Dead Load	-1480.16	-2764.23	0.884	-1.155
	Max	13	Dead Load	956.09	2593.65	-0.829	1.084
	Min	12	Dead Load	-1560.51	-3501.24	1.119	-1.464
	Max	12	Dead Load	1235.59	2706.21	-0.865	1.131
	Min	11	Dead Load	-1733.5	-4324.74	1.382	-1.808
	Max	11	Dead Load	1062.6	2732.28	-0.873	1.142
	Min	10	Dead Load	-1442.38	-4324.74	1.382	-1.808
	Max	10	Dead Load	1729.9	2828.55	-0.904	1.182
	Min	9	Dead Load	-1615.37	-3503.04	1.120	-1.464
	Max	9	Dead Load	1556.91	2860.25	-0.914	1.196
	Min	8	Dead Load	-1350.24	-2767.84	0.885	-1.157
	Max	8	Dead Load	1383.92	2860.25	-0.914	1.196
	Min	7	Dead Load	-1523.23	-2119.12	0.677	-0.886
	Max	7	Dead Load	1210.93	2805.45	-0.897	1.173
	Min	6	Dead Load	-1284.66	-1556.91	0.498	-0.651
	Max	6	Dead Load	1037.94	2664.15	-0.852	1.114
	Min	5	Dead Load	-1457.65	-1081.19	0.346	-0.452
	Max	5	Dead Load	864.95	2436.37	-0.779	1.018
	Min	4	Dead Load	-1245.29	-691.96	0.221	-0.289
	Max	4	Dead Load	691.96	2122.08	-0.678	0.887
	Min	3	Dead Load	-1418.28	-545.27	0.174	-0.228
	Max	3	Dead Load	518.97	1721.3	-0.550	0.720
	Min	2	Dead Load	-1234.03	-545.27	0.174	-0.228
	Max	2	Dead Load	718.26	1234.03	-0.394	0.516
	Min	1	Dead Load	-1407.02	-229.39	0.073	-0.096
	Max	1	Dead Load	545.27	660.26	-0.211	0.276
Celkově za fázi	MIN			-4678.77	-17821.5	-0.91427	-7.44941
	MAX			3782.67	2860.25	5.696611	1.195586
			Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)	σ_h(Mpa)	σ_a(Mpa)	

Obálka ohybových momentů a napětí

Je uvažováno že normálová síla během výsuvu bude zanedbána



Předpětí

Byl již proveden statický výpočet pro finální stav nosné konstrukce. V tomto statickém výpočtu bylo navrženo předpětí pro finální stav nosné konstrukce. Níže je zobrazen a vypočten vliv při použití pouze tohoto předpětí pro konstrukční fáze výstavby.

Navržené předpětí :

Ve finálním stavu konstrukce je navrženo předpětí Y 18660 S7. Je navrženo 13 kabelů z 19 lan.

Ve výpočtu napínacího napětí budou zahrnuty krátkodobé ztráty vypočítané ve statickém výpočtu pro finální stav nosné konstrukce

Parametry předpětí		
f_{pk}	1860	MPa
D	15.7	mm
A	150	mm ²
hmotnost	1.172	kg/m
povrch	hladký	
$f_{p0.1k}$	246	kN
F_{pk}	279	kN
E	195000	MPa

$$f_{pd} = \frac{f_{p0.1k}}{1.15}$$

$$f_{pd} = 213.913 \text{ kN}$$

$$\sigma_{p,max} = \min(0.8 * f_{pk}; 0.9 * f_{p0.1k})$$

$$\sigma_{p,max} = \min(1488.0 \quad 1476.0) = 1476.0 \text{ MPa}$$

$$\text{Napětí po krátkodobých ztrátách [\%]} = 93.42\%$$

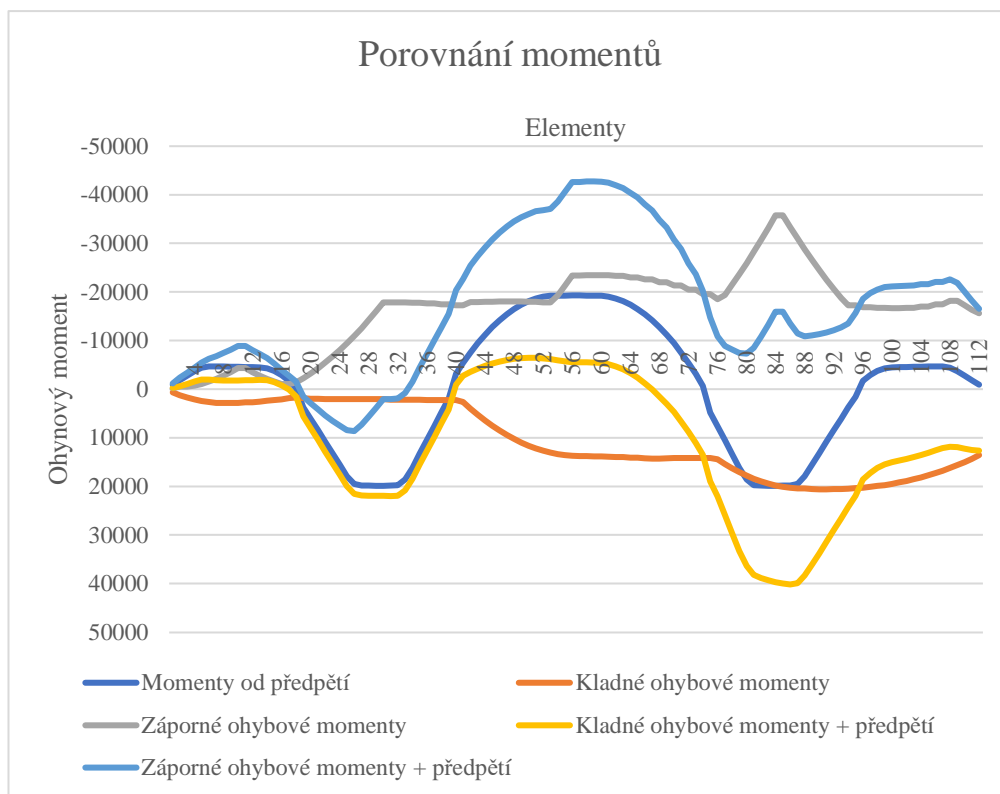
$$F_{p,max} = 1378.9 \text{ MPa}$$

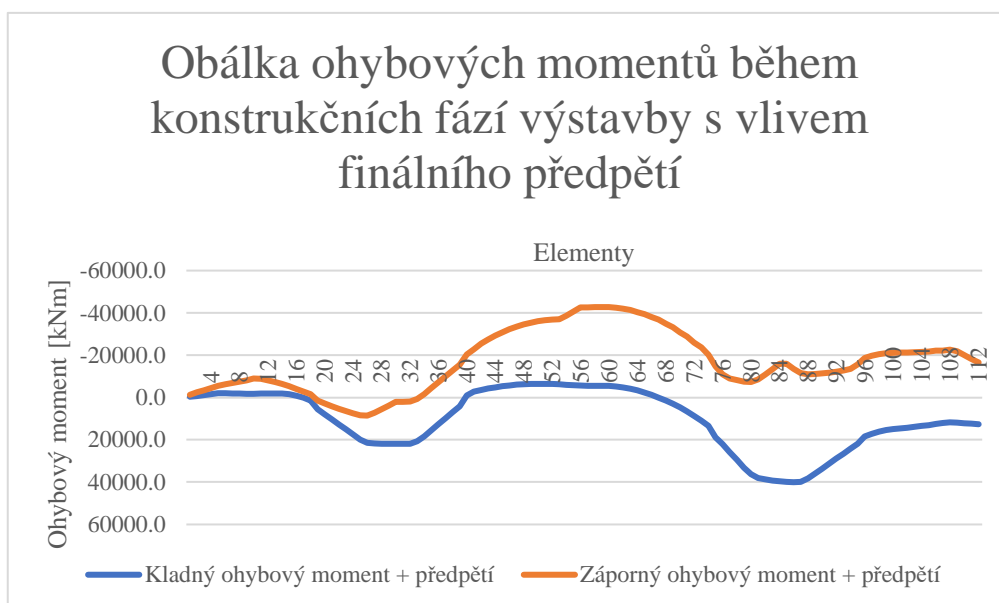
$$F_{p,max} = 206.8288 \text{ kN}$$

Fáze	Elem	Load	Moment-y (kN*m)	M _{max} y [kNm]	M _{min} y [kNm]	M _{max,cefk} y [kNm]	M _{min,cefk} y [kNm]
Nosná konstrukce - segment 1	112	Predpeti	-922.28	13597.1	-15584.8	12674.8	-16507.1
	111	Predpeti	-1849.39	14333.9	-16359.2	12484.5	-18208.6
	110	Predpeti	-2778.13	15017.8	-17220.0	12239.7	-19998.1
	109	Predpeti	-3705.39	15615.2	-18167.3	11909.8	-21872.7
	108	Predpeti	-4383.69	16234.5	-18167.3	11850.8	-22551.0
	107	Predpeti	-4662.28	16776.7	-17425.3	12114.4	-22087.6
	106	Predpeti	-4662.28	17251.0	-17425.3	12588.7	-22087.6
	105	Predpeti	-4643.27	17746.6	-16964.8	13103.3	-21608.0
	104	Predpeti	-4610.66	18155.7	-16964.8	13545.0	-21575.4
	103	Predpeti	-4578.05	18535.8	-16725.6	13957.8	-21303.7
	102	Predpeti	-4545.44	18907.5	-16725.6	14362.0	-21271.1
	101	Predpeti	-4512.83	19192.6	-16657.8	14679.8	-21170.6
	100	Predpeti	-4480.34	19482.7	-16657.8	15002.4	-21138.1
	99	Predpeti	-4264.97	19739.3	-16717.3	15474.3	-20982.2
	98	Predpeti	-3737.51	19909.4	-16717.3	16171.9	-20454.8
	97	Predpeti	-2892.38	20119.3	-16866.0	17226.9	-19758.4
	96	Predpeti	-1724.75	20269.8	-16866.0	18545.1	-18590.8
	95	Predpeti	1589.23	20333.9	-17248.6	21923.1	-15659.4
	94	Predpeti	3743.37	20471.4	-17248.6	24214.8	-13505.2
	93	Predpeti	6100.17	20524.8	-18786.6	26625.0	-12686.4
	92	Predpeti	8462.61	20524.8	-20606.6	28987.4	-12144.0
	91	Predpeti	10828.55	20562.6	-22513.1	31391.1	-11684.5
	90	Predpeti	13197.98	20562.6	-24506.0	33760.6	-11308.0
	89	Predpeti	15551.03	20527.6	-26585.5	36078.7	-11034.5
	88	Predpeti	17898.71	20447.3	-28751.4	38346.0	-10852.7
	87	Predpeti	19519.64	20419.2	-31003.9	39938.9	-11484.3
	86	Predpeti	19823.14	20304.7	-33342.8	40127.8	-13519.7
	85	Predpeti	19845.6	20103.6	-35768.3	39949.2	-15922.7
	84	Predpeti	19868.08	19816.0	-35768.3	39684.1	-15900.2
	83	Predpeti	19868.08	19441.9	-33167.0	39310.0	-13298.9
	82	Predpeti	19853.98	18981.4	-30652.1	38835.3	-10798.1
	81	Predpeti	19757.33	18434.3	-28223.8	38191.6	-8466.4
	80	Predpeti	18584.98	17800.7	-25881.9	36385.7	-7296.9
	79	Predpeti	16213.32	17080.7	-23626.5	33294.0	-7413.2
	78	Predpeti	13327.26	16274.1	-21457.7	29601.4	-8130.4
77	Predpeti	10480.18	15381.1	-19375.3	25861.3	-8895.1	
76	Predpeti	7637.4	14401.6	-18517.7	22039.0	-10880.3	
75	Predpeti	4798.91	14170.8	-19552.9	18969.7	-14754.0	
	74	Predpeti	-660.57	14188.84	-19552.9	13528.3	-20213.5
	73	Predpeti	-3127.98	14188.84	-20483.7	11060.9	-23611.6
	72	Predpeti	-5414.9	14178	-20483.7	8763.1	-25898.6
	71	Predpeti	-7522.49	14178	-21309.6	6655.5	-28832.1
	70	Predpeti	-9451.94	14141.21	-21309.6	4689.3	-30761.5

Nosná konstrukce fáze 2	69	Predpeti	-11204.4	14237.31	-22018.3	3032.9	-33222.7
	68	Predpeti	-12781.2	14280.62	-22018.3	1499.4	-34799.5
	67	Predpeti	-14183.5	14280.62	-22577	97.1	-36760.5
	66	Predpeti	-15412.5	14237.45	-22577	-1175.1	-37989.5
	65	Predpeti	-16468.8	14118.17	-23000.2	-2350.6	-39469.0
	64	Predpeti	-17355.3	14073.04	-23000.2	-3282.3	-40355.5
	63	Predpeti	-18079.4	13979.47	-23285.5	-4099.9	-41364.9
	62	Predpeti	-18628.7	13933.14	-23285.5	-4695.6	-41914.2
	61	Predpeti	-19011.3	13876.29	-23435.4	-5135.0	-42446.7
	60	Predpeti	-19228.6	13829.38	-23435.4	-5399.2	-42664.0
	59	Predpeti	-19281.9	13814.44	-23458	-5467.5	-42739.9
	58	Predpeti	-19281.9	13767.17	-23458	-5514.7	-42739.9
	57	Predpeti	-19258.9	13762.57	-23353.1	-5496.3	-42612.0
	56	Predpeti	-19258.9	13717.37	-23353.1	-5541.5	-42612.0
	55	Predpeti	-19281.9	13585.68	-21294.2	-5696.2	-40576.1
	54	Predpeti	-19281.9	13367.5	-19321.8	-5914.4	-38603.7
	53	Predpeti	-19228.6	13062.82	-17815	-6165.8	-37043.6
	52	Predpeti	-19011.3	12671.6	-17815.0	-6339.7	-36826.3
	51	Predpeti	-18628.7	12194.0	-17951.1	-6434.7	-36579.8
	50	Predpeti	-18079.4	11629.8	-17951.1	-6449.6	-36030.5
	49	Predpeti	-17355.3	10979.2	-18013.7	-6376.2	-35369.0
	48	Predpeti	-16468.8	10242.0	-18013.7	-6226.8	-34482.5
	47	Predpeti	-15412.6	9418.4	-18019.3	-5994.2	-33431.8
	46	Predpeti	-14183.5	8508.2	-18019.3	-5675.3	-32202.8
	45	Predpeti	-12781.2	7511.6	-17981.5	-5269.6	-30762.7
	44	Predpeti	-11204.4	6428.4	-17981.5	-4776.0	-29185.9
	43	Predpeti	-9451.94	5258.8	-17906.3	-4193.1	-27358.2
	42	Predpeti	-7522.49	4002.7	-17906.3	-3519.8	-25428.8
41	Predpeti	-5414.9	2660.1	-17244.9	-2754.8	-22659.8	
40	Predpeti	-3127.98	2219.1	-17244.9	-908.9	-20372.9	
39	Predpeti	1988.47	2223.8	-17459.9	4212.3	-15471.5	
Nosná konstrukce fáze 3	38	Predpeti	4798.91	2223.84	-17459.9	7022.8	-12661.0
	37	Predpeti	7637.4	2219.98	-17631.2	9857.4	-9993.8
	36	Predpeti	10480.19	2219.98	-17631.2	12700.2	-7151.0
	35	Predpeti	13327.26	2208.03	-17749.9	15535.3	-4422.7
	34	Predpeti	16213.32	2208.03	-17749.9	18421.4	-1536.6
	33	Predpeti	18584.99	2196.26	-17821.5	20781.3	763.5
	32	Predpeti	19757.33	2187.97	-17821.5	21945.3	1935.8
	31	Predpeti	19853.98	2171	-17817.4	22025.0	2036.6
	30	Predpeti	19868.08	2076.86	-17817.4	21944.9	2050.7
	29	Predpeti	19868.08	2061.09	-15969.3	21929.2	3898.8
	28	Predpeti	19845.61	2061.09	-14207.7	21906.7	5637.9
	27	Predpeti	19823.14	2046.93	-12532.6	21870.1	7290.5
	26	Predpeti	19519.64	2046.93	-10944	21566.6	8575.7
	25	Predpeti	17898.71	2033.19	-9441.89	19931.9	8456.8
	24	Predpeti	15551.03	2033.19	-8026.27	17584.2	7524.8

Nosná konstrukce fáze 3	23	Predpeti	13197.98	2015.6	-6697.15	15213.6	6500.8
	22	Predpeti	10828.55	2015.6	-5454.53	12844.2	5374.0
	21	Predpeti	8462.61	1971.76	-4298.4	10434.4	4164.2
	20	Predpeti	6100.17	1966.88	-3228.77	8067.1	2871.4
	19	Predpeti	3743.37	1875.52	-2245.63	5618.9	1497.7
	18	Predpeti	-232.37	1697.66	-1348.98	1465.3	-1581.4
	17	Predpeti	-1724.75	1826.29	-1054.38	101.5	-2779.1
	16	Predpeti	-2892.38	2092.16	-1072.17	-800.2	-3964.6
	15	Predpeti	-3737.51	2271.53	-1549.69	-1466.0	-5287.2
	14	Predpeti	-4264.97	2394.59	-2113.71	-1870.4	-6378.7
	13	Predpeti	-4480.34	2593.65	-2764.23	-1886.7	-7244.6
	12	Predpeti	-4512.83	2706.21	-3501.24	-1806.6	-8014.1
	11	Predpeti	-4545.45	2732.28	-4324.74	-1813.2	-8870.2
	10	Predpeti	-4578.06	2828.55	-4324.74	-1749.5	-8902.8
	9	Predpeti	-4610.66	2860.25	-3503.04	-1750.4	-8113.7
	8	Predpeti	-4643.27	2860.25	-2767.84	-1783.0	-7411.1
	7	Predpeti	-4662.28	2805.45	-2119.12	-1856.8	-6781.4
	6	Predpeti	-4662.28	2664.15	-1556.91	-1998.1	-6219.2
	5	Predpeti	-4383.69	2436.37	-1081.19	-1947.3	-5464.9
	4	Predpeti	-3705.39	2122.08	-691.96	-1583.3	-4397.4
	3	Predpeti	-2778.13	1721.3	-545.27	-1056.8	-3323.4
	2	Predpeti	-1849.39	1234.03	-545.27	-615.4	-2394.7
	1	Predpeti	-922.28	660.26	-229.39	-262.0	-1151.7





Extrém ohybových momentů		Normálové napětí od předpětí			
$M_{\max, \text{záporný}}$ [kNm]	$M_{\max, \text{kladný}}$ [kNm]	Počet kabelů	Počet lan	$A_{\text{předpětí}}$ [m ²]	
-42739.9	40127.8	13	19	0.03705	
Maximální tahové napětí od ohybových momentů		$\sigma_{p, \max}$ [MPa]	P_{\max} [kN]	$A_{\text{průřezu}}$ [m ²]	$\sigma_{N, \max}$ [MPa]
		1378.9	51086.71	13.307	3.839
$\sigma_{\text{horní}}$ [MPa]	$\sigma_{\text{dolní}}$ [MPa]				
13.662	16.773				
Maximální tahové napětí od ohybových momentů včetně vlivu normálové síly od předpětí					
$\sigma_{\text{horní}}$ [MPa]	$\sigma_{\text{dolní}}$ [MPa]				
9.823	12.934				

Použití pouze kabelů pro finální stav sice pomůže vyřešit extrém záporných momentů, daný nejnepríznivější polohou vysouvané konstrukce, ale vytvoří ještě více nepríznivý ohybový moment. Z tohoto důvodu bylo upouštěno od myšlenky použití pouze samotných kabelů předpětí, navržených pro finální stav konstrukce, pro konstrukční fáze vysouvání. V dalším kroku návrhu bude vypočten počet 19-ti lanových kabelů, typu 19C15, nutných pro centrické předpětí vysouvané konstrukce.

Centrické předpětí			
Maximální tahové napětí vzniklé během konstrukčních fází výstavby:			
$\sigma_{t,max} =$	11.433	Mpa	
Parametry předpínacího systému 19C15 od firmy FREYSSINET CS a.s.			
Plocha jednoho předpínacího kabelu =	$A_{předpětí}$	150	mm ²
Napínací napětí kabelu =	$\sigma_{p,max}$	1378.9	Mpa
Počet lan v kabelu =		19	ks
Plocha průřezu nosné konstrukce =	$A_{průřezu}$	13.307	m ²
$\sigma_p * (n * (ks) * A_{předpětí}) = F_{kabel} * \frac{F_{kabel}}{A_{průřezu}} = \sigma_p$			
Nutný počet předpínacích kabelů 19C15 =	n	39	ks
Výsledné napětí =	σ	11.517	Mpa

Pro tento návrh vysouvané nosné konstrukce by bylo třeba **39** kusů předpínacích kabelů typu 19C15. Tento velký počet je z mnoha hledisek velmi **nevhodný**. Velký problém by byl s celkovým rozmístěním a hlavně se zakotvením všech předpínacích kabelů. Zároveň by vznikla velká finanční zátěž. Tato finanční zátěž by byla umocněna ještě tím faktorem, že po dokončení výsuvu, by byly zhruba 2/3 všech kabelů odepnuty. Z ekonomického hlediska je výhodnější použít delší výsuvný nos, který sníží záporné ohybové momenty.

Z výše uvedených důvodů bude další krok výpočtu spočívat v **optimalizaci délky výsuvného nosu**.

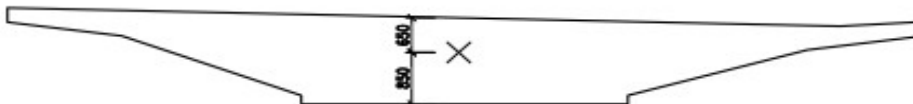
Výpočet konstrukčních fází výstavby - optimalizace délky nosu

Průřezové charakteristiky Nosná konstrukce

Vypočteno v programu midas Civil

Section Properties		
Area	1.33069e+0	m ²
Asy	1.26607e+0	m ²
Asz	2.90169e+0	m ²
Ixx	6.61725e+0	m ⁴
Iyy	2.03349e+0	m ⁴
Izz	1.25278e+0	m ⁴
Cyp	7.0001	m
Cym	6.9999	m
Czp	0.6501	m
Czm	0.8499	m
Qyb	0.2213	m ²
Qzb	11.2448	m ²
Peri:O	2.90486e+0	m
Peri:I	0.00000e+0	m
Cent:y	6.9999	m
Cent:z	0.8499	m
y1	-6.9999	m

Poloha těžiště



A	13.307	m ²
I _y	2.033	m ⁴
h _h	0.650	m
h _d	0.850	m

Výpočet napětí

Napětí horních vláken průřezu

$$\sigma_h = M_y [kNm] * \frac{h_h [m]}{I_y [m^4]} = [kPa]$$

$$\sigma_h [kPa] * \frac{1}{1000} = [MPa]$$

Napětí dolních vláken průřezu

$$\sigma_d = M_y [kNm] * \frac{h_d [m]}{I_y [m^4]} = [kPa]$$

$$\sigma_d [kPa] * \frac{1}{1000} = [MPa]$$

Předpokládaná tahová pevnost betonu C40/50		
f _{ctmk}	3.5	Mpa
γ	1.5	-
α _{cc}	0.85	-
$f_{ctmd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ctmk}}{\gamma}$		
f _{ctmd}	2.333	Mpa

Pevnost betonu		
f _{ck}	40	MPa
γ	1.5	-
α _{cc}	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma}$		
f _{cd}	22.667	MPa

Vlastnosti betonu pro jednotlivé fáze

Je uvažováno, že v betonu bude použit cement CEM 42.5 N (třída N)
 Výpočet časově závislých parametrů betonu dle ČSN EN 1992-1-1

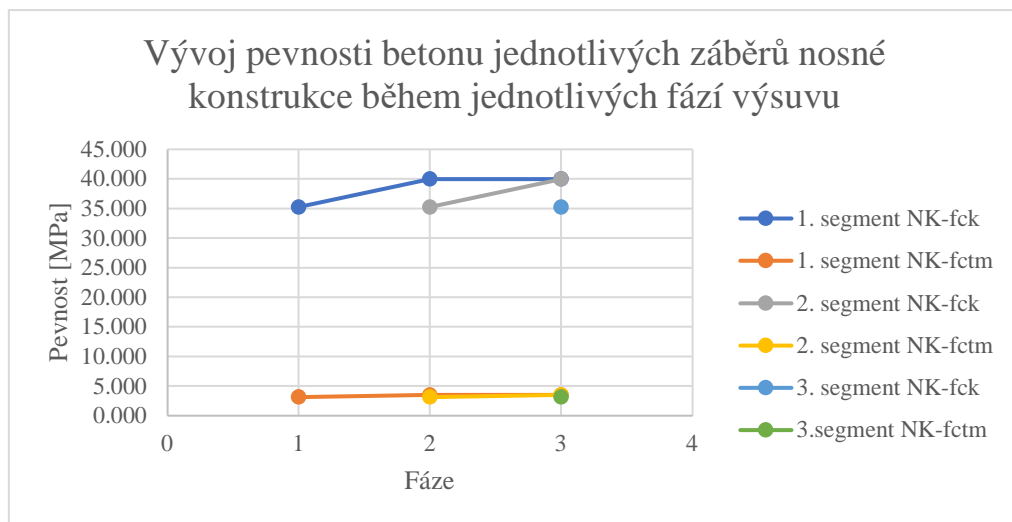
Pevnosti pro betony v čase t=

$$\begin{aligned}
 3 < t < 28 \text{ [dny]} & \quad f_{ck}(t) = f_{cm}(t) - 8 \text{ [MPa]} \\
 t > 28 \text{ [dny]} & \quad f_{ck}(t) = f_{ck}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{cm}(t) &= \beta_{cc}(t) * f_{cm} \\
 f_{ctm}(t) &= (\beta_{cc}(t))^{\alpha} * f_{ctm}
 \end{aligned}$$

$$\beta_{cc}(t) = \exp\left\{s * \left[1 - \left(\frac{28}{t}\right)^{\frac{1}{2}}\right]\right\}$$

1. segment			2. segment			3. segment		
Fáze			Fáze			Fáze		
.	f _{ck} [MPa]	40	.	f _{ck} [MPa]	40	.	f _{ck} [MPa]	40
	f _{cm} [MPa]	48		f _{cm} [MPa]	48		f _{cm} [MPa]	48
	f _{ctm} [MPa]	3.5		f _{ctm} [MPa]	3.5		f _{ctm} [MPa]	3.5
	s [-]	0.25		s [-]	0.25		s [-]	0.25
 Fáze 1 	t [dny]=	14	 Fáze 1 	t [dny]=	0	 Fáze 1 	t [dny]=	0
	β _{cc} (t=7 d.)	0.902		β _{cc} (t=0 d.)	0.000		β _{cc} (t=0 d.)	0.000
	f _{cm} (t=7 d.)	43.278		f _{cm} (t=0 d.)	0.000		f _{cm} (t=0 d.)	0.000
	f _{ck} (t=7 d.)	35.278		f _{ck} (t=0 d.)	0.000		f _{ck} (t=0 d.)	0.000
	f _{ctm} (t=7 d.)	3.156		f _{ctm} (t=0 d.)	0.000		f _{ctm} (t=0 d.)	0.000
 Fáze 2 	t [dny]=	28	 Fáze 2 	t [dny]=	14	 Fáze 2 	t [dny]=	0
	β _{cc} (t=7 d.)	1.000		β _{cc} (t=0 d.)	0.902		β _{cc} (t=0 d.)	0.000
	f _{cm} (t=7 d.)	48.000		f _{cm} (t=0 d.)	43.278		f _{cm} (t=0 d.)	0.000
	f _{ck} (t=7 d.)	40.000		f _{ck} (t=0 d.)	35.278		f _{ck} (t=0 d.)	0.000
	f _{ctm} (t=7 d.)	3.500		f _{ctm} (t=0 d.)	3.156		f _{ctm} (t=0 d.)	0.000
 Fáze 3 	t [dny]=	40	 Fáze 3 	t [dny]=	28	 Fáze 3 	t [dny]=	14
	β _{cc} (t=7 d.)	1.000		β _{cc} (t=0 d.)	1.000		β _{cc} (t=0 d.)	0.902
	f _{cm} (t=7 d.)	48.000		f _{cm} (t=0 d.)	48.000		f _{cm} (t=0 d.)	43.278
	f _{ck} (t=7 d.)	40.000		f _{ck} (t=0 d.)	40.000		f _{ck} (t=0 d.)	35.278
	f _{ctm} (t=7 d.)	3.500		f _{ctm} (t=0 d.)	3.500		f _{ctm} (t=0 d.)	3.156



Fáze		Elem	Load	Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)	σ_n (Mpa)	σ_a (Mpa)
Nosná konstrukce - segment 1	Min	112	Dead Load	-1589.6	-21250.5	6.793	-8.883
	Max	112	Dead Load	4843.5	13127.0	-4.196	5.487
	Min	111	Dead Load	-1762.6	-19504.2	6.234	-8.153
	Max	111	Dead Load	4670.5	13697.1	-4.378	5.725
	Min	110	Dead Load	-1800.6	-19504.2	6.234	-8.153
	Max	110	Dead Load	4757.9	14318.4	-4.577	5.985
	Min	109	Dead Load	-1973.6	-18290.5	5.847	-7.645
	Max	109	Dead Load	4584.9	14906.8	-4.765	6.231
	Min	108	Dead Load	-2015.3	-18290.5	5.847	-7.645
	Max	108	Dead Load	4698.7	15408.8	-4.925	6.441
	Min	107	Dead Load	-2188.3	-17475.4	5.586	-7.305
	Max	107	Dead Load	4525.7	15824.2	-5.058	6.615
	Min	106	Dead Load	-2227.5	-17475.4	5.586	-7.305
	Max	106	Dead Load	4659.0	16153.2	-5.163	6.752
	Min	105	Dead Load	-2400.5	-16969.8	5.424	-7.093
	Max	105	Dead Load	4486.0	16395.7	-5.241	6.853
	Min	104	Dead Load	-2431.7	-16969.8	5.424	-7.093
	Max	104	Dead Load	4634.7	16551.6	-5.291	6.919
	Min	103	Dead Load	-2604.7	-16700.0	5.338	-6.981
	Max	103	Dead Load	4461.7	16621.1	-5.313	6.948
	Min	102	Dead Load	-2624.1	-16700.0	5.338	-6.981
	Max	102	Dead Load	4621.9	16621.1	-5.313	6.948
	Min	101	Dead Load	-2797.1	-16610.5	5.309	-6.943
	Max	101	Dead Load	4448.9	16604.1	-5.307	6.941
	Min	100	Dead Load	-2801.2	-16610.5	5.309	-6.943
	Max	100	Dead Load	4618.1	16500.6	-5.274	6.897
	Min	99	Dead Load	-2974.2	-16651.9	5.323	-6.960
	Max	99	Dead Load	4445.1	16310.6	-5.214	6.818
	Min	98	Dead Load	-2960.0	-16651.9	5.323	-6.960
	Max	98	Dead Load	4620.9	16034.1	-5.125	6.702
	Min	97	Dead Load	-3133.0	-16782.9	5.365	-7.015
	Max	97	Dead Load	4447.9	15671.1	-5.009	6.551
	Min	96	Dead Load	-3110.7	-16782.9	5.365	-7.015
	Max	96	Dead Load	4628.3	15221.6	-4.866	6.363
	Min	95	Dead Load	-3283.7	-17147.7	5.481	-7.168
	Max	95	Dead Load	4455.3	14685.6	-4.694	6.139
	Min	94	Dead Load	-3217.1	-17147.7	5.481	-7.168
	Max	94	Dead Load	4666.1	14063.1	-4.495	5.878
	Min	93	Dead Load	-3390.1	-17238.4	5.510	-7.206
	Max	93	Dead Load	4493.1	13354.2	-4.269	5.582
Min	92	Dead Load	-3298.6	-17238.4	5.510	-7.206	
Max	92	Dead Load	4661.2	12558.7	-4.014	5.250	
Min	91	Dead Load	-3471.6	-17325.3	5.538	-7.242	
Max	91	Dead Load	4488.3	11676.7	-3.732	4.881	

Nosná konstrukce - segment 1	Min	90	Dead Load	-3507.5	-17325.3	5.538	-7.242
	Max	90	Dead Load	4657.9	11571.3	-3.699	4.837
	Min	89	Dead Load	-3680.5	-17394.2	5.560	-7.271
	Max	89	Dead Load	4484.9	11960.4	-3.823	4.999
	Min	88	Dead Load	-3731.4	-17394.2	5.560	-7.271
	Max	88	Dead Load	4655.8	12334.0	-3.943	5.156
	Min	87	Dead Load	-3904.4	-17429.5	5.571	-7.286
	Max	87	Dead Load	4482.8	12680.4	-4.053	5.300
	Min	86	Dead Load	-3943.2	-17429.5	5.571	-7.286
	Max	86	Dead Load	4654.2	12940.2	-4.136	5.409
	Min	85	Dead Load	-4116.2	-17700.2	5.658	-7.399
	Max	85	Dead Load	4481.3	13182.7	-4.214	5.510
	Min	84	Dead Load	-4142.0	-17700.2	5.658	-7.399
	Max	84	Dead Load	4666.3	13412.9	-4.287	5.607
	Min	83	Dead Load	-4315.0	-15410.3	4.926	-6.442
	Max	83	Dead Load	4493.3	13556.6	-4.333	5.667
	Min	82	Dead Load	-4327.1	-14962.4	4.783	-6.254
	Max	82	Dead Load	4320.3	13732.2	-4.389	5.740
	Min	81	Dead Load	-4500.1	-16137.3	5.158	-6.745
	Max	81	Dead Load	4147.3	13856.0	-4.429	5.792
	Min	80	Dead Load	-4498.5	-16137.3	5.158	-6.745
	Max	80	Dead Load	3974.3	13934.3	-4.454	5.825
	Min	79	Dead Load	-4671.5	-17289.1	5.526	-7.227
	Max	79	Dead Load	3801.3	14046.0	-4.490	5.871
	Min	78	Dead Load	-4654.9	-17289.1	5.526	-7.227
	Max	78	Dead Load	3655.1	14071.2	-4.498	5.882
	Min	77	Dead Load	-4827.8	-18382.1	5.876	-7.684
	Max	77	Dead Load	3482.1	14149.8	-4.523	5.915
	Min	76	Dead Load	-4836.3	-18382.1	5.876	-7.684
	Max	76	Dead Load	3756.1	14168.7	-4.529	5.923
Min	75	Dead Load	-5009.3	-20497.5	6.552	-8.568	
Max	75	Dead Load	3583.1	14190.0	-4.536	5.931	
Celkově za fázi	MIN			-5009.28	-21250.5	-5.3129	-8.88272
	MAX			4843.45	16621.11	6.792669	6.947634
				Shear-z (kN)	Moment- y (kN*m)	σ_b(Mpa)	σ_a(Mpa)

Fáze		Elem	Load	Shear-z (kN)	Moment- y (kN*m)	σ_b (Mpa)	σ_d (Mpa)
Nosná konstrukce - segment 2	Min	74	Dead Load	-4964.24	-18989.3	6.070	-7.938
	Max	74	Dead Load	3651.07	14206.98	-4.541	5.939
	Min	73	Dead Load	-5137.23	-21514.6	6.877	-8.993
	Max	73	Dead Load	3478.08	14206.98	-4.541	5.939
	Min	72	Dead Load	-3890.87	-17823.7	5.697	-7.450
	Max	72	Dead Load	3714.12	14202.29	-4.540	5.937
	Min	71	Dead Load	-4063.86	-16009.9	5.118	-6.692
	Max	71	Dead Load	3541.13	14202.29	-4.540	5.937
	Min	70	Dead Load	-3936.88	-14282.6	4.565	-5.970
	Max	70	Dead Load	3383.28	14171.31	-4.530	5.924
	Min	69	Dead Load	-4109.87	-14280.9	4.565	-5.969
	Max	69	Dead Load	3210.29	14276.17	-4.563	5.967
	Min	68	Dead Load	-3993.73	-14280.9	4.565	-5.969
	Max	68	Dead Load	3401.16	14317.1	-4.576	5.985
	Min	67	Dead Load	-4166.72	-14583.8	4.662	-6.096
	Max	67	Dead Load	3228.17	14317.1	-4.576	5.985
	Min	66	Dead Load	-4060.49	-14583.8	4.662	-6.096
	Max	66	Dead Load	3432.49	14271.54	-4.562	5.966
	Min	65	Dead Load	-4233.48	-14947.2	4.778	-6.248
	Max	65	Dead Load	3259.5	14160.92	-4.527	5.919
	Min	64	Dead Load	-4138.32	-14947.2	4.778	-6.248
	Max	64	Dead Load	3463.6	14112.93	-4.511	5.899
	Min	63	Dead Load	-4311.31	-15399.2	4.922	-6.437
	Max	63	Dead Load	3290.61	14028.62	-4.484	5.864
	Min	62	Dead Load	-4226.73	-15399.2	4.922	-6.437
	Max	62	Dead Load	3502.55	13978.95	-4.468	5.843
	Min	61	Dead Load	-4399.72	-15944.9	5.097	-6.665
	Max	61	Dead Load	3329.56	13931.61	-4.453	5.823
	Min	60	Dead Load	-4325	-15944.9	5.097	-6.665
	Max	60	Dead Load	3549.81	13880.9	-4.437	5.802
	Min	59	Dead Load	-4497.99	-16586.8	5.302	-6.933
	Max	59	Dead Load	3376.82	13875.31	-4.435	5.800
	Min	58	Dead Load	-4410.53	-16586.8	5.302	-6.933
	Max	58	Dead Load	3605.6	13823.82	-4.419	5.778
Min	57	Dead Load	-4583.52	-17149.8	5.482	-7.169	
Max	57	Dead Load	3432.61	13767.3	-4.401	5.755	
Min	56	Dead Load	-4469.81	-17149.8	5.482	-7.169	
Max	56	Dead Load	3654.43	13721.83	-4.386	5.736	
Min	55	Dead Load	-4642.8	-17536.6	5.606	-7.330	
Max	55	Dead Load	3481.44	13589.87	-4.344	5.681	
Min	54	Dead Load	-4509.48	-17536.6	5.606	-7.330	
Max	54	Dead Load	3687.74	13371.42	-4.274	5.589	
Min	53	Dead Load	-4682.47	-17792.6	5.687	-7.437	
Max	53	Dead Load	3514.75	13066.47	-4.177	5.462	

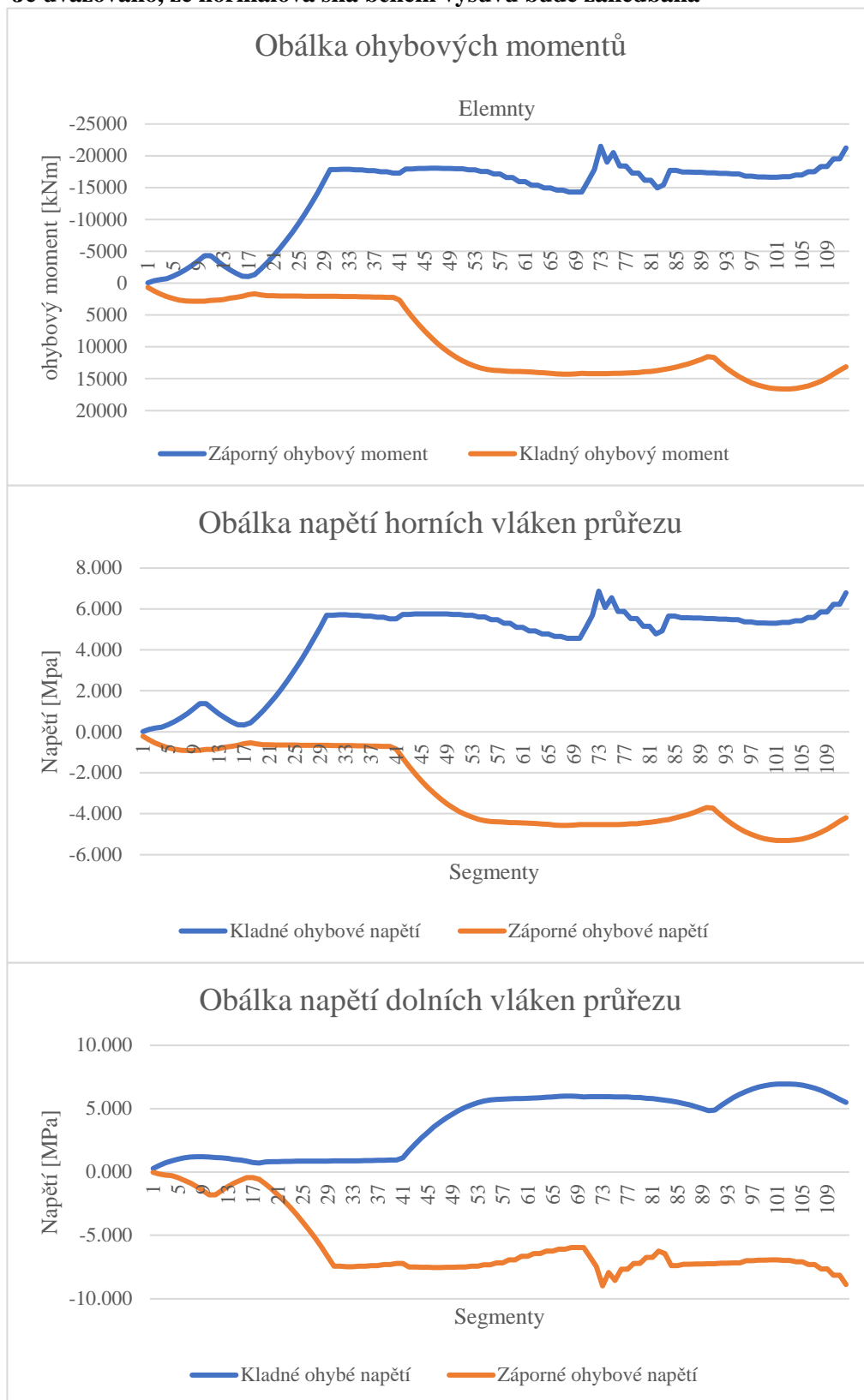
Nosná konstrukce - segment 2	Min	52	Dead Load	-4533.76	-17792.6	5.687	-7.437
	Max	52	Dead Load	3709.96	12675.03	-4.052	5.298
	Min	51	Dead Load	-4706.75	-17942.5	5.735	-7.500
	Max	51	Dead Load	3536.97	12197.09	-3.899	5.098
	Min	50	Dead Load	-4546.53	-17942.5	5.735	-7.500
	Max	50	Dead Load	3721.48	11632.66	-3.718	4.862
	Min	49	Dead Load	-4719.52	-18017.5	5.759	-7.531
	Max	49	Dead Load	3548.49	10981.73	-3.510	4.590
	Min	48	Dead Load	-4550.32	-18017.5	5.759	-7.531
	Max	48	Dead Load	3727.54	10244.3	-3.275	4.282
	Min	47	Dead Load	-4723.31	-18030.3	5.763	-7.537
	Max	47	Dead Load	3554.55	9420.39	-3.011	3.938
	Min	46	Dead Load	-4547.6	-18030.3	5.763	-7.537
	Max	46	Dead Load	3727.24	8509.97	-2.720	3.557
	Min	45	Dead Load	-4720.59	-17998.3	5.753	-7.523
	Max	45	Dead Load	3554.25	7513.07	-2.402	3.140
	Min	44	Dead Load	-4540.19	-17998.3	5.753	-7.523
	Max	44	Dead Load	3722.4	6429.66	-2.055	2.688
	Min	43	Dead Load	-4713.18	-17929.3	5.731	-7.494
	Max	43	Dead Load	3549.41	5259.77	-1.681	2.199
	Min	42	Dead Load	-4502.37	-17929.3	5.731	-7.494
	Max	42	Dead Load	3711.54	4003.37	-1.280	1.673
	Min	41	Dead Load	-4675.36	-17272.9	5.521	-7.220
	Max	41	Dead Load	3538.55	2660.49	-0.850	1.112
Min	40	Dead Load	-4507.22	-17272.9	5.521	-7.220	
Max	40	Dead Load	3458.05	2256.03	-0.721	0.943	
Min	39	Dead Load	-4680.21	-17494.5	5.592	-7.313	
Max	39	Dead Load	3285.06	2256.03	-0.721	0.943	
Celkově za fázi	MIN			-5137.23	-21514.6	-4.57643	-8.99313
	MAX			3727.54	14317.1	6.877098	5.984556
				Shear-z (kN)	Moment- y (kN*m)	σ_h(Mpa)	σ_a(Mpa)

Fáze		Elem	Load	Shear-z (kN)	Moment- y (kN*m)	σ_b (Mpa)	σ_d (Mpa)
Nosná konstrukce - segment 3	Min	38	Dead Load	-4510.58	-17494.5	5.592	-7.313
	Max	38	Dead Load	3576.62	2199.95	-0.703	0.920
	Min	37	Dead Load	-4683.57	-17672.3	5.649	-7.387
	Max	37	Dead Load	3403.64	2199.95	-0.703	0.920
	Min	36	Dead Load	-4512.66	-17672.3	5.649	-7.387
	Max	36	Dead Load	3669.2	2149.57	-0.687	0.899
	Min	35	Dead Load	-4685.65	-17797.3	5.689	-7.439
	Max	35	Dead Load	3496.21	2149.57	-0.687	0.899
	Min	34	Dead Load	-4514.22	-17797.3	5.689	-7.439
	Max	34	Dead Load	3735.2	2117.15	-0.677	0.885
	Min	33	Dead Load	-4687.21	-17874.6	5.714	-7.472
	Max	33	Dead Load	3562.21	2112.57	-0.675	0.883
	Min	32	Dead Load	-4502.17	-17874.6	5.714	-7.472
	Max	32	Dead Load	3774.95	2096.8	-0.670	0.876
	Min	31	Dead Load	-4675.16	-17819.9	5.696	-7.449
	Max	31	Dead Load	3601.96	2089.88	-0.668	0.874
	Min	30	Dead Load	-1411.1	-17819.9	5.696	-7.449
	Max	30	Dead Load	3782.84	2085.22	-0.667	0.872
	Min	29	Dead Load	-1584.09	-15971.8	5.105	-6.676
	Max	29	Dead Load	3609.85	2062	-0.659	0.862
	Min	28	Dead Load	-1362.27	-14210.1	4.542	-5.940
	Max	28	Dead Load	3436.86	2062	-0.659	0.862
	Min	27	Dead Load	-1535.26	-12534.9	4.007	-5.240
	Max	27	Dead Load	3263.87	2053.72	-0.656	0.858
	Min	26	Dead Load	-1328.96	-10946.2	3.499	-4.576
	Max	26	Dead Load	3090.88	2053.72	-0.656	0.858
	Min	25	Dead Load	-1501.95	-9444.01	3.019	-3.948
	Max	25	Dead Load	2917.89	2037.56	-0.651	0.852
	Min	24	Dead Load	-1306.74	-8028.31	2.566	-3.356
	Max	24	Dead Load	2744.9	2037.56	-0.651	0.852
	Min	23	Dead Load	-1479.73	-6699.11	2.141	-2.800
	Max	23	Dead Load	2571.91	2016.31	-0.645	0.843
Min	22	Dead Load	-1295.22	-5456.4	1.744	-2.281	
Max	22	Dead Load	2398.92	2016.31	-0.645	0.843	
Min	21	Dead Load	-1468.21	-4300.19	1.375	-1.797	
Max	21	Dead Load	2225.93	1969.78	-0.630	0.823	
Min	20	Dead Load	-1289.16	-3230.47	1.033	-1.350	
Max	20	Dead Load	2052.94	1965.91	-0.628	0.822	
Min	19	Dead Load	-1462.15	-2247.24	0.718	-0.939	
Max	19	Dead Load	1879.95	1875.54	-0.600	0.784	
Min	18	Dead Load	-1289.46	-1350.51	0.432	-0.565	
Max	18	Dead Load	1706.96	1698.68	-0.543	0.710	
Min	17	Dead Load	-1462.45	-1044.41	0.334	-0.437	
Max	17	Dead Load	1533.97	1807.35	-0.578	0.755	

Nosná konstrukce F3	Min	16	Dead Load	-1294.3	-1076.83	0.344	-0.450
	Max	16	Dead Load	1360.98	2074.79	-0.663	0.867
	Min	15	Dead Load	-1467.29	-1553.43	0.497	-0.649
	Max	15	Dead Load	1188	2255.74	-0.721	0.943
	Min	14	Dead Load	-1305.16	-2116.51	0.677	-0.885
	Max	14	Dead Load	1124.06	2375.13	-0.759	0.993
	Min	13	Dead Load	-1478.15	-2766.09	0.884	-1.156
	Max	13	Dead Load	951.07	2575.96	-0.823	1.077
	Min	12	Dead Load	-1558.65	-3502.17	1.119	-1.464
	Max	12	Dead Load	1234.42	2690.29	-0.860	1.125
	Min	11	Dead Load	-1731.64	-4324.74	1.382	-1.808
	Max	11	Dead Load	1061.43	2718.13	-0.869	1.136
	Min	10	Dead Load	-1440.08	-4324.74	1.382	-1.808
	Max	10	Dead Load	1729.9	2827.78	-0.904	1.182
	Min	9	Dead Load	-1613.07	-3503.04	1.120	-1.464
	Max	9	Dead Load	1556.91	2859.57	-0.914	1.195
	Min	8	Dead Load	-1347.5	-2767.84	0.885	-1.157
	Max	8	Dead Load	1383.92	2859.57	-0.914	1.195
	Min	7	Dead Load	-1520.49	-2119.12	0.677	-0.886
	Max	7	Dead Load	1210.93	2804.85	-0.897	1.172
	Min	6	Dead Load	-1281.5	-1556.91	0.498	-0.651
	Max	6	Dead Load	1037.94	2663.64	-0.851	1.113
	Min	5	Dead Load	-1454.49	-1081.19	0.346	-0.452
	Max	5	Dead Load	864.95	2435.94	-0.779	1.018
	Min	4	Dead Load	-1241.75	-691.96	0.221	-0.289
	Max	4	Dead Load	691.96	2121.74	-0.678	0.887
	Min	3	Dead Load	-1414.74	-568.29	0.182	-0.238
	Max	3	Dead Load	518.97	1721.05	-0.550	0.719
	Min	2	Dead Load	-1233.86	-380.78	0.122	-0.159
	Max	2	Dead Load	741.28	1233.86	-0.394	0.516
	Min	1	Dead Load	-1406.85	-53.39	0.017	-0.022
	Max	1	Dead Load	568.29	660.18	-0.211	0.276
Celkově za fázi	MIN			-4687.21	-17874.6	-0.91405	-7.4716
	MAX			3782.84	2859.57	5.713574	1.195302
			Shear-z (kN)	Moment-y (kN*m)	σ_h(Mpa)	σ_a(Mpa)	

Obálka ohybových momentů a napětí

Je uvažováno, že normálová síla během výsuvu bude zanedbána



Předpětí

Byl již proveden statický výpočet pro finální stav nosné konstrukce. V tomto statickém výpočtu bylo navrženo předpětí pro finální stav nosné konstrukce. Niže je zobrazen a vypočten vliv při použití pouze tohoto předpětí pro konstrukční fáze výstavby.

Navržené předpětí :

Ve finálním stavu konstrukce bylo navrženo předpětí Y 18660 S7. Bylo navrženo 13 kabelů 19-ti lanového systému typu 19C15.

Ve výpočtu napínacího napětí budou zahrnuty krátkodobé ztráty vypočítané ve statickém výpočtu pro finální stav nosné konstrukce

Parametry předpětí		
f_{pk}	1860	MPa
D	15.7	mm
A	150	mm ²
hmotnost	1.172	kg/m
povrch	hladký	
$f_{p0.1k}$	246	kN
F_{pk}	279	kN
E	195000	MPa

$$f_{pd} = \frac{f_{p0.1k}}{1.15}$$

$$f_{pd} = 213.913 \text{ kN}$$

$$\sigma_{p,max} = \min(0.8 * f_{pk}; 0.9 * f_{p0.1k})$$

$$\sigma_{p,max} = \min(1488.0 \quad 1476.0) = 1476.0 \text{ MPa}$$

$$\text{Napětí po krátkodobých ztrátách [\%]} = 93.42\%$$

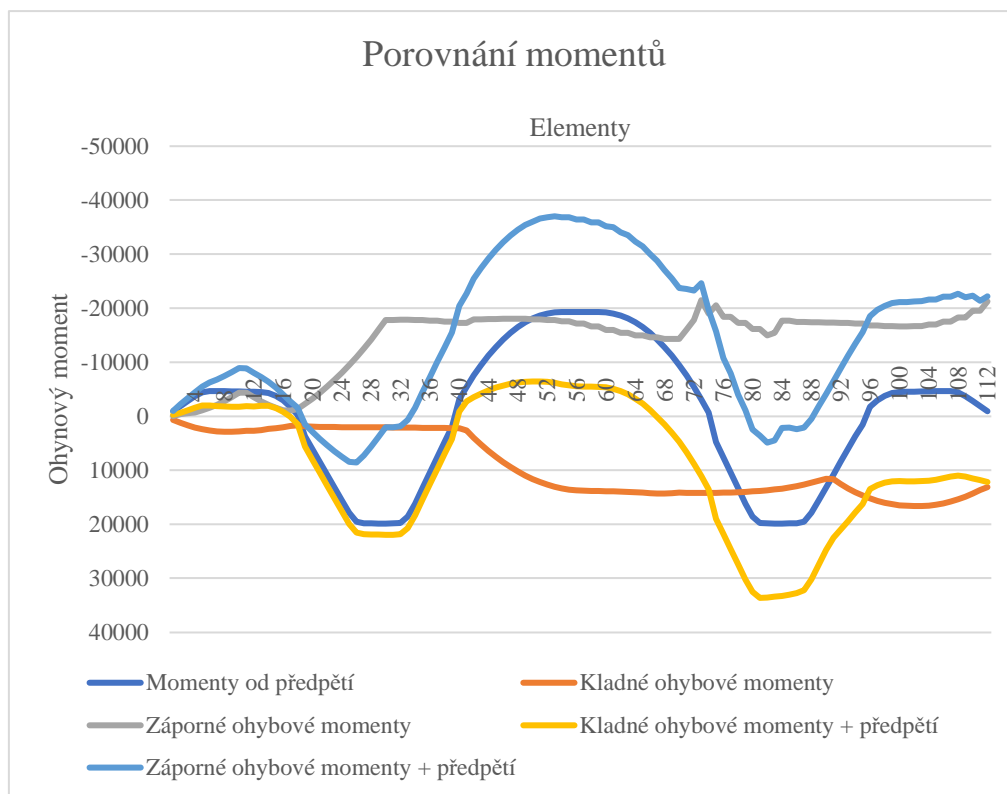
$$\text{Napětí po krátkodobých ztrátách} = 1378.9 \text{ MPa}$$

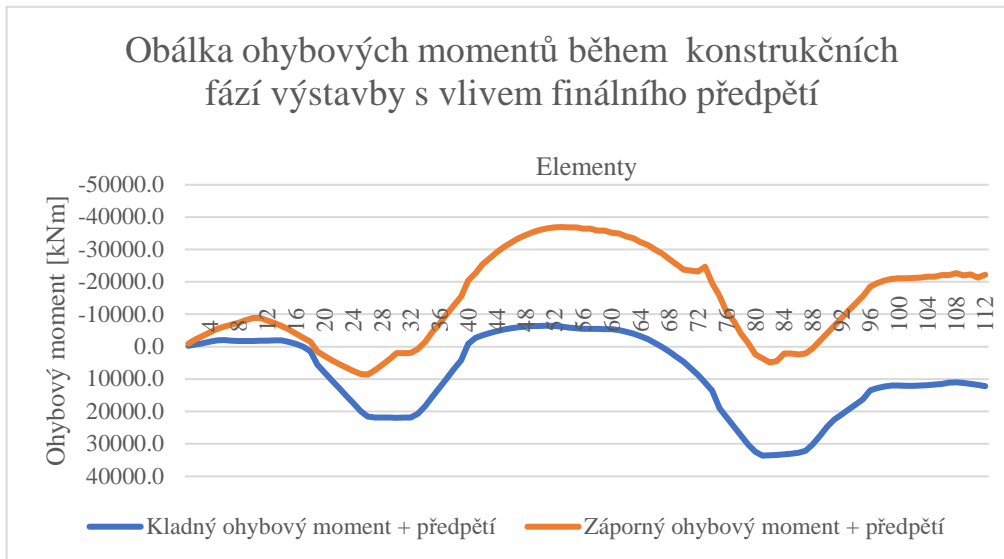
$$F_{p,max} = 206.8288 \text{ kN}$$

Fáze	Elem	Load	Moment-y (kN*m)	M _{max} y [kNm]	M _{min} y [kNm]	M _{max,celk} y [kNm]	M _{min,celk} y [kNm]
Nosná konstrukce - segment 1	112	Predpeti	-922.28	13127.0	-21250.5	12204.7	-22172.8
	111	Predpeti	-1849.39	13697.1	-19504.2	11847.7	-21353.6
	110	Predpeti	-2778.13	14318.4	-19504.2	11540.2	-22282.3
	109	Predpeti	-3705.39	14906.8	-18290.5	11201.4	-21995.9
	108	Predpeti	-4383.69	15408.8	-18290.5	11025.1	-22674.2
	107	Predpeti	-4662.28	15824.2	-17475.4	11161.9	-22137.7
	106	Predpeti	-4662.28	16153.2	-17475.4	11490.9	-22137.7
	105	Predpeti	-4643.27	16395.7	-16969.8	11752.4	-21613.1
	104	Predpeti	-4610.66	16551.6	-16969.8	11941.0	-21580.5
	103	Predpeti	-4578.05	16621.1	-16700.0	12043.1	-21278.0
	102	Predpeti	-4545.44	16621.1	-16700.0	12075.7	-21245.4
	101	Predpeti	-4512.83	16604.1	-16610.5	12091.3	-21123.3
	100	Predpeti	-4480.34	16500.6	-16610.5	12020.2	-21090.8
	99	Predpeti	-4264.97	16310.6	-16651.9	12045.6	-20916.8
	98	Predpeti	-3737.51	16034.1	-16651.9	12296.6	-20389.4
	97	Predpeti	-2892.38	15671.1	-16782.9	12778.7	-19675.3
	96	Predpeti	-1724.75	15221.6	-16782.9	13496.8	-18507.6
	95	Predpeti	1589.23	14685.6	-17147.7	16274.8	-15558.5
	94	Predpeti	3743.37	14063.1	-17147.7	17806.5	-13404.3
	93	Predpeti	6100.17	13354.2	-17238.4	19454.3	-11138.2
	92	Predpeti	8462.61	12558.7	-17238.4	21021.3	-8775.8
	91	Predpeti	10828.55	11676.7	-17325.3	22505.3	-6496.7
	90	Predpeti	13197.98	11571.3	-17325.3	24769.3	-4127.3
	89	Predpeti	15551.03	11960.4	-17394.2	27511.5	-1843.2
	88	Predpeti	17898.71	12334.0	-17394.2	30232.7	504.5
	87	Predpeti	19519.64	12680.4	-17429.5	32200.0	2090.1
	86	Predpeti	19823.14	12940.2	-17429.5	32763.3	2393.6
	85	Predpeti	19845.6	13182.7	-17700.2	33028.3	2145.4
	84	Predpeti	19868.08	13412.9	-17700.2	33281.0	2167.9
	83	Predpeti	19868.08	13556.6	-15410.3	33424.7	4457.8
	82	Predpeti	19853.98	13732.2	-14962.4	33586.1	4891.6
	81	Predpeti	19757.33	13856.0	-16137.3	33613.4	3620.1
	80	Predpeti	18584.98	13934.3	-16137.3	32519.2	2447.7
	79	Predpeti	16213.32	14046.0	-17289.1	30259.3	-1075.8
	78	Predpeti	13327.26	14071.2	-17289.1	27398.5	-3961.8
77	Predpeti	10480.18	14149.8	-18382.1	24630.0	-7901.9	
76	Predpeti	7637.4	14168.7	-18382.1	21806.1	-10744.7	
75	Predpeti	4798.91	14190.0	-20497.5	18988.9	-15698.6	
	74	Predpeti	-660.57	14206.98	-18989.3	13546.4	-19649.8
	73	Predpeti	-3127.98	14206.98	-21514.6	11079.0	-24642.6
	72	Predpeti	-5414.9	14202.29	-17823.7	8787.4	-23238.6
	71	Predpeti	-7522.49	14202.29	-16009.9	6679.8	-23532.4
	70	Predpeti	-9451.94	14171.31	-14282.6	4719.4	-23734.5

Nosná konstrukce - segment 2	69	Predpeti	-11204.4	14276.17	-14280.9	3071.7	-25485.4	
	68	Predpeti	-12781.2	14317.1	-14280.9	1535.9	-27062.1	
	67	Predpeti	-14183.5	14317.1	-14583.8	133.6	-28767.3	
	66	Predpeti	-15412.5	14271.54	-14583.8	-1141.0	-29996.4	
	65	Predpeti	-16468.8	14160.92	-14947.2	-2307.9	-31416.0	
	64	Predpeti	-17355.3	14112.93	-14947.2	-3242.4	-32302.5	
	63	Predpeti	-18079.4	14028.62	-15399.2	-4050.8	-33478.5	
	62	Predpeti	-18628.7	13978.95	-15399.2	-4649.7	-34027.9	
	61	Predpeti	-19011.3	13931.61	-15944.9	-5079.7	-34956.2	
	60	Predpeti	-19228.6	13880.9	-15944.9	-5347.7	-35173.4	
	59	Predpeti	-19281.9	13875.31	-16586.8	-5406.6	-35868.7	
	58	Predpeti	-19281.9	13823.82	-16586.8	-5458.1	-35868.7	
	57	Predpeti	-19258.9	13767.3	-17149.8	-5491.6	-36408.7	
	56	Predpeti	-19258.9	13721.83	-17149.8	-5537.1	-36408.7	
	55	Predpeti	-19281.9	13589.87	-17536.6	-5692.0	-36818.5	
	54	Predpeti	-19281.9	13371.42	-17536.6	-5910.5	-36818.5	
	53	Predpeti	-19228.6	13066.47	-17792.6	-6162.1	-37021.2	
	52	Predpeti	-19011.3	12675.0	-17792.6	-6336.3	-36803.9	
	51	Predpeti	-18628.7	12197.1	-17942.5	-6431.6	-36571.2	
	50	Predpeti	-18079.4	11632.7	-17942.5	-6446.7	-36021.9	
	49	Predpeti	-17355.3	10981.7	-18017.5	-6373.6	-35372.8	
	48	Predpeti	-16468.8	10244.3	-18017.5	-6224.5	-34486.2	
	47	Predpeti	-15412.6	9420.4	-18030.3	-5992.2	-33442.9	
	46	Predpeti	-14183.5	8510.0	-18030.3	-5673.5	-32213.8	
	45	Predpeti	-12781.2	7513.1	-17998.3	-5268.1	-30779.5	
	44	Predpeti	-11204.4	6429.7	-17998.3	-4774.8	-29202.7	
	43	Predpeti	-9451.94	5259.8	-17929.3	-4192.2	-27381.2	
	42	Predpeti	-7522.49	4003.4	-17929.3	-3519.1	-25451.8	
	41	Predpeti	-5414.9	2660.5	-17272.9	-2754.4	-22687.8	
	40	Predpeti	-3127.98	2256.0	-17272.9	-872.0	-20400.8	
	39	Predpeti	1988.47	2256.0	-17494.5	4244.5	-15506.1	
	Nosná konstrukce - segment 3	38	Predpeti	4798.91	2199.95	-17494.5	6998.9	-12695.6
		37	Predpeti	7637.4	2199.95	-17672.3	9837.4	-10034.9
		36	Predpeti	10480.19	2149.57	-17672.3	12629.8	-7192.1
		35	Predpeti	13327.26	2149.57	-17797.3	15476.8	-4470.0
		34	Predpeti	16213.32	2117.15	-17797.3	18330.5	-1584.0
		33	Predpeti	18584.99	2112.57	-17874.6	20697.6	710.4
		32	Predpeti	19757.33	2096.8	-17874.6	21854.1	1882.7
		31	Predpeti	19853.98	2089.88	-17819.9	21943.9	2034.1
30		Predpeti	19868.08	2085.22	-17819.9	21953.3	2048.2	
29		Predpeti	19868.08	2062	-15971.8	21930.1	3896.3	
28		Predpeti	19845.61	2062	-14210.1	21907.6	5635.5	
27		Predpeti	19823.14	2053.72	-12534.9	21876.9	7288.3	
26		Predpeti	19519.64	2053.72	-10946.2	21573.4	8573.4	
25		Predpeti	17898.71	2037.56	-9444.01	19936.3	8454.7	
24		Predpeti	15551.03	2037.56	-8028.31	17588.6	7522.7	

Nosná konstrukce - segment 3	23	Predpeti	13197.98	2016.31	-6699.11	15214.3	6498.9
	22	Predpeti	10828.55	2016.31	-5456.4	12844.9	5372.2
	21	Predpeti	8462.61	1969.78	-4300.19	10432.4	4162.4
	20	Predpeti	6100.17	1965.91	-3230.47	8066.1	2869.7
	19	Predpeti	3743.37	1875.54	-2247.24	5618.9	1496.1
	18	Predpeti	-232.37	1698.68	-1350.51	1466.3	-1582.9
	17	Predpeti	-1724.75	1807.35	-1044.41	82.6	-2769.2
	16	Predpeti	-2892.38	2074.79	-1076.83	-817.6	-3969.2
	15	Predpeti	-3737.51	2255.74	-1553.43	-1481.8	-5290.9
	14	Predpeti	-4264.97	2375.13	-2116.51	-1889.8	-6381.5
	13	Predpeti	-4480.34	2575.96	-2766.09	-1904.4	-7246.4
	12	Predpeti	-4512.83	2690.29	-3502.17	-1822.5	-8015.0
	11	Predpeti	-4545.45	2718.13	-4324.74	-1827.3	-8870.2
	10	Predpeti	-4578.06	2827.78	-4324.74	-1750.3	-8902.8
	9	Predpeti	-4610.66	2859.57	-3503.04	-1751.1	-8113.7
	8	Predpeti	-4643.27	2859.57	-2767.84	-1783.7	-7411.1
	7	Predpeti	-4662.28	2804.85	-2119.12	-1857.4	-6781.4
	6	Predpeti	-4662.28	2663.64	-1556.91	-1998.6	-6219.2
	5	Predpeti	-4383.69	2435.94	-1081.19	-1947.8	-5464.9
	4	Predpeti	-3705.39	2121.74	-691.96	-1583.7	-4397.4
	3	Predpeti	-2778.13	1721.05	-568.29	-1057.1	-3346.4
	2	Predpeti	-1849.39	1233.86	-380.78	-615.5	-2230.2
	1	Predpeti	-922.28	660.18	-53.39	-262.1	-975.7



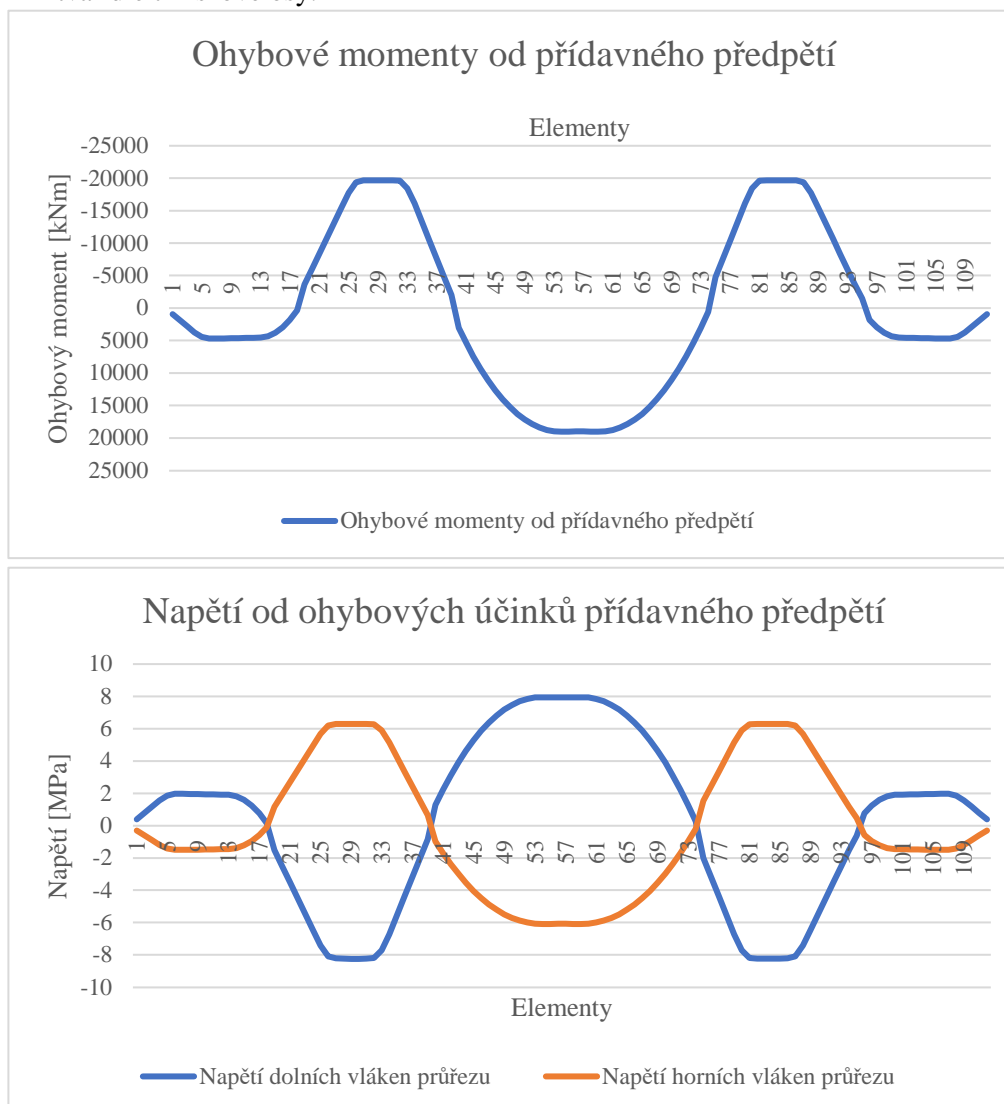


Extrém ohybových momentů		Normálové napětí od předpětí		
$M_{\max, \text{záporný}} [\text{kNm}]$	$M_{\max, \text{kladný}} [\text{kNm}]$	Počet kabelů	Počet lan	$A_{\text{předpětí}} [\text{m}^2]$
-37021.2	33613.4	13	19	0.03705
Maximální tahové napětí od ohybových momentů		$\sigma_{p, \max} [\text{MPa}]$	$P_{\max} [\text{kN}]$	$A_{\text{průřezu}} [\text{m}^2]$
		1378.9	51086.71	13.307
$\sigma_{\text{horní}} [\text{MPa}]$	$\sigma_{\text{dolní}} [\text{MPa}]$	3.839		
11.834	14.050			
Maximální tahové napětí od ohybových momentů včetně vlivu normálové síly od předpětí		$\sigma_{\text{horní}} [\text{MPa}]$	$\sigma_{\text{dolní}} [\text{MPa}]$	
7.995	10.211			

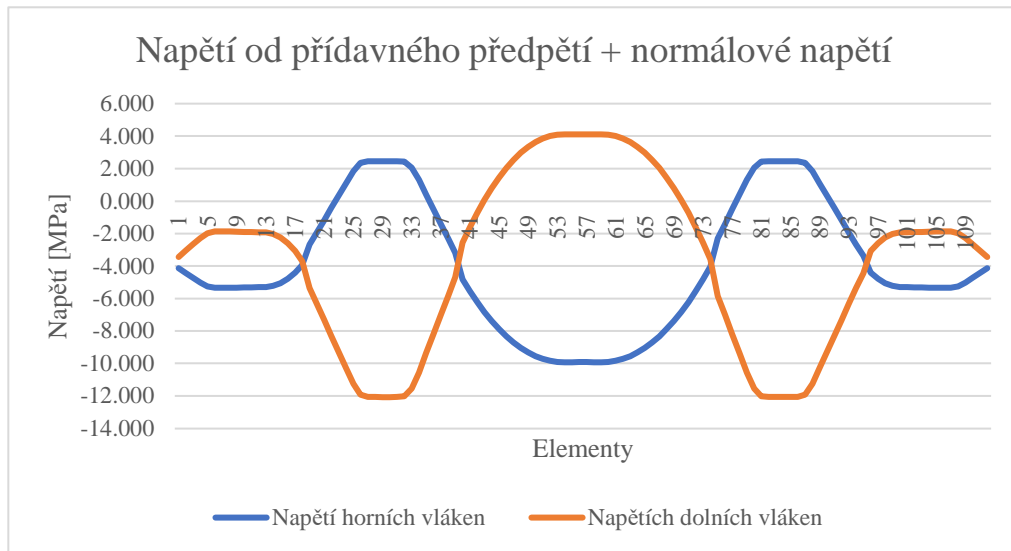
Použití pouze kabelů pro finální stav sice pomůže vyřešit extrém záporných momentů, daný nejnepříznivější polohou vysouvané konstrukce, ale vytvoří ještě více nepříznivý ohybový moment. Z tohoto důvodu bylo upuštěno od myšlenky použití pouze samotných kabelů předpětí, navržených pro finální stav konstrukce, pro konstrukční fáze vysouvání. V dalším kroku návrhu budou kabely předpětí pro finální stav doplněny konstrukčním nezainjektovaným předpětím, které bude odstraněno poté, co bude most ve své definitivní poloze.

Návrh doplňujícího předpětí pro konstrukční fáze výstavby

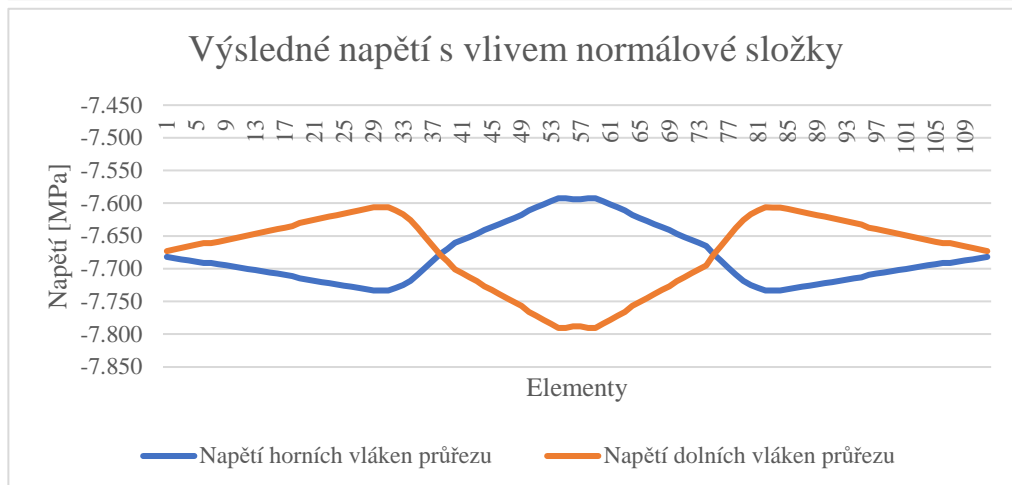
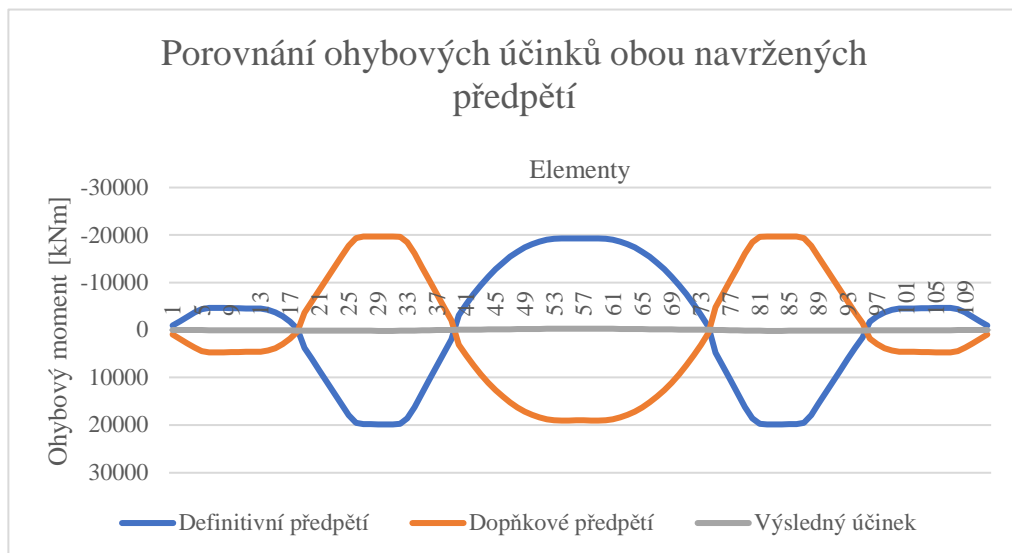
Doplňující předpětí je navrženo tak, aby snižovalo nežádoucí vlivy finálního předpětí. Doplňující předpětí nebude zainjektováno. Po dosažení finálního stavu bude odstraněno a zůstane pouze předpětí pro finální stav konstrukce. Navržené doplňující předpětí je navrženo tak, aby mělo co nejvíce symetrický tvar dle těžišťové osy.

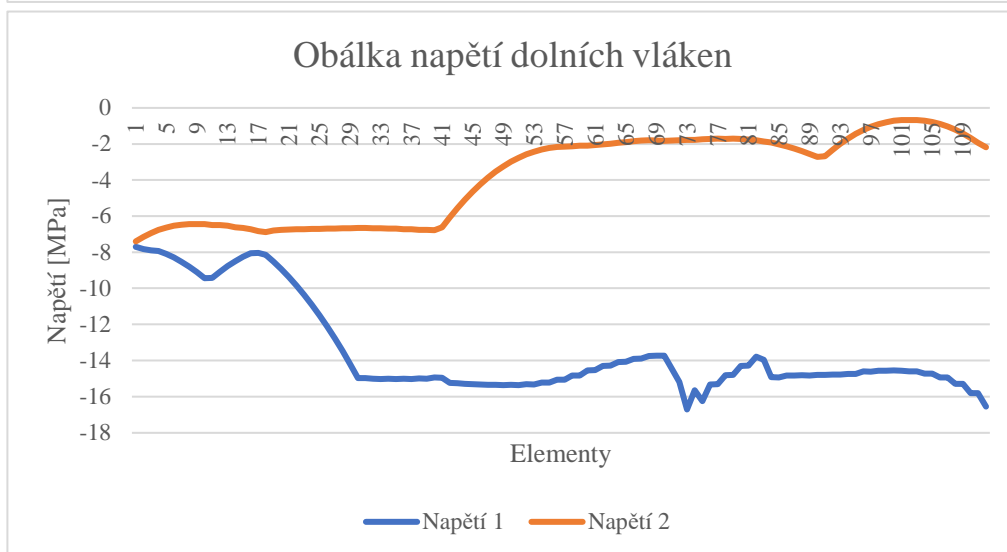
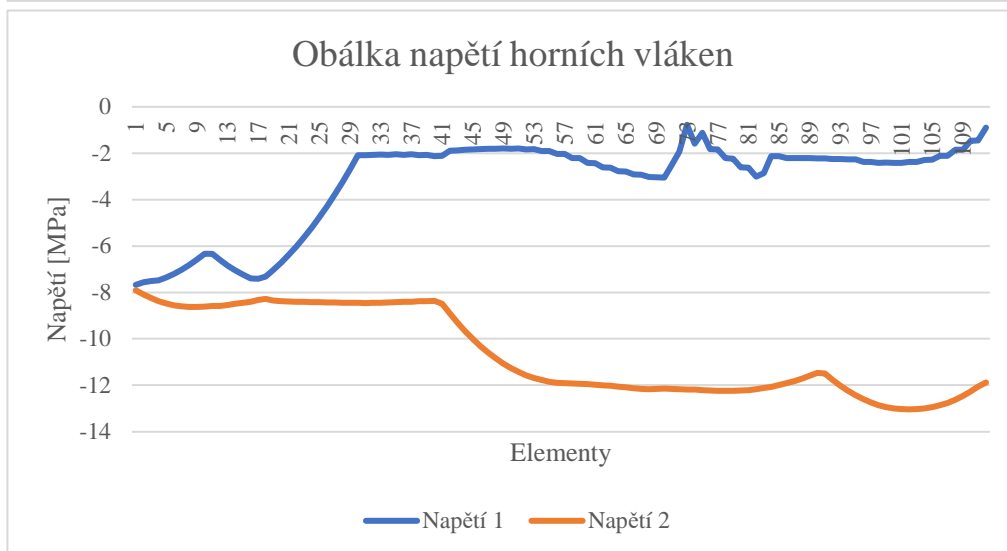
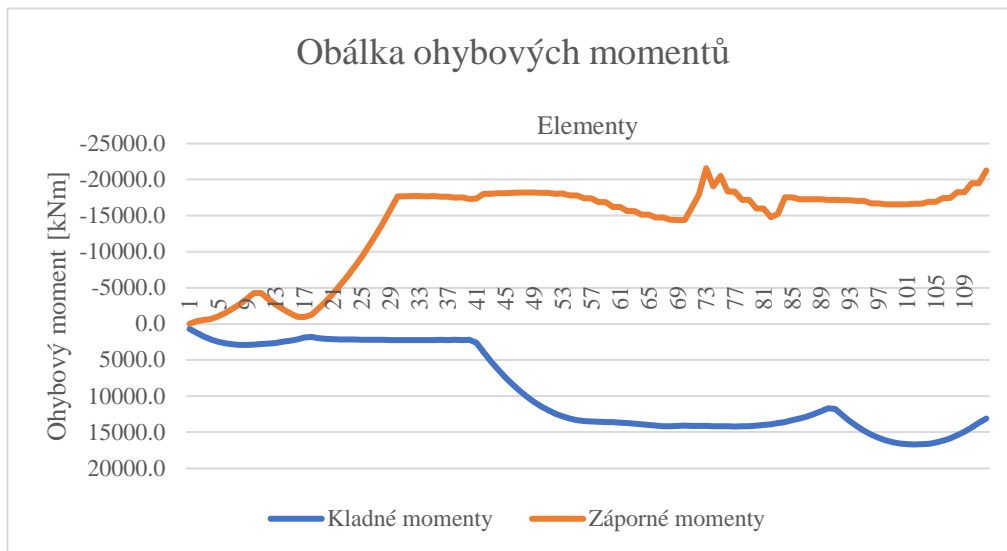


Normálové napětí od předpětí			
Počet kabelů		Počet lan	$A_{\text{předpětí}}$ [m ²]
13		19	0.03705
$\sigma_{p,\max}$ [MPa]	P_{\max} [kN]	$A_{\text{průřezu}}$ [m ²]	$\sigma_{N,\max}$ [MPa]
1378.9	51086.71	13.307	3.839



Porovnání účinků





Podmínky pro přípustný stav

Pro celou konstrukci je uvažována pevnost nejmladšího segmentu.

Podmínka 1 = $\sigma_i < 0.6 * f_{ck}(t)$

35.278 MPa

Podmínka 2 = $\sigma_i < 0 MPa$

0 MPa

Elem	Load	Horní vlákna průřezu		Dolní vlákna průřezu		Ověření 1.	Ověření 2.
		min	max	min	max	pod.	pod.
112	Výsledné	-0.89332	-11.882	-16.5508	-2.18099	<u>OK</u>	<u>OK</u>
111	Výsledné	-1.45519	-12.0679	-15.8161	-1.93789	<u>OK</u>	<u>OK</u>
110	Výsledné	-1.45883	-12.2701	-15.8113	-1.67345	<u>OK</u>	<u>OK</u>
109	Výsledné	-1.85042	-12.4619	-15.2992	-1.4227	<u>OK</u>	<u>OK</u>
108	Výsledné	-1.85409	-12.626	-15.2944	-1.20808	<u>OK</u>	<u>OK</u>
107	Výsledné	-2.11833	-12.7625	-14.9489	-1.02961	<u>OK</u>	<u>OK</u>
106	Výsledné	-2.11833	-12.8676	-14.9489	-0.8921	<u>OK</u>	<u>OK</u>
105	Výsledné	-2.28358	-12.9488	-14.7328	-0.78598	<u>OK</u>	<u>OK</u>
104	Výsledné	-2.28723	-13.0023	-14.728	-0.71601	<u>OK</u>	<u>OK</u>
103	Výsledné	-2.37714	-13.0281	-14.6104	-0.68219	<u>OK</u>	<u>OK</u>
102	Výsledné	-2.38079	-13.0318	-14.6056	-0.67742	<u>OK</u>	<u>OK</u>
101	Výsledné	-2.41305	-13.03	-14.5635	-0.67976	<u>OK</u>	<u>OK</u>
100	Výsledné	-2.4167	-13.0006	-14.5587	-0.71825	<u>OK</u>	<u>OK</u>
99	Výsledné	-2.40713	-12.9435	-14.5712	-0.79288	<u>OK</u>	<u>OK</u>
98	Výsledné	-2.41079	-12.8588	-14.5664	-0.90367	<u>OK</u>	<u>OK</u>
97	Výsledné	-2.37258	-12.7464	-14.6164	-1.05061	<u>OK</u>	<u>OK</u>
96	Výsledné	-2.37624	-12.6064	-14.6116	-1.23371	<u>OK</u>	<u>OK</u>
95	Výsledné	-2.26696	-12.4424	-14.7545	-1.44817	<u>OK</u>	<u>OK</u>
94	Výsledné	-2.27061	-12.2471	-14.7497	-1.70358	<u>OK</u>	<u>OK</u>
93	Výsledné	-2.24528	-12.0241	-14.7829	-1.99516	<u>OK</u>	<u>OK</u>
92	Výsledné	-2.24893	-11.7735	-14.7781	-2.3229	<u>OK</u>	<u>OK</u>
91	Výsledné	-2.22481	-11.4952	-14.8096	-2.68678	<u>OK</u>	<u>OK</u>
90	Výsledné	-2.22845	-11.4652	-14.8049	-2.72608	<u>OK</u>	<u>OK</u>
89	Výsledné	-2.21006	-11.5932	-14.8289	-2.55866	<u>OK</u>	<u>OK</u>
88	Výsledné	-2.21369	-11.7163	-14.8242	-2.39773	<u>OK</u>	<u>OK</u>
87	Výsledné	-2.20601	-11.8306	-14.8342	-2.24826	<u>OK</u>	<u>OK</u>
86	Výsledné	-2.20959	-11.9172	-14.8295	-2.13496	<u>OK</u>	<u>OK</u>
85	Výsledné	-2.1267	-11.9984	-14.9379	-2.02883	<u>OK</u>	<u>OK</u>
84	Výsledné	-2.13035	-12.0756	-14.9331	-1.92783	<u>OK</u>	<u>OK</u>
83	Výsledné	-2.86231	-12.1215	-13.976	-1.86777	<u>OK</u>	<u>OK</u>
82	Výsledné	-3.0055	-12.1776	-13.7887	-1.7944	<u>OK</u>	<u>OK</u>
81	Výsledné	-2.62293	-12.2102	-14.289	-1.75179	<u>OK</u>	<u>OK</u>
80	Výsledné	-2.6137	-12.226	-14.3011	-1.73116	<u>OK</u>	<u>OK</u>
79	Výsledné	-2.23242	-12.2486	-14.7997	-1.70161	<u>OK</u>	<u>OK</u>
78	Výsledné	-2.2131	-12.2373	-14.8249	-1.71631	<u>OK</u>	<u>OK</u>
77	Výsledné	-1.84296	-12.2417	-15.309	-1.71059	<u>OK</u>	<u>OK</u>
76	Výsledné	-1.82224	-12.227	-15.3361	-1.72981	<u>OK</u>	<u>OK</u>
75	Výsledné	-1.12539	-12.2132	-16.2473	-1.74793	<u>OK</u>	<u>OK</u>
74	Výsledné	-1.58256	-12.1937	-15.6495	-1.77344	<u>OK</u>	<u>OK</u>
73	Výsledné	-0.76611	-12.1844	-16.7172	-1.7855	<u>OK</u>	<u>OK</u>

72	Výsledné	-1.93673	-12.1738	-15.1863	-1.79946	<u>OK</u>	<u>OK</u>
71	Výsledné	-2.50736	-12.1646	-14.4401	-1.81143	<u>OK</u>	<u>OK</u>
70	Výsledné	-3.05038	-12.1456	-13.73	-1.8363	<u>OK</u>	<u>OK</u>
69	Výsledné	-3.03906	-12.1673	-13.7448	-1.80796	<u>OK</u>	<u>OK</u>
68	Výsledné	-3.03015	-12.1714	-13.7565	-1.80249	<u>OK</u>	<u>OK</u>
67	Výsledné	-2.92382	-12.1619	-13.8955	-1.81493	<u>OK</u>	<u>OK</u>
66	Výsledné	-2.91436	-12.1379	-13.9079	-1.84634	<u>OK</u>	<u>OK</u>
65	Výsledné	-2.78933	-12.0937	-14.0714	-1.90418	<u>OK</u>	<u>OK</u>
64	Výsledné	-2.77989	-12.0689	-14.0837	-1.93658	<u>OK</u>	<u>OK</u>
63	Výsledné	-2.62162	-12.0281	-14.2907	-1.98988	<u>OK</u>	<u>OK</u>
62	Výsledné	-2.61215	-12.0028	-14.3031	-2.02303	<u>OK</u>	<u>OK</u>
61	Výsledné	-2.42831	-11.9782	-14.5435	-2.05513	<u>OK</u>	<u>OK</u>
60	Výsledné	-2.41894	-11.9527	-14.5558	-2.08858	<u>OK</u>	<u>OK</u>
59	Výsledné	-2.20442	-11.9415	-14.8363	-2.10312	<u>OK</u>	<u>OK</u>
58	Výsledné	-2.20442	-11.9251	-14.8363	-2.12464	<u>OK</u>	<u>OK</u>
57	Výsledné	-2.02812	-11.9107	-15.0668	-2.14346	<u>OK</u>	<u>OK</u>
56	Výsledné	-2.02811	-11.8962	-15.0668	-2.16247	<u>OK</u>	<u>OK</u>
55	Výsledné	-1.90082	-11.8503	-15.2333	-2.22243	<u>OK</u>	<u>OK</u>
54	Výsledné	-1.90082	-11.7805	-15.2333	-2.31374	<u>OK</u>	<u>OK</u>
53	Výsledné	-1.82831	-11.6923	-15.3281	-2.42901	<u>OK</u>	<u>OK</u>
52	Výsledné	-1.83768	-11.5766	-15.3159	-2.58038	<u>OK</u>	<u>OK</u>
51	Výsledné	-1.79918	-11.4332	-15.3662	-2.76785	<u>OK</u>	<u>OK</u>
50	Výsledné	-1.80864	-11.2623	-15.3538	-2.99141	<u>OK</u>	<u>OK</u>
49	Výsledné	-1.7985	-11.068	-15.3671	-3.24543	<u>OK</u>	<u>OK</u>
48	Výsledné	-1.80794	-10.8417	-15.3548	-3.54133	<u>OK</u>	<u>OK</u>
47	Výsledné	-1.81269	-10.5872	-15.3486	-3.87413	<u>OK</u>	<u>OK</u>
46	Výsledné	-1.82216	-10.3057	-15.3362	-4.24231	<u>OK</u>	<u>OK</u>
45	Výsledné	-1.8419	-9.99655	-15.3104	-4.64658	<u>OK</u>	<u>OK</u>
44	Výsledné	-1.85081	-9.65914	-15.2987	-5.0878	<u>OK</u>	<u>OK</u>
43	Výsledné	-1.88472	-9.29704	-15.2544	-5.56133	<u>OK</u>	<u>OK</u>
42	Výsledné	-1.89384	-8.90455	-15.2424	-6.07458	<u>OK</u>	<u>OK</u>
41	Výsledné	-2.1128	-8.48445	-14.9561	-6.62394	<u>OK</u>	<u>OK</u>
40	Výsledné	-2.12198	-8.36434	-14.9441	-6.781	<u>OK</u>	<u>OK</u>
39	Výsledné	-2.06962	-8.38284	-15.0126	-6.75682	<u>OK</u>	<u>OK</u>
38	Výsledné	-2.08528	-8.38057	-14.9921	-6.75978	<u>OK</u>	<u>OK</u>
37	Výsledné	-2.04915	-8.40125	-15.0393	-6.73274	<u>OK</u>	<u>OK</u>
36	Výsledné	-2.06987	-8.40587	-15.0122	-6.7267	<u>OK</u>	<u>OK</u>
35	Výsledné	-2.05065	-8.42662	-15.0374	-6.69957	<u>OK</u>	<u>OK</u>
34	Výsledné	-2.06996	-8.43557	-15.0121	-6.68786	<u>OK</u>	<u>OK</u>
33	Výsledné	-2.05837	-8.44722	-15.0273	-6.67262	<u>OK</u>	<u>OK</u>
32	Výsledné	-2.06759	-8.4514	-15.0152	-6.66715	<u>OK</u>	<u>OK</u>
31	Výsledné	-2.09208	-8.45621	-14.9832	-6.66087	<u>OK</u>	<u>OK</u>
30	Výsledné	-2.09208	-8.45472	-14.9832	-6.66282	<u>OK</u>	<u>OK</u>
29	Výsledné	-2.68285	-8.44729	-14.2106	-6.67253	<u>OK</u>	<u>OK</u>
28	Výsledné	-3.24233	-8.44366	-13.479	-6.67728	<u>OK</u>	<u>OK</u>
27	Výsledné	-3.77415	-8.43737	-12.7836	-6.68551	<u>OK</u>	<u>OK</u>

26	Výsledné	-4.27838	-8.43377	-12.1242	-6.69021	<u>OK</u>	<u>OK</u>
25	Výsledné	-4.75496	-8.42501	-11.501	-6.70166	<u>OK</u>	<u>OK</u>
24	Výsledné	-5.20385	-8.42138	-10.914	-6.70642	<u>OK</u>	<u>OK</u>
23	Výsledné	-5.62507	-8.41093	-10.3631	-6.72007	<u>OK</u>	<u>OK</u>
22	Výsledné	-6.01866	-8.40729	-9.84844	-6.72484	<u>OK</u>	<u>OK</u>
21	Výsledné	-6.38459	-8.38877	-9.36991	-6.74906	<u>OK</u>	<u>OK</u>
20	Výsledné	-6.72287	-8.38388	-8.92754	-6.75545	<u>OK</u>	<u>OK</u>
19	Výsledné	-7.03351	-8.35134	-8.52133	-6.798	<u>OK</u>	<u>OK</u>
18	Výsledné	-7.31283	-8.2875	-8.15606	-6.88149	<u>OK</u>	<u>OK</u>
17	Výsledné	-7.407	-8.31856	-8.03291	-6.84087	<u>OK</u>	<u>OK</u>
16	Výsledné	-7.39298	-8.40039	-8.05125	-6.73387	<u>OK</u>	<u>OK</u>
15	Výsledné	-7.23697	-8.45456	-8.25526	-6.66302	<u>OK</u>	<u>OK</u>
14	Výsledné	-7.05332	-8.48906	-8.49542	-6.61791	<u>OK</u>	<u>OK</u>
13	Výsledné	-6.84202	-8.54959	-8.77173	-6.53875	<u>OK</u>	<u>OK</u>
12	Výsledné	-6.60308	-8.58249	-9.08419	-6.49573	<u>OK</u>	<u>OK</u>
11	Výsledné	-6.3365	-8.58773	-9.4328	-6.48888	<u>OK</u>	<u>OK</u>
10	Výsledné	-6.33285	-8.61914	-9.43757	-6.44781	<u>OK</u>	<u>OK</u>
9	Výsledné	-6.59186	-8.62565	-9.09887	-6.4393	<u>OK</u>	<u>OK</u>
8	Výsledné	-6.82321	-8.622	-8.79633	-6.44407	<u>OK</u>	<u>OK</u>
7	Výsledné	-7.02692	-8.60086	-8.52994	-6.47172	<u>OK</u>	<u>OK</u>
6	Výsledné	-7.20663	-8.55572	-8.29493	-6.53074	<u>OK</u>	<u>OK</u>
5	Výsledné	-7.35502	-8.47926	-8.10089	-6.63073	<u>OK</u>	<u>OK</u>
4	Výsledné	-7.47576	-8.37516	-7.94299	-6.76686	<u>OK</u>	<u>OK</u>
3	Výsledné	-7.51164	-8.24342	-7.89608	-6.93913	<u>OK</u>	<u>OK</u>
2	Výsledné	-7.56793	-8.08405	-7.82246	-7.14754	<u>OK</u>	<u>OK</u>
1	Výsledné	-7.66892	-7.89701	-7.6904	-7.39212	<u>OK</u>	<u>OK</u>

Tlakové napětí vzniklé během konstrukčních fází výstavby nepřesáhne tlakovou únosnost betonu.

Konstrukce je během všech fází výstavby v dekompresi.

Navržené doplňující předpětí je v opačné poloze oproti finálnímu předpětí. Jelikož nosná konstrukce je typu desky, těžiště je blíže horním vláknům průřezu. Z tohoto důvodu není možné dosáhnout plné opačné excentricity v místě hlavního pole. Proto kombinace obou předpětí nevyvodí čistě centrické předpětí. V krajních polích je doplňující předpětí v přesně opačné poloze oproti finálnímu předpětí nosné konstrukce. Z těchto důvodů kombinace obou předpětí vytvoří v krajních polích centrické předpětí. V hlavním poli nosné konstrukce kombinace předpětí vytvoří kromě tlakového napětí i ohybové napětí vzniklé z důvodu větší excentricity finálního předpětí nosné konstrukce.

Kombinace obou navržených předpětí je schopná přenést všechny vzniklé namáhání během konstrukčních fází výstavby.

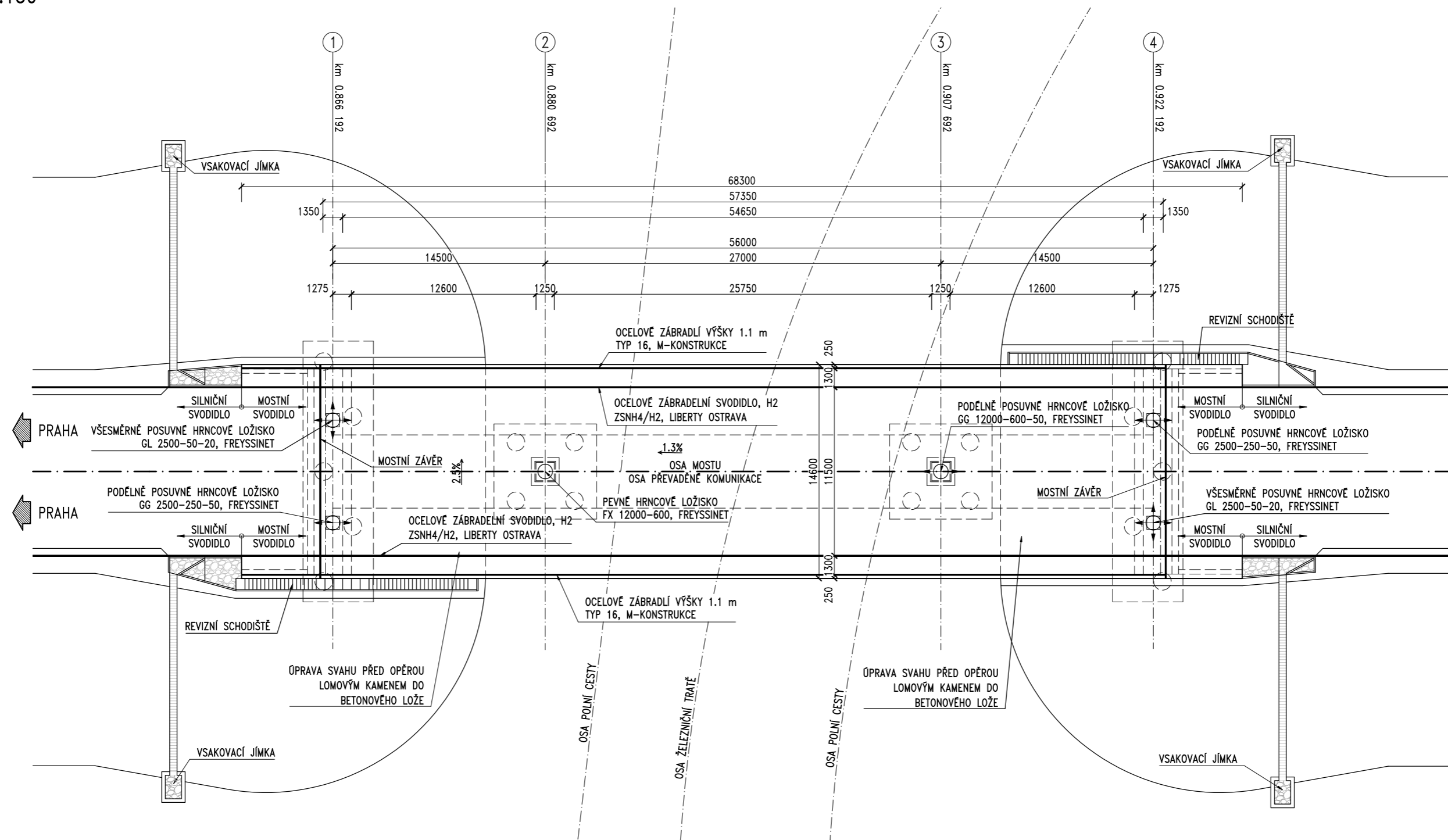
Při posouzení vyšla kombinace obou navržených předpětí jako

VYHOVUJÍCÍ.

6.2 Výkresové přílohy

PŮDORYS

PŮDORYS 1:150



MATERIÁLY:

BETON:

NOSNÁ KONSTRUKCE:	C 40/50	XF2/XD1/XC3
DŘÍKY OPĚRY:	C 30/37	XF2/XD1/XC4
DŘÍKY PILÍŘŮ:	C 30/37	XF2/XD1/XC4
ZÁKLADY:	C 25/30	XF2/XD3/XC2
PODKLADNÍ BETON:	C 12/15	X0
ŘÍMSY:	C 35/45	XF4/XD3/XC4

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ:

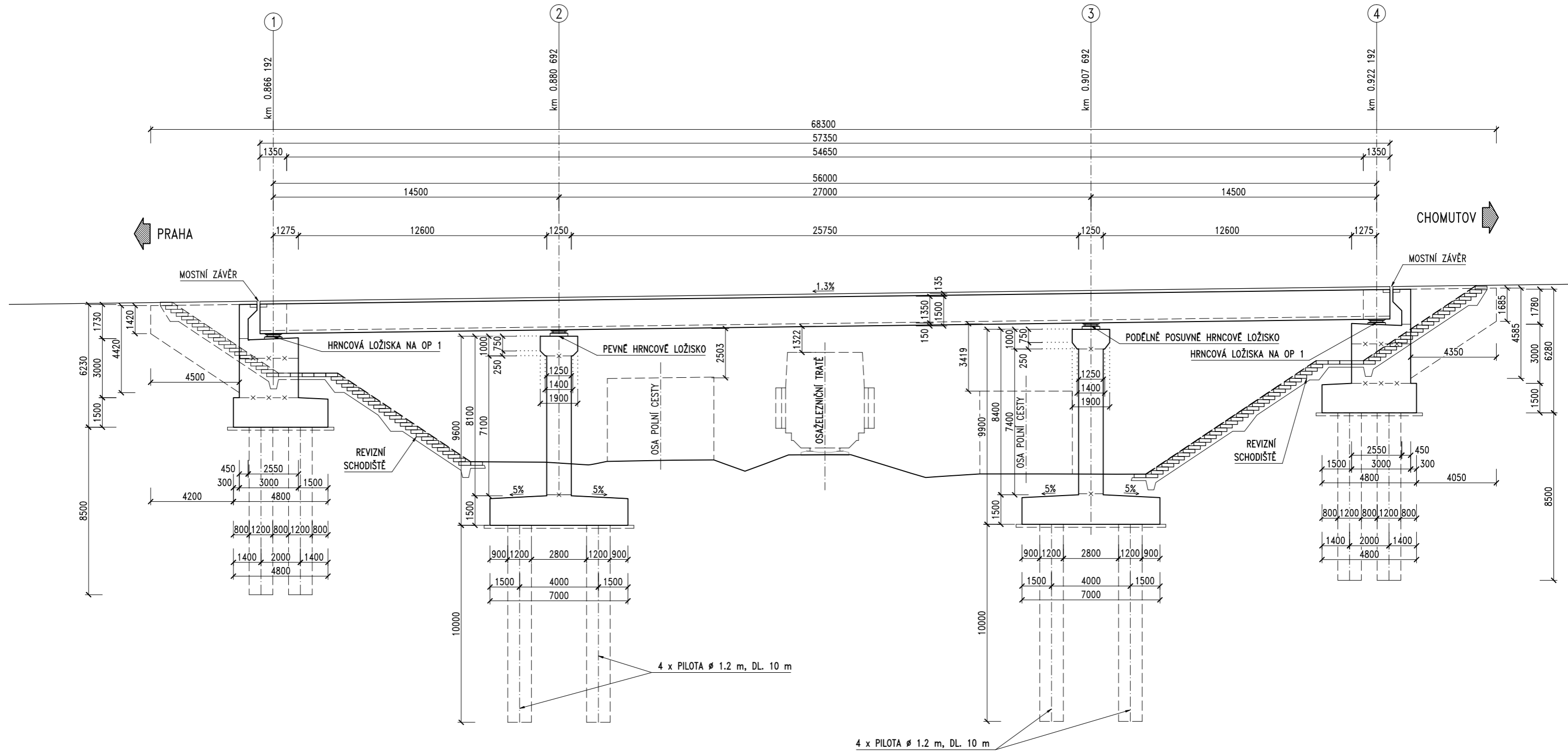
B 500B

ZMENŠENO NA 50 %

OBOR	KATEDRA	VYPRACOVAL	
KONSTRUKCE A DOPRAVNÍ STAVBY	K 133	Vojtěch ŠTOK	
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ		
4. ROČNÍK	Ing. Radek HÁJEK, Ph.D.		
AKCE :	133BAPK - BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		
OBJEKT :	SO 201 - D7 LOUNY VYSOUVANÝ MOST		
PŘÍLOHA :	PŮDORYS		
FORMÁT :			
MĚŘÍTKO :			
DATUM :		4/2021	
SOUPRAVA			Č. PŘÍLOHY
			002

PODÉLNÝ ŘEZ 1:100

PODÉLNÝ ŘEZ



MATERIÁLY:

BETON:

NOSNÁ KONSTRUKCE:	C 40/50	XF2/XD1/XC3
DŘÍKY OPĚRY:	C 30/37	XF2/XD1/XC4
DŘÍKY PILÍŘŮ:	C 30/37	XF2/XD1/XC4
ZÁKLADY:	C 25/30	XF2/XD3/XC2
PODKLADNÍ BETON:	C 12/15	X0
ŘÍMSY:	C 35/45	XF4/XD3/XC4

BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ:

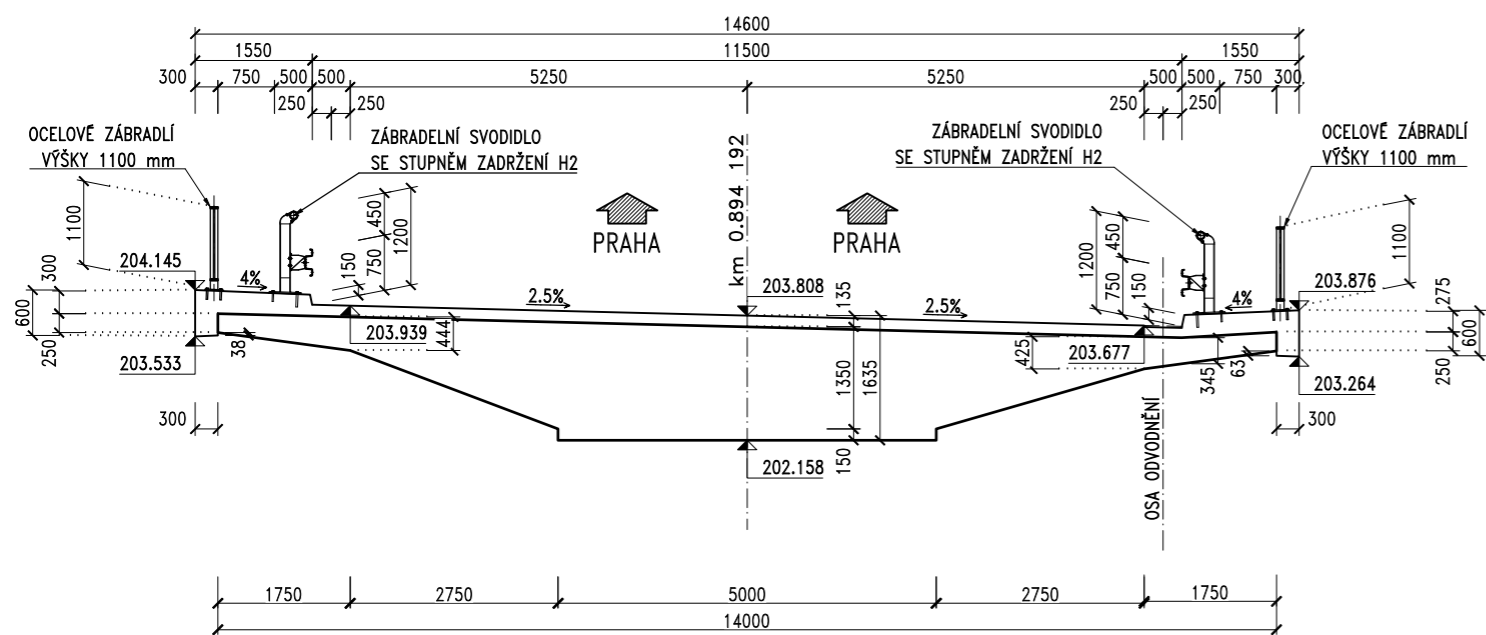
B 500B

ZMENŠENO NA 50 %

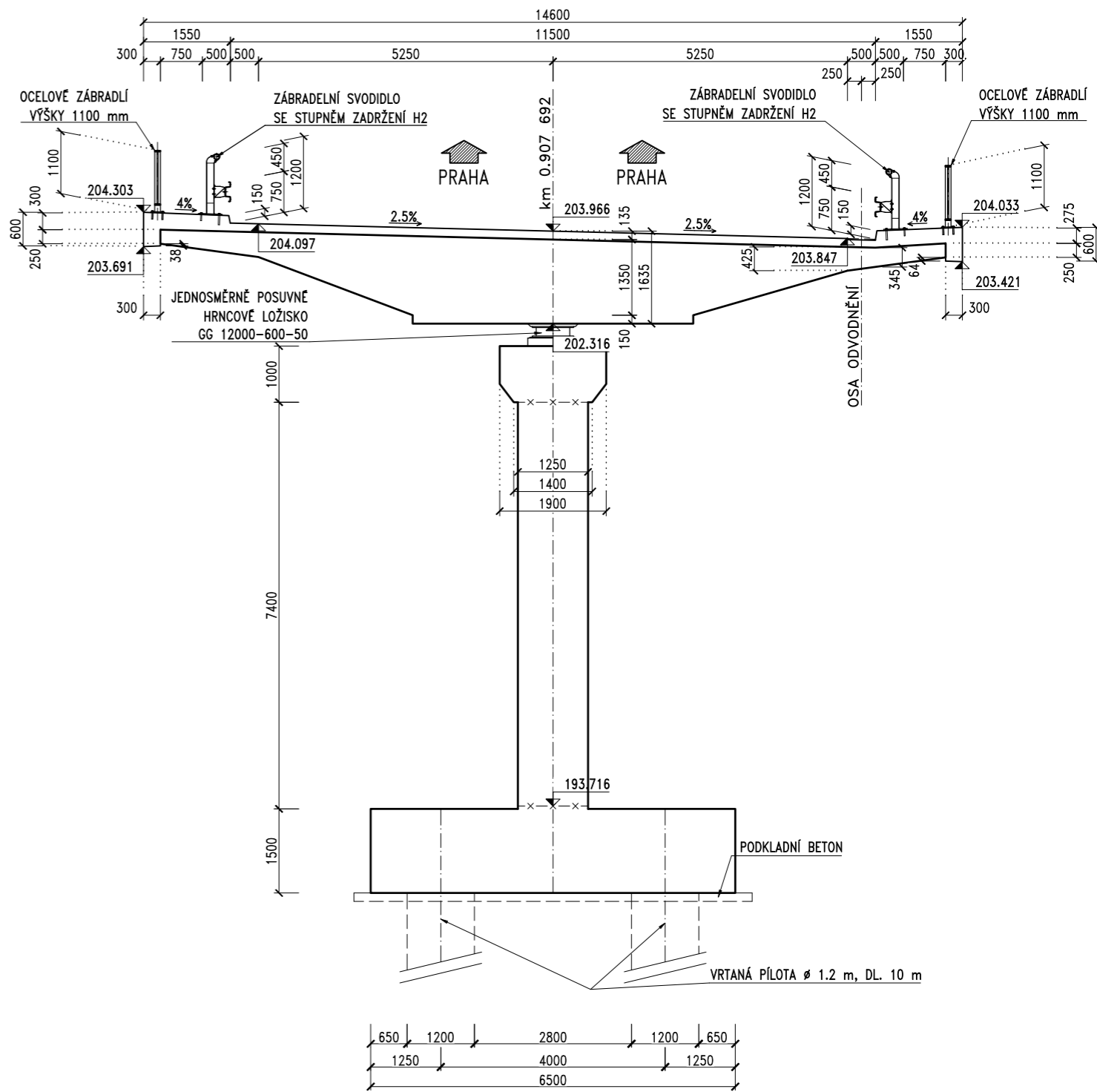
OBOR	KATEDRA	VYPRACOVAL	
KONSTRUKCE A DOPRAVNÍ STAVBY	K 133	Vojtěch ŠTOK	
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ	Ing. Radek HÁJEK, Ph.D.	
AKCE :	133BAPK – BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		
OBJEKT :	SO 201 – D7 LOUNY VYSOUVANÝ MOST		
PŘÍLOHA :	PODÉLNÝ ŘEZ		
FORMÁT :			
MĚŘÍTKO :			
DATUM :			4/2021
SOUPRAVA			Č. PŘÍLOHY 003

PŘÍČNÝ ŘEZ NK

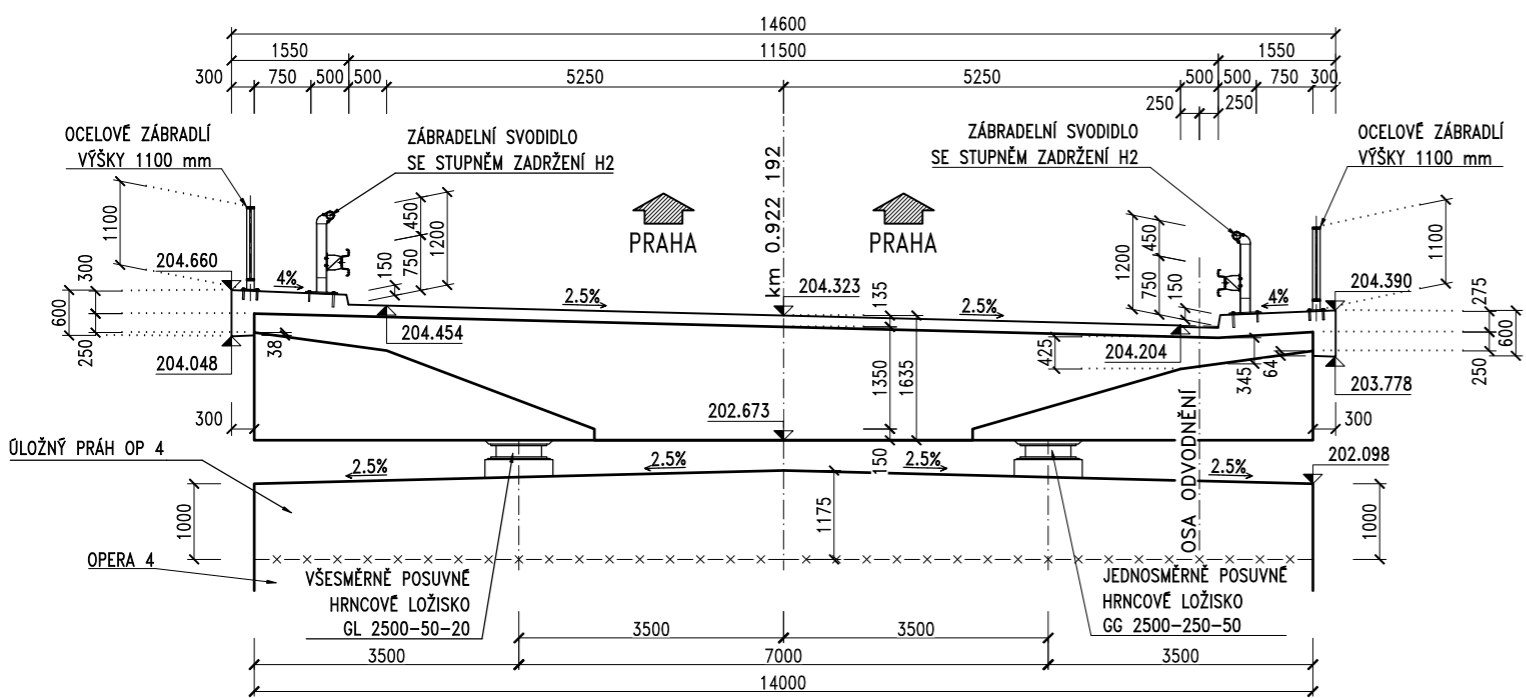
PŘÍČNÝ ŘEZ – V POLI 1:50



PŘÍČNÝ ŘEZ – NAD PILÍŘEM 3 1:50




PŘÍČNÝ ŘEZ – OPĚŘE 4 1:50



MATERIÁLY:

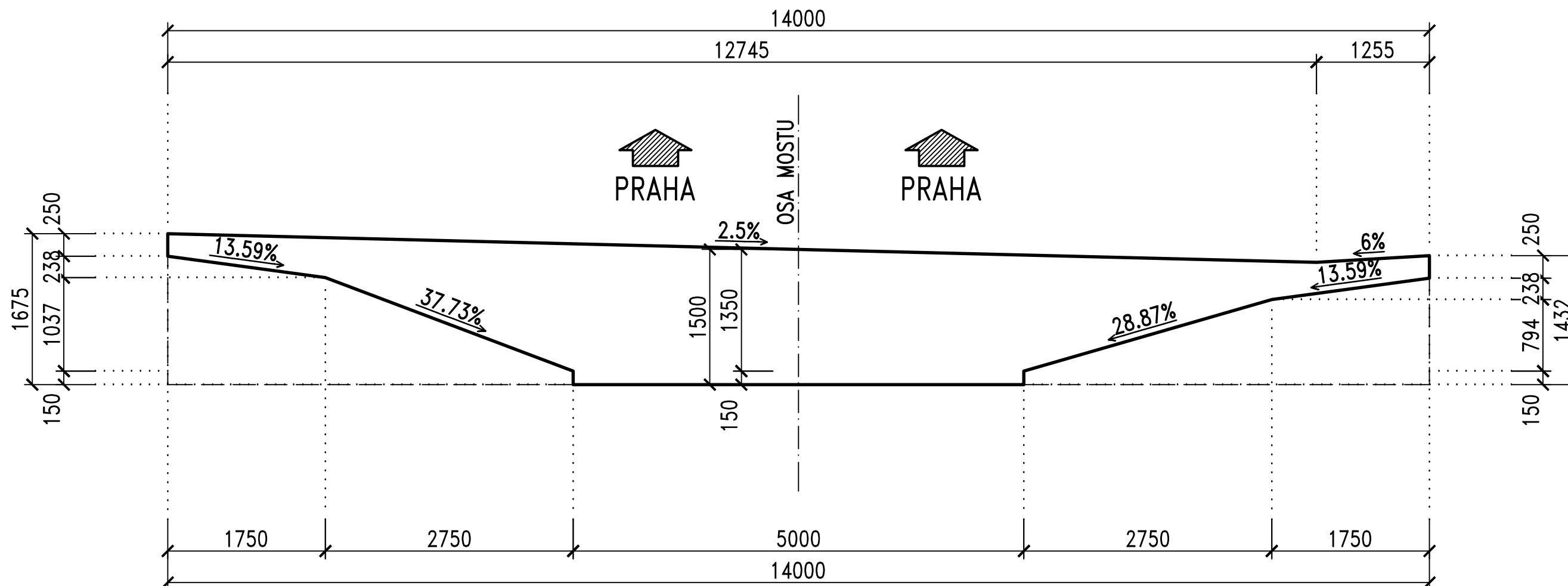
- BETON:**
- NOSNÁ KONSTRUKCE: C 40/50 XF2/XD1/XC3
 - DŘÍKY OPĚRY: C 30/37 XF2/XD1/XC4
 - DŘÍKY PILÍŘŮ: C 30/37 XF2/XD1/XC4
 - ZÁKLADY: C 25/30 XF2/XD3/XC2
 - PODKLADNÍ BETON: C 12/15 X0
 - ŘÍMSY: C 35/45 XF4/XD3/XC4
- BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ:**
B 500B

ZMENŠENO NA 50 %

OBOR	KATEDRA	VYPRACOVAL	
KONSTRUKCE A DOPRAVNÍ STAVBY	K 133	Vojtěch ŠTOK	
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ	Ing. Radek HÁJEK, Ph.D.	FORMÁT :
4. ROČNÍK			MĚŘÍTKO :
AKCE :	133BAPK – BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		DATUM :
OBJEKT :	SO 201 – D7 LOUNY VYSOUVANÝ MOST		4/2021
PŘÍLOHA :	PŘÍČNÝ ŘEZ NK		Č. PŘÍLOHY
			004

TVAR NOSNÉ KONSTRUKCE

PŘÍČNÝ ŘEZ 1:50



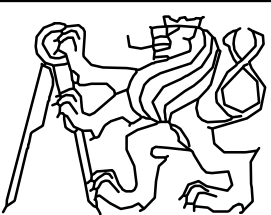
MATERIÁLY:

BETON:

NOSNÁ KONSTRUKCE:	C 40/50	XF2/XD1/XC3
DŘÍKY OPĚRY:	C 30/37	XF2/XD1/XC4
DŘÍKY PILÍŘŮ:	C 30/37	XF2/XD1/XC4
ZÁKLADY:	C 25/30	XF2/XD3/XC2
PODKLADNÍ BETON:	C 12/15	X0
ŘÍMSY:	C 35/45	XF4/XD3/XC4

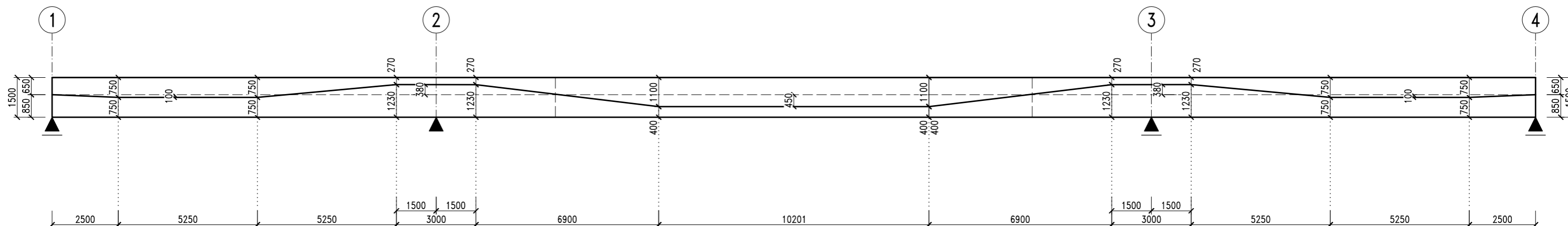
BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ:

B 500B

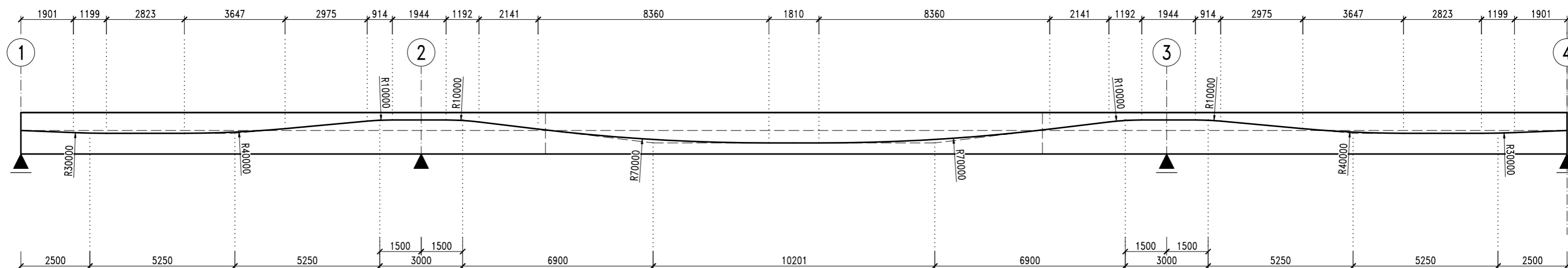
OBOR	KATEDRA	VYPRACOVAL		
KONSTRUKCE A DOPRAVNÍ STAVBY	K 133	Vojtěch ŠTOK		
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ			
4. ROČNÍK	Ing. Radek HÁJEK, Ph.D.			
AKCE :	133BAPK – BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		FORMÁT :	
OBJEKT :	SO 201 – D7 LOUNY VYSOUVANÝ MOST		MĚŘÍTKO :	
PŘÍLOHA :	TVAR NOSNÉ KONSTRUKCE		DATUM : 4/2021	
			SOUPRAVA	Č. PŘÍLOHY 102

VÝKRES PŘEDPĚTÍ – FINÁLNÍ PŘEDPĚTÍ

PODÉLNÝ ŘEZ – POLYGON 1:75



PODÉLNÝ ŘEZ – TVAR PŘEDPÍNAČÍHO KABELU 1:75



ZMENŠENO NA 50 %

PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽ FINÁLNÍ STAV:


PŘEDPÍNAČÍ SYSTÉM FREYSSINET CERTIFIKOVANÝ PRO ČR

LANA: EN10138-3-Y1860S7-15.7
($f_{pk} = 1860 \text{ MPa}$, $\phi = 15.7 \text{ mm}$)

KABELY: 19-LANOVÉ, SE SOUHRZŇNOSTÍ

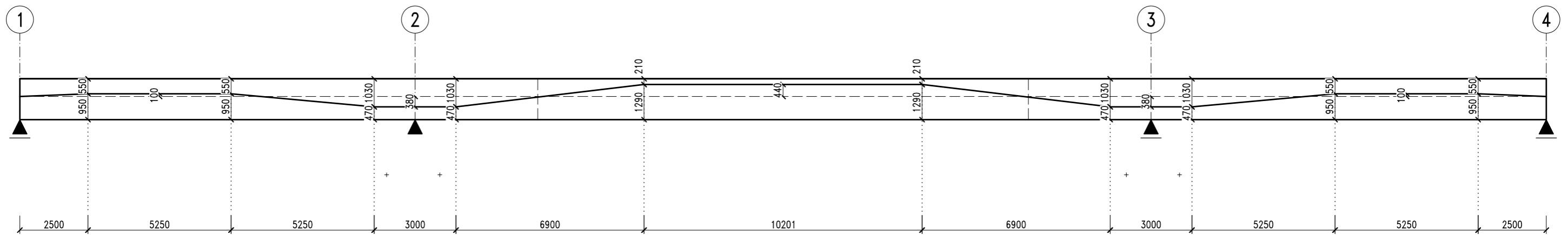
KANÁLKY: STANDARDNÍ KOVOVÉ
DLE ČSN EN 523 (NORMÁLNÍ TUHOST),
 $\phi_i/\phi_e = 95/100 \text{ mm}$

NAPÍNAČNÁ KOTVA: KOTVA ŘADY C - 19C15

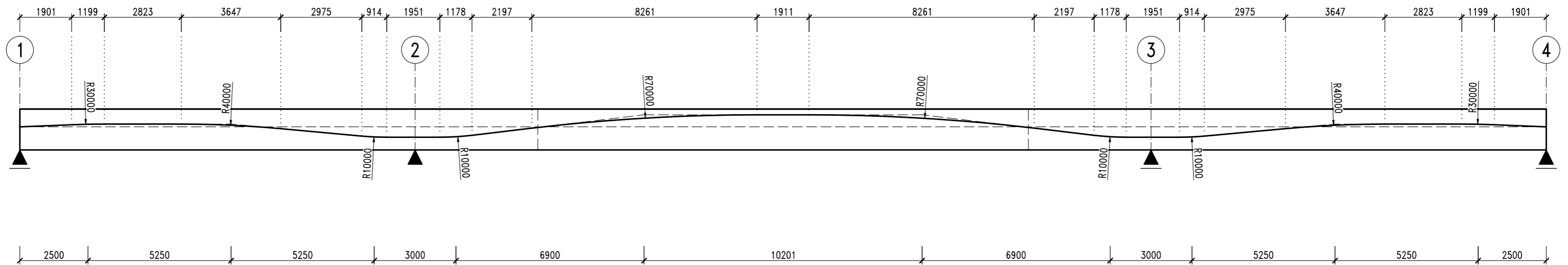
OBOR	KATEDRA	VYPRACOVAL	
KONSTRUKCE A DOPRAVNÍ STAVBY	K 133	Vojtěch ŠTOK	
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ	Ing. Radek HÁJEK, Ph.D.	
4. ROČNÍK			
AKCE :	133BAPK – BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		FORMÁT :
OBJEKT :	SO 201 – D7 LOUNY VYSOUVANÝ MOST		MĚŘTKO :
			DATUM :
			4/2021
PŘÍLOHA :	VÝKRES PŘEDPĚTÍ – FINÁLNÍ PŘEDPĚTÍ		SOUPRAVA
			Č. PŘÍLOHY
			303/1

VÝKRES PŘEDPĚTÍ – DOČASNÉ PŘEDPĚTÍ

PODÉLNÝ ŘEZ – POLYGON 1:75



PODÉLNÝ ŘEZ – TVAR PŘEDPÍNAČÍHO KABELU 1:75



ZMENŠENO NA 50 %

PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽ KONSTRUKČNÍ FÁZE:

PŘEDPÍNAČÍ SYSTÉM FREYSSINET CERTIFIKOVANÝ PRO ČR
LANA: EN10138-3-Y1860S7-15.7

(f_{pk} = 1860 MPa, ϕ 15.7 mm)

KABELY: 19-LANOVÉ, BEZ SOUDRŽNOSTI

KANÁLKY: STANDARDNÍ KOVOVÉ

DLE ČSN EN 523 (NORMÁLNÍ TUHOST),

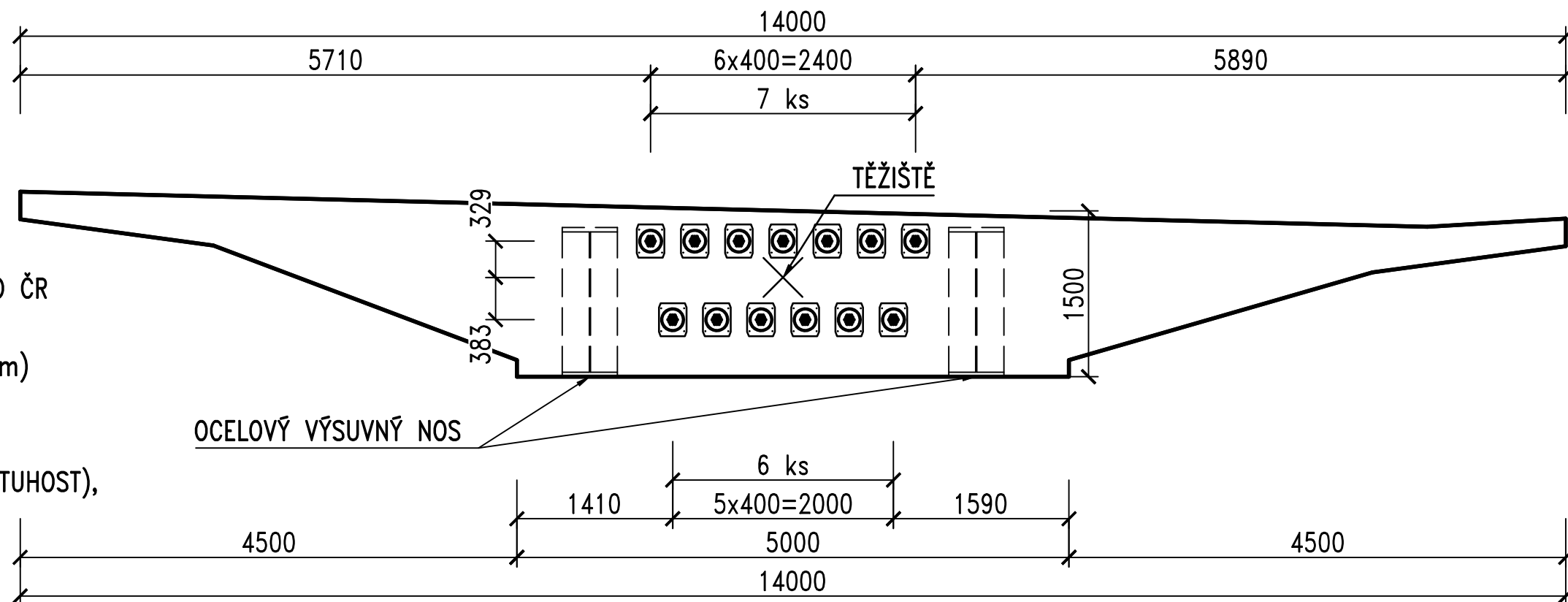
$\phi_i/\phi_e = 95/100$ mm

NAPÍNANÁ KOTVA: KOTVA ŘADY C - 19C15

OBOR	KATEDRA	VYPRACOVAL	
KONSTRUKCE A DOPRAVNÍ STAVBY	K 133	Vojtěch ŠTOK	
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ	Ing. Radek HÁJEK, Ph.D.	
4. ROČNÍK			
AKCE :	133BAPK - BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		FORMÁT :
OBJEKT :	SO 201 - D7 LOUNY VYSOUVANÝ MOST		MĚŘTKO :
			DATUM :
			4/2021
PŘÍLOHA :	VÝKRES PŘEDPĚTÍ - DOČASNÉ PŘEDPĚTÍ		Č. PŘÍLOHY
			303/2

VÝKRES PŘEDPĚTÍ – ČÁST 3

POHLED NA ČELO PRVNÍHO SEGMENTU – KOTVY DOČASNÉHO PŘEDPĚTÍ 1:50



PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ FINÁLNÍ STAV:

PŘEDPÍNACÍ SYSTÉM FREYSSINET CERTIFIKOVANÝ PRO ČR

LANA: EN10138-3-Y1860S7-15.7
($f_{pk} = 1860 \text{ MPa}$, $\phi = 15.7 \text{ mm}$)

KABELY: 19-LANOVÉ, SE SOUDRŽNOSTÍ

KANÁLKY: STANDARDNÍ KOVOVÉ
DLE ČSN EN 523 (NORMÁLNÍ TUHOST),
 $\phi_i/\phi_e = 95/100 \text{ mm}$

NAPÍNANÁ KOTVA: KOTVA ŘADY C – 19C15

PEVNÉ SPOJKY PRO

VÍCE LAN: SPOJKA TYPU CC – CC 19C15

PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ KONSTRUKČNÍ FÁZE:

PŘEDPÍNACÍ SYSTÉM FREYSSINET CERTIFIKOVANÝ PRO ČR

LANA: EN10138-3-Y1860S7-15.7
($f_{pk} = 1860 \text{ MPa}$, $\phi = 15.7 \text{ mm}$)


KABELY: 19-LANOVÉ, BEZ SOUDRŽNOSTI

KANÁLKY: STANDARDNÍ KOVOVÉ
DLE ČSN EN 523 (NORMÁLNÍ TUHOST),
 $\phi_i/\phi_e = 95/100 \text{ mm}$

NAPÍNANÁ KOTVA: KOTVA ŘADY C – 19C15

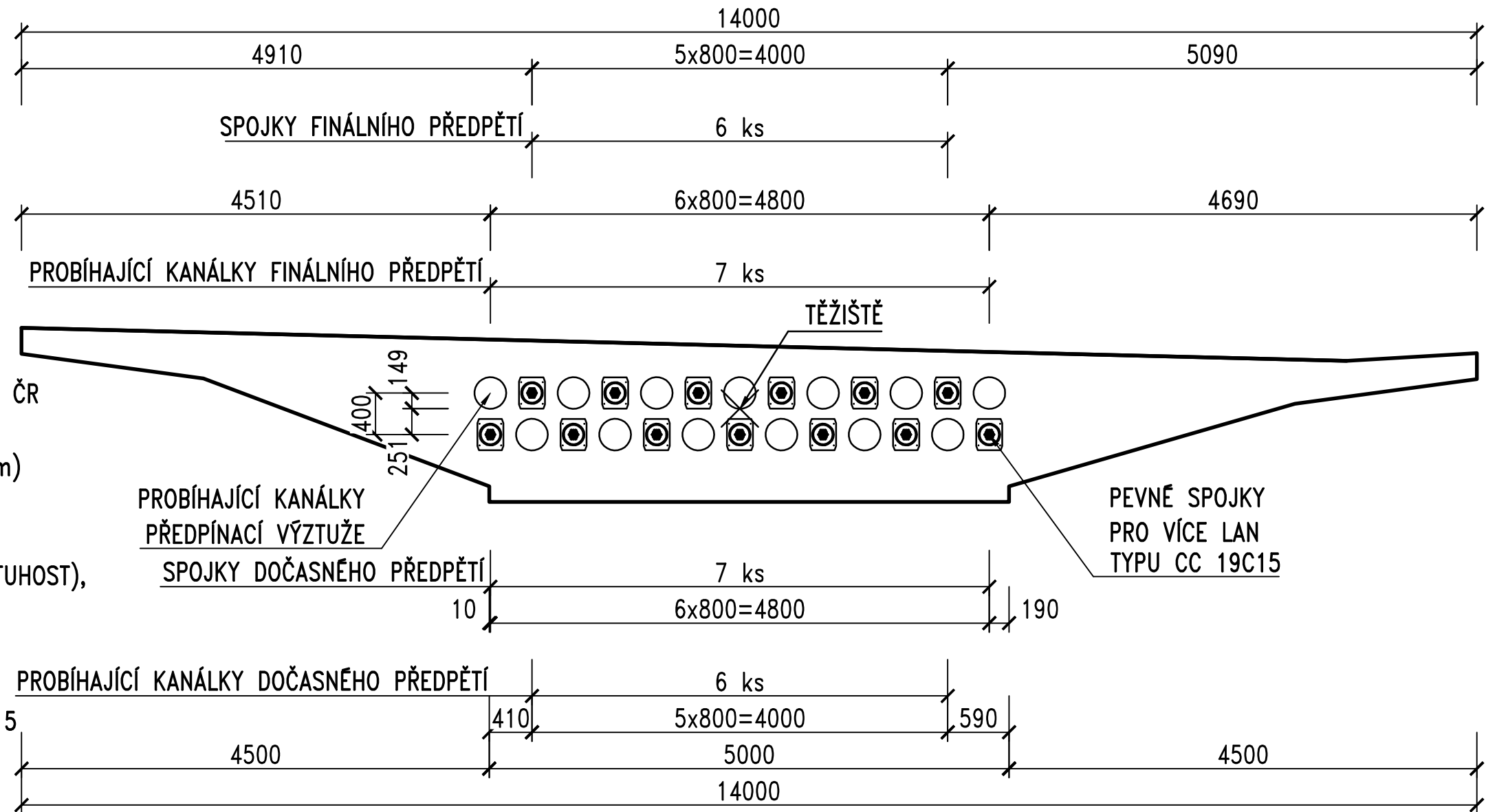
PEVNÉ SPOJKY PRO

VÍCE LAN: SPOJKA TYPU CC – CC 19C15

OBOR	KATEDRA	VYPRACOVAL		
KONSTRUKCE A DOPRAVNÍ STAVBY	K 133	Vojtěch ŠTOK		
ROČNÍK	VYUČJÍCÍ			
4. ROČNÍK	Ing. Radek HÁJEK, Ph.D.			
AKCE :	133BAPK – BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
OBJEKT :	SO 201 – D7 LOUNY VYSOUVANÝ MOST		FORMÁT :	
			MĚŘÍTKO :	
			DATUM :	4/2021
PŘÍLOHA :	VÝKRES PŘEDPĚTÍ – ČÁST 3		SOUPRAVA	Č. PŘÍLOHY 303/3

VÝKRES PŘEDPĚTÍ – ČÁST 4

PŘÍČNÝ ŘEZ PRACOVNÍ SPÁROU 1:50



PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ FINÁLNÍ STAV:

PŘEDPÍNACÍ SYSTÉM FREYSSINET CERTIFIKOVANÝ PRO ČR

LANA: EN10138-3-Y1860S7-15.7
(f_{pk} = 1860 MPa, ϕ 15.7 mm)

KABELY: 19-LANOVÉ, SE SOUDRŽNOSTÍ

KANÁLKY: STANDARDNÍ KOVOVÉ
DLE ČSN EN 523 (NORMÁLNÍ TUHOST),
 $\phi_i/\phi_e = 95/100$ mm

NAPÍNANÁ KOTVA: KOTVA ŘADY C – 19C15

PEVNÉ SPOJKY PRO

VÍCE LAN: SPOJKA TYPU CC – CC 19C15

PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ KONSTRUKČNÍ FÁZE:

PŘEDPÍNACÍ SYSTÉM FREYSSINET CERTIFIKOVANÝ PRO ČR

LANA: EN10138-3-Y1860S7-15.7
(f_{pk} = 1860 MPa, ϕ 15.7 mm)

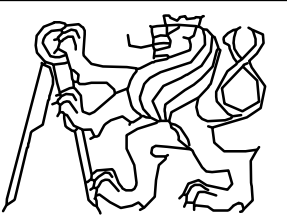
KABELY: 19-LANOVÉ, BEZ SOUDRŽNOSTI

KANÁLKY: STANDARDNÍ KOVOVÉ
DLE ČSN EN 523 (NORMÁLNÍ TUHOST),
 $\phi_i/\phi_e = 95/100$ mm

NAPÍNANÁ KOTVA: KOTVA ŘADY C – 19C15

PEVNÉ SPOJKY PRO

VÍCE LAN: SPOJKA TYPU CC – CC 19C15

OBOR	KATEDRA	VYPRACOVAL		
KONSTRUKCE A DOPRAVNÍ STAVBY	K 133	Vojtěch ŠTOK		
ROČNÍK	VYUČJÍCÍ			
4. ROČNÍK	Ing. Radek HÁJEK, Ph.D.			
AKCE :	133BAPK – BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
OBJEKT :	SO 201 – D7 LOUNY VYSOUVANÝ MOST		FORMÁT :	
			MĚŘÍTKO :	
			DATUM :	4/2021
PŘÍLOHA :	VÝKRES PŘEDPĚTÍ – ČÁST 4		SOUPRAVA	Č. PŘÍLOHY 303/4

Rejstřík

c

centrické předpětí 26

č

častá kombinace 44

d

Dočasné podpory 22

Dopravní zatížení 42

deskový průřez 21

dočasné podpory 22

dočasné předpětí 41

dopravní zatížení 42

f

finální stav 40

g

gr1a 43

gr5 43

h

hydraulický vysouvací lis 27

ch

charakteristická kombinace 44

k

kluzné ložisko 30

komorový průřez 21

kvazistálá kombinace 44

l

LM 1 42, 43

LM 3 - 900/150 42, 43

LM 3 - 3000/240 42

LM3 - 900/150 18

LM3 - 3000/240 18

m

mezní stav použitelnosti (MSP) 44

mezní stav únosnosti (MSÚ) 43

midas Civil 44

o

opěra 38

p

Polytetrafluorethylen 19

PTFE 19

pilíř 39

podmínka dekomprese 45

pylon 22

r

rozpětí pole 29

s

Segmenty 13, 25

sklon vysouvané konstrukce 29

součinitel tření 29

š

šroubovice 20

t

TYP 14 40

teplota 43

tlaková únosnost betonu 45

v

Vodící prvek 31

Vysouvací podložky 32

Výsuvný nos 22, 33

vozovka 39

výrobní dvůr 21

výsuvný nos 22

z

Zatížení chodníků 43

ZSNH4/H2 40

zatížení teplotou 42

6.10a 43

6.10b 43

Zdroje

Seznam použité literatury

- [1] GÖHLER, Bernhard a Brian PEARSON. *Incrementally Lanuched Bridges: Design and Construction*. Berlín: Ernst, 2000. ISBN 3-433-01793-X.
- [2] STRÁSKÝ, Jiří. *BETONOVÉ MOSTY: TK 21*. Praha: ŠEL, 2001. ISBN 80-86426-05-X.
- [3] MARCHETTI, M. E. *Engineering Structures: Specific design problems related to bridges built using the incremental launching method*. Elsevier, s. 185-210.
- [4] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Ed. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2011.
- [5] ČSN EN 1991-1-5. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [6] ČSN EN 1991-2. it Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Část 2: Zatížení mostů dopravou. Ed. 2. Praha: ČAS, 2018.
- [7] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí: Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Ed. 2. Praha: ČAS, 2019.
- [8] ŠAFÁŘ, PH.D., Ing. Roman. *Betonové mosty 2: Návrh předpjatého mostu podle Eurokódů. Cvičení*. Praha: ČVUT, 2009. ISBN 978-80-01-04433-9.
- [9] KONVALINKA, CSC., prof. Ing. Petr. *Analýza stavebních konstrukcí: Příklady [online]*. Praha, 2009 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: https://mech.fsv.cvut.cz/homeworks/student/SMA2/Skriptum_priklady_Konvalinka.pdf
- [10] FREYSSINET, SUSTAINABLE TECHNOLOGY: *Hrncová mostní ložiska TETRON CD*. FREYSSINET, SUSTAINABLE TECHNOLOGY: Hrncová mostní ložiska TETRON CD [online]. Zápy: Freyssinet CS, [2011] [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: http://www.freyssinet.cz/203-hrncova_mostni_loziska_tetron_cd
- [11] *Predpínací systém Freyssinet: Návrh, Provádění, Údržba [online]*. Zápy, [2011] [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: http://www.freyssinet.cz/gallery/predpinaci_system_freyssinet.pdf
- [12] *Školení pro studenty: midas Civil, část 1 [online]*. Brno, 2020 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=b1rtICZaWzs>
- [13] *Školení pro studenty: midas část 2 [online]*. Brno, 2020 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://youtu.be/uUa-ing-PDM>

- [14] *Politika jakosti pozemních komunikací: 2. Ocelová svodidla - mostní (TPV 167/202020)* [online]. Ostrava, 2020 [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <http://www.pjpk.cz/2-ocelova-svodidla-mostni/>
- [15] *M-konstrukce s.r.o.: Zábradelní svodidla, silniční zábradlí, mostní zábradlí, kovovýroba* [online]. Sedlčany [cit. 2021-5-13]. Dostupné z: <https://www.m-konstrukce.cz/kovovyroba/>

Fotodokumentace

- [16] Použitá fotodokumentace byla poskytnuta od firmy **Pontex, spol. s r. o.**

Ilustrace

Ilustrační obrázky byly převzaty z knížky **Incrementally Lanuched Bridges: Design and Construction**, viz citace [1].

Mapový podklad

- [17] Mapový podklad (viz Obr. 1.) byl převzat z https://mapapp.rsd.cz/Upload/Stavby/116/infoletak_d7-louny-zkapacitneni.pdf.

SEZNAM OBRÁZKŮ

1.	Obloukový most	15
2.	Most z prefabrikovaných nosníků spřažených železobetonovou deskou .	16
3.	Umístění stavby [17]	17
4.	Základní schéma [3]	20
5.	Kompenzace pomocí proměnné délky konzolových částí nosné konstrukce [1]	21
6.	Zachování prozu pod vysouvanou nosnou konstrukcí [16]	22
7.	Výrobní dvůr podepřený ocelovým nosníkem	23
8.	Bednění [16]	24
9.	Výrobní dvůr podepřený ocelovým nosníkem	24
10.	Umístění výrobního dvora [1]	25
11.	Příklad dělení konstrukce do segmentů [1]	26
12.	Ocelová konstrukce pro zakotvení tažných lan	27
13.	Vysouvací zařízení	28
14.	Tlačná vysouvací soustava [1]	28
15.	Závislost maximální délky vysouvané konstrukce na podélném sklonu a tření [1]	29
16.	Kluzné ložisko – schéma	30
17.	Kluzné ložisko [16]	30
18.	Kluzné ložisko [1]	31
19.	Kluzné ložisko s postranním vodícím prvkem [1]	31
20.	Kluzné ložisko – schéma	32
21.	Vysouvací podložka	33
22.	Výsuvný nos – schéma [1]	34
23.	Výsuvný nos [16]	34
24.	Profilovaná betonová konzola pro přenos smykových namáhání [1]	35
25.	Zvedací lisy na začátku výsuvného nosu – schéma [1]	36
26.	Zvedací lisy na začátku výsuvného nosu [16]	36

