

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh lávky Rychtářka v Plzni

Vypracovala: Aneta Junková

Vedoucí práce: Doc. Ing. Marek Foglar, Ph.D.

V Praze 2018



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Tháškurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Junková Jméno: Aneta Osobní číslo: 439080
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 lávky Rychtárka v Plzni

Název bakalářské práce anglicky: Rychtarka Footbridge in Plzen

Pokyny pro vypracování:

Bakalářská práce bude obsahovat:

- rešerše na téma vzpěradlových rámových mostů
- optimalizace vedení předpětí s ohledem na zvolený konstrukční systém
- posouzení výsledné varianty

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Marek Foglar, Ph.D.

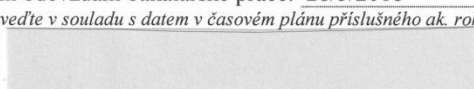
Datum zadání bakalářské práce: 19/2/2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 28/5/2018

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



Podpis vedoucího práce



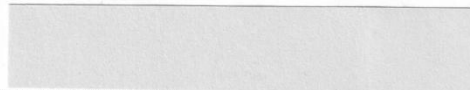
Podpis vedoucího katedry

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“.

19. 2. 2018

Datum převzetí zadání



Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení:

prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Návrh alternativního řešení lávky Rychtářka v Plzni* vypracovala samostatně pod odborným vedením doc. Ing. Marka Foglara, Ph.D..

V Praze dne 27.5.2018

.....
Aneta Junková

Poděkování:

Děkuji doc. Ing. Marku Foglarovi, Ph.D., za cenné rady, podněty a připomínky při zpracování této bakalářské práce. Neméně důležité poděkování patří mé rodině a nejbližším přátelům, kteří mě podporovali v průběhu mého studia.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá návrhem lávky Rychtářka v Plzni. Vede přes pozemní komunikaci a jedná se o její alternativní návrh. V rámci studie bylo vyhotoveno několik variant, poté byla jedna vybrána. Jejím chováním se zabývala parametrická studie, po které následovala optimalizace vedení předpětí. Po návrhu předpětí byla vybraná varianta posouzena.

Klíčová slova:

Lávka pro pěší, rámová konstrukce, vzpěradlová konstrukce, předpjatá konstrukce, železobetonová konstrukce, deformace.

Abstract

This bachelor thesis deals with design of the „Rychtářka“ footbridge in Pilsen. The design in concern is an alternative design of an existing footbridge overarching a major roadway. Several variants were considered, of which one was chosen for a parametric study and prestressing optimization. Lastly, an assessment of the resulting design was undertaken.

Keywords:

Footbridge, frame structure, rafter structure, prestressed structure, reinforced concrete structure, deformation.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Popis místa stavby a varianty řešení.....	2
2.1. Poloha.....	2
2.2. Terén	2
2.3. Inženýrské sítě v místě a okolí stavby.....	2
2.4. Varianty řešení	3
2.4.1. Varianta I. nosná konstrukce ze železobetonu.....	3
2.4.2. Varianta II. ocelová mostovka se železobetonovými pilíři	5
2.4.3. Varianta III. zavěšená ocelová konstrukce	7
2.4.4. Varianta IV. zavěšená ocelová konstrukce s dřevěnými prvky	8
3. Rešerše.....	11
3.1. Základní pojmy	11
3.2. Trámové a rámové mosty.....	17
3.3. Základní uspořádání na lávkách pro chodce	26
4. Parametrická studie vybrané varianty	27
4.1. Předběžný návrh.....	27
4.1.1. Materiály navrhované konstrukce.....	27
4.1.2. Zatížení	28
4.1.3. Zatěžovací stavy	29
4.1.4. Vnitřní síly, deformace	35
4.1.5. Sestavy zatížení dopravou na lávkách	55
4.1.6. Kombinace zatížení pro MSP	55
4.1.7. Kombinace zatížení pro MSÚ	56
4.1.8. Návrh výztuže a posouzení MSÚ	61
4.1.9. Optimalizace rozměrů lávky.....	68
4.2. Návrh výztuže a posouzení konstrukce po iteraci.....	76

4.2.1. Krytí předpínací výztuže a vzdálenost kabelových kanálků.....	76
4.2.2. Předpětí	76
4.2.3. Výztuž vzpěr	80
4.2.4. Posouzení MSP	83
4.2.1. Nový návrh předpětí a posouzení MSP mostovky	96
4.2.1. Posouzení MSÚ	103
5. Závěr.....	105
6. Použitá literatura.....	106
Seznam příloh.....	109
Seznam tabulek.....	110
Seznam obrázků	111

1. Úvod

V mé práci jsem se zabývala alternativním návrhem a posouzením konstrukce lávky pro chodce v Plzni.

Tento návrh jsem začala rozvahou o celkovém vzhledu lávky, se kterým úzce souvisí i nosný systém celé konstrukce. V prvotním stadiu jsem uvažovala o několika různých typech nosných systémů. Vybrané varianty reprezentují ty nejvydařenější, které celkově ideálně zapadají do konceptu vzhledu kolem parkovacího domu. Varianta, jež se nakonec stala pomyslně vítěznou a jejíž návrh a posouzení je obsahem mé práce, je dle mého názoru i snadno realizovatelná.

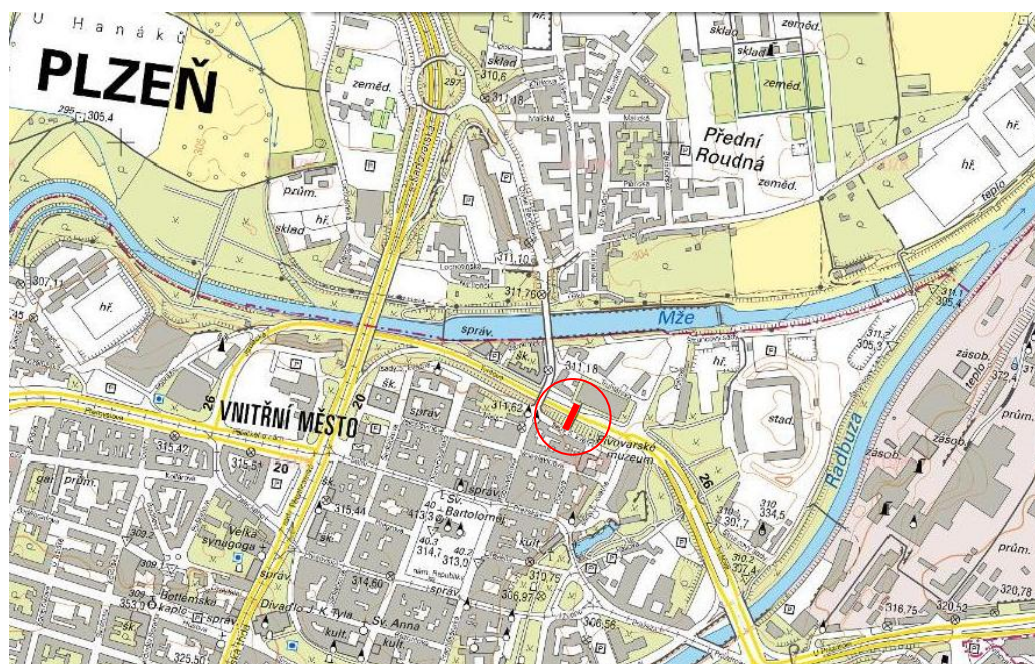
Dalším celkem v mé práci je parametrická studie, ve které se dozvídám více o chování konstrukce. Na základě získaných informací o vnitřních silách a deformacích od různých zatěžovacích stavů, jsem přikročila k úpravě rozměrů lávky.

Poté co jsem získala konečnou geometrii průřezů, jsem mohla pracovat na optimalizaci vedení přepětí. Průběh předpínacích kabelů jsem postupně měnila v závislosti na vnitřních silách, které předpětí vyvolalo a následně jsem posoudila mezní stav použitelnosti.

2. Popis místa stavby a varianty řešení

2.1. Poloha

Lávka pro pěší se nachází v intravilánu města Plzeň. Plzeň je statutární město na západě Čech a metropole Plzeňského kraje. Lávka se nachází nad silnicí I/20, která spojuje města Karlovy Vary, Plzeň, Písek a České Budějovice. Po celé její délce vede evropská silnice E49. Nadmořská výška terénu je v místě lávky přibližně 309 m n. m.. Lávka bezprostředně navazuje na parkovací dům Rychtářka.



Obrázek 1: Poloha lávky. [18]

2.2. Terén

Lávka je v rovinatém terénu. Kolem se nacházejí budovy a pozemní komunikace. V blízkosti je několik vzrostlých stromů.

2.3. Inženýrské sítě v místě a okolí stavby

V Tyršově ulici je vedeno několik inženýrských sítí, tj. v blízkosti pilířů lávky. Směrem od parkovacího domu je vedení horkovodu bezpečnostní odstup 2,5 m, další v řadě je nová trasa DPMP, vodovod ochranné pásmo 1,5 m, plynovod NTL ochranné pásmo 1 m, plynovod STL ochranné pásmo 1 m, kanalizace 2,5 m, vedení veřejného osvětlení - bude přeloženo, optický kabel O₂ ochranné pásmo 1,5 m, kanalizace ochranné pásmo 2,5m.



Obrázek 2: Inženýrské sítě v místě a okolí lávky. [20]

2.4. Varianty řešení

2.4.1. Varianta I. nosná konstrukce ze železobetonu

Základní údaje o lávce

Charakteristika:

Trvalá, nepohyblivá lávka pro chodce o 5 polích, která umožňuje přechod Tyršovy ulice. Nosnou konstrukci tvoří železobetonový jednotrámový nosník. Lávka je podepřena 2 páry pilířů ze železobetonu, které jsou do tvaru písmena V. Jedná se tak v podstatě o dvě vzpěradla, jež se na terénu stýkají. Založení je realizováno na železobetonových vrtaných pilotách.

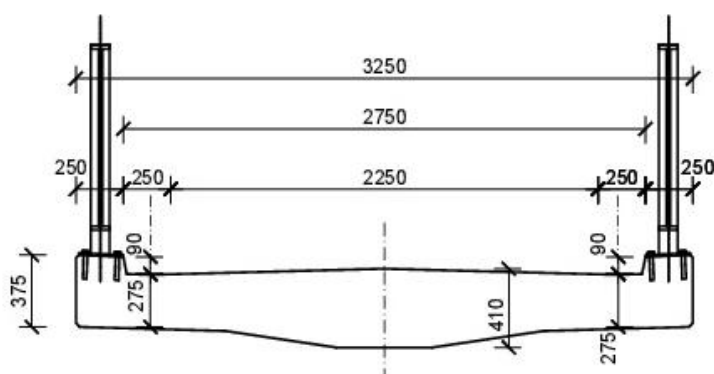
Délka nosné konstrukce lávky na střednici je 50,8 m. Pokud jde o rozpětí jednotlivých polí, ve směru zleva od parkovacího domu, jsou jednotlivá rozpětí 5,7 m, 9 m, 21 m, 9 m, 5,8 m. Celková šířka nosné konstrukce i s římsami je 3,25 m. Volná šířka na lávce je 2,75 m. Povrch nosné konstrukce a zároveň povrch pochozí je ve střežovitém příčném sklonu 2,5%. Podélný sklon je ve směru od parkovacího domu +4,20% a následně klesá -5,49%. Šířkové uspořádání lávky pro chodce je 3 x 0,75 m. Co se týče směrových poměrů jedná se o lávku v přímé.

Popis

Nosnou konstrukci tvoří železobetonový jednotrámový nosník jehož součástí jsou římsy na obou stranách lávky. Povrch nosné konstrukce je ve střežovitém sklonu 2,5%. A povrchová úprava bude tvořena nátěrem.

Lávka bude vyhotovena monoliticky na skruži.

Schematický příčný řez



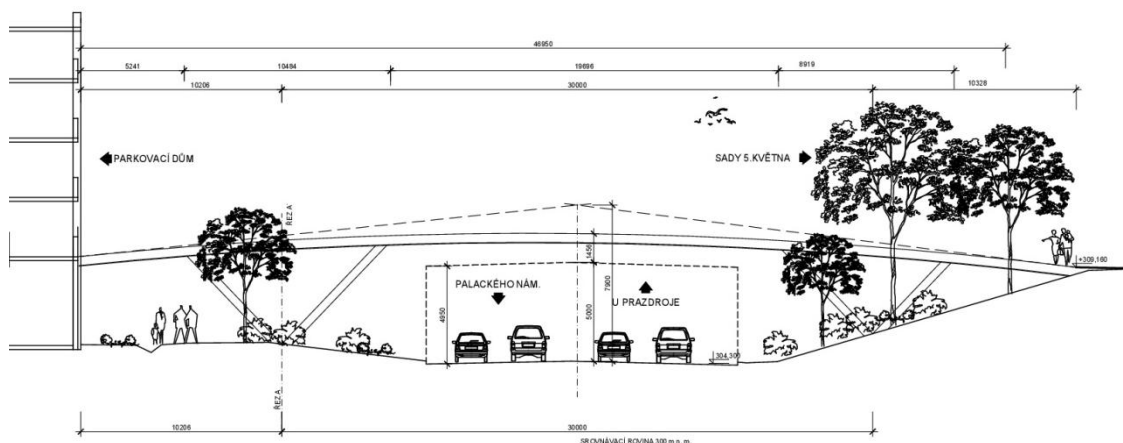
Obrázek 3: Schematický příčný řez varianty I..

Spodní stavba

Spodní stavba zahrnuje železobetonové pilíře, které budou vybudovány na velkopřůměrových vrtaných pilotách. Opěra je na straně směrem do ulice sady 5. května vyhotovena jako železobetonová a uložena na velkopřůměrových vrtaných pilotách. Na druhém konci lávka končí přímo napojením na parkovací dům, bude sloužit na tomto konci lávky přímo jako její opěra.

Výstavba lávky - postup

Po vytyčení stavby geodetem dojde k úpravě základové spáry. Můžeme si pod tím představit sejmutí ornice a dosažení stanovené úrovně základové spáry. Po této přípravě lze začít s vrtáním a betonáží pilot. Po dosažení dostatečné únosnosti pilot, začneme s betonáží základů a následně opěry lávky. Jako další následuje vyhotovení pilířů. Na opěru, kterou supluje konzola parkovacího domu, se osadí ložisko. Totéž i na druhé straně na opěře, nacházející se na terénu. Aby bylo možné vybetonovat mostovku, je zapotřebí zhotovit skruž. Dalším krokem bude zhotovení zásypů základů za opěrou. Po dostatečném vyvrání betonu mostovky se provede její povrchová úprava pomocí nátěru, který zvýší ochranu betonu před účinky agresivního prostředí, jako jsou rozmrazovací soli v zimním období. Kvůli bezpečnému používání lávky je nutné osadit zábradlí. Ke konci se provádějí dokončovací práce a dojde k uvedení lávky do provozu.



Obrázek 4: Pohled na lávku varianta I.

2.4.2. Varianta II. ocelová mostovka se železobetonovými pilíři

Základní údaje o lávce

Charakteristika:

Trvalá, nepohyblivá lávka pro chodce o 5 polích, která umožňuje přechod Tyršovy ulice, je navržena jako jeden stavební objekt. Nosnou konstrukci mostovky tvoří ocelové nosníky. Pilíře jsou vytvořeny ze železobetonu. Založení lávky je na železobetonových vrtaných pilotách.

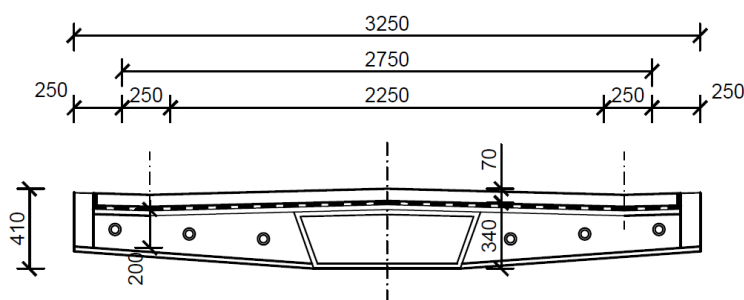
Délka nosné ocelové konstrukce je 50,8 m. Rozpětí krajních polí činí 14,95 m a 15,1 m. Rozpětí středního pole je 20,5 m. Nosné konstrukce je šířky 3,05 m. Celková šířka lávky 3,25 m. Příčný sklon je střeovitý 2,5 %. Podélný sklon je ve směru od parkovacího domu +4,20% a následně klesá -5,49%. Šířkové uspořádání lávky pro chodce je 3 x 0,75 m. Co se týče směrových poměrů jedná se o lávku v přímé.

Popis

Nosnou konstrukci tvoří ocelové nosníky, jejichž hlavní oporou je střední uzavřený ocelový nosník. Povrch této konstrukce je ve střeovitém sklonu 2,5 %.

Lávka bude rozdělena do více částí, které budou vyrobeny a dovezeny na stavbu a uloženy na připravené pilíře a opěry. Díky lehké ocelové konstrukci a výrobě mimo staveniště dojde k minimalizaci času potřebného pro přerušování provozu na komunikaci pod lávkou.

Schematický příčný řez



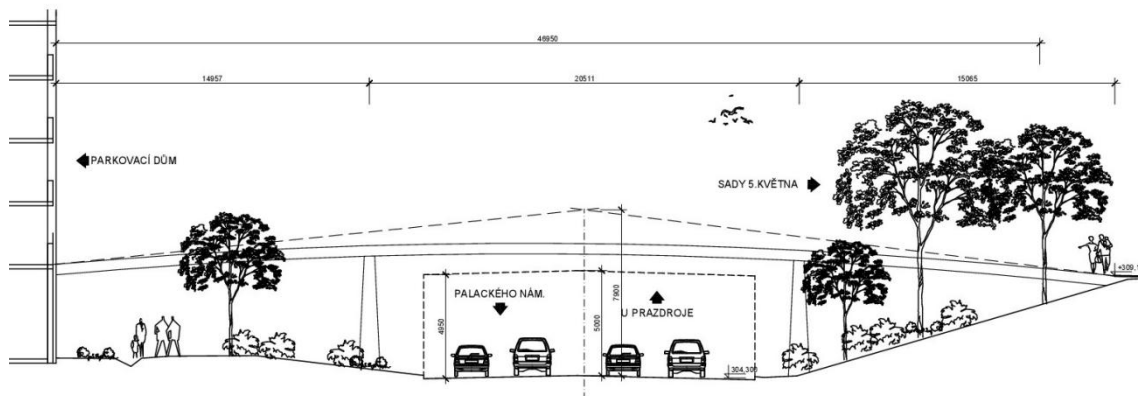
Obrázek 5: Schematický příčný řez varianty II..

Spodní stavba

Spodní stavba zahrnuje pilíře vyhotovené ze železobetonu. Opěra je na straně směrem do ulice sady 5. května vyhotovena jako železobetonová a uložena na velkopřůměrových vrtaných pilotách. Na druhém konci je lávka napojena na parkovací dům, který slouží jako její opěra.

Výstavba lávky - postup

Prvním krokem spojeným s výstavbou je vytyčení stavby geodetem. Následně dojde k úpravě základové spáry. Poté se provede vrtání a betonáž železobetonových pilot. Po předepsané době potřebné k dosažení dostatečné pevnosti betonu pilot se budou betonovat základy lávky. Dalším krokem bude betonáž opěry a pilířů. Stejně jako u předchozích železobetonových částí musí beton dosáhnout určité pevnosti, abychom mohli pokračovat ve výstavbě. Poté dojde k uložení a spojení ocelové konstrukce lávky. Následuje provedení zásypu základů za opěrou. Po osazení ocelové konstrukce lávky pro chodce se realizují vrstvy vozovky. Přichází na řadu osazení definitivního zábradlí. Až se provedou dokončovací práce, bude lávka připravena k uvedení do provozu.



Obrázek 6: Pohled na lávku varianta II.

2.4.3. Varianta III. zavěšená ocelová konstrukce

Základní údaje o lávce

Charakteristika:

Trvalá, nepohyblivá lávka pro chodce o 2 polích, umožňující přechod Tyršovy ulice, je navržena jako jeden stavební objekt. Nosnou konstrukci tvoří průběžný uzavřený kruhový ocelový nosník a ocelové příčné nosníky, které nesou lana uchycená k pylonu na konci lávky směřujícím do ulice sady 5. května. Založení je na železobetonových vrtaných pilotách.

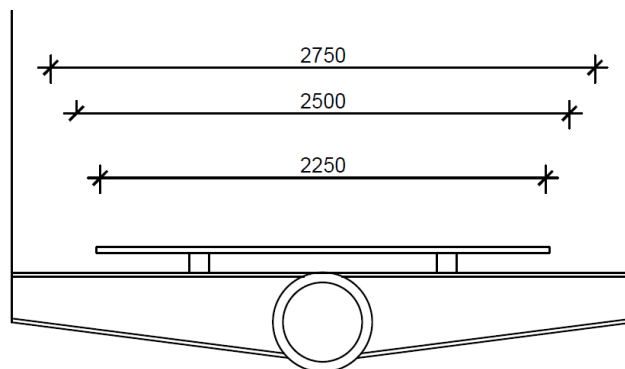
Délka nosné konstrukce mostovky je 50,8 m a její šířka je 3,15 m. Rozpětí pole na straně k parkovacímu domu (zavěšené pole) je 38,0 m. Druhé pole má rozpětí 11,9 m. Celková šířka lávky v úrovni nivelety je i s pylonem 3,8 m. Příčný sklon je navržen jako 0,0 % a odtok dešťové vody bude zajištěn podélným sklonem a mezerami mezi trámky, které slouží jako pochozí vrstva. Tyto prvky budou na povrchu profilovány tak, aby byla zajištěna protiskluzová schopnost. Podélný sklon je ve směru od parkovacího domu +4,20% a následně klesá -5,49%. Šířkové uspořádání lávky pro chodce je 3 x 0,75 m. Co se týče směrových poměrů, jedná se o lávku v přímé.

Popis

Nosnou konstrukci tvoří ocelové nosníky, které jsou zavěšeny na nosných lanech. Jež jsou ukotvena do asymetrického pylonu vyrobeného z oceli. Kruhový nosník v podélném směru slouží jako torzně tuhý prvek.

Pylon bude vyroben v mostárně jako více dílů, aby bylo možné jej dovést na staveniště, kde budou díly spojeny. Ocelové nosníky budou též vyrobeny v mostárně a dovezeny na staveniště, kde dojde k jejich spojení (kruhový nosník) a osazení na nosná lana.

Schematický příčný řez



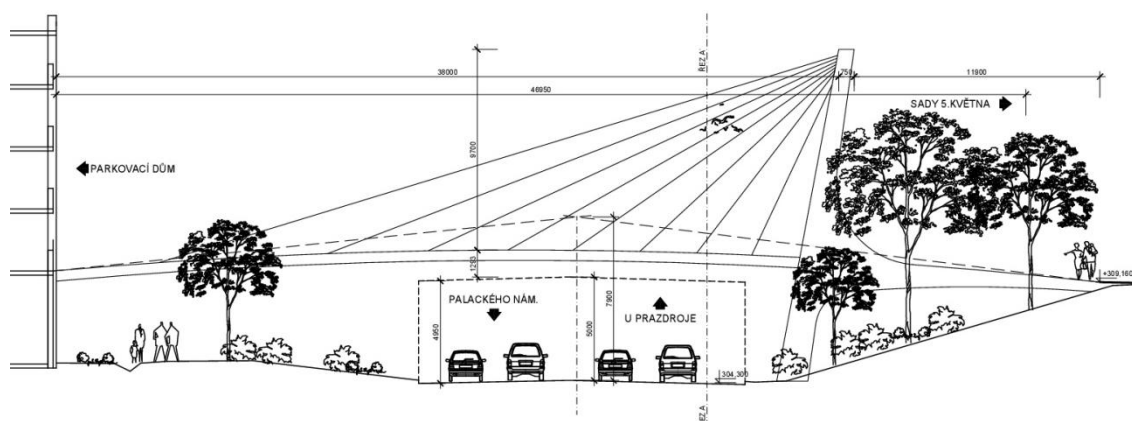
Obrázek 7: Schematický příčný řez varianty III..

Spodní stavba

Spodní stavba zahrnuje pylon, který se nachází na straně směrem do ulice sady 5. května vyrobený z oceli a uložený na velkopřůměrových vrtaných pilotách. Na druhém konci lávka končí přímo uložením na parkovací dům. Parkovací dům bude sloužit na tomto konci lávky přímo jako její opěra.

Výstavba lávky - postup

Je nutné nejprve stavbu vytyčit geodetem. Poté dojde k úpravě základové spáry. V takto připravené základové spáře lze začít realizovat piloty. Nejprve vrtání a následně jejich betonáž. Následuje betonáž základů. Po dosažení předepsané pevnosti betonu lze osadit a spojit asymetrický pylon. Bude následovat zavěšování ocelových profilů na lana a spojení kruhového podélného nosníku. Dojde ke zhotovení zásypů základů za opěrou. Dalším krokem bude po dokončení nosné konstrukce lávky zhotovení pochozích vrstev. Budou se osazovat podélné trámký a na ně profilované příčné trámký. Následovat bude osazení definitivního zábradlí. Lávka se uvede do provozu po skončení dokončovacích prací.



Obrázek 8: Pohled na lávku varianta III.

2.4.4. Varianta IV. zavěšená ocelová konstrukce s dřevěnými prvky

Základní údaje o lávce

Charakteristika:

Trvalá, nepohyblivá lávka pro chodce o 5 polích, která umožňuje přechod Tyršovy ulice a je navržena jako jeden stavební objekt, jejíž nosnou konstrukci tvoří ocelové nosníky zavěšené na ocelových lanech, podepřené šikmými pilíři, opěrou a konzolou parkovacího domu. Pilíře jsou tvořeny šikmými ocelovými vzpěrami. Založení lávky je na železobetonových vrtaných pilotách.

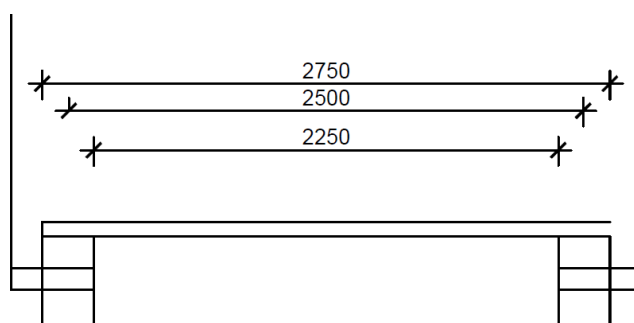
Délka nosné ocelové konstrukce je 50,8 m. Rozpětí jednotlivých polí směrem od parkovacího domu jsou 7,4 m; 5,96 m; 24,3 m; 4,95 m; 8,19 m. Šířka nosné konstrukce mostovky je 3,05 m a celková šířka lávky i s oblouky je 3,35 m. Šířka průchozího prostoru je 2,25 m. Příčný sklon je navržen jako 0,0 % a odtok dešťové vody bude zajištěn podélným sklonem a mezerami mezi trámkami, které slouží jako pochozí vrstva. Podélný sklon je ve směru od parkovacího domu +4,20% a následně klesá -5,49%. Šířkové uspořádání lávky pro chodce je 3 x 0,75 m. Co se týče směrových poměrů, jedná se o lávku v přímé.

Popis

Nosnou konstrukci tvoří ocelové nosníky, které jsou zavěšeny na nosných lanech a v krajních polích je podpírají šikmé pilíře.

Povrch mostovky nebude mít příčný sklon. Realizován bude pouze podélný sklon, aby bylo zabezpečeno odvodnění. Pochozí vrstva bude opatřena dostatečnou protiskluzovou úpravou. Povrch bude zdrsněný a mezi jednotlivými díly ponechána mezera dostatečná pro odtok vody a zároveň bezpečná, aby nemohlo dojít k zaklínění.

Schematický příčný řez



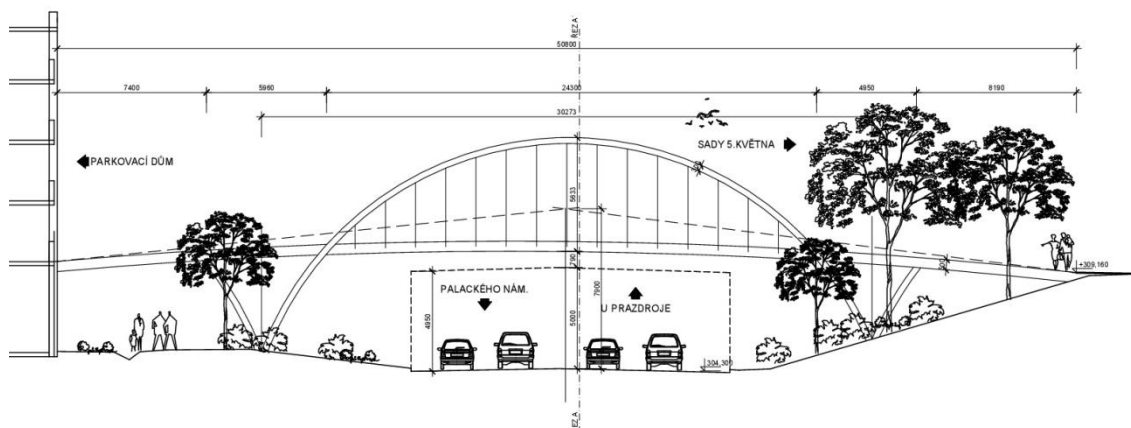
Obrázek 9: Schematický příčný řez varianty IV..

Spodní stavba

Spodní stavba zahrnuje šikmé pilíře vyhotovené z ocelových profilů. Opěra je na straně směrem do ulice sady 5. května vyhotovena jako železobetonová a uložena na velkopřůměrových vrtaných pilotách. Na druhém konci lávka končí přímo napojením na parkovací dům. Konzola parkovacího domu bude sloužit na tomto konci lávky přímo jako její opěra.

Výstavba lávky - postup

Stavba bude zahájena vytyčením od geodeta. Dojde následně k úpravě základové spáry a poté lze začít vrtat a betonovat piloty. Dalším krokem bude betonáž základů a opěry. Po dosažení dostatečné pevnosti betonu dojde k osazení ocelových oblouků a pilířů a jejich spojení. Následně na ně bude uložena nosná konstrukce mostovky spolu s pochozí vrstvou. Poté budou realizovány zásypy za opěrou. Osadí se definitivní zábradlí. Lávka bude uvedena do provozu po ukončení dokončovacích prací.



Obrázek 10: Pohled na lávku varianta IV.

3. Rešerše

3.1. Základní pojmy

Mostní objekt

Lze jej definovat jako součást dopravní cesty (pozemní komunikace, dráhy...) a najdeme jej v místech, kde je nutné překonat přírodní nebo umělou překážku. K jeho využití dochází i z jiných důvodů jako jsou například vodohospodářské, ekonomické, ekologické nebo estetické. Rovněž může být využit ke stavebně montážním účelům. Rozlišujeme mostní objekty typu mosty, propustky a lávky. Jelikož tématem mé práce je návrh lávky, dále budu objasňovat hlavně termíny, jenž se týkají této problematiky. [3]

Lávka

Tato konstrukce spadá do souboru mostních objektů. Jejím hlavním účelem je především převedení chodců popřípadě cyklistů. Pro upřesnění bych měla dodat, že revizní lávka už není mostní objekt, ale náleží do samotného vybavení mostu. [3]

Například lávka pro cyklisty a chodce v Pelhřimově Obr. 7.



Obrázek 11: Lávka pro cyklisty a chodce. [6]

Nepohyblivá lávka

Je taková konstrukce, jejíž součástí není zařízení, které by umožňovalo změnu její polohy. [5]

Trvalá lávka

Do návrhu se nezahrnuje možnost, že dojde k odstranění či nahrazení této lávky. [5]

Betonová lávka

Má nosnou konstrukci vytvořenou z různých typů betonu např. prostý, železobeton, předpjatý beton nebo jejich kombinace. [5]

Rozdělení dle nosné konstrukce [5]:

Desková



Obrázek 12: Nosná konstrukce tvořena lichoběžníkovou deskou.[7]

Trámová



Obrázek 13: Ukázka jednotrámového mostu.[8]

Rámová



Obrázek 14: Rámový silniční most v obci Zbůch.[9]

Oblouková



Obrázek 15: Betonový obloukový most s horní mostovkou přes Oparenské údolí.[10]

Klenbová



Obrázek 16: Kamenný klenbový most Svobodné Heřmanice.[11]

Věšadlová



Obrázek 17: Dřevěný věšadlový most u Pekla nad Zdobnicí. [12]

Vzpínadlová



Obrázek 18: Ocelová vzpínadlová lávka pro chodce a cyklisty v Hradci Králové. [13]

Vzpěradlová



Obrázek 19: Ocelobetonový vzpěradlový most přes dálnici D1. [14]

Zavěšená



Obrázek 20: Ocelový zavěšený most se spřaženou železobetonovou deskou přes železniční trať, Bohumín. [15]

Visutá



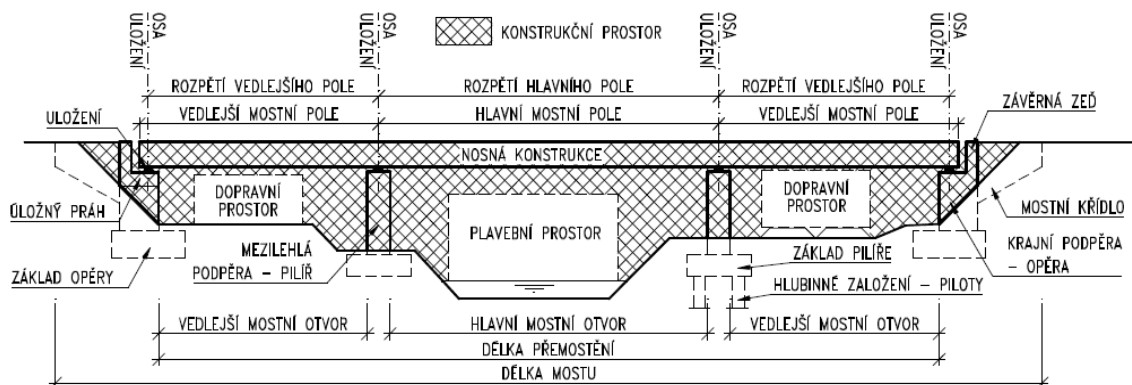
Obrázek 21: Ocelový visutý most Golden Gate San Francisco. [16]

Integrovaná



Obrázek 22: Integrovaný most nad Levočským potokem na polní cestě. [17]

Návrhové charakteristiky mostu.



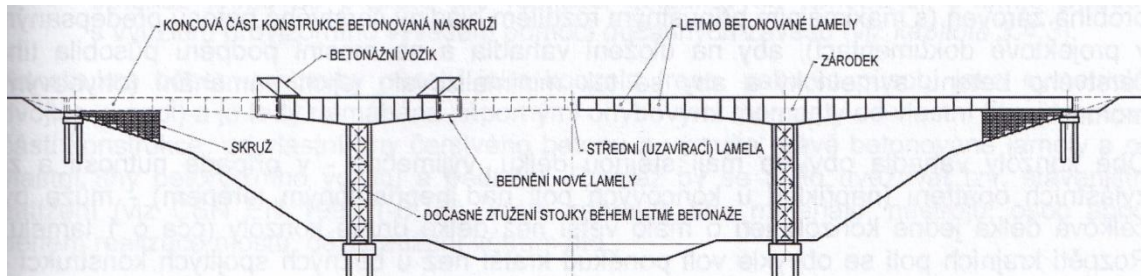
Obrázek 23: Návrhové charakteristiky mostu. [3]

Monolitická betonáž na skruži

Při níž dochází k ukládání čerstvého betonu do bednění, které vymezuje tvar výsledné konstrukce. Bednění je vyhotoveno na skruži, která slouží jako podpůrná konstrukce bednění a přenáší tíhu betonové konstrukce a bednění do základové půdy nebo do mostních podpěr. [2]

Letmá betonáž

Je technologie výstavby betonových mostních konstrukcí. Nosná konstrukce je prováděna konzolovým způsobem, kdy dochází k postupné betonáži jejích částí, které se nazývají lamely. Výhodou této technologie je, že v podstatě nezávisí na terénu, který je pod mostem. [2]



Obrázek 24: Schéma letmé betonáže. [2]

Mostovka

Její funkcí je přenos účinků zatížení z mostního svršku do hlavní nosné konstrukce. [3]

Uložení

Tímto termínem se rozumí způsob, jakým nosná konstrukce dosedá na podporu, popřípadě na jinou část nosné konstrukce. [5]

Ložiska

Přenášejí podporové síly nosné konstrukce na spodní stavbu a zároveň zajišťují její polohu. Mohou být ocelová, elastomerová, hrncová, kalotová a jiná. Například klouby vyhotovené z různých materiálů (ocel, beton...). [3]

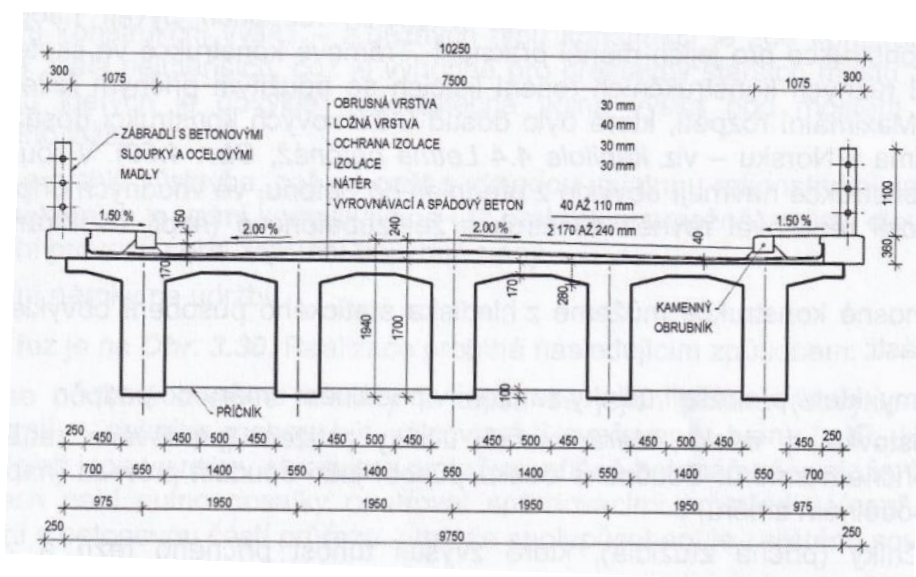
Mostní závěry

Ukončují nosnou konstrukci a překrývají dilatační spáry mostní konstrukce. Dnes se využívá několik různých typů například podpovrchové, elastické, kobercové, lamelové a prstové. [3]

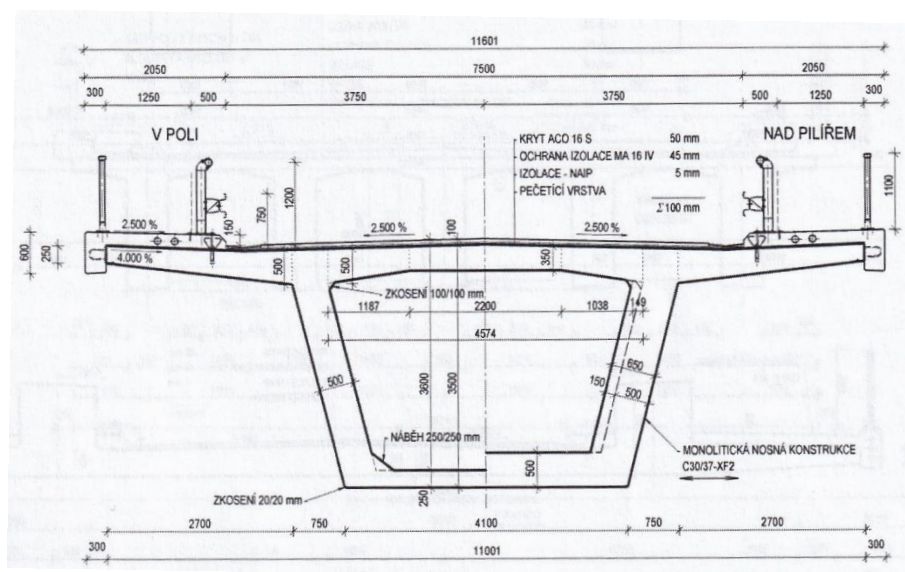
3.2. Trámové a rámové mosty

Trámové a rámové mosty lze definovat pomocí základních částí, ze kterých sestávají. První jsou trámy, jež přenášejí účinky zatížení v podélném směru do podpěr. Druhá část je mostovka, která roznáší účinky zatížení v příčném směru a zároveň působí jako součást průřezu v podélném směru. Třetí částí jsou příčníky, jež zvyšují tuhost příčného řezu a zlepšují příčné roznášení na jednotlivé trámy.[2] Zpravidla dochází k předeptnutí trámu v podélném směru.

V porovnání s deskovými mosty jsou trámové lehčí a zároveň úspornější na spotřebu materiálu. Překonává se jimi rozpětí od 15 m do 70 m u prostých nosníků a spojitými ještě větší. Pro jaké rozpětí bude daný trámový most vhodný, určuje především tvar příčného řezu. Příčné řezy můžeme rozdělit na otevřené a uzavřené. Otevřené průřezy se vyznačují především jednoduchostí na úkor menšího rozpětí. Uzavřené průřezy neboli komorové jsou už o něco pracnější. Nelze jim, ale upřít úsporu materiálu, výhodný poměr momentu setrvačnosti ku vlastní tíze a zajišťují vysokou tuhost v kroucení.[2]



Obrázek 25: Otevřený průřez trámové konstrukce. [2]



Obrázek 26: Uzavřený průřez trémové konstrukce. [2]

Nosná soustava rámu je vytvořena zmonolitněním vodorovné nosné konstrukce se spodní stavbou (s opěrami nebo s vnitřními pilíři). [4]



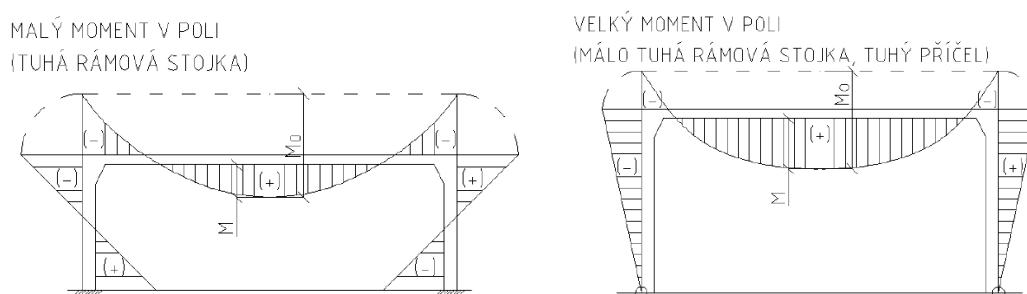
Obrázek 27: Schéma vzpěradlového rámového mostu. [1]

Rámové konstrukce mohou být o jednom (jednoduché), či více polích (sdružené). Na spodní stavbu lze konstrukci mostu uložit vetknutím nebo uložením na ložiska. Oba způsoby lze kombinovat například tak, že konstrukce je do mezilehlých podpor rámově vetknuta a na koncových opěrách uložena na ložiska. Díky vyloučení ložisek na mezilehlých podporách dojde ke zjednodušení údržby. Naopak při jejich využití v kombinaci s mostními závěry na opěrách dojde ke zjednodušení podélných dilatačních posunů. Pokud uložíme konstrukci pouze na ložiska je vhodné dát pevné uložení na střední pilíř (nejbližším středu délky konstrukce). Dojde k rozdělení dilatačních posunů a nad oběma koncovými opěrami se uskuteční jen polovina z celkového posunu. [4]

Příčel rámového mostu působí jako prvek pružně vetknutý do stojek. Díky koexistenci těchto prvků dochází ke zmenšení momentů na příčlích. Můžeme ovlivnit míru, jakou obě části spolupůsobí volbou tuhosti, změnou rozměrů příčného řezu, mírou vyztužení, úpravou délky, základů a jejich spojením se stojkami. [4]

Pokud je v základových poměrech málo stlačitelná půda, je možné patky stojek vetknout do základů, v opačném případě je-li půda stlačitelná do patek se vloží klouby. Tím se vyloučí vliv otáčení základů na rám. [4]

V případě, že je v našem zájmu snížení kladných ohybových momentů uprostřed rozpětí příčle, pak lze například zvětšit tuhost rámových rohů a plynule zvětšit její tuhost pomocí náběhů, které půjdou směrem ke stojkám. Namáhání příčle bude zahrnovat tlak, ohyb a smyk. Další možností jak snížit momenty je vetknutí její do spodní stavby. [4]

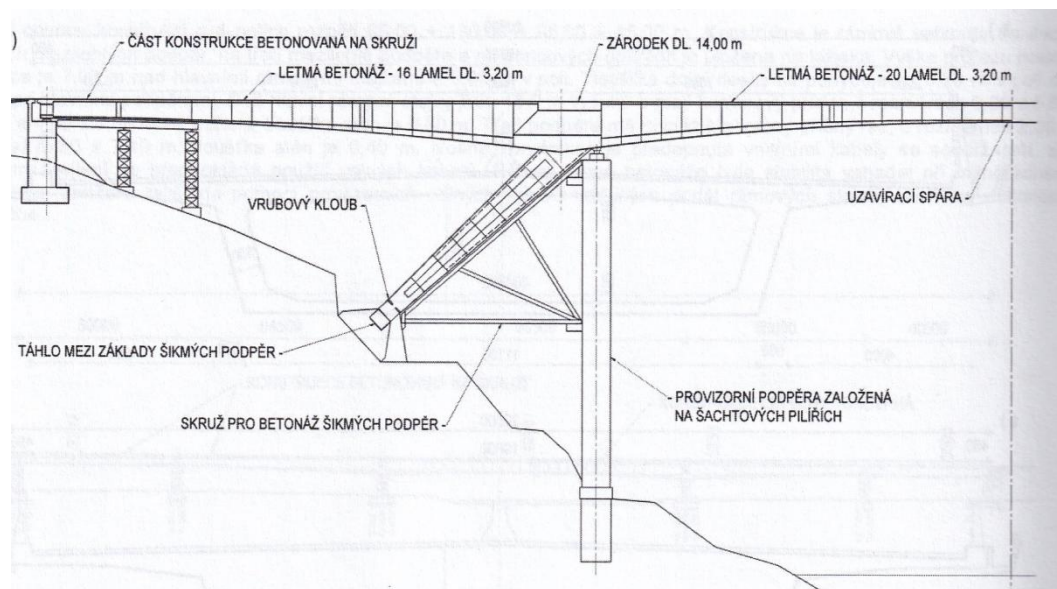


Obrázek 28: Průběhy momentů na rámu. [4]

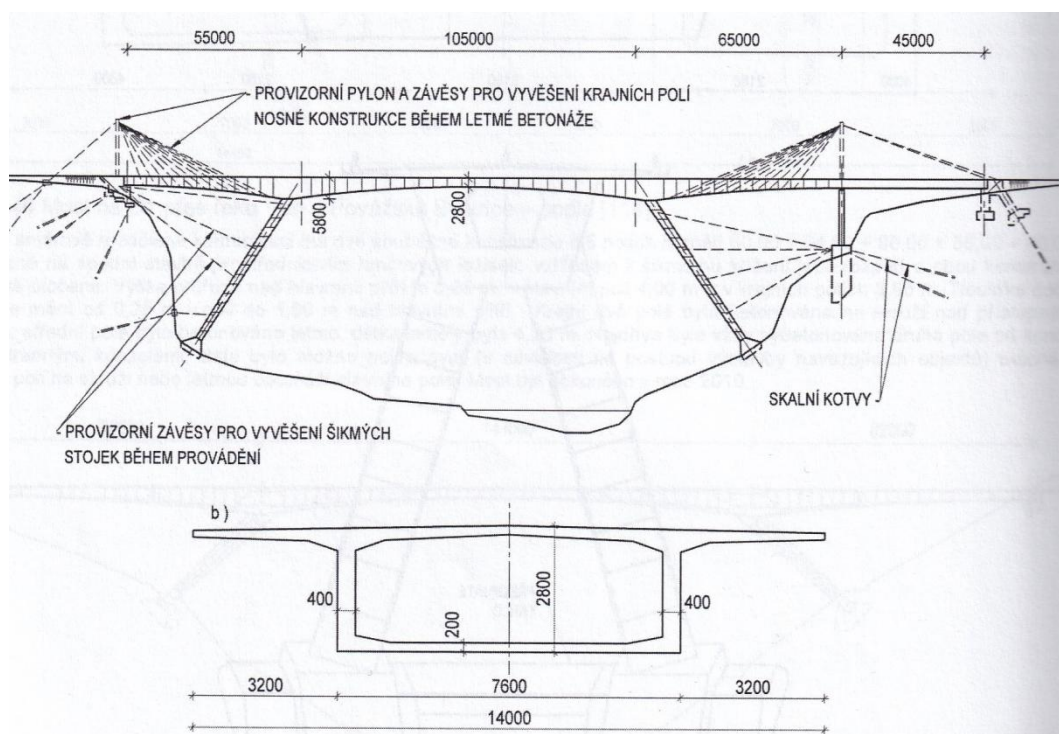
Rámové konstrukce můžeme uspořádat do 3 větších celků, kdy první skupina obsahuje malé železobetonové konstrukce. Tyto jsou často s dolní deskou a méně bez dolní desky. Jejich rozpětí bývá do cca 15 metrů, často méně. Při návrhu je vhodné dolní desku uvažovat tlustší než horní, která není tolik namáhána. Abychom dosáhly téměř dokonalého vetknutí desek do stěn, snažíme se, aby tloušťka stěn byla alespoň, jako je tloušťka desek. Z hlediska únosnosti stěn by stačila tloušťka menší, hlavně díky tlakovému normálovému namáhání stěny. Někdy je nutné zakládat tyto konstrukce v nezámrazné hloubce. To se dá zařídit například zesílením vrstvy podkladního betonu. Malé železobetonové konstrukce mají velkou tuhost a lze proto při návrhu vynechat působení kolísání zemního tlaku, které je spojené s dilatačními posuny koncových stěn. Uvažujeme tedy se zemním tlakem v klidu. [2]

Další skupinu tvoří střední objekty, kam lze zařadit například nadjezdy přes přemostované komunikace či menší vodní toky. Tyto konstrukce se dají navrhnout v několika podobách, například mohou být rámově spojeny se všemi podpěrami. Další možnost je rámové spojení s mezilehlými podpěrami a uložení na ložiska na koncových opěrách. U menších objektů lze připustit i úplné vypuštění ložisek. O příčném řezu mostovky rozhoduje rozpětí, které je nutné přemostit. Nejčastěji se jedná o deskové či trémové průřezy. [2]

Poslední skupinou trémových mostů jsou velké mosty. Ty už se provádějí především letnou betonáží. Často se rámové stojky vyhotoví jako dvojice tenkých stěn, především kvůli menšímu omezení dilatačních posunů, při současném zachování ohybové tuhosti ve vetknutí mostovky do stojky. V této skupině můžeme najít i reprezentanty vzpěradlových rámu například most na dálnici A75 přes řeku Truyère Obr. 25, nebo most přes řeku Gouritz, Mossel Bay (JAR) Obr. 26. [2]



Obrázek 29: Most na dálnici A75 přes řeku Truyère. [21]



Obrázek 30: Most přes řeku Gouritz, Mossel Bay (JAR). [21]

Příklady vzpěradlových rámových konstrukcí

První příklad, který je svým konstrukčním systémem velmi podobný mnou navrhované lávce, je lávka pro pěší nacházející se v Kralupech nad Vltavou. K její realizaci došlo především díky tomu, že existující silniční most v Kralupech nebylo možné kvůli památkové péči rozšířit. Lávka je vzdálená přibližně 65 metrů níže po proudu řeky od zmíněného silničního mostu. Její délka je 208 m a šířka 5 metrů. [21]

Existencí lávky nesměla být narušena lodní doprava, která je v tomto místě celkem značná. Průtok je zde vydatný, hloubka Vltavy se v těchto místech pohybuje kolem 4 metrů. Projektanti a stavitelé z Vojenských staveb při vypracování projektu využili svoji kreativitu. Došlo k vyhotovení dvou krajních polí lávky a náběhů. Následovala realizace středního dílu (délka 36 m, váha 300 tun), který betonovali na lodi, nikoliv přímo v definitivní poloze. Poté co došlo k vyvržení betonu, byla tato konstrukce přepravena na lodi pomocí tažných člunů pod nedokončenou stavbu. 16.10.1996 došlo k vyzvednutí středního dílu hydraulickými zvedáky a celý postup (vyzvednutí a osazení) trval 3 hodiny. Definitivní připojení tohoto dílu k náběhům bylo dokončeno druhý den v poledne. Lávka byla uvedena do provozu koncem roku 1996. Díky tomuto provedení, byť technicky náročnému, došlo k malému omezení lodní dopravy. [21]



Obrázek 31: Lávka pro pěší v Kralupech nad Vltavou. [21]



Obrázek 32: Současná podoba. [22]

Další konstrukci můžeme najít na km 182 dálnice D1. Dle pohledu na konstrukci lze odhadovat, že se jedná o jednotrámovou vzpěradlovou rámovou konstrukci. Kategorie převáděné komunikace na mostě je polní cesta.



Obrázek 33: Nadjezd na dálnici D1 km 182. [19]



Obrázek 34: Bližší pohled na nadjezd na dálnici D1 km 182. [19]

Most nacházející se na km 175 dálnice D1, lze také přiřadit do skupiny vzpěradlových mostů. Šířkové uspořádání na D1 je podobné jako v předchozím případě, ale krajní pole nadjezdu jsou delší. Konstrukce je také jednotrámová rámová.



Obrázek 35: Nadjezd na dálnici D1 km 175. [19]

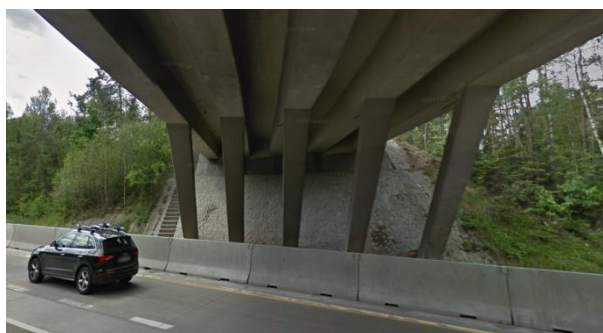


Obrázek 36: Bližší pohled na nadjezd na dálnici D1 km 175. [19]

Další ukázka je již zmodernizovaný nadjezd na dálnici D1. Z bližšího pohledu je patrné, že se jedná o pětitrámový most, podepřený v ose každého trámu vzpěradly a na koncích uložený na opěrách. Most je šikmý a převádí silnici č. 602 přes dálnici D1.



Obrázek 37: Nadjezd na dálnici D1 km 168. [19]



Obrázek 38: Bližší pohled na nadjezd na dálnici D1 km 168. [19]

Nadjezd na km 145 dálnice D1 jen rozšiřuje výčet vzpěradlových mostů, které jsou konstrukčně velmi podobné. Jedná se o jednotrámový vzpěradlový most o třech polích. Převádí přes dálnici místní komunikaci.



Obrázek 39: Nadjezd na dálnici D1 km 145. [19]



Obrázek 40: Bližší pohled na nadjezd na dálnici D1 km 145. [19]

Výčet příkladů rozšiřuje další dálniční nadjezd na D1. Tento nadjezd je konstruován jako čtyř trámový a každý trám opět podepřen párem vzpěradel a konce jsou uloženy na opěrách. Z toho vyplývá, že se jedná o třípolový most.



Obrázek 41: Nadjezd na dálnici D1 km 120. [19]



Obrázek 42: Bližší pohled na nadjezd na dálnici D1 km 120. [19]

Most na km 119 dálnice D1 převádí tuto komunikaci přes silnici č. 353. Jedná se o 2 souběžné mosty. Oba mosty jsou sedmitrámové. Mají 3 pole a trámy jsou podepřeny každý 2 vzpěradly a na koncích osazeny na opěrách. Zároveň jsou oba mosty šikmé.



Obrázek 43: Most převádějící dálnici D1 km 119. [19]

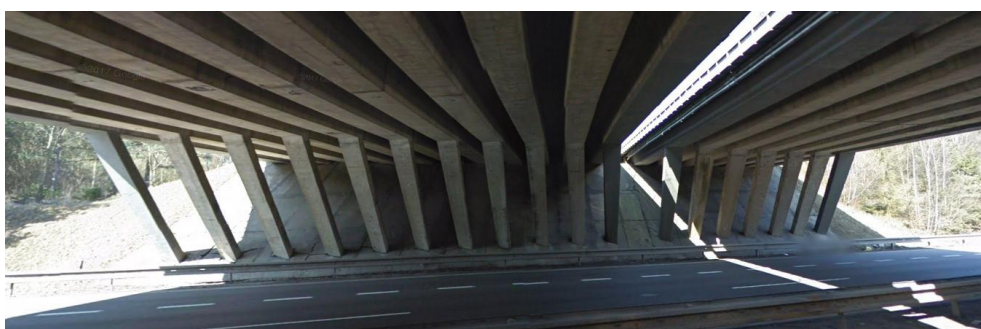


Obrázek 44: Bližší pohled na nadjezd na dálnici D1 km 119. [19]

Další velký most převádí dálnici D1 přes silnici č. 38. Jedná se taktéž o dva souběžné mosty. Každý z nich má však jiný počet trámů. Při pohledu ve směru na Prahu má pravý most 7 trámů a levý 11 trámů. Opět se jedná o vzpěradlovou konstrukci a mosty o 3 polích.



Obrázek 45: Most převádějící dálnici D1 km 112. [19]



Obrázek 46: Bližší pohled na nadjezd na dálnici D1 km 112. [19]

Na km 90 dálnice D1 můžeme najít další most převádějící tuto dálnici přes silnici č. 34. Můžeme porovnat konstrukci například předchozího mostu s tímto a okamžitě vidíme patrné rozdíly. Ze snímků můžeme identifikovat, že se jedná o 3 polové mosty. Oba mosty mají 2 celkem široké trámy podepřené robustnějšími vzpěradly, než jsme nacházeli u předešlých mostů. Tato konstrukce dle mého názoru působí vzdušnějším a estetičtějším dojmem než předešlé. Nejedná se o „les vzpěradel" a pro realizaci je taková konstrukce snazší. S jednodušším prováděním souvisí příznivější cena konstrukce.



Obrázek 47: Most převádějící dálnici D1 km 90. [19]



Obrázek 48: Bližší pohled na nadjezd na dálnici D1 km 90. [19]

3.3. Základní uspořádání na lávkách pro chodce

Na lávkách pro chodce stanovíme průchozí prostor podobně jako, se určuje na mostech pozemních komunikací. Je ovšem nutné dodržet minimální volnou šířku, která činí 2,0 m. Další rozměr, který je nutno dodržet, je minimální volná výška průchozího prostoru 2,5 m, přičemž doporučená hodnota je 3,5 m. [3]

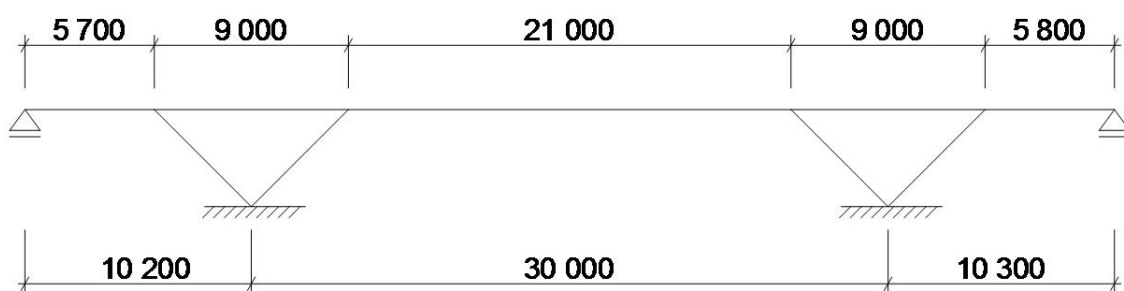
Zábradlí má být na lávkách pro chodce vysoké minimálně 1,1 m. Pokud se předpokládá, že lávka bude sloužit pro cyklisty i chodce musíme zajistit, aby zábradlí dosahovalo minimálně do výšky 1,3 m. Dále je třeba pamatovat na naše nejmenší a je z bezpečnostního hlediska potřebné, aby svislé/šikmé výplňové pruty zábradlí nebyly ve vzdálenosti větší než 0,12 m, popřípadě se nahradí pletivem či jinou nekovovou výplní.[3]

4. Parametrická studie vybrané varianty

4.1. Předběžný návrh

Návrh, výpočet vnitřních sil a podobné úkony budu provádět v programu Scia Engineer 17.01.1030. Jako první budu modelovat lávku podle návrhu, který jsem provedla v projektu YKPJ v předchozím semestru. Rozměry lávky jsem před tím určila empiricky a předpokládám, že bude nutná úprava v průběhu návrhu.

Model lávky v této chvíli uvažuji jako rámovou konstrukci, která je na koncích uložena na ložiska. Dále bude podepřena dvěma pilíři do tvaru „V“. Díky tomuto tvaru dojde k vložení staticky neurčité části do konstrukce.



Obrázek 49: Statické schéma a rozměry konstrukce.

4.1.1. Materiály navrhované konstrukce

Beton

Pevnostní třídu betonu jsem zvolila C 30/37. Stupeň vlivu prostředí XC4 (střídavě mokré a suché) jedná se o povrch betonu, který je ve styku s vodou. Dalším je XD3 (střídavě mokré a suché) a zahrnuje části mostů, na něž působí postřiky obsahující chloridy. Vlivy prostředí uzavírá XF4 (značně nasycen vodou, s rozmrazovacími prostředky) a týká se vozovek, mostovek a betonových povrchů, které jsou vystavené rozmrazovacím prostředkům a mrazu. [25]

Charakteristická válcová pevnost betonu je $f_{ck} = 30$ MPa. Charakteristická krychelná pevnost je $f_{ck,cube} = 37$ MPa. Char. pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,9$ MPa. Modul pružnosti $E_{cm} = 33$ GPa. [25]

Pro posouzení v mezním stavu únosnosti bude nutné počítat s návrhovými pevnostmi. Návrhová pevnost betonu v tlaku je $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 \cdot \frac{30}{1,5} = 20$ MPa. [25]

Ocel

Betonářskou výztuž jsem zvolila B500B. Tato výztuž dosahuje charakteristické meze kluzu $f_{yk} = 500$ MPa s třídou tažnosti B (vysoká). Modul pružnosti $E_s = 200$ GPa. [25]

Pokud bude třeba lávku předepnout pak použiji předpínací výztuž s označením Y 1860 S7 - 15,7. Její charakteristická tahová pevnost $f_{pk} = 1860$ MPa.

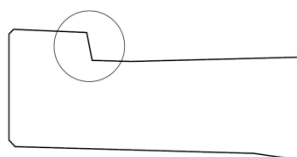
4.1.2. Zatížení

Zatížení rozdělení dle [3].

Zatížení stálá

Prvním zatížením je vlastní tíha a je uvažována programem Scia Engineer automaticky, který ji vypočítává dle zadaného průřezu konstrukce. Toto zatížení obsahuje zatěžovací stav 1.

Dalším zatížením je ostatní stálé, které zahrnuje stříkanou izolaci a zábradlí. U stříkané izolace budu počítat s tl. 8 mm na šířku lávky 3,25 m. Tuto šířku zaokrouhlím na 3,45 m, abych zohlednila tvar římsy, která je součástí mostovky. Její šikmé plochy (viz obr. 44) bude také nutné pokrýt izolací. Po přenásobení tloušťky izolace šířkou lávky a následně její objemovou tíhou, dostanu zatížení $0,4$ kN/m'. K tomu přičtu ještě zatížení od zábradlí, jež odhadnu jako $0,5$ kN/m'. Celkem tedy ostatní stálé zatížení činí $0,4+2*0,5 = 1,4$ kN/m'.



Obrázek 50: Schematický tvar římsy.

Zatížení proměnná

Lávka bude zatížena modelem zatížení 4 (zatížení davem lidí, LM4). Tento model zahrnuje rovnoměrné spojitě zatížení 5 kN/m², které v sobě již obsahuje dynamický součinitel. Jeho hodnota se užije v části konstrukce, kde bude vyvozovat nepříznivé účinky. Toto zatížení je uvažováno výhradně v dočasných návrhových situacích a je určeno pouze pro globální ověření. Řešená lávka nebude přístupná obslužnému vozidlu, tudíž není nutné provést posouzení na zatížení tímto vozidlem. [3]

Dalším proměnným zatížením bude rovnoměrná teplota a to $+20^{\circ}\text{C}$ a -30°C . Obě tyto teploty budou působit na celou konstrukci lávky. Pro lepší seznámení s chováním konstrukce budu počítat s rovnoměrnou teplotou $+10^{\circ}\text{C}$ pouze na mostovku.

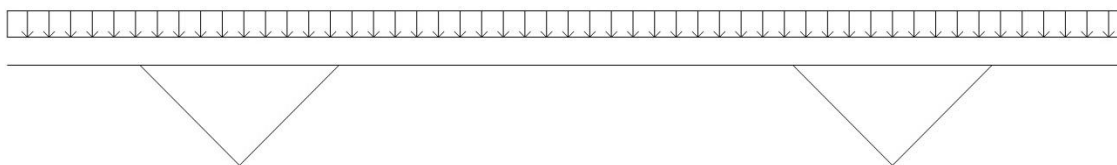
Do této kategorie zatížení můžeme zařadit i takové, které je vyvolané poklesem podpory. Tento jev vyvolá vnitřní síly, jelikož se jedná o staticky neurčitou konstrukci.

Zatížení větrem jsem v mojí práci neuvažovala.

4.1.3. Zatěžovací stavy

Ostatní stálé zatížení

Celková hodnota ostatního stálého zatížení viz odstavec „Zatížení stálá“ se rovná $1,4 \text{ kN/m}'$.



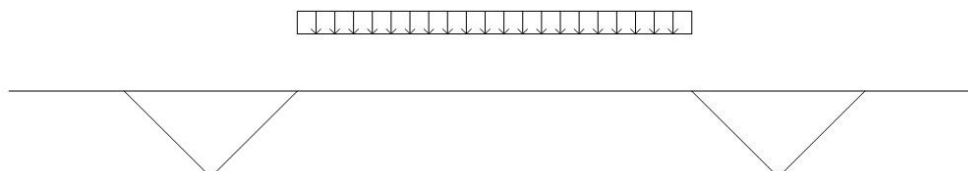
Obrázek 51: Zatížení ostatním stálým zatížením.

Zatížení svislým spojitým zatížením model LM4

V první řadě budu na konstrukci rozmisťovat svislé spojitě zatížení (LM4), abych zjistila v jaké poloze bude na konstrukci vyvolávat největší vnitřní síly a deformace. Toto zatížení se bude umisťovat na střednici navrženého průřezu lávky.

Model LM4 uvažuje s hodnotou 5 kN/m^2 , která se přenásobí šířkou lávky, na níž bude zatížení působit. V mém případě $2,75 \text{ m}$ dostaneme tak hodnotu $5 * 2,75 = 13,75 \text{ kN/m}$.

Konstrukce je, vzhledem k celkové délce, nepatrně asymetrická, proto budu vytvářet i takové zatěžovací stavy, které by se mohli jevit jako zrcadlově převrácené, abych zjistila jaký vliv to má na chování konstrukce. Krajiní pole u parkovacího domu je totiž o $0,1 \text{ m}$ kratší než druhé krajiní pole.



Obrázek 52: Zatěžovací stav 2.



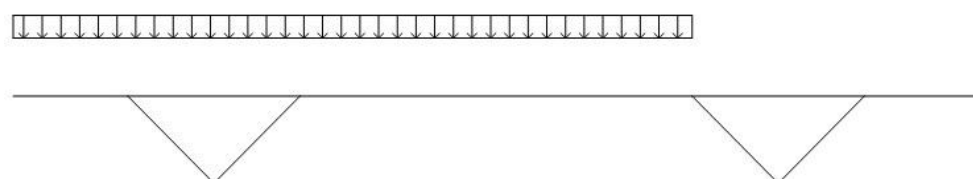
Obrázek 53: Zatěžovací stav 3.



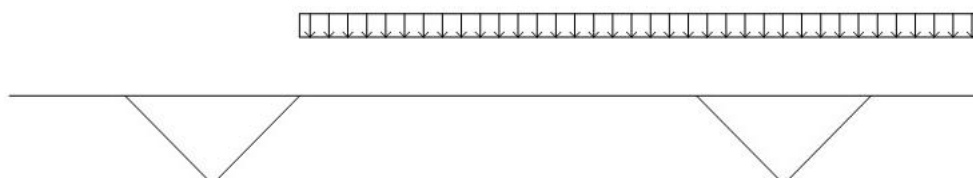
Obrázek 54: Zatěžovací stav 4.



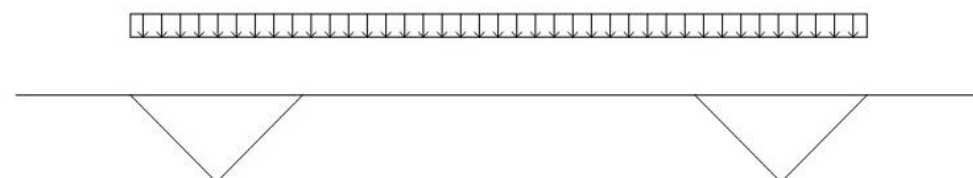
Obrázek 55: Zatěžovací stav 5.



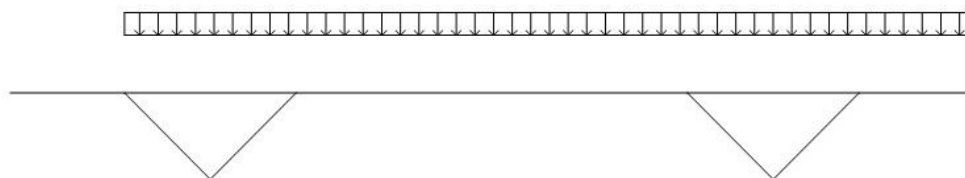
Obrázek 56: Zatěžovací stav 6.



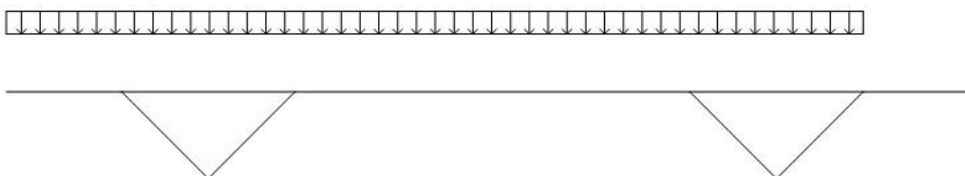
Obrázek 57: Zatěžovací stav 7.



Obrázek 58: Zatěžovací stav 8.



Obrázek 59: Zatěžovací stav 9.



Obrázek 60: Zatěžovací stav 10.



Obrázek 61: Zatěžovací stav 11.



Obrázek 62: Zatěžovací stav 12.



Obrázek 63: Zatěžovací stav 13.



Obrázek 64: Zatěžovací stav 14.



Obrázek 65: Zatěžovací stav 15.



Obrázek 66: Zatěžovací stav 16.



Obrázek 67: Zatěžovací stav 17.



Obrázek 68: Zatěžovací stav 18.



Obrázek 69: Zatěžovací stav 19.



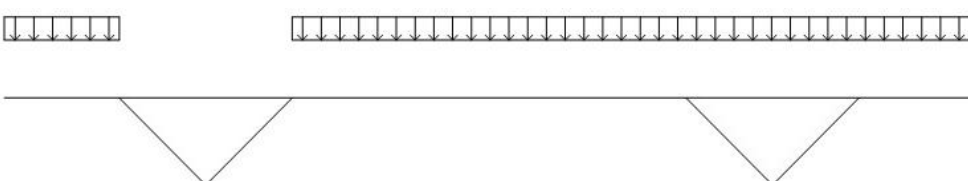
Obrázek 70: Zatěžovací stav 20.



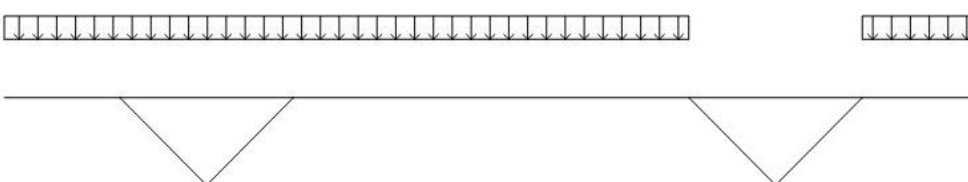
Obrázek 71: Zatěžovací stav 21.



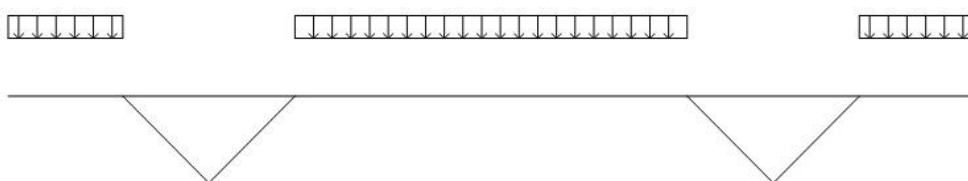
Obrázek 72: Zatěžovací stav 22.



Obrázek 73: Zatěžovací stav 23.



Obrázek 74: Zatěžovací stav 24.



Obrázek 75:Zatěžovací stav 25.

Zatížení vodorovným spojitým zatížením (součást modelu LM4)

Toto zatížení se uvažuje pouze na lávkách pro chodce a platí, že velikost se má rovnat vyšší z následujících dvou hodnot. První je 10 % z celkového zatížení odpovídajícího rovnoměrnému zatížení a druhá je 60 % celkové tíhy obslužného vozidla. V mém případě s ním nebude počítáno, tudíž uvažuji pouze první hodnotu. Velikost spojitého vodorovného zatížení tedy bude $0,1 \cdot 5 = 0,5 \text{ kN/m'}$.

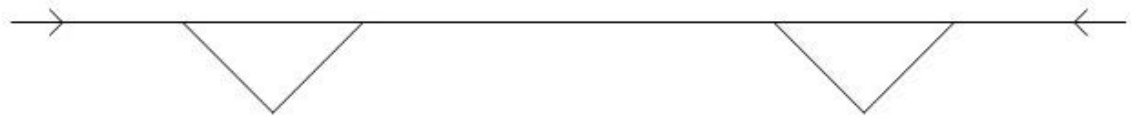


Obrázek 76: Zatížení vodorovným spoj. zatížením.

Další zatěžovací stav, který předpokládám je zatížení vyvolané předpětím, se kterým začnu pracovat po posouzení konstrukce pokud zjistím, že bude výhodné jej navrhnout.

Zatížení předpětím

Budu uvažovat s předpětím, které vnesu 2 centrickými silami. Jejich velikost odhadnu jako 10 000 kN. Takto definované předpětí mi zatím bude poskytovat informaci o tom, jaké budou na konstrukci vznikat vnitřní síly a deformace.



Obrázek 77: Zatížení předpětím.

Zatížení rovnoměrnou teplotou +20°C

Celou konstrukci zatížím rovnoměrnou teplotou +20°C. Tento zatěžovací stav vyšetřuji z důvodu toho, že konstrukce je staticky neurčitá a změna teploty vyvolává vnitřní síly a deformace. Zjištění míry vlivu teploty na konstrukci je důležité posoudit, aby nedošlo k zanedbání hodnot, které by mohli vyvolat její porušení.

Zatížení rovnoměrnou teplotou -30°C

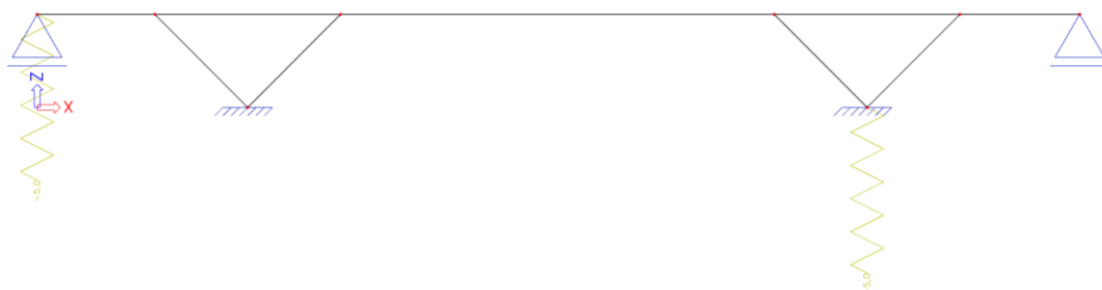
Protože teploty nabývají i záporných hodnot, je třeba celou konstrukci zatížit rovnoměrnou teplotou -30°C. Na rozdíl od kladné teploty, ve které se konstrukce snaží rozpínat, dochází při nízkých teplotách k jejímu smrštění.

Zatížení rovnoměrnou teplotou na mostovce +10°C

Teplotou +10°C zatížím pouze mostovku lávky. Tento stav odpovídá například jarnímu období, kdy se ráno teploty pohybují kolem 0°C, ale po východu slunce se začne mostovka ohřívat. Je pravděpodobné, že tento stav nebude dosahovat takových hodnot jako předchozí dva.

Zatížení poklesem podpory 1 a 3

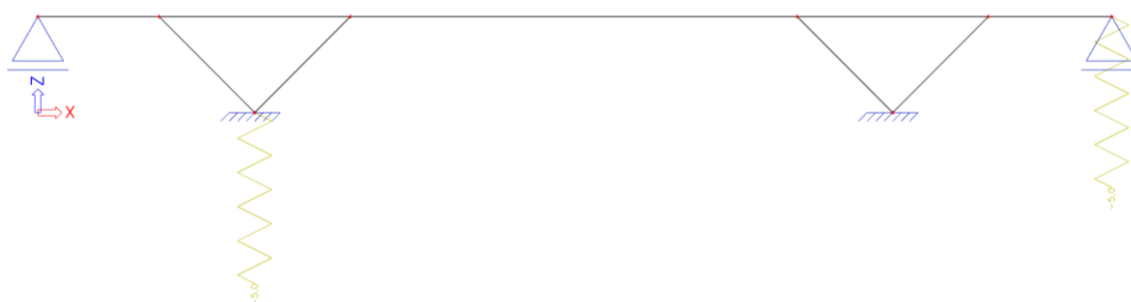
Lávku zatížím poklesem podpor č. 1 a 3 a to hodnotou -5 mm ve směru osy z. Se zvyšující se tuhostí mostovky bude mít tento zatěžovací stav tendenci vyvolat vyšší hodnoty vnitřních sil a deformací.



Obrázek 78: Pokles podpory 1 a 3.

Zatížení poklesem podpory 2 a 4

Další poklesy podpor umístím na podporu č. 2 a 4. Poklesy budou mít stejnou velikost jako v předchozím případě 5 mm.

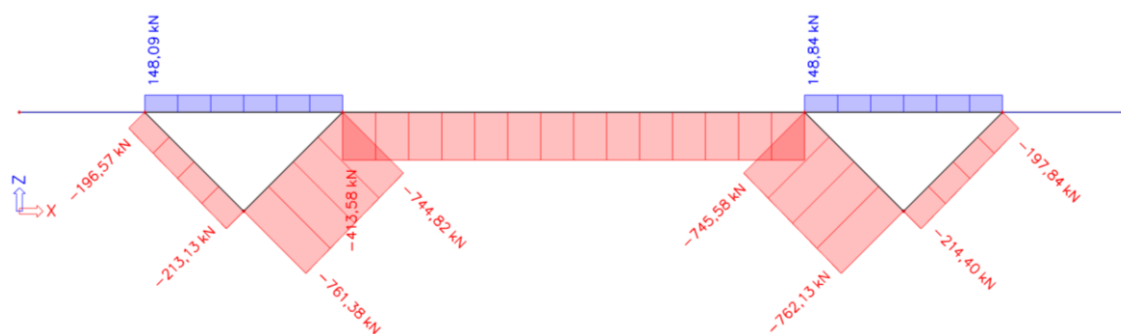


Obrázek 79: Pokles podpory 2 a 4.

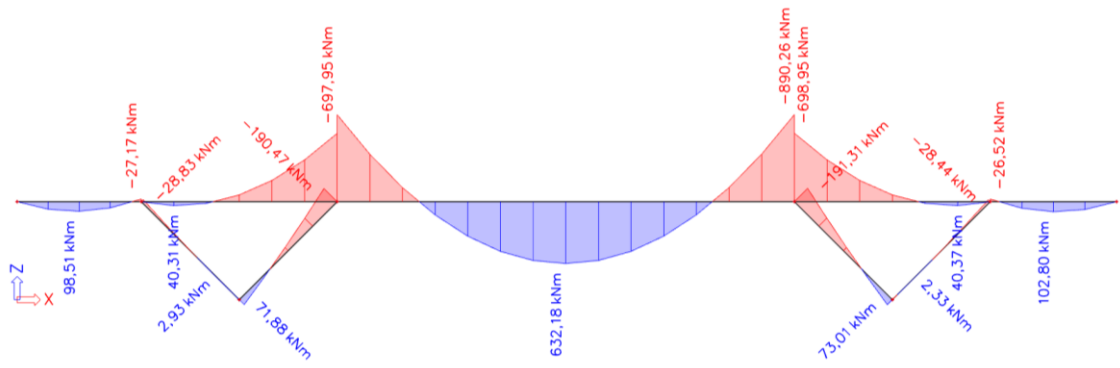
4.1.4. Vnitřní síly, deformace

Níže bude znázorněno vykreslení vnitřních sil a deformací od těch zatěžovacích stavů, které způsobují jejich rozhodující hodnoty.

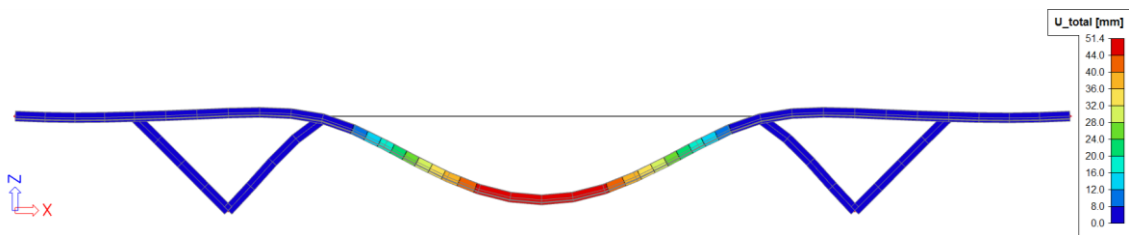
Zatěžovací stav 1 - vlastní tíha



Obrázek 80: Vykreslení normálových sil.



Obrázek 81: Vykreslení ohybových momentů.

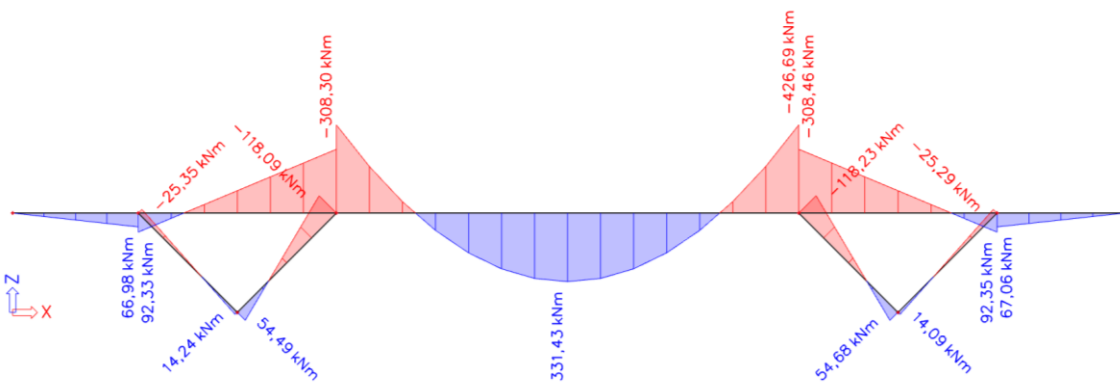


Obrázek 82: Tvar a velikost deformace.

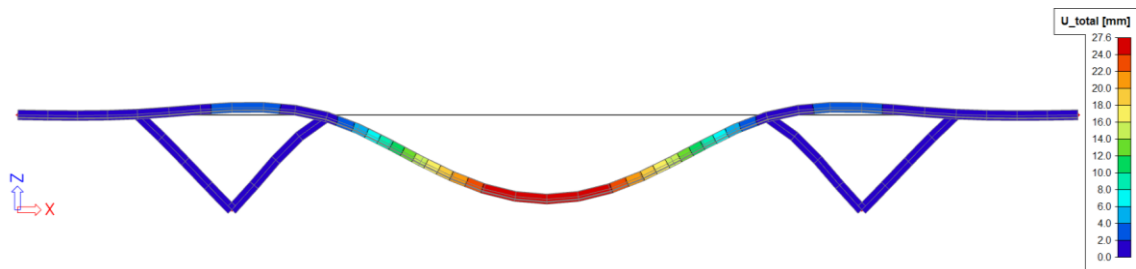
Zatěžovací stav 2



Obrázek 83: Vykreslení normálových sil.

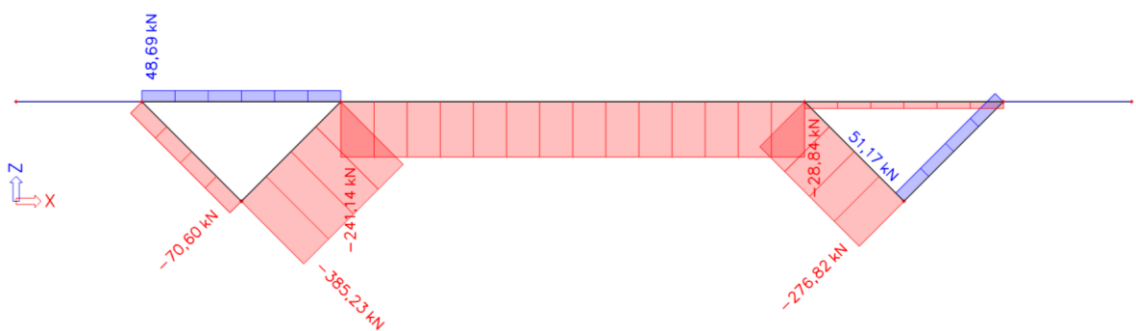


Obrázek 84: Vykreslení ohybových momentů.

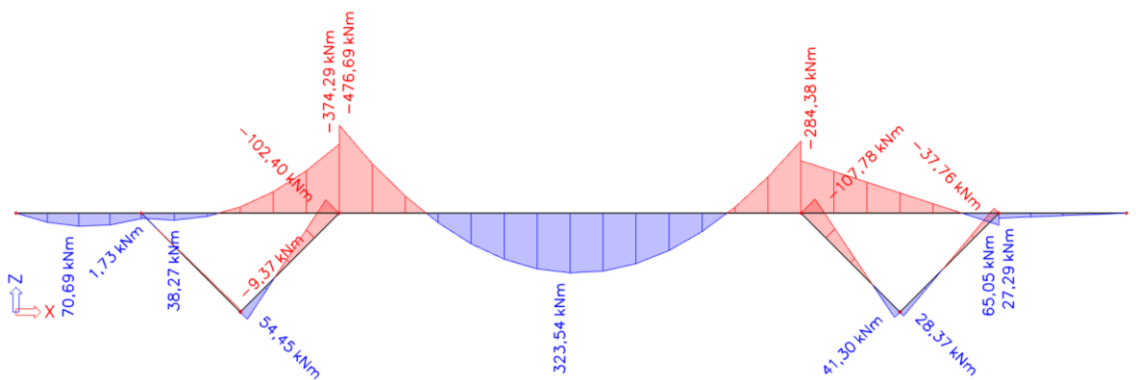


Obrázek 85: Tvar a velikost deformace.

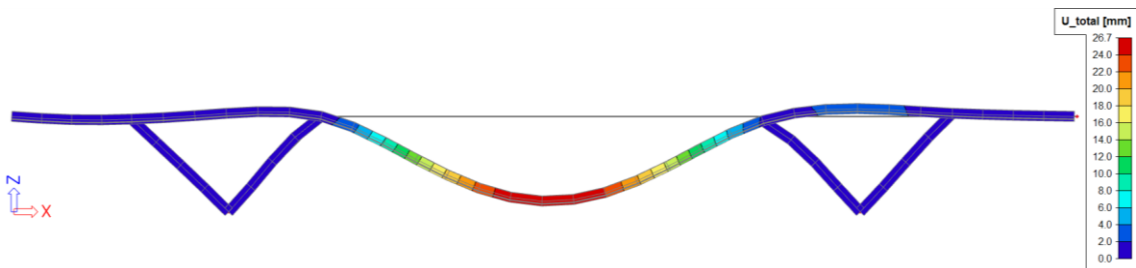
Zatěžovací stav 6



Obrázek 86: Vykreslení normálových sil.

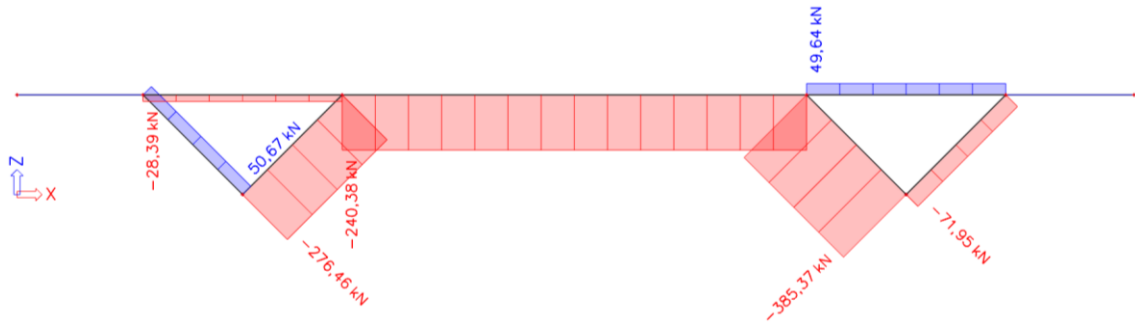


Obrázek 87: Vykreslení ohybových momentů.

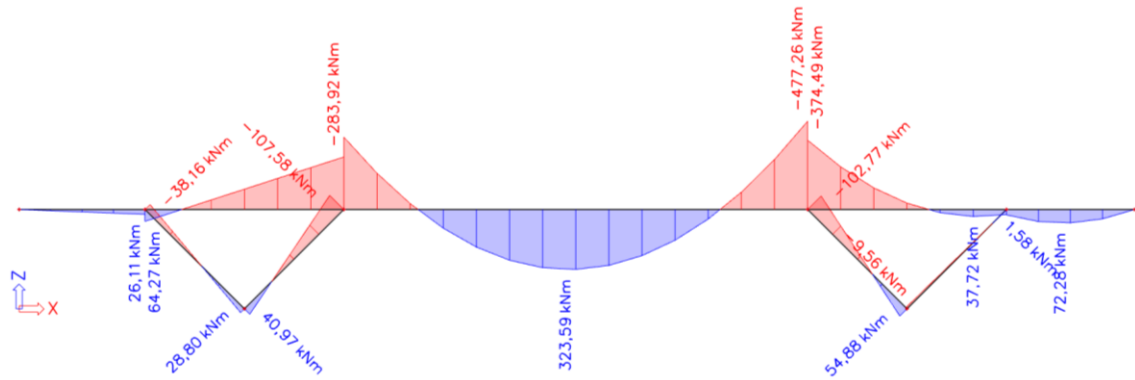


Obrázek 88: Tvar a velikost deformace.

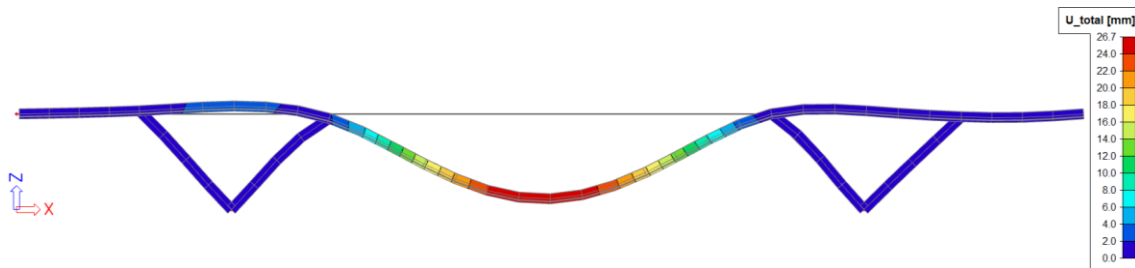
Zatěžovací stav 7



Obrázek 89: Vykreslení normálových sil.



Obrázek 90: Vykreslení ohybových momentů.

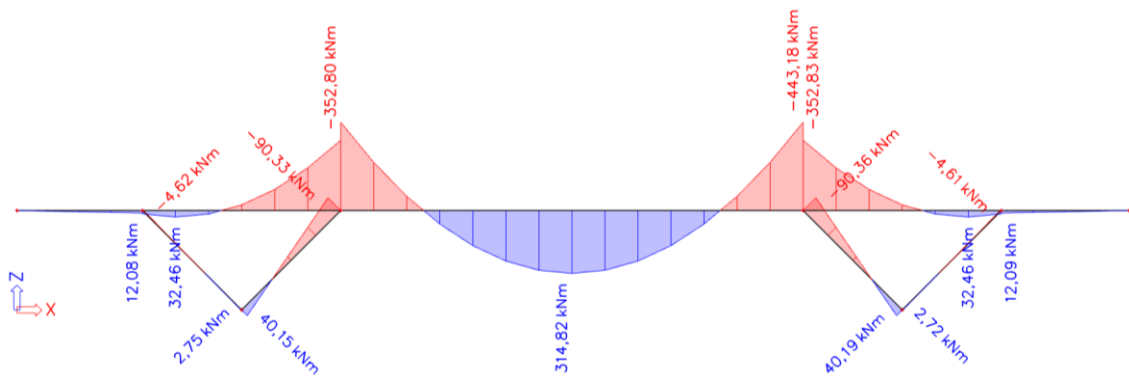


Obrázek 91: Tvar a velikost deformace.

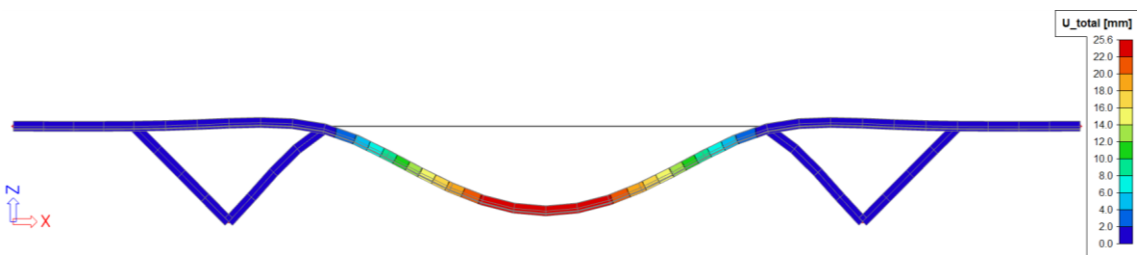
Zatěžovací stav 8



Obrázek 92: Vykreslení normálových sil.

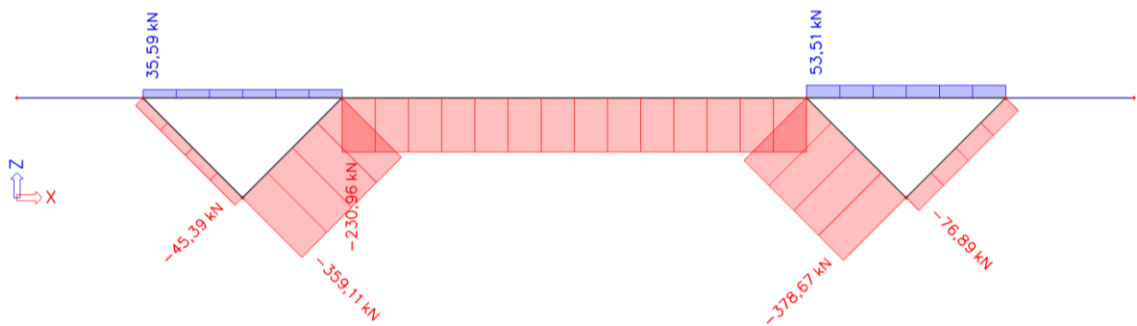


Obrázek 93: Vykreslení ohybových momentů.

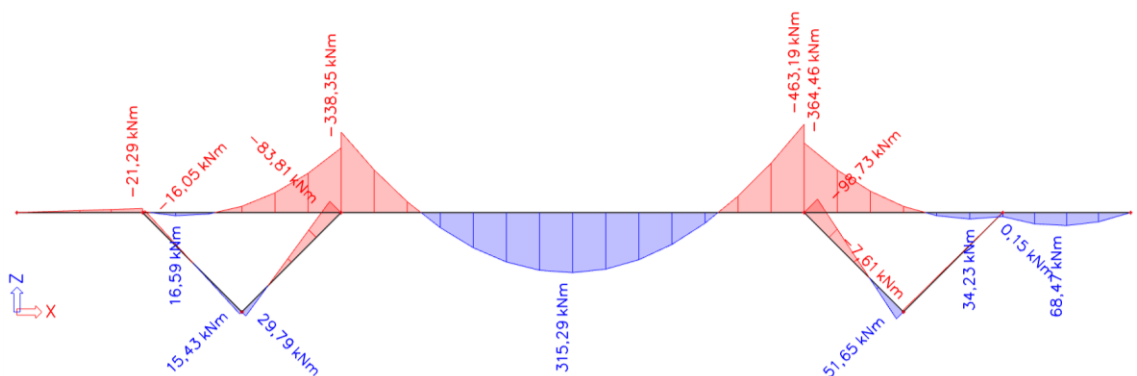


Obrázek 94: Tvar a velikost deformace.

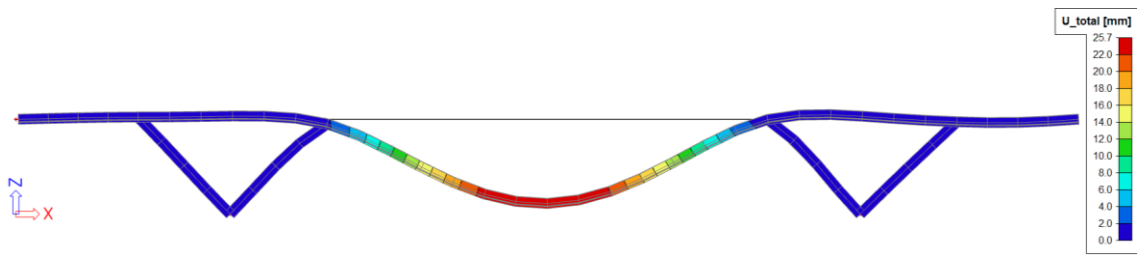
Zatěžovací stav 9



Obrázek 95: Vykreslení normálových sil.

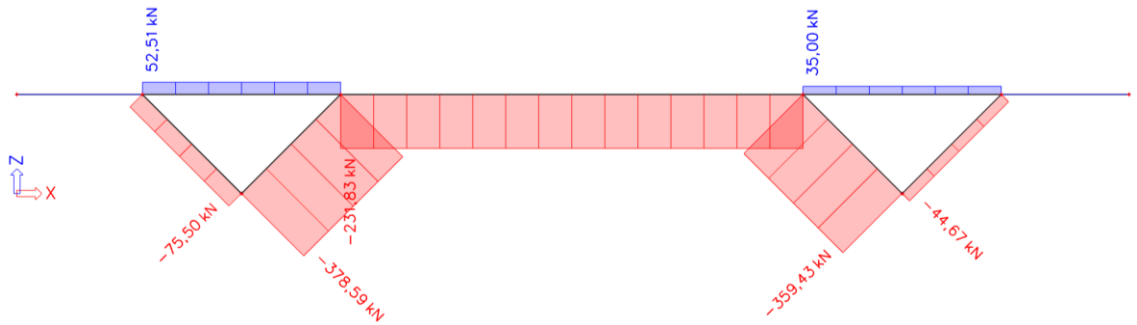


Obrázek 96: Vykreslení ohybových momentů.

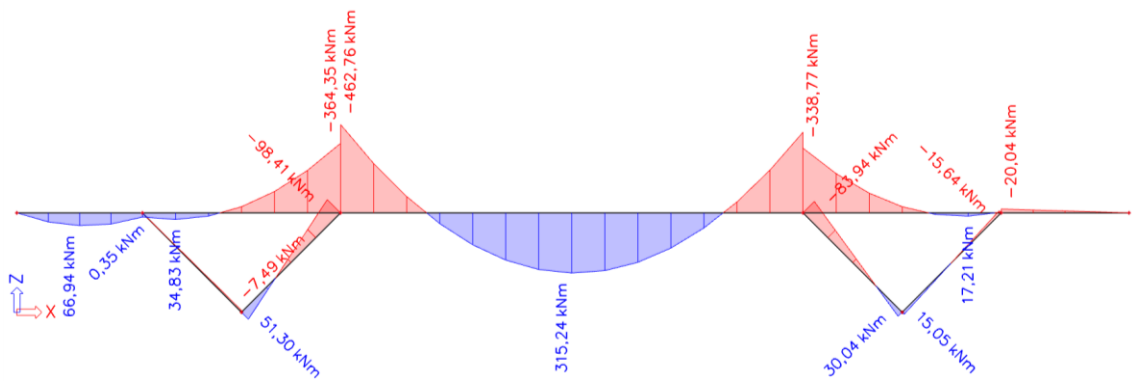


Obrázek 97: Tvar a velikost deformace.

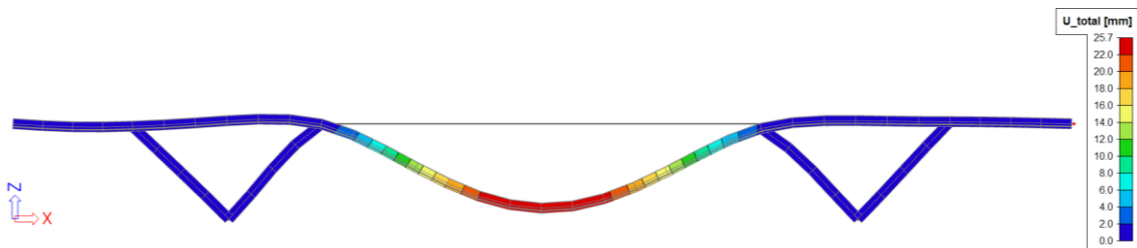
Zatěžovací stav 10



Obrázek 98: Vykreslení normálových sil.

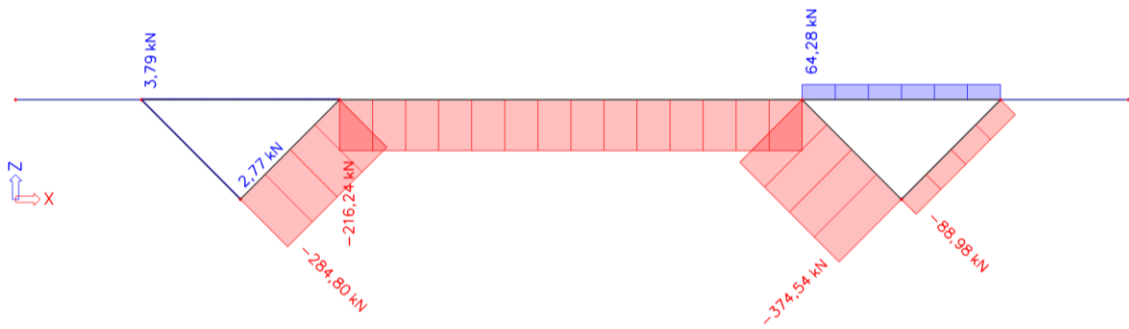


Obrázek 99: Vykreslení ohybových momentů.

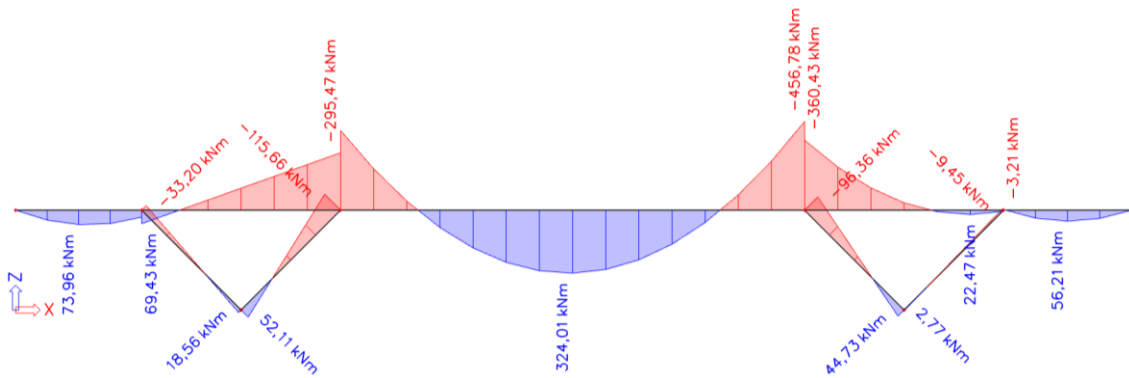


Obrázek 100: Tvar a velikost deformace.

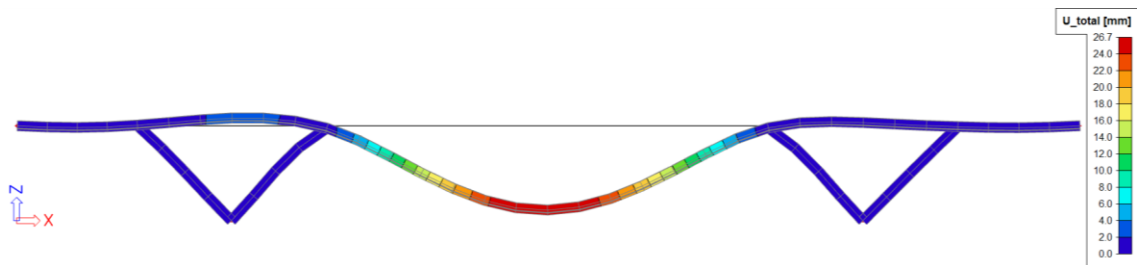
Zatěžovací stav 23



Obrázek 101: Vykreslení normálových sil.

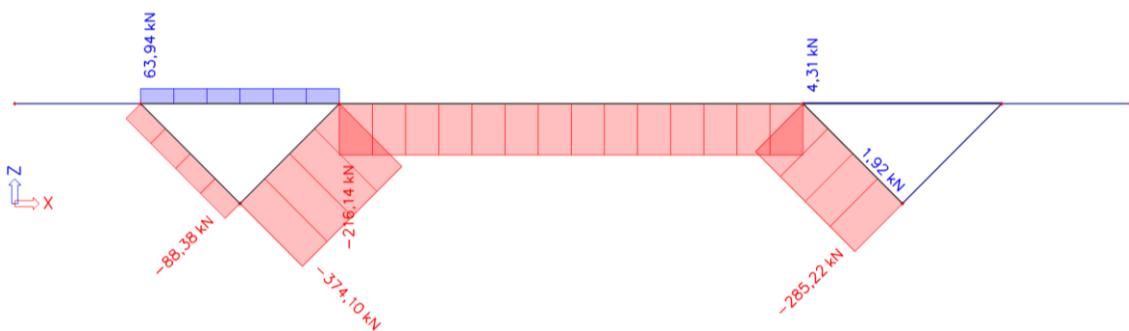


Obrázek 102: Vykreslení ohybových momentů.

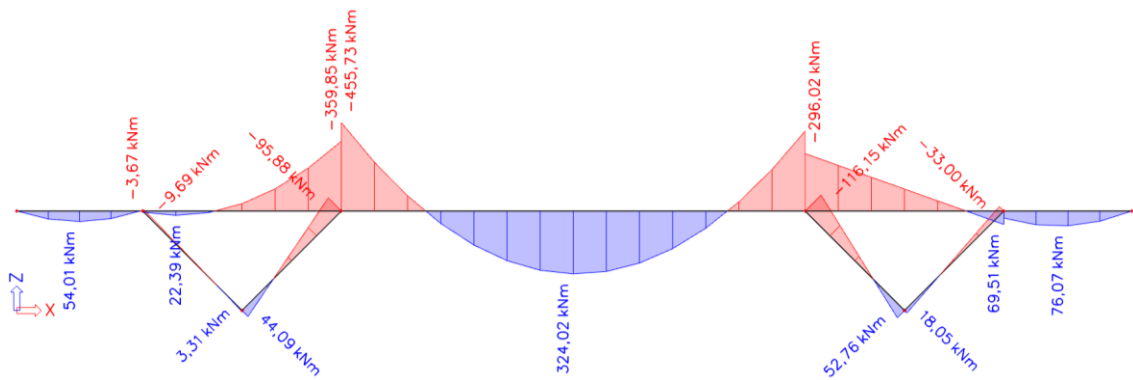


Obrázek 103: Tvar a velikost deformace.

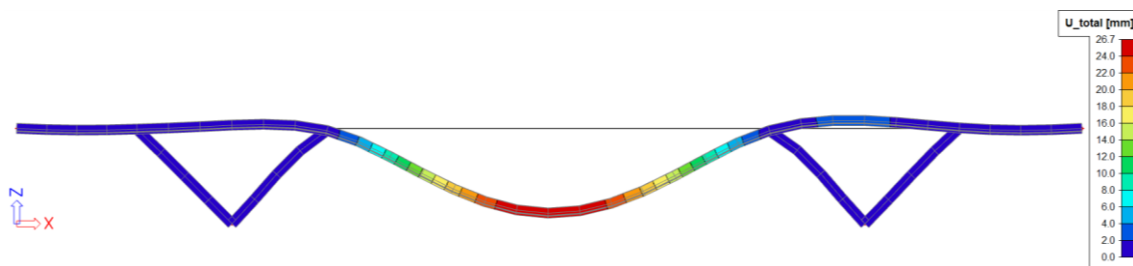
Zatěžovací stav 24



Obrázek 104: Vykreslení normálových sil.

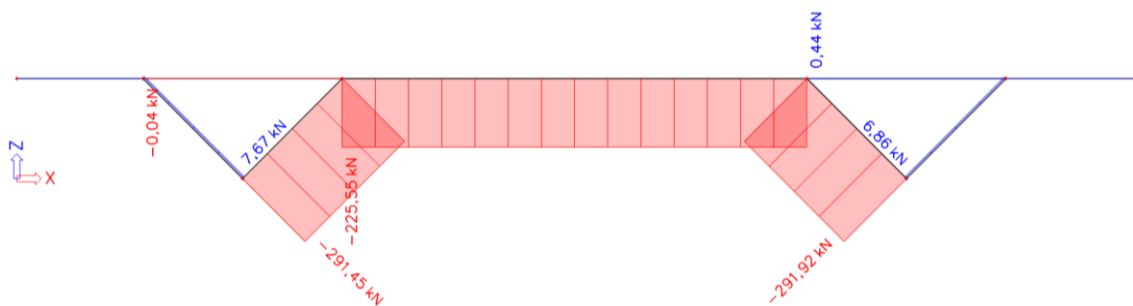


Obrázek 105: Vykreslení ohybových momentů.

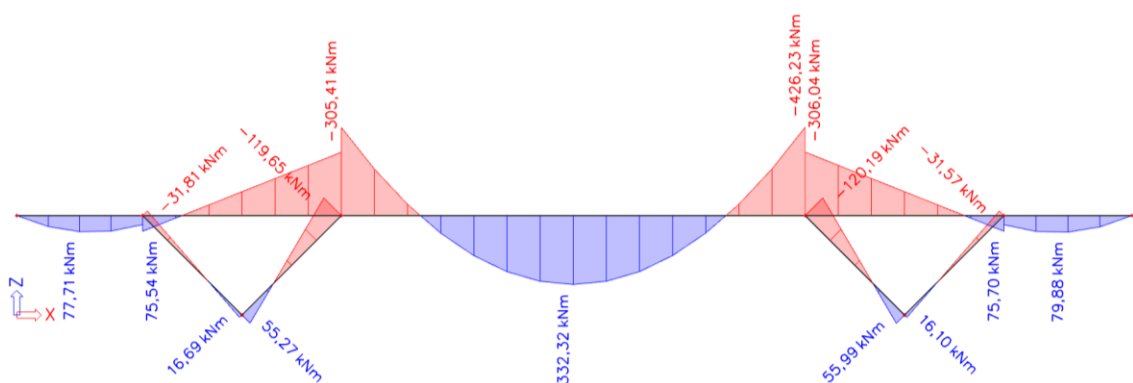


Obrázek 106: Tvar a velikost deformace.

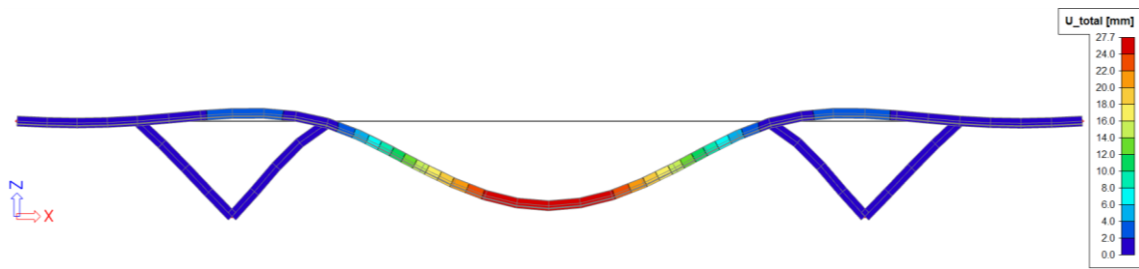
Zatěžovací stav 25



Obrázek 107: Vykreslení normálových sil.

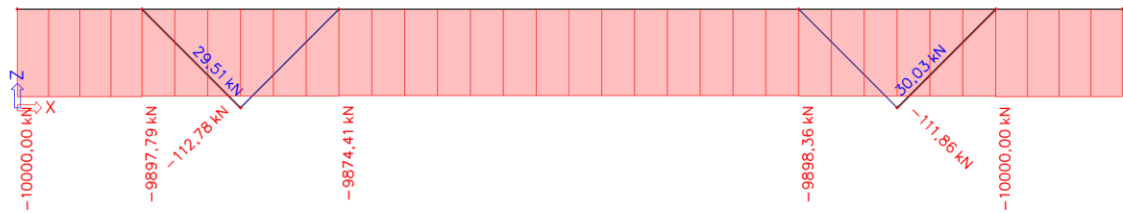


Obrázek 108: Vykreslení ohybových momentů.

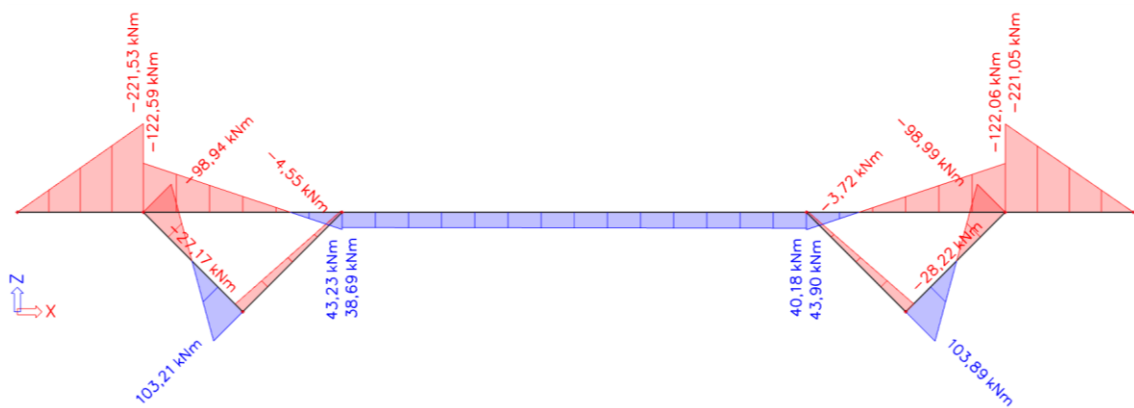


Obrázek 109: Tvar a velikost deformace.

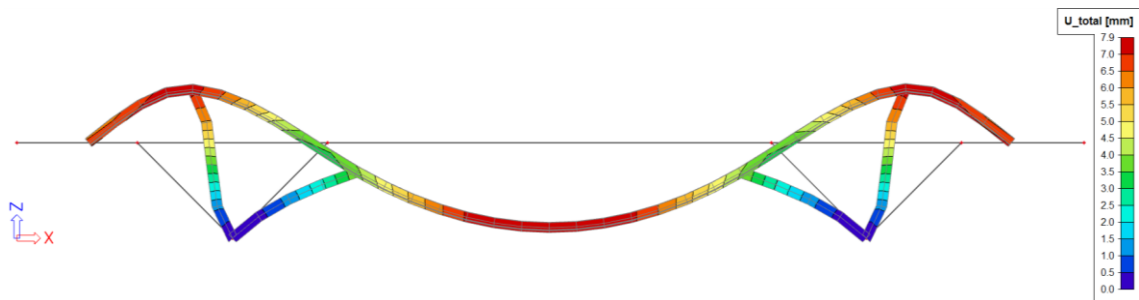
Zatížení předpětím



Obrázek 110: Vykreslení normálových sil.

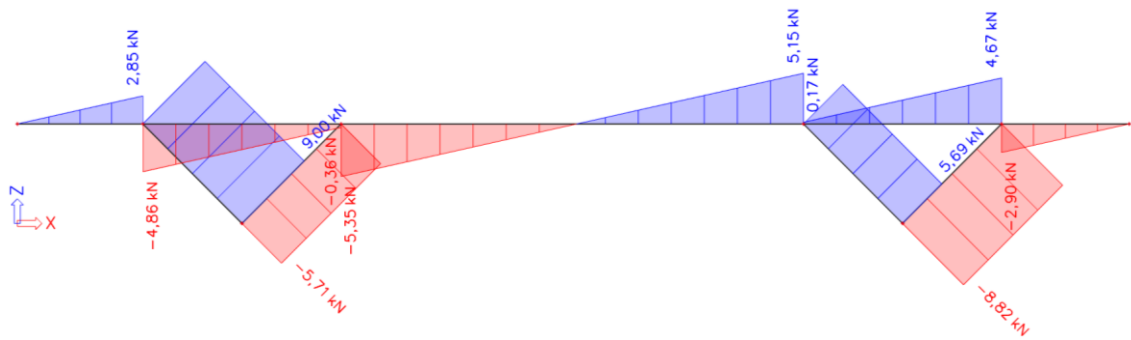


Obrázek 111: Vykreslení ohybových momentů.

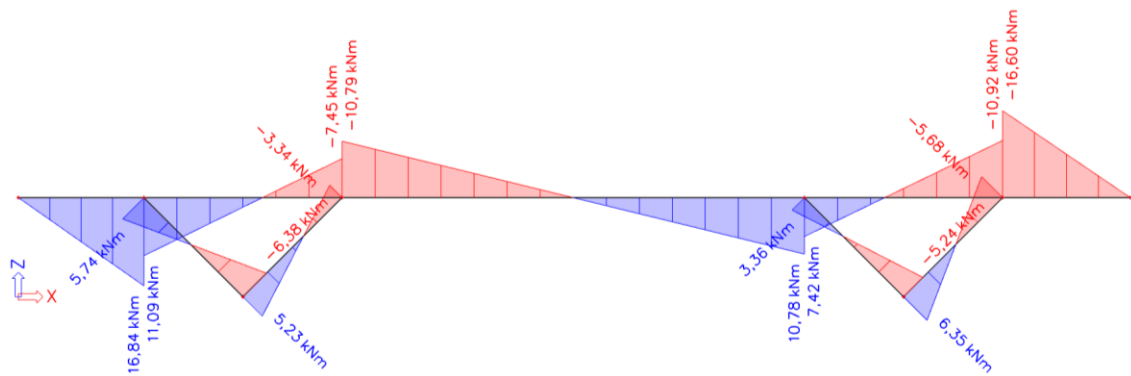


Obrázek 112: Tvar a velikost deformace.

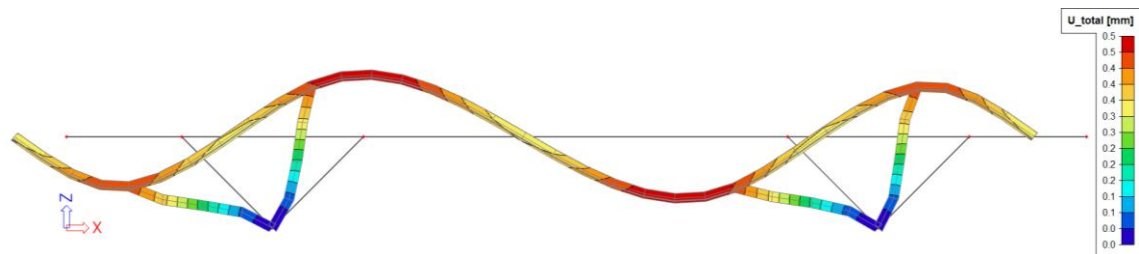
Zatížení vodorovným spojitým zatížením



Obrázek 113: Vykreslení normálových sil.

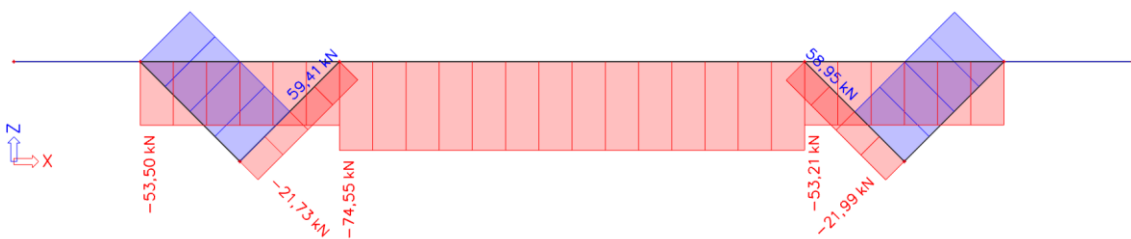


Obrázek 114: Vykreslení ohybových momentů.

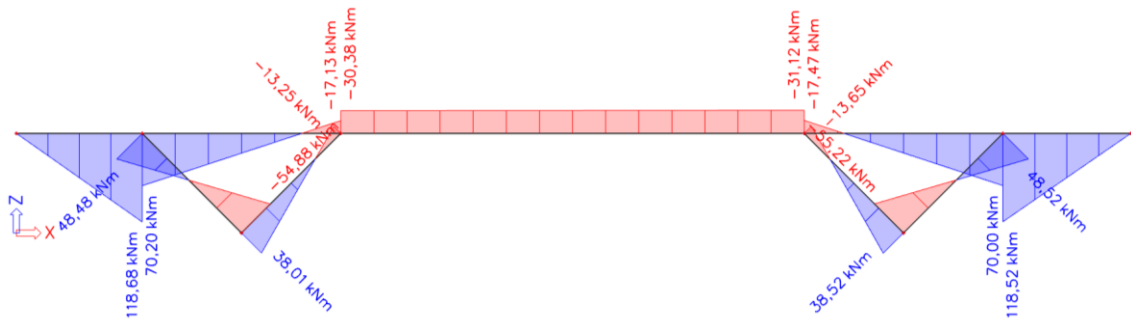


Obrázek 115: Tvar a velikost deformace.

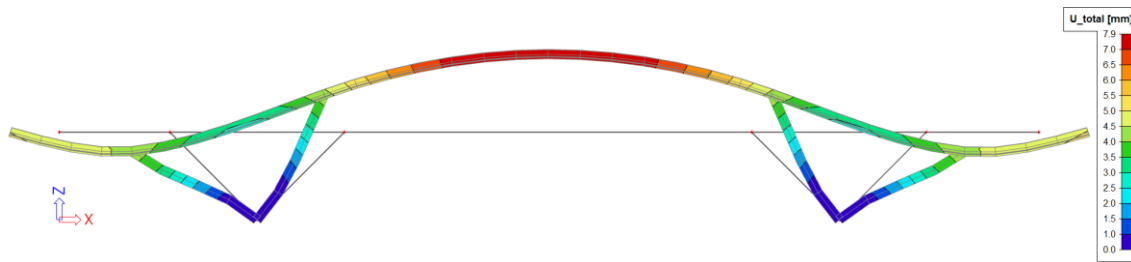
Zatížení rovnoměrnou teplotou +20°C



Obrázek 116: Vykreslení normálových sil.

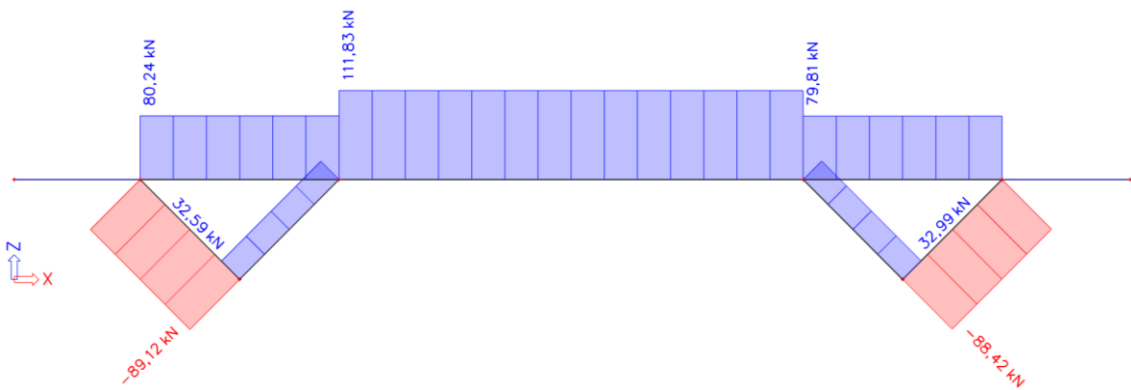


Obrázek 117: Vykreslení ohybových momentů.

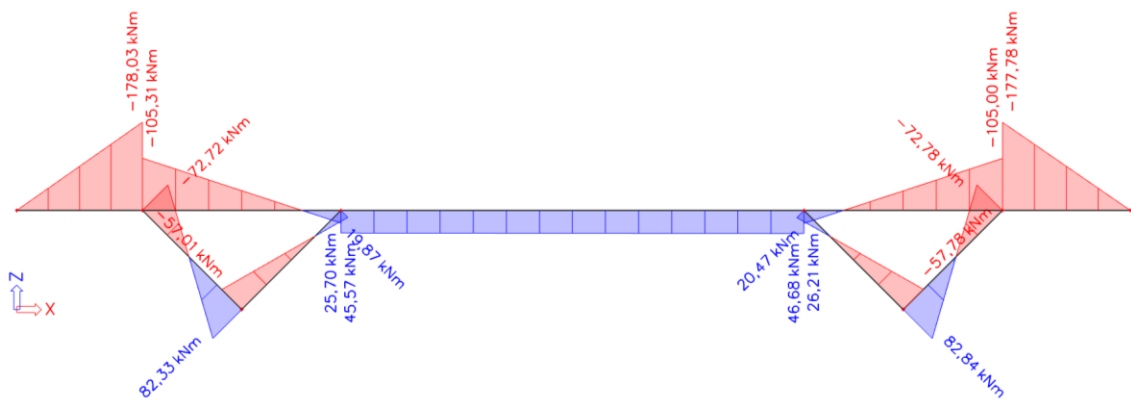


Obrázek 118: Tvar a velikost deformace.

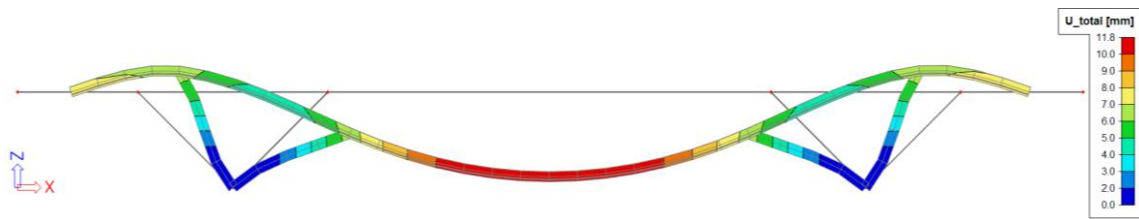
Zatížení rovnoměrnou teplotou -30°C



Obrázek 119: Vykreslení normálových sil.



Obrázek 120: Vykreslení ohybových momentů.

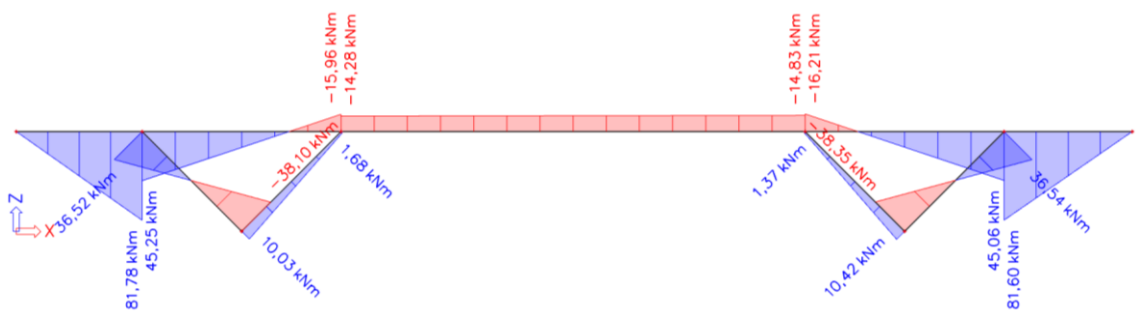


Obrázek 121: Tvar a velikost deformace.

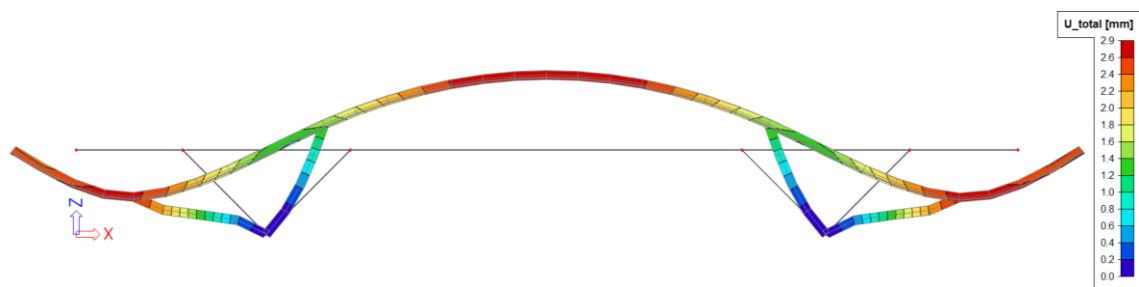
Zatížení rovnoměrnou teplotou na mostovce +10°C



Obrázek 122: Vykreslení normálových sil.

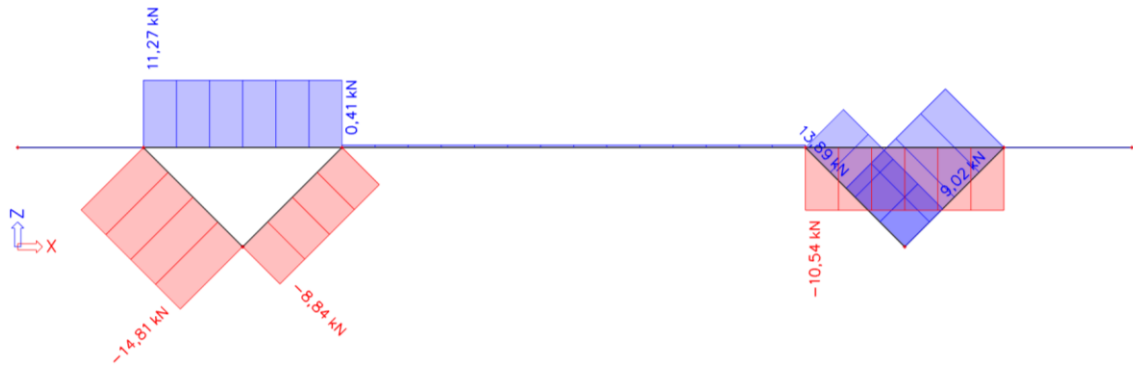


Obrázek 123: Vykreslení ohybových momentů.

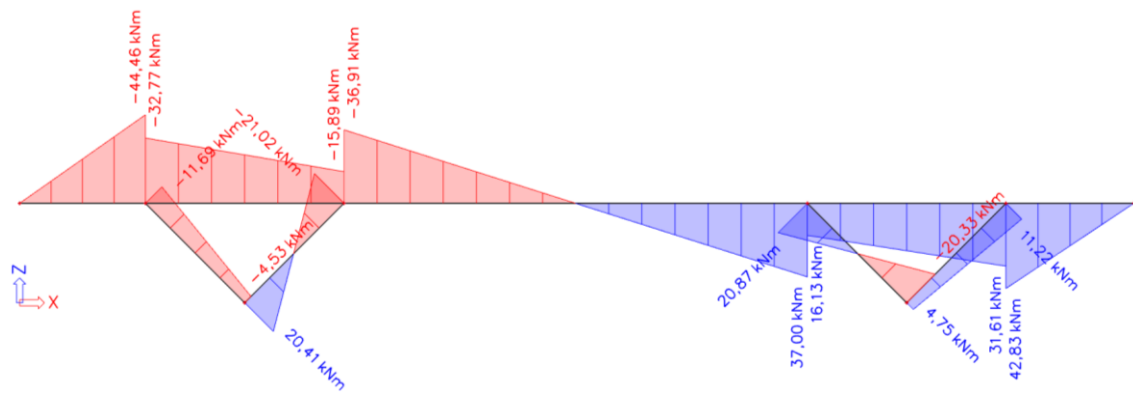


Obrázek 124: Tvar a velikost deformace.

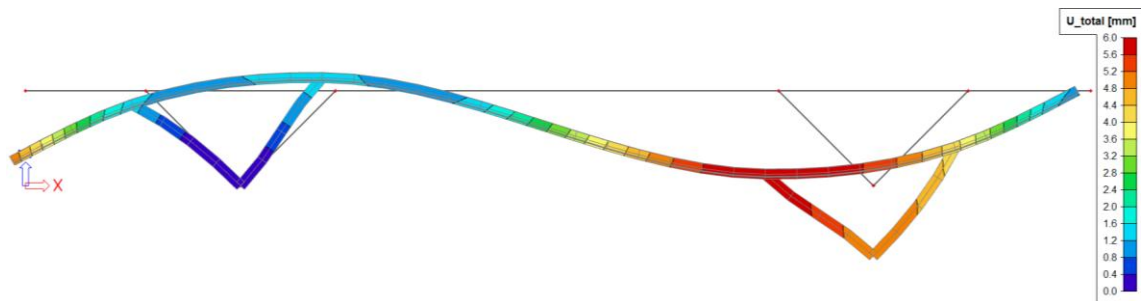
Zatížení poklesem podpory 1 a 3



Obrázek 125: Vykreslení normálových sil.



Obrázek 126: Vykreslení ohybových momentů.

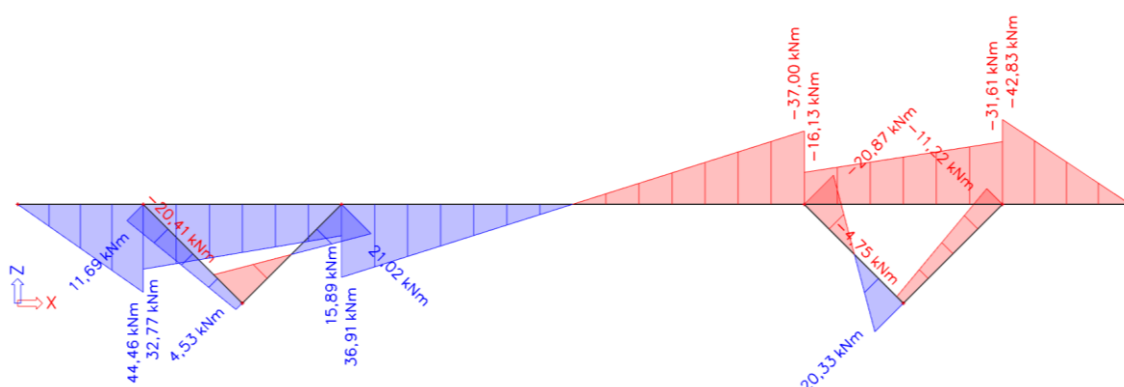


Obrázek 127: Tvar a velikost deformace.

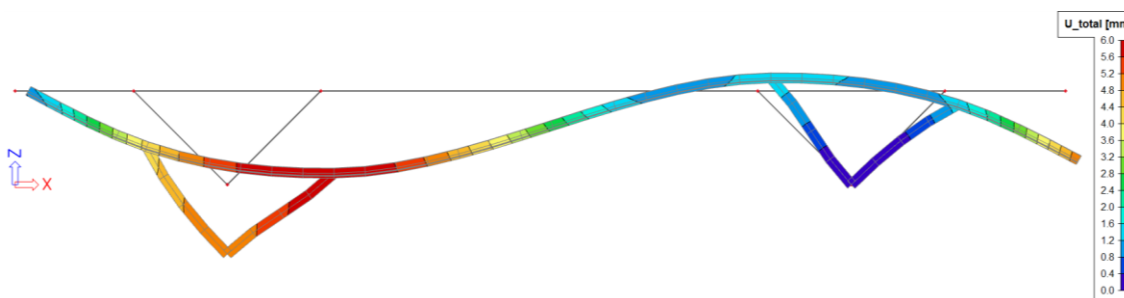
Zatížení poklesem podpory 2 a 4



Obrázek 128: Vykreslení normálových sil.

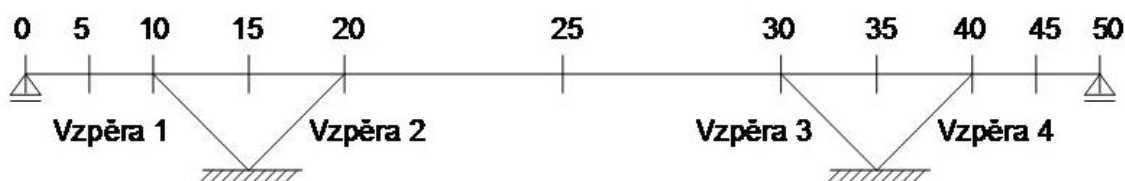


Obrázek 129: Vykreslení ohybových momentů.



Obrázek 130: Tvar a velikost deformace.

Pro komplexnost a přehlednost uvádím soupis všech výsledků v jednotlivých řezech konstrukce (obr. 127) od zatěžovacích stavů z programu Scia Engineer. Pro upřesnění řez 5, 15, 25 atp. se nacházejí v polovině rozpětí příslušného pole.



Obrázek 131: Označení a umístění řezů.

Průřez 0		Průřez 5			Průřez 10			Průřez 15			Průřez 20			Průřez 25			Průřez 30			Průřez 35			Průřez 40			Průřez 45			Průřez 50		
		L	P	Vzpěra 1	L	P	Vzpěra 2	L	P	Vzpěra 3	L	P	Vzpěra 4	L	P	Vzpěra 5	L	P	Vzpěra 6	L	P	Vzpěra 7	L	P	Vzpěra 8	L	P	Vzpěra 9			
ZS1	0	98,51	-27,17	1,65	-28,83	-68,69	-888,43	-190,47	632,18	-890,26	-698,95	-191,31	-69,05	1,92	-26,52	-28,44	102,8	0													
ZS2	0	33,49	66,98	92,33	-25,35	-107,99	-308,3	-426,39	331,43	-426,69	-308,46	-118,23	-108,06	92,35	67,06	-25,29	33,53	0													
ZS3	0	-27,45	-54,9	-75,63	20,73	79,16	-44,49	-16,73	-16,61	-16,49	-44,36	27,87	79,21	-75,65	-45,96	20,68	-27,48	0													
ZS4	0	-16,68	-33,37	-21,94	-11,43	-3,75	14,44	20,96	6,52	0,47	-20,01	-11,64	-8,38	4,45	9,21	4,76	62,42	0													
ZS5	0	60,9	10,12	5,15	4,97	-3,2	-11,55	-19,64	8,08	0,42	20,07	14,06	6,41	-3,52	-21,11	-32,14	-16,07	0													
ZS6	0	70,69	29,7	27,97	1,73	-33,94	-374,29	-476,69	-102,4	323,54	-284,38	-107,78	-109,66	65,05	27,29	-37,76	13,65	0													
ZS7	0	13,06	26,11	64,27	-38,16	-109,82	-283,92	-391,5	-107,58	-477,26	-374,49	-102,77	-34,35	27,35	28,93	1,58	72,28	0													
ZS8	0	6,04	12,08	16,7	-4,62	-28,83	-352,8	-443,12	-90,33	314,82	-443,18	-90,36	-28,84	16,7	12,09	-4,61	6,05	0													
ZS9	0	-10,64	-21,29	-5,24	-16,05	-32,58	-338,35	-422,16	-83,81	315,29	-463,19	-98,73	-32,43	21,16	21,3	0,15	68,47	0													
ZS10	0	66,94	22,2	21,85	0,35	-32,03	-364,35	-462,76	-98,41	315,24	-422,71	-98,94	-32,37	-4,4	-20,04	-15,64	-10,02	0													
ZS11	0	44,22	-23,25	-16,79	-6,46	-6,95	2,89	1,32	-1,57	0,89	0,46	2,42	-1,96	-7,12	-16,65	-22,93	46,35	0													
ZS12	0	16,77	-78,14	-92,41	14,27	72,21	-41,6	-15,41	26,19	-15,72	-16,03	-41,94	25,91	72,1	-92,3	-77,89	14,41	18,87	0												
ZS13	0	-20,43	-40,87	-28,05	-12,81	-1,83	24,39	34,89	10,51	-7,83	-50,56	-66,02	15,46	73,71	-65	-38,13	26,87	38,75	0												
ZS14	0	37,2	-37,28	-64,36	27,08	74,04	-65,99	-50,3	15,68	-7,88	34,53	24,08	10,45	-1,61	-27,3	-39,76	-12,46	-19,88	0												
ZS15	0	-3,75	-7,5	-6,11	-1,39	1,92	9,65	13,93	3,99	-8,31	-30,55	-54,38	23,84	77,3	-69,46	-47,34	22,12	-23,67	0												
ZS16	0	-23,7	-47,4	-69,51	22,12	77,24	-54,44	-30,67	23,77	-8,3	14,06	10,02	4,04	1,92	-6,19	-7,62	-1,43	-3,81	0												
ZS17	0	40,47	-30,75	-22,9	-7,85	-5,03	12,84	15,26	2,42	-7,42	-30,09	-51,96	21,87	70,18	-86,11	-70,27	15,84	22,69	0												
ZS18	0	20,52	-70,64	-86,3	15,65	70,3	-51,55	-29,34	22,2	-7,41	14,52	12,45	2,07	-5,2	-22,84	-30,55	-7,71	42,54	0												
ZS19	0	33,45	-44,78	-70,47	25,7	75,96	-56,04	-36,37	19,67	-16,19	3,99	-30,3	34,29	75,69	-96,75	-87,1	9,65	-43,55	0												
ZS20	0	-44,13	-88,27	-97,57	9,3	75,41	-30,05	4,23	34,27	-16,14	-36,5	-56	19,5	75,62	-71,19	-45,75	25,44	34,94	0												
ZS21	0	-40,38	-80,77	-91,45	10,69	73,49	-39,99	-9,71	30,29	-7,83	-5,95	-1,61	-4,34	-1,67	-1,74	1,58	3,32	58,61	0												
ZS22	0	57,15	2,62	-0,96	3,58	-1,28	-1,6	-5,7	4,1	-7,89	-10,08	-40,33	30,25	73,77	-90,56	-79,48	11,09	-39,74	0												
ZS23	0	73,96	36,23	69,43	-33,2	-113,02	-295,47	-411,13	-115,66	324,01	-456,78	-360,43	-96,36	-37,88	6,24	-3,21	-9,45	56,21	0												
ZS24	0	54,01	-3,67	6,03	-9,69	-37,69	-359,85	-455,73	-95,88	324,02	-421,17	-296,02	-116,15	-113,26	69,51	36,5	-33	76,07	0												
ZS25	0	77,71	43,73	75,54	-31,81	-114,94	-305,41	-425,07	-119,65	332,32	-426,23	-306,04	-120,19	-115,17	75,7	44,13	-31,57	79,88	0												

Tabulka 1: Ohybové momenty ve všech sledovaných průřezích. Část I.

		M _y [kNm]																											
		Průřez 0	Průřez 5			Průřez 10			Průřez 15			Průřez 20			Průřez 25			Průřez 30			Průřez 35			Průřez 40			Průřez 45	Průřez 50	
			L	P	Vzpěra 1		L	P	Vzpěra 2		L	P	Vzpěra 3		L	P	Vzpěra 4		L	P	Vzpěra 4		L	P	Vzpěra 4		L	P	Vzpěra 4
zatížení vod. spoj. zat.	0	8,42	16,84	11,09	5,74	1,82	-7,45	-10,79	-3,34	-0,01	10,78	7,42	3,36	-1,75	-10,92	-16,6	-5,68		-10,92	-16,6	-5,68		-10,92	-16,6	-5,68		-10,92	-16,6	-5,68
předpětí	0	-110,77	-221,53	-122,59	-98,94	-39,68	43,23	38,69	-4,55	39,44	40,18	43,9	-3,72	-39,08	-122,06	-221,05	-98,99		-122,06	-221,05	-98,99		-122,06	-221,05	-98,99		-122,06	-221,05	-98,99
teplota +20°C	0	59,34	118,68	70,2	48,48	26,54	-17,13	-30,38	-13,25	-30,75	-31,12	-17,47	-13,65	26,26	70	118,52	48,52		70	118,52	48,52		70	118,52	48,52		70	118,52	48,52
teplota -30°C	0	-89,01	-178,03	-105,31	-72,72	-39,8	25,7	45,57	19,87	46,12	46,68	26,21	20,47	-39,39	-105	-177,78	-72,78		-105	-177,78	-72,78		-105	-177,78	-72,78		-105	-177,78	-72,78
teplota +10°C	0	40,89	81,78	45,25	36,52	14,65	-15,96	-14,28	1,68	-14,56	-14,83	-16,21	1,37	14,43	45,06	81,6	36,54		45,06	81,6	36,54		45,06	81,6	36,54		45,06	81,6	36,54
pokles 1 a 3	0	-22,23	-44,46	-32,77	-11,69	-24,33	-15,89	-36,91	-21,02	0,04	37	16,13	20,87	23,87	31,61	42,83	11,22		31,61	42,83	11,22		31,61	42,83	11,22		31,61	42,83	11,22
pokles 2 a 4	0	22,23	44,46	32,77	11,69	24,33	15,89	36,91	21,02	-0,04	-37	-16,13	-20,87	-23,87	-31,61	-42,83	-11,22		-31,61	-42,83	-11,22		-31,61	-42,83	-11,22		-31,61	-42,83	-11,22
min	0	-110,77	-221,53	-122,59	-98,94	-114,94	-697,95	-888,43	-190,47	-30,75	-890,26	-698,95	-191,31	-115,17	-122,06	-221,05	-98,99		-122,06	-221,05	-98,99		-122,06	-221,05	-98,99		-122,06	-221,05	-98,99
max	0	98,51	118,68	92,33	48,48	79,16	43,23	45,57	34,27	632,18	46,68	43,9	34,29	79,21	92,35	118,52	48,52		92,35	118,52	48,52		92,35	118,52	48,52		92,35	118,52	48,52

Tabulka 1: Ohybové momenty ve všech sledovaných průřezích. Část II.

	N [kN]																																
	Průřez 0			Průřez 5			Průřez 10			Průřez 15			Průřez 20			Průřez 25			Průřez 30			Průřez 35			Průřez 40			Průřez 45			Průřez 50		
	L	P	Vzpěra 1	L	P	Vzpěra 2	L	P	Vzpěra 3	L	P	Vzpěra 4	L	P	Vzpěra 5	L	P	Vzpěra 6	L	P	Vzpěra 7	L	P	Vzpěra 8	L	P	Vzpěra 9	L	P	Vzpěra 10			
ZS1	0	0	148,09	-196,57	148,09	-744,82	-413,58	-413,58	-413,58	148,84	-148,84	-745,58	148,84	-148,84	-745,58	148,84	-148,84	-745,58	148,84	-148,84	-745,58	148,84	-148,84	-745,58	148,84	-148,84	-745,58	148,84	-148,84	-745,58	148,84	-148,84	-745,58
ZS2	0	0	-47,47	73,35	-47,47	-294,23	-274,69	-274,69	-274,69	-47,47	-47,47	-294,23	-47,47	-47,47	-294,23	-47,47	-47,47	-294,23	-47,47	-47,47	-294,23	-47,47	-47,47	-294,23	-47,47	-47,47	-294,23	-47,47	-47,47	-294,23	-47,47	-47,47	-294,23
ZS3	0	0	67,8	-100,95	67,8	-76,01	18,73	18,73	18,73	67,8	67,8	-76,01	18,73	18,73	18,73	67,8	67,8	-76,01	18,73	18,73	18,73	67,8	67,8	-76,01	18,73	18,73	18,73	67,8	67,8	-76,01	18,73	18,73	18,73
ZS4	0	0	15,26	-17,79	15,26	11,13	25	25	25	15,26	15,26	11,13	25	25	25	15,26	15,26	11,13	25	25	25	15,26	15,26	11,13	25	25	25	15,26	15,26	11,13	25	25	25
ZS5	0	0	32,18	-47,89	32,18	-8,35	24,14	24,14	24,14	32,18	32,18	-8,35	24,14	24,14	24,14	32,18	32,18	-8,35	24,14	24,14	24,14	32,18	32,18	-8,35	24,14	24,14	24,14	32,18	32,18	-8,35	24,14	24,14	24,14
ZS6	0	0	48,69	-70,6	48,69	-385,23	-241,14	-241,14	-241,14	48,69	48,69	-385,23	-241,14	-241,14	-241,14	48,69	48,69	-385,23	-241,14	-241,14	-241,14	48,69	48,69	-385,23	-241,14	-241,14	-241,14	48,69	48,69	-385,23	-241,14	-241,14	-241,14
ZS7	0	0	-28,39	50,67	-28,39	-276,46	-240,38	-240,38	-240,38	-28,39	-28,39	-276,46	-240,38	-240,38	-240,38	-28,39	-28,39	-276,46	-240,38	-240,38	-240,38	-28,39	-28,39	-276,46	-240,38	-240,38	-240,38	-28,39	-28,39	-276,46	-240,38	-240,38	-240,38
ZS8	0	0	20,34	-27,6	20,34	-370,24	-255,96	-255,96	-255,96	20,34	20,34	-370,24	-255,96	-255,96	-255,96	20,34	20,34	-370,24	-255,96	-255,96	-255,96	20,34	20,34	-370,24	-255,96	-255,96	-255,96	20,34	20,34	-370,24	-255,96	-255,96	-255,96
ZS9	0	0	35,59	-45,39	35,59	-359,11	-230,96	-230,96	-230,96	35,59	35,59	-359,11	-230,96	-230,96	-230,96	35,59	35,59	-359,11	-230,96	-230,96	-230,96	35,59	35,59	-359,11	-230,96	-230,96	-230,96	35,59	35,59	-359,11	-230,96	-230,96	-230,96
ZS10	0	0	52,51	-75,5	52,51	-378,59	-231,83	-231,83	-231,83	52,51	52,51	-378,59	-231,83	-231,83	-231,83	52,51	52,51	-378,59	-231,83	-231,83	-231,83	52,51	52,51	-378,59	-231,83	-231,83	-231,83	52,51	52,51	-378,59	-231,83	-231,83	-231,83
ZS11	0	0	47,43	-65,68	47,43	2,78	49,14	49,14	49,14	47,43	47,43	2,78	49,14	49,14	49,14	47,43	47,43	2,78	49,14	49,14	49,14	47,43	47,43	2,78	49,14	49,14	49,14	47,43	47,43	2,78	49,14	49,14	49,14
ZS12	0	0	115,24	-166,63	115,24	-73,23	67,87	67,87	67,87	115,24	115,24	-73,23	67,87	67,87	67,87	115,24	115,24	-73,23	67,87	67,87	67,87	115,24	115,24	-73,23	67,87	67,87	67,87	115,24	115,24	-73,23	67,87	67,87	67,87
ZS13	0	0	19,08	-22,68	19,08	17,77	34,32	34,32	34,32	19,08	19,08	17,77	34,32	34,32	34,32	19,08	19,08	17,77	34,32	34,32	34,32	19,08	19,08	17,77	34,32	34,32	34,32	19,08	19,08	17,77	34,32	34,32	34,32
ZS14	0	0	96,15	-143,95	96,15	-91	33,55	33,55	33,55	96,15	96,15	-91	33,55	33,55	33,55	96,15	96,15	-91	33,55	33,55	33,55	96,15	96,15	-91	33,55	33,55	33,55	96,15	96,15	-91	33,55	33,55	33,55
ZS15	0	0	3,83	-4,9	3,83	6,64	9,32	9,32	9,32	3,83	3,83	6,64	9,32	9,32	9,32	3,83	3,83	6,64	9,32	9,32	9,32	3,83	3,83	6,64	9,32	9,32	9,32	3,83	3,83	6,64	9,32	9,32	9,32
ZS16	0	0	63,98	-96,06	63,98	-82,66	9,41	9,41	9,41	63,98	63,98	-82,66	9,41	9,41	9,41	63,98	63,98	-82,66	9,41	9,41	9,41	63,98	63,98	-82,66	9,41	9,41	9,41	63,98	63,98	-82,66	9,41	9,41	9,41
ZS17	0	0	51,26	-70,58	51,26	9,42	58,45	58,45	58,45	51,26	51,26	9,42	58,45	58,45	58,45	51,26	51,26	9,42	58,45	58,45	58,45	51,26	51,26	9,42	58,45	58,45	58,45	51,26	51,26	9,42	58,45	58,45	58,45
ZS18	0	0	111,41	-161,73	111,41	-79,87	58,55	58,55	58,55	111,41	111,41	-79,87	58,55	58,55	58,55	111,41	111,41	-79,87	58,55	58,55	58,55	111,41	111,41	-79,87	58,55	58,55	58,55	111,41	111,41	-79,87	58,55	58,55	58,55
ZS19	0	0	99,98	-148,85	99,98	-84,36	42,87	42,87	42,87	99,98	99,98	-84,36	42,87	42,87	42,87	99,98	99,98	-84,36	42,87	42,87	42,87	99,98	99,98	-84,36	42,87	42,87	42,87	99,98	99,98	-84,36	42,87	42,87	42,87
ZS20	0	0	83,06	-118,74	83,06	-64,89	43,73	43,73	43,73	83,06	83,06	-64,89	43,73	43,73	43,73	83,06	83,06	-64,89	43,73	43,73	43,73	83,06	83,06	-64,89	43,73	43,73	43,73	83,06	83,06	-64,89	43,73	43,73	43,73
ZS21	0	0	79,23	-113,84	79,23	-71,52	34,42	34,42	34,42	79,23	79,23	-71,52	34,42	34,42	34,42	79,23	79,23	-71,52	34,42	34,42	34,42	79,23	79,23	-71,52	34,42	34,42	34,42	79,23	79,23	-71,52	34,42	34,42	34,42
ZS22	0	0	36	-52,79	36	-1,71	33,45	33,45	33,45	36	36	-1,71	33,45	33,45	33,45	36	36	-1,71	33,45	33,45	33,45	36	36	-1,71	33,45	33,45	33,45	36	36	-1,71	33,45	33,45	33,45
ZS23	0	0	3,79	2,77	3,79	-284,8	-216,24	-216,24	-216,24	3,79	3,79	-284,8	-216,24	-216,24	-216,24	3,79	3,79	-284,8	-216,24	-216,24	-216,24	3,79	3,79	-284,8	-216,24	-216,24	-216,24	3,79	3,79	-284,8	-216,24	-216,24	-216,24
ZS24	0	0	63,94	-88,38	63,94	-374,1	-216,14	-216,14	-216,14	63,94	63,94	-374,1	-216,14	-216,14	-216,14	63,94	63,94	-374,1	-216,14	-216,14	-216,14	63,94	63,94	-374,1	-216,14	-216,14	-216,14	63,94	63,94	-374,1	-216,14	-216,14	-216,14
ZS25	0	0	-0,04	7,67	-0,04	-291,45	-225,55	-225,55	-225,55	-0,04	-0,04	-291,45	-225,55	-225,55	-225,55	-0,04	-0,04	-291,45	-225,55	-225,55	-225,55	-0,04	-0,04	-291,45	-225,55	-225,55	-225,55	-0,04	-0,04	-291,45	-225,55	-225,55	-225,55

Tabulka 2: Normálové síly ve všech sledovaných průřezích. Část I.

	N [kN]																												
	Průřez 0	Průřez 5			Průřez 10			Průřez 15			Průřez 20			Průřez 25			Průřez 30			Průřez 35			Průřez 40			Průřez 45			Průřez 50
		L	P	Vzpěra 1	L	P	Vzpěra 2	L	P	Vzpěra 3	L	P	Vzpěra 4	L	P	Vzpěra 5	L	P	Vzpěra 6	L	P	Vzpěra 7	L	P	Vzpěra 8				
zatížení vod. spoj. zat.	0	1,43	2,85	-4,86	9	-2,61	-0,36	-5,35	-5,71	-0,1	5,15	0,17	5,69	2,42	4,67	-2,9	-8,82	0											
tepłota předpětí +20°C	-10000	-10000	-10000	-9897,79	-112,78	-9897,79	-9897,79	-9874,41	29,51	-9874,41	-9898,36	30,03	-9898,36	-9898,36	-10000	-111,86	-10000	-10000											
tepłota -30°C	0	0	0	-53,5	59,41	-53,5	-53,5	-74,55	-21,73	-74,55	-53,21	-21,99	-53,21	-53,21	-53,21	58,95	0	0											
tepłota +10°C	0	0	0	80,24	-89,12	80,24	80,24	111,83	32,59	111,83	79,81	32,99	79,81	79,81	79,81	-88,42	0	0											
pokles 1 a 3	0	0	0	-37,73	41,63	-37,73	-37,73	-46,36	-10,89	-46,36	-37,52	-11,09	-37,52	-37,52	-37,52	41,29	0	0											
pokles 2 a 4	0	0	0	11,27	-14,81	11,27	11,27	0,41	-8,84	0,41	0,41	9,02	-10,54	-10,54	-10,54	13,89	0	0											
min	-10000	-10000	-10000	-9897,79	-196,57	-9897,79	-9897,79	-9874,41	-744,82	-9874,41	-9898,36	-745,58	-9898,36	-9898,36	-10000	-197,84	-10000	-10000											
max	0	1,43	2,85	148,09	73,35	148,09	148,09	111,83	32,59	111,83	148,84	32,99	148,84	148,84	148,84	73,14	0	0											

Tabulka 2: Normálové síly ve všech sledovaných průřezích. Část II.

	V [kN]																					
	Průřez 0		Průřez 5		Průřez 10			Průřez 15		Průřez 20			Průřez 25		Průřez 30		Průřez 35		Průřez 40		Průřez 45	Průřez 50
	L	P	L	P	Vzpěra 1	L	P	Vzpěra 2	L	P	Vzpěra 3	L	P	Vzpěra 4	L	P	L	P	L	P		
ZS1	73,9	-4,77	-83,43	46,47	-12,86	-77,73	-201,94	289,73	-49,5	-0,09	202,08	-289,9	202,08	-49,81	77,87	-46,33	84,62	-12,65	84,62	-12,65	4,57	-75,31
ZS2	11,75	11,75	11,75	-44,51	-6,22	-44,51	-44,51	144,36	-27,12	-0,01	-144,39	44,53	44,53	-27,17	44,53	44,53	-11,56	-6,19	-11,56	-6,19	-11,56	-11,56
ZS3	-9,63	-9,63	-9,63	65,33	5,06	3,46	-58,42	0,01	6,61	0,01	58,4	0,01	58,4	6,66	-3,48	-65,35	9,48	5,04	9,48	5,04	9,48	9,48
ZS4	-5,85	-5,85	-5,85	4,04	-3,79	4,04	4,04	-1,95	2,65	-1,95	-1,95	-1,95	1,79	-3,12	1,79	1,79	38,29	2,37	38,29	2,37	-1,59	-41,46
ZS5	40,96	1,78	-37,41	-1,86	2,39	-1,86	-1,86	1,91	-3,02	1,91	-3,91	1,91	-3,91	2,6	-3,91	-3,91	5,54	-3,67	5,54	-3,67	5,54	5,54
ZS6	44,4	5,21	-33,98	17,18	1,75	-44,7	-106,57	148,4	-24,65	4,03	-140,35	38,83	-23,43	38,83	-23,43	38,83	-4,71	10,39	-4,71	10,39	-4,71	-4,71
ZS7	4,58	4,58	4,58	-38,69	-10,52	-38,69	-38,69	140,29	-23,34	-4,08	-148,46	106,52	-24,77	44,65	44,65	-17,23	34,89	1,75	34,89	1,75	-4,99	-44,86
ZS8	2,12	2,12	2,12	20,82	-1,16	-41,06	-102,93	144,37	-20,5	0	-144,38	102,93	102,93	-20,51	41,06	-20,82	-2,08	-1,15	-2,08	-1,15	-2,08	-2,08
ZS9	-3,73	-3,73	-3,73	24,86	-4,95	-37,01	-98,89	142,42	-17,85	-1,95	-146,33	104,72	-23,63	42,85	42,85	-19,03	36,2	1,22	36,2	1,22	-3,67	-43,55
ZS10	43,08	3,9	-35,29	18,96	1,23	-42,91	-104,79	146,28	-23,52	1,91	-142,47	99,03	-17,91	37,15	37,15	-24,72	3,46	-4,82	3,46	-4,82	3,46	3,46
ZS11	35,11	-4,08	-43,27	2,19	-1,4	2,19	2,19	-0,04	-0,37	-0,04	-0,04	-0,04	-2,12	-2,12	-2,12	-2,12	43,83	-1,3	43,83	-1,3	3,95	-35,92
ZS12	25,48	-13,71	-52,9	67,52	3,66	5,65	-56,23	-0,03	6,24	-0,03	-0,03	-0,03	56,28	6,14	-5,6	-67,47	53,3	3,74	53,3	3,74	13,43	-26,45
ZS13	-7,17	-7,17	-7,17	5,83	-4,3	5,83	5,83	-4,07	3,78	-4,07	-4,07	-4,07	61,99	2,4	0,11	-61,76	46,45	7,94	46,45	7,94	6,57	-33,3
ZS14	32,65	-6,54	-45,73	61,69	7,97	-0,18	-62,06	4,04	2,47	4,04	4,04	4,04	-5,71	3,74	-5,71	-5,71	6,86	-4,2	6,86	-4,2	6,86	6,86
ZS15	-1,32	-1,32	-1,32	1,78	-0,51	1,78	1,78	-2,12	1,12	-2,12	-2,12	-2,12	60,2	5,51	-1,67	-63,35	8,16	5,57	8,16	5,57	8,16	8,16
ZS16	-8,32	-8,32	-8,32	63,55	5,58	1,68	-60,2	2,13	5,49	2,13	2,13	2,13	-1,8	1,14	-1,8	-1,8	1,31	-0,53	1,31	-0,53	1,31	1,31
ZS17	33,79	-5,39	-44,58	3,97	-1,91	3,97	3,97	-2,16	0,75	-2,16	-2,16	-2,16	58,08	5	-3,79	-65,67	51,99	4,27	51,99	4,27	12,11	-27,76
ZS18	26,79	-12,39	-51,58	65,74	4,18	3,86	-58,01	2,09	5,12	2,09	2,09	2,09	-3,92	0,63	-3,92	-3,92	45,14	-1,83	45,14	-1,83	5,27	-34,61
ZS19	31,33	-7,86	-47,04	63,48	7,45	1,6	-60,27	1,92	3,59	1,92	1,92	1,92	54,49	9,26	-7,38	-69,26	15,02	1,37	15,02	1,37	15,02	15,02
ZS20	-15,49	-15,49	-15,49	69,38	1,28	7,5	-54,37	-1,94	9,27	-1,94	-1,94	-1,94	60,19	3,54	-1,69	-63,56	47,76	7,41	47,76	7,41	7,89	-31,99
ZS21	-14,17	-14,17	-14,17	67,59	1,79	5,72	-56,16	0,18	8,14	0,18	0,18	0,18	-0,01	-1,98	-0,01	-0,01	39,6	1,84	39,6	1,84	-0,27	-40,15
ZS22	39,65	0,46	-38,73	-0,07	1,88	-0,07	-0,07	-0,21	-1,9	-0,21	-0,21	-0,21	56,29	8,12	-5,58	-67,46	13,7	1,9	13,7	1,9	13,7	13,7
ZS23	45,54	6,36	-32,83	-40,54	-8,13	-40,54	-40,54	142,2	-26,36	-2,17	-146,55	102,62	-22,17	40,74	40,74	-21,13	40,43	-1,92	40,43	-1,92	0,55	-39,32
ZS24	38,54	-0,64	-39,83	21,22	-2,04	-40,65	-102,53	146,45	-21,99	2,07	-142,3	40,61	-26,54	40,61	40,61	40,61	33,58	-8,02	33,58	-8,02	-6,29	-46,17
ZS25	46,86	7,67	-31,52	-42,33	-7,62	-42,33	-42,33	144,32	-27,49	-0,06	-144,43	42,42	-27,68	42,42	42,42	42,42	32,27	-7,49	32,27	-7,49	-7,61	-47,48

Tabulka 3: Posouvající síly ve všech sledovaných průřezích. Část I.

	V [kN]																																
	Průřez 0			Průřez 5			Průřez 10			Průřez 15			Průřez 20			Průřez 25			Průřez 30			Průřez 35			Průřez 40			Průřez 45			Průřez 50		
	L	P	Vzpěra 1	L	P	Vzpěra 1	L	P	Vzpěra 2	L	P	Vzpěra 3	L	P	Vzpěra 4	L	P	Vzpěra 4	L	P	Vzpěra 4	L	P	Vzpěra 4	L	P	Vzpěra 4	L	P	Vzpěra 4			
zatížení vod. spoj. zat.	2,95	2,95	1,91	-2,06	-2,06	1,03	1,03	1,03	-1,35	1,03	1,03	1,35	-2,04	-2,04	-2,04	-2,04	-2,04	-2,04	-2,04	-2,04	-2,04	-2,04	-2,04	-2,04	-2,04	-2,04	-2,04	-2,04	-2,04	-2,04			
předpětí	-38,86	-38,86	-31,77	18,42	18,42	0,07	0,07	0,07	3,55	0,07	0,07	3,85	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44			
teplota +20°C	20,82	20,82	16,24	-9,7	-9,7	-0,04	-0,04	-0,04	-8,05	-0,04	-0,04	-8,2	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72	9,72			
teplota -30°C	-31,23	-31,23	-24,36	14,56	14,56	0,05	0,05	0,05	12,08	0,05	0,05	12,3	-14,58	-14,58	-14,58	-14,58	-14,58	-14,58	-14,58	-14,58	-14,58	-14,58	-14,58	-14,58	-14,58	-14,58	-14,58	-14,58	-14,58	-14,58			
teplota +10°C	14,35	14,35	11,73	-6,8	-6,8	-0,03	-0,03	-0,03	-1,31	-0,03	-0,03	-1,42	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81	6,81			
pokles 1 a 3	-7,8	-7,8	-1,12	1,88	1,88	3,52	3,52	3,52	-6,51	3,52	3,52	6,47	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72			
pokles 2 a 4	7,8	7,8	1,12	-1,88	-1,88	-3,52	-3,52	-3,52	6,51	-3,52	-3,52	-6,47	-1,72	-1,72	-1,72	-1,72	-1,72	-1,72	-1,72	-1,72	-1,72	-1,72	-1,72	-1,72	-1,72	-1,72	-1,72	-1,72	-1,72	-1,72			
min	-38,86	-38,86	-31,77	-77,73	-77,73	-4,07	-4,07	-4,07	-49,5	-4,08	-4,08	-49,81	-289,9	-289,9	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-18,44	-69,26	-69,26	-20,43	-20,43	-20,43	-75,31			
max	73,9	20,82	16,24	18,42	18,42	289,73	289,73	289,73	12,08	4,04	4,04	12,3	4,04	4,04	202,08	202,08	202,08	202,08	202,08	202,08	202,08	77,87	77,87	77,87	44,53	44,53	84,62	84,62	84,62	38,11			

Tabulka 3: Posouvající síly ve všech sledovaných průřezích. Část II.

Po porovnání výsledků všech zatěžovacích stavů jsem došla k závěru, že malá asymetrie konstrukce nemá na výsledky zásadní vliv a proto budu následně pokračovat zjednodušeně a konstrukci považovat za symetrickou. Za existence tohoto faktu mohu posuzovat průřezy pouze na jedné polovině lávky a uprostřed rozpětí.

4.1.5. Sestavy zatížení dopravou na lávkách

Svislé a vodorovné síly způsobené dopravou na lávkách se mají uvažovat sestavami zatížení definovanými v tabulce 4. Každá z těchto sestav, které se vzájemně vylučují, se má předpokládat jako charakteristické zatížení pro kombinace se zatíženími jinými než od dopravy.

Druh zatížení		Svislé síly		Vodorovné síly
Zatěžovací systém		Rovnoměrné zatížení	Obslužné zatížení	
Sestava zatížení	gr1	q_{fk}	0	Q_{fk}
	gr2	0	Q_{serv}	Q_{fk}

Tabulka 4: Definice sestav zatížení. [23]

Pro libovolnou kombinaci zatížení dopravou se zatíženími stanovenými v dalších částech EN 1991 se každá z těchto sestav má považovat za jedno zatížení. [23]

V mém případě budu používat sestavu gr1, jelikož vjezd obslužného vozidla na lávku nebude možný. Z tohoto faktu vyplývá, že není nutné uvažovat se zatížením, které by toto vozidlo vyvozovalo.

4.1.6. Kombinace zatížení pro MSP

Pro mezní stav použitelnosti uvažujeme 3 kombinace: [3]

Charakteristická kombinace zatížení, která nás zajímá kvůli nevratným mezním stavům:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + "Q_{k,1}" + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Častá kombinace zatížení nastávající při vratných mezních stavech:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + "\psi_{1,1} Q_{k,1}" + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Kvazistálá kombinace zatížení, jež nás zajímá kvůli dlouhodobým účinkům zatížení a vzhledu posuzované konstrukce:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Pro nepříznivá stálá zatížení uvažují $\gamma_{G,sup} = 1,00$, pro zatížení dopravou $\gamma_Q = 1,00$ a pro ostatní proměnná zatížení $\gamma_Q = 1,00$.

Kombinace 1				
	Vlastní tíha	Ostatní stálé zatížení	Sestava gr1	Ohřátí
γ	1,00	1,00	1,00	1,00
ψ_0	-	-	-	0,6
Kombinace 2				
	Vlastní tíha	Ostatní stálé zatížení	Sestava gr1	Ochlazení
γ	1,00	1,00	1,00	1,00
ψ_0	-	-	-	0,6
Kombinace 3				
	Vlastní tíha	Ostatní stálé zatížení	Ohřátí	Sestava gr1
γ	1,00	1,00	1,00	1,00
ψ_0	-	-	-	0,4
Kombinace 4				
	Vlastní tíha	Ostatní stálé zatížení	Ochlazení	Sestava gr1
γ	1,00	1,00	1,00	1,00
ψ_0	-	-	-	0,4

Tabulka 5: Kombinace zatížení MSP. [23]

4.1.7. Kombinace zatížení pro MSÚ

Norma [24] uvádí pravidla, podle kterých se kombinují jednotlivá zatížení na lávce pro chodce. Pro jednotlivé kombinace najdeme součinitele zatížení v tabulce 3.

Zatížení	Značka	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Zatížení dopravou	gr1	0,40	0,40	0
	$Q_{fw,k}$	0	0	0
	gr2	0	0	0
Zatížení větrem	$F_{w,k}$	0,30	0,20	0
Zatížení teplotou	T_k	0,60 ¹⁾	0,60	0,50
Zatížení sněhem	$Q_{Sn,k}$ (během provádění)	0,80	-	0
Staveništní zatížení	Q_c	1,00	-	1,00
Doporučenou hodnotu ψ_0 pro zatížení teplotou lze ve většině případů snížit až na nulu pro mezní stavy únosnosti EQU, STR a GEO. Viz také Eurokódy pro navrhování.				

Tabulka 6: Kombinační součinitele zatížení. [24]

Mezní stavy únosnosti se liší podle typu konstrukce, kterou budeme posuzovat. Existuje EQU, STR, GEO a FAT. Ve zkratce EQU se zabývá ztrátou statické rovnováhy konstrukce či její části. STR řeší vnitřní poruchu nebo nadměrnou deformaci. V mezním stavu GEO uvažujeme s poruchou či nadměrnou deformací základové půdy a FAT počítá s únavovou poruchou konstrukce nebo nosných prvků. [3]

V mém případě je vhodné využít mezní stav STR, pro který je definována trojice vztahů dle [24]:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i} \quad [6.10]$$

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} \Psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i} \quad [6.10a]$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i} \quad [6.10b]$$

kde je:

$\gamma_{G,j}$	dílčí součinitel j-tého stálého zatížení
$G_{k,j}$	charakteristická hodnota j-tého stálého zatížení
γ_p	dílčí součinitel od předpětí
P	příslušná reprezentativní hodnota zatížení od předpětí
$\gamma_{Q,1}$	dílčí součinitel hlavního proměnného zatížení
$Q_{k,1}$	charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
$\gamma_{Q,i}$	dílčí součinitel vedlejšího i-tého proměnného zatížení
$Q_{k,i}$	charakteristická hodnota vedlejšího i-tého proměnného zatížení
Ψ_0	součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení
Ψ_1	součinitel pro častou hodnotu proměnného zatížení
Ψ_2	součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení
ξ	redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení G

Vztahy [6.10a] a [6.10b] jsou alternativní pro [6.10]. Vybereme méně příznivou kombinaci z těchto dvou. V ČR se používají k ověření betonových mostů vztahy [6.10a] a [6.10b], vzhledem k tomu, že postup podle [6.10] by mohl vést k méně hospodárnému návrhu.[3]

Podle kombinačního vzorce můžeme předepsat následující kombinace:

Kombinace 1				
	Vlastní tíha	Ostatní stálé zatížení	Sestava gr1	Ohřátí
γ	1,35	1,35	1,35	1,5
Ψ_0	-	-	-	0,6
Kombinace 2				
	Vlastní tíha	Ostatní stálé zatížení	Sestava gr1	Ochlazení
γ	1,35	1,35	1,35	1,5
Ψ_0	-	-	-	0,6
Kombinace 3				
	Vlastní tíha	Ostatní stálé zatížení	Ohřátí	Sestava gr1
γ	1,35	1,35	1,5	1,35
Ψ_0	-	-	-	0,4
Kombinace 4				
	Vlastní tíha	Ostatní stálé zatížení	Ochlazení	Sestava gr1
γ	1,35	1,35	1,5	1,35
Ψ_0	-	-	-	0,4

Tabulka 7: Kombinace zatížení MSÚ.

Pro jednotlivé průřezy vždy vyberu největší moment od zatížení modelem LM4. Tuto hodnotu budu následně uvažovat v kombinacích spolu s vodorovným zatížením.

Kvůli přehlednosti jsem vnitřní síly rozdělila do dvou tabulek, kdy tabulka 7 obsahuje vnitřní síly na mostovce a tabulka 16 na vzpěrách. Toto rozdělení je logické i z hlediska stejného průřezu, který se k nim vztahuje.

		M_y [kNm]												
Zatížení	Průřez 5	Průřez 10		Průřez 15	Průřez 20		Průřez 25	Průřez 30		Průřez 35	Průřez 40		Průřez 45	
		L	P	L	P	L	P	L	P	L	P			
vlastní tíha	98,51	-27,17	1,65	-68,69	-697,95	-888,43	632,18	-890,26	-698,95	-69,05	1,92	-26,52	102,8	
ostatní stálé	5,12	-1,14	-0,01	-3,64	-35,63	-44,98	32,14	-45,08	-35,68	-3,66	0,01	-1,1	5,34	
gr1	max	86,13	83,82	103,42	80,98	16,94	24,1	332,31	45,31	31,5	77,46	81,43	50,46	71,58
	min	-35,71	-71,43	-86,48	-113,12	-381,74	-487,48	-16,62	-466,48	-367,07	-116,92	-107,67	-103,7	-51,85
teplota +20°C	59,34	118,68	70,2	26,54	-17,13	-30,38	-30,75	-31,12	-17,47	26,26	70	118,52	59,26	
teplota -30°C	-89,01	-178,03	-105,31	-39,8	25,7	45,57	46,12	46,68	26,21	-39,39	-105	-177,78	-88,89	

Tabulka 8: Ohybové momenty na mostovce.

Kombinace 1	My [kNm]						
	průřez 5, resp. 45	průřez 10 L, resp. 40 P	průřez 10 P, resp. 40 L	průřez 15, resp. 35	průřez 20 L, resp. 30 P	průřez 20 P, resp. 30 L	průřez 25
6.10a	315,67	181,75	205,40	35,05	-964,95	-1 229,55	1 317,78
6.10b	293,77	187,48	205,01	49,77	-816,19	-1 040,14	1 183,25
max	315,67	187,48	205,40	49,77	-816,19	-1 040,14	1 317,78
6.10a	129,40	-71,40	-79,57	-232,11	-1 522,82	-1 948,82	846,72
6.10b	107,50	-65,67	-79,96	-217,39	-1 374,06	-1 759,41	712,20
min	107,50	-71,40	-79,96	-232,11	-1 522,82	-1 948,82	712,20

Tabulka 9: Ohybové momenty příčle od kombinace 1.

Kombinace 2	My [kNm]						
	průřez 5, resp. 45	průřez 10 L, resp. 40 P	průřez 10 P, resp. 40 L	průřez 15, resp. 35	průřez 20 L, resp. 30 P	průřez 20 P, resp. 30 L	průřez 25
6.10a	182,16	-85,06	47,44	-24,66	-925,64	-1 159,53	1 386,96
6.10b	160,26	-79,33	47,05	-9,93	-776,87	-970,12	1 252,43
max	182,16	-79,33	47,44	-9,93	-776,87	-970,12	1 386,96
6.10a	-4,12	-338,22	-237,53	-291,82	-1 483,51	-1 878,80	915,90
6.10b	-26,02	-332,48	-237,92	-277,10	-1 334,75	-1 689,39	781,38
min	-26,02	-338,22	-237,92	-291,82	-1 483,51	-1 878,80	781,38

Tabulka 10: Ohybové momenty příčle od kombinace 2.

Kombinace 3	My [kNm]						
	průřez 5, resp. 45	průřez 10 L, resp. 40 P	průřez 10 P, resp. 40 L	průřez 15, resp. 35	průřez 20 L, resp. 30 P	průřez 20 P, resp. 30 L	průřez 25
6.10a	281,51	185,06	163,75	-14,62	-1 000,95	-1 284,92	1 030,15
6.10b	259,61	190,80	163,36	0,10	-852,18	-1 095,52	895,63
max	281,51	190,80	163,75	0,10	-852,18	-1 095,52	1 030,15
6.10a	207,00	83,80	49,76	-121,49	-1 224,10	-1 572,63	841,73
6.10b	185,10	89,54	49,37	-106,76	-1 075,33	-1 383,22	707,21
min	185,10	83,80	49,37	-121,49	-1 224,10	-1 572,63	707,21

Tabulka 11: Ohybové momenty příčle od kombinace 3.

Kombinace 4	My [kNm]						
	průřez 5, resp. 45	průřez 10 L, resp. 40 P	průřez 10 P, resp. 40 L	průřez 15, resp. 35	průřez 20 L, resp. 30 P	průřez 20 P, resp. 30 L	průřez 25
6.10a	58,98	-259,63	-99,51	-114,13	-935,43	-1 168,22	1 145,46
6.10b	37,09	-253,89	-99,90	-99,41	-786,66	-978,82	1 010,93
max	58,98	-253,89	-99,51	-99,41	-786,66	-978,82	1 145,46
6.10a	-15,53	-360,89	-213,50	-221,00	-1 158,58	-1 455,93	957,04
6.10b	-37,42	-355,15	-213,89	-206,27	-1 009,81	-1 266,52	822,51
min	-37,42	-360,89	-213,89	-221,00	-1 158,58	-1 455,93	822,51

Tabulka 12: Ohybové momenty příčle od kombinace 4.

		M _y [kNm]				N [kN]				
		Průřez 10	Průřez 40	Průřez 20	Průřez 30	Průřez 10	Průřez 40	Průřez 20	Průřez 30	
		Vzpěra 1	Vzpěra 4	Vzpěra 2	Vzpěra 3	Vzpěra 1	Vzpěra 4	Vzpěra 2	Vzpěra 3	
vlastní tíha		-28,83	-28,44	-190,47	-191,31	-196,57	-197,84	-744,82	-745,58	
ostatní stálé zatížení		-1,13	-1,11	-9,36	-9,40	-9,50	-9,56	-37,41	-37,45	
gr1	v hlavě	max	32,82	21,19	30,93	37,65	82,35	64,32	12,06	23,22
		min	-32,42	-43,44	-122,99	-116,83	-157,63	-175,89	-390,94	-379,68
	v patě	max	22,42	34,72	60,50	50,75	82,35	64,32	12,06	23,22
		min	-30,00	-17,30	-19,47	-29,87	-157,63	-175,89	-390,94	-379,68
teplota +20°C		48,48	48,52	-13,25	-13,65	59,41	58,95	-21,73	-21,99	
teplota -30°C		-72,72	-72,78	19,87	20,47	-89,12	-88,42	32,59	32,99	

Tabulka 13: Ohybové momenty a normálové síly na vzpěrách.

Kombinace 1	M _y [kNm]		N [kN]	
	průřez 10 a 40	průřez 20 a 30	průřez 10 a 40	průřez 20 a 30
	vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3	vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3
6.10a	50,09	-201,57	-115,35	-1 045,53
6.10b	56,16	-160,92	-73,35	-886,97
max	56,16	-160,92	-73,35	-886,97
6.10a	-55,42	-449,28	-463,97	-1 604,65
6.10b	-49,36	-408,64	-421,97	-1 446,09
min	-55,42	-449,28	-463,97	-1 604,65

Tabulka 14: Ohybové momenty a normálové síly na vzpěrách od kombinace 1.

Kombinace 2	M _y [kNm]		N [kN]	
	průřez 10 a 40	průřez 20 a 30	průřez 10 a 40	průřez 20 a 30
	vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3	vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3
6.10a	-59,08	-170,86	-249,03	-996,05
6.10b	-53,01	-130,22	-207,03	-837,49
max	-53,01	-130,22	-207,03	-837,49
6.10a	-164,59	-418,57	-597,65	-1 555,17
6.10b	-158,53	-377,93	-555,65	-1 396,60
min	-164,59	-418,57	-597,65	-1 555,17

Tabulka 15: Ohybové momenty a normálové síly na vzpěrách od kombinace 2.

Kombinace 3	M _y [kNm]		N [kN]	
	průřez 10 a 40	průřez 20 a 30	průřez 10 a 40	průřez 20 a 30
	vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3	vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3
6.10a	51,08	-258,76	-146,41	-1 077,54
6.10b	57,15	-218,12	-104,41	-918,97
max	57,15	-218,12	-104,41	-918,97
6.10a	8,88	-357,85	-285,86	-1 301,18
6.10b	14,94	-317,20	-243,86	-1 142,62
min	8,88	-357,85	-285,86	-1 301,18

Tabulka 16: Ohybové momenty a normálové síly na vzpěrách od kombinace 3.

Kombinace 4	My [kNm]		N [kN]	
	průřez 10 a 40 vzpěra 1 a 4	průřez 20 a 30 vzpěra 2 a 3	průřez 10 a 40 vzpěra 1 a 4	průřez 20 a 30 vzpěra 2 a 3
6.10a	-130,87	-207,58	-369,20	-995,07
6.10b	-124,80	-166,94	-327,20	-836,50
max	-124,80	-166,94	-327,20	-836,50
6.10a	-173,07	-306,67	-508,65	-1 218,71
6.10b	-167,01	-266,02	-466,65	-1 060,15
min	-173,07	-306,67	-508,65	-1 218,71

Tabulka 17: Ohybové momenty a normálové síly na vzpěrách od kombinace 4.

4.1.8. Návrh výztuže a posouzení MSÚ

Jako první provedu posouzení MSÚ, abych zjistila, zda je reálné jednotlivé průřezy vyztužit. Pokud všechny průřezy vyhoví a jejich stupeň vyztužení se bude pohybovat v optimálních mezích přistoupím k posouzení MSP.

Průřez 5 (45)

Průřez 5 (45) se nachází v poli, proto budu navrhovat spodní výztuž. Je pravděpodobné, že v něm bude i konstrukční výztuž.

$$M_{Ed} = 315,67 \text{ kNm}$$

Návrh výztuže začneme vypočtením staticky účinné výšky průřezu:

$$d = h - c - \phi_{tr} - \frac{\phi}{2} = 300 - 50 - 8 - \frac{20}{2} = 232 \text{ mm}$$

Poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{M_{Ed,max}}{b_T d_T^2 f_{cd}} = \frac{315,67 * 10^6}{3250 * 232^2 * 20} = 0,090 \xrightarrow{\text{dle tab.}} \xi = 0,118 < \xi_{bal} = 0,45$$

Nutná plocha výztuže:

$$A_{s1,req} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{315,67 * 10^6}{0,953 * 232 * 435} = 3283 \text{ mm}^2$$

Navrhují 11 ϕ 20 $A_{s1} = 3454 \text{ mm}^2 > A_{s1,req} = 3283 \text{ mm}^2$

$$A_{s,min} = \frac{0,26 * f_{ctm} * b_t * d}{f_{yk}} = \frac{0,26 * 2,9 * 3250 * 232}{500} = 1137 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * (3250 * 300) = 39\,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 1137 \text{ mm}^2 \leq A_{s1} = 3454 \text{ mm}^2 \leq A_{s,max} = 39\,000 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Výška tlačené části betonu:

$$x = \frac{A_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * \eta * f_{cd}} = \frac{3454 * 435}{3250 * 0,8 * 1,0 * 20} = 28,9 \text{ mm}$$

Kontrola vyztužení:

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{28,9}{232} = 0,125 < \xi_{bal} = 0,45$$

Vyhovuje

Moment únosnosti:

$$M_{Rd} = A_{s1} * f_{yd} * (d - 0,5 * \lambda * x) = 3454 * 435 * (232 - 0,5 * 0,8 * 28,9) = 331,21 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 315,67 \text{ kNm} \leq M_{Rd} = 331,21 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

Minimální světlost mezi pruty:

$$\text{světlost} = 286 - 20 = 266 \text{ mm} \geq \max(1,2\phi; 20; D_{max} + 5) = 24 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Maximální vzdálenost:

$$s_{s1,max} = \min(2 * h; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm} \geq s = 286 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Protažení výztuže:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu} * (d - x)}{x} = \frac{3,5 * (232 - 28,9)}{28,9} = 24,6 \text{ ‰} > \frac{f_{yd}}{E} = 2,1 \text{ ‰}$$

Vyhovuje

Průřez 10 (40)

Průřez 10 (40) je nad podporou a z toho důvodu budu počítat s horní výztuží.

$M_{Ed} = -360,89 \text{ kNm}$ záporný moment

Staticky účinná výška průřezu:

$$d = h - c - \phi_{tr} - \frac{\phi}{2} = 300 - 50 - 8 - \frac{20}{2} = 232 \text{ mm}$$

Poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{M_{Ed,max}}{b_T d_T^2 f_{cd}} = \frac{360,89 * 10^6}{3250 * 232^2 * 20} = 0,103 \xrightarrow{\text{dle tab.}} \xi = 0,1362 < \xi_{bal} = 0,45$$

Nutná plocha výztuže:

$$A_{s1,req} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{360,89 * 10^6}{0,9455 * 232 * 435} = 3782 \text{ mm}^2$$

Navrhuji 13 ϕ 20 $A_{s1} = 4082 \text{ mm}^2 > A_{s1,req} = 3782 \text{ mm}^2$

$$A_{s,min} = \frac{0,26 * f_{ctm} * b_t * d}{f_{yk}} = \frac{0,26 * 2,9 * 3250 * 232}{500} = 1137 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * (3250 * 300) = 39\,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 1137 \text{ mm}^2 \leq A_{s1} = 4082 \text{ mm}^2 \leq A_{s,max} = 39\,000 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Výška tlačené části betonu:

$$x = \frac{A_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * \eta * f_{cd}} = \frac{4082 * 435}{3250 * 0,8 * 1,0 * 20} = 34,2 \text{ mm}$$

Kontrola vyztužení:

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{34,2}{232} = 0,148 < \xi_{bal} = 0,45$$

Vyhovuje

Moment únosnosti:

$$M_{Rd} = A_{s1} * f_{yd} * (d - 0,5 * \lambda * x) = 4082 * 435 * (232 - 0,5 * 0,8 * 34,2) = 378,66 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = -360,89 \text{ kNm} \leq M_{Rd} = -378,66 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

Minimální světlost mezi pruty:

$$\text{světlost} = 242 - 20 = 222 \text{ mm} \geq \max(1,2\phi; 20; D_{max} + 5) = 24 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Maximální vzdálenost:

$$s_{sl,max} = \min(2 * h; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm} \geq s = 242 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Protažení výztuže:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu} * (d - x)}{x} = \frac{3,5 * (232 - 34,2)}{34,2} = 20,2 \text{ ‰} > \frac{f_{yd}}{E} = 2,1 \text{ ‰}$$

Vyhovuje

Průřez 15 (35)

Průřez 15 (35) se sice nachází v poli, ale momenty dosahují záporných hodnot, proto budu navrhovat horní výztuž.

$$M_{Ed} = -291,82 \text{ kNm}$$

Staticky účinná výška průřezu:

$$d = h - c - \phi_{tr} - \frac{\phi}{2} = 300 - 50 - 8 - \frac{20}{2} = 232 \text{ mm}$$

Poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{M_{Ed,max}}{b_T d_T^2 f_{cd}} = \frac{291,82 * 10^6}{3250 * 232^2 * 20} = 0,084 \xrightarrow{\text{dle tab.}} \xi = 0,1096 < \xi_{bal} = 0,45$$

Nutná plocha výztuže:

$$A_{s1,req} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{291,82 * 10^6}{0,956 * 232 * 435} = 3025 \text{ mm}^2$$

$$\underline{\text{Navrhují 11 } \phi 20} \quad A_{s1} = 3454 \text{ mm}^2 > A_{s1,req} = 3025 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\min} = \frac{0,26 * f_{ctm} * b_t * d}{f_{yk}} = \frac{0,26 * 2,9 * 3250 * 232}{500} = 1137 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\max} = 0,04 * A_c = 0,04 * (3250 * 300) = 39\,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\min} = 1137 \text{ mm}^2 \leq A_{s1} = 3454 \text{ mm}^2 \leq A_{s,\max} = 39\,000 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Výška tlačené části betonu:

$$x = \frac{A_{s1} * f_{yd}}{b * \lambda * \eta * f_{cd}} = \frac{3454 * 435}{3250 * 0,8 * 1,0 * 20} = 28,9 \text{ mm}$$

Kontrola vyztužení:

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{28,9}{232} = 0,125 < \xi_{\text{bal}} = 0,45$$

Vyhovuje

Moment únosnosti:

$$M_{Rd} = A_{s1} * f_{yd} * (d - 0,5 * \lambda * x) = 3454 * 435 * (232 - 0,5 * 0,8 * 28,9) = 331,21 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = -291,82 \text{ kNm} \leq M_{Rd} = -331,21 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

Únosnost by byla splněna i s 10 pruty podélné výztuže, ovšem nevyhovuje podmínka maximální vzdálenosti prutů.

Minimální světlost mezi pruty:

$$\text{světlost} = 286 - 20 = 266 \text{ mm} \geq \max(1,2\phi; 20; D_{\max} + 5) = 24 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Maximální vzdálenost:

$$s_{sl,\max} = \min(2 * h; 300 \text{ mm}) = 300 \text{ mm} \geq s = 286 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Protažení výztuže:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu} * (d - x)}{x} = \frac{3,5 * (232 - 28,9)}{28,9} = 24,6 \text{ ‰} > \frac{f_{yd}}{E} = 2,1 \text{ ‰}$$

Vyhovuje

Průřez 20 (30)

Průřez 20 (30) nalezneme nad podporou a zde budu navrhovat horní výztuž.

$$M_{Ed} = -1948,82 \text{ kNm}$$

Staticky účinná výška průřezu:

$$d = h - c - \phi_{tr} - \frac{\phi}{2} = 300 - 50 - 8 - \frac{20}{2} = 232 \text{ mm}$$

Poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{M_{Ed,max}}{b_T d_T^2 f_{cd}} = \frac{1948,82 * 10^6}{3250 * 232^2 * 20} = 0,557 \xrightarrow{\text{dle tab.}} \xi = 1,562 < \xi_{bal} = 0,45$$

Nevyhovuje

Nutná plocha výztuže:

$$A_{s1,req} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{1948,82 * 10^6}{0,5217 * 232 * 435} = 37\,014,7 \text{ mm}^2$$

Navrhují 11 $\varnothing 20$ $A_{s1} = 37\,014,7 \text{ mm}^2 > A_{s1,req} = 3025 \text{ mm}^2$

$$A_{s,min} = \frac{0,26 * f_{ctm} * b_t * d}{f_{yk}} = \frac{0,26 * 2,9 * 3250 * 232}{500} = 1137 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * (3250 * 300) = 39\,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 1137 \text{ mm}^2 \leq A_{s1} = 37\,014,7 \text{ mm}^2 \leq A_{s,max} = 39\,000 \text{ mm}^2$$

Nevyhovuje

Vyztužení se blíží ke 4 %, z toho vyplývá nutnost zvětšit průřez. Tato veličina je rozhodující už kvůli samotnému provádění konstrukce. Pokud uvážíme návrh výztuže, která by měla průřez 32 mm, plocha jednoho je 804,25 mm² dostáváme nutný počet prutů 46. Ve dvou řadách by to znamenalo rozmístit 23 prutů a po zahrnutí nutnosti krytí se dostáváme na světlu vzdálenost 91,5 mm. Už jen vložit ponorný vibrátor, který má průměr kolem 8 cm, do čerstvého betonu a nedotknout se výztuže, aby nedošlo k jejímu rozvibrování, by bylo nemožné.



Obrázek 132: Rozmístění výztuže v řezu 20 (30).

Průřez 25

Průřez 25 se nachází v poli, proto uvažují s dolní výztuž.

$$M_{Ed} = 1386,96 \text{ kNm}$$

Statically účinná výška průřezu:

$$d = h - c - \varnothing_{tr} - \frac{\varnothing}{2} = 300 - 50 - 8 - \frac{20}{2} = 232 \text{ mm}$$

Poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{M_{Ed,max}}{b_T d_T^2 f_{cd}} = \frac{1386,96 * 10^6}{3250 * 232^2 * 20} = 0,396 \xrightarrow{\text{dle tab.}} \xi = 0,6802 < \xi_{bal} = 0,45$$

Nevyhovuje

Nutná plocha výztuže:

$$A_{s1,req} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{1386,96 * 10^6}{0,728 * 232 * 435} = 18\,878 \text{ mm}^2$$

Navrhují 11 \varnothing 20 $A_{s1} = 18\,878 \text{ mm}^2 > A_{s1,req} = 3025 \text{ mm}^2$

$$A_{s,min} = \frac{0,26 * f_{ctm} * b_t * d}{f_{yk}} = \frac{0,26 * 2,9 * 3250 * 232}{500} = 1137 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * (3250 * 300) = 39\,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 1137 \text{ mm}^2 \leq A_{s1} = 18\,878 \text{ mm}^2 \leq A_{s,max} = 39\,000 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Procento vyztužení se blíží ke 2 % a proto bude vhodné zvětšit průřez. Objasnění jsem uvedla už výše.

Vzpěra 1 (4)

Výztuž navrhnu podle nomogramu pro návrh průřezů souměrně vyztužených namáhaných ohybovým momentem a normálovou silou. Pokud splní konstrukční zásady, budu ji moci posoudit pomocí interakčního diagramu a to provedu pro konečné řešení konstrukce.

$$M_{Ed} = -173,07 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -597,65 \text{ kN}$$

Poměrná hodnota normálové síly:

$$\frac{N_{Ed}}{b * h * f_{cd}} = \frac{597,65 * 10^3}{300 * 500 * 20} = 0,2$$

Poměrná hodnota ohybového momentu:

$$\frac{M_{Ed}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{173,07 * 10^6}{300 * 500^2 * 20} = 0,12$$

Poměrná hodnota vzdálenosti těžiště výztuže od okraje průřezu:

$$\frac{d_1}{h} = \frac{d_2}{h} = \frac{50}{500} = 0,1$$

=> nomogram 12.5

Odečtená hodnota z nomogramu $\omega = 0,1$

Plocha výztuže v průřezu:

$$A_{s,req} = \frac{\omega * b * h * f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,1 * 300 * 500 * 20}{435} = 690 \text{ mm}^2$$

Je nutné zkontrolovat konstrukční zásady:

$$A_{s,min} = \max\left(\frac{0,1 * N_{Ed}}{f_{yd}}; 0,001 * A_c\right) = \max(137; 150) = 150 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * 300 * 500 = 6000 \text{ mm}^2$$

Navrhují 4 × Ø 20 $A_{s,1} = \pi * 10^2 = 100\pi \doteq 314 \text{ mm}^2$

$$A_{s,prov} = 4 * 314 = 1256 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 150 \text{ mm}^2 \leq A_{s,prov} = 1256 \text{ mm}^2 \leq A_{s,max} = 6000 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Do obdélníkové vzpěry symetricky vyztužené nelze navrhnout nižší počet prutů než-li 4 a to do každého rohu jeden.

Vzpěra 2 (3)

Provedení návrhu a posouzení bude obdobné jako v předchozím případě.

$$M_{Ed} = -449,28 \text{ kNm}$$

$$N = -1604,65 \text{ kN}$$

Poměrná hodnota normálové síly:

$$\frac{N_{Ed}}{b * h * f_{cd}} = \frac{1604,65 * 10^3}{300 * 500 * 20} = 0,54$$

Poměrná hodnota ohybového momentu:

$$\frac{M_{Ed}}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{449,28 * 10^6}{300 * 500^2 * 20} = 0,3$$

Poměrná hodnota vzdálenosti těžiště výztuže od okraje průřezu:

$$\frac{d_1}{h} = \frac{d_2}{h} = \frac{50}{500} = 0,1$$

=> nomogram 12.5

Odečtená hodnota z nomogramu $\omega = 0,7$

Plocha výztuže v průřezu:

$$A_{s,req} = \frac{\omega * b * h * f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,7 * 300 * 500 * 20}{435} = 4828 \text{ mm}^2$$

Je nutné zkontrolovat konstrukční zásady:

$$A_{s,min} = \max\left(\frac{0,1 * N_{Ed}}{f_{yd}}; 0,001 * A_c\right) = \max(369; 150) = 369 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * 300 * 500 = 6000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Navrhuji } 10 \times \varnothing 26 \quad A_{s,1} = \pi * 13^2 = 169\pi \doteq 531 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 10 * 531 = 5310 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = 369 \text{ mm}^2 \leq A_{s,prov} = 5310 \text{ mm}^2 \leq A_{s,max} = 6000 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

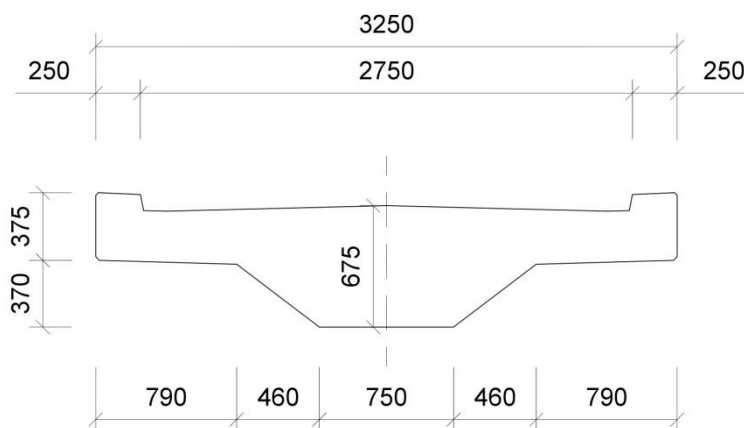
Procento vyztužení je 3,54 a tato hodnota značí vhodnost zvětšení průřezu. Kvůli jednodušší realizaci a estetickému hledisku budu navrhovat všechny vzpěry stejného průřezu, proto budu v následujícím kroku provádět jejich úpravu. Posouzení interakčním diagramem tedy zrealizuji u výsledné varianty.

4.1.9. Optimalizace rozměrů lávky

V předchozích krocích jsem zjistila, že některé průřezy lávky není možné efektivně vyztužit. V železobetonových konstrukcích se snažíme, aby vyztužení nepřesáhlo 4%. Tento požadavek vychází z charakteru porušení. Ocelová výztuž by ve „správně“ navrženém prvku měla být za mezí kluzu. Pokud se zatížení zvýší natolik, že konstrukce začne kolabovat, bude docházet k výraznému přetvoření betonu a oceli. Důsledkem bude rozevírání trhlin a kolaps konstrukce nastane ve chvíli, kdy jeden z materiálů dosáhne mezního přetvoření. Výše popsané chování je nazýváno tahovým porušením. Opakem je pak tlakové porušení. Jde o nebezpečný jev a správným návrhem se jej snažíme eliminovat. Došlo by k němu ve dvou případech. Prvním by byl slabě vyztužený beton, který se bude v podstatě chovat jako prostý, aby k tomuto nedošlo zajišťuje podmínka minimální plochy výztuže. Z jeho definice víme, že únosnost v tlaku je přibližně desetinásobná oproti únosnosti v tahu. Dojde-li k namáhání ohybem, prvek bude schopen spolehlivě fungovat jen do dosažení pevnosti v tahu. Zjištění nebezpečí zhroucení je pro běžné uživatele téměř nemožné, protože po dosažení tahové únosnosti nedojde k rozevírání trhlin, nýbrž ke kolapsu konstrukce. Druhou možností je naopak silně vyztužený prvek, kdy výztuž nebude za mezí kluzu a při nadměrném zatížení nebude možné pozorovat jeho přetvoření. Dojde k napětí, které vyčerpá pevnost betonu v tlaku a důsledkem toho bude kolaps prvku. [26]

První úprava bude zvětšení průřezu mostovky. Tímto krokem bych mohla docílit, že průřezy 20, 30 a 25 již v posudku vyhoví.

Změna průřezu mostovky



Obrázek 133: Schéma průřezu mostovky - 1. iterace.

Průřez vzpěr zůstal v této iteraci beze změny. Vlastní tíha se zvýší, protože dojde ke zvětšení průřezu. To vyvodí zvětšení hodnot vnitřních sil. Tato skutečnost by mohla svádět k závěru, že bude větší deformace konstrukce, to je ale mylná domněnka. Zvýšení hodnoty vlastní tíhy koreluje s vyšší výškou průřezu mostovky a to je vítané zvýšení její tuhosti, a proto došlo ke snížení průhybu.

Ostatní stálé zatížení zůstalo beze změny a vnitřní síly jím vyvolané jsou na mostovce řádově stejné, došlo však ke snížení ohybových momentů na vzpěrách. Deformace je u tohoto zatížení velmi malá, jako jeho samotná hodnota, proto není tak důležité jí věnovat pozornost.

Sestava zatížení gr_1 vyvolává podobně jako předchozí silová zatížení řádově podobné výsledky a nestala se zde nijak závažná změna ve vnitřních silách. Jinak je to s deformací, která se podobně, jako u zatížení vlastní tíhou, zmenšila v důsledku větší tuhosti průřezu ve svislém směru. Vzpěry jsou i v tomto případě zatíženy nižšími hodnotami ohybových momentů a velikosti normálových sil zůstaly vcelku podobné.

Co se výrazně změnilo, jsou vnitřní síly od nesilového zatížení, které v mém případě reprezentuje teplota $+20^{\circ}\text{C}$ a -30°C . V případě mostovky došlo v podstatě ve všech průřezech ke zvětšení hodnot ohybových momentů a to až 4 násobně. Podobné to bylo i s normálovými silami, které jsou také o dost vyšší. Její deformace se příliš nesnížila a dosahuje podobných hodnot, jako před změnou průřezu. Ohybové momenty na vzpěrách se výrazně nezměnily. Toto se ovšem netýká normálových sil ty vzrostly až 3 násobně. Deformace nabývá podobných hodnot.

Chování konstrukce a změny vnitřních sil naznačují, že mluvíme-li o silovém zatížení, tak masivnější průřez má jednoznačně pozitivní vliv na deformaci mostovky a

ke změně vnitřních sil dojde logicky v souvislosti se zvýšením vlastní tíhy. V ostatních případech zůstávají hodnoty podobné.

Jiná situace nastává u nesilového zatížení. Dojde-li ke zvětšení průřezu, vnitřní síly mají tendenci se též zvýšit poměrně razantně a to dle mého názoru souvisí s faktem, že konstrukce je schopna s vyšší tuhostí více vzdorovat přetvořením vyvolaným teplotou, avšak deformace se příliš nesníží.

Změna průřezu vzpěr

Pro udržení schopnosti diferencovat vlivy od změny průřezu mostovky a vzpěr, provádím iterace postupně. Nyní zachovám původní průřez mostovky, ale změním vzpěry. Jedinou nutnou úpravou bylo rozšíření její spodní hrany, což by po porovnání průřezových veličin, nemělo mít zásadní dopad na výsledky.

Vzpěry si zachovávají obdélníkový tvar, ale změní se jeho orientace. Šířka bude 750 mm (rozměr kolmý na osu x) a výška 450 mm.

Díky zvětšení rozměrů vzpěr dojde ke zvýšení jejich tuhosti, následkem toho je u vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení snížení hodnoty ohybových momentů v poli (průřez 5, 15, 25, 35 a 45). Zároveň došlo ke snížení ve 20L a 30P. avšak ve 20P a 30L došlo ke zvýšení a výsledné momenty, na které se daný průřez bude muset navrhovat se v konečném důsledku zvětší. V ostatních nejmenovaných místech konstrukce pozorují vyšší hodnoty momentů. Deformace od těchto zatížení se mírně snížila, hlavně v polovině středního pole, kde je nejmarkantnější.

Pro hodnoty sestavy zatížení gr1 vyvolala změna ve většině průřezů na konstrukci snížení hodnot momentů, což je vítaný důsledek. Stejně jako u předchozího zatížení došlo k drobné redukci deformace.

Charakter proměny silových účinků poukazuje na fakt, že tato změna bude přínosná, jelikož dojde v převážné většině ke zmenšení ohybových momentů a deformací na mostovce.

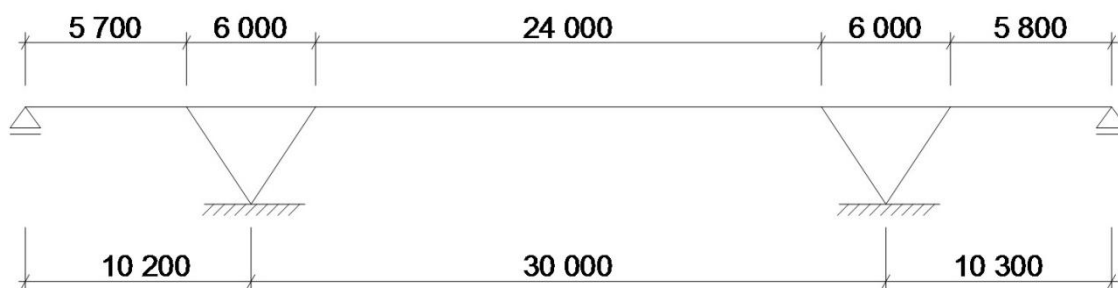
Na teplotní zatížení reaguje konstrukce ve většině průřezů zvýšením momentů, což si vysvětlují vyšší tuhostí vzpěr, podobně jako v případě 1. změny mostovky. Tato domněnka vychází z poloh, ve kterých dochází ke zvýšení. Je to hlavně v oblasti styků mostovka/vzpěra. Deformace dosahuje u obou teplot nepatrně vyšších hodnot.

Pokud budeme řešit vzpěry, pak uvidíme, že od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení se hodnoty ohybových momentů a normálových sil zvýšily. V případě sestavy gr1 dojde k navýšení momentů při současném snížení normálového zatížení.

Teplotní zatížení vyvolává zvýšení momentů i normálových sil. Podobné změny jsem mohla pozorovat i v případě prvotní úpravy mostovky. V případě deformace došlo k nepatrnému nárůstu jejich hodnot.

Změna úhlu naklonění vzpěr

Další provedenou iterací byla změna úhlu vzpěr, který svírají mezi sebou. Konkrétně došlo k jeho zmenšení. Horní stana trojúhelníku, který je tvořen vzpěrami a mostovkou, měla délku 9 m, ta se po úpravě zmenšila na 6 m.



Obrázek 134: Schéma konstrukce po úpravě úhlu vzpěr.

Od tohoto kroku jsem nečekala moc velké zlepšení a po namodelování jsem si to jen potvrdila. Prakticky došlo k prodloužení středního pole. Jeho pružné podpory se vzdálily a to mělo za následek velký nárůst deformace uprostřed tohoto pole. Ohybové momenty na mostovce narostly o znatelné hodnoty.

Jediné ohybové momenty, které nepatrně klesly, byly od působení teploty. U tohoto zatížení se zároveň nepříliš snížila deformace. Míra snížení je ovšem zanedbatelná, oproti zvýšení od působení silového zatížení.

Tyto poznatky mě utvrdily, že nemá smysl pokračovat tímto směrem.

Výsledná změna konstrukce

Po předchozích krocích, kdy jsem zaznamenala, k čemu dochází po změně jednotlivých prvků, jsem došla k závěru, že bude výhodné použít mohutnější průřez, jak u mostovky, tak i u vzpěr. Vyšší průřez mostovky mi dává možnost dostatečně měnit excentricitu předpínacího kabelu. Centrické předpětí, jenž jsem zkoušela modelovat, vedlo pouze k negativnímu namáhání konstrukce, zato excentrické vedení předpětí dopomáhá k jeho vyrovnání.

Vnitřní síly na konstrukci po iteraci

Kombinace 1	My [kNm]	pr. 5 (45)	pr. 10 L (40 P)	pr. 10 P (40 L)	pr. 15 (35)	pr. 20 L (30 P)	pr. 20 P (30 L)	pr. 25
charakteristická	max	395,74	342,69	332,42	12,54	-1194,04	-1346,42	1271,23
	min	249,35	143,73	119,31	-219,33	-1666,97	-1875,29	900,23
častá	max	372,82	296,85	295,91	-0,35	-1183,07	-1332,72	1284,78
	min	226,43	97,89	82,80	-232,22	-1656,00	-1861,59	913,78
kvazistálá	max	281,27	207,58	195,19	-89,62	-1226,07	-1383,00	934,50
	min	281,27	207,58	195,19	-89,62	-1226,07	-1383,00	934,50
Kombinace 2	My [kNm]	pr. 5 (45)	pr. 10 L (40 P)	pr. 10 P (40 L)	pr. 15 (35)	pr. 20 L (30 P)	pr. 20 P (30 L)	pr. 25
charakteristická	max	51,92	-344,95	-215,28	-180,73	-1029,44	-1140,98	1474,38
	min	-94,47	-543,91	-428,39	-412,60	-1502,37	-1669,85	1103,38
častá	max	86,30	-276,19	-160,51	-161,41	-1045,90	-1161,52	1454,07
	min	-60,09	-475,15	-373,62	-393,28	-1518,83	-1690,39	1083,07
kvazistálá	max	-5,25	-365,46	-261,23	-250,68	-1088,90	-1211,80	1103,79
	min	-5,25	-365,46	-261,23	-250,68	-1088,90	-1211,80	1103,79
Kombinace 3	My [kNm]	pr. 5 (45)	pr. 10 L (40 P)	pr. 10 P (40 L)	pr. 15 (35)	pr. 20 L (30 P)	pr. 20 P (30 L)	pr. 25
charakteristická	max	432,49	472,50	418,04	10,52	-1263,74	-1431,37	1006,89
	min	373,93	392,91	332,79	-82,23	-1452,91	-1642,92	858,49
častá	max	304,19	253,42	231,70	-76,73	-1237,04	-1396,70	920,95
	min	304,19	253,42	231,70	-76,73	-1237,04	-1396,70	920,95
kvazistálá	max	281,27	207,58	195,19	-89,62	-1226,07	-1383,00	934,50
	min	281,27	207,58	195,19	-89,62	-1226,07	-1383,00	934,50
Kombinace 4	My [kNm]	pr. 5 (45)	pr. 10 L (40 P)	pr. 10 P (40 L)	pr. 15 (35)	pr. 20 L (30 P)	pr. 20 P (30 L)	pr. 25
charakteristická	max	-140,54	-673,57	-494,79	-311,60	-989,40	-1088,97	1345,47
	min	-199,10	-753,16	-580,04	-404,35	-1178,57	-1300,52	1197,07
častá	max	-39,63	-434,22	-316,00	-270,00	-1072,44	-1191,26	1124,10
	min	-39,63	-434,22	-316,00	-270,00	-1072,44	-1191,26	1124,10
kvazistálá	max	-5,25	-365,46	-261,23	-250,68	-1088,90	-1211,80	1103,79
	min	-5,25	-365,46	-261,23	-250,68	-1088,90	-1211,80	1103,79

Tabulka 18: Ohybové momenty na mostovce od jednotlivých kombinací MSP.

Kombinace 1		My [kNm]		N [kN]	
		vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3	vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3
charakteristická	max	15,16	-124,22	-189,06	-1160,91
	min	-27,41	-209,13	-438,75	-1561,03
častá	max	10,31	-122,86	-195,01	-1158,72
	min	-32,26	-207,77	-444,70	-1558,84
kvazistálá	max	-8,65	-150,17	-287,37	-1171,30
	min	-8,65	-150,17	-287,37	-1171,30
Kombinace 2		vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3	vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3
charakteristická	max	-57,62	-103,75	-278,18	-1127,93
	min	-100,19	-188,66	-527,87	-1528,05
častá	max	-50,34	-105,80	-269,27	-1131,23
	min	-92,91	-190,71	-518,96	-1531,35
kvazistálá	max	-69,30	-133,11	-361,63	-1143,81
	min	-69,30	-133,11	-361,63	-1143,81
Kombinace 3		vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3	vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3
charakteristická	max	23,19	-146,07	-220,72	-1177,26
	min	6,17	-180,03	-320,59	-1337,31
častá	max	-3,80	-151,53	-281,42	-1173,49
	min	-3,80	-151,53	-281,42	-1173,49
kvazistálá	max	-8,65	-150,17	-287,37	-1171,30
	min	-8,65	-150,17	-287,37	-1171,30
Kombinace 4		vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3	vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3
charakteristická	max	-98,11	-111,95	-369,25	-1122,28
	min	-115,13	-145,91	-469,12	-1282,33
častá	max	-76,58	-131,06	-370,54	-1140,51
	min	-76,58	-131,06	-370,54	-1140,51
kvazistálá	max	-69,30	-133,11	-361,63	-1143,81
	min	-69,30	-133,11	-361,63	-1143,81

Tabulka 19: Ohybové momenty a normálové síly na vzpěrách od jednotlivých kombinací MSP.

Kombinace 1		My [kNm]						
		pr. 5 (45)	pr. 10 L (40 P)	pr. 10 P (40 L)	pr. 15 (35)	pr. 20 L (30 P)	pr. 20 P (30 L)	pr. 25
max	6.10a	554,87	503,89	481,63	28,53	-1 621,83	-1 829,99	1 703,97
	6.10b	521,12	508,27	479,07	59,72	-1 384,67	-1 563,80	1 501,03
min	6.10a	357,25	235,29	193,93	-284,50	-2 260,29	-2 543,96	1 203,12
	6.10b	323,50	239,67	191,37	-253,31	-2 023,12	-2 277,77	1 000,18
Kombinace 2		My [kNm]						
		pr. 5 (45)	pr. 10 L (40 P)	pr. 10 P (40 L)	pr. 15 (35)	pr. 20 L (30 P)	pr. 20 P (30 L)	pr. 25
max	6.10a	39,15	-527,58	-339,92	-261,38	-1 374,93	-1 521,83	2 008,70
	6.10b	5,40	-523,19	-342,48	-230,19	-1 137,76	-1 255,64	1 805,75
min	6.10a	-158,48	-796,17	-627,62	-574,41	-2 013,38	-2 235,80	1 507,85
	6.10b	-192,23	-791,79	-630,18	-543,21	-1 776,22	-1 969,61	1 304,90
Kombinace 3		My [kNm]						
		pr. 5 (45)	pr. 10 L (40 P)	pr. 10 P (40 L)	pr. 15 (35)	pr. 20 L (30 P)	pr. 20 P (30 L)	pr. 25
max	6.10a	618,24	706,64	619,12	33,53	-1 722,51	-1 952,89	1 338,99
	6.10b	584,49	711,02	616,57	64,72	-1 485,35	-1 686,70	1 136,04
min	6.10a	539,19	599,20	504,04	-91,68	-1 977,89	-2 238,48	1 138,65
	6.10b	505,44	603,58	501,49	-60,49	-1 740,73	-1 972,29	935,70
Kombinace 4		My [kNm]						
		pr. 5 (45)	pr. 10 L (40 P)	pr. 10 P (40 L)	pr. 15 (35)	pr. 20 L (30 P)	pr. 20 P (30 L)	pr. 25
max	6.10a	-241,30	-1 012,47	-750,12	-449,65	-1 311,00	-1 439,29	1 846,86
	6.10b	-275,05	-1 008,09	-752,68	-418,46	-1 073,84	-1 173,10	1 643,91
min	6.10a	-320,35	-1 119,91	-865,20	-574,86	-1 566,38	-1 724,88	1 646,52
	6.10b	-354,10	-1 115,52	-867,76	-543,67	-1 329,22	-1 458,69	1 443,57

Tabulka 20: Ohybové momenty na mostovce od jednotlivých kombinací MSÚ.

Kombinace 1		My [kNm]		N [kN]	
		vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3	vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3
max	6.10a	24,84	-168,93	-249,89	-1 569,21
	6.10b	31,50	-139,90	-185,68	-1 334,25
min	6.10a	-32,63	-283,55	-357,59	-2 109,38
	6.10b	-25,97	-254,53	-293,39	-1 874,41
Kombinace 2		My [kNm]		N [kN]	
		vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3	vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3
max	6.10a	-84,33	-138,22	-383,57	-1 519,73
	6.10b	-77,67	-109,19	-319,36	-1 284,77
min	6.10a	-141,80	-252,85	-491,27	-2 059,89
	6.10b	-135,14	-223,82	-427,06	-1 824,93
Kombinace 3		My [kNm]		N [kN]	
		vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3	vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3
max	6.10a	38,59	-199,24	-289,06	-1 592,60
	6.10b	45,25	-170,21	-224,85	-1 357,64
min	6.10a	15,60	-245,09	-332,14	-1 808,66
	6.10b	22,27	-216,06	-267,93	-1 573,70
Kombinace 4		My [kNm]		N [kN]	
		vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3	vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3
max	6.10a	-143,36	-148,06	-511,85	-1 510,13
	6.10b	-136,70	-119,03	-447,64	-1 275,17
min	6.10a	-166,35	-193,91	-554,93	-1 726,19
	6.10b	-159,68	-164,88	-490,72	-1 491,23

Tabulka 21: Ohybové momenty a normálové síly na vzpěrách od jednotlivých kombinací MSÚ.

4.2. Návrh výztuže a posouzení konstrukce po iteraci

4.2.1. Krytí předpínací výztuže a vzdálenost kabelových kanálků

V orientačním posouzení průřezů v kapitole 4.1.8. jsem použila hodnotu krytí betonářské výztuže. Zde uvádím výpočet hodnoty krytí pro výztuž předpínací dle [25].

$$c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c_{\text{dev}}$$

$$c_{\text{min}} = \max(c_{\text{min,b}}; c_{\text{min,dur}} + \Delta c_{\text{dur,\gamma}} - \Delta c_{\text{dur,st}} - \Delta c_{\text{dur,add}}; 10 \text{ mm})$$

$$c_{\text{min}} = \max(80; 55 + 0 - 0 - 0; 10 \text{ mm}) = 80 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = 80 + 10 = 90 \text{ mm}$$

Minimální světlá vzdálenost mezi kabelovými kanálky bude:

$$\text{Vodorovná} \quad \geq 50 \text{ mm}$$

$$\geq \emptyset \quad \Rightarrow 90 \text{ mm}$$

$$\geq d_g + 5 \text{ mm}$$

$$\text{Svislá} \quad \geq 40 \text{ mm}$$

$$\geq \emptyset \quad \Rightarrow 90 \text{ mm}$$

4.2.2. Předpětí

Předběžný návrh předpínací výztuže

Při návrhu předpětí vycházíme z požadavku splnění mezního stavu použitelnosti, konkrétně pak mezního stavu omezení trhlin. Je nutné ověřit vznik dekomprese při působení kvazistálé kombinace zatížení. Vzhledem k tomu, že bývá tahové napětí rozhodující, bude předběžný návrh vycházet z omezení napětí betonu v tahu.

$$M_{5,\text{max,k},\text{častá}} = 372,82 \text{ kNm}$$

$$M_{10,\text{min,k},\text{častá}} = -475,15 \text{ kNm}$$

$$M_{15,\text{min,k},\text{častá}} = -393,28 \text{ kNm}$$

$$M_{20,\text{min,k},\text{častá}} = -1861,59 \text{ kNm}$$

$$M_{25,\text{max,k},\text{častá}} = 1454,07 \text{ kNm}$$

Protože se jedná o staticky neurčitou konstrukci, je nutné připočítat staticky určitý i neurčitý moment od předpětí. Hodnotu staticky neurčitého momentu musíme prozatím odhadnout jako:

$$\begin{aligned} \Delta M_p &= (0,1 \div 0,15) * M_{20,\text{min,k},\text{častá}} = (0,1 \div 0,15) * 1861,59 = \\ &= 186,16 \div 279,24 = 230 \text{ kNm} \end{aligned}$$

V předběžném návrhu předpínací výztuže budeme v jednotlivých průřezech počítat s následujícími hodnotami:

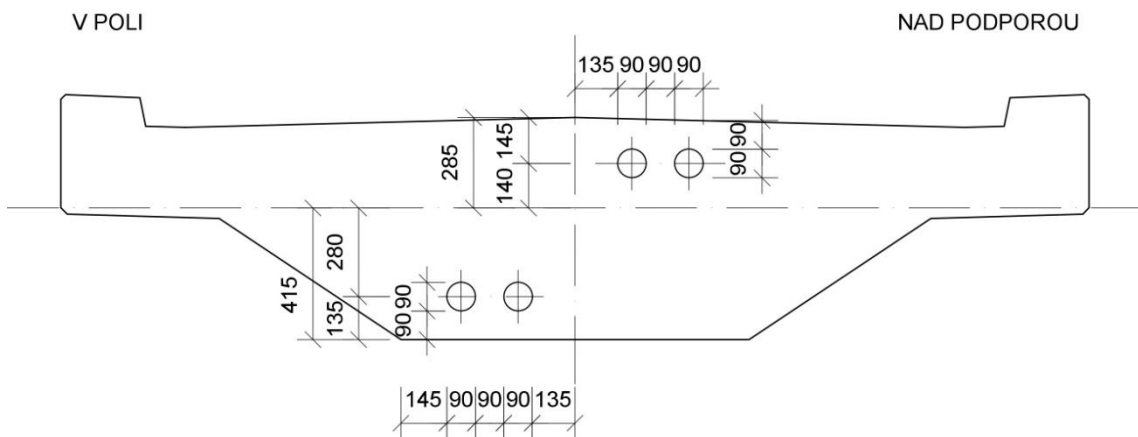
$$M_{5,\max,k,\text{častá}}' = 372,82 + 0,5 * 230 = 487,82 \text{ kNm}$$

$$M_{10,\min,k,\text{častá}}' = -475,15 + 230 = -245,15 \text{ kNm}$$

$$M_{15,\min,k,\text{častá}}' = -393,28 + 230 = -163,28 \text{ kNm}$$

$$M_{20,\min,k,\text{častá}}' = -1861,59 + 230 = -1631,59 \text{ kNm}$$

$$M_{25,\max,k,\text{častá}}' = 1454,07 + 230 = 1684,07 \text{ kNm}$$



Obrázek 135: Rozmístění předpínací výztuže v příčném řezu.

$$e_{p,5} = 280 \text{ mm}$$

$$e_{p,10} = 140 \text{ mm}$$

$$e_{p,15} = 140 \text{ mm}$$

$$e_{p,20} = 140 \text{ mm}$$

$$e_{p,25} = 280 \text{ mm}$$

Stanovíme předpínací sílu:

Průřez 5

$$\sigma_{c,5,k,\text{častá}}^d = -\frac{N_p}{A_c} + \frac{M_{5,k}'}{W_d} - \frac{M_p}{W_d} = 0,0 \text{ MPa (dekomprese)}$$

$$M_p = N_p * e_p$$

$$0,0 = -\frac{N_p}{1,655388} + \frac{0,48782}{0,14172} - \frac{N_p * 0,28}{0,14172}$$

$$\Rightarrow N_{p,\text{nut},5} = 1,3343 \text{ MN}$$

Průřez 10

$$\sigma_{c,10,k,\text{častá}}^h = -\frac{N_p}{A_c} + \frac{M_{10,k'}}{W_h} - \frac{M_p}{W_h} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$0,0 = -\frac{N_p}{1,655388} + \frac{0,24515}{0,20637} - \frac{N_p * 0,14}{0,20637}$$

$$\Rightarrow N_{p,\text{nut},10} = 0,9263 \text{ MN}$$

Průřez 15

$$\sigma_{c,15,k,\text{častá}}^d = -\frac{N_p}{A_c} + \frac{M_{15,k'}}{W_h} - \frac{M_p}{W_h} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$M_p = N_p * e_p$$

$$0,0 = -\frac{N_p}{1,655388} + \frac{0,16328}{0,20637} - \frac{N_p * 0,14}{0,20637}$$

$$\Rightarrow N_{p,\text{nut},15} = 0,6169 \text{ MN}$$

Průřez 20

$$\sigma_{c,20,k,\text{častá}}^h = -\frac{N_p}{A_c} + \frac{M_{20,k'}}{W_h} - \frac{M_p}{W_h} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$0,0 = -\frac{N_p}{1,655388} + \frac{1,63159}{0,20637} - \frac{N_p * 0,14}{0,20637}$$

$$\Rightarrow N_{p,\text{nut},20} = 6,1647 \text{ MN}$$

Průřez 25

$$\sigma_{c,25,k,\text{častá}}^d = -\frac{N_p}{A_c} + \frac{M_{25,k'}}{W_d} - \frac{M_p}{W_d} = 0,0 \text{ MPa (dekomprese)}$$

$$M_p = N_p * e_p$$

$$0,0 = -\frac{N_p}{1,655388} + \frac{1,68407}{0,14172} - \frac{N_p * 0,28}{0,14172}$$

$$\Rightarrow N_{p,\text{nut},25} = 4,6062 \text{ MN}$$

Uvažujeme maximální napětí v předpínací výztuži:

$$\sigma_{p,\text{max}} = \min(0,8 * f_{pk}; 0,9 * f_{p0,1k}) = \min(0,8 * 1860; 0,9 * 1636) = 1472 \text{ MPa}$$

Na konci životnosti předpokládáme ztráty dosahující 25%

$$\sigma_{p,100 \text{ let}} = 0,75 * 1472 = 1104 \text{ MPa}$$

A z toho vyplývá nutná plocha předpínací výztuže:

$$A_{p,\text{nut},5} = \frac{N_{p,\text{nut},5}}{\sigma_{p,100 \text{ let}}} = \frac{1,3343 * 10^6}{1104} = 1208,6 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,\text{nut},10} = \frac{N_{p,\text{nut},10}}{\sigma_{p,100 \text{ let}}} = \frac{0,9263 * 10^6}{1104} = 839,1 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,nut,15} = \frac{N_{p,nut,15}}{\sigma_{p,100 \text{ let}}} = \frac{0,6169 * 10^6}{1104} = 558,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,nut,20} = \frac{N_{p,nut,20}}{\sigma_{p,100 \text{ let}}} = \frac{6,1647 * 10^6}{1104} = 5584 \text{ mm}^2$$

$$A_{p,nut,25} = \frac{N_{p,nut,25}}{\sigma_{p,100 \text{ let}}} = \frac{4,6062 * 10^6}{1104} = 4172,3 \text{ mm}^2$$

Předpínací výztuž se skládá z lan, jejichž průměr je 15,7 mm a plocha jednoho 150 mm². Nutný počet lan v jednotlivých průřezech bude:

$$n_{p,nut,5} = \frac{1208,6}{150} = 8,1 \text{ ks}$$

$$n_{p,nut,10} = \frac{839,1}{150} = 5,6 \text{ ks}$$

$$n_{p,nut,15} = \frac{558,8}{150} = 3,8 \text{ ks}$$

$$n_{p,nut,20} = \frac{5584}{150} = 37,2 \text{ ks}$$

$$n_{p,nut,25} = \frac{4172,3}{150} = 27,8 \text{ ks}$$

Navrhují: 2 průběžné kabely z 8 lan

V průřezu 20 budou 4 příložky z 8 lan v délce 3 m

V průřezu 25 budou 2 příložky z 8 lan v délce 11 m

Ve všech řezech bude nutné upravit excentricitu, aby nedocházelo k přemáhání konstrukce.

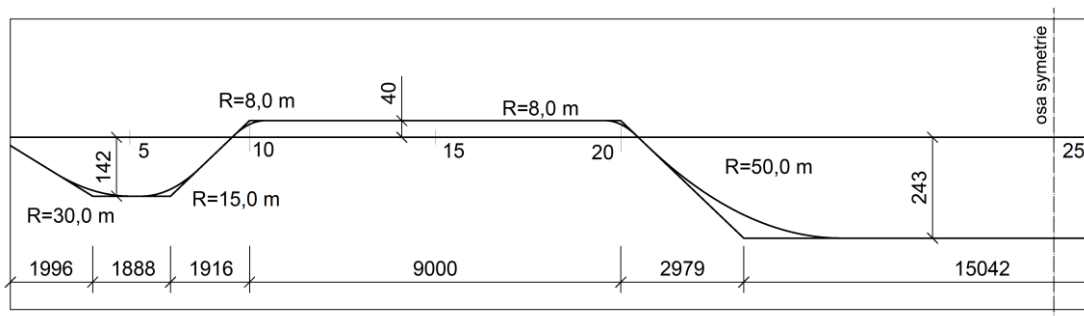
$$e_{d,5} = e_{p,5} * [8,1/(2 * 8)] = 142 \text{ mm}$$

$$e_{d,10} = e_{p,10} * [5,6/(2 * 8)] = 49 \text{ mm}$$

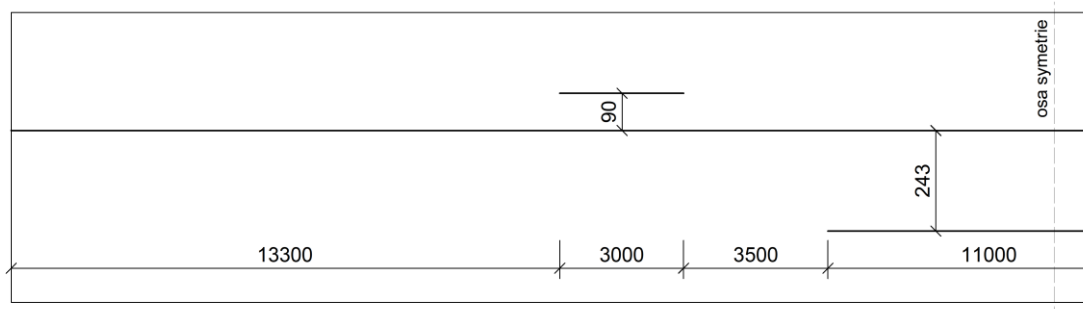
$$e_{d,15} = e_{p,15} * [3,8/(2 * 8)] = 33 \text{ mm}$$

$$e_{d,20} = e_{p,20} * [37,2/(6 * 8)] = 109 \text{ mm}$$

$$e_{d,25} = e_{p,25} * [27,8/(4 * 8)] = 243 \text{ mm}$$



Obrázek 136: Předběžný návrh tečnového polygonu předpínacího kabelu.



Obrázek 137: Schéma rozmístění příložek.

V řezech 10 a 20 je rozdíl mezi hodnotou momentu a normálové síly vlevo a vpravo, a proto jsem uvažovala s takovými, které vyvolávají horší účinek.

Řez	Vnesení předpětí		Konec životnosti	
	$M_{p,0}$ [MNm]	$N_{p,0}$ [MN]	$M_{p,up}$ [MNm]	$N_{p,up}$ [MN]
5	-0,5208	0,0000	-0,3906	0,0000
10	-0,0088	0,0998	-0,0066	0,0998
15	0,3807	0,0998	0,2855	0,0998
20	1,2487	0,2471	0,9365	0,2471
25	-0,8983	0,2471	-0,6737	0,2471

Tabulka 22: Ohybové momenty a normálové síly vyvolané předpětím na mostovce.

4.2.3. Výztuž vzpěr

V předběžném posouzení v kapitole 4.1.8. Návrh výztuže a posouzení MSÚ jsem se dopustila drobné nepřesnosti v hodnotě krytí, jež jsem použila, proto zde uvádím jeho výpočet, který považuji za správný.

Vypočítám jej podle [25] následovně:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$$

$$c_{min} = \max(20 \text{ mm}; 55 + 0 - 0 - 0; 10 \text{ mm}) = 55 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 55 + 10 = 65 \text{ mm}$$

Výztuž vzpěr budu navrhovat na hodnoty vnitřních sil v tabulce 23.

Kombinace MSÚ		My [kNm]		N [kN]	
		vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3	vzpěra 1 a 4	vzpěra 2 a 3
max	6.10a	38,59	-138,22	-249,89	-1510,13
	6.10b	45,25	-109,19	-185,68	-1275,17
max		45,25	-109,19	-185,68	-1275,17
min	6.10a	-166,35	-283,55	-554,93	-2109,38
	6.10b	-159,68	-254,53	-490,72	-1874,41
min		-166,35	-283,55	-554,93	-2109,38

Tabulka 23: Návrhové ohybové momenty a normálové síly na vzpěrách od jednotlivých kombinací MSÚ.

Vzpěra 1 (4)

Při návrhu a posouzení výztuže budu vycházet z návrhu pro obdélníkový průřez, jehož výztuž je rozmístěna po celém obvodu a je zatížen kombinací ohybového momentu a normálové síly. Předpětí mostovky nevyvolává, rozhodující hodnoty vnitřních sil, proto si dovoluji je do návrhu nezapočítat a při posouzení se budu snažit, aby využití ještě dovolilo drobnou rezervu, která je bude schopna pokrýt.

$$M_{Ed} = -166,35 \text{ kNm} \quad N_{Ed} = -554,93 \text{ kN}$$

Poměrná hodnota normálové síly:

$$\frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{554,93 \cdot 10^3}{750 \cdot 450 \cdot 20} = 0,0822$$

Poměrná hodnota ohybového momentu:

$$\frac{M_{Ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{166,35 \cdot 10^6}{750 \cdot 450^2 \cdot 20} = 0,0548$$

Poměrná hodnota vzdálenosti těžiště výztuže od okraje průřezu:

$$\frac{d_1}{h} = \frac{d_2}{h} = \frac{55}{450} = 0,12\bar{2}$$

=> nomogram 12.5

Odečtená hodnota z nomogramu $\omega = 0,1$

Plocha výztuže v průřezu:

$$A_{s,req} = \frac{\omega \cdot b \cdot h \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,1 \cdot 750 \cdot 450 \cdot 20}{435} = 1552 \text{ mm}^2$$

Je nutné zkontrolovat konstrukční zásady:

$$A_{s,min} = \max\left(\frac{0,1 \cdot N_{Ed}}{f_{yd}}; 0,001 \cdot A_c\right) = \max(127,6; 337,5) = 337,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 450 \cdot 750 = 13500 \text{ mm}^2$$

$$\underline{\text{Navrhují } 8 \times \varnothing 20} \quad A_{s,1} = \pi * 10^2 = 100\pi \doteq 314 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{prov}} = 8 * 314 = 2512 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{min}} = 337,5 \text{ mm}^2 \leq A_{s,\text{prov}} = 2512 \text{ mm}^2 \leq A_{s,\text{max}} = 13500 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Vzpěra 2 (3)

$$M_{\text{Ed}} = -283,55 \text{ kNm}$$

$$N_{\text{Ed}} = -2109,38 \text{ kN}$$

Poměrná hodnota normálové síly:

$$\frac{N_{\text{Ed}}}{b * h * f_{\text{cd}}} = \frac{2109,38 * 10^3}{750 * 450 * 20} = 0,313$$

Poměrná hodnota ohybového momentu:

$$\frac{M_{\text{Ed}}}{b * h^2 * f_{\text{cd}}} = \frac{283,55 * 10^6}{750 * 450^2 * 20} = 0,093$$

Poměrná hodnota vzdálenosti těžiště výztuže od okraje průřezu:

$$\frac{d_1}{h} = \frac{d_2}{h} = \frac{55}{450} = 0,12\bar{2}$$

=> nomogram 12.5

Odečtená hodnota z nomogramu $\omega = 0,1$

Plocha výztuže v průřezu:

$$A_{s,\text{req}} = \frac{\omega * b * h * f_{\text{cd}}}{f_{\text{yd}}} = \frac{0,1 * 750 * 450 * 20}{435} = 1552 \text{ mm}^2$$

Je nutné zkontrolovat konstrukční zásady:

$$A_{s,\text{min}} = \max\left(\frac{0,1 * N_{\text{Ed}}}{f_{\text{yd}}}; 0,001 * A_c\right) = \max(485; 337,5) = 485 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{max}} = 0,04 * A_c = 0,04 * 450 * 750 = 13500 \text{ mm}^2$$

$$\underline{\text{Navrhují } 8 \times \varnothing 20} \quad A_{s,1} = \pi * 10^2 = 100\pi \doteq 314 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{prov}} = 8 * 314 = 2512 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,\text{min}} = 485 \text{ mm}^2 \leq A_{s,\text{prov}} = 2512 \text{ mm}^2 \leq A_{s,\text{max}} = 13500 \text{ mm}^2$$

Vyhovuje

Jak je z výpočtu zřejmé všechny vzpěry budou vyztuženy $8 \times \varnothing 20$ mm. Minimální požadavek na plochu výztuže by splnil i nižší počet prutů, ovšem uvažují s obdélníkovým průřezem symetricky vyztuženým podél všech stran, a proto nepřichází v úvahu návrh $7 \times \varnothing 20$ mm. Navíc pokud bychom vyztužily průřez 6 pruty, tak by i v případě kratší strany vycházela příliš velká vzdálenost mezi nimi.

4.2.4. Posouzení MSP

Mostovka

V posouzení MSP je nutné určit si některé základní hodnoty. V případě charakteristické kombinace zatížení omezíme tlakovou hodnotu napětí v betonu následovně:

$$0,6 * f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

Tu využijeme při posouzení v provozním stavu. Podobně tomu bude i v případě kvazistálé kombinace, která má ovšem hodnotu nižší:

$$0,45 * f_{ck} = 13,5 \text{ MPa}$$

V době vnesení předpětí budeme potřebovat určit hodnotu pevnosti v 7 dnech stáří betonu.

$$f_{ck}(7) = f_{cm}(7) - 8,0 = \beta_{cc}(7) * f_{cm} - 8,0 = 0,819 * 38 - 8,0 = 23,122 \text{ MPa}$$

Omezíme ji stejně jako v provozním stavu:

$$0,6 * f_{ck}(7) = 13,867 \text{ MPa}$$

$$0,45 * f_{ck}(7) = 10,4 \text{ MPa}$$

Vnitřní síly od jednotlivých kombinací můžeme nalézt v tabulce č. 24.

Kombinace MSP	My [MNm]	pr. 5 (45)	pr. 10 (40)	pr. 15 (35)	pr. 20 (30)	pr. 25
		charakteristická	max	0,4325	0,4725	0,0125
	min	-0,1991	-0,7532	-0,4126	-1,8753	0,8585
častá	max	0,3728	0,2968	-0,3450	-1,1615	1,4541
	min	-0,0601	-0,4752	-0,3933	-1,8616	0,9138
kvazistálá	max	0,2813	0,2076	-0,0896	-1,2118	1,1038
	min	-0,0053	-0,3655	-0,2507	-1,3830	0,9345

Tabulka 24: Vnitřní síly od kombinací MSP.

Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu - čas vnesení předpětí
charakteristická kombinace zatížení, M_{max} , posouzení na omezení šířky trhlin

$\sigma_{c,i,0}^h =$	$-\frac{N_{p,0}}{A_c}$	$-\frac{M_{char,max}}{W_h}$	$+\frac{M_{p,0}}{W_h}$			
$\sigma_{c,i,0}^d =$	$-\frac{N_{p,0}}{A_c}$	$+\frac{M_{char,max}}{W_d}$	$-\frac{M_{p,0}}{W_d}$			
$\sigma_{c,5}^h =$	$\frac{0,00000}{1,65540}$	$-\frac{0,43249}{0,20636}$	$+\frac{0,52083}{0,20636}$	$=$	0,428	< 13,87 MPa OK
$\sigma_{c,5}^d =$	$\frac{0,00000}{1,65540}$	$+\frac{0,43249}{0,14172}$	$-\frac{0,52083}{0,14172}$	$=$	-0,623	< 13,87 MPa OK
$\sigma_{c,10}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$-\frac{0,47250}{0,20636}$	$+\frac{0,00876}{0,20636}$	$=$	-2,187	< 13,87 MPa OK
$\sigma_{c,10}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$+\frac{0,47250}{0,14172}$	$-\frac{0,00876}{0,14172}$	$=$	3,332	< 13,87 MPa OK
$\sigma_{c,15}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$-\frac{0,01254}{0,20636}$	$-\frac{0,38071}{0,20636}$	$=$	-1,845	< 13,87 MPa OK
$\sigma_{c,15}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$-\frac{0,01254}{0,14172}$	$-\frac{0,38071}{0,14172}$	$=$	-2,715	< 13,87 MPa OK
$\sigma_{c,20}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$+\frac{1,08897}{0,20636}$	$-\frac{1,24866}{0,20636}$	$=$	-0,625	< 13,87 MPa OK
$\sigma_{c,20}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$-\frac{1,08897}{0,14172}$	$+\frac{1,24866}{0,14172}$	$=$	1,276	< 13,87 MPa OK
$\sigma_{c,25}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$-\frac{1,47438}{0,20636}$	$+\frac{0,89827}{0,20636}$	$=$	-2,642	< 13,87 MPa OK
$\sigma_{c,25}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$+\frac{1,47438}{0,14172}$	$-\frac{0,89827}{0,14172}$	$=$	4,214	< 13,87 MPa OK

charakteristická kombinace zatížení, M_{\min} , posouzení na omezení šířky trhlin

$\sigma_{c,i,0}^h =$	$-\frac{N_{p,0}}{A_c}$	$-\frac{M_{char,min}}{W_h}$	$+\frac{M_{p,0}}{W_h}$				
$\sigma_{c,i,0}^d =$	$-\frac{N_{p,0}}{A_c}$	$+\frac{M_{char,min}}{W_d}$	$-\frac{M_{p,0}}{W_d}$				
$\sigma_{c,5}^h =$	$\frac{0,00000}{1,65540}$	$+\frac{0,19910}{0,20636}$	$+\frac{0,52083}{0,20636}$	$=$	3,489	$<$	13,87 MPa OK
$\sigma_{c,5}^d =$	$\frac{0,00000}{1,65540}$	$-\frac{0,19910}{0,14172}$	$-\frac{0,52083}{0,14172}$	$=$	-5,080	$<$	13,87 MPa OK
$\sigma_{c,10}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$+\frac{0,75316}{0,20636}$	$+\frac{0,00876}{0,20636}$	$=$	3,752	$<$	13,87 MPa OK
$\sigma_{c,10}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$-\frac{0,75316}{0,14172}$	$-\frac{0,00876}{0,14172}$	$=$	-5,316	$<$	13,87 MPa OK
$\sigma_{c,15}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$+\frac{0,41260}{0,20636}$	$-\frac{0,38071}{0,20636}$	$=$	-3,784	$<$	13,87 MPa OK
$\sigma_{c,15}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$-\frac{0,41260}{0,14172}$	$+\frac{0,38071}{0,14172}$	$=$	-0,165	$<$	13,87 MPa OK
$\sigma_{c,20}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$+\frac{1,87529}{0,20636}$	$-\frac{1,24866}{0,20636}$	$=$	3,186	$<$	13,87 MPa OK
$\sigma_{c,20}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$-\frac{1,87529}{0,14172}$	$+\frac{1,24866}{0,14172}$	$=$	-4,272	$<$	13,87 MPa OK
$\sigma_{c,25}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$-\frac{0,85849}{0,20636}$	$+\frac{0,89827}{0,20636}$	$=$	0,342	$<$	13,87 MPa OK
$\sigma_{c,25}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$+\frac{0,85849}{0,14172}$	$-\frac{0,89827}{0,14172}$	$=$	-0,131	$<$	13,87 MPa OK

kvazistálá kombinace zatížení, M_{max} , posouzení lineární dotvarování

$\sigma_{c,i,0}^h =$	$-\frac{N_{p,0}}{A_c} - \frac{M_{kv,max}}{W_h} + \frac{M_{p,0}}{W_h}$				
$\sigma_{c,i,0}^d =$	$-\frac{N_{p,0}}{A_c} + \frac{M_{kv,max}}{W_d} - \frac{M_{p,0}}{W_d}$				
$\sigma_{c,5}^h =$	$\frac{0,00000}{1,65540} - \frac{0,28127}{0,20636} + \frac{0,52083}{0,20636} =$	1,161	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,5}^d =$	$\frac{0,00000}{1,65540} + \frac{0,28127}{0,14172} - \frac{0,52083}{0,14172} =$	-1,690	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,10}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540} - \frac{0,20758}{0,20636} + \frac{0,00876}{0,20636} =$	-0,903	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,10}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540} + \frac{0,20758}{0,14172} - \frac{0,00876}{0,14172} =$	1,463	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,15}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540} + \frac{0,08962}{0,20636} - \frac{0,38071}{0,20636} =$	-1,350	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,15}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540} - \frac{0,08962}{0,14172} + \frac{0,38071}{0,14172} =$	2,114	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,20}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540} + \frac{1,21180}{0,20636} - \frac{1,24866}{0,20636} =$	-0,029	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,20}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540} - \frac{1,21180}{0,14172} + \frac{1,24866}{0,14172} =$	0,409	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,25}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540} - \frac{1,10379}{0,20636} + \frac{0,89827}{0,20636} =$	-0,847	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,25}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540} + \frac{1,10379}{0,14172} - \frac{0,89827}{0,14172} =$	1,599	<	10,40 MPa	OK

kvazistálá kombinace zatížení, M_{\min}

$\sigma_{c,i,0}^h =$	$-\frac{N_{p,0}}{A_c} - \frac{M_{kv,max}}{W_h} + \frac{M_{p,0}}{W_h}$				
$\sigma_{c,i,0}^d =$	$-\frac{N_{p,0}}{A_c} + \frac{M_{kv,max}}{W_d} - \frac{M_{p,0}}{W_d}$				
$\sigma_{c,5}^h =$	$\frac{0,00000}{1,65540} + \frac{0,00525}{0,20636} + \frac{0,52083}{0,20636} =$	2,549	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,5}^d =$	$\frac{0,00000}{1,65540} - \frac{0,00525}{0,14172} - \frac{0,52083}{0,14172} =$	-3,712	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,10}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540} + \frac{0,36546}{0,20636} + \frac{0,00876}{0,20636} =$	1,874	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,10}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540} - \frac{0,36546}{0,14172} - \frac{0,00876}{0,14172} =$	-2,580	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,15}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540} + \frac{0,25068}{0,20636} - \frac{0,38071}{0,20636} =$	-0,570	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,15}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540} - \frac{0,25068}{0,14172} + \frac{0,38071}{0,14172} =$	0,978	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,20}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540} + \frac{1,38300}{0,20636} - \frac{1,24866}{0,20636} =$	0,800	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,20}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540} - \frac{1,38300}{0,14172} + \frac{1,24866}{0,14172} =$	-0,799	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,25}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540} - \frac{0,93450}{0,20636} + \frac{0,89827}{0,20636} =$	-0,026	<	10,40 MPa	OK
$\sigma_{c,25}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540} + \frac{0,93450}{0,14172} - \frac{0,89827}{0,14172} =$	0,405	<	10,40 MPa	OK

častá kombinace zatížení, M_{max} , posouzení na dekompresi

$\sigma_{c,i,0}^h =$	$-\frac{N_{p,0}}{A_c}$	$-\frac{M_{\check{c}ast,max}}{W_h}$	$+\frac{M_{p,0}}{W_h}$				
$\sigma_{c,i,0}^d =$	$-\frac{N_{p,0}}{A_c}$	$+\frac{M_{\check{c}ast,max}}{W_d}$	$-\frac{M_{p,0}}{W_d}$				
$\sigma_{c,5}^h =$	$\frac{0,00000}{1,65540}$	$-\frac{0,37282}{0,20636}$	$+\frac{0,52083}{0,20636}$	$= 0,717$	$<$	$0,00$	MPa KO
$\sigma_{c,5}^d =$	$\frac{0,00000}{1,65540}$	$+\frac{0,37282}{0,14172}$	$-\frac{0,52083}{0,14172}$	$= -1,044$	$<$	$0,00$	MPa OK
$\sigma_{c,10}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$-\frac{0,29685}{0,20636}$	$+\frac{0,00876}{0,20636}$	$= -1,336$	$<$	$0,00$	MPa OK
$\sigma_{c,10}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$+\frac{0,29685}{0,14172}$	$-\frac{0,00876}{0,14172}$	$= 2,093$	$<$	$0,00$	MPa KO
$\sigma_{c,15}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$+\frac{0,34500}{0,20636}$	$-\frac{0,38071}{0,20636}$	$= -0,113$	$<$	$0,00$	MPa OK
$\sigma_{c,15}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$-\frac{0,34500}{0,14172}$	$+\frac{0,38071}{0,14172}$	$= 0,312$	$<$	$0,00$	MPa KO
$\sigma_{c,20}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$+\frac{1,16152}{0,20636}$	$-\frac{1,24866}{0,20636}$	$= -0,273$	$<$	$0,00$	MPa OK
$\sigma_{c,20}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$-\frac{1,16152}{0,14172}$	$+\frac{1,24866}{0,14172}$	$= 0,764$	$<$	$0,00$	MPa KO
$\sigma_{c,25}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$-\frac{1,45407}{0,20636}$	$+\frac{0,89827}{0,20636}$	$= -2,544$	$<$	$0,00$	MPa OK
$\sigma_{c,25}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$+\frac{1,45407}{0,14172}$	$-\frac{0,89827}{0,14172}$	$= 4,071$	$<$	$0,00$	MPa KO

častá kombinace zatížení, M_{\min} , posouzení na dekompresi

$$\sigma_{c,i,0}^h = -\frac{N_{p,0}}{A_c} - \frac{M_{\text{čast,min}}}{W_h} + \frac{M_{p,0}}{W_h}$$

$$\sigma_{c,i,0}^d = -\frac{N_{p,0}}{A_c} + \frac{M_{\text{čast,min}}}{W_d} - \frac{M_{p,0}}{W_d}$$

$$\sigma_{c,5}^h = \frac{0,00000}{1,65540} + \frac{0,06009}{0,20636} + \frac{0,52083}{0,20636} = 2,815 < 0,00 \text{ MPa KO}$$

$$\sigma_{c,5}^d = \frac{0,00000}{1,65540} - \frac{0,06009}{0,14172} - \frac{0,52083}{0,14172} = -4,099 < 0,00 \text{ MPa OK}$$

$$\sigma_{c,10}^h = \frac{0,09975}{1,65540} + \frac{0,47515}{0,20636} + \frac{0,00876}{0,20636} = 2,405 < 0,00 \text{ MPa KO}$$

$$\sigma_{c,10}^d = \frac{0,09975}{1,65540} - \frac{0,47515}{0,14172} - \frac{0,00876}{0,14172} = -3,354 < 0,00 \text{ MPa OK}$$

$$\sigma_{c,15}^h = \frac{0,09975}{1,65540} + \frac{0,39328}{0,20636} - \frac{0,38071}{0,20636} = 0,121 < 0,00 \text{ MPa KO}$$

$$\sigma_{c,15}^d = \frac{0,09975}{1,65540} - \frac{0,39328}{0,14172} + \frac{0,38071}{0,14172} = -0,028 < 0,00 \text{ MPa OK}$$

$$\sigma_{c,20}^h = \frac{0,24708}{1,65540} + \frac{1,86159}{0,20636} - \frac{1,24866}{0,20636} = 3,119 < 0,00 \text{ MPa KO}$$

$$\sigma_{c,20}^d = \frac{0,24708}{1,65540} - \frac{1,86159}{0,14172} + \frac{1,24866}{0,14172} = -4,176 < 0,00 \text{ MPa OK}$$

$$\sigma_{c,25}^h = \frac{0,24708}{1,65540} - \frac{0,91378}{0,20636} + \frac{0,89827}{0,20636} = 0,074 < 0,00 \text{ MPa KO}$$

$$\sigma_{c,25}^d = \frac{0,24708}{1,65540} + \frac{0,91378}{0,14172} - \frac{0,89827}{0,14172} = 0,259 < 0,00 \text{ MPa KO}$$

Výpočet a posouzení normálových napětí v betonu - čas na konci životnosti
charakteristická kombinace zatížení, M_{max} , posouzení na omezení šířky trhlin

$\sigma_{c,i,kz}^h =$	$-\frac{N_{p,up}}{A_c}$	$-\frac{M_{char,max}}{W_h}$	$+\frac{M_{p,up}}{W_h}$				
$\sigma_{c,i,kz}^d =$	$-\frac{N_{p,up}}{A_c}$	$+\frac{M_{char,max}}{W_d}$	$-\frac{M_{p,up}}{W_d}$				
$\sigma_{c,5}^h =$	$\frac{0,00000}{1,65540}$	$-\frac{0,43249}{0,20636}$	$+\frac{0,39062}{0,20636}$	$=$	$-0,203$	$<$	$18,00 \text{ MPa OK}$
$\sigma_{c,5}^d =$	$\frac{0,00000}{1,65540}$	$+\frac{0,43249}{0,14172}$	$-\frac{0,39062}{0,14172}$	$=$	$0,295$	$<$	$18,00 \text{ MPa OK}$
$\sigma_{c,10}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$-\frac{0,47250}{0,20636}$	$+\frac{0,00657}{0,20636}$	$=$	$-2,198$	$<$	$18,00 \text{ MPa OK}$
$\sigma_{c,10}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$+\frac{0,47250}{0,14172}$	$-\frac{0,00657}{0,14172}$	$=$	$3,348$	$<$	$18,00 \text{ MPa OK}$
$\sigma_{c,15}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$-\frac{0,01254}{0,20636}$	$-\frac{0,28553}{0,20636}$	$=$	$-1,384$	$<$	$18,00 \text{ MPa OK}$
$\sigma_{c,15}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$+\frac{0,01254}{0,14172}$	$+\frac{0,28553}{0,14172}$	$=$	$2,163$	$<$	$18,00 \text{ MPa OK}$
$\sigma_{c,20}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$+\frac{1,08897}{0,20636}$	$-\frac{0,93650}{0,20636}$	$=$	$0,888$	$<$	$18,00 \text{ MPa OK}$
$\sigma_{c,20}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$-\frac{1,08897}{0,14172}$	$+\frac{0,93650}{0,14172}$	$=$	$-0,927$	$<$	$18,00 \text{ MPa OK}$
$\sigma_{c,25}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$-\frac{1,47438}{0,20636}$	$+\frac{0,67370}{0,20636}$	$=$	$-3,731$	$<$	$18,00 \text{ MPa OK}$
$\sigma_{c,25}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$+\frac{1,47438}{0,14172}$	$-\frac{0,67370}{0,14172}$	$=$	$5,799$	$<$	$18,00 \text{ MPa OK}$

charakteristická kombinace zatížení, M_{min} , posouzení na omezení šířky trhlin

$\sigma_{c,i,0}^h =$	$-\frac{N_{p,up}}{A_c}$	$-\frac{M_{char,min}}{W_h}$	$+\frac{M_{p,up}}{W_h}$				
$\sigma_{c,i,0}^d =$	$-\frac{N_{p,up}}{A_c}$	$+\frac{M_{char,min}}{W_d}$	$-\frac{M_{p,up}}{W_d}$				
$\sigma_{c,5}^h =$	$\frac{0,00000}{1,65540}$	$+\frac{0,19910}{0,20636}$	$+\frac{0,39062}{0,20636}$	$=$	2,858	$<$	18,00 MPa OK
$\sigma_{c,5}^d =$	$\frac{0,00000}{1,65540}$	$-\frac{0,19910}{0,14172}$	$-\frac{0,39062}{0,14172}$	$=$	-4,161	$<$	18,00 MPa OK
$\sigma_{c,10}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$+\frac{0,75316}{0,20636}$	$+\frac{0,00657}{0,20636}$	$=$	3,742	$<$	18,00 MPa OK
$\sigma_{c,10}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$-\frac{0,75316}{0,14172}$	$-\frac{0,00657}{0,14172}$	$=$	-5,300	$<$	18,00 MPa OK
$\sigma_{c,15}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$+\frac{0,41260}{0,20636}$	$-\frac{0,28553}{0,20636}$	$=$	0,676	$<$	18,00 MPa OK
$\sigma_{c,15}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$-\frac{0,41260}{0,14172}$	$+\frac{0,28553}{0,14172}$	$=$	-0,836	$<$	18,00 MPa OK
$\sigma_{c,20}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$+\frac{1,87529}{0,20636}$	$-\frac{0,93650}{0,20636}$	$=$	4,698	$<$	18,00 MPa OK
$\sigma_{c,20}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$-\frac{1,87529}{0,14172}$	$+\frac{0,93650}{0,14172}$	$=$	-6,475	$<$	18,00 MPa OK
$\sigma_{c,25}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$-\frac{0,85849}{0,20636}$	$+\frac{0,67370}{0,20636}$	$=$	-0,746	$<$	18,00 MPa OK
$\sigma_{c,25}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$+\frac{0,85849}{0,14172}$	$-\frac{0,67370}{0,14172}$	$=$	1,453	$<$	18,00 MPa OK

kvazistálá kombinace zatížení, M_{max} , posouzení lineární dotvarování

$\sigma_{c,i,0}^h =$	$-\frac{N_{p,up}}{A_c} - \frac{M_{kv,max}}{W_h} + \frac{M_{p,up}}{W_h}$				
$\sigma_{c,i,0}^d =$	$-\frac{N_{p,up}}{A_c} + \frac{M_{kv,max}}{W_d} - \frac{M_{p,up}}{W_d}$				
$\sigma_{c,5}^h =$	$\frac{0,00000}{1,65540} - \frac{0,28127}{0,20636} + \frac{0,39062}{0,20636} =$	0,530	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,5}^d =$	$\frac{0,00000}{1,65540} + \frac{0,28127}{0,14172} - \frac{0,39062}{0,14172} =$	-0,772	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,10}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540} - \frac{0,20758}{0,20636} + \frac{0,00657}{0,20636} =$	-0,914	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,10}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540} + \frac{0,20758}{0,14172} - \frac{0,00657}{0,14172} =$	1,479	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,15}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540} + \frac{0,08962}{0,20636} - \frac{0,28553}{0,20636} =$	-0,889	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,15}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540} - \frac{0,08962}{0,14172} + \frac{0,28553}{0,14172} =$	1,443	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,20}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540} + \frac{1,21180}{0,20636} - \frac{0,93650}{0,20636} =$	1,483	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,20}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540} - \frac{1,21180}{0,14172} + \frac{0,93650}{0,14172} =$	-1,793	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,25}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540} - \frac{1,10379}{0,20636} + \frac{0,67370}{0,20636} =$	-1,935	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,25}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540} + \frac{1,10379}{0,14172} - \frac{0,67370}{0,14172} =$	3,184	<	13,50 MPa	OK

kvazistálá kombinace zatížení, M_{\min}

$\sigma_{c,i,0}^h =$	$-\frac{N_{p,up}}{A_c} - \frac{M_{kv,max}}{W_h} + \frac{M_{p,up}}{W_h}$				
$\sigma_{c,i,0}^d =$	$-\frac{N_{p,up}}{A_c} + \frac{M_{kv,max}}{W_d} - \frac{M_{p,up}}{W_d}$				
$\sigma_{c,5}^h =$	$\frac{0,00000}{1,65540} + \frac{0,00525}{0,20636} + \frac{0,39062}{0,20636} =$	1,918	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,5}^d =$	$\frac{0,00000}{1,65540} - \frac{0,00525}{0,14172} - \frac{0,39062}{0,14172} =$	-2,793	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,10}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540} + \frac{0,36546}{0,20636} + \frac{0,00657}{0,20636} =$	1,863	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,10}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540} - \frac{0,36546}{0,14172} - \frac{0,00657}{0,14172} =$	-2,565	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,15}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540} + \frac{0,25068}{0,20636} - \frac{0,28553}{0,20636} =$	-0,109	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,15}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540} - \frac{0,25068}{0,14172} + \frac{0,28553}{0,14172} =$	0,306	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,20}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540} + \frac{1,38300}{0,20636} - \frac{0,93650}{0,20636} =$	2,313	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,20}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540} - \frac{1,38300}{0,14172} + \frac{0,93650}{0,14172} =$	-3,001	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,25}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540} - \frac{0,93450}{0,20636} + \frac{0,67370}{0,20636} =$	-1,114	<	13,50 MPa	OK
$\sigma_{c,25}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540} + \frac{0,93450}{0,14172} - \frac{0,67370}{0,14172} =$	1,989	<	13,50 MPa	OK

častá kombinace zatížení, M_{max} , posouzení na dekompresi

$\sigma_{c,i,0}^h =$	$-\frac{N_{p,up}}{A_c}$	$-\frac{M_{\check{c}ast,max}}{W_h}$	$+\frac{M_{p,up}}{W_h}$				
$\sigma_{c,i,0}^d =$	$-\frac{N_{p,up}}{A_c}$	$+\frac{M_{\check{c}ast,max}}{W_d}$	$-\frac{M_{p,up}}{W_d}$				
$\sigma_{c,5}^h =$	$\frac{0,00000}{1,65540}$	$-\frac{0,37282}{0,20636}$	$+\frac{0,39062}{0,20636}$	$= 0,086$	$< 0,00$	MPa	KO
$\sigma_{c,5}^d =$	$\frac{0,00000}{1,65540}$	$+\frac{0,37282}{0,14172}$	$-\frac{0,39062}{0,14172}$	$= -0,126$	$< 0,00$	MPa	OK
$\sigma_{c,10}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$-\frac{0,29685}{0,20636}$	$+\frac{0,00657}{0,20636}$	$= -1,346$	$< 0,00$	MPa	OK
$\sigma_{c,10}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$+\frac{0,29685}{0,14172}$	$-\frac{0,00657}{0,14172}$	$= 2,108$	$< 0,00$	MPa	KO
$\sigma_{c,15}^h =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$+\frac{0,34500}{0,20636}$	$-\frac{0,28553}{0,20636}$	$= 0,348$	$< 0,00$	MPa	KO
$\sigma_{c,15}^d =$	$\frac{0,09975}{1,65540}$	$-\frac{0,34500}{0,14172}$	$+\frac{0,28553}{0,14172}$	$= -0,359$	$< 0,00$	MPa	OK
$\sigma_{c,20}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$+\frac{1,16152}{0,20636}$	$-\frac{0,93650}{0,20636}$	$= 1,240$	$< 0,00$	MPa	KO
$\sigma_{c,20}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$-\frac{1,16152}{0,14172}$	$+\frac{0,93650}{0,14172}$	$= -1,439$	$< 0,00$	MPa	OK
$\sigma_{c,25}^h =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$-\frac{1,45407}{0,20636}$	$+\frac{0,67370}{0,20636}$	$= -3,632$	$< 0,00$	MPa	OK
$\sigma_{c,25}^d =$	$\frac{0,24708}{1,65540}$	$+\frac{1,45407}{0,14172}$	$-\frac{0,67370}{0,14172}$	$= 5,656$	$< 0,00$	MPa	KO

častá kombinace zatížení, M_{min} , posouzení na dekompresi

$$\sigma_{c,i,0}^h = -\frac{N_{p,up}}{A_c} - \frac{M_{\check{c}ast,min}}{W_h} + \frac{M_{p,up}}{W_h}$$

$$\sigma_{c,i,0}^d = -\frac{N_{p,up}}{A_c} + \frac{M_{\check{c}ast,min}}{W_d} - \frac{M_{p,up}}{W_d}$$

$$\sigma_{c,5}^h = \frac{0,00000}{1,65540} + \frac{0,06009}{0,20636} + \frac{0,39062}{0,20636} = 2,184 < 0,00 \text{ MPa} \quad \text{KO}$$

$$\sigma_{c,5}^d = \frac{0,00000}{1,65540} - \frac{0,06009}{0,14172} - \frac{0,39062}{0,14172} = -3,180 < 0,00 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\sigma_{c,10}^h = \frac{0,09975}{1,65540} + \frac{0,47515}{0,20636} + \frac{0,00657}{0,20636} = 2,395 < 0,00 \text{ MPa} \quad \text{KO}$$

$$\sigma_{c,10}^d = \frac{0,09975}{1,65540} - \frac{0,47515}{0,14172} - \frac{0,00657}{0,14172} = -3,339 < 0,00 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\sigma_{c,15}^h = \frac{0,09975}{1,65540} + \frac{0,39328}{0,20636} - \frac{0,28553}{0,20636} = 0,582 < 0,00 \text{ MPa} \quad \text{KO}$$

$$\sigma_{c,15}^d = \frac{0,09975}{1,65540} - \frac{0,39328}{0,14172} + \frac{0,28553}{0,14172} = -0,700 < 0,00 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\sigma_{c,20}^h = \frac{0,24708}{1,65540} + \frac{1,86159}{0,20636} - \frac{0,93650}{0,20636} = 4,632 < 0,00 \text{ MPa} \quad \text{KO}$$

$$\sigma_{c,20}^d = \frac{0,24708}{1,65540} - \frac{1,86159}{0,14172} + \frac{0,93650}{0,14172} = -6,378 < 0,00 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\sigma_{c,25}^h = \frac{0,24708}{1,65540} - \frac{0,91378}{0,20636} + \frac{0,67370}{0,20636} = -1,014 < 0,00 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\sigma_{c,25}^d = \frac{0,24708}{1,65540} + \frac{0,91378}{0,14172} - \frac{0,67370}{0,14172} = 1,843 < 0,00 \text{ MPa} \quad \text{KO}$$

Z uvedených posudků průřezů v jednotlivých časech lze vyčíst, že pokud jde o mezní stav omezení napětí, všechny průřezy vyhovují a to jak v charakteristické, tak i v kvazistálé kombinaci v čase vnesení předpětí i na konci životnosti.

Co se týká časté kombinace zatížení už situace tak jednoznačná není. V některých průřezech dochází k vyčerpání tlakové rezervy a místy k poměrně velkému nárůstu tahového napětí. Vzhledem k tomu, že se jedná o mostní objekt je nutné dodržet podmínku dekomprese. Tzn. že v průřezu nesmí vzniknout tahové napětí.

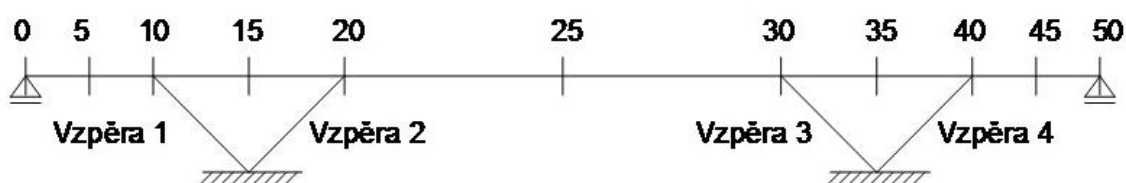
Přehodnocení postupu výpočtu

Po posouzení MSP na mostovce jsem si uvědomila, že způsob výpočtu a návrhu předpínací výztuže, který jsem zvolila v tomto případě nebyl zcela správný. Vycházela jsem při něm z vědomostí, které jsem získala v rámci výuky betonových mostů 1. V rámci tohoto předmětu jsem řešila komorový most uložený na 4 ložiskách. Konstrukce byla 2x staticky neurčitá, nikoliv však vnitřně. A to není jediný rozdíl. Při návrhu předpětí v komorovém mostu, lze využít možnosti zvýšení vneseného napětí pomocí příložek. Řešená konstrukce je rámová a šikmé vzpěry v kombinaci s mostovkou vytvářejí uzavřenou vnitřně staticky neurčitou konstrukci. Betonáž této konstrukce se realizuje najednou a vnesení napětí do předpínací výztuže bude provedeno v 7 dnech stáří betonu. Příložky by ovšem byly jen potřebné délky například uprostřed pole a po vybetonování bychom k nim ztratily přístup.

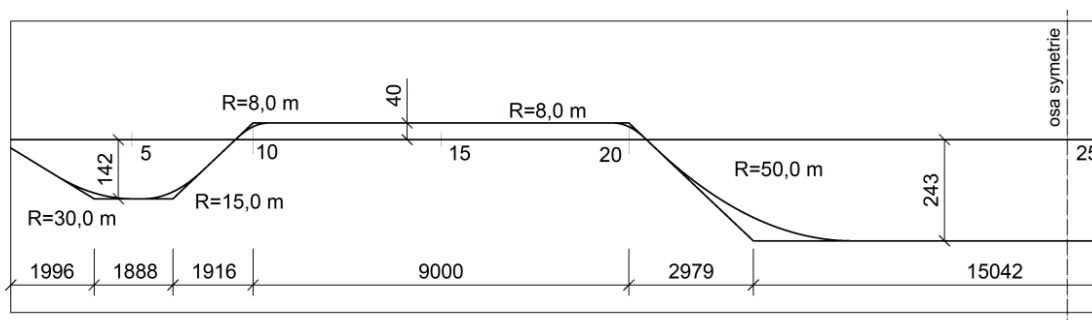
Souhrn těchto aspektů generuje řešení v podobě vnesení předpětí pouze průběžnými kabely, jejichž excentricita se vzhledem k těžišťové ose mění. Napínání bude možné realizovat pouze z jedné strany, jelikož parkovací dům již existuje a tím zabraňuje možnosti oboustranného napínání.

4.2.1. Nový návrh předpětí a posouzení MSP mostovky

Veškeré fragmenty prvotního návrhu nebyly zcela špatné. Má úvaha o vedení průběžného kabelu poslouží jako prvotní návrh a při optimalizaci jeho polohy z ní budu vycházet. Poloha kabelu je naznačena na polovině konstrukce, aby byla zachována čitelnost. Pro připomenutí polohy a označení řezů přikládám jejich rozmístění obr. 134.



Obrázek 138: Označení a poloha řezů.

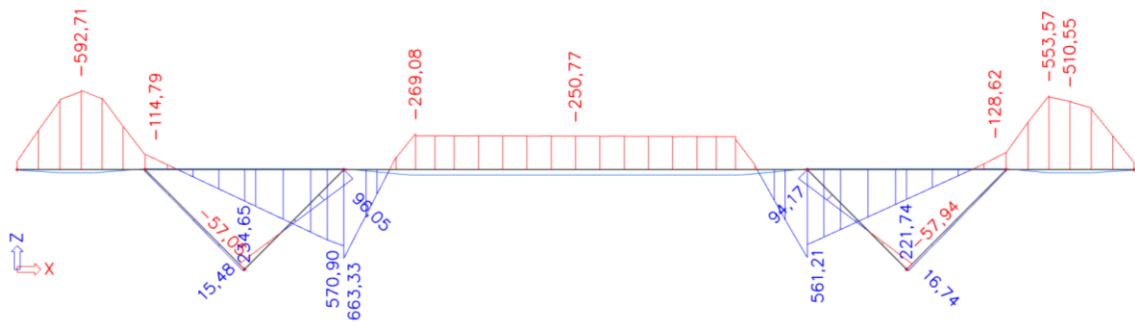


Obrázek 139: Předběžný návrh tečnového polygonu kabelu.

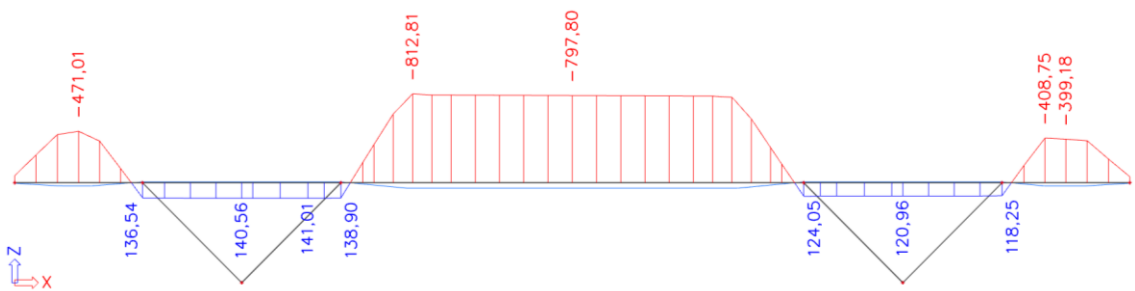
Kombinace MSP	My [MNm]	pr. 5 (45)	pr. 10 (40)	pr. 15 (35)	pr. 20 (30)	pr. 25
charakteristická	max	0,4325	0,4725	0,0125	-1,0890	1,4744
	min	-0,1991	-0,7532	-0,4126	-1,8753	0,8585
častá	max	0,3728	0,2968	-0,3450	-1,1615	1,4541
	min	-0,0601	-0,4752	-0,3933	-1,8616	0,9138
kvazistálá	max	0,2813	0,2076	-0,0896	-1,2118	1,1038
	min	-0,0053	-0,3655	-0,2507	-1,3830	0,9345

Tabulka 25: Vnitřní síly od kombinací MSP.

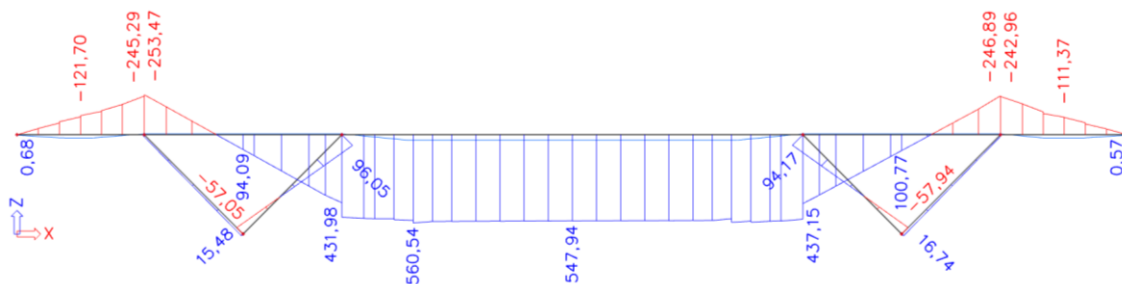
Předpětí budu pro začátek vnášet 2 kabely, každý z nich se skládá z 9 lan. Po zadání geometrie kabelu dostaneme celkový průběh momentu, což je součet primárních a sekundárních účinků předpětí. Primární účinky předpětí jsou brány na základním staticky určeném nosníku. Sekundární vznikají na staticky neurčité konstrukci, kdy je bráněno volné deformaci nosníku.



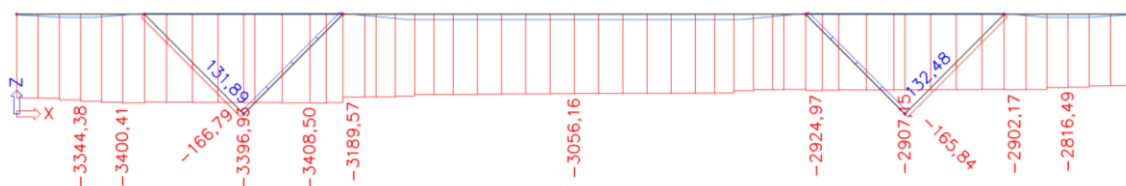
Obrázek 140: Celkový moment od předpětí [kNm].



Obrázek 141: Primární moment od předpětí [kNm].

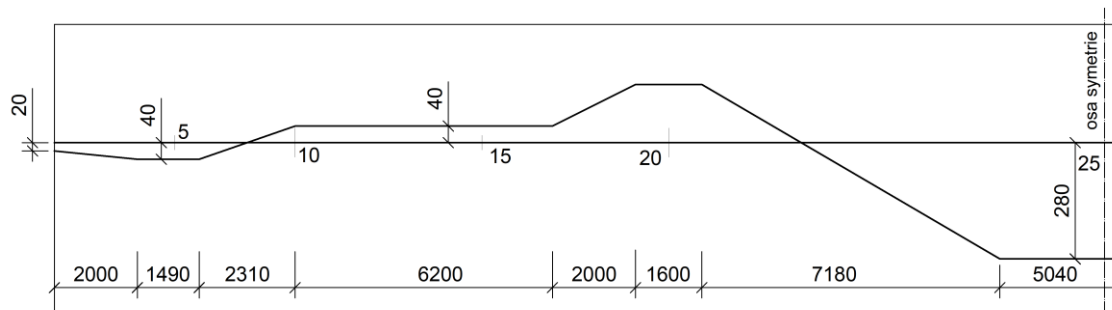


Obrázek 142: Sekundární moment od předpětí [kNm].

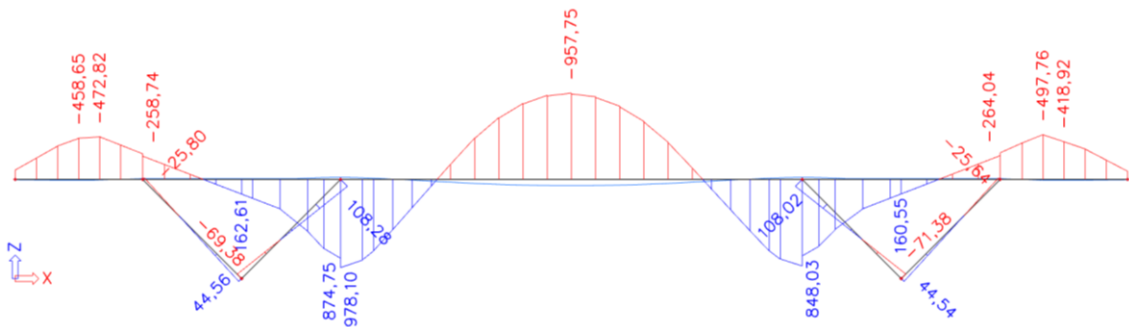


Obrázek 143: Celková normálová síla od předpětí [kN].

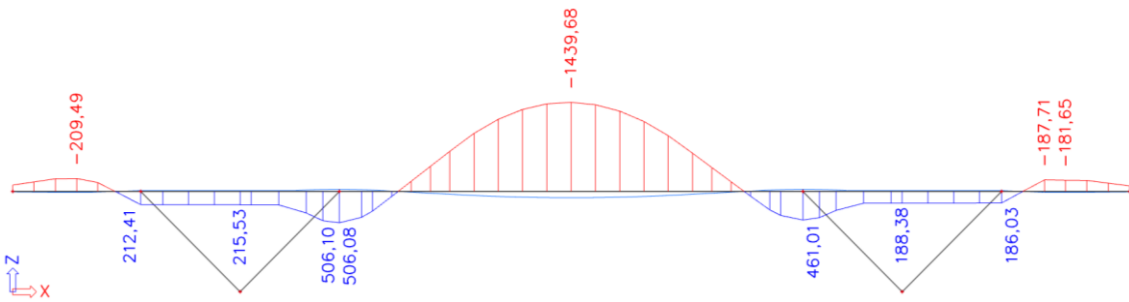
Z celkového průběhu momentu je patrné, že se mi téměř ve všech sledovaných průřezech podařilo dosáhnout momentu, který má opačné působení, než jaké vyvolává zatížení. Jediný průřez, kde je namáhání navýšeno, je č. 10 (40). Je zřejmé, že staticky neurčitá složka v tomto případě převyšuje staticky určitou, která vyvozuje kladný moment, jenž bychom zde potřebovali pomocí předpětí vyvinout. Další skutečnost, které si nelze nevšimnout je, že zakřivení kabelu probíhá na příliš krátkém úseku. Pro zvýšení účinků, zejména v řezech 20 (30) a 25, posunu body polygonu a zvětším poloměr oblouků zakřivení. Předpínací kabel působí hlavně v místech zakřivení, na přímých úsecích vnáší pouze normálovou sílu. Další úpravu, kterou vykonám, bude navýšení excentricity kabelu v řezu 20 (30) a 25. Poslední změna, kterou provedu, spočívá v počtu kabelů (ze 2 na 3 každý po 9 lanech).



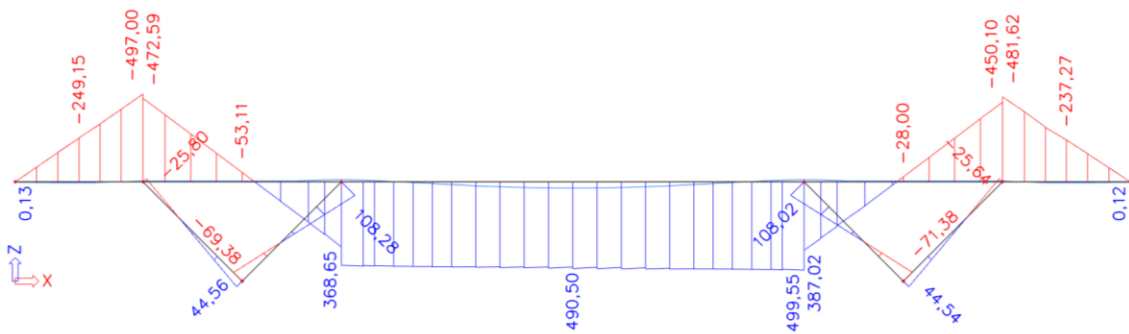
Obrázek 144: Tečnový polygon přepínacího kabelu po 1. úpravě.



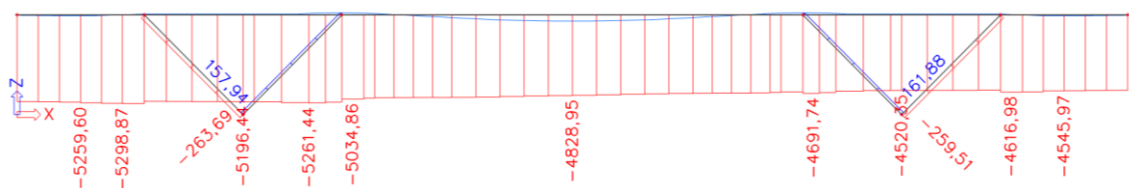
Obrázek 145: Celkový moment od předpětí po 1. úpravě [kNm].



Obrázek 146: Primární moment od předpětí po 1. úpravě [kNm].



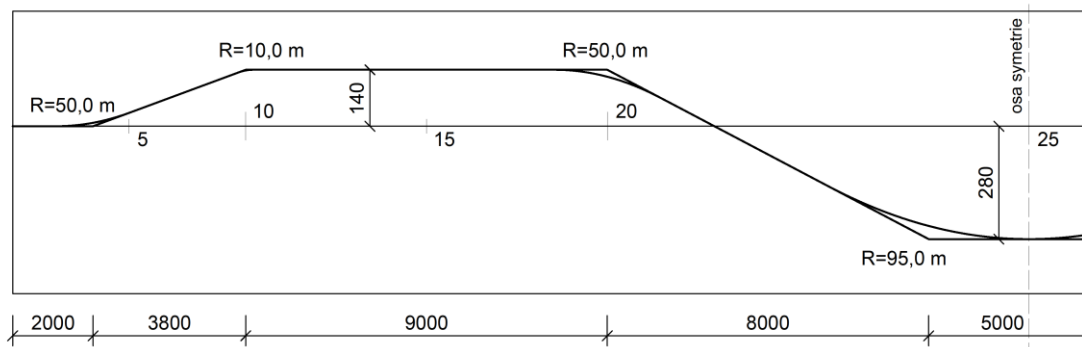
Obrázek 147: Sekundární moment od předpětí po 1. úpravě [kNm].



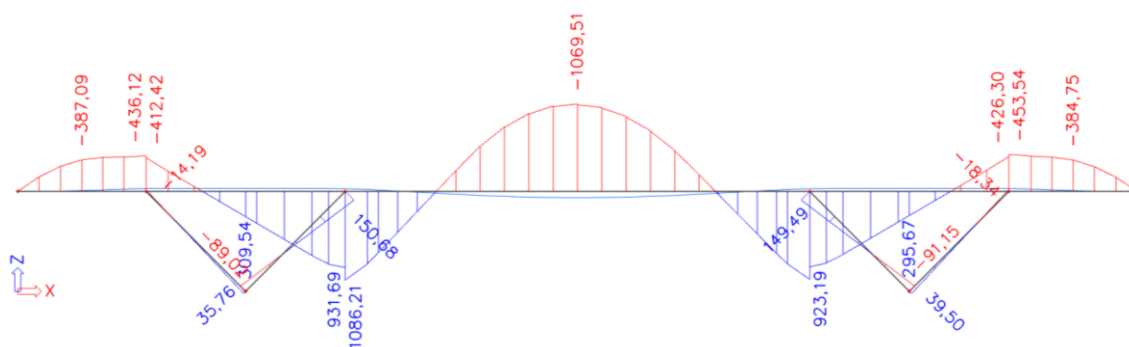
Obrázek 148: Celková normálová síla od předpětí po 1. úpravě [kN].

Celkový moment se změnil převážně tak, jak jsem uvažovala, což svědčí o tom, že již dokážu chování konstrukce předvídat, alespoň do určité míry. Jediný průřez, ve kterém jsem zatím nedokázala docílit potřebného kladného momentu od předpětí je č. 10 (40). V tomto místě pořád dochází k negativnímu namáhání od staticky neurčitého momentu, který nabývá vyšších hodnot než staticky určitý.

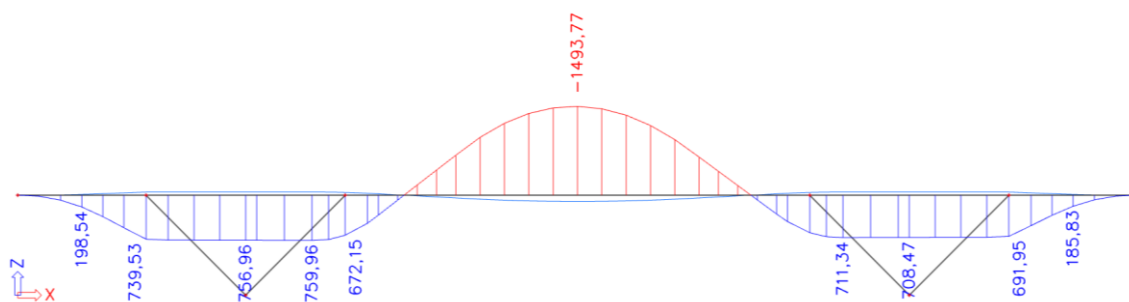
V dalším kroku optimalizace se tedy pokusím dosáhnout kladného momentu v průřezu 10 (40). Pokud bude moment pořád záporný, budu se alespoň snažit minimalizovat jeho velikost, aby při posouzení MSP došlo k vyrovnání zápornou normálovou silou.



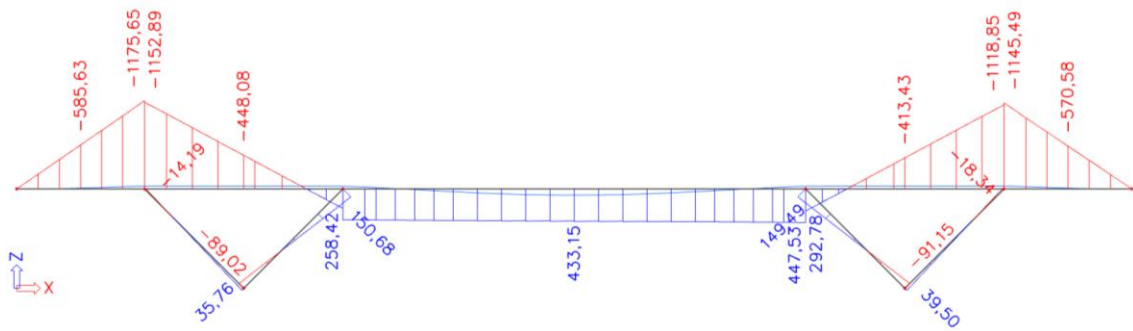
Obrázek 149: Tečnový polygon dráhy předpětí.



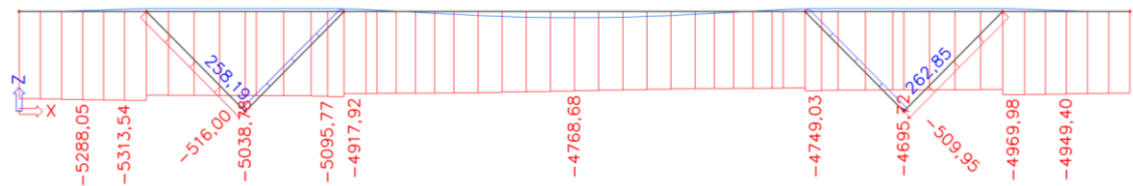
Obrázek 150: Celkový moment od předpětí po optimalizaci [kNm].



Obrázek 151: Primární moment od předpětí po optimalizaci [kNm].



Obrázek 152: Sekundární moment od předpětí po optimalizaci [kNm].



Obrázek 153: Celková normálová síla od předpětí po optimalizaci [kN].

Tečnový polygon je veden v místech 10, 20 a 25 v maximální možné excentricitě. Větší vzdálenost od těžišťové osy už není možná, protože je nutné dodržet krycí vrstvu betonářské výztuže, která se nachází nad/pod kanálky předpínací výztuže. Poloměry zakřivení jsou voleny v závislosti na účinku, který je třeba dosáhnout. V řezu 10 a 40 jsem záměrně volila malý poloměr. Když jsem jej zkusila zvětšit, moment v řezu 10 a 40 dosáhl větší záporné hodnoty. V ostatních řezech jsou poloměry tak velké, jak jen to dovoluje tečnový polygon, aby zvýšily účinek předpětí.

Posouzení mezního stavu použitelnosti budu provádět podle stejných pravidel a vztahů jako v případě prvotního návrhu předpětí. Posuzuji polovinu průřezů díky symetrii konstrukce, ale uvažuji hodnoty předpětí, které jsou méně příznivé. Jsem si vědoma zjednodušení, jenž tento úkon obnáší, avšak jsme na straně bezpečnosti.

	Charakteristická				Kvazistálá				Častá			
	M_{max}	σ_{lim}	M_{min}	σ_{lim}	M_{max}	σ_{lim}	M_{min}	σ_{lim}	M_{max}	σ_{lim}	M_{min}	σ_{lim}
$\sigma_{e,5}^h$	-3,221	OK	-0,161	OK	-2,488	OK	-1,100	OK	-2,932	OK	-0,834	OK
$\sigma_{e,5}^d$	-2,653	OK	-7,110	OK	-3,720	OK	-5,742	OK	-3,074	OK	-6,129	OK
$\sigma_{e,10}^h$	-3,094	OK	2,845	OK	-1,810	OK	0,966	OK	-2,243	OK	1,498	KO
$\sigma_{e,10}^d$	-2,869	OK	-11,517	OK	-4,738	OK	-8,781	OK	-4,108	OK	-9,555	OK
$\sigma_{e,15}^h$	-4,330	OK	-6,269	OK	-3,835	OK	-3,055	OK	-2,598	OK	-2,364	OK
$\sigma_{e,15}^d$	-5,011	OK	-3,662	OK	-1,383	OK	-2,519	OK	-3,185	OK	-3,525	OK
$\sigma_{e,20}^h$	-2,855	OK	0,955	OK	-2,260	OK	-1,431	OK	-2,504	OK	0,889	KO
$\sigma_{e,20}^d$	-2,888	OK	-8,437	OK	-3,755	OK	-4,963	OK	-3,400	OK	-8,340	OK
$\sigma_{e,25}^h$	-4,843	OK	-1,858	OK	-3,047	OK	-2,226	OK	-4,744	OK	-2,126	OK
$\sigma_{e,25}^d$	-0,024	OK	-4,370	OK	-2,639	OK	-3,833	OK	-0,167	OK	-3,980	OK

Tabulka 26: Posouzení MSP v čase vnesení předpětí.

	Charakteristická				Kvazistálá				Častá			
	M_{max}	σ_{lim}	M_{min}	σ_{lim}	M_{max}	σ_{lim}	M_{min}	σ_{lim}	M_{max}	σ_{lim}	M_{min}	σ_{lim}
$\sigma_{e,5}^h$	-2,940	OK	0,121	OK	-2,207	OK	-0,819	OK	-2,651	OK	-0,553	OK
$\sigma_{e,5}^d$	-1,227	OK	-5,683	OK	-2,294	OK	-4,316	OK	-1,648	OK	-4,703	OK
$\sigma_{e,10}^h$	-2,893	OK	3,046	OK	-1,609	OK	1,168	OK	-2,042	OK	1,699	KO
$\sigma_{e,10}^d$	-1,318	OK	-9,966	OK	-3,187	OK	-7,231	OK	-2,557	OK	-8,005	OK
$\sigma_{e,15}^h$	-3,263	OK	-1,203	OK	-2,768	OK	-1,987	OK	-1,530	OK	-1,296	OK
$\sigma_{e,15}^d$	-0,474	OK	-3,474	OK	-1,195	OK	-2,332	OK	-2,997	OK	-3,338	OK
$\sigma_{e,20}^h$	-0,822	OK	2,988	OK	-0,227	OK	0,602	OK	-0,471	OK	2,922	KO
$\sigma_{e,20}^d$	-4,087	OK	-9,636	OK	-4,954	OK	-6,162	OK	-4,599	OK	-9,539	OK
$\sigma_{e,25}^h$	-5,418	OK	-2,434	OK	-3,622	OK	-2,802	OK	-5,320	OK	-2,702	OK
$\sigma_{e,25}^d$	2,583	OK	-1,763	OK	-0,032	OK	-1,227	OK	2,440	KO	-1,373	OK

Tabulka 27: Posouzení MSP v čase na konci životnosti.

Mohu konstatovat, že skoro všechny průřezy vyhověly. Nevyhověl průřez 10 v horních vláknech a tento problém by se mohl vyřešit přidáním dalšího kabelu. Vznikla by tak větší normálová síla a mělo by dojít k vytvoření tlakové rezervy. Bylo by ovšem nutné sledovat, aby nedošlo ke vnesení příliš velké normálové síly a ta v jiných průřezích nevyvolala příliš vysoké hodnoty tlakového napětí. Pokud by k tomu došlo, snížil by se počet lan z 9 na 7 při současném zachování 4 ks kabelů. Plocha předpínací výztuže by se při změně ze 3 kabelů o 9 lanech na 4 kabely o 7 lanech i tak zvýšila. Toto řešení by mohlo pomoci i průřezům 20 a 25, které na konci životnosti také nevyhověly.

Posouzení MSP je u mostních objektů rozhodující pro zachování trvanlivosti konstrukce. Posouzení MSÚ by v případech, kdy vyhoví MSP, mělo také vyhovět.

Jelikož jsou všechny vzpěry stejného průřezu a stejně vyztužené budou posuzovat vzpěru 2, protože je spolu se vzpěrou 3 nejvíce namáhána. Posouzení provedu pomocí interakčního diagramu.

4.2.1. Posouzení MSÚ

Vzpěra 2 (3)

Jelikož jsou všechny vzpěry stejného průřezu a stejně vyztužené budou posuzovat vzpěru 2, protože je spolu se vzpěrou 3 nejvíce namáhána. Posouzení provedu pomocí interakčního diagramu.

Interakční diagram

$$z_s = 0,5 * (h - 2c - 2\phi_{sw} - \phi) = 0,5 * (450 - 2 * 65 - 2 * 10 - 20) = 140 \text{ mm}$$

$$d_1 = 0,5 * h - z_s = 0,5 * 450 - 140 = 85 \text{ mm}$$

Bod 0 - dostředný tlak

$$N_{Rd,0} = b * h * f_{cd} + A_{s1} * \sigma_s = 450 * 750 * 20 + 2512 * 400 = 7754,8 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,0} = 0 \text{ kNm}$$

Bod 1 - nulové přetvoření tažené výztuže

$$N_{Rd,1} = 0,8 * b * d * f_{cd} + A_{s2} * f_{yd} = 0,8 * 750 * 365 * 20 + 1256 * 435 = 4926,4 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,0} = 0,8 * b * d * f_{cd} * \left(\frac{h}{2} - 0,4 * d\right) + A_{s2} * f_{yd} * z_{s2} =$$

$$= 0,8 * 750 * 365 * 20 * \left(\frac{450}{2} - 0,4 * 365\right) + 1256 * 435 * 140 = 422,5 \text{ kNm}$$

Bod 2 - napětí v tažené výztuži je na mezi kluzu

$$\xi_{bal,1} = \frac{700}{700 + f_{yd}} = 0,617$$

$$x_{bal,1} = \xi_{bal,1} * d = 0,617 * 365 = 225,2 \text{ mm}$$

$$\frac{\epsilon_{cd}}{x_{bal,1}} = \frac{\epsilon_{s2}}{x_{bal,1} - d_2}$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{cd} * \left(1 - \frac{d_2}{x_{bal,1}}\right) = 0,0035 * \left(1 - \frac{85}{225,2}\right) = 0,00218$$

$$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{435}{200 * 10^3} = 0,002175$$

$$N_{Rd,2} = 0,8 * b_{cd} * x_{bal,1} * f_{cd} + A_{s2} * f_{yd} - A_{s1} * f_{yd} = 0,8 * 750 * 225,2 * 20 = 2702,4 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,2} = 0,8 * b_{cd} * x_{bal,1} * f_{cd} * \left(\frac{h_c}{2} - 0,4 * x_{bal,1}\right) + 2 * (A_{s2} * f_{yd} * z_{s2}) =$$

$$= 0,8 * 750 * 225,2 * 20 * 134,9 + 2 * (1256 * 435 * 140) = 517,5 \text{ kNm}$$

Bod 3 - prostý ohyb

$$\sigma_{s2}^2 * A_{s2} - \sigma_{s2} * (A_{s1} * f_{yd} + A_{s2} * \epsilon_{cd} * E_s) + \epsilon_{cd} * E_s * (A_{s1} * f_{yd} - 0,8 * b * f_{cd} * d_2) = 0$$

$$\sigma_{s2}^2 * 1256 - \sigma_{s2} * 1425560 - 331548000 = 0$$

$$\Rightarrow \sigma_{s2} = 198 \text{ MPa}$$

$$x = \frac{A_{s1} * f_{yd} - A_{s2} \sigma_{s2}}{0,8 * b * f_{cd}} = \frac{1256 * 435 - 1256 * 198}{0,8 * 750 * 20} = 24,8 \text{ mm}$$

$$N_{Rd,3} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,3} = 0,8 * b * x * f_{cd} * \left(\frac{h}{2} - 0,4 * x \right) + A_{s2} * \sigma_{s2} * z_{s2} + A_{s1} * f_{yd} * z_{s1} =$$

$$= 0,8 * 750 * 24,8 * 20 * (225 - 0,4 * 24,8) + 1256 * 198 * 140 + 1256 * 435 * 140 = 175,31 \text{ kNm}$$

Bod 4 - nulové přetvoření tlačené výztuže

$$N_{Rd,4} = A_{s1} * f_{yd} = 1256 * 435 = 546,36 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,4} = A_{s1} * f_{yd} * z_{s1} = 1256 * 435 * 140 = 76,5 \text{ kNm}$$

Bod 5 - prostý tah

$$N_{Rd,5} = (A_{s1} + A_{s2}) * f_{yd} = 1092,72 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,5} = 0 \text{ kNm}$$

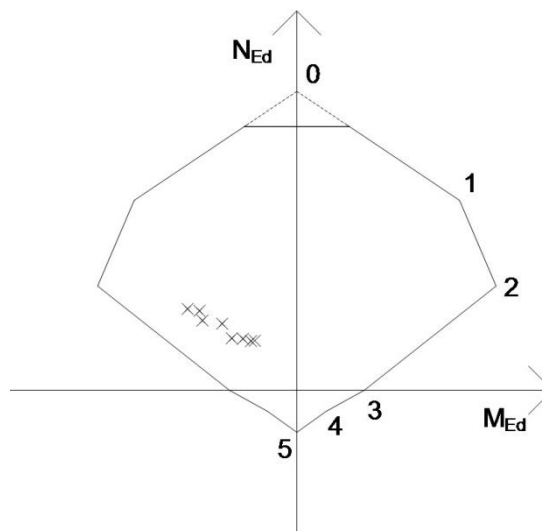
Omezení tlakové únosnosti

Minimální výstřednost:

$$e_0 = \max\left(\frac{h}{30}; 20 \text{ mm}\right) = \max\left(\frac{450}{30}; 20\right) = \max(15; 20) = 20 \text{ mm}$$

Minimální ohybový moment:

$$M_0 = N_{Rd,0} * e_0 = 7754,8 * 0,02 = 155,1 \text{ kNm}$$



Obrázek 154: Interakční diagram.

Z interakčního diagramu vidíme, že průřez vyhovuje.

5. Závěr

První část bakalářské práce tvoří studie, která přibližuje místní podmínky a zabývá se jednotlivými variantami možné podoby lávky pro chodce. Z těchto variant byla vybrána jedna pomyslně vítězná.

Stala se jí rámová vzpěradlová konstrukce o 5-ti polích. Těmto typům konstrukcí byla věnována rešerše, kde jsem se zabývala také trémovými mosty, jelikož ještě nebylo pevně dáno, že se konstrukce z rámové nestane trémovou. V této části jsem také zmínila, jaké má být dodrženo uspořádání na lávkách pro chodce.

Po vypracování rešerše jsem se věnovala parametrické studii vybrané varianty. V rámci dosavadního studia jsme rámové vzpěradlové konstrukce ještě prakticky nenavrhovali, a proto bylo přínosné zjišťovat jaký vliv na ni má silové, ale i nesilové zatížení. V závěru parametrické studie jsem zjišťovala, zda prvotní návrh je schopen vzniklá namáhání přenést či nikoliv. Odhad rozměrů nebyl nejvhodnější, došlo tedy k jejich úpravám, které mi poskytly další informace o celkovém působení, při různých změnách průřezů.

Díky zdokonalení během parametrické studie získala lávka nové rozměry a mohla jsem přejít k návrhu předpětí a posouzení jednotlivých průřezů na MSP. Byl proveden také návrh betonářské výztuže ve vzpěrách a jeho posouzení pomocí interakčního diagramu.

Je nutné podotknout, že jsem si vědoma zjednodušení celého návrhu. Nebyl brán v potaz účinek větru, dynamické účinky od pohybu chodců, teplotní účinky jsem simulovala dle rady vedoucího mé práce a vím, že jsem se tím dopustila drobné nesrovnalosti, protože výpočet působení teploty je popsán příslušnou normou a hodnoty teplot je třeba určit i v závislosti na poloze konstrukce. Dále došlo k návrhu předpínací výztuže, avšak v příčném řezu mostovky by bylo třeba navrhnout ještě smykovou a betonářskou výztuž.

6. Použitá literatura

- [1] STRÁSKÝ, Jiří. *Betonové mosty*. Praha: ŠEL, 2001. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-86426-05-x.
- [2] ŠAFÁŘ, Roman. *Betonové mosty 2: přednášky*. V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 978-80-01-05543-4.
- [3] ŠAFÁŘ, Roman. *Betonové mosty 1: přednášky*. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04661-6.
- [4] SUCHÁNEK, Vladimír a Jiří POKORNÝ. *Betonové mosty II* [online]. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2012 [2018-02-21] Dostupné z: http://vladimirsuchanek.upce.cz/files/Betonove_mosty_2.pdf
- [5] ČSN 73 6200. *Mosty - Terminologie a třídění*. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizace, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [6] Lávka pro cyklisty a chodce - Pelhřimov. In: *DOSING - Dopravoprojekt Brno group, spol. s r. o.* [online]. [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: http://www.dosing.cz/index.php?menu=reference&rok=2008&akce=2008_lavka_pelhrimov
- [7] Deskové mosty. In: *Stráský, Hustý a partneři* [online]. [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <http://www.shp.eu/strasky-husty-a-partneri/projekty/mosty/silnicni-mosty/nadjezdy/deskove-mosty/>
- [8] Trámové mosty. In: *Stráský, Hustý a partneři* [online]. [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <http://www.shp.eu/strasky-husty-a-partneri/projekty/mosty/silnicni-mosty/nadjezdy/tramove-mosty/>
- [9] Rámový most ev. č. 26-023, Zbůch, okres Plzeň-sever. In: *Graitec* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <http://www.graitec.cz/reference-dle-abecedy/advance-design/772-ramovy-most>
- [10] Obloukový most přes Oparenské údolí a komplikace před jeho dokončením. In: *Časopis stavebnictví* [online]. [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: https://www.casopisstavebnictvi.cz/obloukovy-most-pres-oparenske-udoli-a-komplikace-pred-jeho-dokoncenim_N3779
- [11] Klenbový most. In: *Svobodné Heřmanice. Oficiální web obce* [online]. [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <http://www.svobodnehermanice.cz/klenbovy-most/g-1025/prehravac=1&p1=1003>

- [12] Dřevěný věšadlový most u Pekla nad Zdobnicí. In: *Turistika* [online]. [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <https://www.turistika.cz/mista/dreveny-vesadlovy-most-u-pekla-nad-zdobnici/detail>
- [13] Lávka pro pěší a cyklisty v Hradci Králové dostala ocenění v soutěži Česká dopravní stavba 2012. In: *Internetový zpravodaj Komunikace a doprava* [online]. [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <http://www.izdoprava.cz/dopravni-stavby-2/mosty/2013/lavka-pro-pesi-a-cyklisty-v-hradci-kralove-dostala-oceneni-v-soutezi-ceska-dopravni-stavba-2012/>
- [14] Vzpěradlový most přes dálnici D1. In: *Stráský, Hustý a partneři* [online]. [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <http://www.shp.eu/strasky-husty-a-partneri/projekty/mosty/silnicni-mosty/nadjezdy/vzperadlovy-most-pres-dalnici-d1/>
- [15] Most přes trať ČD na silnici I/67, Bohumín. In: *Stráský, Hustý a partneři* [online]. [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <http://www.shp.eu/strasky-husty-a-partneri/projekty/mosty/silnicni-mosty/zavesene-mosty/most-pres-trat-cd-na-silnici-i-67-bohumin/>
- [16] Slavný most vzdorující zemětřesením málem porazila rez! In: *EpochaPlus* [online]. [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <https://epochaplus.cz/slavny-most-vzdorujici-zemetresenim-malem-porazila-rez/>
- [17] Výstavba mostních objektů na stavbě II. úseku dálnice D1. In: *ASB-portal.cz odborný stavební portál* [online]. [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/inzenyrske-stavby/mosty/vystavba-mostnich-objektu-na-stavbe-ii.-useku-dalnice-d1>
- [18] *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. Český úřad zeměměřičský a katastrální, 2018 [cit. 2017-11-04]. Dostupné z: <http://nahliznidokn.cuzk.cz/VyberKatastrMapa.aspx>
- [19] *Mapy Google* [online]. Google, 2018 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/>
- [20] Projektová dokumentace Lávka Rychtářka v Plzni poskytnuta vedoucím bakalářské práce.
- [21] Kralupy nad Vltavou (Mělník) - lávka pro pěší. In: *Encyklopedie mostů v Čechách, na Moravě a ve Slezsku* [online]. [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <https://libri.cz/databaze/mosty/heslo.php?id=472>

- [22] Kralupy nad Vltavou, lávka pro pěší. In: *Wikipedie* [online]. [cit. 2018-04-21].
Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Kralupy_nad_Vltavou,_1%C3%A1vka_pro_p%C4%9B%C5%A1%C3%AD_II.jpg
- [23] ČSN EN 1991-2 (73 6203). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [24] ČSN EN 1990 ed. 2 (73 0002): *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [25] KOHOUTKOVÁ, Alena, Jaroslav PROCHÁZKA a Jitka VAŠKOVÁ. *Navrhování železobetonových konstrukcí: příklady a postupy*. V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 9788001055878.
- [26] ŠTEFAN, Radek. *Betonové konstrukce MSÚ - ohyb - chování ohýbaných prvků, napjatost, příčiny porušení, zásady navrhování*. [přednáška]. Praha: ČVUT v Praze, 23.3.2016.
- [27] ŠAFÁŘ, Roman. *Betonové mosty 2 - cvičení: návrh předpjatého mostu podle Eurokódů*. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05690-5.

Seznam příloh

Podélný řez

Půdorys

Vzorový příčný řez

Seznam tabulek

Tabulka 1: Ohybové momenty ve všech sledovaných průřezích. Část I.....	49
Tabulka 1: Ohybové momenty ve všech sledovaných průřezích. Část II.....	50
Tabulka 2: Normálové síly ve všech sledovaných průřezích. Část I.....	51
Tabulka 2: Normálové síly ve všech sledovaných průřezích. Část II.....	52
Tabulka 3: Posouvající síly ve všech sledovaných průřezích. Část I.....	53
Tabulka 3: Posouvající síly ve všech sledovaných průřezích. Část II.....	54
Tabulka 4: Definice sestav zatížení.....	55
Tabulka 5: Kombinace zatížení MSP.....	56
Tabulka 6: Kombinační součinitele zatížení.....	56
Tabulka 7: Kombinace zatížení MSÚ.....	58
Tabulka 8: Ohybové momenty na mostovce.....	58
Tabulka 9: Ohybové momenty příčle od kombinace 1.....	59
Tabulka 10: Ohybové momenty příčle od kombinace 2.....	59
Tabulka 11: Ohybové momenty příčle od kombinace 3.....	59
Tabulka 12: Ohybové momenty příčle od kombinace 4.....	59
Tabulka 13: Ohybové momenty a normálové síly na vzpěrách.....	60
Tabulka 14: Ohybové momenty a normálové síly na vzpěrách od kombinace 1.....	60
Tabulka 15: Ohybové momenty a normálové síly na vzpěrách od kombinace 2.....	60
Tabulka 16: Ohybové momenty a normálové síly na vzpěrách od kombinace 3.....	60
Tabulka 17: Ohybové momenty a normálové síly na vzpěrách od kombinace 4.....	61
Tabulka 18: Ohybové momenty na mostovce od jednotlivých kombinací MSP.....	72
Tabulka 19: Ohybové momenty a normálové síly na vzpěrách od jednotlivých kombinací MSP.....	73
Tabulka 20: Ohybové momenty na mostovce od jednotlivých kombinací MSÚ.....	74
Tabulka 21: Ohybové momenty a normálové síly na vzpěrách od jednotlivých kombinací MSÚ.....	75
Tabulka 22: Ohybové momenty a normálové síly vyvolané předpětím na mostovce.....	80
Tabulka 23: Návrhové ohybové momenty a normálové síly na vzpěrách od jednotlivých kombinací MSÚ.....	81
Tabulka 24: Vnitřní síly od kombinací MSP.....	83
Tabulka 25: Vnitřní síly od kombinací MSP.....	97
Tabulka 26: Posouzení MSP v čase vnesení předpětí.....	101
Tabulka 27: Posouzení MSP v čase na konci životnosti.....	102

Seznam obrázků

Obrázek 1: Poloha lávky. [18]	2
Obrázek 2: Inženýrské sítě v místě a okolí lávky. [20]	3
Obrázek 3: Schematický příčný řez varianty I.	4
Obrázek 4: Pohled na lávku varianta I.	5
Obrázek 5: Schematický příčný řez varianty II.	6
Obrázek 6: Pohled na lávku varianta II.	6
Obrázek 7: Schematický příčný řez varianty III.	7
Obrázek 8: Pohled na lávku varianta III.	8
Obrázek 9: Schematický příčný řez varianty IV.	9
Obrázek 10: Pohled na lávku varianta IV.	10
Obrázek 11: Lávka pro cyklisty a chodce. [6]	11
Obrázek 12: Nosná konstrukce tvořena lichoběžníkovou deskou.[7]	12
Obrázek 13: Ukázka jednotrámového mostu.[8]	12
Obrázek 14: Rámový silniční most v obci Zbůch.[9]	12
Obrázek 15: Betonový obloukový most s horní mostovkou přes Oparenské údolí.[10]	13
Obrázek 16: Kamenný klenbový most Svobodné Heřmanice.[11]	13
Obrázek 17: Dřevěný věšadlový most u Pekla nad Zdobnicí. [12]	13
Obrázek 18: Ocelová vzpínadlová lávka pro chodce a cyklisty v Hradci Králové. [13]	14
Obrázek 19: Ocelobetonový vzpěradlový most přes dálnici D1. [14]	14
Obrázek 20: Ocelový zavěšený most se spřaženou železobetonovou deskou přes železniční trať, Bohumín. [15]	14
Obrázek 21: Ocelový visutý most Golden Gate San Francisco. [16]	15
Obrázek 22: Integrovaný most nad Levočským potokem na polní cestě. [17]	15
Obrázek 23: Návrhové charakteristiky mostu. [3]	15
Obrázek 24: Schéma letmé betonáže. [2]	16
Obrázek 25: Otevřený průřez trémové konstrukce. [2]	17
Obrázek 26: Uzavřený průřez trémové konstrukce. [2]	18
Obrázek 27: Schéma vzpěradlového rámového mostu. [1]	18
Obrázek 28: Průběhy momentů na rámu. [4]	19
Obrázek 29: Most na dálnici A75 přes řeku Truyère. [21]	20
Obrázek 30: Most přes řeku Gouritz, Mossel Bay (JAR). [21]	20
Obrázek 31: Lávka pro pěší v Kralupech nad Vltavou. [21]	21
Obrázek 32: Současná podoba. [22]	21
Obrázek 33: Nadjezd na dálnici D1 km 182. [19]	22
Obrázek 34: Bližší pohled na nadjezd na dálnici D1 km 182. [19]	22
Obrázek 35: Nadjezd na dálnici D1 km 175. [19]	22
Obrázek 36: Bližší pohled na nadjezd na dálnici D1 km 175. [19]	22
Obrázek 37: Nadjezd na dálnici D1 km 168. [19]	23
Obrázek 38: Bližší pohled na nadjezd na dálnici D1 km 168. [19]	23
Obrázek 39: Nadjezd na dálnici D1 km 145. [19]	23
Obrázek 40: Bližší pohled na nadjezd na dálnici D1 km 145. [19]	23
Obrázek 41: Nadjezd na dálnici D1 km 120. [19]	24
Obrázek 42: Bližší pohled na nadjezd na dálnici D1 km 120. [19]	24
Obrázek 43: Most převádějící dálnici D1 km 119. [19]	24
Obrázek 44: Bližší pohled na nadjezd na dálnici D1 km 119. [19]	24
Obrázek 45: Most převádějící dálnici D1 km 112. [19]	25
Obrázek 46: Bližší pohled na nadjezd na dálnici D1 km 112. [19]	25
Obrázek 47: Most převádějící dálnici D1 km 90. [19]	25

Obrázek 48: Bližší pohled na nadjezd na dálnici D1 km 90. [19]	26
Obrázek 49: Statické schéma a rozměry konstrukce.	27
Obrázek 50: Schematický tvar římsy.	28
Obrázek 51: Zatížení ostatním stálým zatížením.	29
Obrázek 52: Zatěžovací stav 2.	29
Obrázek 53: Zatěžovací stav 3.	30
Obrázek 54: Zatěžovací stav 4.	30
Obrázek 55: Zatěžovací stav 5.	30
Obrázek 56: Zatěžovací stav 6.	30
Obrázek 57: Zatěžovací stav 7.	30
Obrázek 58: Zatěžovací stav 8.	30
Obrázek 59: Zatěžovací stav 9.	31
Obrázek 60: Zatěžovací stav 10.	31
Obrázek 61: Zatěžovací stav 11.	31
Obrázek 62: Zatěžovací stav 12.	31
Obrázek 63: Zatěžovací stav 13.	31
Obrázek 64: Zatěžovací stav 14.	31
Obrázek 65: Zatěžovací stav 15.	32
Obrázek 66: Zatěžovací stav 16.	32
Obrázek 67: Zatěžovací stav 17.	32
Obrázek 68: Zatěžovací stav 18.	32
Obrázek 69: Zatěžovací stav 19.	32
Obrázek 70: Zatěžovací stav 20.	32
Obrázek 71: Zatěžovací stav 21.	33
Obrázek 72: Zatěžovací stav 22.	33
Obrázek 73: Zatěžovací stav 23.	33
Obrázek 74: Zatěžovací stav 24.	33
Obrázek 75: Zatěžovací stav 25.	33
Obrázek 76: Zatížení vodorovným spoj. zatížením.	34
Obrázek 77: Zatížení předpětím.	34
Obrázek 78: Pokles podpory 1 a 3.	35
Obrázek 79: Pokles podpory 2 a 4.	35
Obrázek 80: Vykreslení normálových sil.	35
Obrázek 81: Vykreslení ohybových momentů.	36
Obrázek 82: Tvar a velikost deformace.	36
Obrázek 83: Vykreslení normálových sil.	36
Obrázek 84: Vykreslení ohybových momentů.	36
Obrázek 85: Tvar a velikost deformace.	37
Obrázek 86: Vykreslení normálových sil.	37
Obrázek 87: Vykreslení ohybových momentů.	37
Obrázek 88: Tvar a velikost deformace.	37
Obrázek 89: Vykreslení normálových sil.	38
Obrázek 90: Vykreslení ohybových momentů.	38
Obrázek 91: Tvar a velikost deformace.	38
Obrázek 92: Vykreslení normálových sil.	38
Obrázek 93: Vykreslení ohybových momentů.	39
Obrázek 94: Tvar a velikost deformace.	39
Obrázek 95: Vykreslení normálových sil.	39
Obrázek 96: Vykreslení ohybových momentů.	39
Obrázek 97: Tvar a velikost deformace.	40

Obrázek 98: Vykreslení normálových sil.	40
Obrázek 99: Vykreslení ohybových momentů.	40
Obrázek 100: Tvar a velikost deformace.	40
Obrázek 101: Vykreslení normálových sil.	41
Obrázek 102: Vykreslení ohybových momentů.	41
Obrázek 103: Tvar a velikost deformace.	41
Obrázek 104: Vykreslení normálových sil.	41
Obrázek 105: Vykreslení ohybových momentů.	42
Obrázek 106: Tvar a velikost deformace.	42
Obrázek 107: Vykreslení normálových sil.	42
Obrázek 108: Vykreslení ohybových momentů.	42
Obrázek 109: Tvar a velikost deformace.	43
Obrázek 110: Vykreslení normálových sil.	43
Obrázek 111: Vykreslení ohybových momentů.	43
Obrázek 112: Tvar a velikost deformace.	43
Obrázek 113: Vykreslení normálových sil.	44
Obrázek 114: Vykreslení ohybových momentů.	44
Obrázek 115: Tvar a velikost deformace.	44
Obrázek 116: Vykreslení normálových sil.	44
Obrázek 117: Vykreslení ohybových momentů.	45
Obrázek 118: Tvar a velikost deformace.	45
Obrázek 119: Vykreslení normálových sil.	45
Obrázek 120: Vykreslení ohybových momentů.	45
Obrázek 121: Tvar a velikost deformace.	46
Obrázek 122: Vykreslení normálových sil.	46
Obrázek 123: Vykreslení ohybových momentů.	46
Obrázek 124: Tvar a velikost deformace.	46
Obrázek 125: Vykreslení normálových sil.	47
Obrázek 126: Vykreslení ohybových momentů.	47
Obrázek 127: Tvar a velikost deformace.	47
Obrázek 128: Vykreslení normálových sil.	48
Obrázek 129: Vykreslení ohybových momentů.	48
Obrázek 130: Tvar a velikost deformace.	48
Obrázek 131: Označení a umístění řezů.	48
Obrázek 132: Rozmístění výztuže v řezu 20 (30).	65
Obrázek 133: Schéma průřezu mostovky - 1. iterace.	69
Obrázek 134: Schéma konstrukce po úpravě úhlu vzpěr.	71
Obrázek 135: Rozmístění předpínací výztuže v příčném řezu.	77
Obrázek 136: Předběžný návrh tečnového polygonu předpínacího kabelu.	79
Obrázek 137: Schéma rozmístění příložek.	80
Obrázek 138: Označení a poloha řezů.	96
Obrázek 139: Předběžný návrh tečnového polygonu kabelu.	96
Obrázek 140: Celkový moment od předpětí [kNm].	97
Obrázek 141: Primární moment od předpětí [kNm].	97
Obrázek 142: Sekundární moment od předpětí [kNm].	98
Obrázek 143: Celková normálová síla od předpětí [kN].	98
Obrázek 144: Tečnový polygon přepínacího kabelu po 1. úpravě.	98
Obrázek 145: Celkový moment od předpětí po 1. úpravě [kNm].	99
Obrázek 146: Primární moment od předpětí po 1. úpravě [kNm].	99
Obrázek 147: Sekundární moment od předpětí po 1. úpravě [kNm].	99

Obrázek 148: Celková normálová síla od přepětí po 1. úpravě [kN].	99
Obrázek 149: Tečnový polygon dráhy předpětí.	100
Obrázek 150: Celkový moment od předpětí po optimalizaci [kNm].	100
Obrázek 151: Primární moment od předpětí po optimalizaci [kNm].	100
Obrázek 152: Sekundární moment od předpětí po optimalizaci [kNm].	101
Obrázek 153: Celková normálová síla od předpětí po optimalizaci [kN].	101
Obrázek 154: Interakční diagram.	104