

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh obloukového mostu s vysouvanou mostovkou přes Vltavu u Suchdola

Design of an arch bridge with a deck built by incremental launching over Vltava river at Suchdol

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D.

Bc. Vlastimil Prokop

Praha 2019



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Prokop Jméno: Vlastimil Osobní číslo: 410814

Zadávací katedra: 11 133 Katedra betonových a zděných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Návrh obloukového mostu s vysouvanou mostovkou přes Vltavu u Suchdola

Název diplomové práce anglicky: Design of an arch bridge with a deck built by incremental launching over Vltava river at Suchdol

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte technickou zprávu, statický výpočet hlavní nosné konstrukce (oblouk, mostovka, vzpěry), výkresovou dokumentaci (dispoziční výkresy, schéma výztuže oblouku, schéma předpínací výztuže mostovky).

Seznam doporučené literatury:

- [1] Projektové podklady
- [2] Šafář, R.: Betonové mosty 2 - přednášky, ČVUT v Praze 2014

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 19.2.2019

Termín odevzdání diplomové práce: 19.5.2019

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 diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.

19.2.2019

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně za přispění odborných konzultací a uvedené literatury.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 19. 5. 2019

.....

Vlastimil Prokop

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Romanu Šafářovi za věnovaný čas, trpělivost, ochotu a neocenitelné rady při konzultacích.

Také bych rád poděkoval své rodině za finanční i morální podporu v průběhu celého studia.

Název práce:

Návrh obloukového mostu s vysouvanou mostovkou přes Vltavu u Suchdola

Autor:

Bc. Vlastimil Prokop

Katedra:

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D.

Anotace:

Diplomová práce se zabývá návrhem přemostění údolí Vltavy u Suchdola na silničním okruhu kolem Prahy. Práce obsahuje několik variant návrhu a podrobnější řešení vybrané varianty obloukového mostu s podélně vysouvanou mostovkou. U této varianty jsou posouzeny nejvíce namáhané prvky konstrukce a je zpracována technická zpráva a výkresová dokumentace.

Klíčová slova:

Suchdolský most, Dálniční most, Betonový most, Obloukový most s horní mostovkou, Podélně vysouvaná mostovka, Předpjatý beton

Title:

Design of an arch bridge with deck built by incremental launching over Vltava river at Suchdol

Author:

Bc. Vlastimil Prokop

Department:

Department of concrete and masonry structures

Supervisor:

doc. Ing. Roman Šafář, Ph.D.

Abstract:

Master's thesis deals with design of a bridge over the Vltava valley at the Prague motorway circuit. This thesis includes proposals of several variants and a more detailed solution of the chosen variant of an arch bridge with a deck built by incremental launching. The most loaded elements of this structure were verified and the bridge drawings were made.

Keywords:

Bridge at Suchdol, Highway bridge, Concrete bridge, Deck arch bridge, Incremental launching, Post-tensioned concrete

Úvod

Diplomová práce se zabývá návrhem přemostění údolí řeky Vltavy v Praze u Suchdola. Stavba bude součástí silničního okruhu okolo Prahy (SOKP). Konstrukce bude převádět směrově rozdělenou komunikaci v kategorii D33,5/100 doplněnou po obou stranách chodníky o šířce 2,5m, která propojuje městské části Bohnice a Suchdol. Komunikace také protíná dvě chráněné přírodní památky – Zámky a Sedlecké skály.

Pro přemostění bylo navrženo několik variant řešení, viz příloha C. Tyto zahrnují letmo betonovanou trémovou konstrukci, zavěšenou konstrukci a obloukovou konstrukci s horní mostovkou. Byly vytvořeny varianty se zásahem i bez zásahu do chráněných oblastí.

Pro podrobnější zpracování pak byla vybrána varianta obloukové konstrukce s podélně vysouvanou mostovkou, pro kterou byla vypracována technická zpráva, statický výpočet s posouzením rozhodujících průřezů z hlediska mezních stavů únosnosti a mezních stavů použitelnosti, výkresová dokumentace a postup výstavby.

Obsah

Úvod	5
Oddíl A: Technická zpráva	9
1. Identifikační údaje stavby	10
2. Základní údaje o mostě	10
2.1. Charakteristika mostu	10
2.2. Návrhové a konstrukční charakteristiky	11
2.2.1. Uspořádání Jižního mostu	11
2.2.2. Uspořádání Severního mostu	11
3. Zdůvodnění stavby a její umístění	12
4. Technické řešení mostu.....	12
4.1. Prostorové uspořádání konstrukce	12
4.1.1. Směrové a výškové uspořádání.....	12
4.1.2. Šířkové uspořádání.....	12
4.2. Spodní stavba	12
4.2.1. Opěry.....	12
4.2.2. Pilíře a vřpěry	13
4.2.3. Základové patky oblouku.....	14
4.2.4. Materiály pro spodní stavbu.....	14
4.3. Nosná konstrukce.....	14
4.3.1. Mostovka.....	14
4.3.2. Oblouk.....	15
4.3.3. Materiály pro nosnou konstrukci	15
4.4. Vybavení mostu	15
4.4.1. Římsy	15
4.4.2. Konstrukce vozovky a izolace	15
4.4.3. Ložiska.....	15
4.4.4. Mostní závěry.....	16
4.4.5. Odvodnění mostu	16
4.4.6. Svodidla a zábradlí.....	16
5. Postup výstavby	16
6. Statický výpočet.....	17
Oddíl B: Statický výpočet.....	18
1. Úvod	19
1.1. Použitá literatura	19
1.2. Použitý software.....	19
2. Konstrukce	20

2.1. Schéma konstrukce	20
2.2. Průřezové charakteristiky.....	23
2.2.1. Mostovka.....	23
2.2.2. Oblouk.....	23
2.2.3. Pilíře a vzpěry	24
2.2.4. Stanovení spolupůsobící šířky desky	25
2.3. Optimalizace střednice oblouku.....	27
2.4. Výpočetní model konstrukce	31
3. Materiály	32
3.1. Beton C50/60 - mostovka	32
3.2. Beton C40/50 - oblouk.....	32
3.3. Beton C30/37 - spodní stavba	33
3.4. Ocel S355 - ocelový nástavec	33
3.5. Betonářská výztuž - ocel B500B.....	33
3.6. Předpínací výztuž - ocel Y1860 S7.....	33
4. Zatížení	35
4.1. Stálá zatížení	35
4.1.1. Zatížení vlastní tíhou.....	35
4.1.2. Ostatní stálé zatížení	35
4.1.3. Zatížení od nerovnoměrného sedání podpor	36
4.2. Proměnná zatížení	36
4.2.1. Zatížení dopravou	36
4.2.2. Zatížení teplotou	40
4.2.3. Zatížení větrem	41
4.2.4. Zatížení v pevném bodě od odporu systému ložisek	43
4.3. Zatížení během výstavby	44
4.3.1. Staveništní zatížení	44
4.3.2. Poklesy kluzných bloků	44
4.3.3. Tření v kluzných blocích.....	44
4.4. Kombinace zatížení.....	44
5. Podélný výsun mostovky	46
5.1. Ocelový nástavec	46
5.2. Uvažované polohy mostovky během podélného výsunu	46
5.3. Průběhy vnitřních sil na mostovce	53
5.4. Průběhy vnitřních sil na oblouku	56
6. Namáhání konstrukce za provozu	62
6.1. Průběhy vnitřních sil na mostovce	62

6.1.1. Průběhy vnitřních sil - zatěžovací stavy	62
6.1.2. Průběhy vnitřních sil - kombinace zatížení	65
6.2. Průběhy vnitřních sil na oblouku	66
6.2.1. Průběhy vnitřních sil - zatěžovací stavy	66
6.2.2. Průběhy vnitřních sil - kombinace zatížení	71
7. Návrh a posouzení konstrukce	73
7.1. Posouzení mostovky během podélného výsunu	73
7.1.1. Centrické předpětí mostovky	73
7.1.2. Posouzení mostovky dle MSP - omezení napětí v betonu	74
7.1.3. Posouzení mostovky dle MSÚ - ohyb a normálová síla	84
7.2. Posouzení mostovky za provozu	87
7.2.1. Finální předpětí mostovky	87
7.2.2. Posouzení mostovky dle MSP - omezení napětí v betonu	87
7.2.3. Posouzení mostovky dle MSP - omezení trhlin v betonu	89
7.2.4. Posouzení mostovky dle MSÚ - ohyb a normálová síla	90
7.3. Posouzení oblouku	93
7.3.1. Vyztužení průřezu	93
7.3.2. Posouzení dle MSÚ - ohyb a normálová síla	94
7.3.3. Posouzení oblouku dle MSP - omezení napětí	99
7.4. Posouzení vzpěr	104
Závěr	107
Seznam příloh	108

Diplomová práce

Oddíl A: Technická zpráva

1. Identifikační údaje stavby

Název projektu	Návrh obloukového mostu přes Vltavu u Suchdola
Místo stavby	Praha
Katastrální území	Suchdol, Bohnice, Čimice
Kraj	Hlavní město Praha
Investor	Ředitelství silnic a dálnic České republiky Na Pankráci 546/56, 145 05 Praha 4
Projektant	Vlastimil Prokop
Převáděná pozemní komunikace	D0 – Pražský okruh
Překonávaná překážka	železniční trať SŽDC Praha – Kralupy n. Vlt. silnice II/242 Vltava ulice V Zámcích

2. Základní údaje o mostě

2.1. Charakteristika mostu

- podle druhu převáděné komunikace	pozemní komunikace, dálniční komunikace
- podle překračované překážky	přes řeku, přes pozemní komunikaci a dráhu
- podle počtu mostních polí	most o více polích
- podle počtu mostovkových podlaží	jednopodlažní
- podle výškové polohy mostovky	s horní mostovkou
- podle měnitelnosti základní polohy	nepohyblivý
- podle plánované doby trvání	trvalý
- podle průběhu trasy na mostě	směrově v přímé
- podle situačního uspořádání	kolmý
- podle projektované zatížitelnosti	s normovou zatížitelností
- podle hmotné podstaty	betonový
- podle členitosti nosné konstrukce	plnostěnný
- podle statické funkce konstrukce	obloukový
- podle uspořádání příčného řezu	komorový
- podle omezené volné výšky	s neomezenou volnou výškou

2.2. Návrhové a konstrukční charakteristiky

Mostní objekt je rozdělen na dvě souběžné nosné konstrukce. Vzhledem k charakteru terénu mají tyto dvě konstrukce rozdílné uspořádání. Konstrukce vpravo ve směru staničení, tedy pro směr Praha – Ruzyně → Praha – Březiněves, je v této práci označována jako Jižní most. Konstrukce vlevo ve směru staničení, tedy pro směr Praha – Březiněves → Praha – Ruzyně, je označována jako Severní most.

2.2.1. Uspořádání Jižního mostu

Délka přemostění	567,99 m
Délka mostu	594,15 m
Délka nosné konstrukce	572,80 m
Rozpětí jednotlivých polí	30,2 m + 2 × 50,0 m + 250,0 m + 3 × 50,0 m + 39,8 m
Rozteče vzpěr na oblouku	5 × 50,0 m
Vzepětí oblouku	66,43 m
Šikmost mostu	90,00° - kolmý most
Úhel křížení	- s železniční tratí 62,41°
	- se silnicí II/242 64,91°
	- s vodním tokem 67,28°
	- s ulicí V Zámcích 68,28°
Šířka mostu	19,60 m
Šířka nosné konstrukce	19,00 m
Volná šířka mostu	15,50 m
Šířka průchozího prostoru	2,50 m
Výška mostu nad překračovaným tokem	71,72 m
Stavební výška	3,885 m
Plocha nosné konstrukce	$572,8 \times 19,0 = 10\,883,2 \text{ m}^2$

2.2.2. Uspořádání Severního mostu

Délka přemostění	567,99 m
Délka mostu	594,15 m
Délka nosné konstrukce	572,80 m
Rozpětí jednotlivých polí	39,8 m + 2 × 50,0 m + 250,0 m + 3 × 50,0 m + 30,2 m
Rozteče vzpěr na oblouku	5 × 50,0 m
Vzepětí oblouku	66,02 m
Šikmost mostu	90,00° - kolmý most
Úhel křížení	- s železniční tratí 64,60°

- se silnicí II/242	68,68°
- s vodním tokem	67,28°
- s ulicí V Zámčích	61,95°
Šířka mostu	19,60 m
Šířka nosné konstrukce	19,00 m
Volná šířka mostu	15,50 m
Šířka průchozího prostoru	2,50 m
Výška mostu nad překračovaným tokem	71,58 m
Stavební výška	3,885 m
Plocha nosné konstrukce	$572,8 \times 19,0 = 10\,883,2 \text{ m}^2$

3. Zdůvodnění stavby a její umístění

Navržený most je součástí plánovaného silničního okruhu kolem Prahy. Konstrukce převádí směrově rozdělenou komunikaci o třech pruzích v každém směru přes údolí Vltavy.

Konstrukce překračuje celkem čtyři překážky:

- dvoukolejná železniční trať ČD Praha - Kralupy nad Vltavou, staničení km 419,75
- silnice II/242
- Vltava, staničení km 40,7
- ulice V zámčích

Most také protíná dvě chráněné přírodní památky - Sedlecké skály a Zámky

4. Technické řešení mostu

4.1. Prostorové uspořádání konstrukce

4.1.1. Směrové a výškové uspořádání

Směrové a výškové vedení bylo zadáno dvěma body o známých souřadnicích. Směrově vede komunikace v přímé, podélný sklon je roven -1,3% ve směru staničení.

4.1.2. Šířkové uspořádání

V místě přemostění je navržené šířkové uspořádání dle kategorie D33,5/100, tedy směrově rozdělená komunikace o třech pruzích šířky 3,75 m v každém směru se zpevněnou krajnicí šířky 2,75 m a odrazným proužkem u svodidla. Toto uspořádání je dodrženo i na mostě. Chodníky s cyklostezkou jsou navrženy v šířce 2,5m.

4.2. Spodní stavba

4.2.1. Opěry

Založení opěr je vzhledem k únosnému skalnímu podkladu blízko pod povrchem uvažováno plošné. Opěry jsou zapuštěné do původního terénu. Půdorysný rozměr základů opěr je $11,5 \times 40,0 \text{ m}$,

výška 1,75 m. Horní povrch základu je vyspádován ve sklonu 4%. Spodní povrch základu je na rubové straně opěry opatřen svislým ozubem výšky 0,75 m, který slouží k eliminaci vodorovných posunů v základové spáře.

Dříky opěr jsou navrženy jako plnostěnné železobetonové o tloušťce 2,0 m. Výška dříku opěry OP1 je 3,0 m, dřík opěry OP2 má výšku 4,0 m.

Úložné prahy jsou vysoké 1,5 m. Půdorysně přesahují na rubové straně průřez dříků opěry o 2,15 m. Pod přesahem jsou uloženy na ochranném zásypu opěry, vyrovnaném podkladním betonem tloušťky min. 200 mm. Horní povrch je vyspádován ve sklonu 4% směrem k závěrné zídce, podél které je veden odvodňovací žlábek tvořený polovinou HDPE trubky o průměru 75 mm. Příčný sklon odvodnění je 2,0% a je zakončeno čedičovou tvarovkou. Na úložném prahu je umístěna dvojice ložiskových bloků pro každý směr dálnice s půdorysnými rozměry 1,25 × 1,25 m, které nesou hrcová ložiska. Světlá výška mezi úložným prahem a mostovkou je min. 500 mm.

Závěrné zídky o tloušťce 0,75 m a výšce 4,27 m jsou vetknuté do úložných prahů. V jejich vrcholu jsou vytvořeny ozuby pro osazení mostních závěrů a přechodových desek.

Mostní křídla jsou navržena jako rovnoběžná vetknutá o délce 9,0 m a tloušťce 0,8 m. V délce 5,6 m jsou uložena na základu opěry, ve zbývající délce jsou vykonzolována. Spodní hrana křídel je ve shodném sklonu jako upravený terén, tedy 1:1,5. Spodní povrch je v polovině šířky křídel zkosen 1:1 pro usnadnění hutnění zásypu za opěrrou.

Přechodové oblasti mají délku 19,0 m. Zpětný zásyp základů je proveden po úroveň těsnicí vrstvy ze zeminy vhodné do násypu. Těsnicí vrstva je tvořena HDPE fólií ve spádu 3% směrem k opěře, která je chráněna dvěma vrstvami geotextilie. Rub opěry bude opatřen izolací proti stékající vodě Alp + NAIP a ochrannou a drenážní vrstvou z geotextilie, ostatní zasypané plochy budou natřeny 1 × Alp + 2 × Aln. Odvodnění bude zajištěno perforovanou drenážní trubkou DN150 s příčným spádem 2,5%, jež bude procházet křídly opěry a následně bude vyústěna ve svahu násypového tělesa. Podél rubu opěry bude proveden ochranný zásyp z nenamrzavého propustného materiálu, např. ŠD0/32. Nad těsnicí vrstvou bude proveden zásyp za opěrrou. Všechny zásypy je nutné hutnit po vrstvách max. tloušťky 300 mm.

Přechodové desky byly navrženy v délce 8,0 m, šířce 15,0 m a tloušťce 0,45 m. Budou provedeny ve sklonu 1:10 a na závěrnou zídku uložené pomocí trnů. Povrch pod přechodovými deskami bude vyrovnán podkladním betonem tloušťky 150 mm.

4.2.2. Pilíře a vzpěry

Vzhledem k únosnému skalnímu podkladu blízko pod povrchem se u všech pilířů předpokládá plošné založení do připravených výkopů. Povrch výkopů bude vyrovnán podkladním betonem tloušťky 150 mm. Základové bloky pilířů mají půdorysné rozměry 6,0 - 7,5 × 11,0 m. a výšku 2,5 m.

Pilíře a vzpěry jsou tvořeny dvojicí stojek se zkoseným obdélníkovým průřezem o rozměrech 2,0 - 3,5 × 2,25 m. Stojky pilířů, které jsou vyšší než 15 m, jsou v příčném směru propojeny

vodorovnými spojkami s průřezem 1,5 × 1,5 m v kroku cca 10,0 m. Pilíře jsou betonovány šplhavě po jednotlivých lamelách.

Vrcholy stojek pilířů jsou spojeny vodorovnou spojkou o průřezu 1,0 - 2,0 × 2,5 m v závislosti na šířce stojky z betonu. Tím vzniká úložný práh, na kterém je umístěna dvojice ložiskových bloků s půdorysnými rozměry 1,25 × 1,25 m, které nesou hrncová ložiska. Světlá výška mezi úložným prahem a mostovkou je min. 500mm.

4.2.3. Základové patky oblouku

Založení pat oblouku je navrženo plošné. V oblasti patek oblouku se předpokládají dobré základové poměry, horninový masiv tedy bude schopen odolat svíslé i vodorovné složce zatížení z oblouku. Půdorysné rozměry patek jsou 11,0 × 14,5 m. Spodní povrch základu je v polovině šířky skloněn kolmo na střednici oblouku k zajištění lepšího přenosu zatížení do horninového masivu. Oblouk a pilíř je se základem spojen rámově.

4.2.4. Materiály pro spodní stavbu

Podkladní beton	C12/15 - X0
Základy podpěr	C30/37 - XF1 + XA1 + XC2
Dříky podpěr	C30/37 - XF2 + XD3 + XC4
Úložné prahy	C30/37 - XF4 + XD3 + XC4
Závěrné zidky	C30/37 - XF4 + XD3 + XC4
Křídla	C30/37 - XF2 + XD3 + XC4
Ložiskové bloky	C30/37 - XF4 + XD3
Přechodové desky	C30/37 - XF1 + XC3
Betonářská výztuž	B500B

4.3. Nosná konstrukce

4.3.1. Mostovka

Mostovka bude vystavěna z předpjatého betonu a bude uložena na všech podpěrách na dvojici ložisek. Jedná se o komorový spojitý nosník s konstantní výškou průřezu 3,75 m o dvanácti polích s rozpětím 30,2 m + 10 × 50,0 m + 39,8 m pro jižní NK, resp. 39,8 m + 10 × 50,0 m + 30,2 m pro severní NK. Mostovka bude vystavěna podélným výsunem, betonována bude po lamelách délky 25,0m. Předpětí mostovky bude během výsunu řešeno jako centrické. Bude se skládat z přímých vnitřních kabelů se soudržností vedených v horní a spodní desce komorového průřezu, které budou doplněny volnými kabely vedenými uvnitř komory. Kabely se soudržností budou kotveny v pracovních spárách, v jedné pracovní spáře bude kotvena polovina kabelů. Volné kabely budou řešeny částečně jako přímé u povrchu horní desky komory a částečně jako symetricky lomené. Volné kabely budou kotveny v nadpodporových příčnicích a napínány vždy na délku jednoho pole, tedy přes dvě lamely. Po

dokončení výsunu budou odstraněny přímé volné kabely a polovina lomených kabelů, která přitěžuje konstrukci ve finální poloze. Předpínací kabely budou tvořeny lany o průměru 15,7 mm.

4.3.2. Oblouk

Oblouk bude mít monolitický železobetonový průřez a bude vetknutý do základových patek. Jde o dvoukomorový průřez šířky 12,0 m, výška je konstantní 4,0m. Zárodek oblouku o délce 7,5 m je tvořen plným průřezem. Pod vzpěrami je oblouk ztužen příčnicí v délce 3,0 m, ve kterých jsou zřízeny průlezné otvory o rozměrech 1,5 × 1,5 m. Všechny hrany budou zkoseny 250 × 250 mm.

4.3.3. Materiály pro nosnou konstrukci

Mostovka	C50/60 - XF2 + XD3 + XC4
Oblouk	C40/50 - XF2 + XD3 + XC4
Betonářská výztuž	B500B
Předpínací výztuž	Y1860 S7-15,7

4.4. Vybavení mostu

4.4.1. Římsy

Římsy jsou navrženy jako monolitické železobetonové z betonu C30/37 - XF4 + XD3 + XC4. Kotveny budou pomocí betonářské výztuže do krajů konzol a dodatečně vleповanými kotvami. Krajní římsy mají šířku 3,30 m a příčný sklon 2,5%, vnitřní římsy mají šířku 0,8 m a příčný sklon 4,0%. Hrana obrubníku je ve výšce 150 mm nad přilehlým povrchem vozovky a ve sklonu 5:1. Horní povrch říms bude upraven striáží.

4.4.2. Konstrukce vozovky a izolace

Na mostě je navržena třívrstvá konstrukce vozovky ve složení:

- obrusná vrstva	SMA 11+	40 mm
- ložná vrstva	ACL 16+	50 mm
- ochrana izolace	MA 11 IV	40 mm
- izolace	NAIP	5 mm
- pečetící vrstva		
Celková tloušťka		135 mm

Pod římsami bude izolace chráněna nalepením dalšího ochranného izolačního pásu. Na povrch vrstvy litého asfaltu se provede pohoz předobalenou drtí 4/8 mm v množství 2-4 kg/m². Podél obrub se v obrusné vrstvě vozovky provedou zálivky z modifikovaného asfaltu. Dále budou u obrub zřízeny odvodňovací proužky z litého asfaltu.

4.4.3. Ložiska

Mostovka bude na všech podpěrách uložena na dvojici hrncových ložisek se svislou únosností minimálně 28 MN. Osová vzdálenost ložisek je 6,40m. Příčně pevná ložiska budou umístěna na straně blíže ose komunikace, podélně pevná ložiska budou na vzpěře P6.

4.4.4. Mostní závěry

Na styku nosné konstrukce s opěrou budou osazeny lamelové mostní závěry s minimálním rozsahem dilatačních pohybů ± 160 mm.

4.4.5. Odvodnění mostu

V příčném směru bude voda svedena pomocí navržených příčných sklonů 2,5% do odvodňovacích proužků šířky 500 mm. V nich bude podélným sklonem 1,3% vedena do odvodňovačů, které vyústí do podélného svodu, který je zavěšen pod konzolou mostovky. Ten bude za opěrou OP2 (směr Březiněves) zaústěn do dálniční kanalizace.

4.4.6. Svodidla a zábradlí

Vnější okraj pochozích říms bude opatřen ocelovým zábradlím se svislou výplní. Vzhledem k napojení chodníků na cyklostezku bude montováno zábradlí s výškou 1,30m.

Na vnitřních římsách mostu budou osazena ocelová svodidla s úrovní zadržetí H2. Pro oddělení komunikace od pochozích chodníků budou použita zábradelní svodidla výšky 1,10 m s úrovní zadržetí H2. Výška svodnice nad povrchem vozovky je 0,75 m.

Zrcadlo bude překryto kompozitními pochozími rošty.

5. Postup výstavby

Oblouk bude vystavěn letmou betonáží s postupným vyvěšováním lamel pomocí kabelů z předpínací výztuže, které budou kotvené do skalního masivu na březích řeky. Zárodky oblouků o délce 7,5 m budou tvořeny plným průřezem, na který bude navazovat 26 lamel o délce 5,0 m s komorovým průřezem. Pro vyvěšení lamel 14-26 bude nutné nastavit pilíře provizorními ocelovými konstrukcemi o výšce min. 35,0 m. Před zmonolitněním oblouku bude provedena rektifikace pro dosažení ideálního tvaru konstrukce a vnesení normálové síly.

Mostovka bude vystavěna metodou podélného výsunu. Z důvodu snížení tíhy konstrukce bude vysouvána mostovka s konstantním průřezem odpovídajícím průřezu v poli. Zesílení průřezu v oblasti podpěr bude provedeno dodatečně po dokončení vysouvání mostovky. Výsun bude prováděn z pravého břehu, kde bude zřízena výrobní plošina o délce 75,0m. Lamely budou betonovány ve dvou krocích. V prvním kroku bude vybetonována spodní deska a stěny komorového průřezu. Následně bude konstrukce vysunuta o délku jedné lamely a dobetonována horní deska komory. Díky tomuto postupu bude možné provádět práce na dvou lamelách současně. Délka typické lamely je 25,0 m. První a poslední lamela bude mít rozdílnou délku tak, aby byly pracovní spáry umístěné ve čtvrtinách rozpětí polí. Pro snížení namáhání přední části vysouvané mostovky bude použit ocelový nástavec o délce 30,0 m. Vzhledem k poddajnosti oblouku bude nutné během výstavby zajistit jeho stabilitu soustavou předpínacích kabelů a tyto v průběhu výsunu průběžně rektifikovat.

Postup výstavby je schematicky rozkreslen v příloze E.

6. Statický výpočet

Ve statickém výpočtu byly posouzeny rozhodující průřezy mostovky, oblouku a pilířů z hlediska mezních stavů použitelnosti a únosnosti. Statický výpočet je zpracován v oddíle B.

Diplomová práce

Oddíl B: Statický výpočet

1. Úvod

Předmětem statického výpočtu je návrh a posouzení hlavních prvků nosné konstrukce mostu. Jedná se o obloukový most s podélně vysouvanou mostovkou, který bude převádět směrově rozdělenou komunikaci o volné šířce 2×15,5m přes údolí Vltavy v Praze u Suchdola. Stavba bude součástí plánované trasy silničního okruhu kolem Prahy (SOKP).

Každý směr komunikace bude převáděn samostatnou nosnou konstrukcí. V tomto statickém výpočtu bude navržena a posouzena konstrukce jižního mostu, tedy konstrukce převádějící jízdní pás ve směru Praha - Ruzyně → Praha - Březiněves. Bude posouzena mostovka, oblouk a pilíře mostu během podélného výsunu a za provozu.

1.1. Použitá literatura

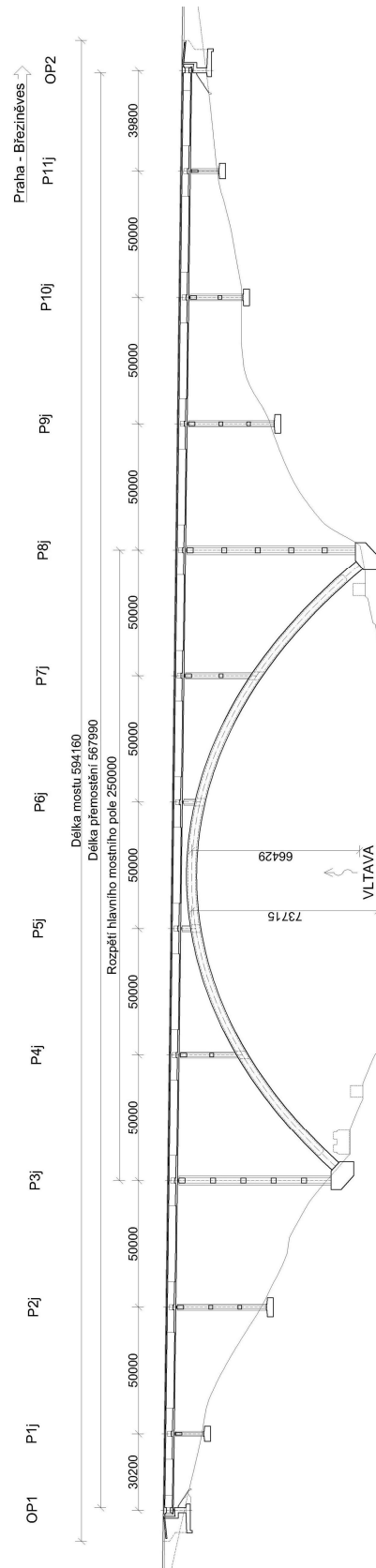
- [1] ŠAFÁŘ, Roman: Betonové mosty 2: Přednášky, Praha: ČVUT 2014
- [2] ŠAFÁŘ, Roman a kolektiv: Betonové mosty 2: Cvičení, Praha: ČVUT 2009
- [3] ROSIGNOLI, Marco: Bridge launching, London: Thomas Telford, 2002
- [4] ČSN EN 1990 ed. 2: 2011 (73 0002) Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [5] ČSN EN 1991-1-1: 2004 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [6] ČSN EN 1991-1-4: 2007 (730035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
- [7] ČSN EN 1991-1-5: 2005 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou
- [8] ČSN EN 1991-1-6: 2006 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-6: Obecná zatížení - Zatížení během provádění
- [9] ČSN EN 1991-2: 2005 (73 6203) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou
- [10] ČSN EN 1992-1-1 ed. 2: 2005 (73 1201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [11] ČSN EN 1992-2: 2007 (73 6208) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
- [12] ČSN EN 1337-1: 2002 (73 6270): Stavební ložiska - Část 1: Všeobecná pravidla navrhování
- [13] TNI 73 6270: 2014: Mostní ložiska

1.2. Použitý software

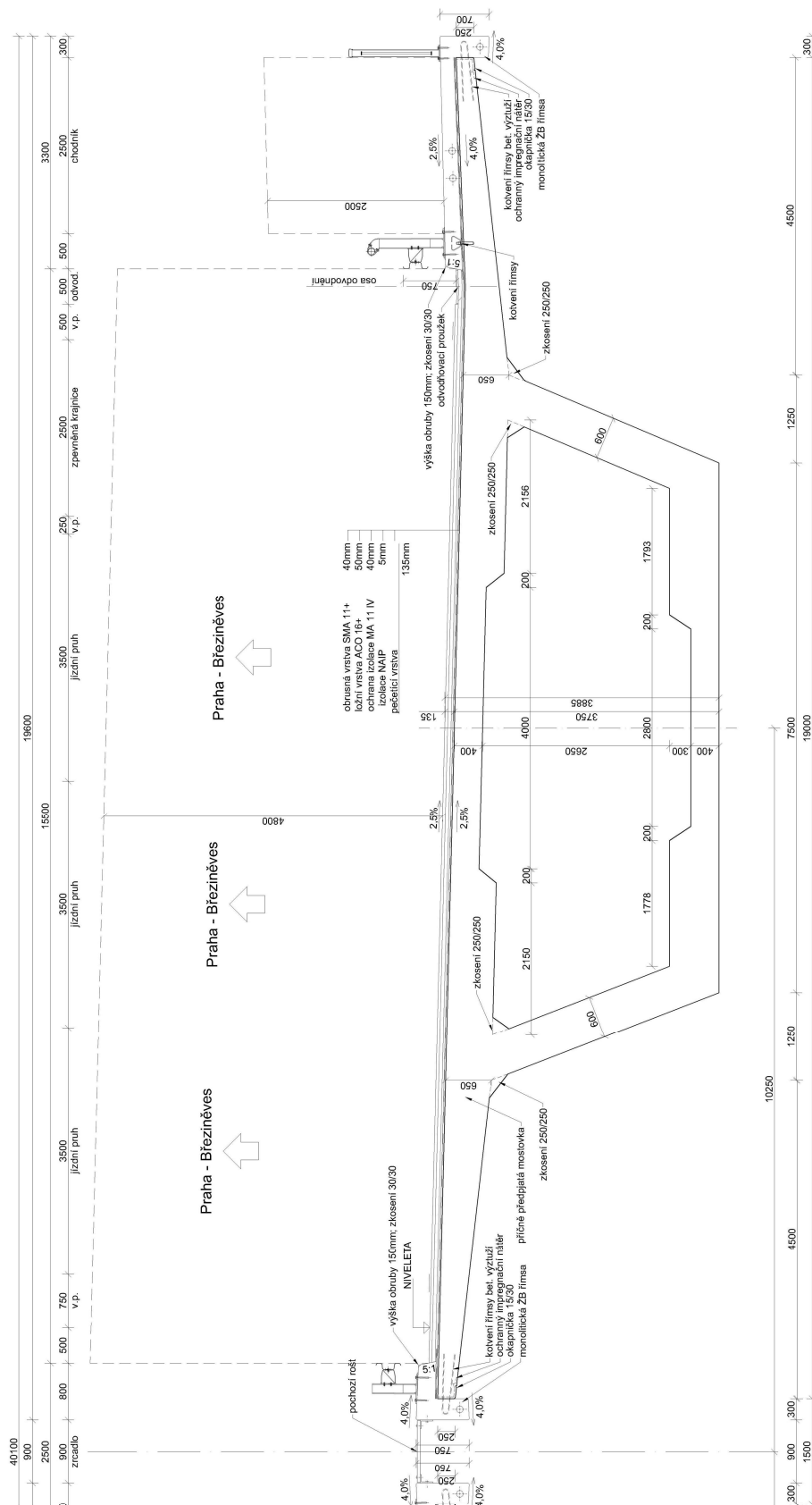
- [1] Autodesk AutoCad 2018
- [2] SCIA Engineer 18
- [3] Microsoft Excel 2016
- [4] Microsoft Word 2016
- [5] FIN EC 2019 - modul Beton

2. Konstrukce

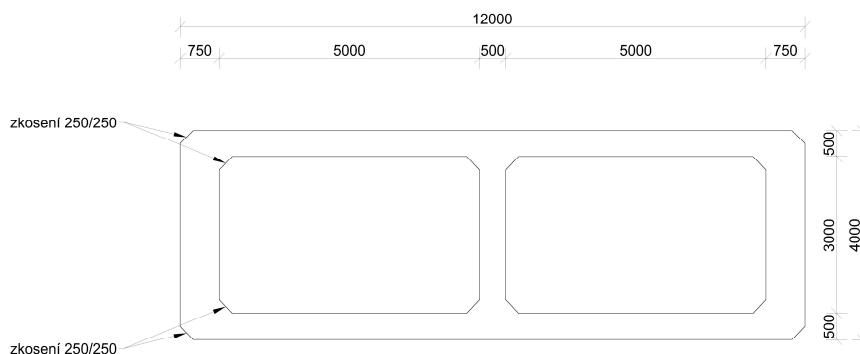
2.1. Schéma konstrukce



Obrázek 1 Podélný řez mostem



Obrázek 3 Příčný řez mostovkou v poli



Obrázek 4 Příčný řez obloukem

2.2. Průřezové charakteristiky

2.2.1. Mostovka

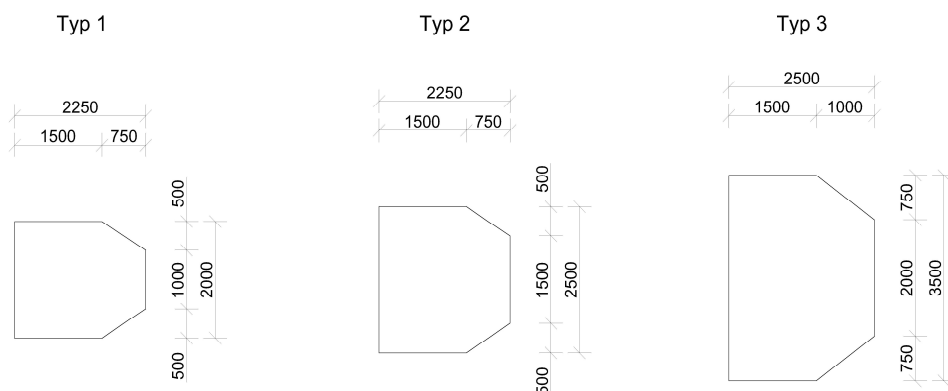
		Průřez nad pilířem	Průřez v poli
Výška průřezu	h	3,75 m	3,75 m
Šířka průřezu	b	19,0 m	19,0 m
Plocha průřezu	A_c	19,520 m ²	17,584 m ²
Poloha těžiště od spodních vláken	z_T	2,279 m	2,389 m
Vzdálenost průřezu od levých vláken	y_T	9,580 m	9,581 m
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	37,868 m ⁴	34,327 m ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	375,220 m ⁴	355,880 m ⁴
Pružný průřezový modul k ose y - horní vlákna	$W_{el,y}^h$	25,743 m ³	25,222 m ³
Pružný průřezový modul k ose y - spodní vlákna	$W_{el,y}^d$	16,616 m ³	14,369 m ³
Pružný průřezový modul k ose z	$W_{el,z}$	39,167 m ³	37,144 m ³

2.2.2. Oblouk

		Plný průřez (pata oblouku)	Komorový průřez
Výška průřezu	h	4,00 m	4,00 m
Šířka průřezu	b	12,0 m	12,0 m
Plocha průřezu	A_c	47,875 m ²	18,125 m ²
Poloha těžiště od spodních vláken	z_T	2,000 m	2,000 m
Vzdálenost průřezu od levých vláken	y_T	6,000 m	6,000 m
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	63,540 m ⁴	41,543 m ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	571,620 m ⁴	285,600 m ⁴
Pružný průřezový modul k ose y	$W_{el,y}$	31,770 m ³	20,772 m ³
Pružný průřezový modul k ose z	$W_{el,z}$	95,270 m ³	47,600 m ³

2.2.3. Pilíře a vzpěry

		Typ 1	Typ 2	Typ 3
Výška průřezu	h	2,00 m	2,50 m	3,50 m
Šířka průřezu	b	2,25 m	2,25 m	2,50 m
Plocha průřezu	A_c	4,125 m ²	5,250 m ²	8,000 m ²
Poloha těžiště od spodních vláken	z_T	1,000 m	1,250 m	1,750 m
Vzdálenost průřezu od levých vláken	y_T	1,045 m	1,063 m	1,164 m
Moment setrvačnosti k ose y	I_y	1,234 m ⁴	2,484 m ⁴	7,221 m ⁴
Moment setrvačnosti k ose z	I_z	1,574 m ⁴	2,054 m ⁴	3,826 m ⁴
Pružný průřezový modul k ose y - horní vlákna	$W_{el,y}$	1,234 m ³	1,987 m ³	4,126 m ³
Pružný průřezový modul k ose z - levá vlákna	$W_{el,z}^l$	1,506 m ³	1,932 m ³	3,287 m ³
Pružný průřezový modul k ose z - pravá vlákna	$W_{el,z}^p$	1,306 m ³	1,730 m ³	2,864 m ³



Obrázek 5 Průřezy pilířů

Typ 1 - použitý pro pilíře P1 a P11

Typ 2 - použitý pro pilíře P2, P4, P5, P6, P7, P9 a P10

Typ 3 - použitý pro pilíře P3 a P8

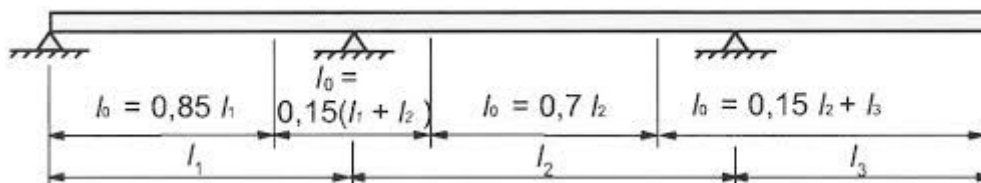
Průřezové charakteristiky byly vypočítány softwarem SCIA Engineer 18.

2.2.4. Stanovení spolupůsobící šířky desky

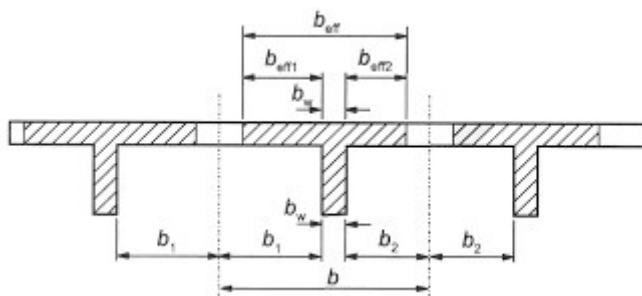
V důsledku ochabnutí smykem není průběh normálového napětí po šířce horní a dolní desky průřezu rovnoměrné, v důsledku ochabnutí smykem se s rostoucí vzdáleností od stěny hodnota normálového napětí snižuje. Vliv ochabnutí smykem je do výpočtu zaveden použitím spolupůsobící šířky desky. Spolupůsobící šířka desky b_{eff} se stanoví podle následujících vztahů:

$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$$

kde $b_{eff,i} = 0,2 b_i + 0,1 l_0 \leq 0,2 l_0$



Obrázek 6 Definice l_0 pro výpočet spolupůsobící šířky



Obrázek 7 Parametry pro výpočet spolupůsobící šířky

Výpočet je zde vzorově proveden pro průřez nad podpěrou během podélného výsunu, pro ostatní průřezy je výpočet shrnut do tabulky.

Vzdálenost l_0

$$l_0 = 0,15 \cdot (l_1 + l_2) = 0,15 \cdot (50,0 + 50,0) = 15,0\text{m}$$

Spolupůsobící šířky

horní deska - vnější konzola

$$b_{eff,1} = 0,2 \cdot 4,50 + 0,1 \cdot 15,0 = 2,40 \text{ m} < 0,2 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 15,0 \text{ m} = 3,00 \text{ m}$$

$$< b_1 = 4,50 \text{ m}$$

horní deska mezi stěnami

$$b_{eff,2} = 0,2 \cdot 4,35 + 0,1 \cdot 15,0 = 2,37 \text{ m} < 0,2 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 15,0 \text{ m} = 3,00 \text{ m}$$

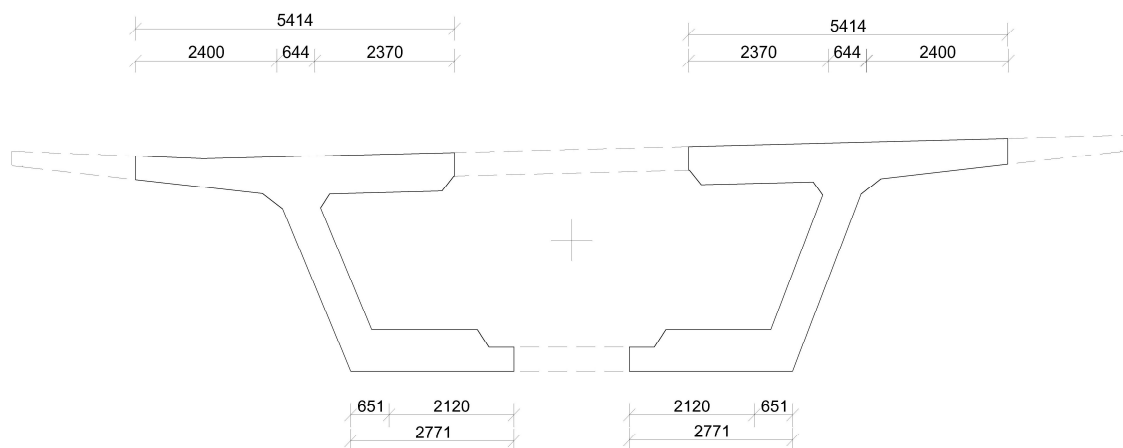
$$< b_1 = 4,50 \text{ m}$$

horní deska mezi stěnami

$$b_{eff,3} = 0,2 \cdot 3,10 + 0,1 \cdot 15,0 = 2,12 \text{ m} < 0,2 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 15,0 \text{ m} = 3,00 \text{ m}$$

$$< b_1 = 4,50 \text{ m}$$

Je patrné, že bude třeba uvažovat redukovaný průřez.



Obrázek 8 Redukovaný průřez

Průřezové charakteristiky redukovaného průřezu

$$A_c = 13,36 \text{ m}^2 \qquad I_y = 25,271 \text{ m}^4 \qquad z_T = 2,212 \text{ m}$$

$$W_{el,y}^h = 16,431 \text{ m}^3 \qquad W_{el,y}^d = 11,424 \text{ m}^3$$

Pro další průřezy byl proveden výpočet obdobně. Výsledné průřezové charakteristiky jsou shrnuty v tabulce.

Řez	Průřez	A	z_T	I_y	$W_{el,y}^h$	$W_{el,y}^d$	
		[m ²]	[m]	[m ⁴]	[m ³]	[m ³]	
výsun	pole	plný	17,584	2,389	34,327	25,222	14,369
	podpěra	redukovaný	13,360	2,212	25,271	16,431	11,424
provoz	pole	plný	17,584	2,389	34,327	25,222	14,369
	pilíř	redukovaný	15,172	2,137	27,97	17,340	13,088
	opěra	redukovaný	17,013	2,248	32,474	21,621	14,446

2.3. Optimalizace střednice oblouku

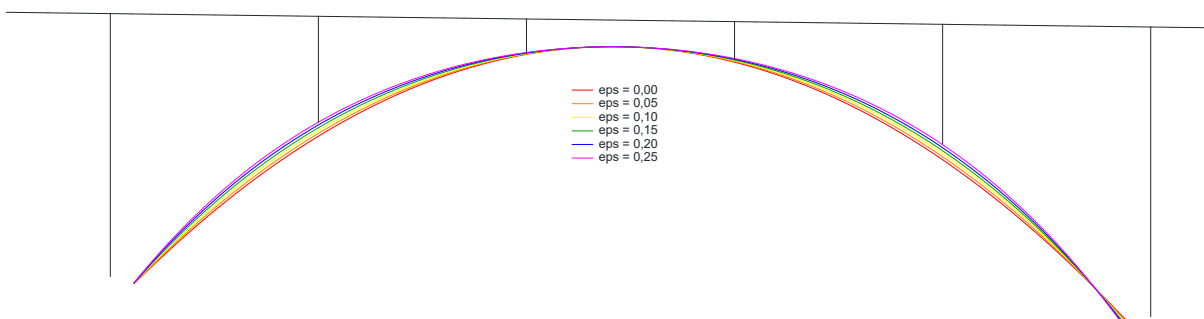
Pro stanovení tvaru střednice byla použita parabola 4. stupně podle Chambauda. Křivka má rovnici

$$z = f \cdot \left[(1 - \varepsilon) \cdot \frac{x^2}{a^2} + \varepsilon \cdot \frac{x^4}{a^4} \right]$$

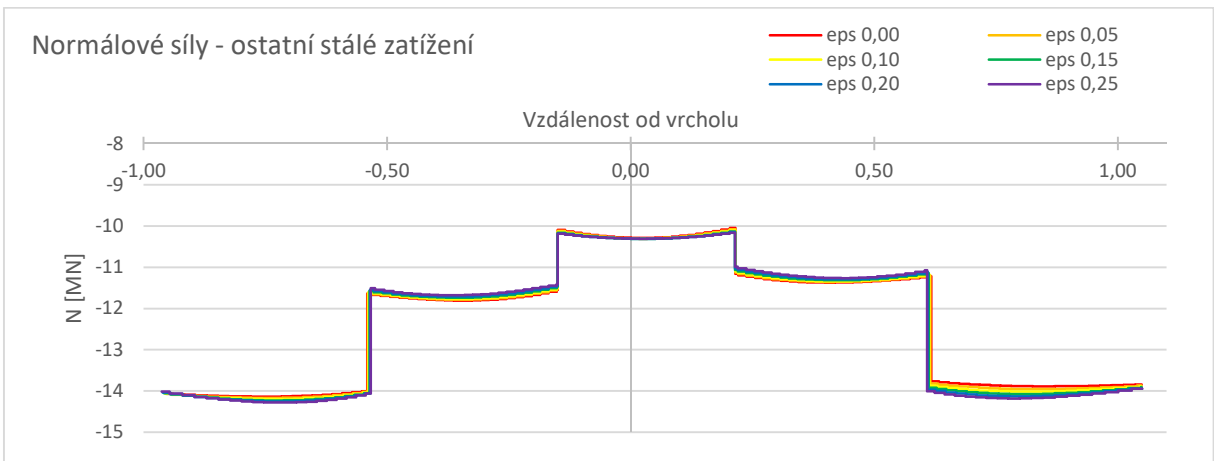
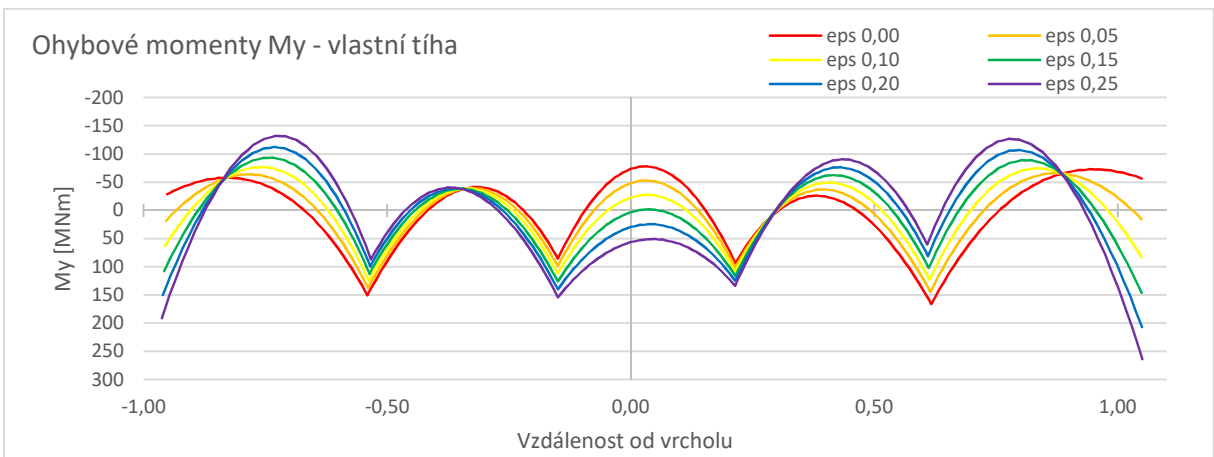
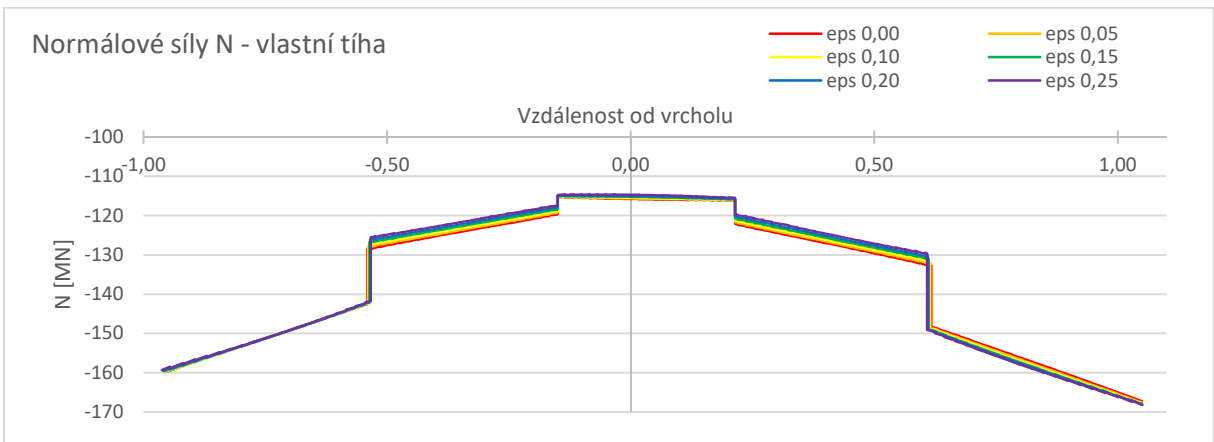
- kde
- f je vzezpečí oblouku
 - a je polovina rozpětí oblouku - $a = L/2$
 - x je vodorovná vzdálenost od vrcholu oblouku
 - $\varepsilon = \frac{\pi - 1}{\pi + 5}$
 - π je poměr zatížení v patce k zatížení ve vrcholu oblouku
 - $\pi = \frac{g_p + \frac{q}{2}}{g_v + \frac{q}{2}}$
 - g_p je stálé zatížení v patce oblouku na 1m délky konstrukce
 - g_v je stálé zatížení ve vrcholu oblouku na 1m délky konstrukce
 - q je pohyblivé zatížení na mostovce na 1m délky konstrukce

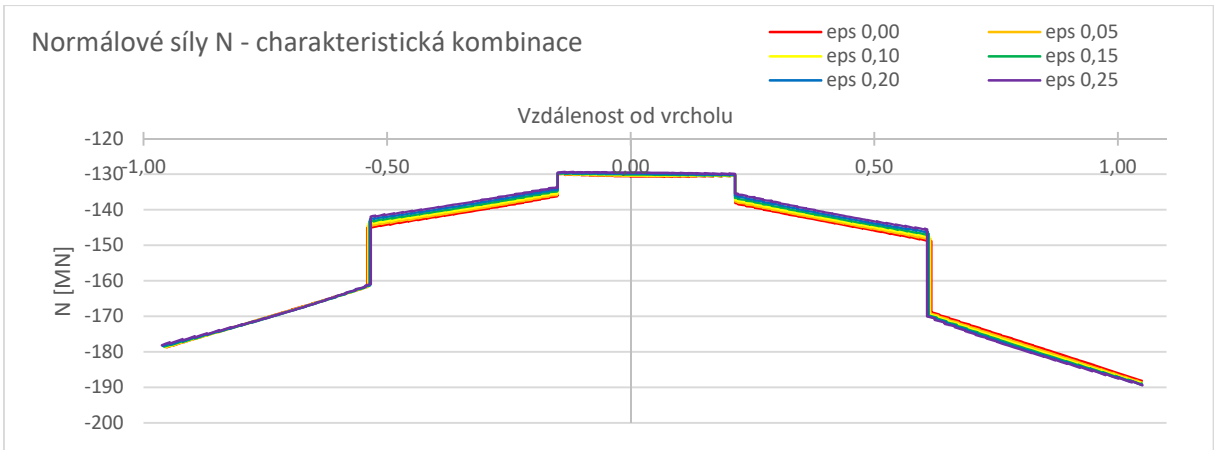
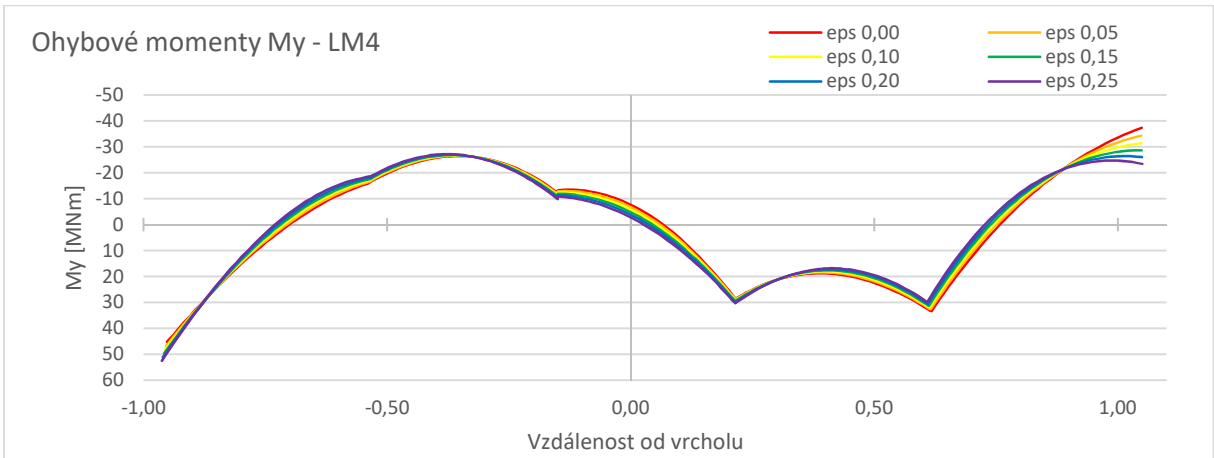
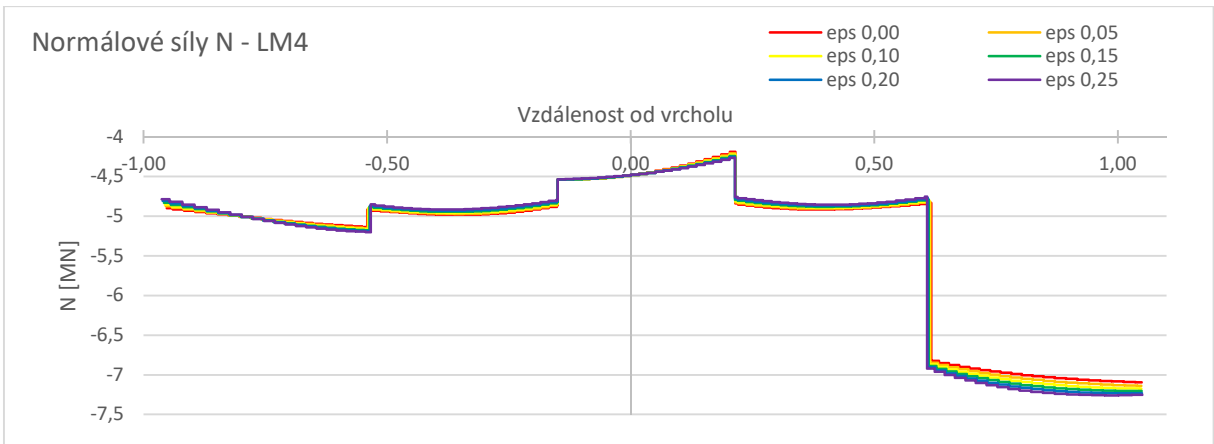
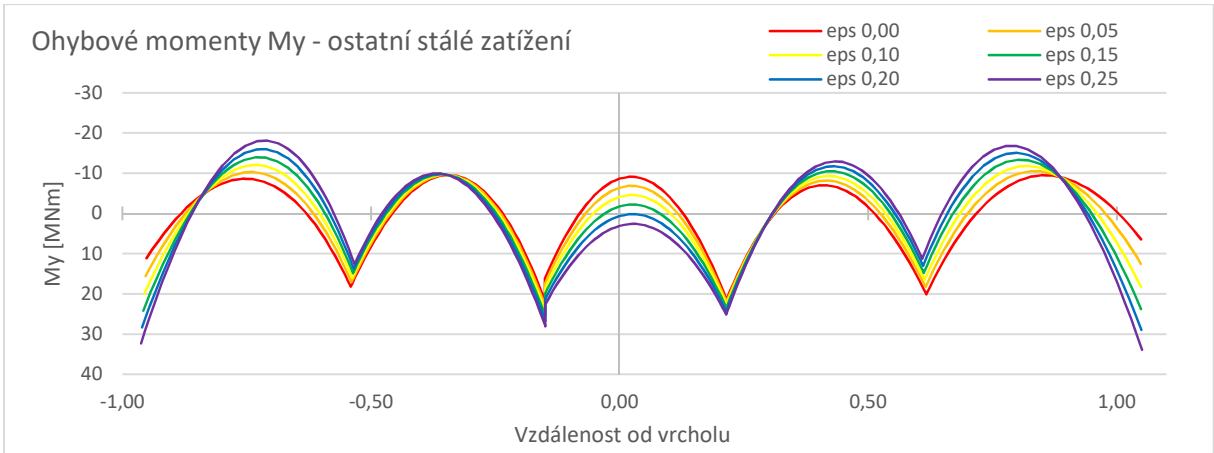
Protože v prvotní fázi návrhu neznáme hodnoty zatížení v patě a ve vrcholu oblouku a nelze tedy spočítat hodnotu součinitele ε , byla vytvořena řada modelů s hodnotami $\varepsilon = 0,00$; $\varepsilon = 0,05$; $\varepsilon = 0,10$; $\varepsilon = 0,15$ $\varepsilon = 0,20$; a $\varepsilon = 0,25$ a porovnány účinky zatížení. Tyto modely byly zatíženy vlastní tíhou, ostatním stálým zatížením a proměnným zatížením o hodnotě 5 kN/m^2 umístěným na mostovku nad polovinou rozpětí oblouku. Následně byla vytvořena jejich kombinace. Dále byla namodelována situace, kdy je oblouk zatížen podélným výsunem mostovky, konkrétně v poloze před nasunutím ocelového nástavce na vzpěru P7.

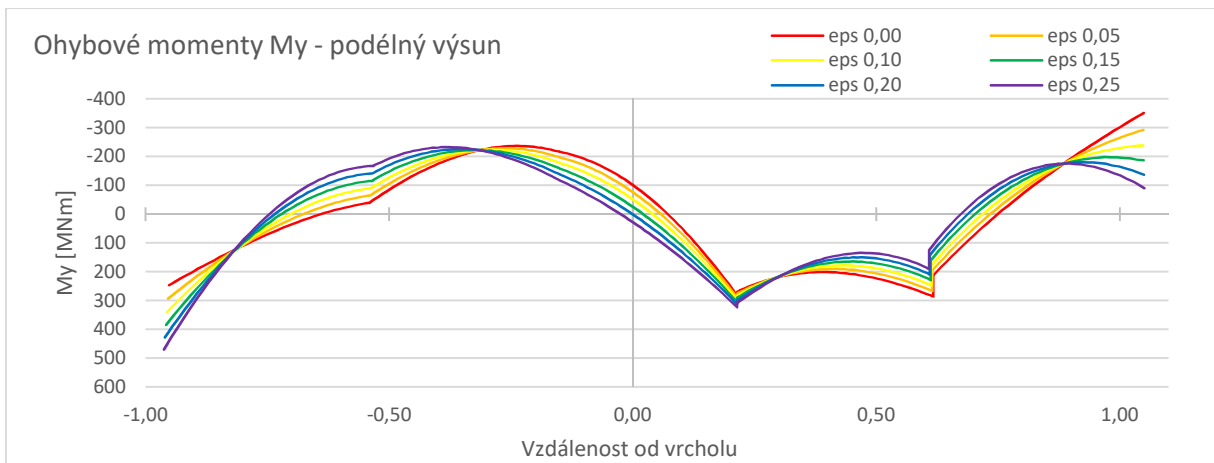
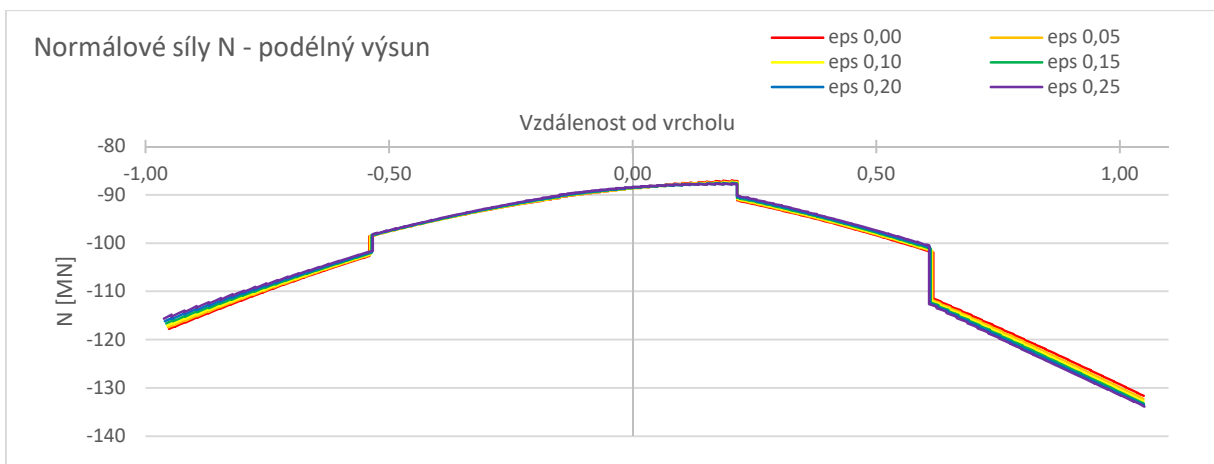
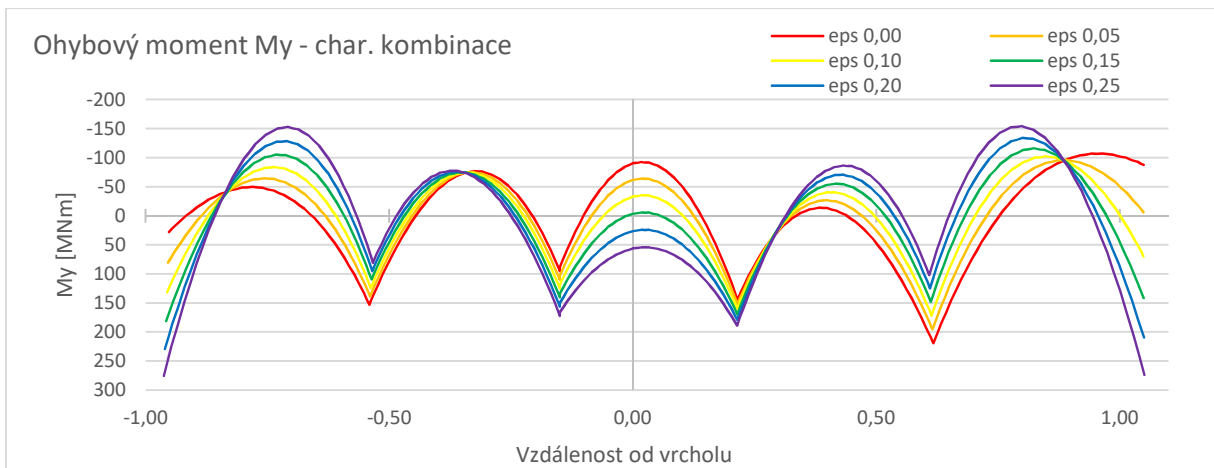
Jednotlivé oblouky mají různé délky. Proto byly vnitřní síly vykresleny v závislosti na poměru vzdálenosti od vrcholu oblouku k polovině rozpětí oblouku.



Obrázek 9 Porovnání průběhu oblouků s různými součiniteli ε







Po vyhodnocení průběhu vnitřních sil z jednotlivých modelů byl jako nejvhodnější tvar oblouku zvolen oblouk s parametrem $\varepsilon = 0,10$.

Během optimalizace oblouku byl uvažován průřez oblouku s konstantní výškou 4,0 m. Byla ověřena i varianta s proměnnou výškou oblouku, kdy byla výška plynule snižována až na hodnotu 3,0 m ve vrcholu, avšak vzhledem k vysokým hodnotám ohybových momentů blízko vrcholu oblouku během podélného výsunu není tato varianta vhodná.

2.4. Výpočetní model konstrukce

Pro výpočet vnitřních sil na konstrukci byly vytvořeny prostorové prutové modely v programu SCIA Engineer 18.

Pro posouzení konstrukce během podélného výsunu mostovky nebyly vytvořeny plné obálky vnitřních sil pro celý podélný výsun, pro zjednodušení byla konstrukce modelována a posuzována ve dvanácti kritických polohách vysouvané mostovky přes oblouk. V těchto modelech bylo uvažováno se ztužením konstrukce pomocí závěsů tvořených předepnutými kabely. Předpětí závěsů bylo vnášeno do konstrukce tak, aby bylo minimalizováno namáhání oblouku a vzpěr.

3. Materiály

3.1. Beton C50/60 - mostovka

Pevnosti v tlaku:

charakteristická pevnost v tlaku ve stáří 28 dní	$f_{ck} = 50,0 \text{ MPa}$
střední hodnota pevnosti v tlaku	$f_{cm} = 58,0 \text{ MPa}$
návrhová pevnost v tlaku	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,9 \cdot 50 / 1,5 = 30,0 \text{ MPa}$

Pevnosti v tahu

dolní hodnota pevnosti v dostředném tahu	$f_{ctk\ 0,05} = 2,9 \text{ MPa}$
střední hodnota pevnosti v dostředném tahu	$f_{ctm} = 4,1 \text{ MPa}$
horní hodnota pevnosti v dostředném tahu	$f_{ctk\ 0,95} = 5,3 \text{ MPa}$

Přetvárné vlastnosti betonu

střední hodnota modulu pružnosti	$E_{cm} = 37,0 \text{ GPa}$
Poissonovo číslo	$\nu = 0,2$
součinitel teplotní roztažnosti	$\alpha_t = 0,000\ 010 \text{ K}^{-1}$
mezní přetvoření betonu (komorový průřez)	$\varepsilon_{cu} = 2,0\%$

Vlastnosti betonu v čase $t = 7$ dní (předpokládaný čas vnesení předpětí)

střední hodnota pevnosti v tlaku	$f_{cm}(7) = \beta_{cc}(7) \cdot f_{cm} = 0,819 \cdot 58 = 47,49 \text{ MPa}$
funkce vývoje pevnosti	$\beta_{cc}(t) = \exp[s(1 - \sqrt{28/t})]$; $s = 0,2$ $\beta_{cc}(7) = 0,819$
charakteristická hodnota pevnosti v tlaku	$f_{ck}(7) = f_{cm}(7) - 8,0 = 39,49 \text{ MPa}$

3.2. Beton C40/50 - oblouk

Pevnosti v tlaku:

charakteristická pevnost v tlaku ve stáří 28 dní	$f_{ck} = 40,0 \text{ MPa}$
střední hodnota pevnosti v tlaku	$f_{cm} = 48,0 \text{ MPa}$
návrhová pevnost v tlaku	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,9 \cdot 40 / 1,5 = 24,0 \text{ MPa}$

Pevnosti v tahu

dolní hodnota pevnosti v dostředném tahu	$f_{ctk\ 0,05} = 2,5 \text{ MPa}$
střední hodnota pevnosti v dostředném tahu	$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$
horní hodnota pevnosti v dostředném tahu	$f_{ctk\ 0,95} = 4,6 \text{ MPa}$

Přetvárné vlastnosti betonu

střední hodnota modulu pružnosti	$E_{cm} = 35,0 \text{ GPa}$
Poissonovo číslo	$\nu = 0,2$
součinitel teplotní roztažnosti	$\alpha_t = 0,000\ 010 \text{ K}^{-1}$
mezní přetvoření betonu	$\varepsilon_{cu} = 3,5\%$

3.3. Beton C30/37 - spodní stavba

Pevnosti v tlaku:

charakteristická pevnost v tlaku ve stáří 28 dní	$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$
střední hodnota pevnosti v tlaku	$f_{cm} = 38,0 \text{ MPa}$
návrhová pevnost v tlaku	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,9 \cdot 30 / 1,5 = 18,0 \text{ MPa}$

Pevnosti v tahu

dolní hodnota pevnosti v dostředném tahu	$f_{ctk,0,05} = 2,0 \text{ MPa}$
střední hodnota pevnosti v dostředném tahu	$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$
horní hodnota pevnosti v dostředném tahu	$f_{ctk,0,95} = 3,8 \text{ MPa}$

Přetvárné vlastnosti betonu

střední hodnota modulu pružnosti	$E_{cm} = 32,0 \text{ GPa}$
Poissonovo číslo	$\nu = 0,2$
součinitel teplotní roztažnosti	$\alpha_t = 0,000\ 010 \text{ K}^{-1}$
mezní přetvoření betonu	$\varepsilon_{cu} = 3,5\text{‰}$

3.4. Ocel S355 - ocelový nástavec

Mez kluzu (do tl. 40mm)

charakteristická hodnota	$f_{yk} = 355,0 \text{ MPa}$
návrhová hodnota	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,0 = 355,0 \text{ MPa}$

Mezní pevnost

$$f_u = 510,0 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

součinitel teplotní roztažnosti

$$\alpha_t = 0,000\ 012 \text{ K}^{-1}$$

3.5. Betonářská výztuž - ocel B500B

Mez kluzu

charakteristická hodnota	$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$
návrhová hodnota	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434,8 \text{ MPa}$

Pevnost v tahu

$$f_{st} = 550,0 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

3.6. Předpínací výztuž - ocel Y1860 S7

Průřez lana

$$\text{průměr lana} \quad \varnothing = 15,7 \text{ mm}$$

$$\text{plocha jednoho lana} \quad A_{p,1} = 150 \text{ mm}^2$$

Charakteristická hodnota pevnosti v tahu

$$f_{pk} = 1860,0 \text{ MPa}$$

Charakteristická hodnota smluvní meze kluzu

$$f_{p0,1k} = 1640,0 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti

$$E_p = 195,0 \text{ GPa}$$

Maximální napínací napětí

$$\sigma_{p,\max} = 1476,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p,\max} = \min (k_1 \cdot f_{pk}; k_2 \cdot f_{p0,1k}) = \min (0,8 \cdot 1860; 0,9 \cdot 1640)$$

Maximální napětí za provozu

$$\sigma_{p,m0} = 1394,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p,m0} = \min (k_7 \cdot f_{pk}; k_8 \cdot f_{p0,1k}) = \min (0,75 \cdot 1860; 0,85 \cdot 1640)$$

4. Zatížení

4.1. Stálá zatížení

4.1.1. Zatížení vlastní tíhou

Zatížení vlastní tíhou je ve výpočetním programu generováno automaticky. Objemové tíhy materiálů jsou uvažovány následovně:

objemová tíha betonu C50/60 - předpjatá mostovka	$\rho_c = 26,0 \text{ kN/m}^3$
objemová tíha betonu C35/45 - oblouk	$\rho_c = 25,0 \text{ kN/m}^3$
objemová tíha betonu C30/37 - spodní stavba	$\rho_c = 25,0 \text{ kN/m}^3$
objemová tíha oceli S355 - ocelový nástavec	$\rho_s = 78,5 \text{ kN/m}^3$

4.1.2. Ostatní stálé zatížení

ŽB římsy

levá římsa	$A = 0,36 \text{ m}^2$	$\rho_c = 25,0 \text{ kN/m}^3$	$(g-g_0)_{r1} = 9,09 \text{ kN/m}$
pravá římsa	$A = 0,95 \text{ m}^2$	$\rho_c = 25,0 \text{ kN/m}^3$	$(g-g_0)_{r1} = 23,64 \text{ kN/m}$
celkem			$(g-g_0)_r = 32,73 \text{ kN/m}$

Vybavení mostu

2× svodidlo	$(g-g_0)_s = 2,00 \text{ kN/m}$
zábradlí	$(g-g_0)_z = 1,00 \text{ kN/m}$

Konstrukce vozovky

SMA 11+	$h = 0,04 \text{ m}$	$b = 15,50 \text{ m}$	$\rho = 25,0 \text{ kN/m}^3$	$(g-g_0)_{v1} = 15,50 \text{ kN/m}$
ACL 16+	$h = 0,05 \text{ m}$	$b = 15,50 \text{ m}$	$\rho = 25,0 \text{ kN/m}^3$	$(g-g_0)_{v2} = 19,38 \text{ kN/m}$
MA 11 IV	$h = 0,04 \text{ m}$	$b = 15,50 \text{ m}$	$\rho = 25,0 \text{ kN/m}^3$	$(g-g_0)_{v3} = 15,50 \text{ kN/m}$
SMA 11+	$h = 0,005 \text{ m}$	$b = 19,00 \text{ m}$	$\rho = 23,0 \text{ kN/m}^3$	$(g-g_0)_{v4} = 2,19 \text{ kN/m}$
celkem				$(g-g_0)_v = 52,56 \text{ kN/m}$

Střední hodnota ostatního stálého zatížení

$$(g-g_0)_m = (g-g_0)_r + (g-g_0)_s + (g-g_0)_z + 1,0 (g-g_0)_v = 88,29 \text{ kN/m}$$

Horní hodnota ostatního stálého zatížení

$$(g-g_0)_{k,\text{sup}} = (g-g_0)_r + (g-g_0)_s + (g-g_0)_z + 1,4 (g-g_0)_v = 109,31 \text{ kN/m}$$

Dolní hodnota ostatního stálého zatížení

$$(g-g_0)_{k,\text{inf}} = (g-g_0)_r + (g-g_0)_s + (g-g_0)_z + 0,8 (g-g_0)_v = 77,78 \text{ kN/m}$$

4.1.3. Zatížení od nerovnoměrného sedání podpěr

Ve výpočetním modelu jsou uvažovány svislé poklesy podpěr hodnotou 5 mm. Pro paty oblouku jsou také zavedeny vodorovné posuny s hodnotou 5mm.

4.2. Proměnná zatížení

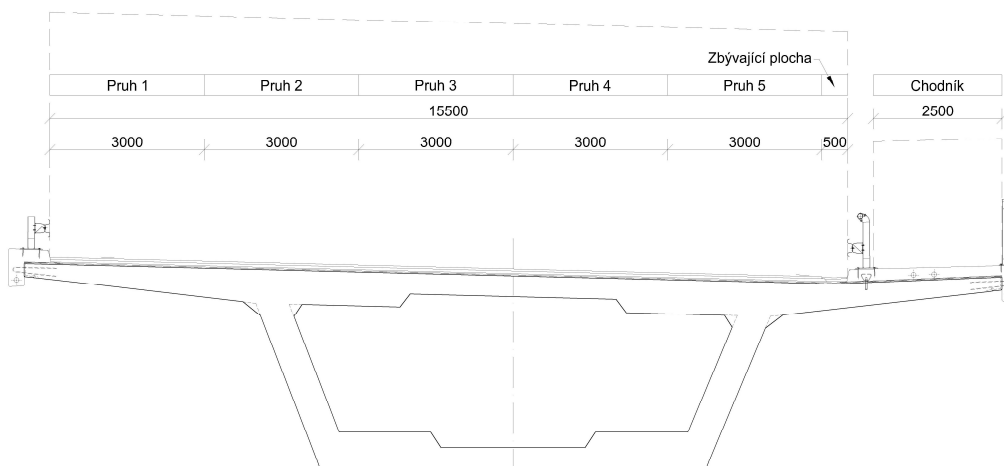
4.2.1. Zatížení dopravou

4.2.1.1. Rozdělení konstrukce na zatěžovací pruhy

Konstrukce bude rozdělena do zatěžovacích pruhů podle následující tabulky.

Šířka vozovky w	Počet zatěžovacích pruhů	Šířka zatěžovacího pruhu w_1	Šířka zbývající plochy
$w < 5,4 \text{ m}$	$n_1 = 1$	3 m	$w - 3 \text{ m}$
$5,4 \text{ m} \leq w < 6 \text{ m}$	$n_1 = 2$	$w/2$	0
$6 \text{ m} \leq w$	$n_1 = \text{Int}(w/3)$	3 m	$w - 3 \times n_1$

Pro zatěžovací šířku mostu 15,5 m vychází pět zatěžovacích pruhů šířky 3,0 m a zbývající plocha šířky 0,5 m. Obecně má být počet zatížených pruhů a jejich rozmístění na konstrukci uvažováno tak, aby zatížení vyvozovalo co nejnepříznivější účinky pro jednotlivá ověření. Pro potřeby tohoto výpočtu bylo zjednodušeně uvažováno jedno uspořádání s plným zatížením konstrukce a co nejvyšší excentricitou zatížení pro vyvození co nejvyššího krouticího momentu.



Obrázek 10 Uspořádání zatěžovacích pruhů

4.2.1.2. Model zatížení LM1

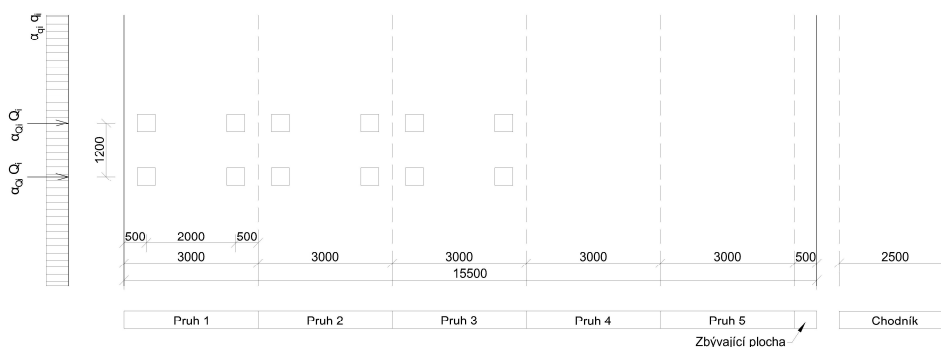
Model zatížení LM1 se skládá ze dvou složek:

TS - soustředěné zatížení od dvounápravy, každá náprava o tíze $\alpha_Q \cdot Q_k$ [kN]

UDL - rovnoměrné zatížení o tíze $\alpha_q \cdot q_k$ [kN/m²]

Hodnoty zatížení pro jednotlivé pruhy jsou uvedeny v následující tabulce. Regulační součinitele α byly použity pro skupinu pozemních komunikací 1.

Umístění	Dvounáprava TS			Rovnoměrné zat. UDL		
	Q_i	α_{Qi}	$\alpha_{Qi} \cdot Q_i$	q_i	α_{qi}	$\alpha_{qi} \cdot q_i$
	[kN]	[-]	[kN]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m ²]
Pruh 1	300,0	1,0	300,0	9,0	1,0	9,0
Pruh 2	200,0	1,0	200,0	2,5	2,4	6,0
Pruh 3	100,0	1,0	100,0	2,5	1,2	3,0
Pruh 4	0,0	-	-	2,5	1,2	3,0
Pruh 5	0,0	-	-	2,5	1,2	3,0
Zbývající plocha	0,0	-	-	2,5	1,2	3,0

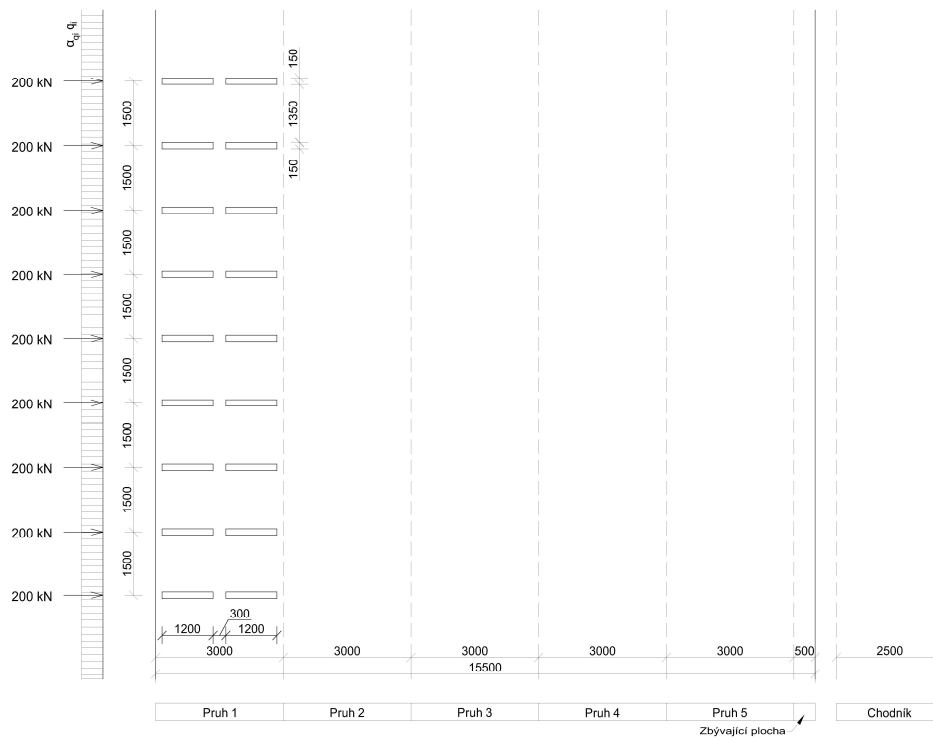


Obrázek 11 Půdorys - umístění zatěžovacího modelu LM1

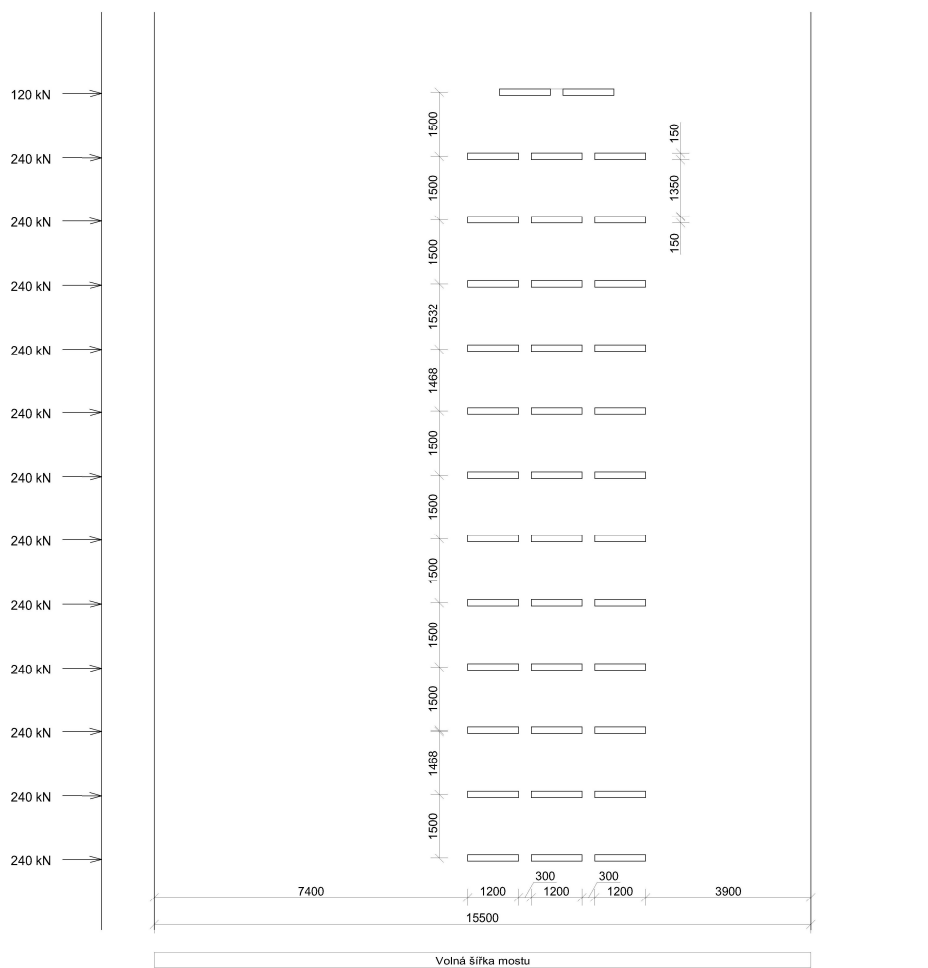
4.2.1.3. Model zatížení LM3

Model zatížení LM3 představuje soubor 17 zvláštních zatěžovacích vozidel. Pro tento případ byla použita vozidla 1800/200 a 3000/240. Pro tato vozidla platí:

	1800/200	3000/240
Nápravy	9x 200 kN e = 1,50 m	1x 120 kN + 12x 240 kN e = 1,50 m
Umístění zatížení	Vozidlo šířky 3,0 m se pohybuje v zatěžovacím pruhu č. 1, ve kterém není umístěno žádné další zatížení. Ostatní pruhy jsou zatíženy rovnoměrným zatížením dle modelu LM1.	Vozidlo má šířku 4,5 m a pohybuje se v ideální stopě v prostoru všech zatěžovacích pruhů s odchylkou max ± 0,5 m. Jedná se o jediné vozidlo na mostě.
Dynamický součinitel	1,25	1,05



Obrázek 12 Půdorys - umístění zatěžovacího modelu LM3 - vozidlo 1800/200



Obrázek 13 Půdorys - umístění zatěžovacího modelu LM3 - vozidlo 3000/240

4.2.1.4. Model zatížení LM4

Model zatížení LM4 představuje zatížení davem lidí. Zatížení se uvažuje jako rovnoměrné plošné zatížení rovné 5 kN/m².

4.2.1.5. Zatížení chodníků

Na chodnících šířky 2,5 m bylo umístěno rovnoměrné plošné zatížení chodci s hodnotou 5,0 kN/m². Kombinační hodnota zatížení je 3 kN/m².

4.2.1.6. Brzdné a rozjezdové síly

Brzdné a rozjezdové síly se uvažují jako podélné síly působící v úrovni povrchu vozovky. Hodnota této síly se má vypočítat jako část celkového maximálního svislého zatížení modelu LM1 umístěného v zatěžovacím pruhu 1.

$$Q_{lk} = 0,6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot (2 \cdot Q_{lk}) + 0,10 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{lk} \cdot w_1 \cdot L$$

$$180 \cdot \alpha_{Q1} \text{ [kN]} \leq Q_{lk} \leq 900 \text{ [kN]}$$

Hodnota brzdné síly:

$$Q_{lk} = 0,6 \cdot 1,0 \cdot (2 \cdot 300) + 0,10 \cdot 1,0 \cdot 9,0 \cdot 3,0 \cdot 570,0 = 1899,0 \text{ kN} > 900 \text{ kN}$$

→ použita horní mez 900 kN

4.2.1.7. Odstředivé a jiné příčné síly

Odstředivá síla se uvažuje jako příčná síla působící v úrovni povrchu vozovky. Hodnota této síly se uvažuje dle následující tabulky.

$Q_{tk} = 0,2 \cdot Q_v \text{ [kN]}$	je-li $r < 200 \text{ m}$
$Q_{tk} = 40 \cdot Q_v / r \text{ [kN]}$	je-li $200 \leq r \leq 1500 \text{ m}$
$Q_{tk} = 0 \text{ [kN]}$	je-li $r > 1500 \text{ m}$

kde:

r je poloměr osy vozovky ve vodorovné rovině

Q_v je celková maximální síla soustředěného zatížení dvounápravami modelu LM1

Komunikace je na nosné konstrukci vedena v přímé, odstředivé síly od zakřivení komunikace se tedy v tomto případě neuplatní.

Dále se mají uvažovat boční síly vznikající při šikmém brždění nebo smyku. Příčná brzdná síla Q_{trk} se má uvažovat hodnotou rovnou 25% podélné brzdné síly Q_{lk} a má působit současně s touto silou.

$$Q_{trk} = 0,25 \cdot Q_{lk} = 0,25 \cdot 900 = 225 \text{ kN}$$

4.2.1.8. Sestavy zatížení

Současné působení modelů zatížení je do výpočtu zavedeno podle následující tabulky sestav zatížení. Byly použity sestavy gr1a, gr2, gr4 a gr5.

	Vozovka						Chodníky
Typ zatížení	Svislé síly				Vodorovné síly		Pouze svislé zatížení
Zatěžovací systém / sestavy zatížení	LM1	LM2	LM3	LM4	brzdné a rozjezdové síly	odstředivé síly a příčné síly	rovnoměrné zatížení
gr1a	charakt. hodnoty				1)	1)	kombinační hodnota
gr1b		charakt. hodnoty					
gr2	časté hodnoty				charakt. hodnoty	charakt. hodnoty	
gr3 ²⁾							charakt. hodnoty
gr4				charakt. hodnoty			charakt. hodnoty
gr5	viz údaje u LM3		charakt. hodnoty				

1) vodorovné síly se do gr1a nezahrnují, pokud není v normách pro navrhování stanoveno jinak

2) tato sestava se neuvažuje, pokud je uvažována sestava gr4

4.2.2. Zatížení teplotou

4.2.2.1. Rovnoměrná složka zatížení teplotou

Zatížení rovnoměrnou složkou teploty bylo stanoveno dle ČSN EN 1991-1-5. Mezní hodnoty teploty ve stínu byly odečteny z teplotní mapy obsažené v této normě. Zatížení je aplikováno na mostovku, oblouk, pilíře a vzpěry mostu.

Umístění stavby

Praha - Suchdol, údolí Vltavy

Typ nosné konstrukce

3. typ: betonová nosná konstrukce

Maximální teplota vzduchu ve stínu

$$T_{\max} = 39^{\circ}\text{C}$$

Minimální teplota vzduchu ve stínu

$$T_{\min} = -31^{\circ}\text{C}$$

Maximální teplota konstrukce

$$T_{e,\max} = T_{\max} + 1,5 = 39 + 1,5 = 40,5^{\circ}\text{C}$$

Minimální teplota konstrukce

$$T_{e,\min} = T_{\min} + 8,0 = -31 + 8,0 = -23,0^{\circ}\text{C}$$

Předpokládaná výchozí teplota konstrukce

$$T_0 = 10^{\circ}\text{C}$$

Maximální charakteristický rozsah teploty

$$\Delta T_{N,con} = T_{e,min} - T_0 = -23 - 10 = -33^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = 40,5 - 10 = 30,5^{\circ}\text{C}$$

4.2.2.2. Nerovnoměrná složka zatížení teplotou

Svislá nerovnoměrná složka zatížení teplotou je uvažována s lineárním průběhem a je aplikována na mostovku, oblouk a vzpěry a pilíře mostu. Teploty pro zatížení jsou shrnuty v následující tabulce.

Prvek nosné konstrukce		Horní povrch teplejší než dolní			Dolní povrch teplejší než horní		
		$\Delta T_{M,heat}$	k_{sur}	$k_{sur} \cdot \Delta T_{M,heat}$	$\Delta T_{M,cool}$	k_{sur}	$k_{sur} \cdot \Delta T_{M,cool}$
		[°C]	[-]	[°C]	[°C]	[-]	[°C]
Mostovka	podél. výsun	10	0,8	8	5	1,1	5,5
	provoz	10	0,56	5,6	5	1	5
Oblouk		10	0,8	8	5	1,1	5,5
Vzpěry a pilíře		15	0,8	12	8	1,1	8,8

4.2.3. Zatížení větrem

Zatížení větrem bylo spočteno dle ČSN EN 1991-1-4. Zatížení bylo stanoveno zvlášť pro mostovku, oblouk a vzpěry mostu. Pro mostovku bylo zatížené spočtené pro maximální výšku nad terénem, tedy 70,0m, aplikováno na celou délku konstrukce. Oblouk byl po výšce rozdělen na tři oblasti:

- spodní část oblouku do výšky 30,0 m nad terénem
- střední část oblouku do výšky 50,0 m nad terénem
- vrchol oblouku

Základní parametry výpočtu:

větrová oblast	I
výchozí základní rychlost větru	$v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$
základní rychlost větru	$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$
součinitel směru větru	$c_{dir} = 1,0$
součinitel ročního období	$c_{season} = 1,0$
kategorie terénu	II - oblast s nízkou vegetací a izolovanými překážkami
parametr drsnosti terénu	$z_0 = 0,05 \text{ m}$
výška, nad kterou terén neovlivňuje proudění	$z_{min} = 2,00 \text{ m}$
srovnávací parametr drsnosti terénu	$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$
součinitel terénu	$k_r = 0,19 \cdot (z_0 / z_{0II})^{0,07} = 0,19$

Další postup výpočtu se liší pro jednotlivé prvky. Podrobně zde bude rozepsán postup výpočtu pro mostovku během podélného výsunu, základní hodnoty pro ostatní prvky budou shrnuty dále.

Výpočet střední rychlosti větru

výška konstrukce nad terénem	$z = 70,00 \text{ m}$
pokud $z_{\min} < z < 200 \text{ [m]}$, pak	
součinitel drsnosti terénu	$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0,19 \cdot \ln(70/0,05) = 1,376$
součinitel ortografie	$c_0(z) = 1,00$
střední rychlost větru ve výšce z nad terénem	$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$ $v_m(z) = 1,376 \cdot 1,00 \cdot 22,5 = 30,969 \text{ m/s}$

Vliv turbulence

součinitel turbulence	$k_l = 1,00$
směrodatná odchylka turbulence	$\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_l = 0,19 \cdot 22,5 \cdot 1,00 = 4,275 \text{ m/s}$
intenzita turbulence	$I_v(z) = \sigma_v / v_m(z) = 4,275 / 30,969 = 0,138$

Maximální dynamický tlak

měrná hmotnost vzduchu	$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
maximální dynamický tlak	$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z) =$ $= (1 + 7 \cdot 0,138) \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 30,969^2 = 1178,65 \text{ N/m}^2$

Součinitel expozice

základní dynamický tlak větru	$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 = 316,41 \text{ N/m}^2$
součinitel expozice	$c_e(z) = q_p(z) / q_b = 1178,65 / 316,41 = 3,725$

Zatížení konstrukce ve směru x (příčné zatížení konstrukce) - obecná metoda

Součinitele sil pro zatížení nosné konstrukce mostu ve směru x

výška konstrukce (včetně vlivu příčného sklonu)	$d_{\text{tot}} = 3,988 \text{ m}$
šířka konstrukce	$b = 19,0 \text{ m}$
poměr šířky k výšce	$b / d_{\text{tot}} = 19,0 / 3,988 = 4,764$
součinitel sil ve směru x (dle ČSN EN 1991-1-4, obr. 8.3)	$c_{f,x,0} = 1,30$
součinitel konstrukce	$c_s c_d = 1,00$

Zatížení větrem na 1 m délky konstrukce

zatížení ve směru x	$f_{w,x} = c_s c_d \cdot c_{f,x} \cdot q_p(z) \cdot h_{\text{ref}} =$ $= 1,0 \cdot 1,30 \cdot 1,179 \cdot 3,988 = 6,111 \text{ kN/m}$
---------------------	--

Zatížení konstrukce ve směru y (podélné zatížení konstrukce)

Podélné zatížení větrem se uvažuje jako 25% zatížení ve směru příčném

$$f_{w,y} = 0,25 \cdot 6,111 = 1,528 \text{ kN/m}$$

Zatížení konstrukce ve směru z (svislé zatížení konstrukce)

Součinitel sil pro zatížení nosné konstrukce mostu ve směru z lze zjednodušeně uvažovat hodnotou $c_{fz} = \pm 0,9$ (svislá složka zatížení větrem může jak konstrukci přitěžovat, tak odlehčovat)

$$\begin{aligned} \text{zatížení ve směru z na 1 m délky} \quad f_{w,z} &= c_{scd} \cdot c_{fz} \cdot q_p(z) \cdot b_{ref} = \\ &= 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,179 \cdot 19,0 = \pm 20,161 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Shrnutí zatížení větrem na jednotlivé prvky

		Zatížení [kN/m]			
		příčné - x	podélné - y	svislé - z	
Mostovka	výstavba	6,111	1,528	20,161	
	provoz	zatížená	11,044	2,761	20,798
		nezatížená	7,431	1,858	20,798
Oblouk	spodní	5,677	-	8,942	
	střední	6,687	-	11,286	
	vrchol	7,237	-	12,215	
Pilíře a vzpěry	typ 1	2,357	0,589	-	
	typ 2	2,947	0,737	-	
	typ 3	4,125	1,031	-	

4.2.4. Zatížení v pevném bodě od odporu systému ložisek

Vzhledem k velké délce dilatačních celků a umístění pevného ložiska na vzpěře ve vrcholu oblouku bylo do výpočtu zahrnuto zatížení vznikající v pevném ložisku jako výslednice rozdílného odporu v ložiskách. Výpočet byl proveden dle TNI 73 6270.

Vodorovná síla v pevném ložisku se určí dle vzorce

$$V_{x,d} = | \mu_a [\sum \gamma_{G,j,sup} G_{kj} + \gamma_P P_k] - \mu_r [\sum \gamma_{G,j,inf} G_k + \gamma_P P_k] |$$

kde

G_{kj} je charakteristická hodnota svislého zatížení na podpěru od vlastní tíhy a stálého zatížení

P_k je charakteristická hodnota svislého zatížení od předpětí

μ_a, μ_r jsou součinitele tření v ložiskách s nepříznivým a příznivým vlivem, jejich hodnoty jsou určeny dle ČSN EN 1337-1:2002, článku 6.2

$$\mu_a = 0,5 \mu_{max} (1 + \alpha_n) = 0,5 \cdot 0,03 (1 + 0,5) = 0,0225$$

$$\mu_r = 0,5 \mu_{max} (1 - \alpha_n) = 0,5 \cdot 0,03 (1 - 0,5) = 0,0075$$

μ_{max} je maximální součinitel tření v ložiskách uvažována hodnotou 0,03

α_n je součinitel závislý na typu ložiska a celkovém počtu působících ložisek; není-li hodnota součinitele dána, vypočítá se podle tabulky obsažené v této normě. Pro počet ložisek $n > 10$ je hodnota $\alpha_n = 0,5$

Po dosazení vychází celková síla na obě podélně pevná ložiska

$$V_{x,d} = 3431,9 \text{ kN}$$

4.3. Zatížení během výstavby

4.3.1. Staveništní zatížení

Staveništní zatížení bylo uvažováno hodnotou 1,0 kN/m² na celé šířce mostovky.

4.3.2. Poklesy kluzných bloků

Pro namáhání mostovky během podélného výsunu byly uvažovány nerovnoměrné poklesy kluzných bloků hodnotou 10 mm pro současný pokles obou kluzných bloků na podpěře a hodnotou 2,5 mm pro pokles jednoho ze dvou bloků na podpěře.

4.3.3. Tření v kluzných blocích

Během podélného výsunu bude mostovka uložena na kluzných blocích, jejichž horní povrch je pokryt leštěným plechem z korozivzdorné oceli. Mezi povrch mostovky a kluzný blok se pak během výsunu vkládají desky, které jsou na spodním povrchu opatřeny vrstvou teflonu. Za pohybu nabývá součinitel tření mezi teflonem a plechem z korozivzdorné oceli hodnot cca 2 - 5%. Během rozjezdu konstrukce však bývá tření vyšší, proto je zde bezpečně uvažován součinitel tření 10%.

4.4. Kombinace zatížení

Kombinace zatížení byly sestaveny dle ČSN EN 1990.

Pro posouzení mezních stavů únosnosti jsou uvažovány kombinace

$$6.10a - \sum \gamma_{G,j} G_{k,j} \text{“+“} \gamma_P P \text{“+“} \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} \text{“+“} \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,1}$$

$$6.10b - \sum \zeta_i \gamma_{G,j} G_{k,j} \text{“+“} \gamma_P P \text{“+“} \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \text{“+“} \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,1}$$

Pro posouzení mezních stavů použitelnosti jsou uvažovány kombinace

$$\text{charakteristická} - \sum G_{k,j} \text{“+“} P \text{“+“} Q_{k,1} \text{“+“} \sum \psi_{0,i} Q_{k,1}$$

$$\text{častá} - \sum G_{k,j} \text{“+“} P \text{“+“} \psi_{1,1} Q_{k,1} \text{“+“} \sum \psi_{2,i} Q_{k,1}$$

$$\text{kvazistálá} - \sum G_{k,j} \text{“+“} P \text{“+“} \sum \psi_{2,i} Q_{k,1}$$

Dílčí součinitele

Zatížení		Příznivé	Nepříznivé
Stálé zatížení	γ_G	1,35	1,00
Poklesy - pružná lineární analýza	γ_{Gset}	1,20	0,00
Předpětí	γ_P	1,00	1,00
Zatížení silniční dopravou a chodci	γ_Q	1,35	0,00
Ostatní proměnná zatížení	γ_Q	1,50	0,00
Redukční součinitel	ξ_G	0,85	

Součinitele kombinace ψ pro silniční mosty

Zatížení	Značka	ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\psi_{1,inf.}$	
Zatížení dopravou	gr1a	TS	0,75	0,75	0,00	0,80
	(LM1)	UDL	0,40	0,40	0,00	0,80
		zat. chodci + cyklisty	0,40	0,40	0,00	0,80
		gr1b (jednotlivá náprava)	0,00	0,75	0,00	0,80
	gr2 (vodorovné síly)		0,00	0,00	0,00	1,00
	gr3 (zatížení chodci)		0,00	0,40	0,00	0,80
	gr4 (LM4 - zatížení davem lidí)		0,00	-	0,00	0,80
gr5 (LM3 - zvláštní vozidla)		0,00	-	0,00	1,00	
Zatížení větrem	F _{wk} : trvalé návrhové situace		0,60	0,20	0,00	0,60
	provádění		0,80	-	0,00	-
	F _w *		1,00	-	-	-
Zatížení teplotou	T _k		0,60	0,60	0,50	0,80
Zatížení sněhem	Q _{Sn,k} (během provádění)		0,80	-	-	1,00
Staveništní zatížení	Q _c		1,00	-	1,00	1,00

Do výpočetního programu jsou součinitele zadávány již přenásobené mezi sebou. Pro stanovení průběhů vnitřních sil jsou uvažovány varianty s dominancí jednotlivých zatížení (doprava, teplota, vítr).

5. Podélný výsuv mostovky

5.1. Ocelový nástavec

Pro snížení ohybových momentů bude přední část vysouvané mostovky opatřena ocelovým nástavcem délky 30,0m, tedy 60% rozpětí typického pole. Nástavec je tvořen dvojicí vzájemně propojených plnostěnných nosníků tvaru I a bude vybaven zařízením umožňujícím kompenzaci průhybu konstrukce před najetím na další podpěru.

Ohybová tuhost nosníků byla stanovena dle doporučení:

$$E_a I_a = 0,1 E_c I_c$$

kde E_a je modul pružnosti oceli
 I_a je hledaný moment setrvačnosti ocelového nástavce
 E_c je modul pružnosti betonu
 I_c je moment setrvačnosti vysouvané konstrukce

Ohybová tuhost mostovky

moment setrvačnosti mostovky $I_{y,c} = 34,327 \text{ m}^4$

modul pružnosti betonu $E_c = 37 \text{ GPa}$

Rozměry navrženého nosníku:

výška nosníku $h = 3750 \text{ mm}$

šířka pásnice $b = 700 \text{ mm}$

tloušťka pásnice $t_f = 40 \text{ mm}$

tloušťka stojiny $t_w = 25 \text{ mm}$

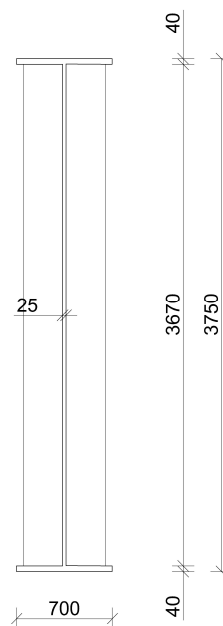
Ohybová tuhost nástavce

moment setrvačnosti jednoho nosníku $I_{y,a} = 0,296 \text{ m}^4$

modul pružnosti oceli $E_a = 210 \text{ GPa}$

Poměr tuhosti nástavce a mostovky

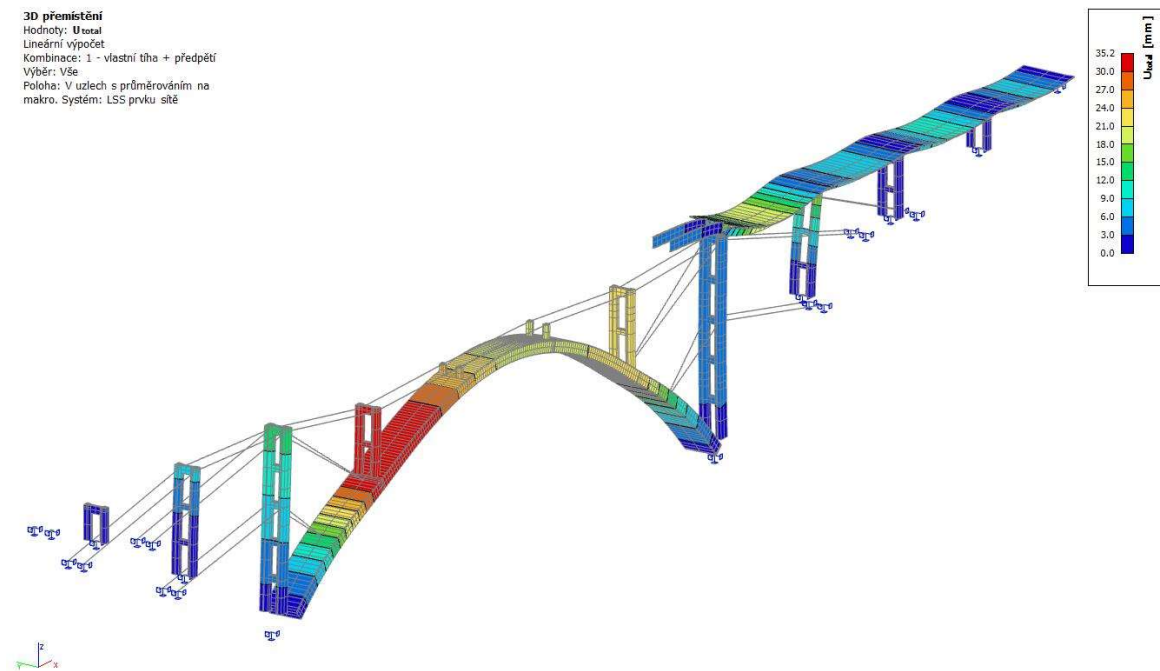
$$E_a I_a / E_c I_c = 0,0978$$



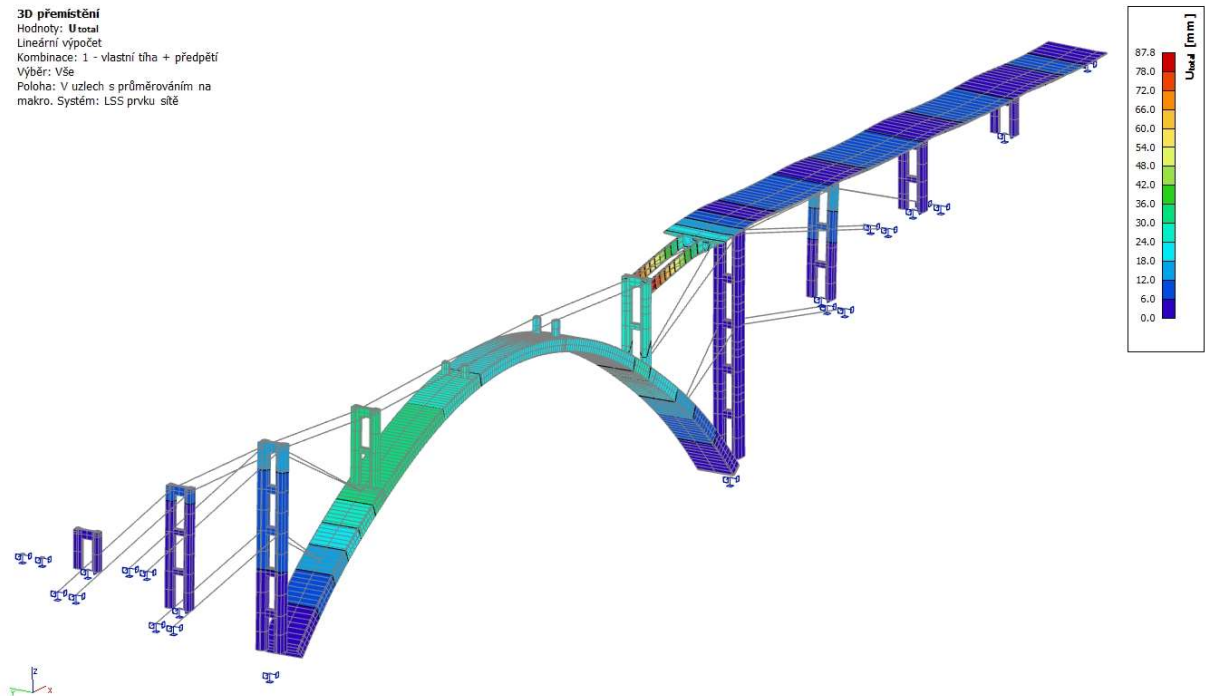
5.2. Uvažované polohy mostovky během podélného výsuvu

Pro zjednodušení nebyla mostovka posuzována pro celý proces výsuvu mostovky, ale ve dvanácti polohách, které reprezentují maximální namáhání konstrukce. Mostovka je umístěna do dvou pozic u každé vzpěry - pozice těsně před najetím ocelového nástavce na vzpěru (maximální vyložení konzoly a tedy nejvyšší namáhání záporným momentem) a pozice, kdy se na vzpěře nachází rozhraní mezi ocelovým nástavcem a mostovkou (maximální kladné momenty v poli). První dvě polohy jsou umístěny na pilíři P8, tedy před najetím na oblouk a reprezentují namáhání mostovky bez vlivu deformací oblouku. Následující polohy jsou umístěny na vzpěrách na oblouku. Poloha 12 pak reprezentuje pozici mostovky při ukončení podélného výsuvu.

Do závěsů tvořených kabely předpínací výztuže bylo vneseno předpětí tak, aby bylo co nejvíce redukováno namáhání nosné konstrukce způsobené deformacemi oblouku. Jednotlivé polohy mostovky s vykreslením deformací od stálého zatížení jsou zobrazeny níže.

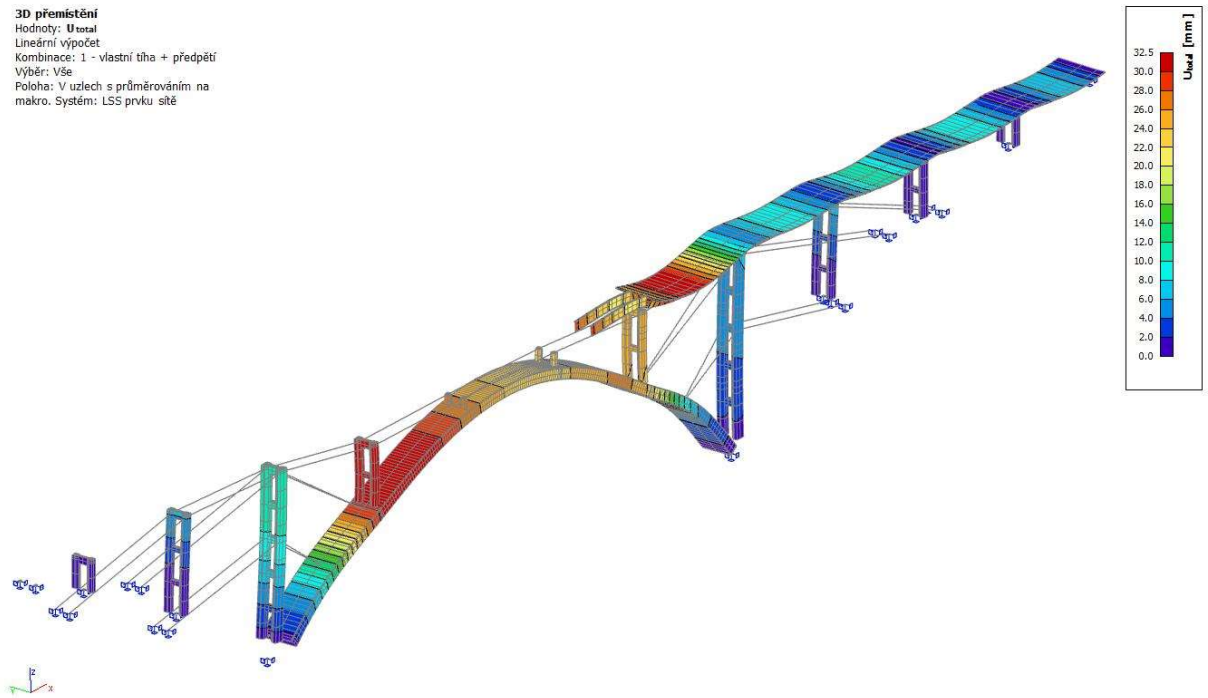


Obrázek 14 Poloha mostovky 1



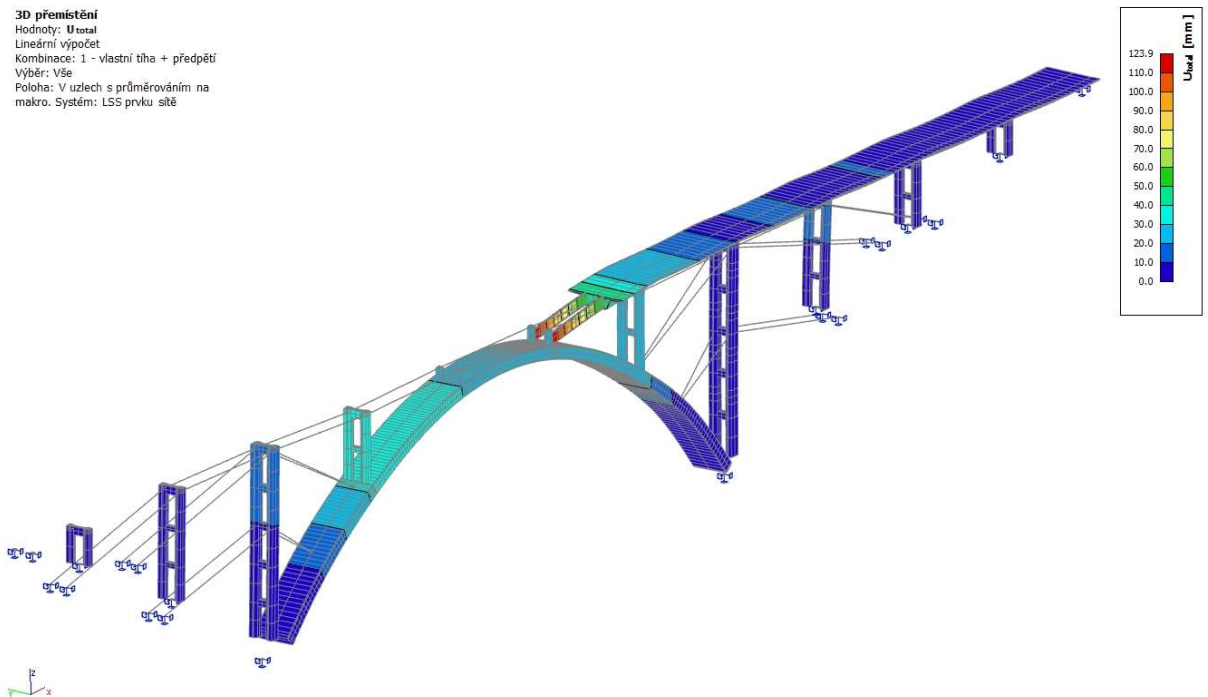
Obrázek 15 Poloha mostovky 2

3D přemístění
 Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: 1 - vlastní tíha + předpětí
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



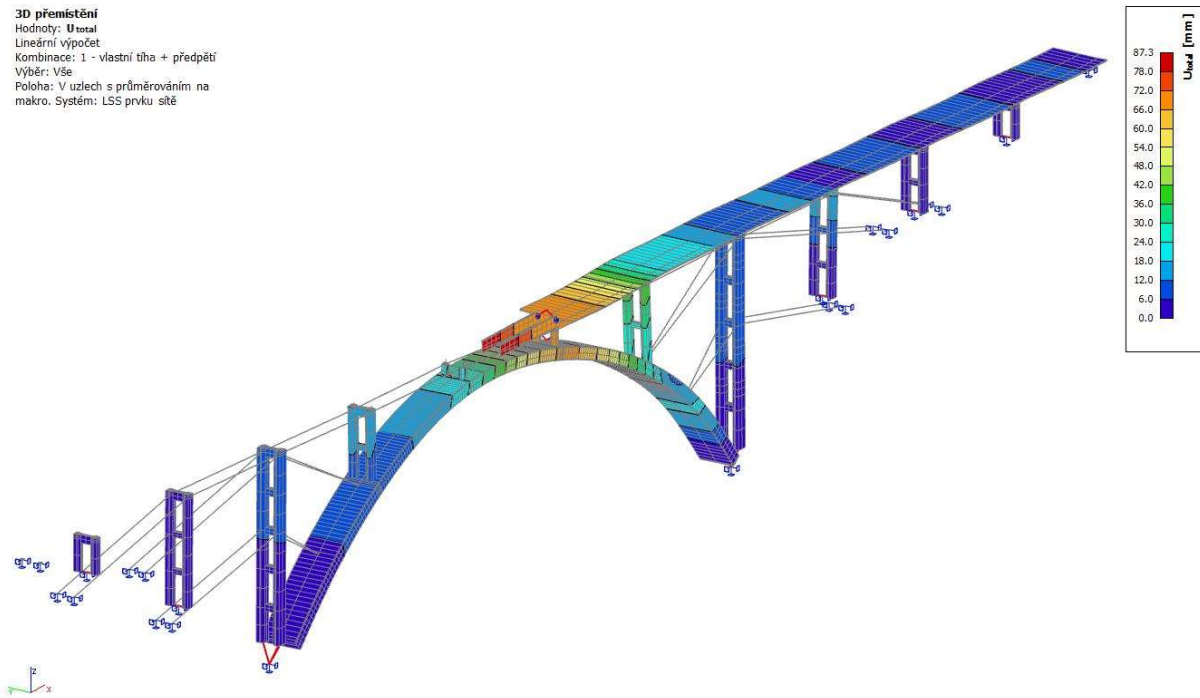
Obrázek 16 Poloha mostovky 3

3D přemístění
 Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: 1 - vlastní tíha + předpětí
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



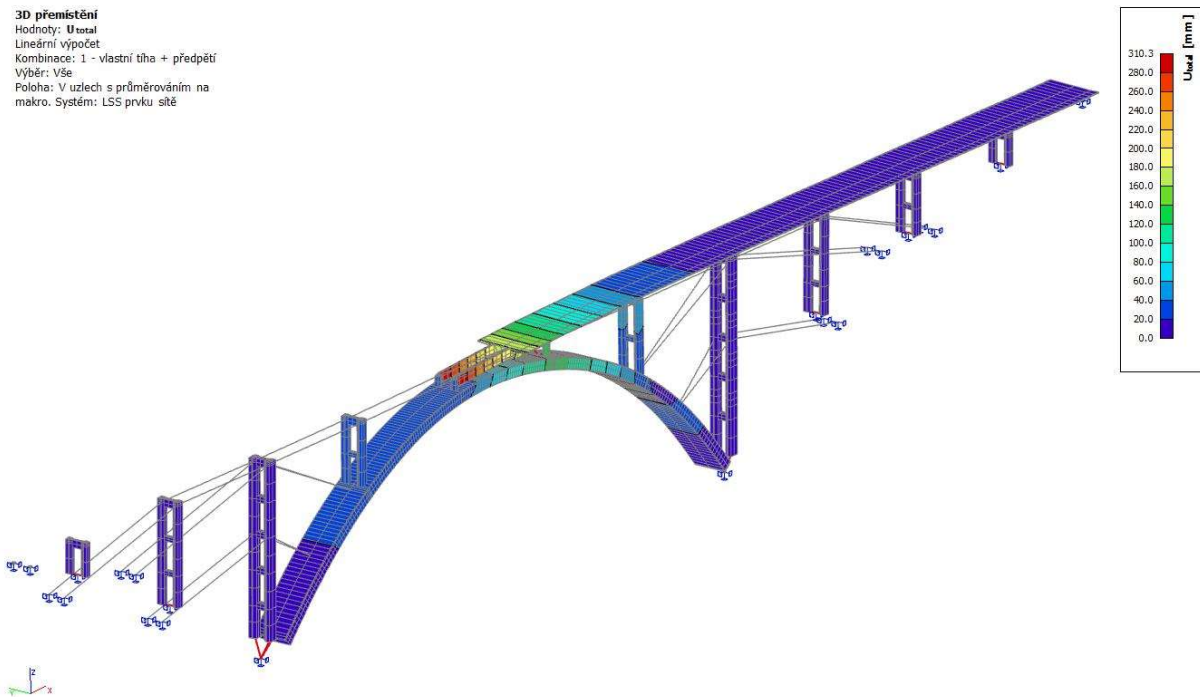
Obrázek 17 Poloha mostovky 4

3D přemístění
 Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: 1 - vlastní tíha + předpětí
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



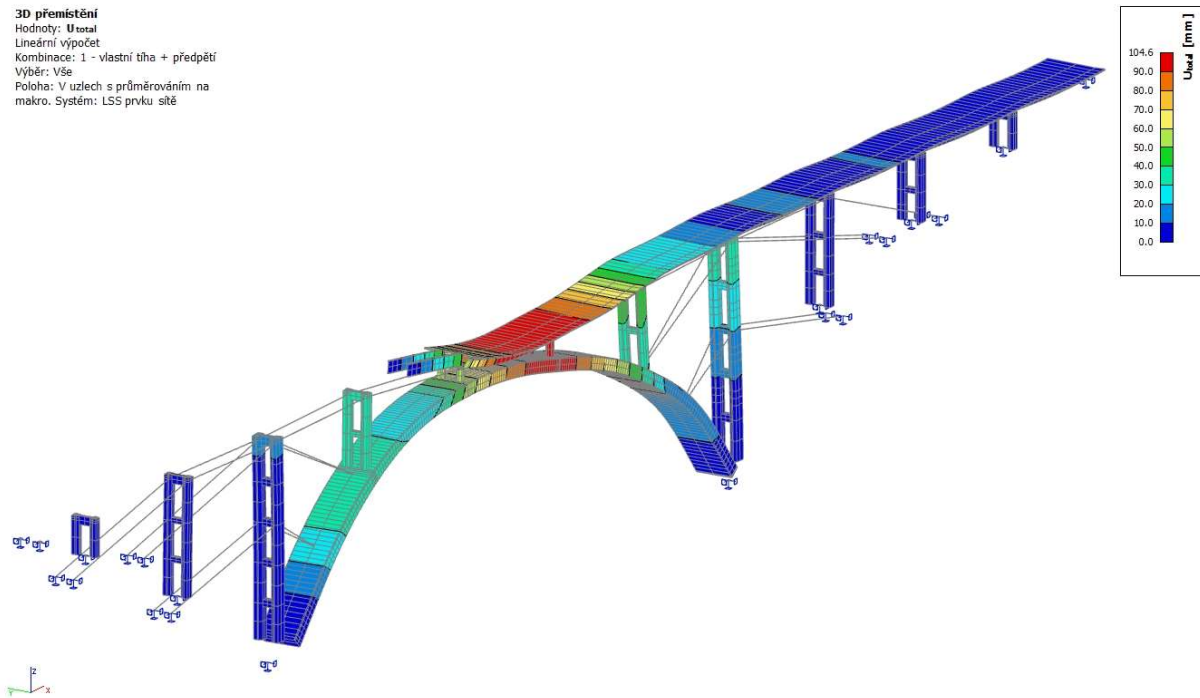
Obrázek 18 Poloha mostovky 5

3D přemístění
 Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: 1 - vlastní tíha + předpětí
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



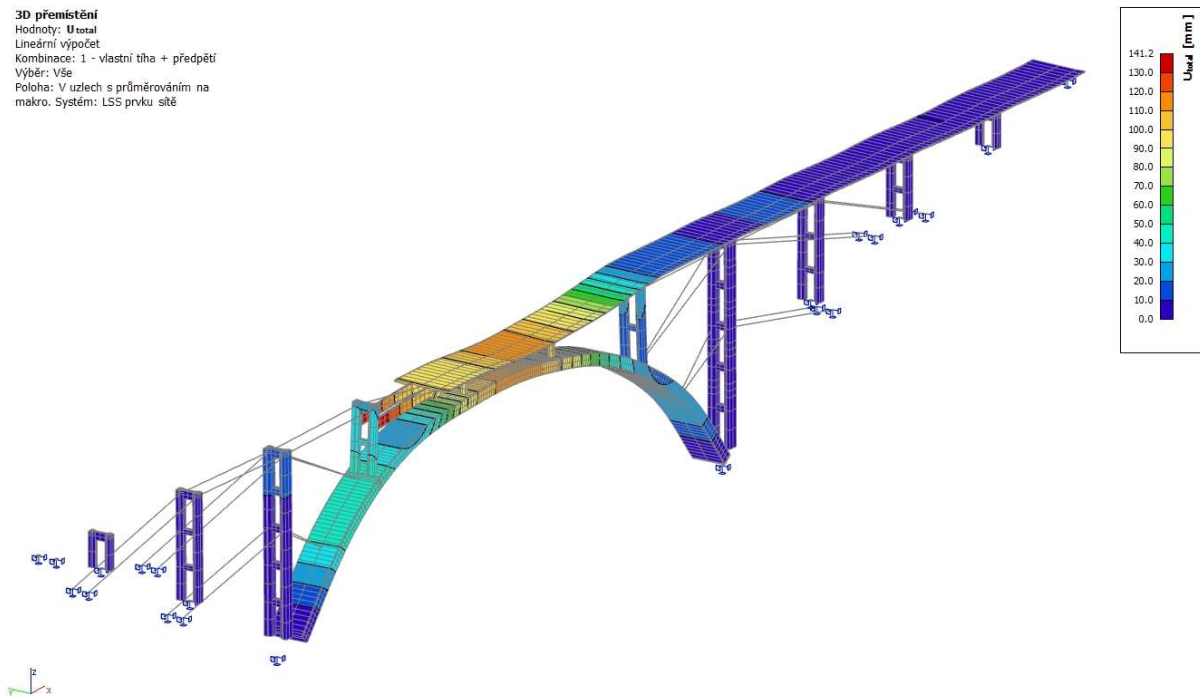
Obrázek 19 Poloha mostovky 6

3D přemístění
 Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: 1 - vlastní tíha + předpětí
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



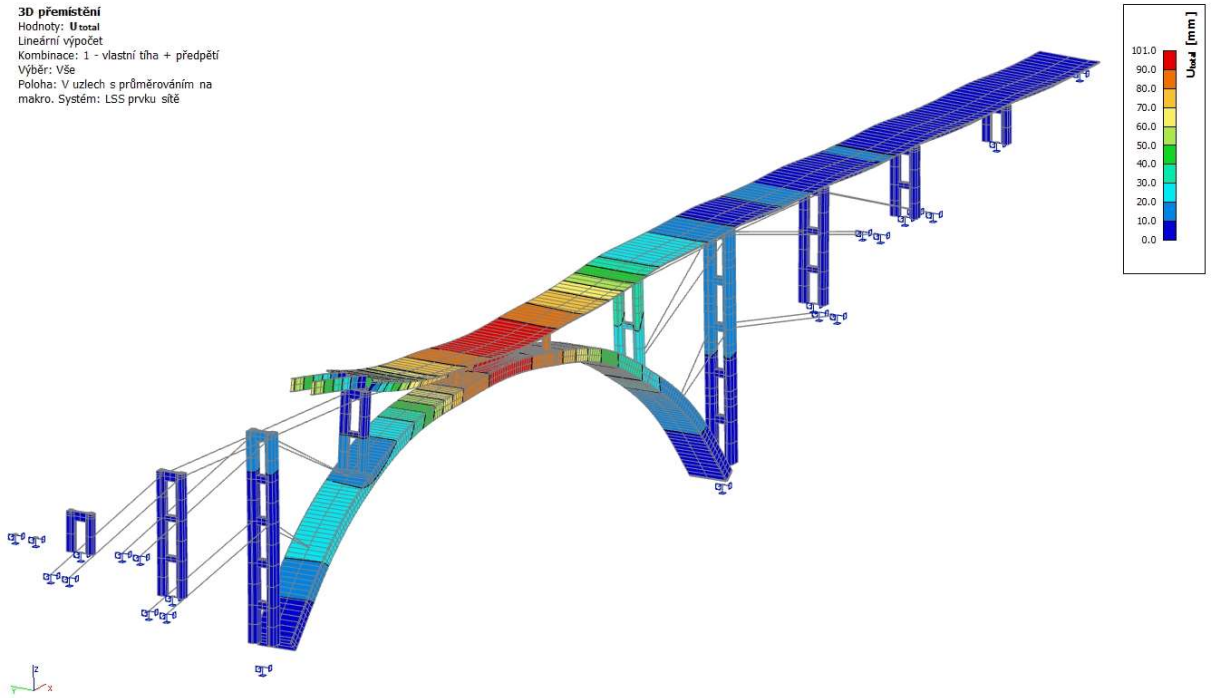
Obrázek 20 Poloha mostovky 7

3D přemístění
 Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: 1 - vlastní tíha + předpětí
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



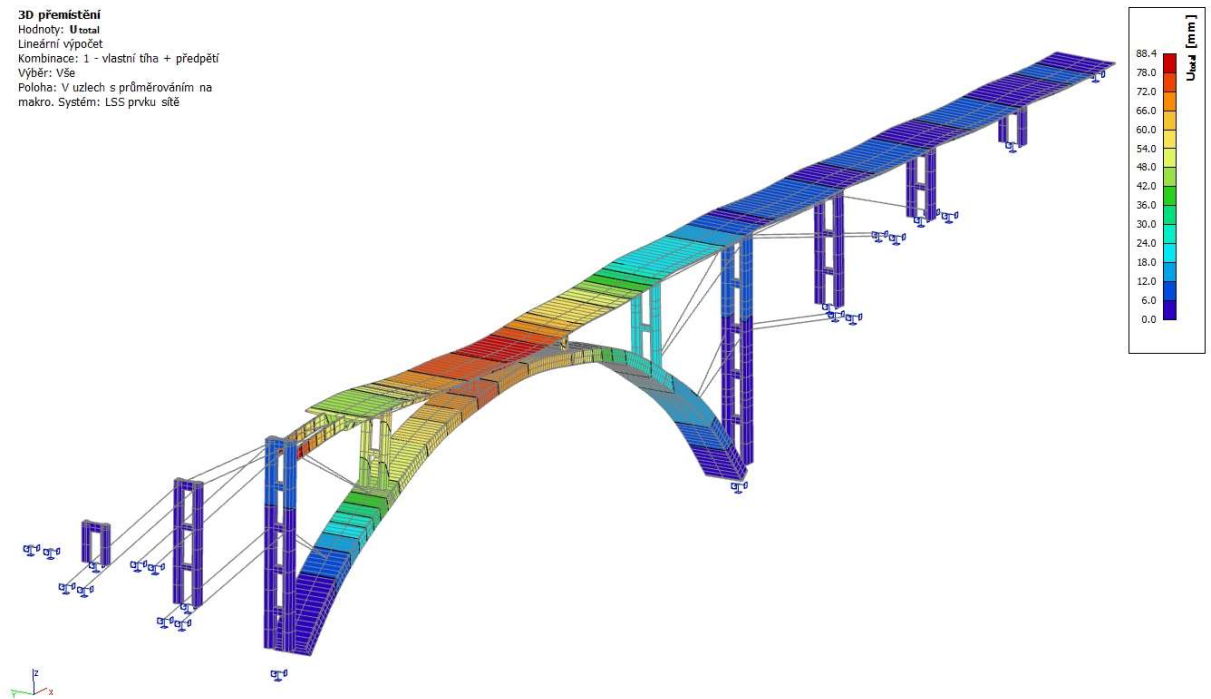
Obrázek 21 Poloha mostovky 8

3D přemístění
 Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: 1 - vlastní tíha + předpětí
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



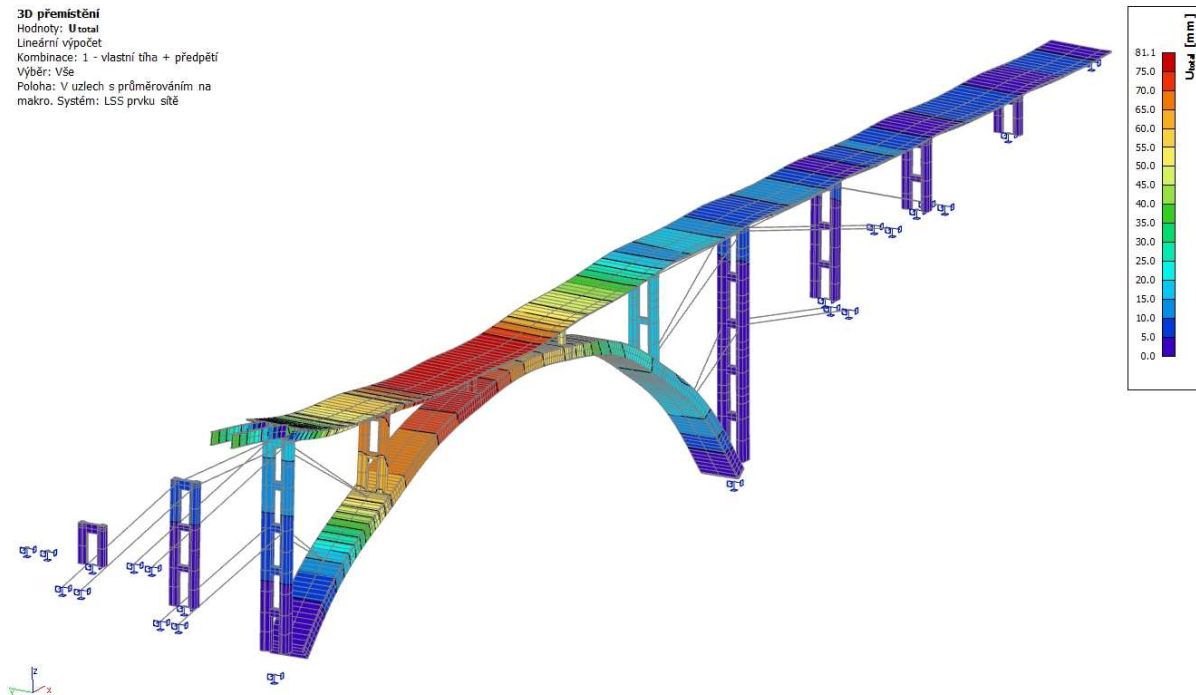
Obrázek 22 Poloha mostovky 9

3D přemístění
 Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: 1 - vlastní tíha + předpětí
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



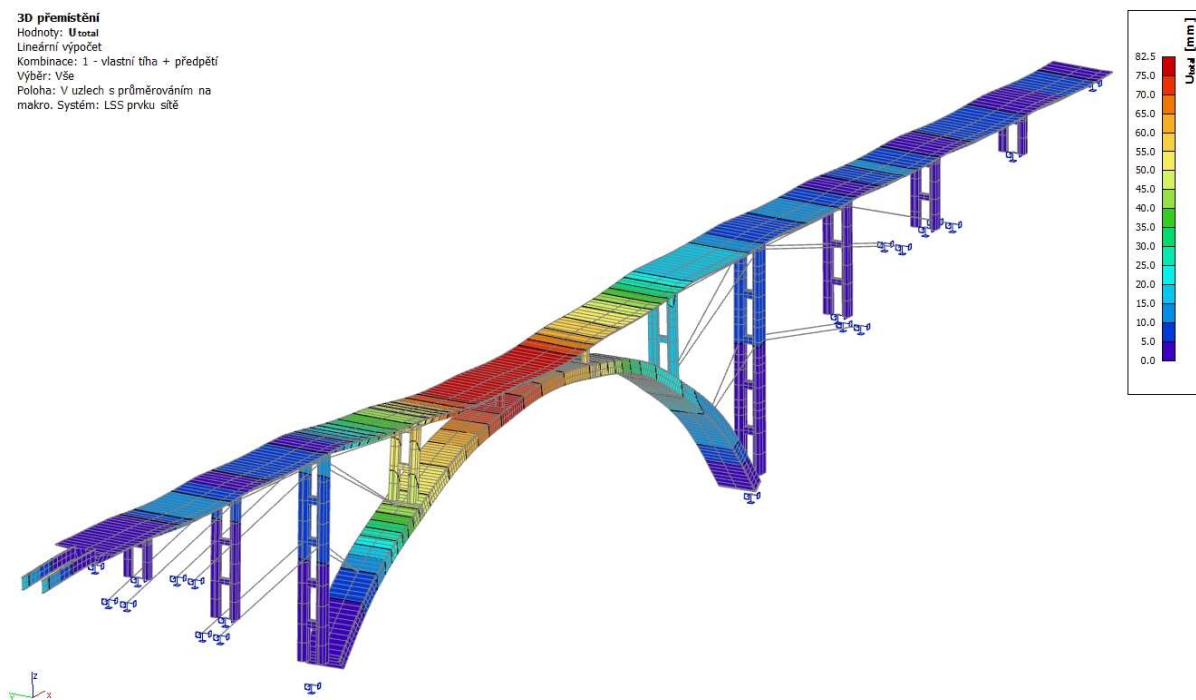
Obrázek 23 Poloha mostovky 10

3D přemístění
 Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: 1 - vlastní tíha + předpětí
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



Obrázek 24 Poloha mostovky 11

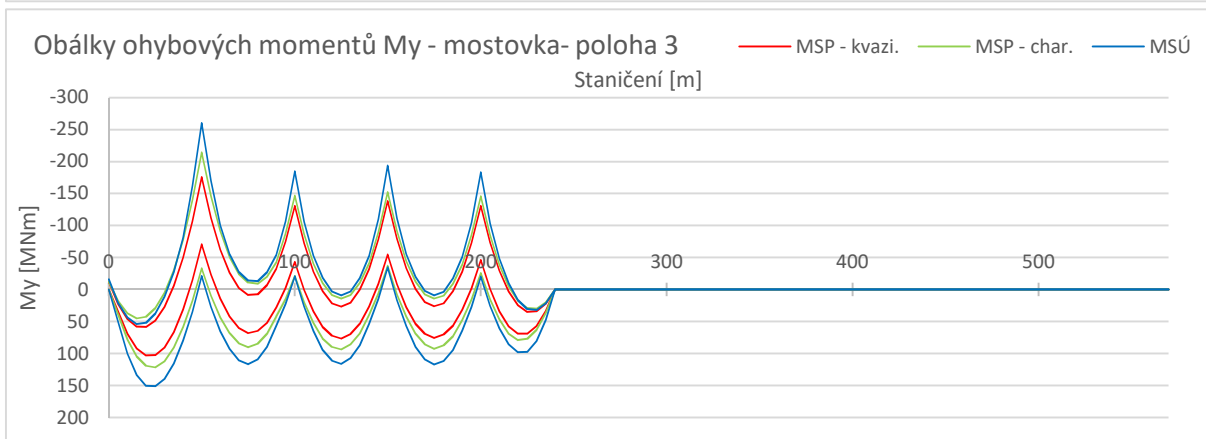
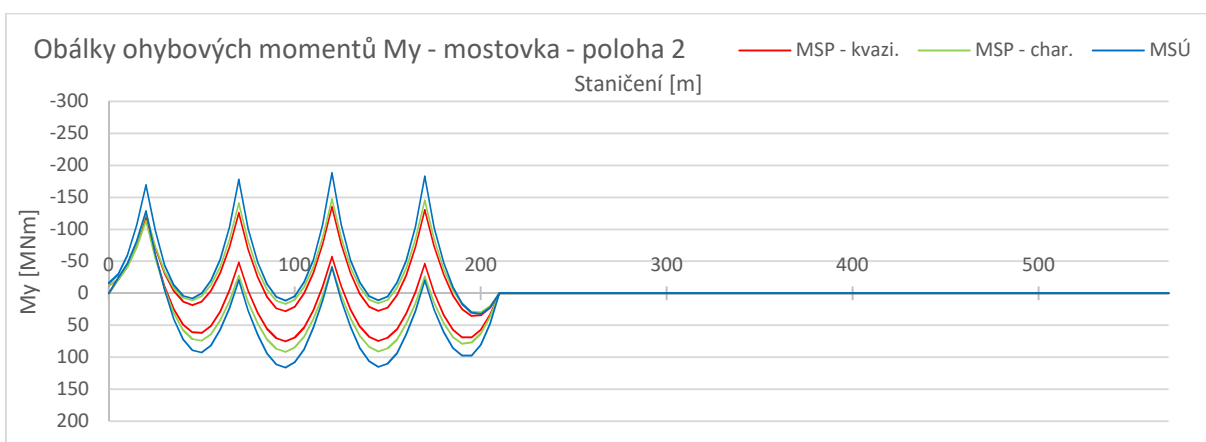
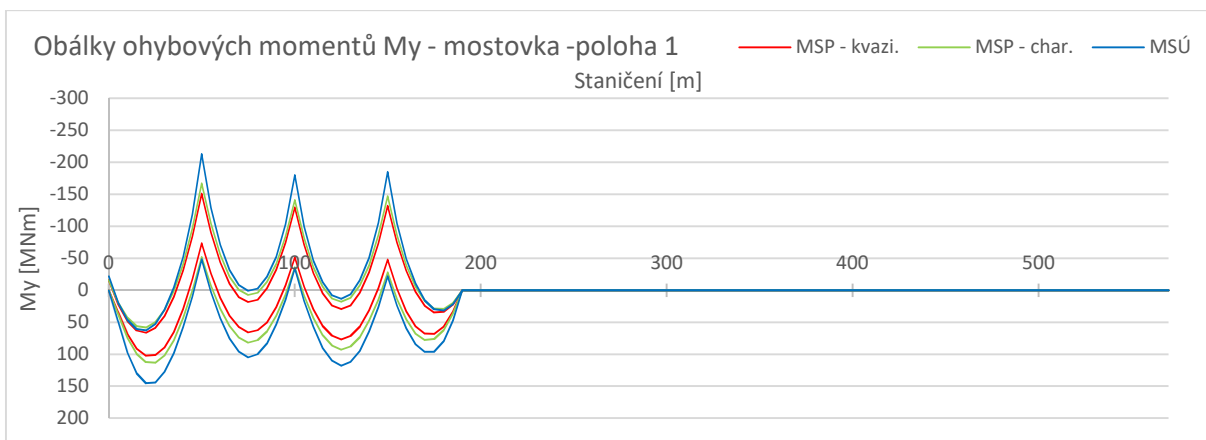
3D přemístění
 Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: 1 - vlastní tíha + předpětí
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě

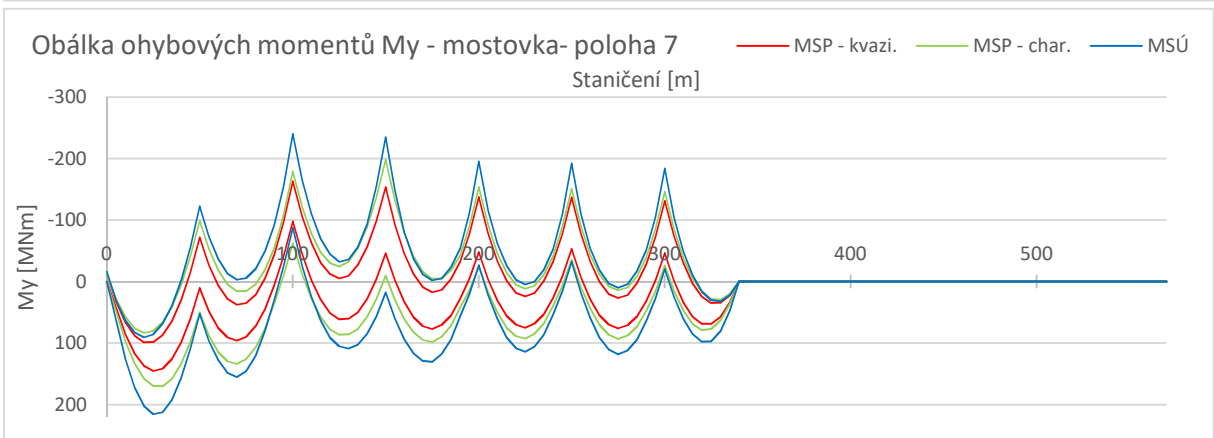
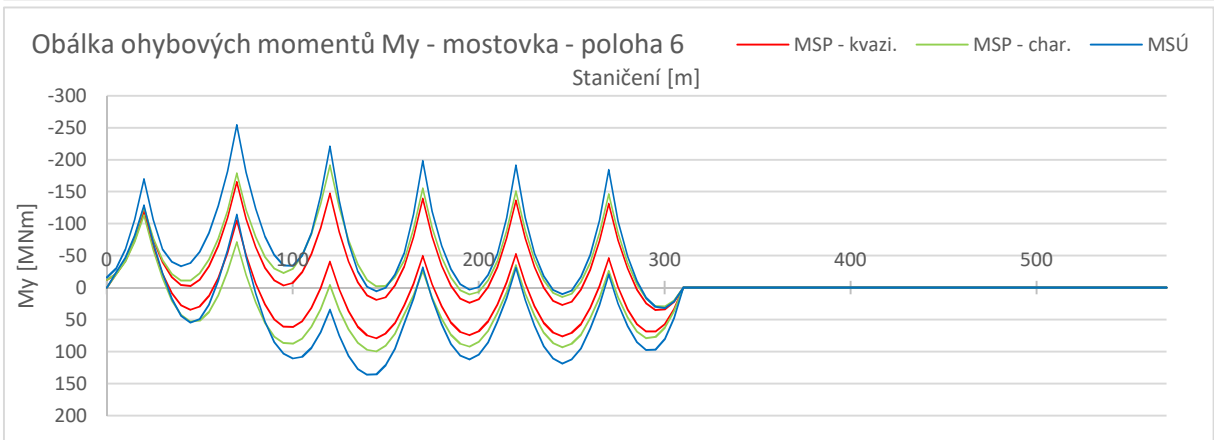
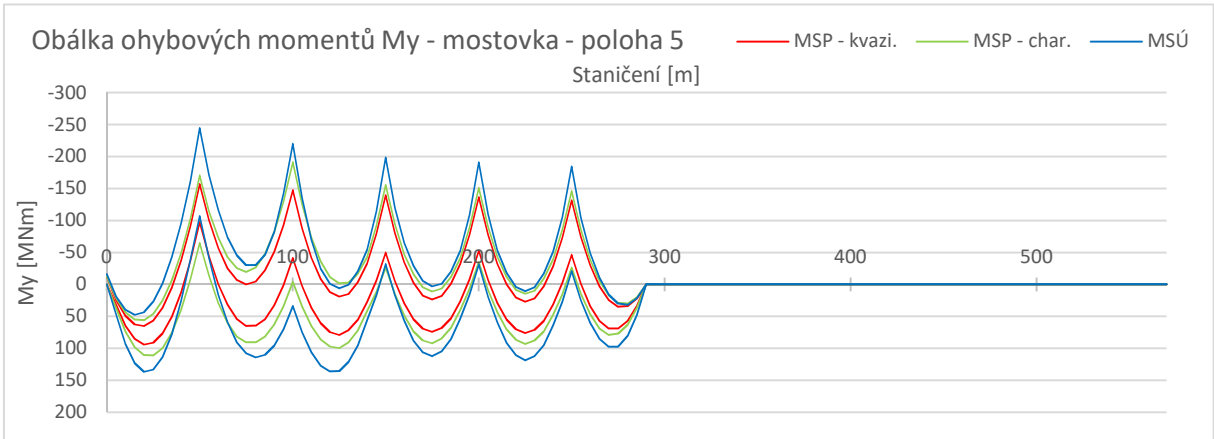
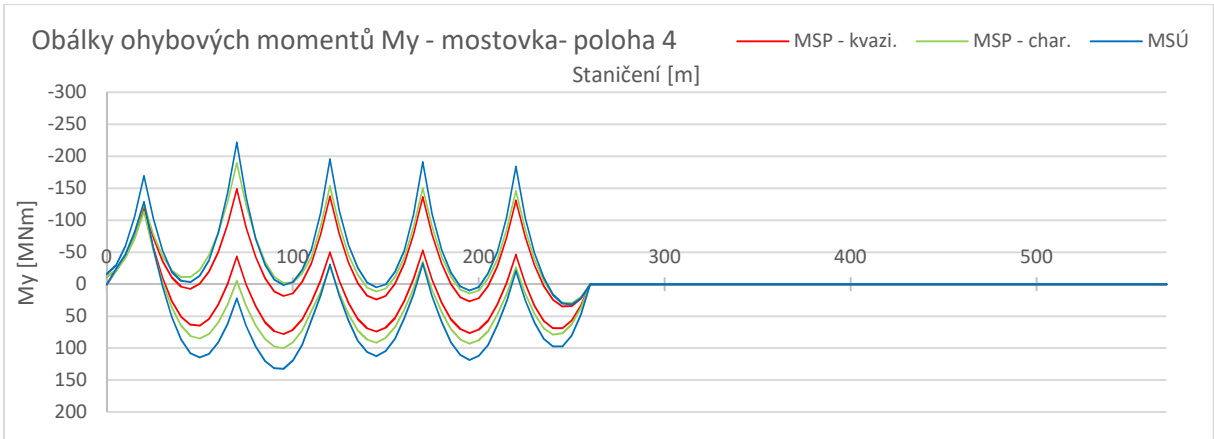


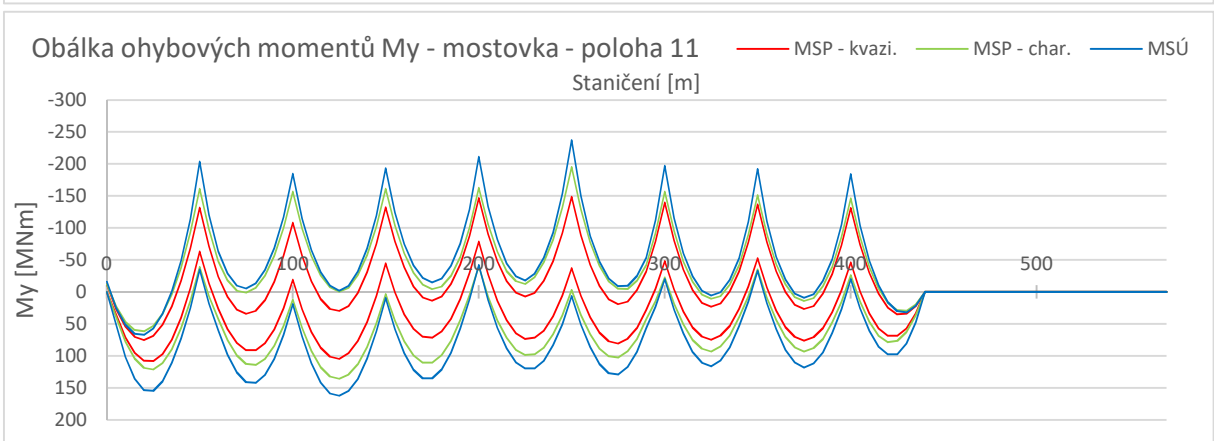
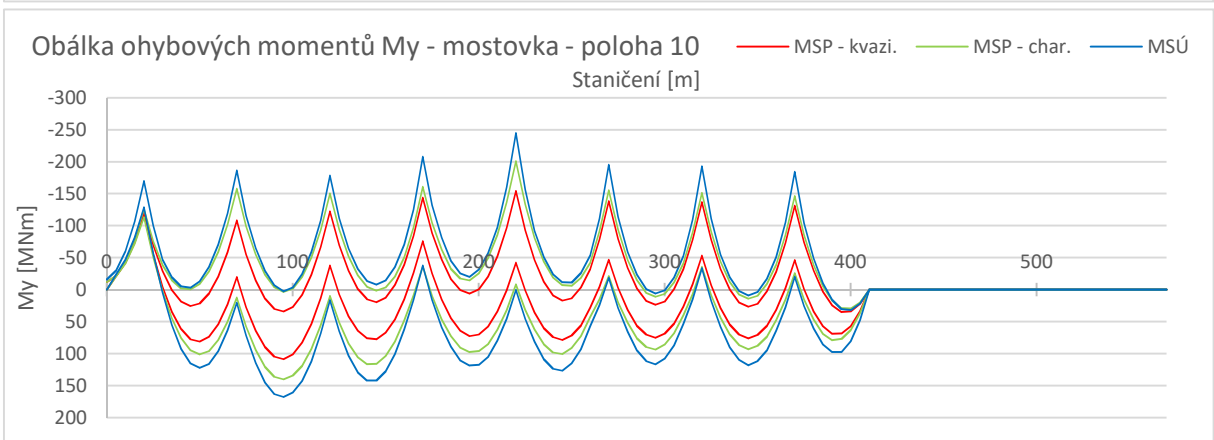
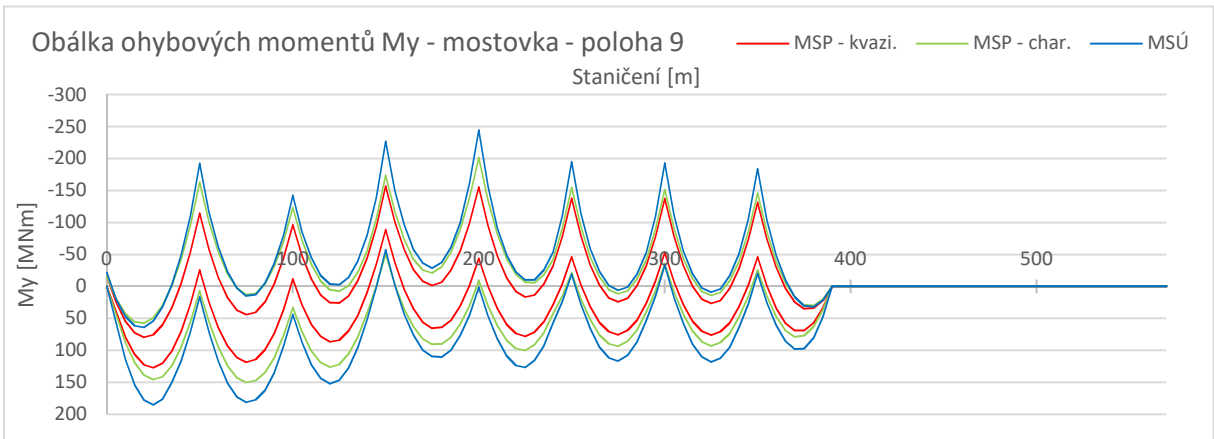
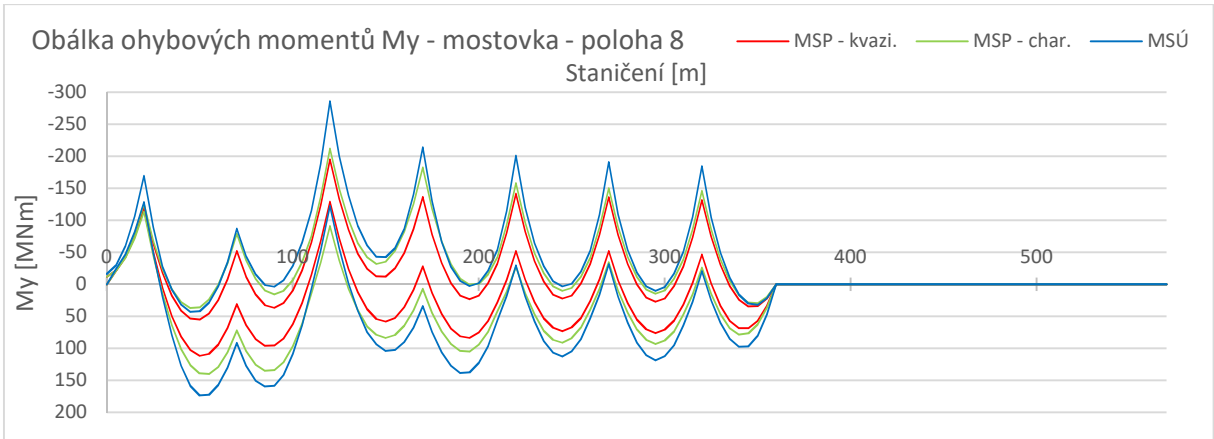
Obrázek 25 Poloha mostovky 12

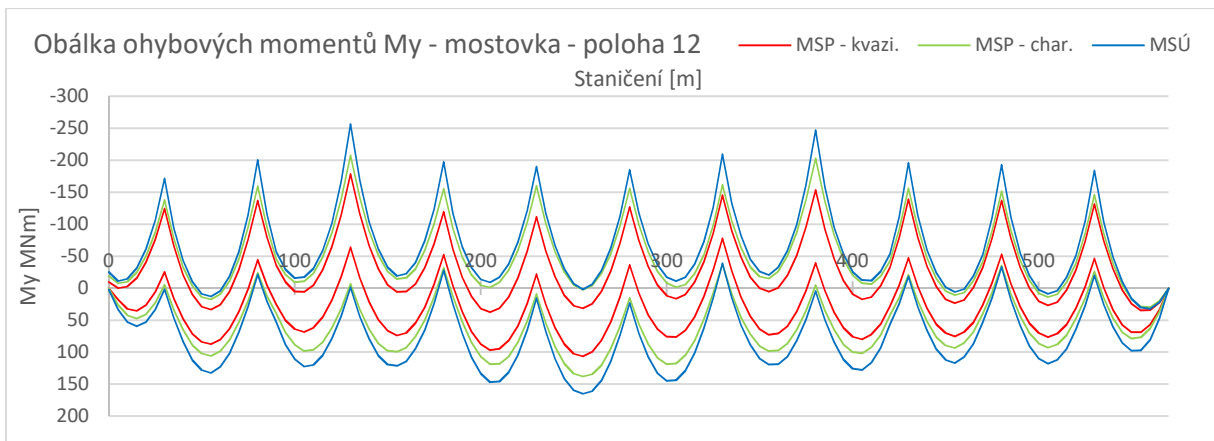
5.3. Průběhy vnitřních sil na mostovce

Vzhledem k vysokému počtu zatěžovacích stavů a poloh zde budou vykresleny pouze obálky ohybových momentů pro kombinace zatížení v jednotlivých polohách.



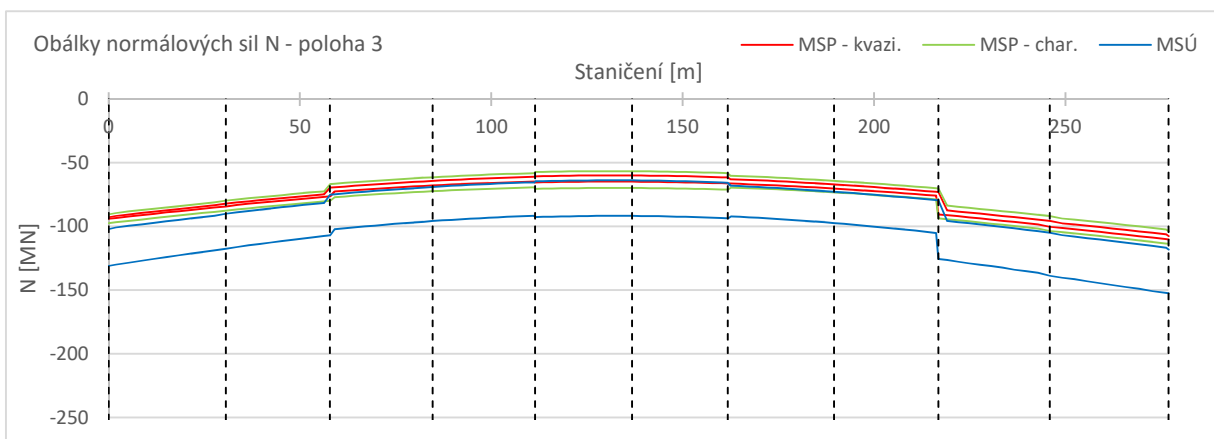
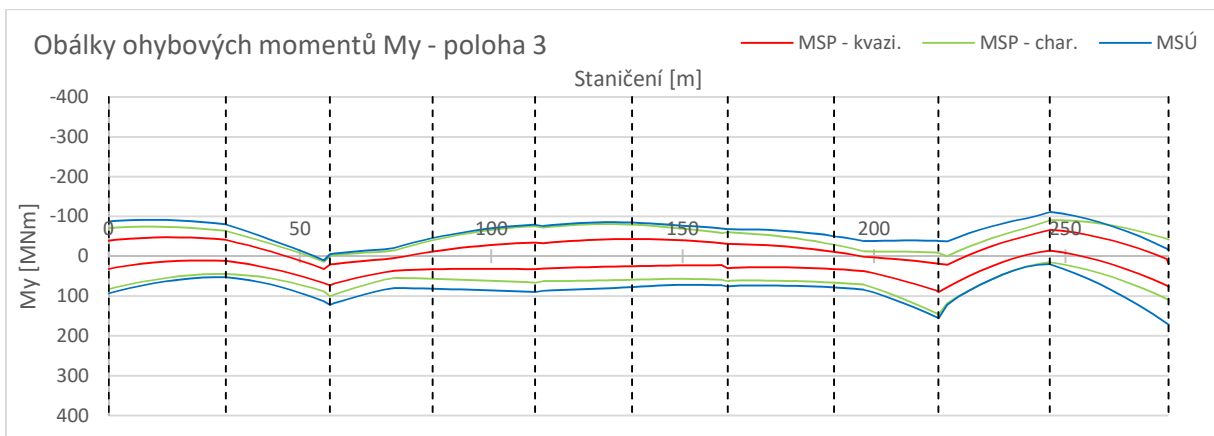


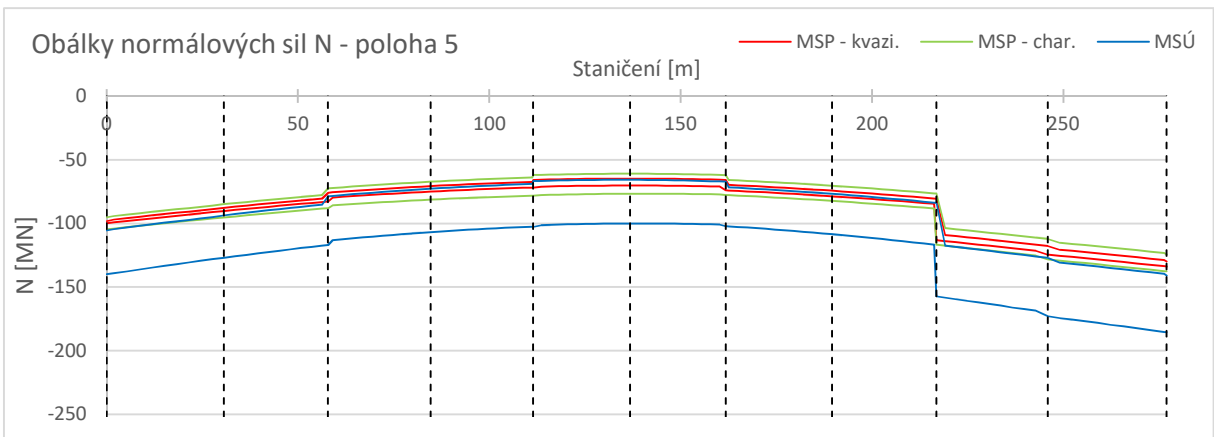
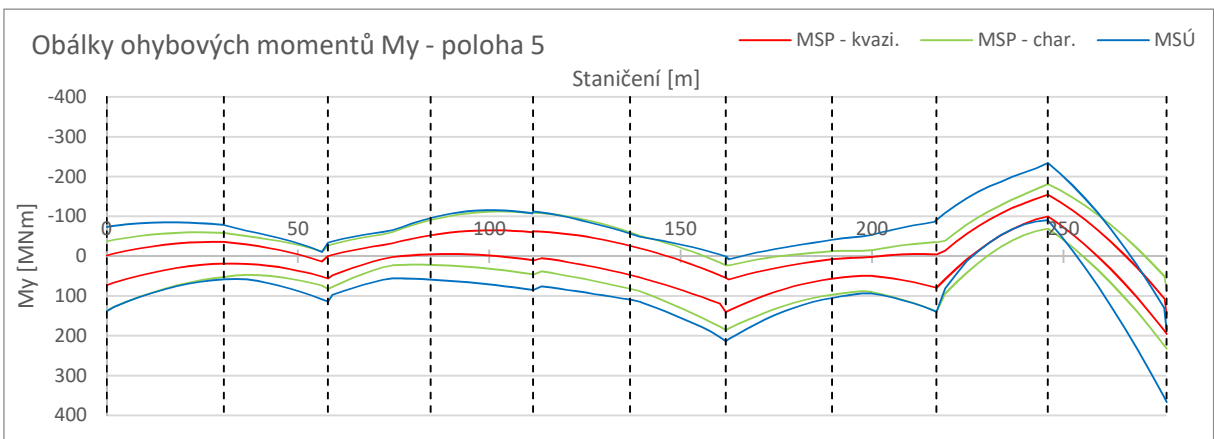
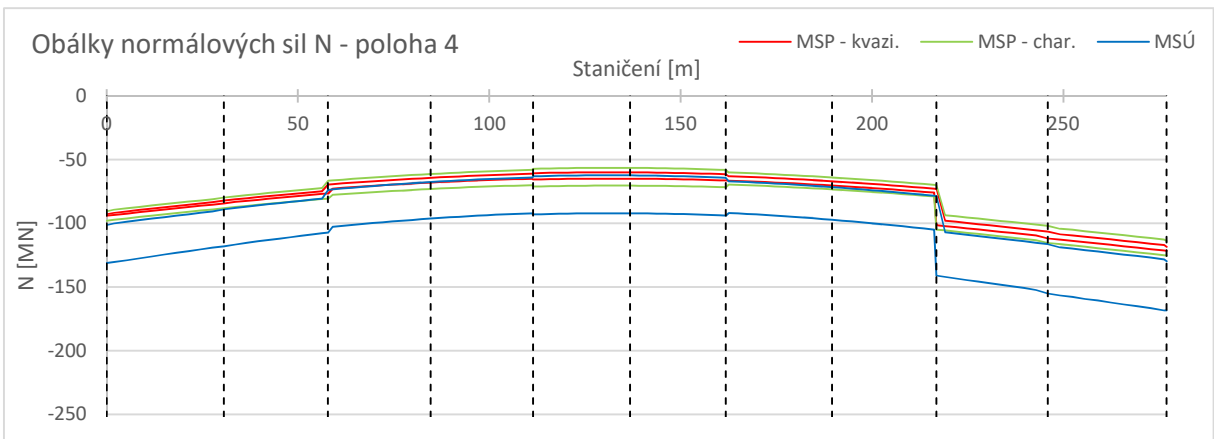
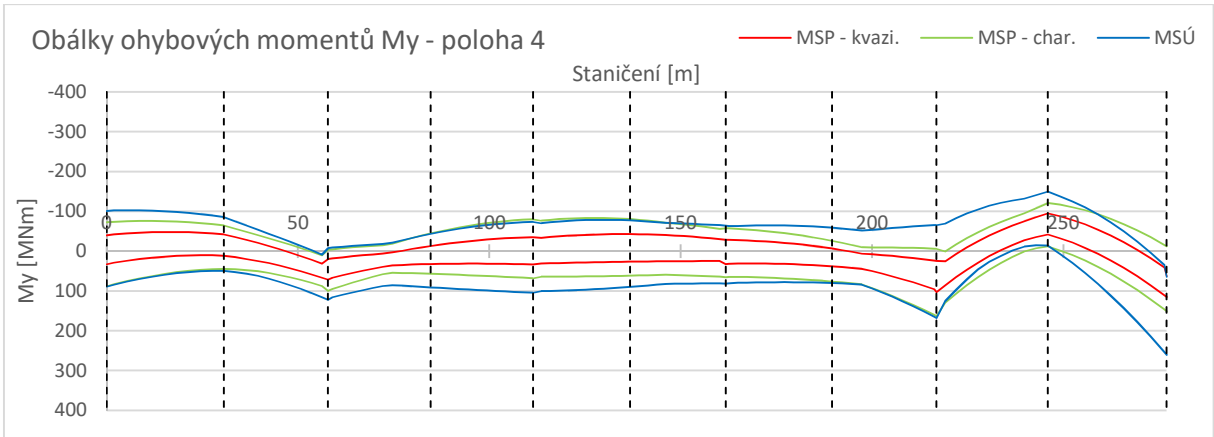


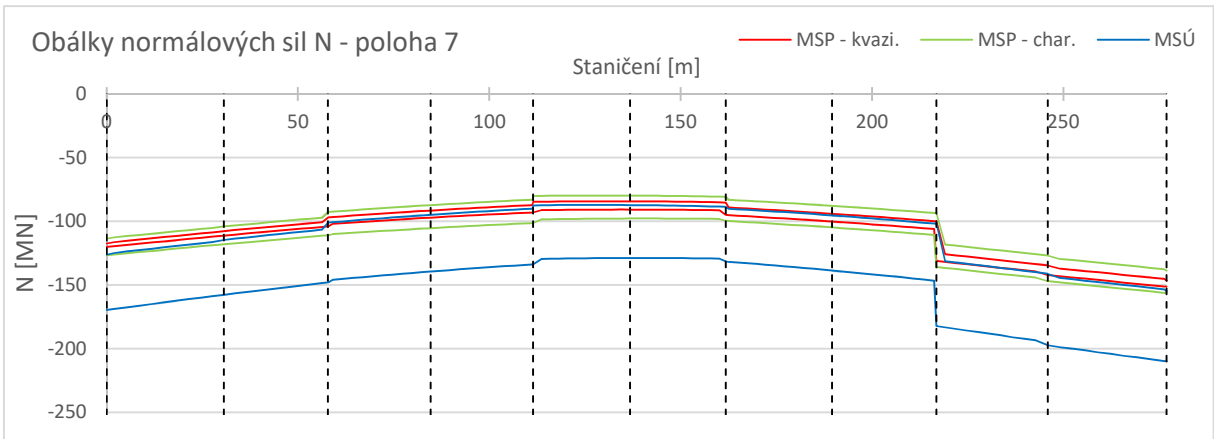
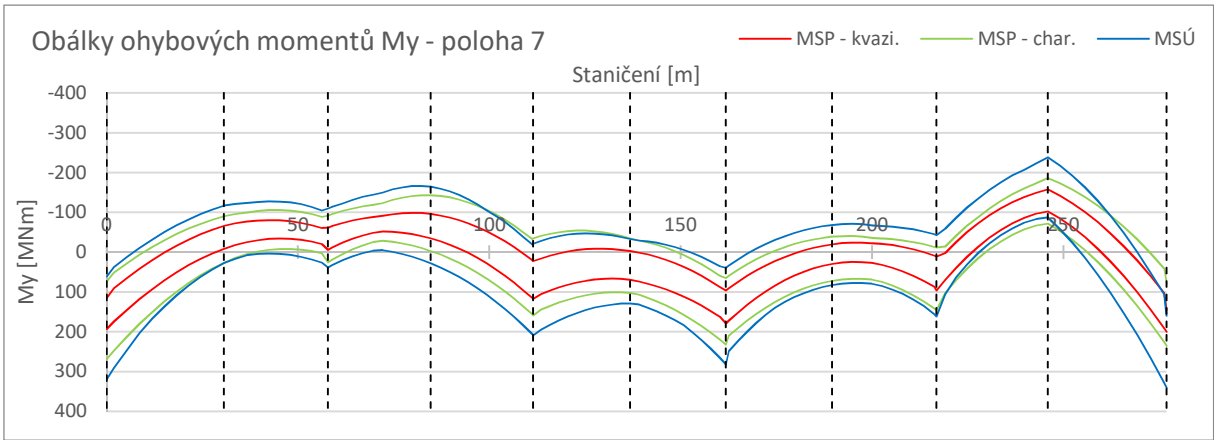
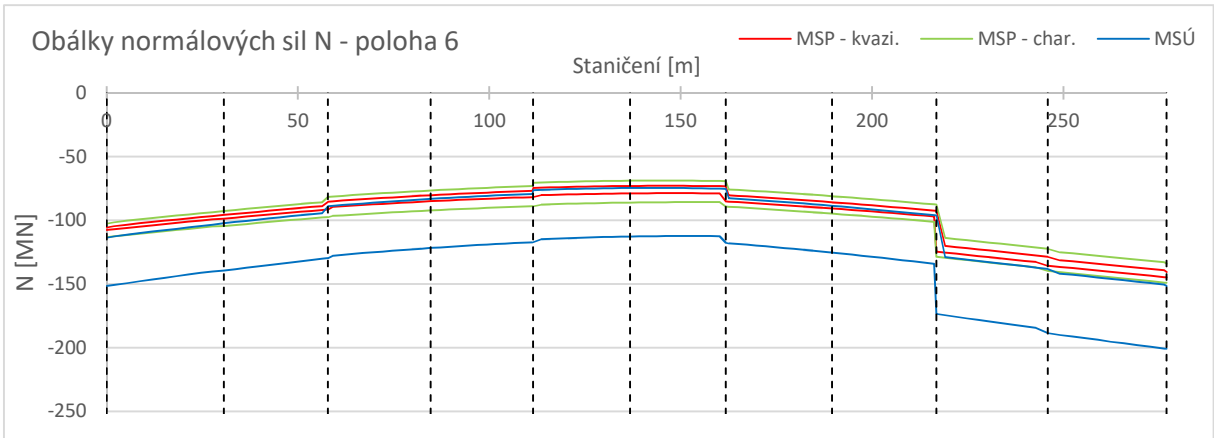
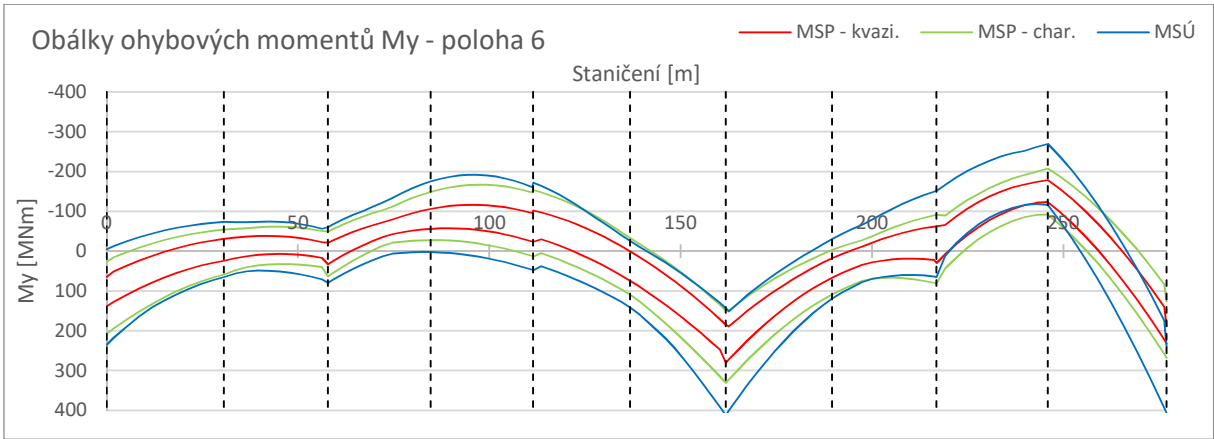


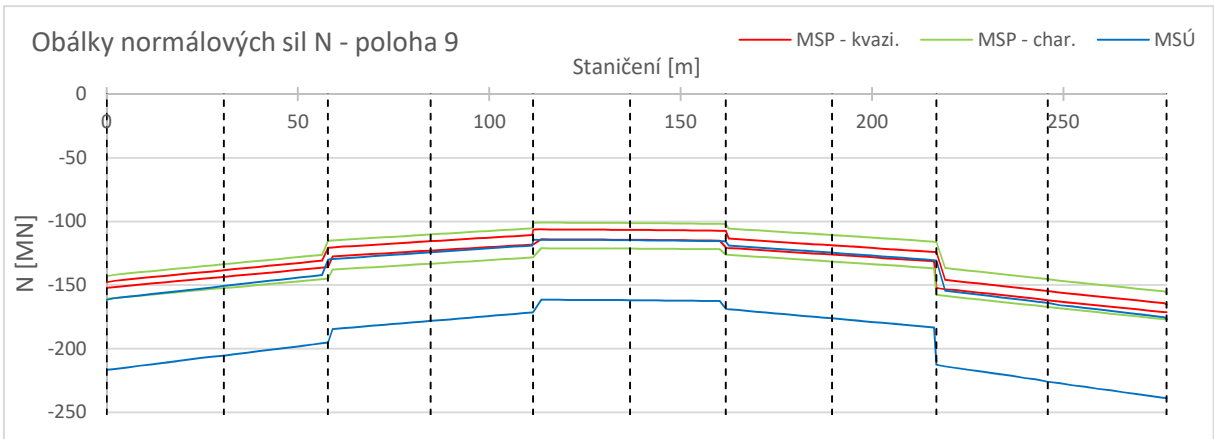
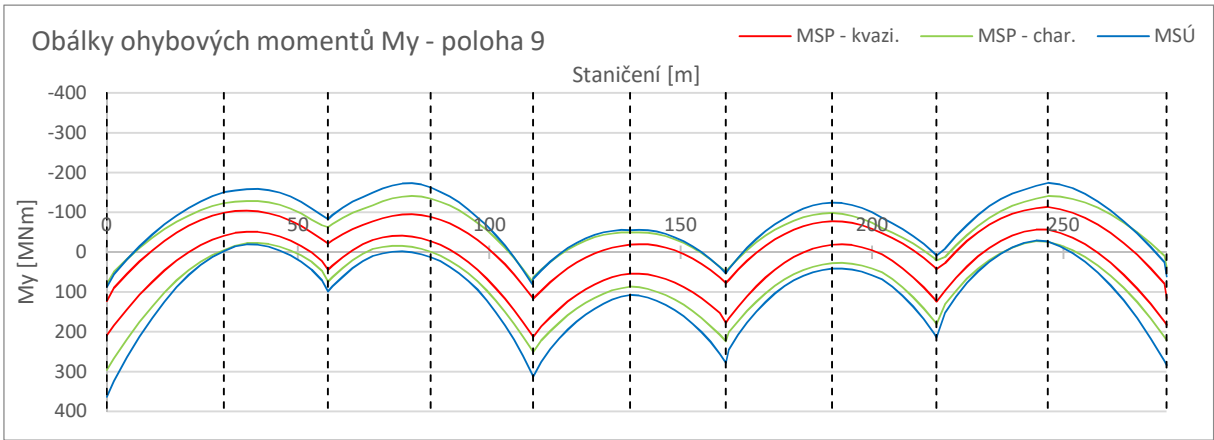
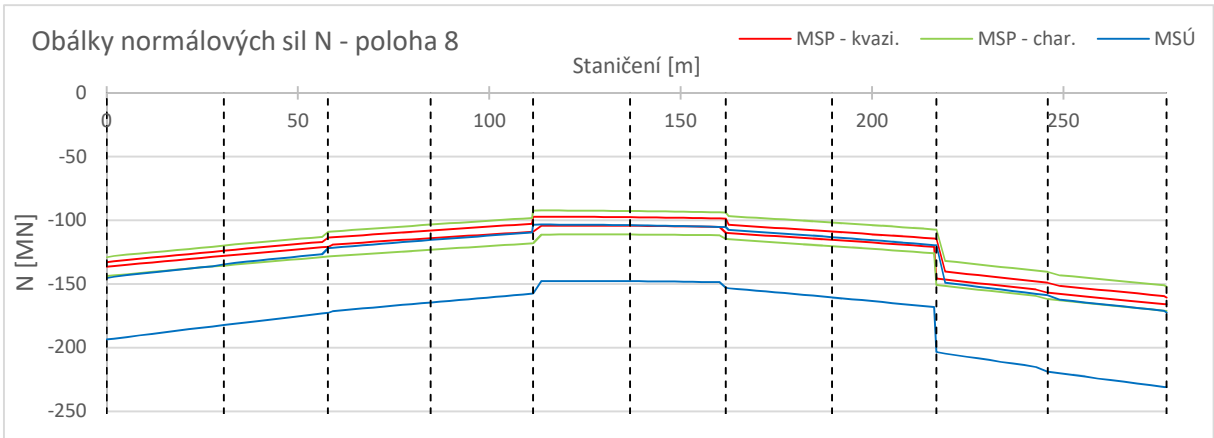
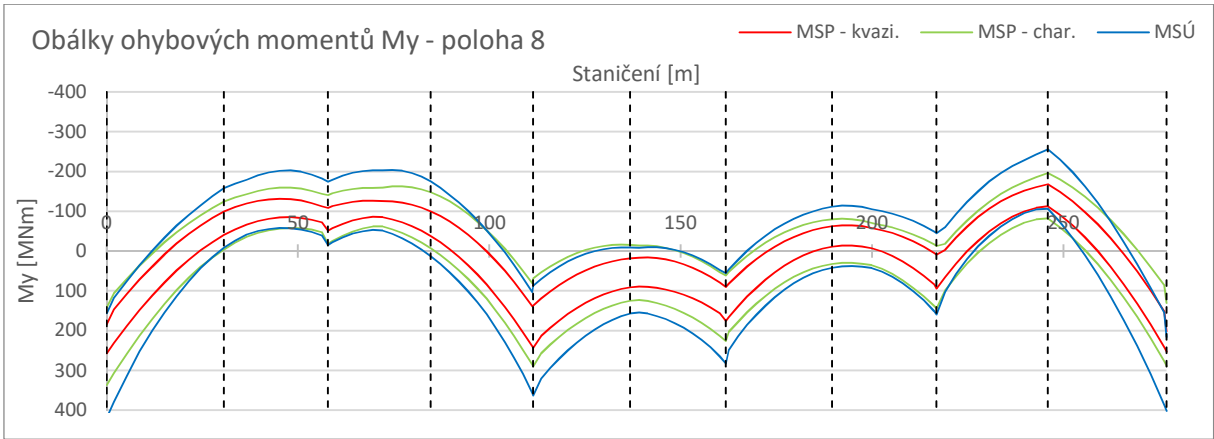
5.4. Průběhy vnitřních sil na oblouku

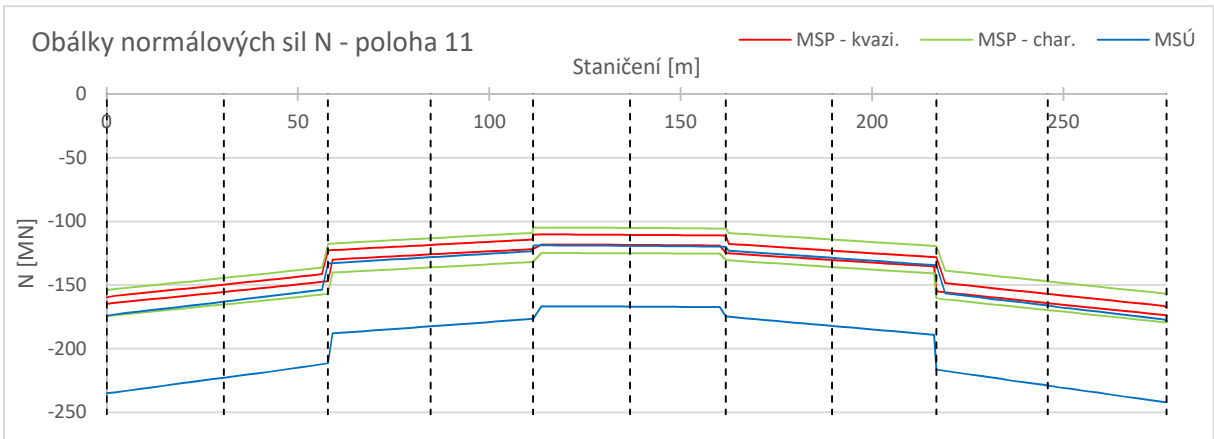
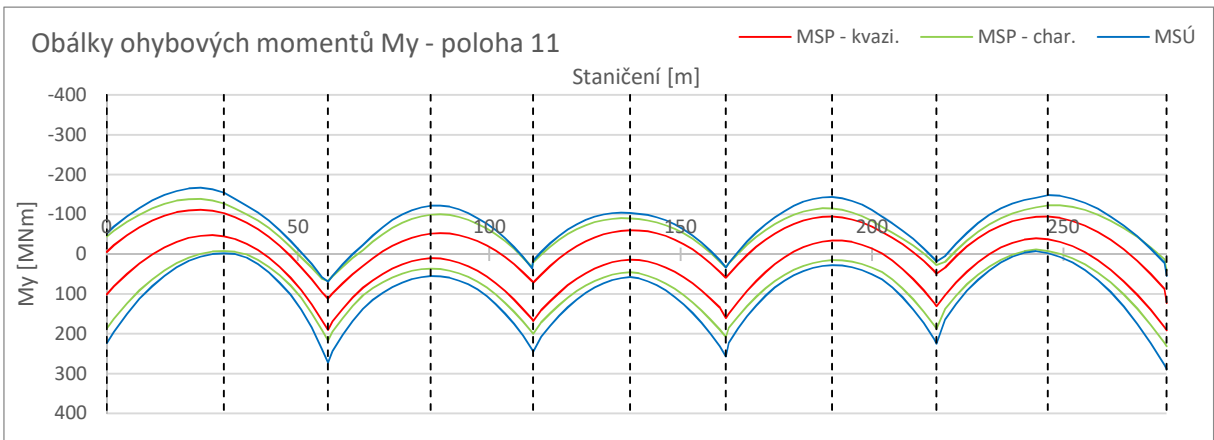
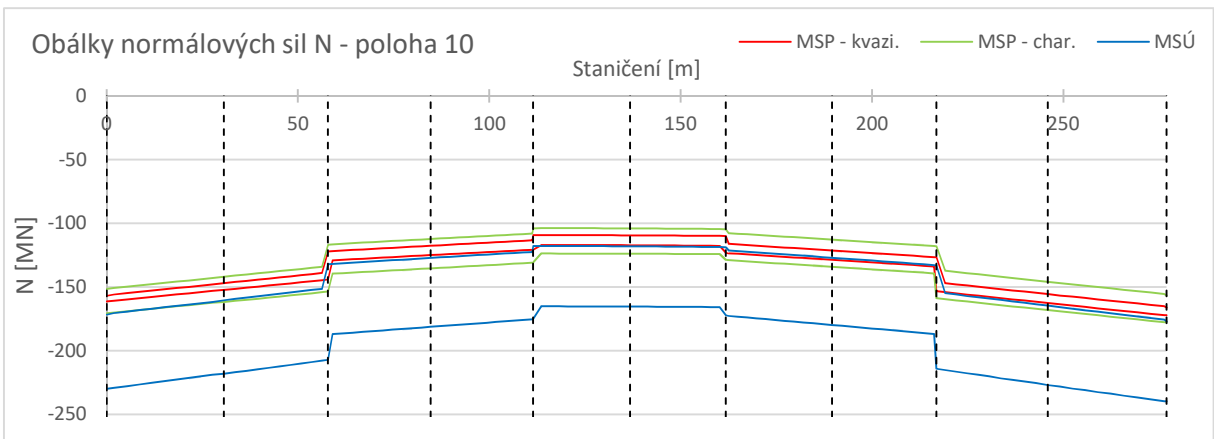
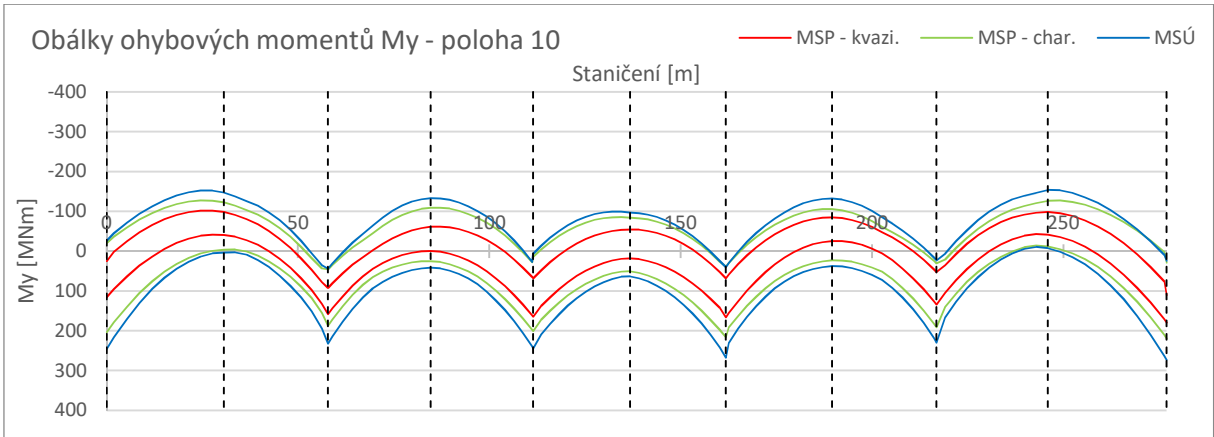
Obdobně jako v případě mostovky jsou vzhledem k množství zatěžovacích stavů a poloh mostovky vykresleny pouze obálky ohybových momentů a normálových sil pro kombinace zatížení. Polohy 1 a 2 jsou vynechány, neboť jde o polohy mostovky před najetím mostovky na oblouk a z hlediska namáhání tedy nejsou významné.

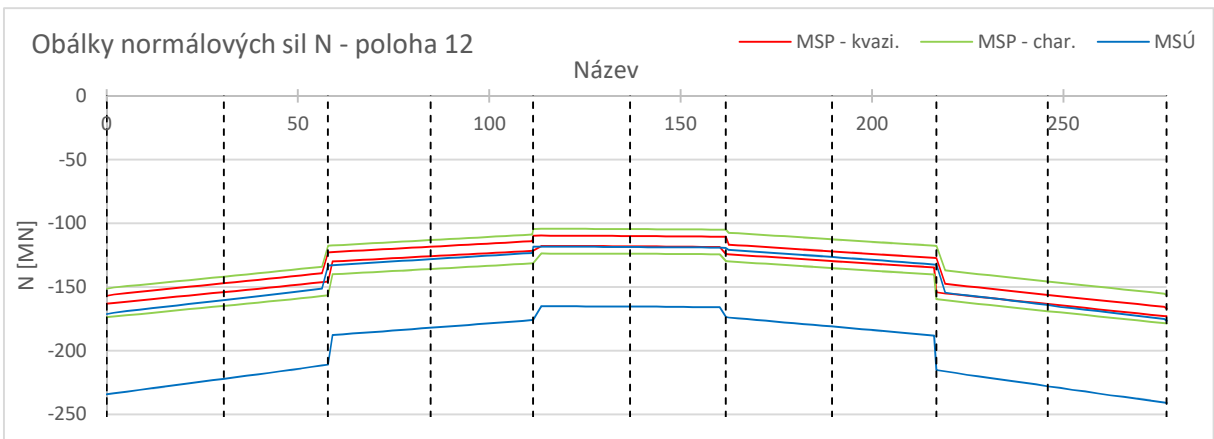
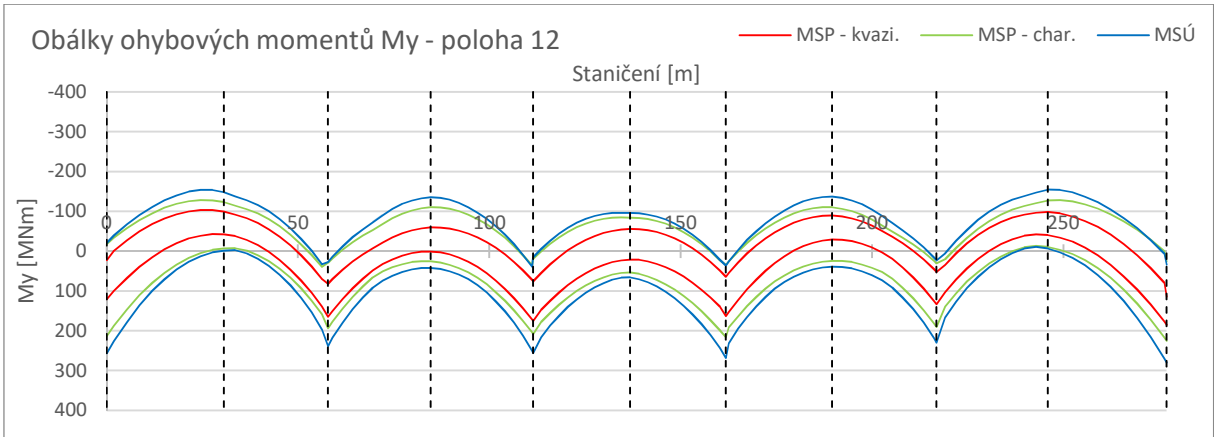








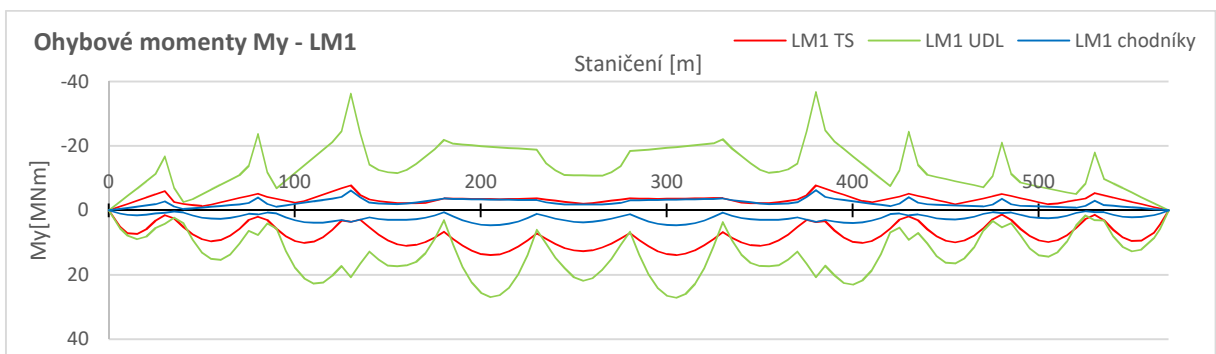
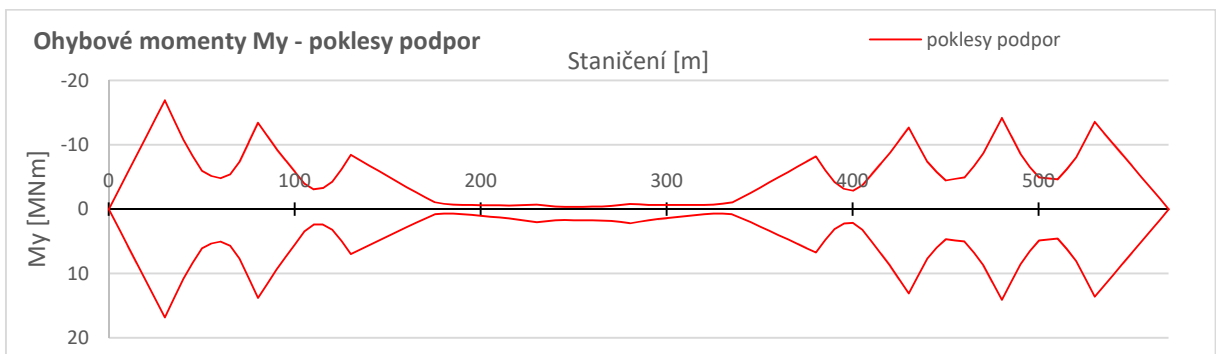
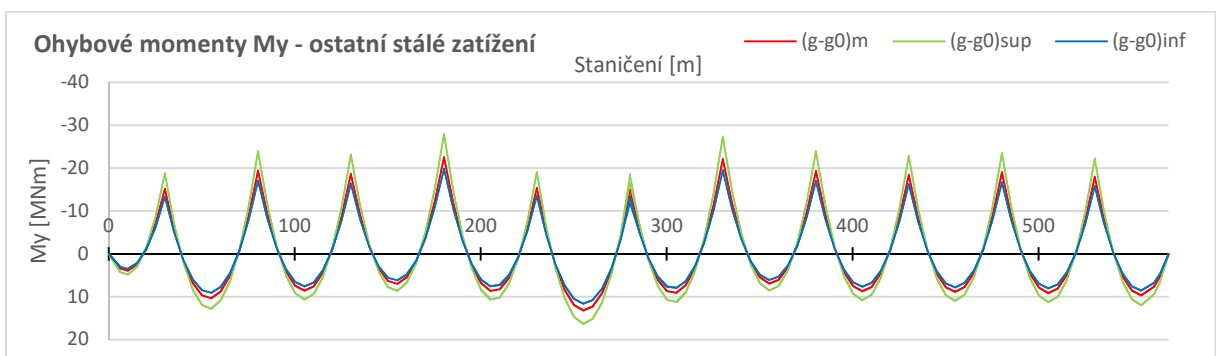
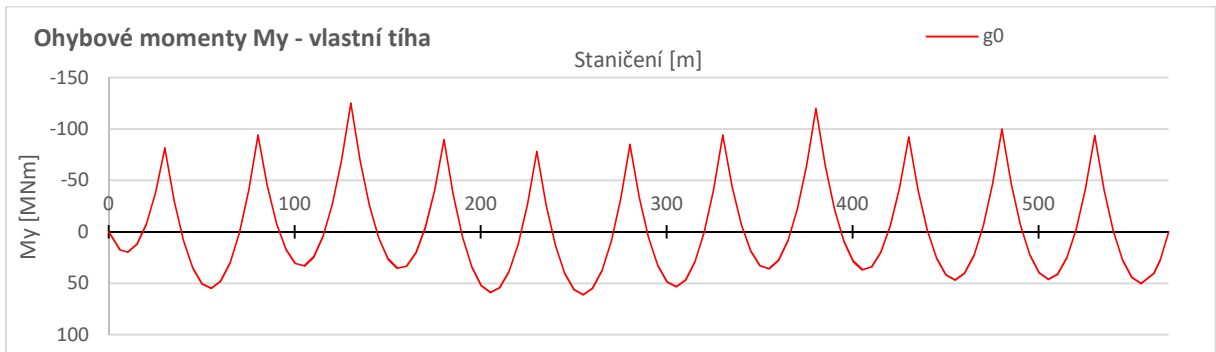


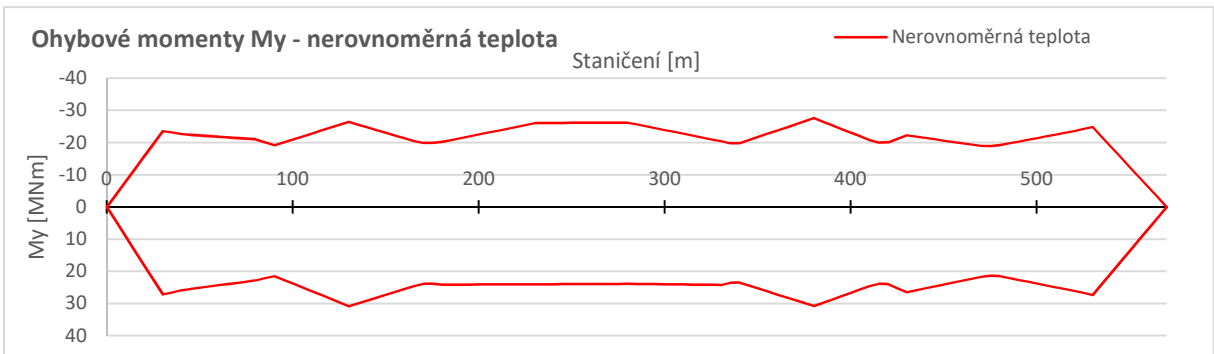
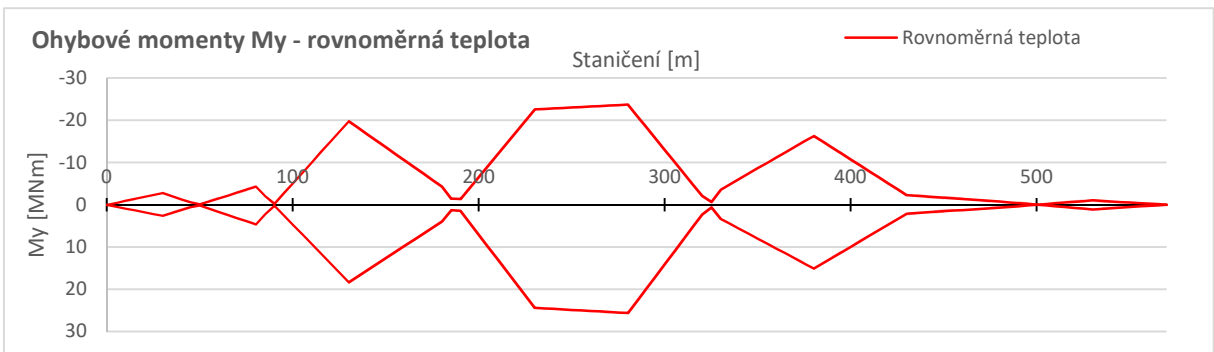
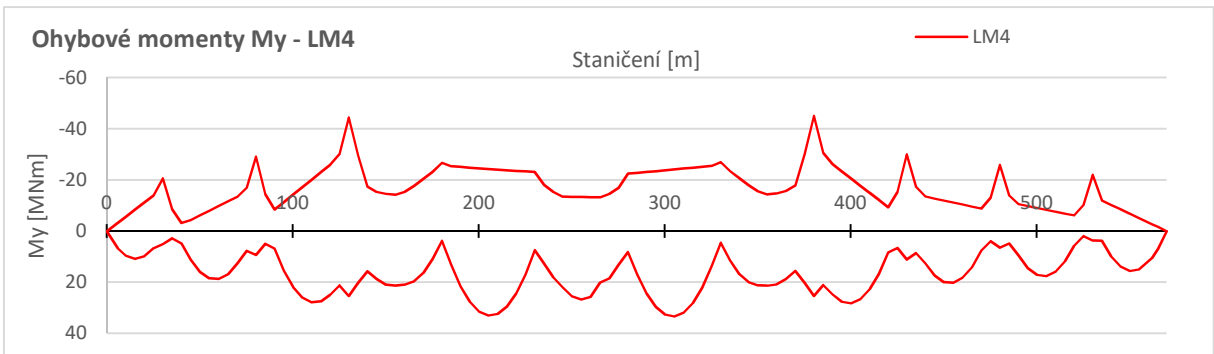
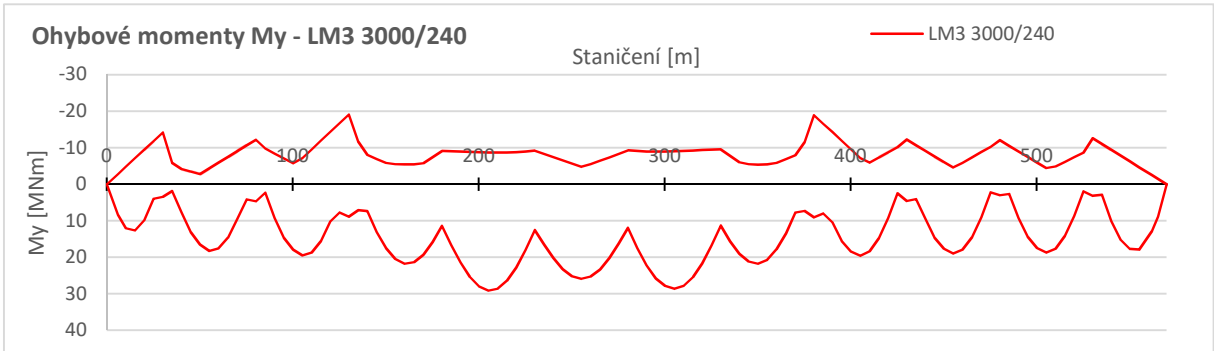
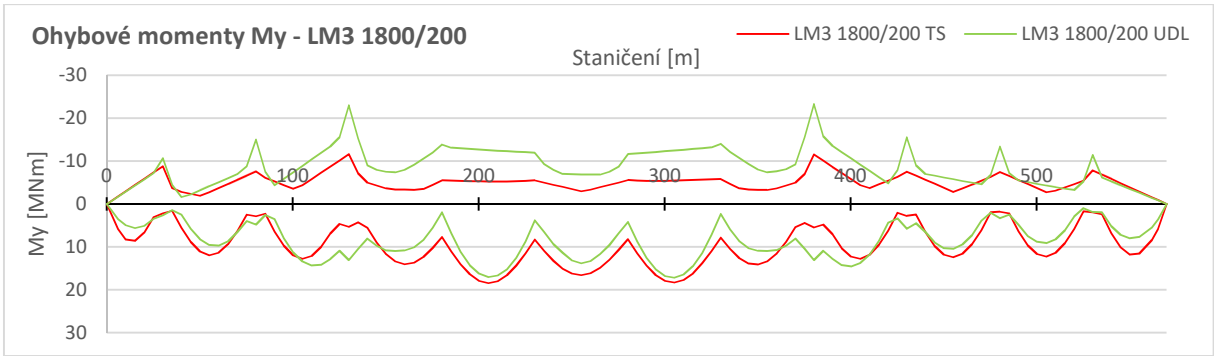


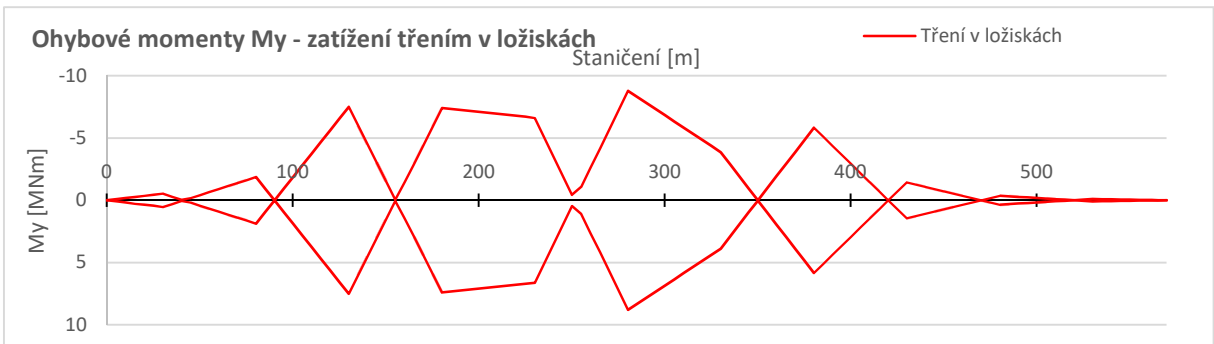
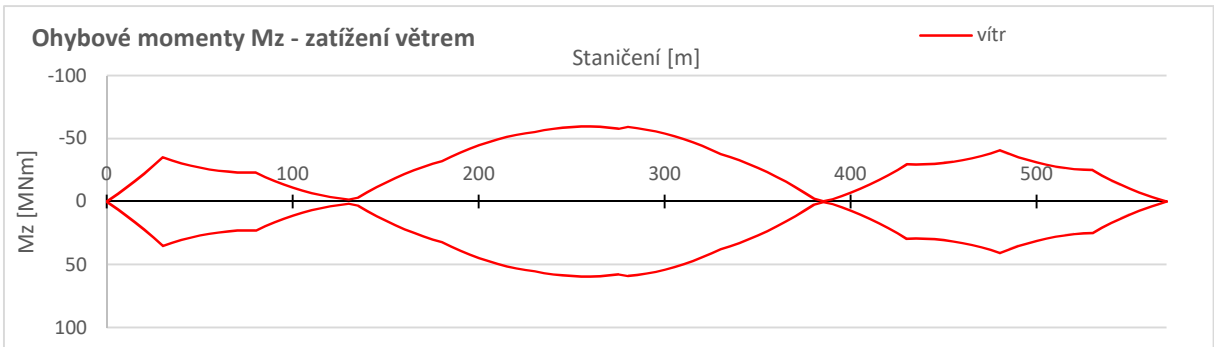
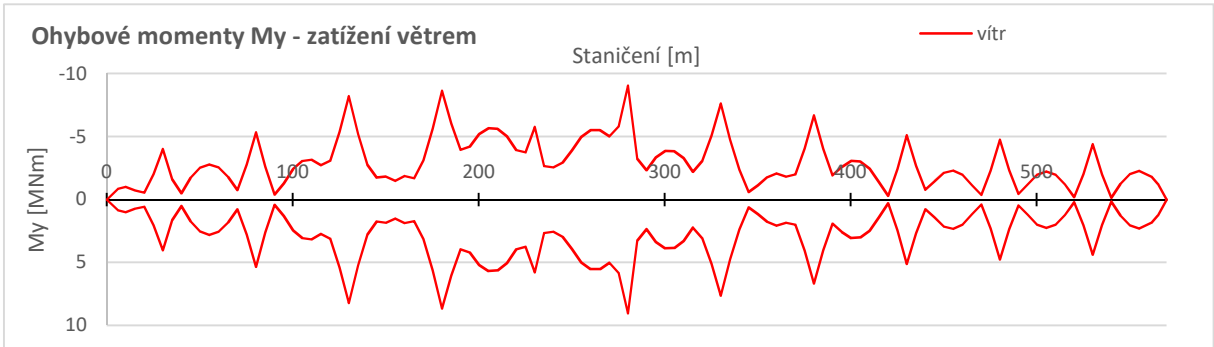
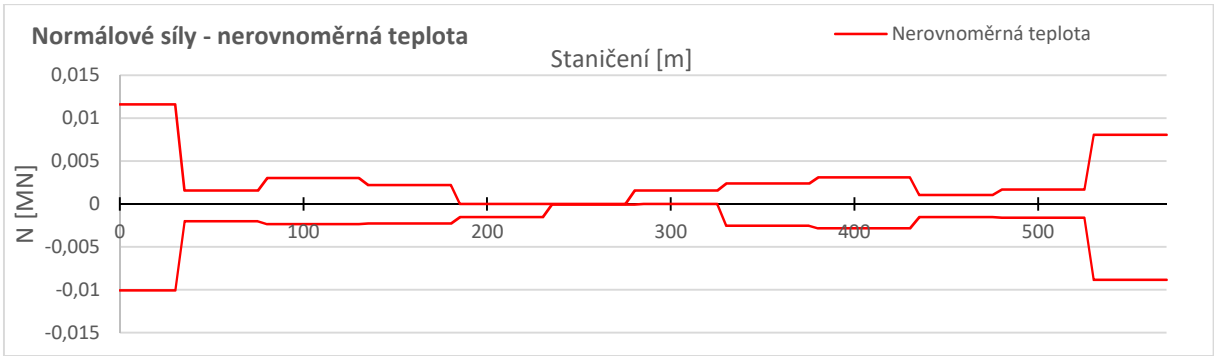
6. Namáhání konstrukce za provozu

6.1. Průběhy vnitřních sil na mostovce

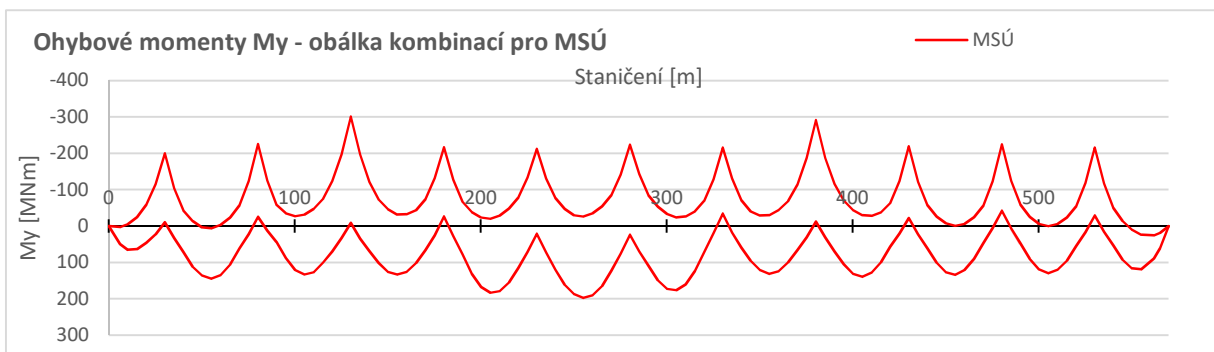
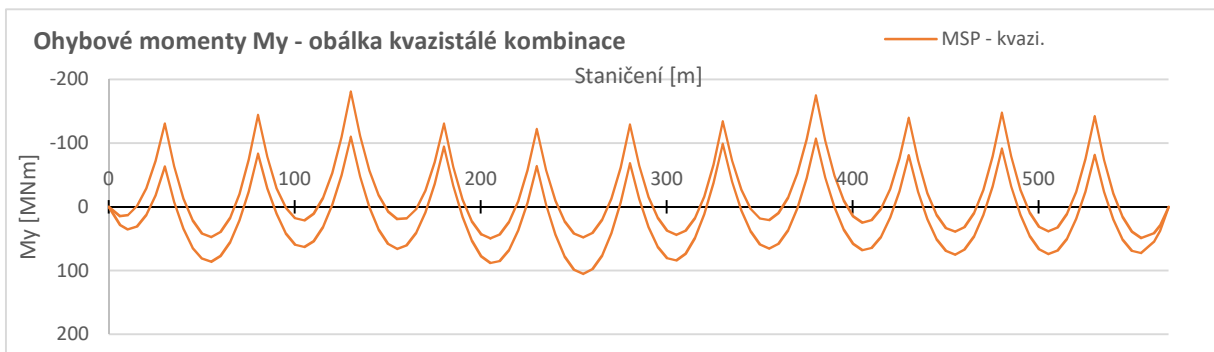
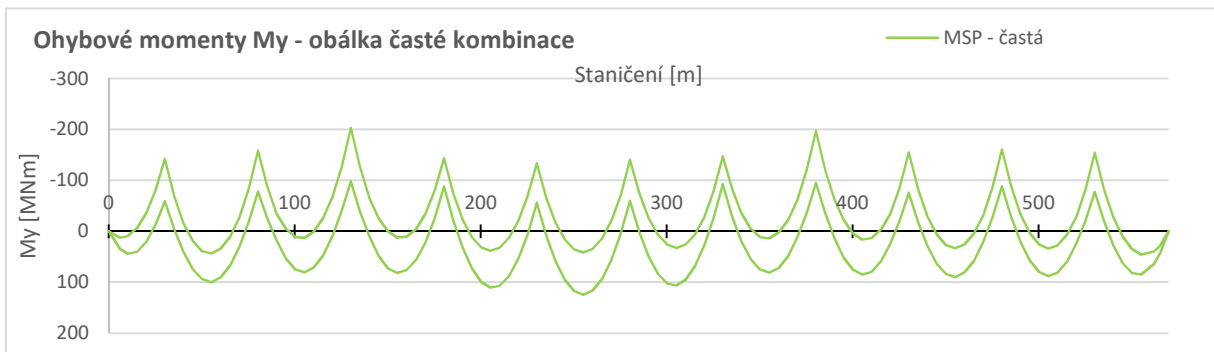
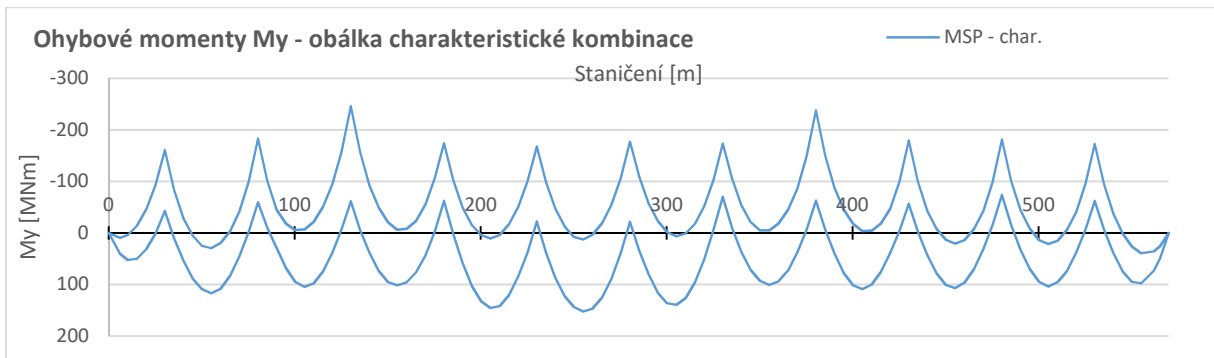
6.1.1. Průběhy vnitřních sil - zatěžovací stavy





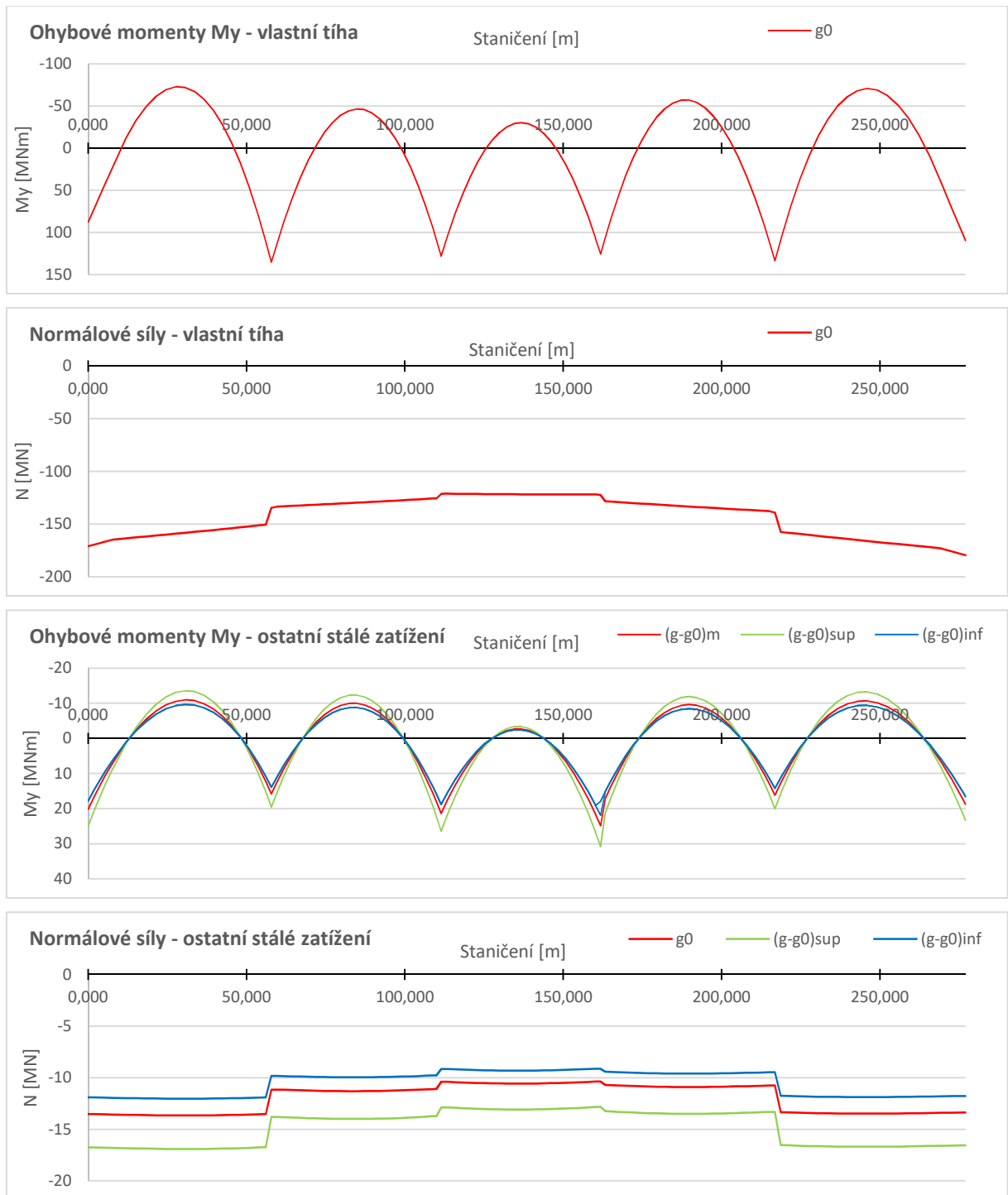


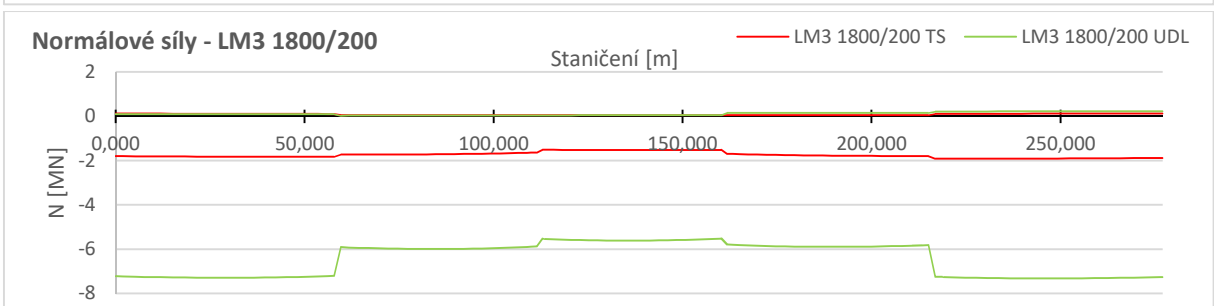
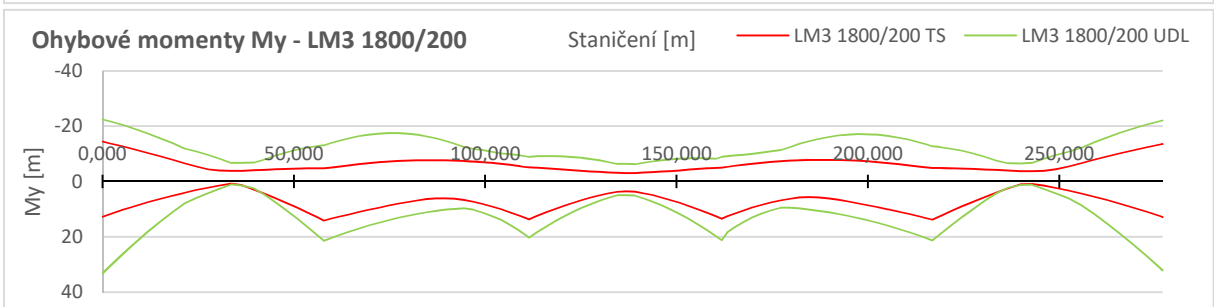
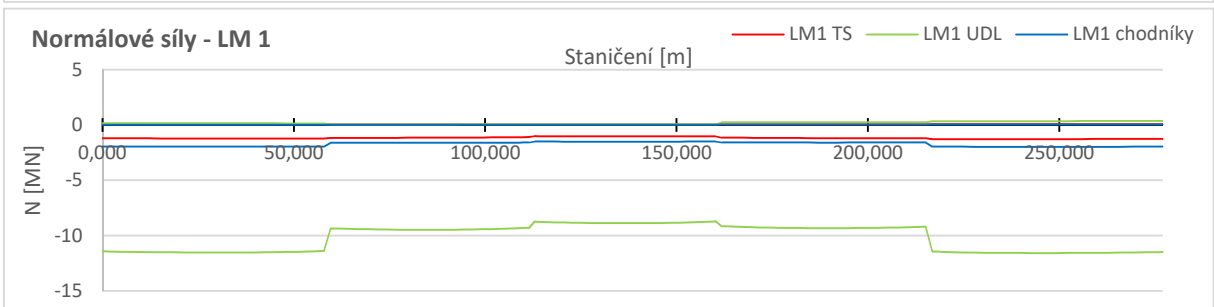
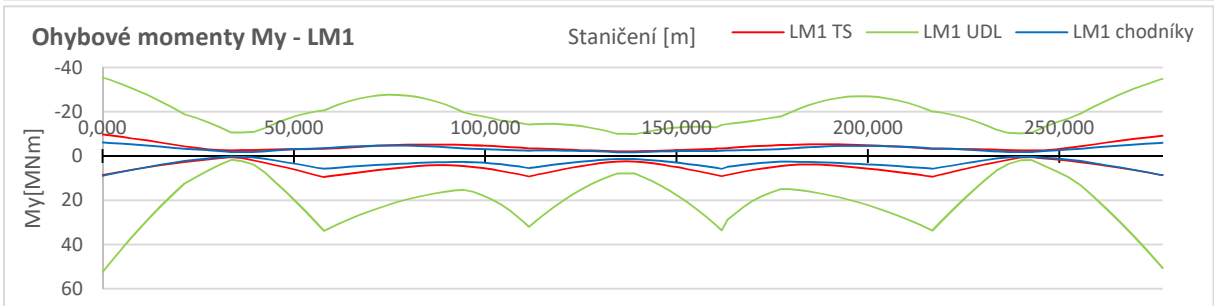
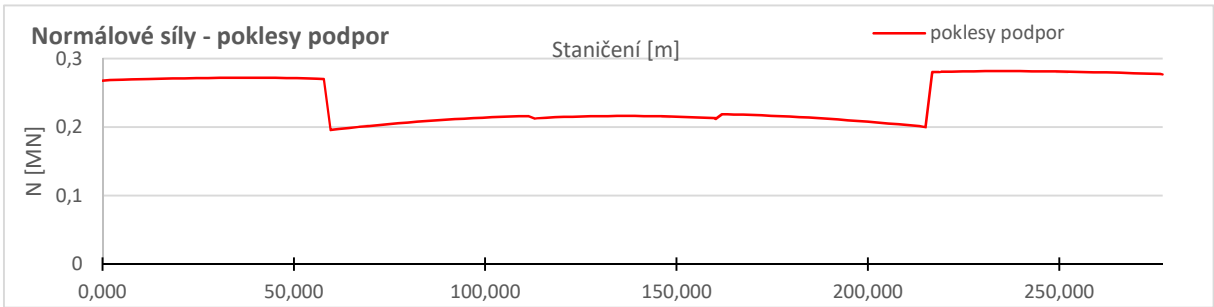
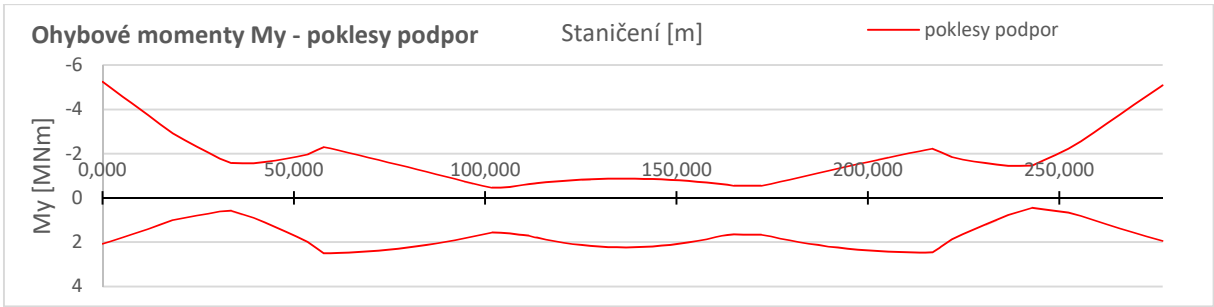
6.1.2. Průběhy vnitřních sil - kombinace zatížení

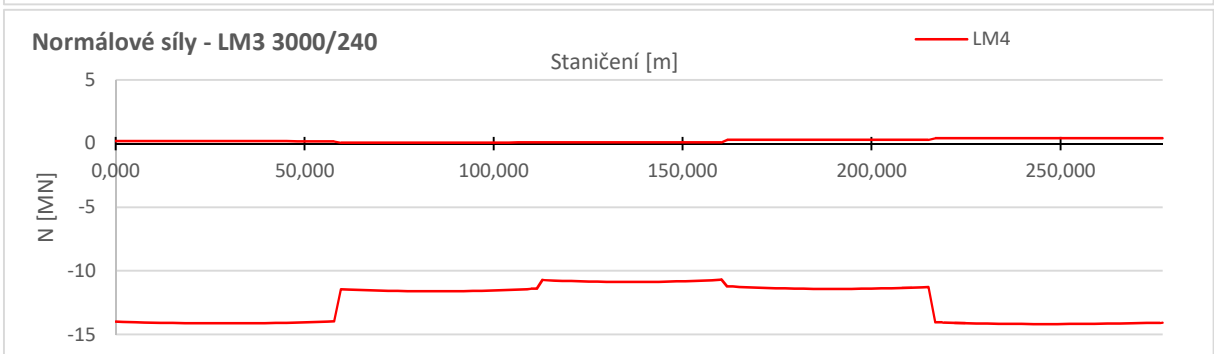
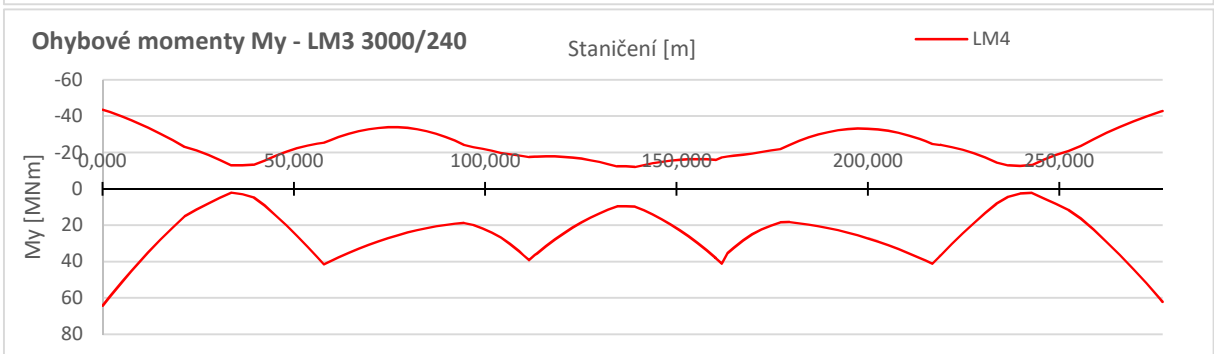
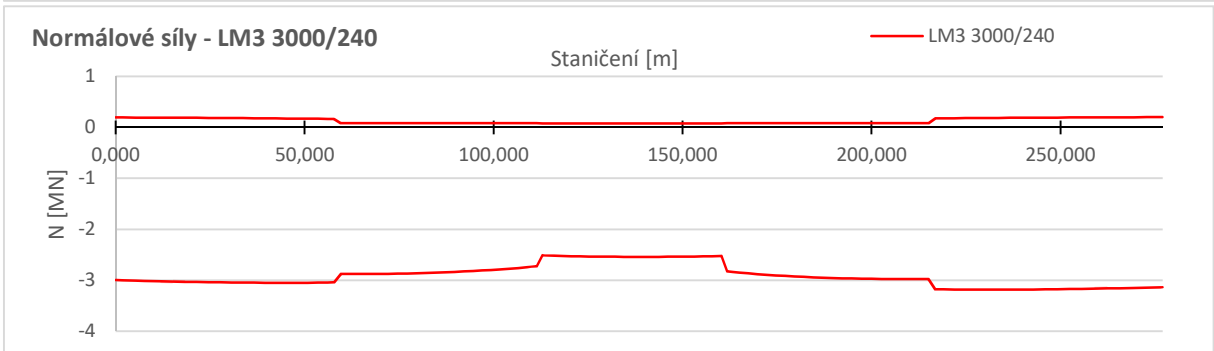
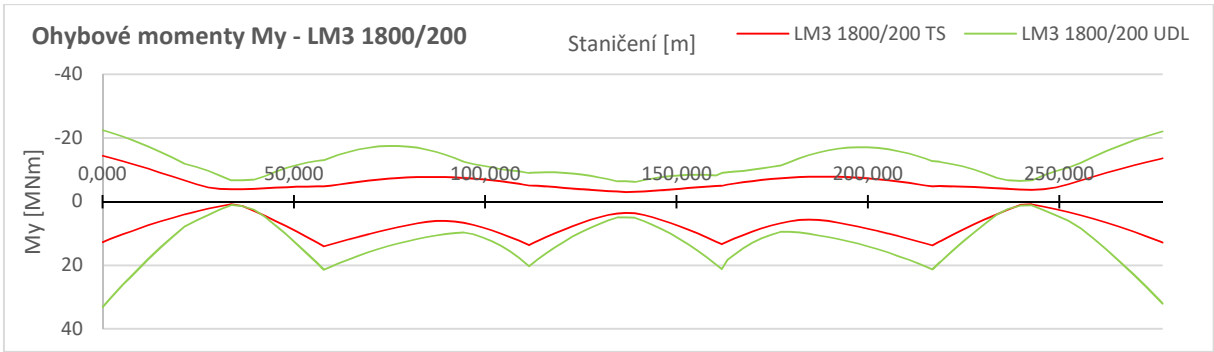


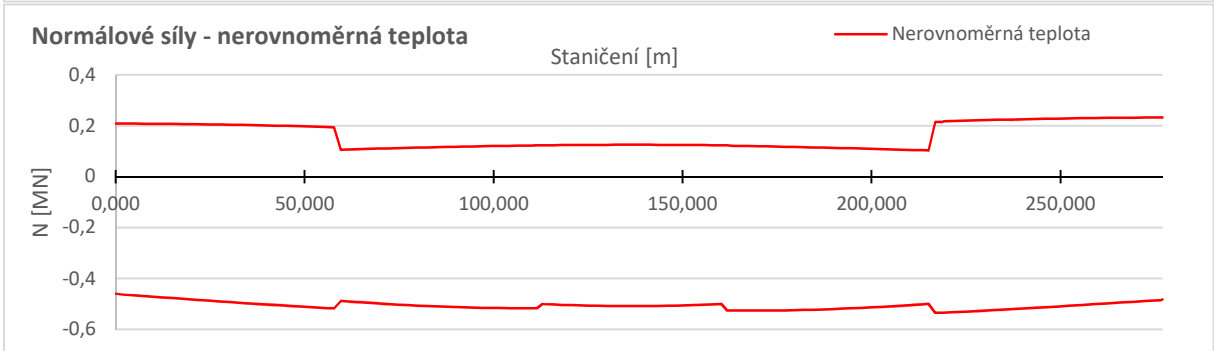
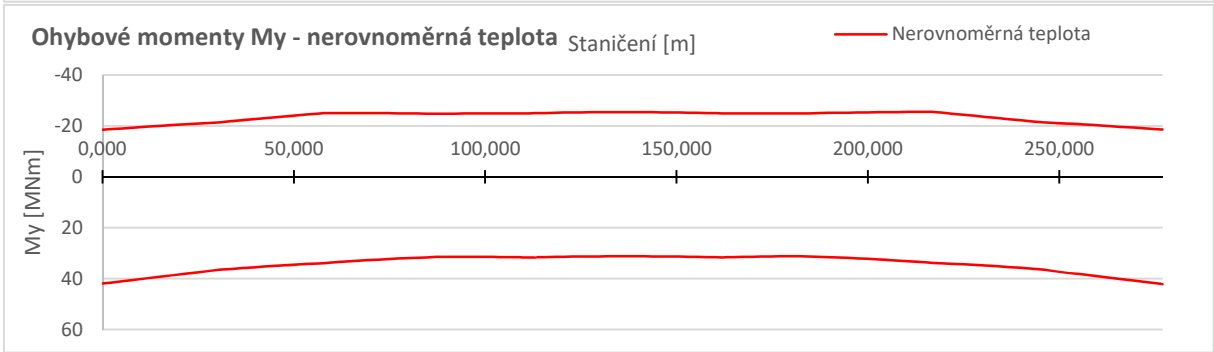
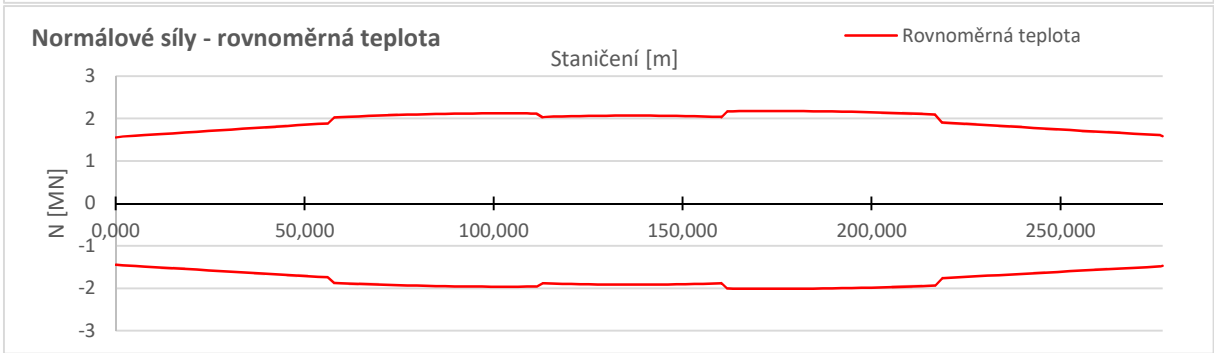
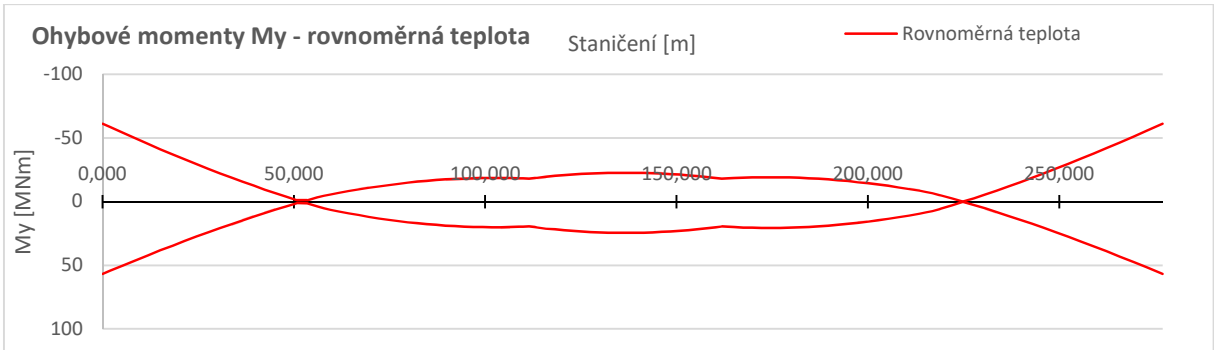
6.2. Průběhy vnitřních sil na oblouku

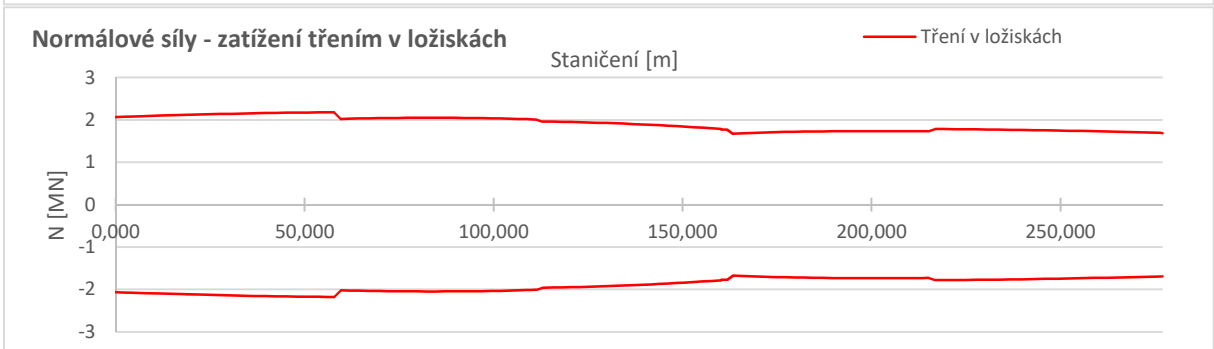
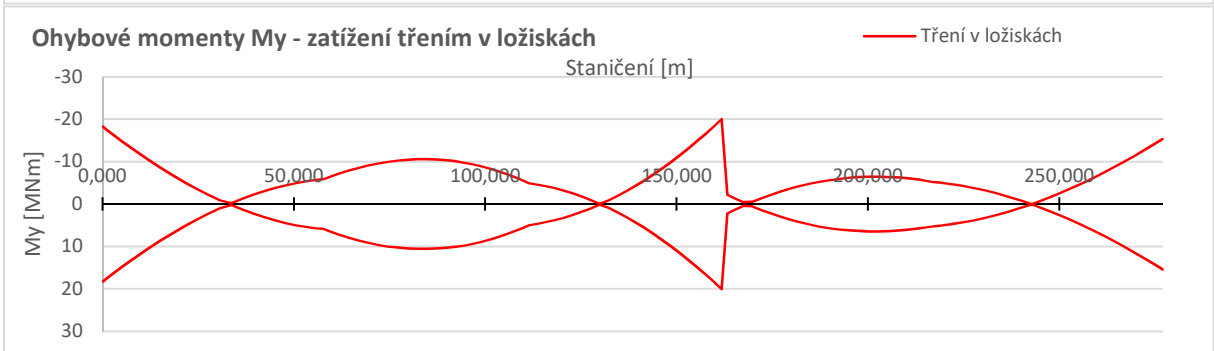
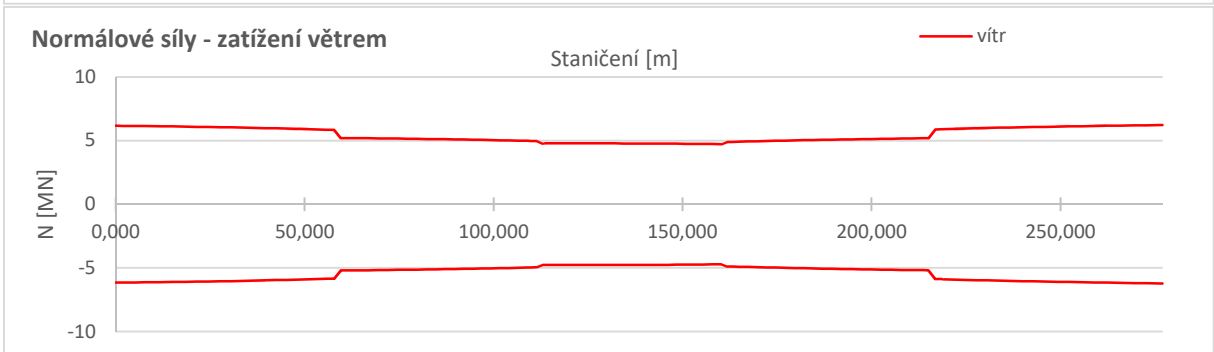
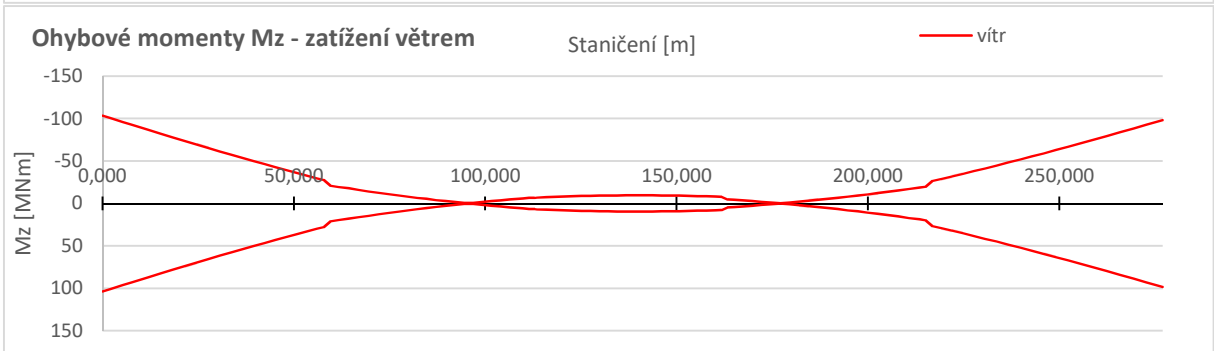
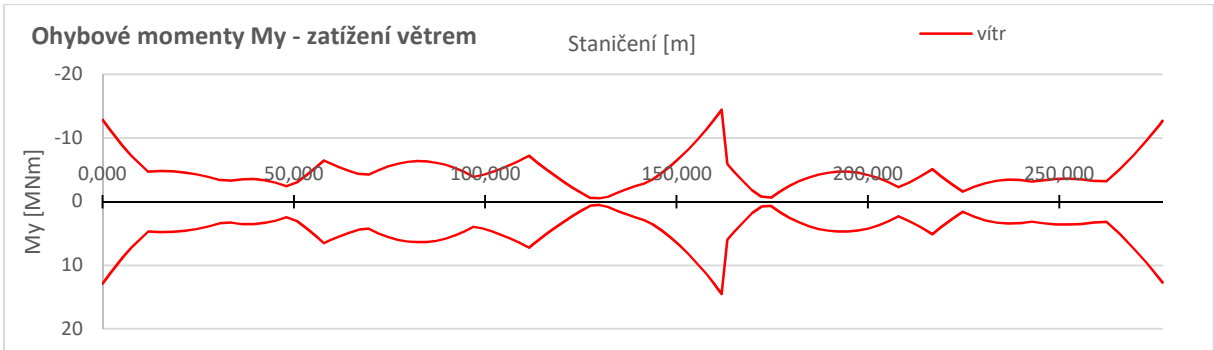
6.2.1. Průběhy vnitřních sil - zatěžovací stavy



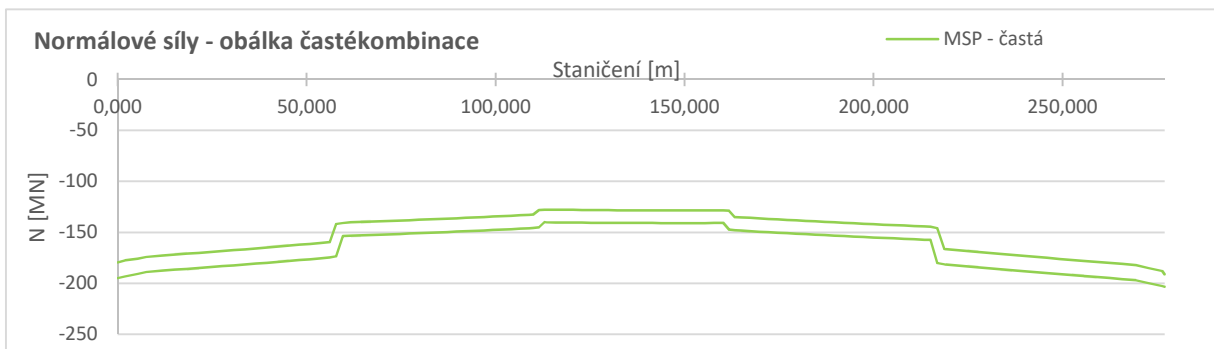
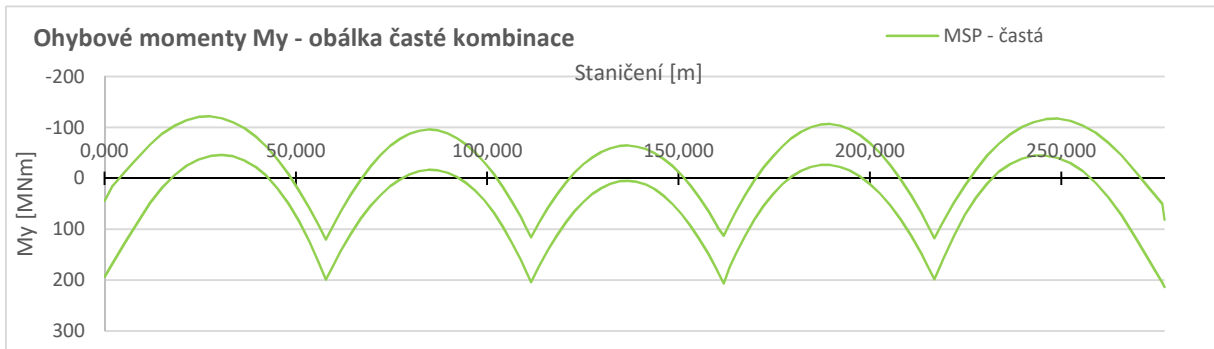
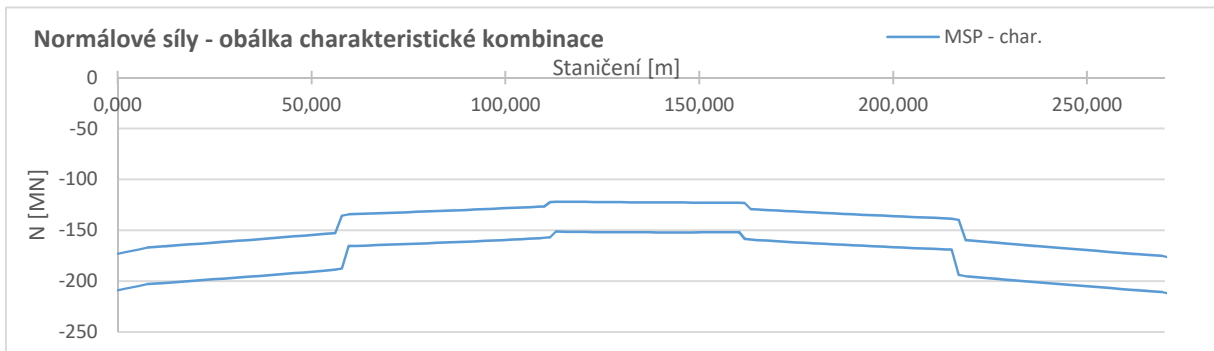
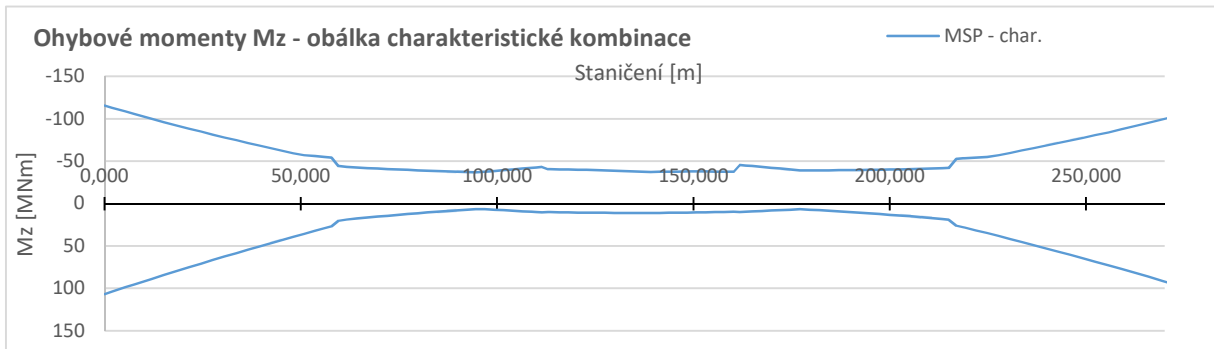
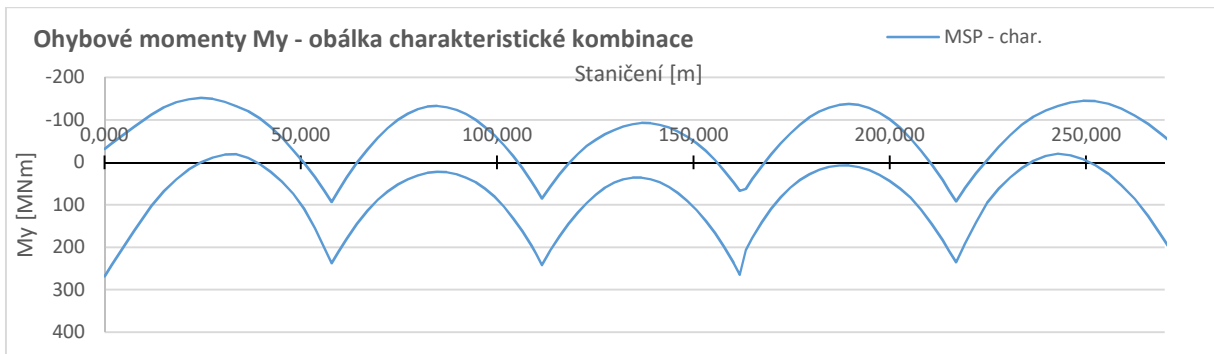


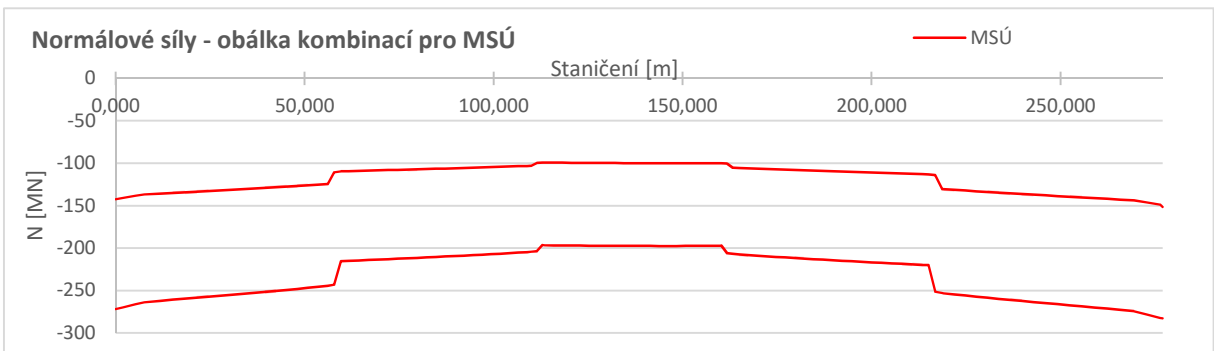
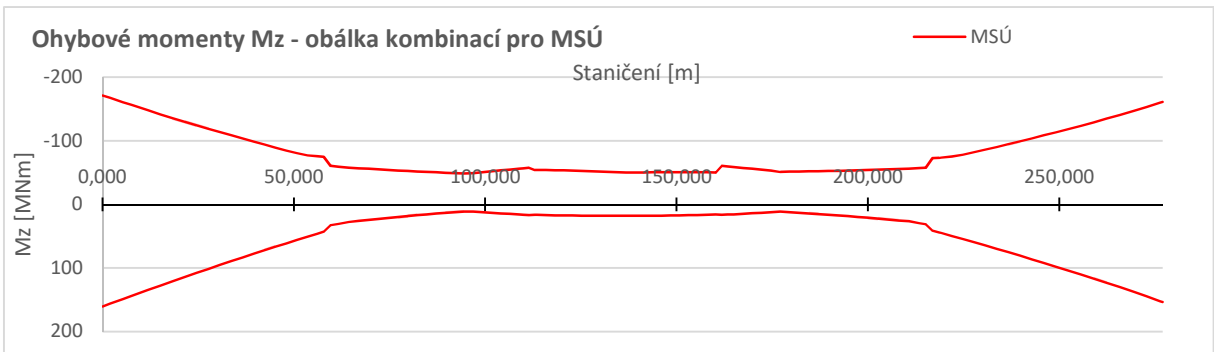
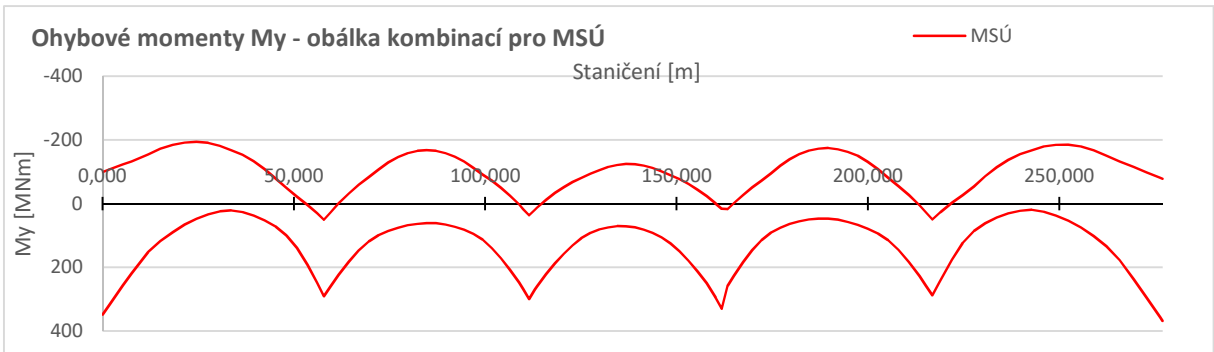
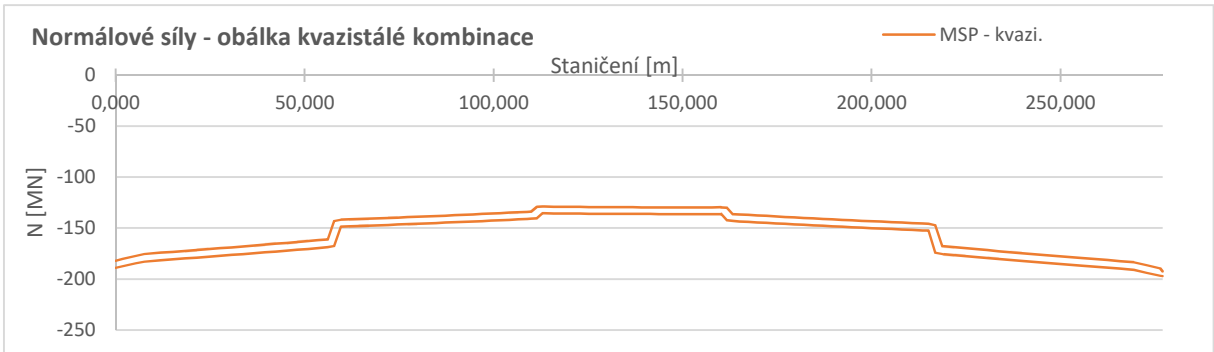
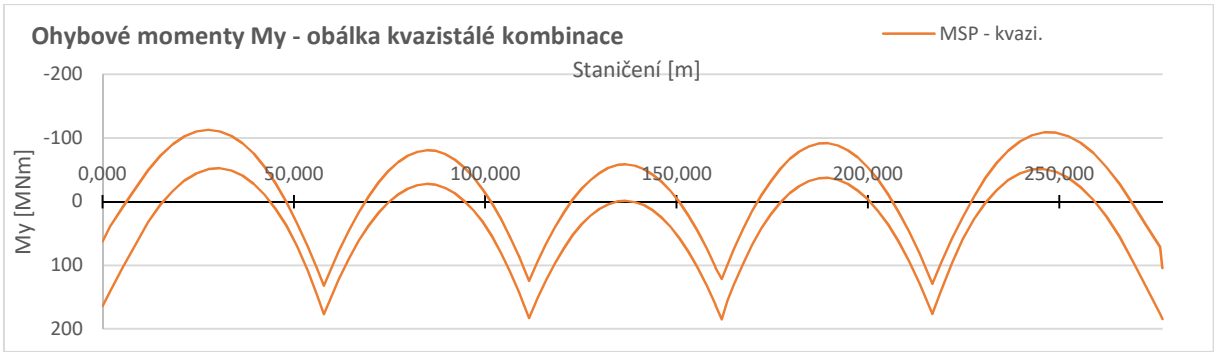






6.2.2. Průběhy vnitřních sil - kombinace zatížení





7. Návrh a posouzení konstrukce

7.1. Posouzení mostovky během podélného výsunu

7.1.1. Centrické předpětí mostovky

Protože během výsunu je postupně každý průřez namáhán jak maximy, tak i minimy ohybových momentů, bylo pro výsun mostovky navrženo centrické předpětí. Bude použita kombinace přímých kabelů se soudržností vedených v horní a spodní desce mostovky a volných lomených kabelů vedených uvnitř komory. Kabely byly navrženy tak, aby byla momentová podmínka dodržena jak pro celkové předpětí, tak i samostatně pro vnitřní kabely se soudržností. Z toho důvodu bylo potřeba volné zvedané kabely doplnit přímými kabely u horní desky.

Předpětí je v rámci této práce zjednodušeně uvažováno shodně po celé délce mostovky, reálně by bylo v koncové části mostovky možné navrhnout nižší vyztužení.

$$\text{Napínací napětí ve výztuži} \quad \sigma_{p,\max} = \min(k_1 \cdot f_{pk}; k_2 \cdot f_{p0,1k}) = \min(0,8 \cdot 1860; 0,9 \cdot 1640)$$

$$\sigma_{p,\max} = 1476,0 \text{ MPa}$$

$$\text{Uvažované ztráty předpětí během výsunu} \quad 10\%$$

$$\text{Napětí v předpínací výztuži po ztrátách} \quad \sigma_p = 0,9 \cdot \sigma_{p,\max} = 1328,4 \text{ MPa}$$

$$\text{Předpínací síla v jednom lanu} \quad F_{p,1} = A_{p,1} \cdot \sigma_p = 0,000150 \cdot 1328,4 \cdot 1000 = 198,9 \text{ kN}$$

Krytí předpínací výztuže

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

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

$$c_{\text{min},b} = \varnothing_p = 130 \text{ mm} > 80 \text{ mm} \Rightarrow c_{\text{min},b} = 80 \text{ mm}$$

$$c_{\text{min},\text{dur}} = 50 \text{ mm pro konstrukci z betonu C50/60 - XF2 - XD3 - XC4, životnost 100 let}$$

$$c_{\text{min}} = \max\{80; 50 + 0 - 0 - 0; 10\} = 80 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{\text{dev}} = 10 \text{ mm}$$

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

Uspořádání kabelů centrického předpětí:

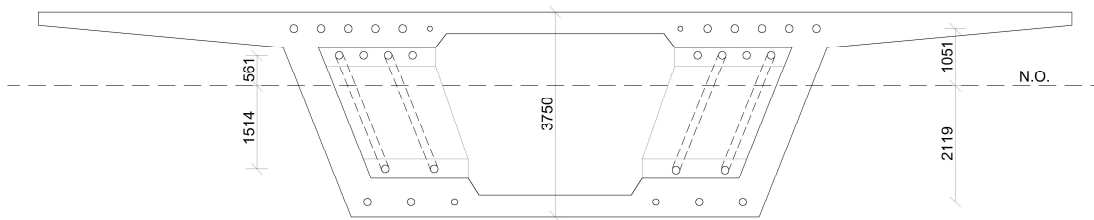
		Označení kabelů	Počet kabelů v položce	Počet lan v kabelu	Předpínací síla v kabelech [MN]	Poloha kabelu [m]	
						od spodních vlákn.	od těžiště
horní deska	vnitřní	Int - H	10	37	81,133	3,440	1,051
			2	19			
	volné přímé	Ext - P	4	37	29,431	2,950	0,561
	volné lomené	Ext - L	4	22	17,499	2,950	0,561
dolní deska	vnitřní	Int - D	4	37	40,169	0,270	-2,119
			2	27			
	volné lomené	Ext - L	4	22	17,499	0,875	-1,514

Kontrola momentové podmínky pro vnitřní kabely se soudržností:

$$M_p = \sum F_{p,i} \cdot r_i = 0,153 \text{ MNm}$$

Kontrola momentové podmínky pro veškeré předpětí

$$M_p = \sum F_{p,i} \cdot r_i = -0,013 \text{ MNm}$$



Obrázek 26 Uspořádání kabelů centrického předpětí

7.1.2. Posouzení mostovky dle MSP - omezení napětí v betonu

Výpočet napětí v betonu je proveden dle vzorců:

napětí v horních vláknech

$$\sigma_c^h = \frac{N_E + N_p}{A_c} - \frac{M_{y,E} + M_p}{I_{y,c}} \cdot e_{z,h} \pm \frac{M_{z,E}}{I_{z,c}} \cdot e_{y,h}$$

napětí v dolních vláknech

$$\sigma_c^d = \frac{N_E + N_p}{A_c} + \frac{M_{y,E} + M_p}{I_{y,c}} \cdot e_{z,d} \pm \frac{M_{z,E}}{I_{z,c}} \cdot e_{y,d}$$

- kde $N_E, M_{y,E}, M_{z,E}$ jsou vnitřní síly od vnějšího zatížení průřez dle dané kombinace
 N_p, M_p jsou vnitřní síly od předpětí
 A_c je plocha příčného řezu
 $I_{y,c}, I_{z,c}$ jsou momenty setrvačnosti příčného řezu k příslušným osám
 $e_{z,h}; e_{z,d}$ jsou svislé vzdálenosti horních, resp. dolních vláken od těžiště průřezu
 $e_{y,h}; e_{y,d}$ jsou vodorovné vzdálenosti krajních vláken pro horní, resp. pro dolní povrch průřezu

Napětí v betonu je omezeno následujícími hodnotami:

charakteristická kombinace zatížení

omezení tlakových napětí $\sigma_{\min} = -0,6 \cdot f_{ck} = -30,0 \text{ MPa}$

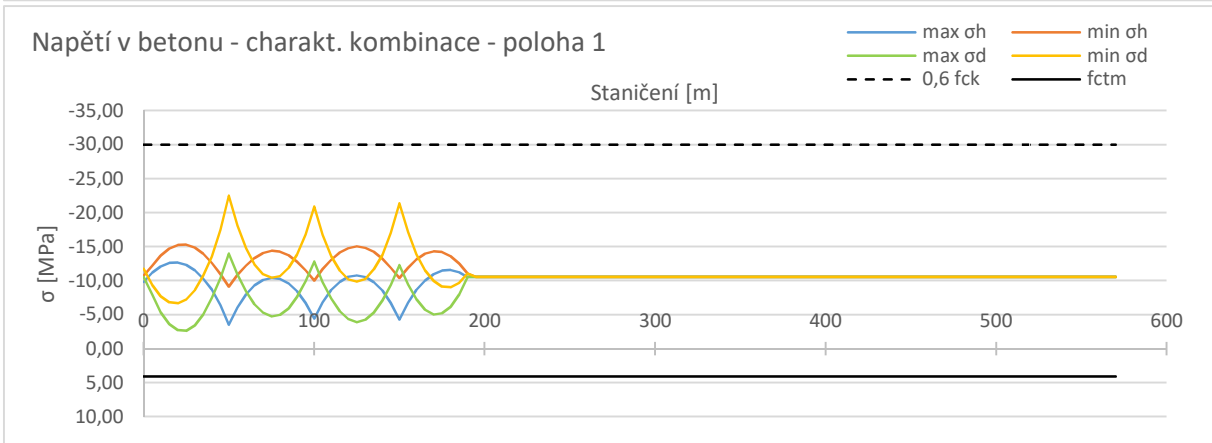
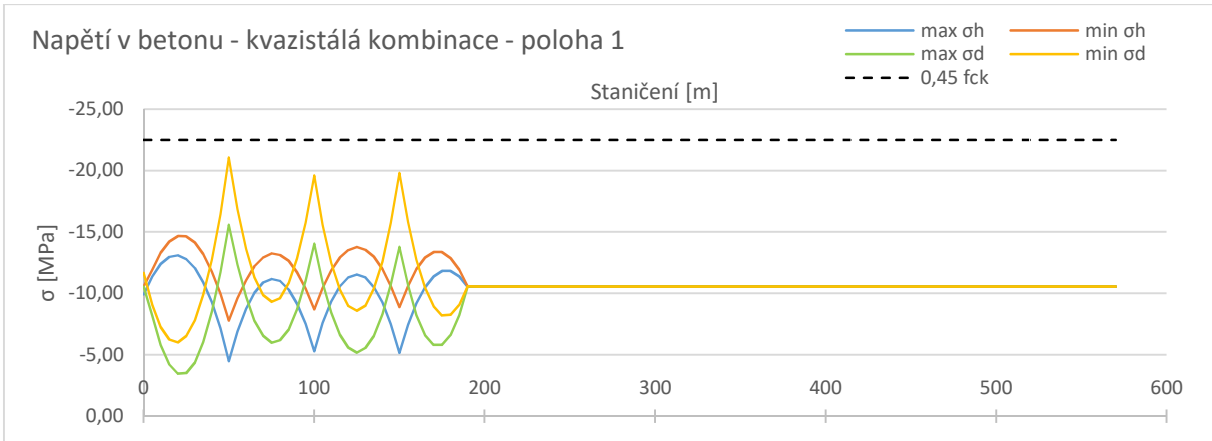
omezení tahových napětí $\sigma_{\max} = 1,0 \cdot f_{ctm} = 4,1 \text{ MPa}$

kvazistálá kombinace zatížení

omezení tlakových napětí $\sigma_{\min} = -0,45 \cdot f_{ck} = -22,5 \text{ MPa}$

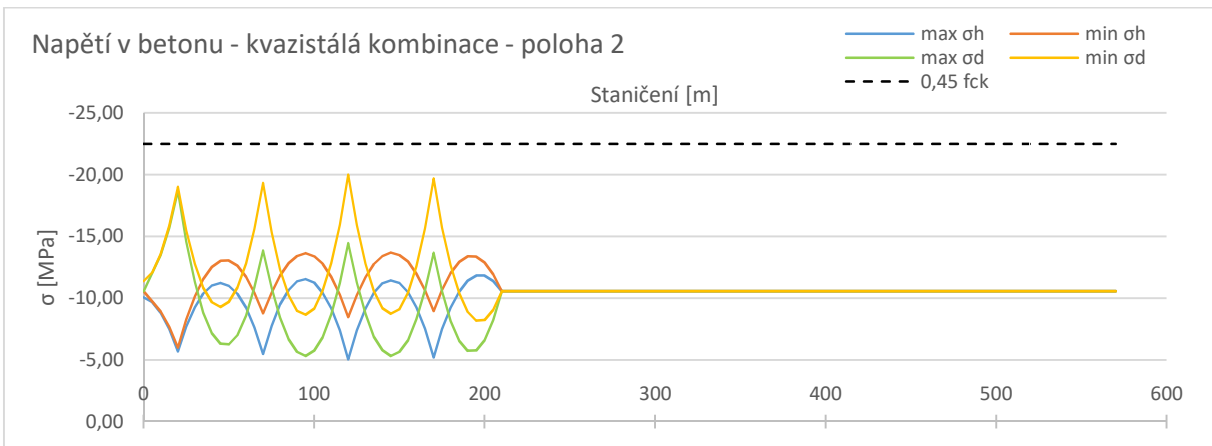
omezení tahových napětí $\sigma_{\max} = 0,0 \text{ MPa}$

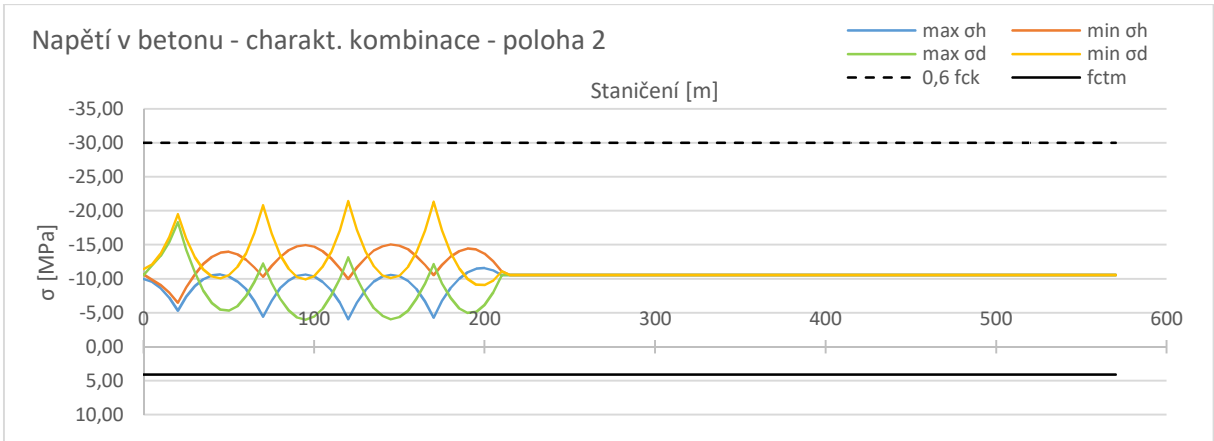
Posouzení jsou provedena pro každou polohu mostovky. Průběhy napětí po délce konstrukce bylo vyneseno do grafů.



Kontrola podmínek omezení napětí								
MSP kvazistálá kombinace								
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí				
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?	
-4,19	-14,37	-3,17	-20,78	0	OK	-22,5	OK	
MSP charakteristická kombinace								
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí				
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?	
-3,25	-15,02	-2,35	-22,19	4,1	OK	-30	OK	

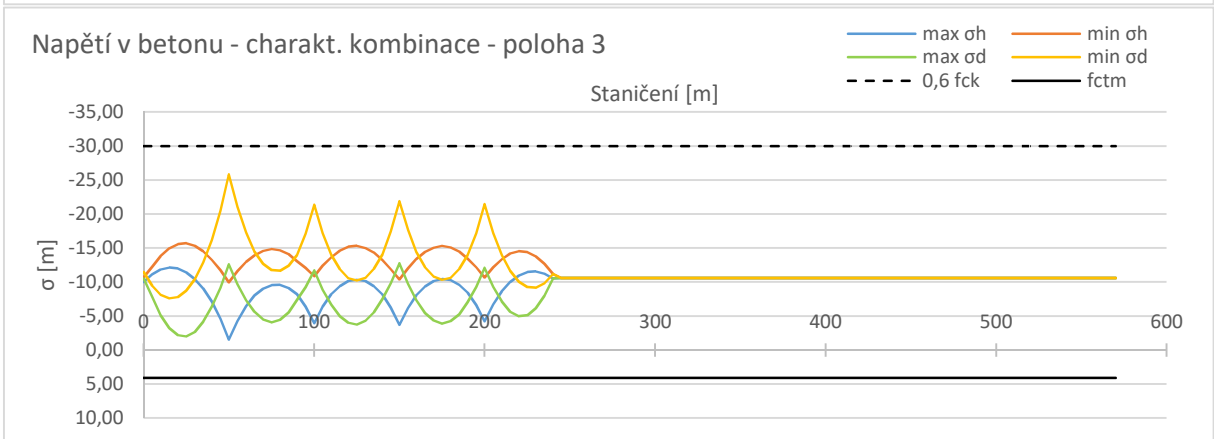
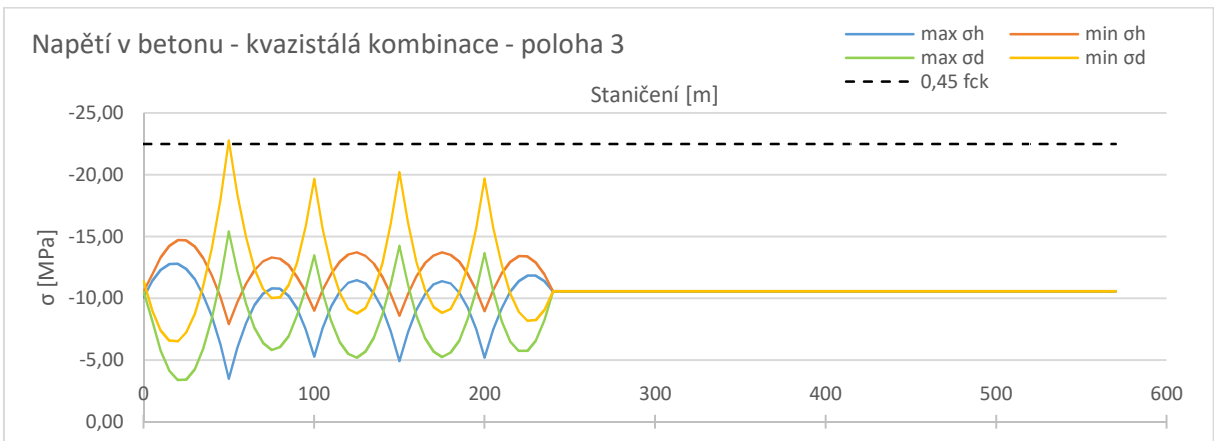
V poloze 1 mostovka splňuje podmínky omezení napětí.





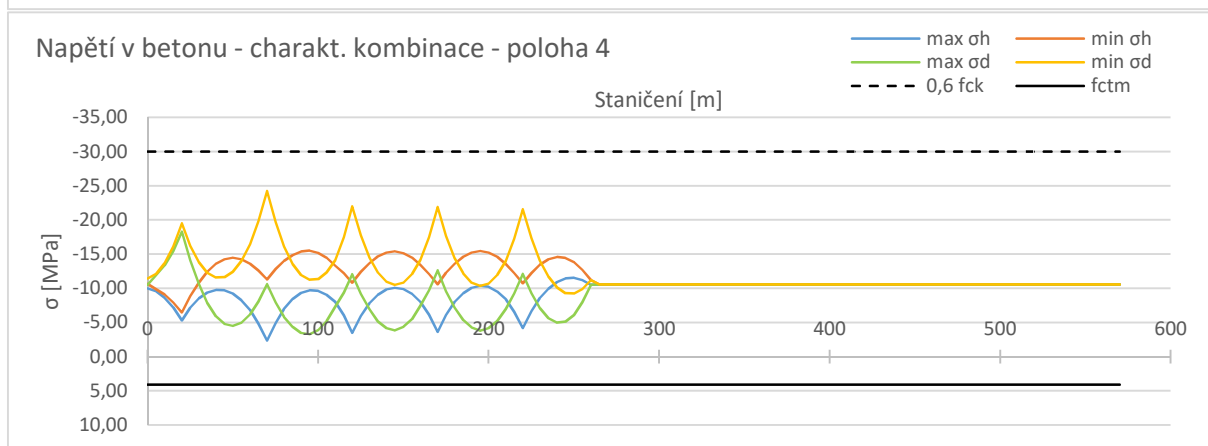
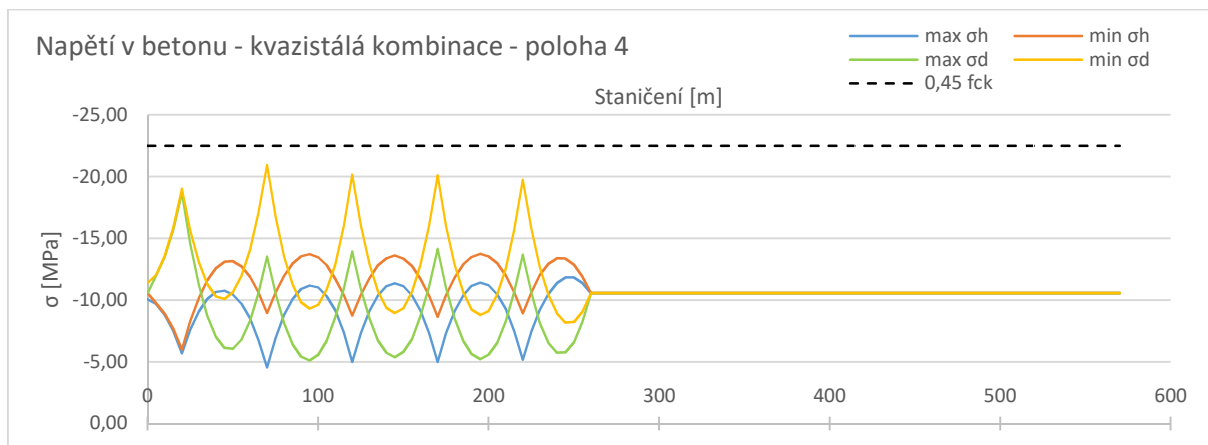
Kontrola podmínek omezení napětí							
MSP kvazistálá kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-4,76	-13,39	-5,03	-19,72	0	OK	-22,5	OK
MSP charakteristická kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-3,75	-14,79	-3,71	-21,13	4,1	OK	-30	OK

V poloze 2 mostovka splňuje podmínky omezení napětí.



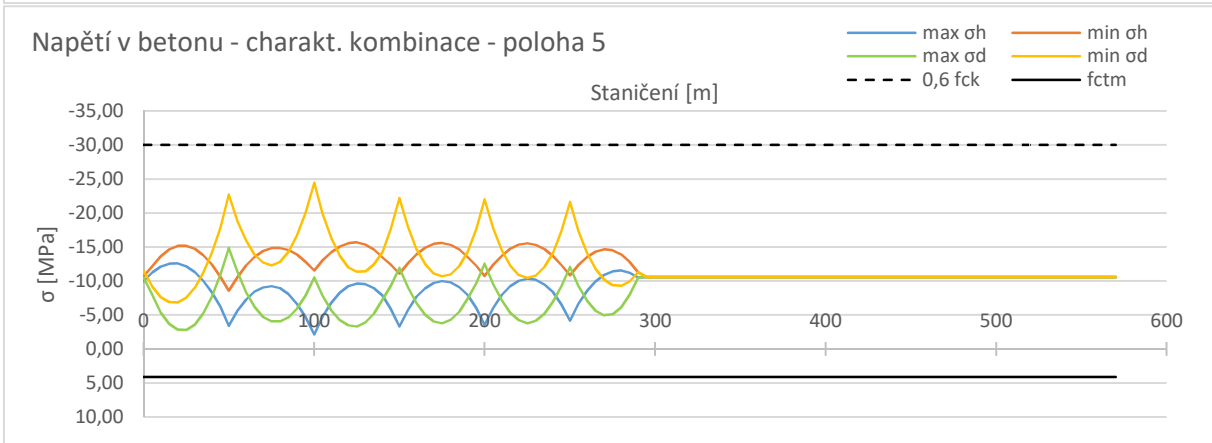
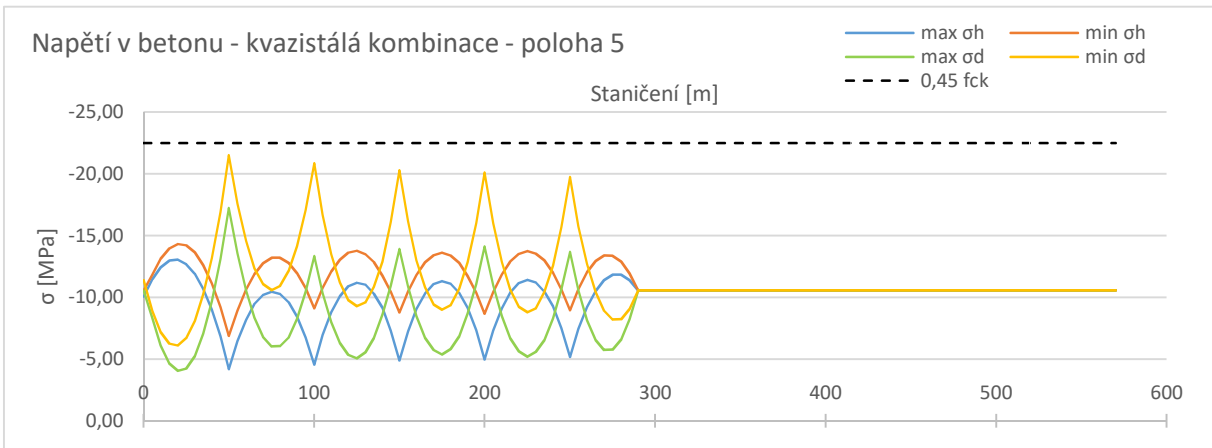
Kontrola podmínek omezení napětí							
MSP kvazistálá kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-3,19	-14,41	-3,10	-22,49	0	OK	-22,5	OK
MSP charakteristická kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-1,26	-15,39	-1,74	-25,53	4,1	OK	-30	OK

V poloze 3 mostovka splňuje podmínky omezení napětí.



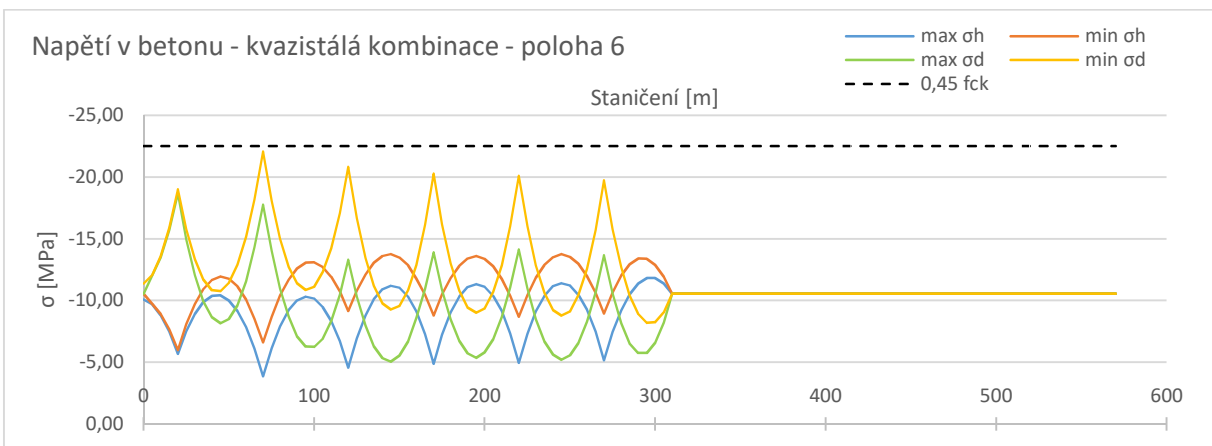
Kontrola podmínek omezení napětí							
MSP kvazistálá kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-4,26	-13,46	-4,83	-20,64	0	OK	-22,5	OK
MSP charakteristická kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-2,06	-15,24	-3,03	-23,93	4,1	OK	-30	OK

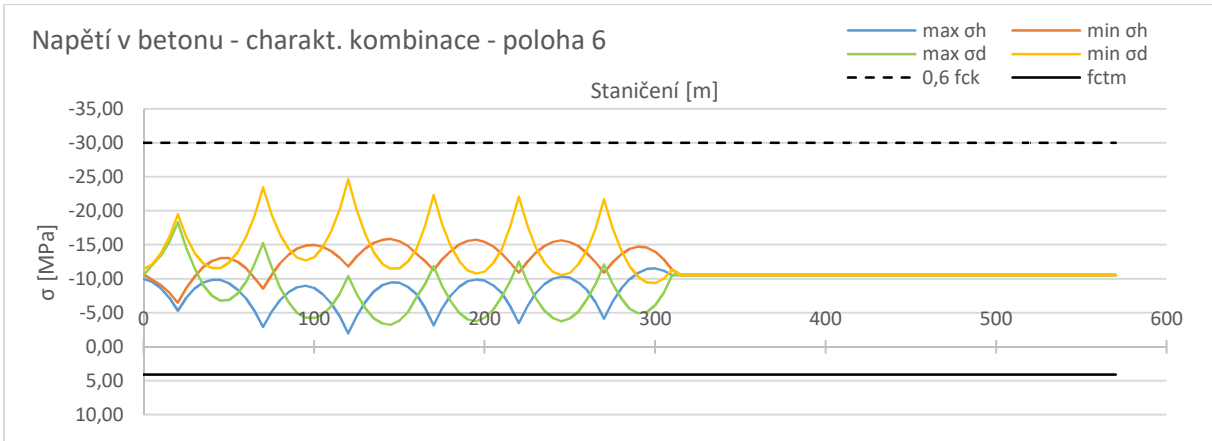
V poloze 4 mostovka splňuje podmínky omezení napětí.



Kontrola podmínek omezení napětí							
MSP kvazistálá kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-3,90	-14,04	-3,75	-21,23	0	OK	-22,5	OK
MSP charakteristická kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-1,88	-15,40	-2,51	-24,15	4,1	OK	-30	OK

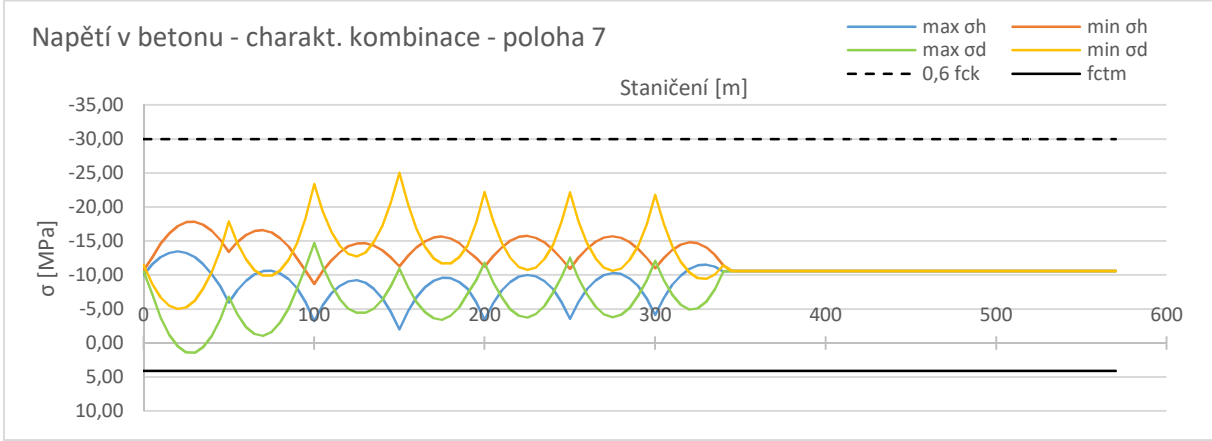
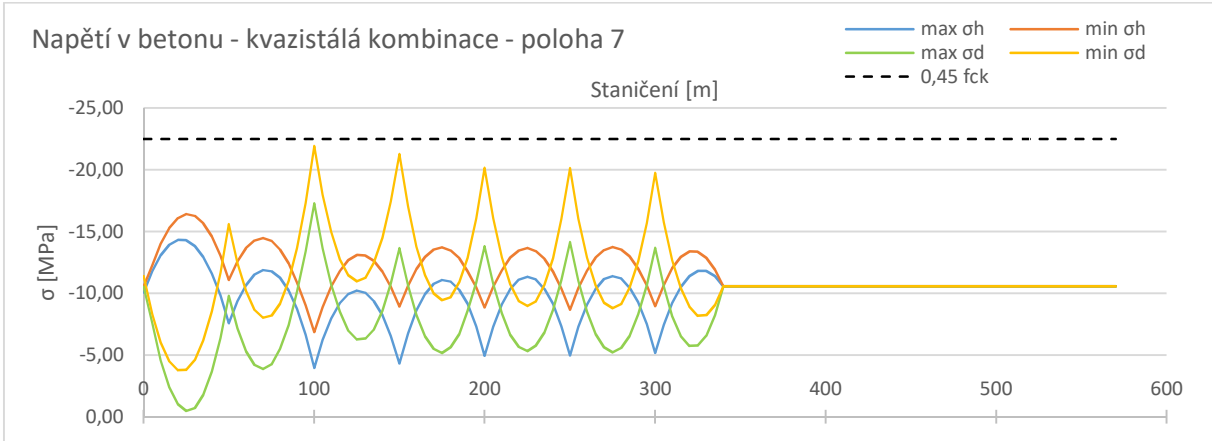
V poloze 5 mostovka splňuje podmínky omezení napětí.





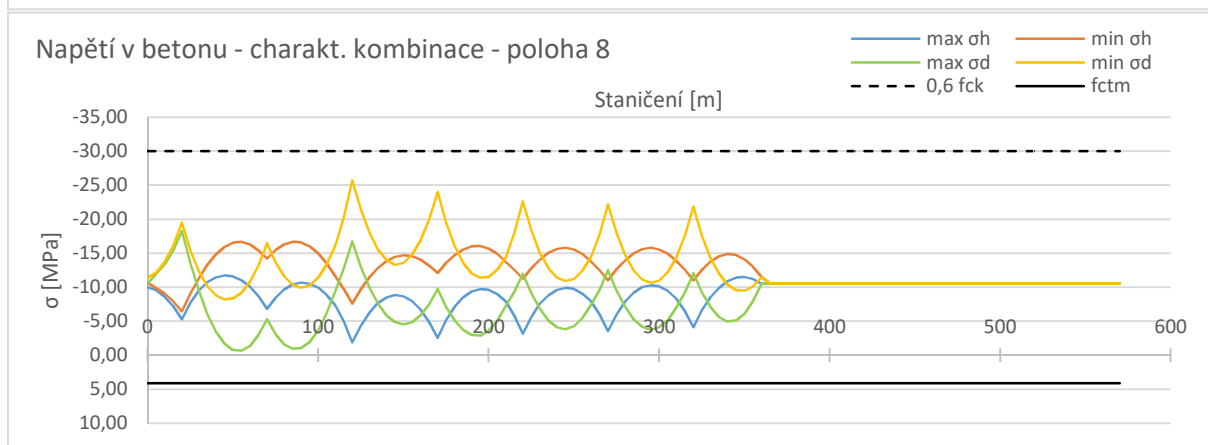
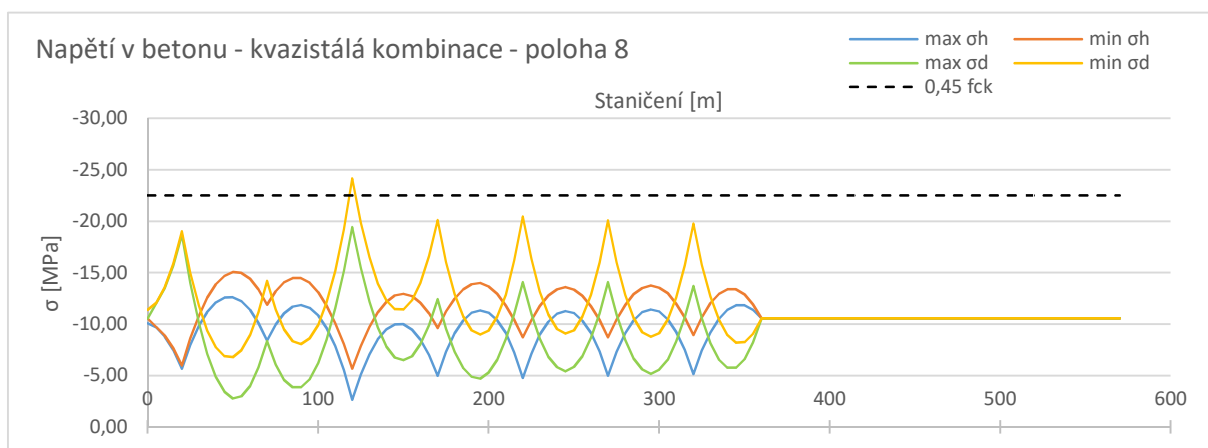
Kontrola podmínek omezení napětí							
MSP kvazistálá kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-3,56	-13,48	-4,77	-21,79	0	OK	-22,5	OK
MSP charakteristická kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-1,67	-15,58	-2,96	-24,33	4,1	OK	-30	OK

V poloze 6 mostovka splňuje podmínky omezení napětí.



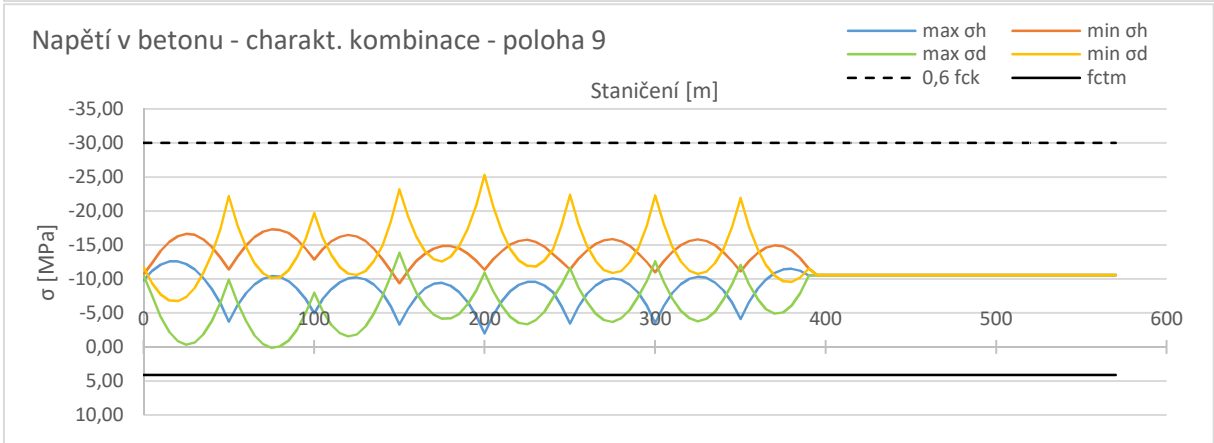
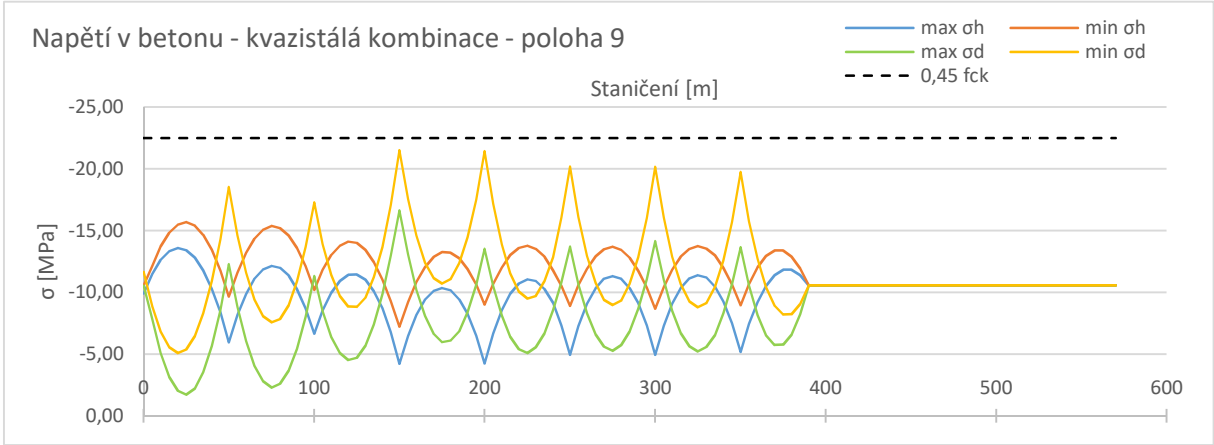
Kontrola podmínek omezení napětí							
MSP kvazistálá kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-3,67	-16,12	-0,18	-21,64	0	OK	-22,5	OK
MSP charakteristická kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-1,74	-17,54	1,69	-24,76	4,1	OK	-30	OK

V poloze 7 mostovka splňuje podmínky omezení napětí.



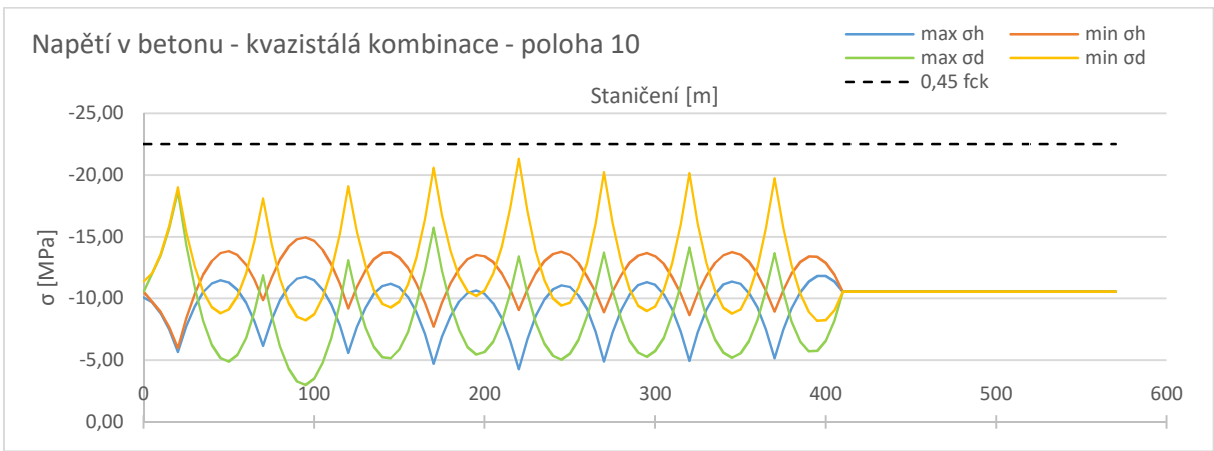
Kontrola podmínek omezení napětí							
MSP kvazistálá kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-2,36	-14,78	-2,50	-23,88	0	OK	-22,5	NOT OK
MSP charakteristická kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-1,62	-16,37	-0,37	-25,44	4,1	OK	-30	OK

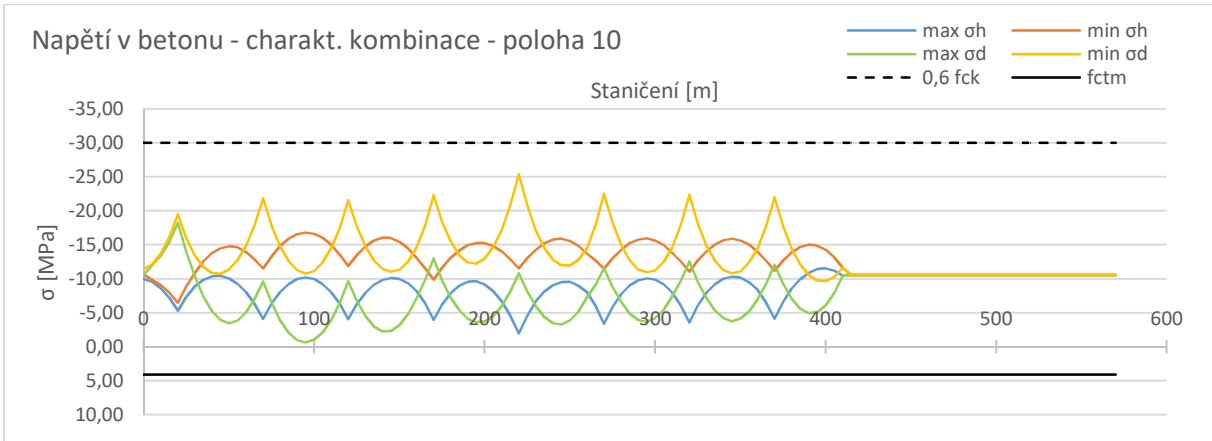
V poloze 8 je v kvazistálé kombinaci překročena hodnota mezního tlakového napětí v dolních vláknech průřezu. Průřez lze však posoudit jako vyhovující, viz poznámka na konci posudku.



Kontrola podmínek omezení napětí							
MSP kvazistálá kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-3,91	-15,39	-1,42	-21,21	0	OK	-22,5	OK
MSP charakteristická kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-1,72	-17,03	0,39	-25,04	4,1	OK	-30	OK

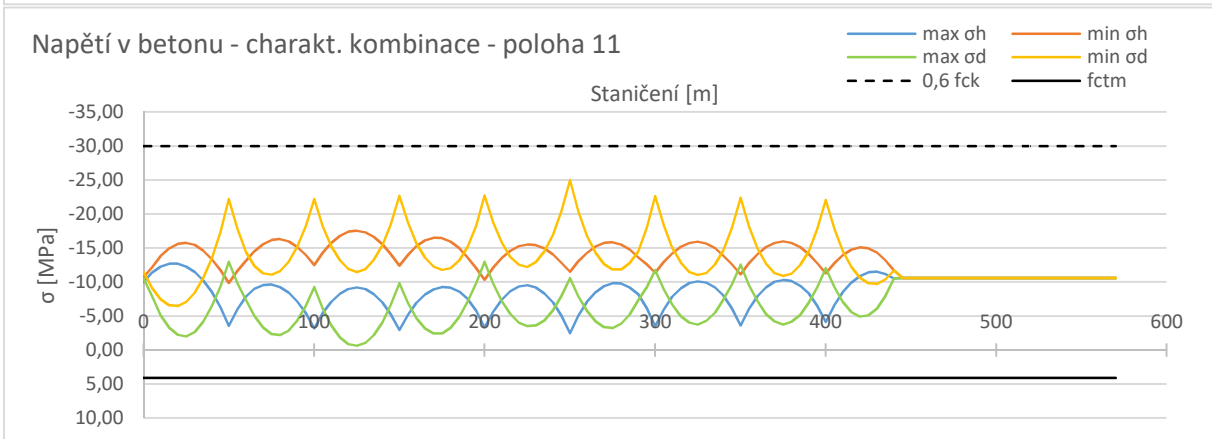
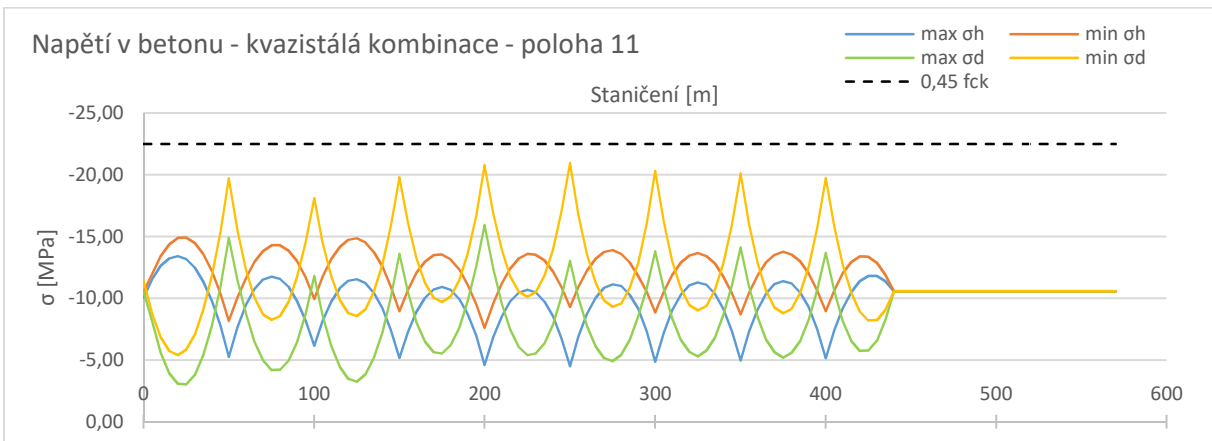
V poloze 9 mostovka splňuje podmínky omezení napětí.





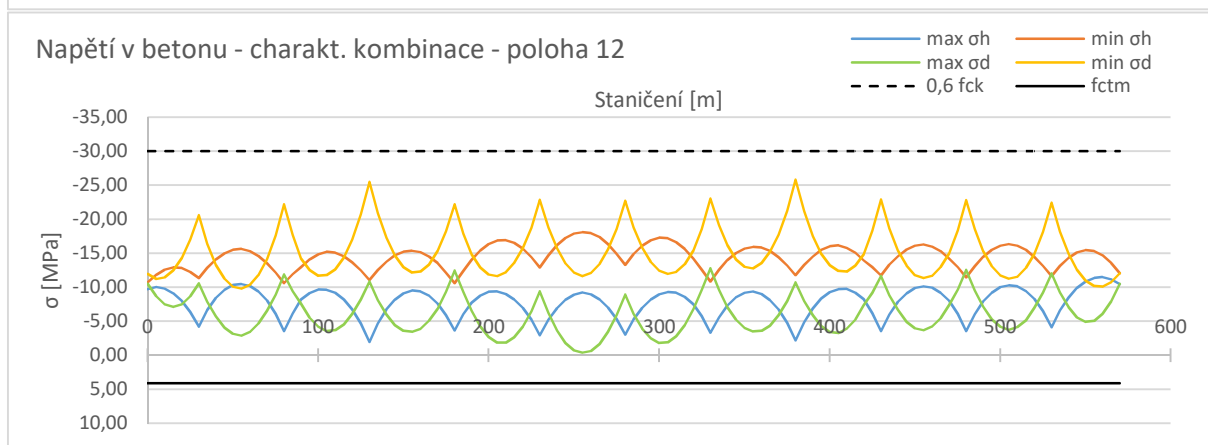
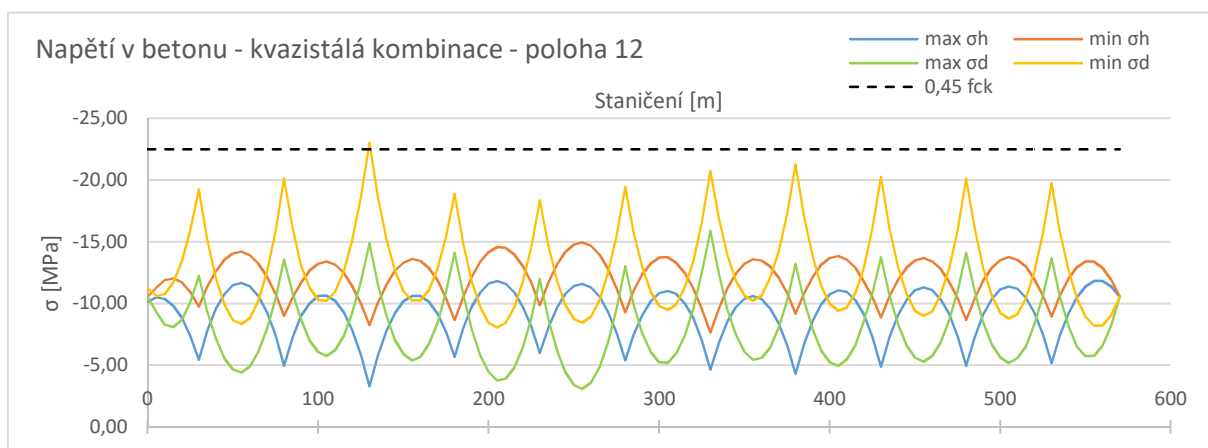
Kontrola podmínek omezení napětí							
MSP kvazistálá kombinace							
Extrémy napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{\max}	OK?	σ_{\min}	OK?
-3,99	-14,68	-2,71	-21,03	0	OK	-22,5	OK
MSP charakteristická kombinace							
Extrémy napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{\max}	OK?	σ_{\min}	OK?
-1,67	-16,51	-0,38	-25,09	4,1	OK	-30	OK

V poloze 10 mostovka splňuje podmínky omezení napětí.



Kontrola podmínek omezení napětí							
MSP kvazistálá kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-4,20	-14,63	-2,74	-20,67	0	OK	-22,5	OK
MSP charakteristická kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-2,17	-17,26	-0,34	-24,68	4,1	OK	-30	OK

V poloze 11 mostovka splňuje podmínky omezení napětí.



Kontrola podmínek omezení napětí							
MSP kvazistálá kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-3,01	-14,67	-2,81	-22,74	0	OK	-22,5	NOT OK
MSP charakteristická kombinace							
Extrémny napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-1,67	-17,81	-0,12	-25,54	4,1	OK	-30	OK

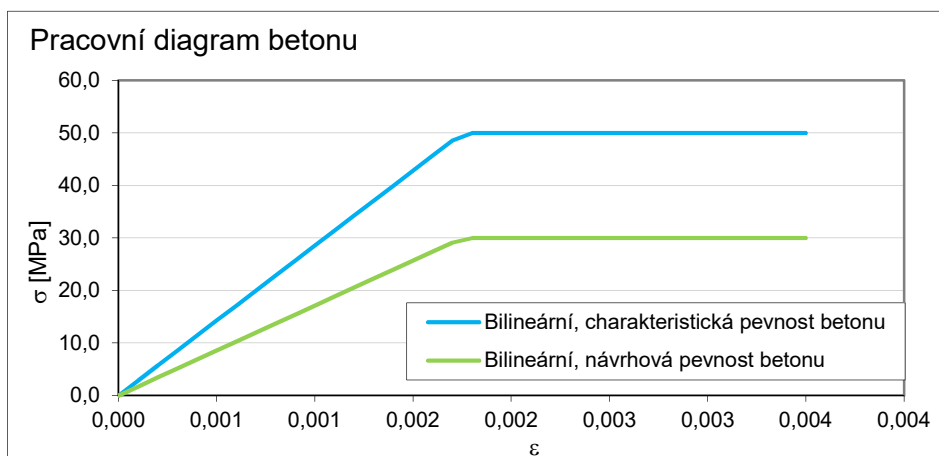
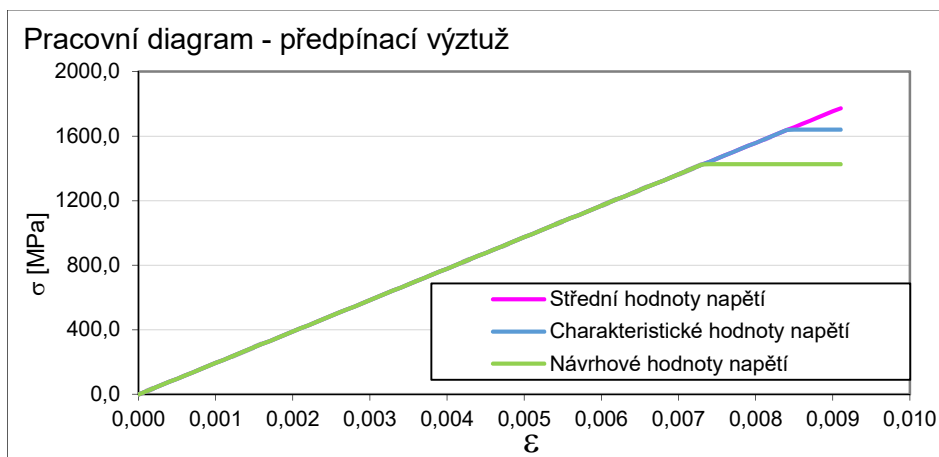
V poloze 12 je v kvazistálé kombinaci překročena hodnota mezního tlakového napětí v dolních vláknech průřezu. Průřez lze však posoudit jako vyhovující, viz pozn.

pozn.: Obecně překročení hodnoty napětí $0,45 f_{ck}$ v kvazistálé kombinaci zatížení znamená nutnost počítat s nelineárním dotvarováním betonu. V tomto případě však jde o stav působící na dané průřezy jen krátkodobě vzhledem k průběžné změně podepření, bude tedy možné i nadále počítat s lineárním dotvarováním.

7.1.3. Posouzení mostovky během výsunu dle MSÚ - ohyb a normálová síla

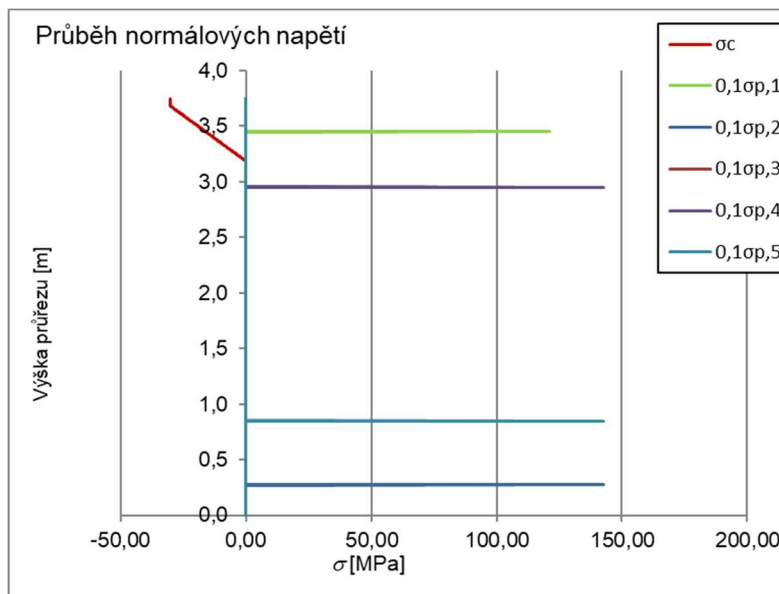
Výpočet momentu únosnosti byl proveden proužkovou metodou se zohledněním návrhových pracovních diagramů materiálů. Mezní přetvoření betonu bylo uvažováno hodnotou 2‰ doporučenou při návrhu nosníků s komorovým průřezem. Posudek byl proveden pro průřez namáhaný nejvyšším kladným a záporným momentem v průběhu výstavby.

Použité pracovní diagramy



7.1.3.1. Průřez namáhaný kladným ohybovým momentem

Průběh napětí po výšce průřezu



Položka	ε	σ	F
	[-]	[MPa]	[MN]
Beton	-0,0020	-30,0	-177,59
Výztuž Int-H	0,0062	1211,0	74,11
Výztuž Int-D	0,0156	1426,1	43,21
Výztuž Ext-H-P	0,0052	1018,8	22,62
Výztuž Ext-H-L	0,0168	1426,1	18,82
Výztuž Ext-D-L	0,0154	1426,1	18,82

Kontrola rovnováhy vnitřních sil

$$\sum F = 0,00 \text{ MN}$$

Výška tlačené oblasti

$$x = 0,564 \text{ m}$$

Účinná výška průřezu

$$d = 1,464 \text{ m}$$

Rameno vnitřních sil

$$z = 1,279 \text{ m}$$

Moment únosnosti průřezu

$$M_{Rd} = 227,09 \text{ MNm}$$

Nejvyšší kladný moment od zatížení

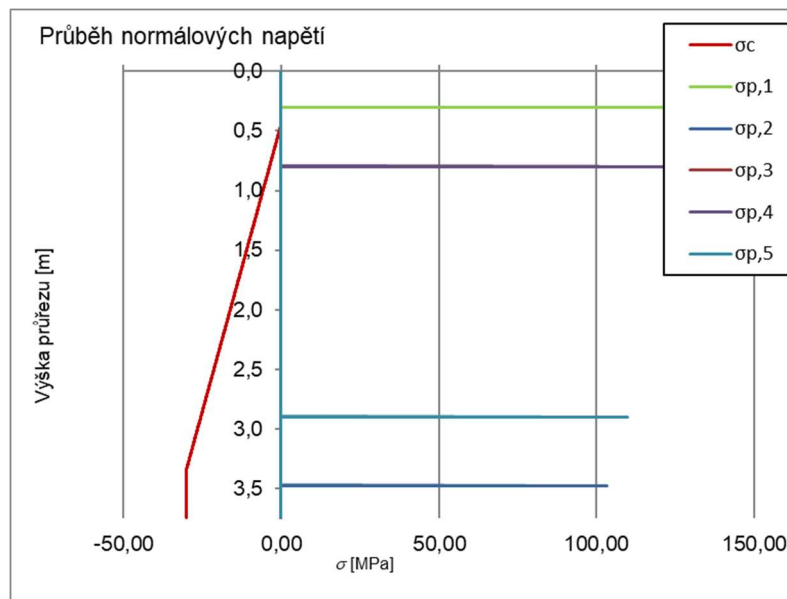
$$M_{Ed} = 215,05 \text{ MNm (poloha mostovky 7, staničení 25,0 m)}$$

$$M_{Ed} = 215,05 \text{ MNm} < M_{Rd} = 227,09 \text{ MNm}$$

průřez vyhoví

7.1.3.2. Průřez namáhaný záporným ohybovým momentem

Průběh napětí po výšce průřezu



Položka	ε	σ	F
	[-]	[MPa]	[MN]
Beton	-0,0020	-30,0	-179,57
Výztuž Int-H	0,0072	1402,0	86,06
Výztuž Int-D	0,0053	1032,1	31,28
Výztuž Ext-H-P	0,0069	1343,9	29,91
Výztuž Ext-H-L	0,0069	1343,9	17,79
Výztuž Ext-D-L	0,0056	1099,0	14,52

Kontrola rovnováhy vnitřních sil

$$\sum F = 0,00 \text{ MN}$$

Výška tlačené oblasti

$$x = 3,305 \text{ m}$$

Účinná výška průřezu

$$d = 2,553 \text{ m}$$

Rameno vnitřních sil

$$z = 1,919 \text{ m}$$

Moment únosnosti průřezu

$$M_{Rd} = 344,605 \text{ MNm}$$

Nejvyšší kladný moment od zatížení

$$M_{Ed} = -285,86 \text{ MNm (poloha mostovky 8, staničení 120,0 m)}$$

$$M_{Ed} = 285,86 \text{ MNm} < M_{Rd} = 344,605 \text{ MNm}$$

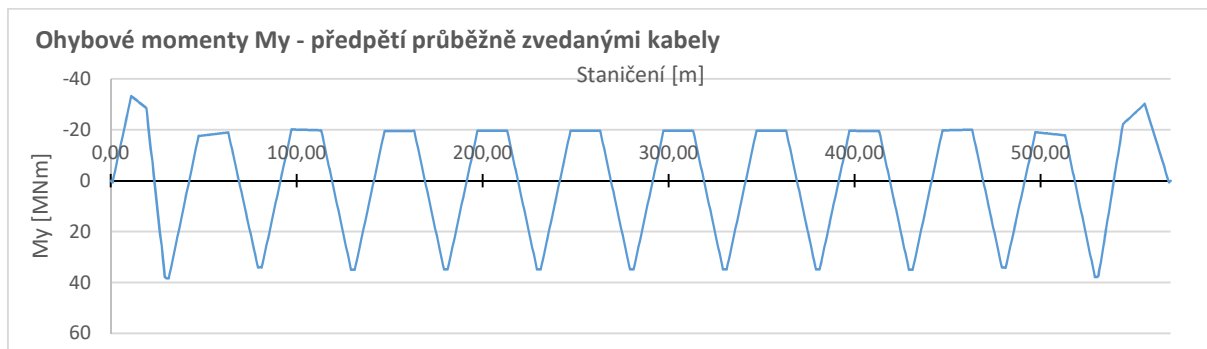
průřez vyhoví

7.2. Posouzení mostovky za provozu

7.2.1. Finální předpětí mostovky

Po dokončení podélného výsunu mostovky budou odstraněny volné kabely uvnitř komory s výjimkou té části lomených kabelů, která působí příznivě proti vlastní tíze konstrukce.

Ztráty předpětí pro posouzení mostovky za provozu jsou uvažovány hodnotami 15% při uvedení do provozu a 25% na konci životnosti.



7.2.2. Posouzení mostovky dle MSP - omezení napětí v betonu

Posouzení bylo provedeno obdobně jako během výstavby. Průřezy nad podpěrami byly zesíleny až po dokončení podélného výsunu. Tato skutečnost byla zohledněna ve výpočtu napětí.

Napětí v betonu je omezeno následujícími hodnotami:

charakteristická kombinace zatížení

omezení tlakových napětí

$$\sigma_{\min} = -0,6 \cdot f_{ck} = -30,0 \text{ MPa}$$

omezení tahových napětí

$$\sigma_{\max} = 1,0 \cdot f_{ctm} = 4,1 \text{ MPa}$$

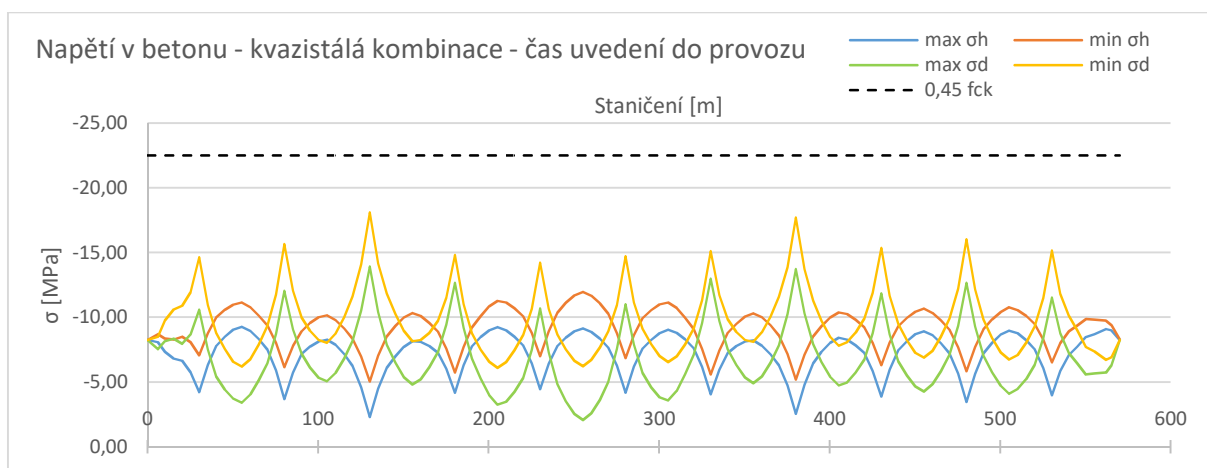
kvazistálá kombinace zatížení

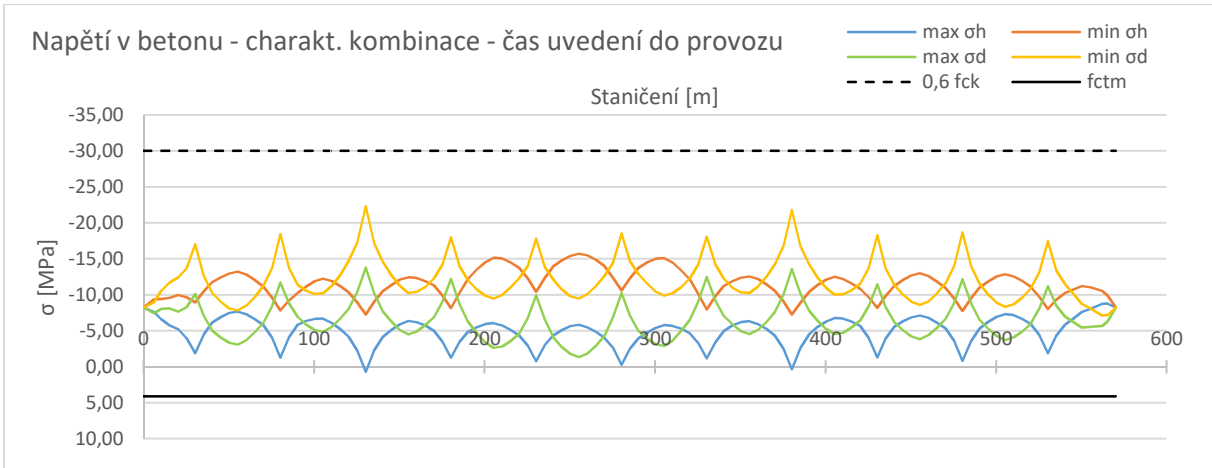
omezení tlakových napětí

$$\sigma_{\min} = -0,45 \cdot f_{ck} = -22,5 \text{ MPa}$$

omezení tahových napětí

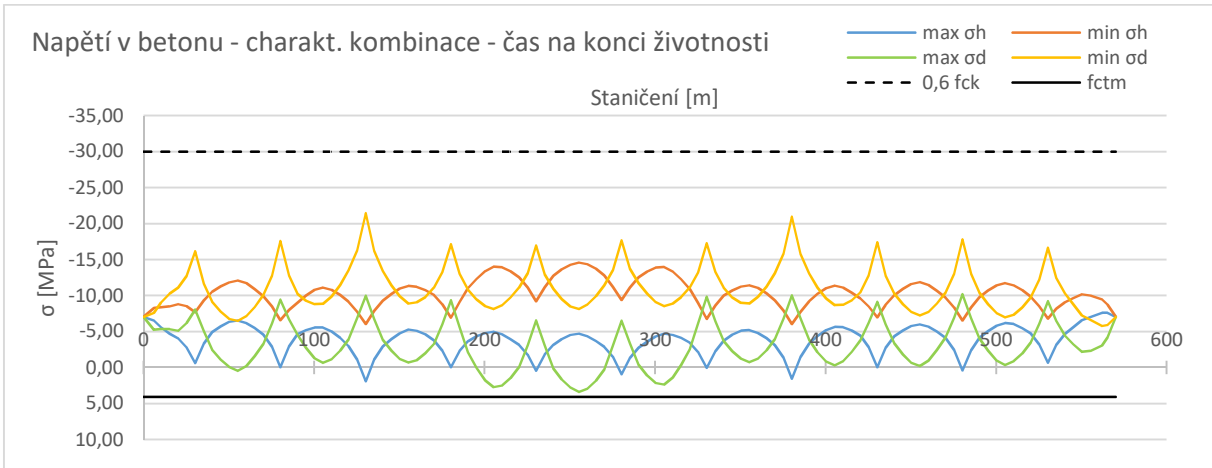
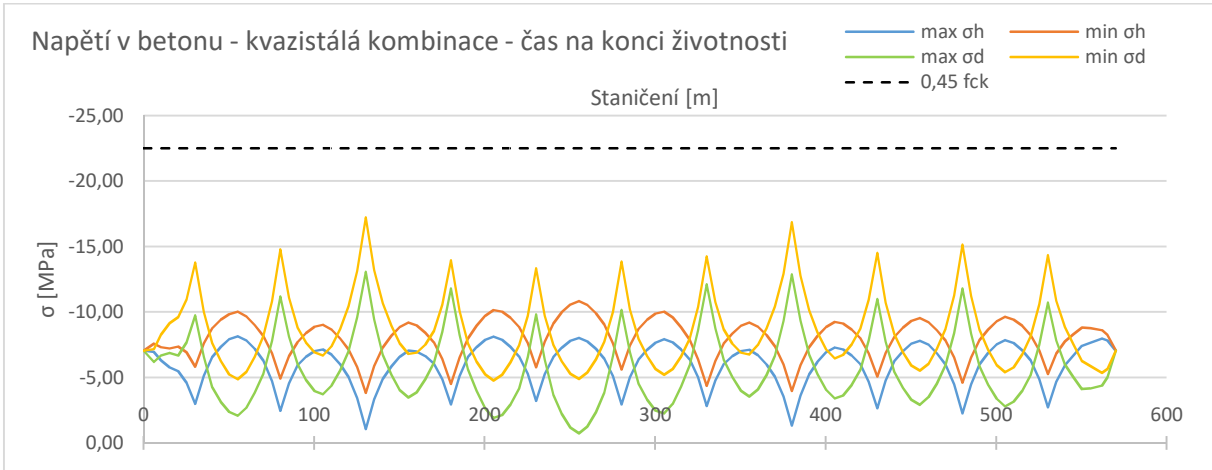
$$\sigma_{\max} = 0,0 \text{ MPa}$$





Kontrola podmínek omezení napětí							
MSP kvazistálá kombinace							
Extrémy napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-2,30	-11,97	-2,08	-18,09	0	OK	-22,5	OK
MSP charakteristická kombinace							
Extrémy napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
0,67	-15,73	-1,35	-22,31	4,1	OK	-30	OK

V čase uvedení do provozu jsou podmínky omezení napětí splněny.

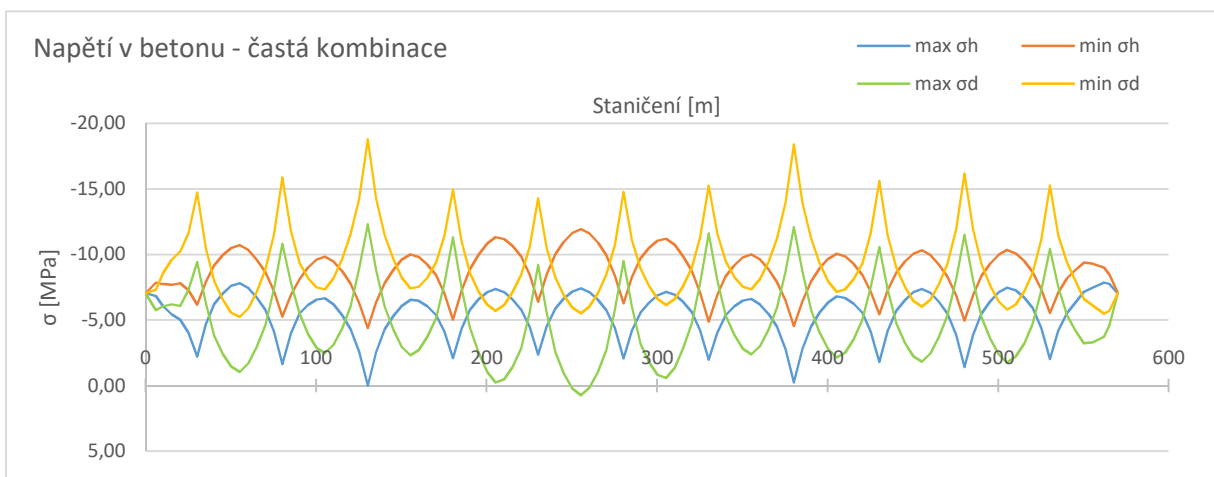
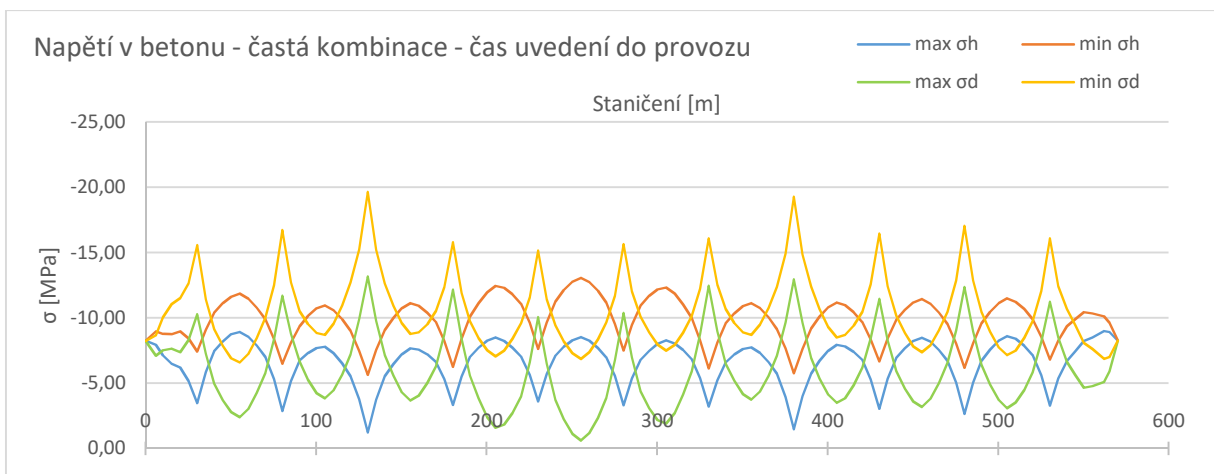


Kontrola podmínek omezení napětí							
MSP kvazistálá kombinace							
Extrémy napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
-1,07	-10,85	-0,74	-17,23	0	OK	-22,5	OK
MSP charakteristická kombinace							
Extrémy napětí				ověření podmínky omezení napětí			
max σ^h	min σ^h	max σ^d	min σ^d	σ_{max}	OK?	σ_{min}	OK?
1,90	-14,61	3,35	-21,45	4,1	OK	-30	OK

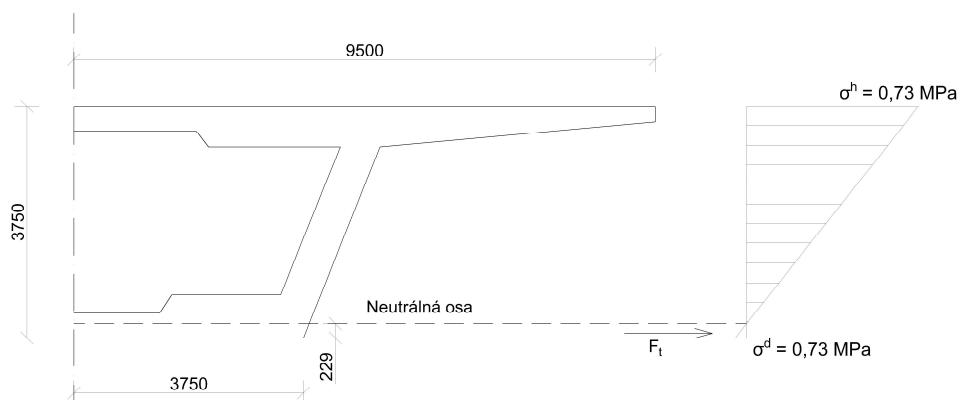
V čase na konci životnosti jsou podmínky omezení napětí splněny.

7.2.3. Posouzení mostovky dle MSP - omezení trhlin v betonu

Omezení trhlin se má posoudit při časté kombinaci zatížení. Požadavky na omezení trhlin budou splněny, pokud při této kombinaci zatížení nebudou v průřezu vznikat tahová napětí.



Z průběhu napětí po délce konstrukce je patrné, že na konci životnosti nebude podmínka zamezení vzniku tahu dodržena v dolních vláknech průřezu uprostřed pole 6 (mostní pole ve vrcholu oblouku). Napětí dosahuje hodnoty $\sigma_{max}^d = 0,71$ MPa, odpovídající napětí v horních vláknech $\sigma_{odp}^h = -11,95$ MPa. Jako opatření proti vzniku a šíření trhlin bude u spodního povrchu průřezu navržena betonářská výztuž přenášející vzniklá tahová napětí.



Obrázek 27 Průběh napětí v nejvíce namáhaném průřezu při časté kombinaci

Betonářská výztuž bude navržena na sílu F_t působící v těžišti plochy tahového napětí. Podle ČSN EN 1992-1-1 se omezí napětí ve výztuži v závislosti na dovolené šířce trhliny a profilu použitých prutů výztuže. Pro uvažovanou výztuž $\varnothing 16$ a šířku trhliny $w_k = 0,2\text{mm}$ je napětí ve výztuži omezeno hodnotou 200 MPa.

Plocha napětí	$A_t = 0,5 \cdot 0,73 \cdot 0,229 = 0,0835 \text{ 85}$
Výslednice napětí	$F_t = A_t \cdot b = 0,08359 \cdot 7,5 = 0,627 \text{ MN}$
Minimální plocha výztuže	$A_{s,\text{min}} = F_t / f_{y,\text{wk}} = 0,627 / 200 = 3 \text{ 134,4 mm}^2$

Při návrhu minimální výztuže pro přenesení tahové síly by nebyla dodržena maximální dovolená vzdálenost prutů, proto bude navrženo 36 $\varnothing 16$ à 200 mm ($A_{s,\text{prov}} = 7 \text{ 238,2 mm}^2$).

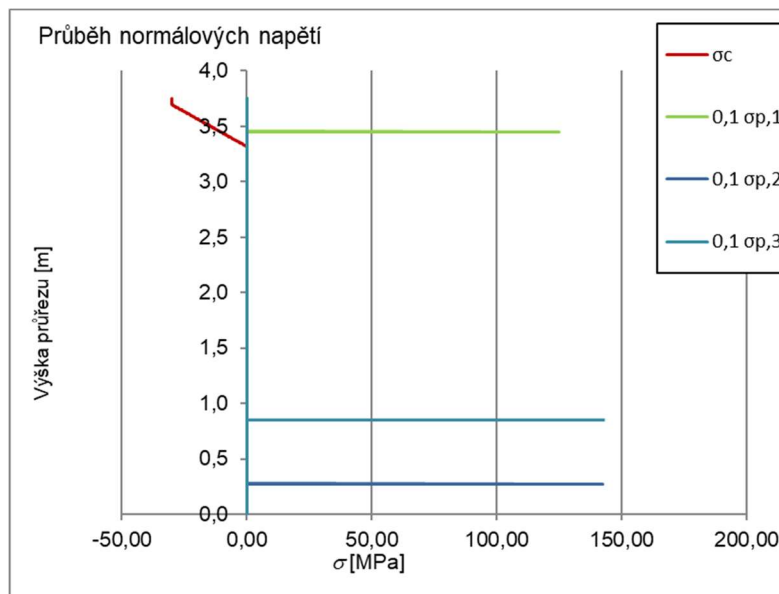
$$A_{s,\text{prov}} = 7 \text{ 238,2 mm}^2 > A_{s,\text{min}} = 3 \text{ 134,4 mm}^2$$

7.2.4. Posouzení mostovky dle MSÚ - ohyb a normálová síla

Výpočet momentu únosnosti je proveden stejným postupem jako při posouzení mostovky během výstavby. Posudek byl proveden pro průřezy namáhané nejvyšším kladným a záporným momentem na konci životnosti.

7.2.4.1. Průřez namáhaný kladným ohybovým momentem

Průběh napětí po výšce průřezu



Položka	ε	σ	F
	[-]	[MPa]	[MN]
Beton	-0,0020	-30,0	-138,42
Výztuž Int-H	0,0064	1248,2	76,39
Výztuž Int-D	0,0193	1426,1	43,21
Výztuž Ext-D-L	0,0185	1426,1	18,82

Kontrola rovnováhy vnitřních sil

$$\sum F = 0,00 \text{ MN}$$

Výška tlačené oblasti

$$x = 0,432 \text{ m}$$

Účinná výška průřezu

$$d = 1,644 \text{ m}$$

Rameno vnitřních sil

$$z = 1,498 \text{ m}$$

Moment únosnosti průřezu

$$M_{Rd} = 207,31 \text{ MNm}$$

Nejvyšší kladný moment od zatížení

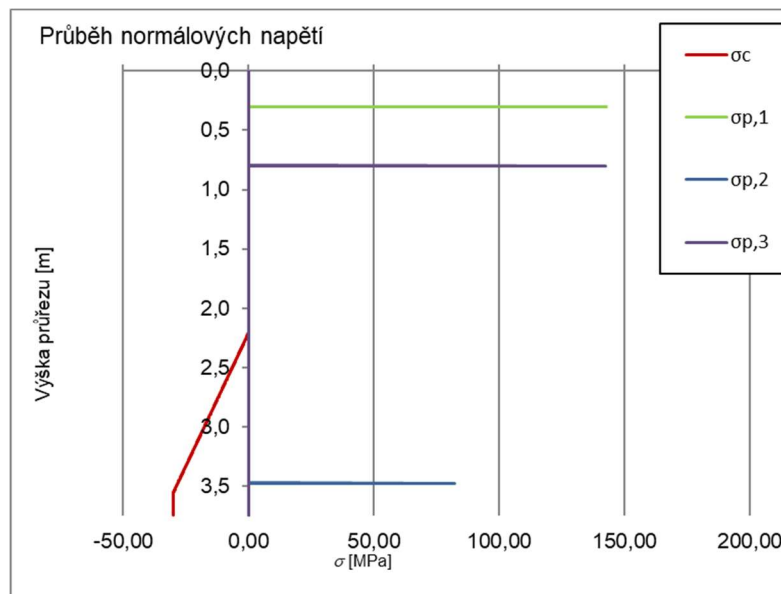
$$M_{Ed} = 196,797 \text{ MNm}$$

$$M_{Ed} = 196,797 \text{ MNm} < M_{Rd} = 207,31 \text{ MNm}$$

průřez vyhoví

7.2.4.2. Průřez namáhaný záporným ohybovým momentem

Průběh napětí po výšce průřezu



Položka	ε	σ	F
	[-]	[MPa]	[MN]
Beton	-0,0020	-30,0	-130,99
Výztuž Int-H	0,0084	1426,1	87,28
Výztuž Int-D	0,0042	821,3	24,88
Výztuž Ext-H-L	0,0077	1426,1	18,82

Kontrola rovnováhy vnitřních sil

$$\sum F = 0,00 \text{ MN}$$

Výška tlačené oblasti

$$x = 1,539 \text{ m}$$

Účinná výška průřezu

$$d = 2,774 \text{ m}$$

Rameno vnitřních sil

$$z = 2,443 \text{ m}$$

Moment únosnosti průřezu

$$M_{Rd} = 320,06 \text{ MNm}$$

Nejvyšší kladný moment od zatížení

$$M_{Ed} = -301,365 \text{ MNm}$$

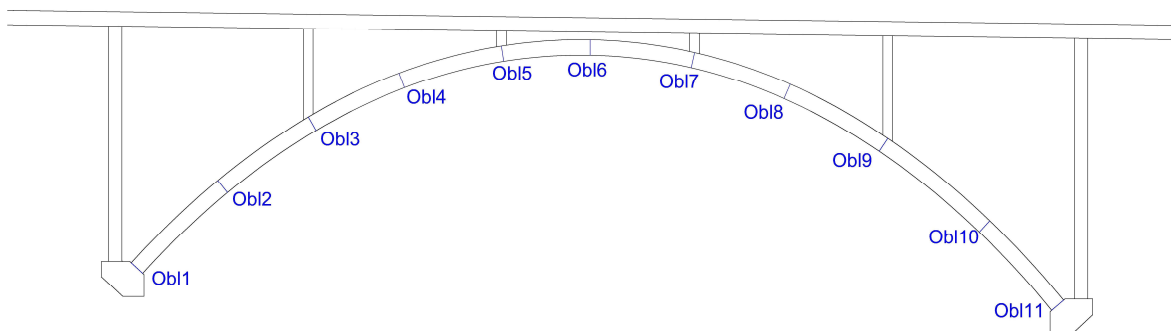
$$M_{Ed} = 301,365 \text{ MNm} < M_{Rd} = 320,06 \text{ MNm}$$

průřez vyhoví

7.3. Posouzení oblouku

Oblouk bude posuzován v jedenácti nejvíce namáhaných řezech. Pro každý průřez bude posouzeno nejvyšší namáhání za provozu i během podélného výsunu mostovky.

- | | |
|---|---------------------------------|
| - Obl 1 - průřez v patě oblouku pod pilířem P3 | - staničení na oblouku 0,00 m |
| - Obl 2 - průřez uprostřed 1. pole oblouku | - staničení na oblouku 30,62 m |
| - Obl 3 - průřez pod vzpěrou P4 | - staničení na oblouku 57,78 m |
| - Obl 4 - průřez uprostřed 2. pole oblouku | - staničení na oblouku 84,70 m |
| - Obl 5 - průřez pod vzpěrou P5 | - staničení na oblouku 111,41 m |
| - Obl 6 - průřez ve vrcholu oblouku | - staničení na oblouku 136,76 m |
| - Obl 7 - průřez pod vzpěrou P6 | - staničení na oblouku 161,76 m |
| - Obl 8 - průřez uprostřed 4. pole oblouku | - staničení na oblouku 189,59 m |
| - Obl 9 - průřez pod vzpěrou P7 | - staničení na oblouku 216,84 m |
| - Obl 10 - průřez uprostřed 5. pole oblouku | - staničení na oblouku 245,95 m |
| - Obl 11 - průřez v patě oblouku pod pilířem P8 | - staničení na oblouku 276,94 m |



Obrázek 28 Polohy posuzovaných řezů oblouku

7.3.1. Vyztužení průřezu

Velikost krycí vrstvy byla stanovena s ohledem na stupeň vlivu prostředí a význam stavby stanovena na $c_{nom} = 60$ mm. Průřez bude vyztužen čtyřmi řadami prutů z oceli B500B Ø32 mm po 125 mm. Podrobné schéma výztuže typické lamely je součástí výkresové dokumentace, příloha D10. Kontrola konstrukčních zásad:

stupeň vyztužení

$$\rho_s = A_s / A_c = 0,608 / 18,125 = 0,0335$$

$$\rho_{s,min} = \max (0,10 \cdot |N_{Ed}| / (f_{yd} \cdot A_c); 0,002) = \max (0,00325; 0,002) = 0,00325$$

(uvažováno nejvyšší hodnotu normálové síly $N_{Ed} = -266,1$ MN)

$$\rho_{s,max} = 0,04$$

$$\rho_{s,min} = 0,00325 < \rho_s = 0,0335 < \rho_{s,max} = 0,04$$

- splněno

světlná vzdálenost výztuže

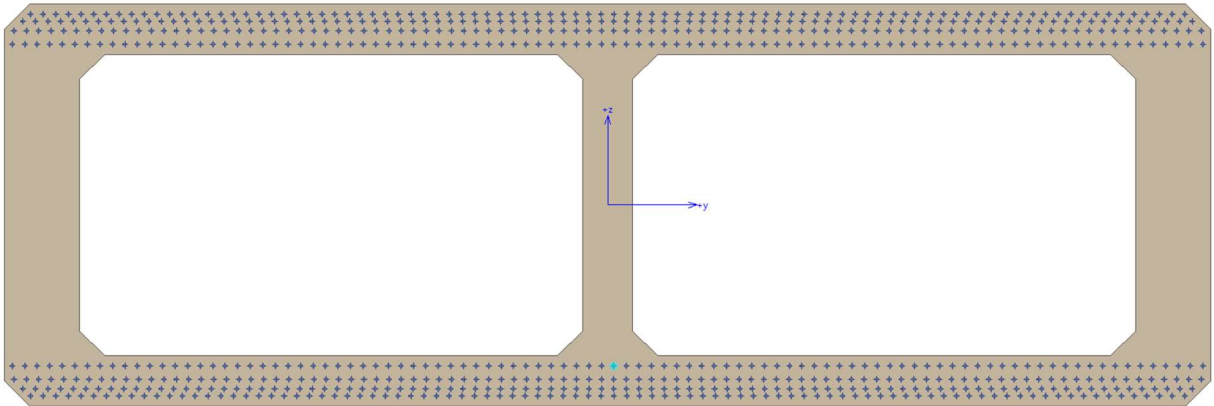
$$s = 125 - 32 = 93 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = \max(1,2 \cdot \varnothing_s; d_g + 5\text{mm}; 20\text{mm}) = \max(38,4; 21; 20) = 38,4\text{mm}$$

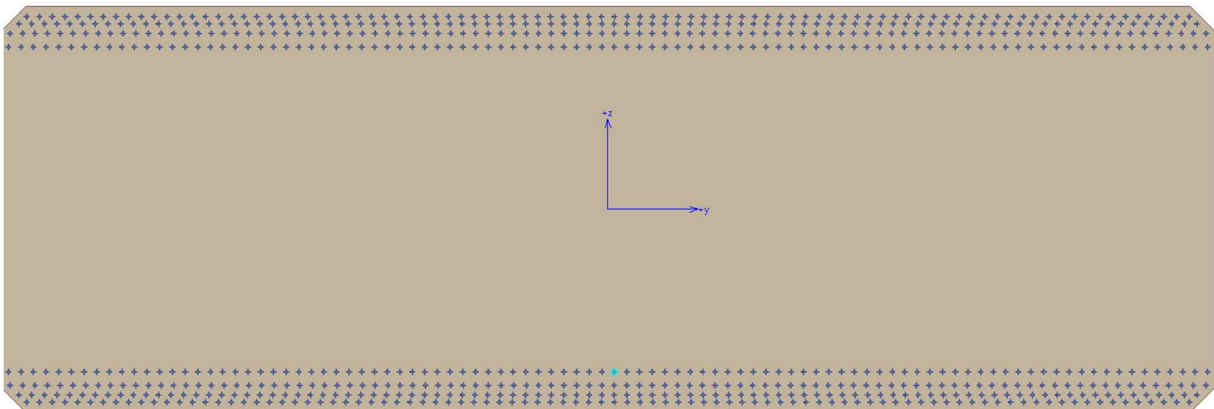
$$s_{\max} = 400 \text{ mm}$$

$$s_{\min} = 38,4 \text{ mm} < s = 93 \text{ mm} < s_{\max} = 400 \text{ mm}$$

- splněno



Obrázek 29 Schéma vyztužení komorového průřezu oblouku



Obrázek 30 Schéma vyztužení plného průřezu paty oblouku

7.3.2. Posouzení dle MSÚ - ohyb a normálová síla

Posouzení průřezu na mezní stavy bylo provedeno pomocí demoverze výpočetního programu FIN EC - Modul beton, ve kterém byly vytvořeny prostorové interakční diagramy.

Pro posouzení oblouku má velký význam vliv štíhlosti a geometrických imperfekcí, jejichž zavedení výpočetní program umožňuje. Stabilitní únosnost je v programu počítána dle teorie jmenovitých křivostí.

Vzpěrná délka ve svislém směru je uvažována doporučenou hodnotou pro oboustranně vetknutý oblouk hodnotou $l_{0,y} = 0,36 \cdot L$, kde L je délka střednice, tedy $l_{0,y} = 0,36 \cdot 276,94 = 99,70 \text{ m}$. V příčném směru je pak vzpěrná délka uvažována jako pro přímý prut oboustranně vetknutý, tedy $l_{0,z} = 0,5 \cdot L = 138,47 \text{ m}$.

Geometrické imperfekce mohou být pro oblouk idealizovány sinusoidou s amplitudou danou vztahem

$$a = \Theta_i \cdot l/2$$

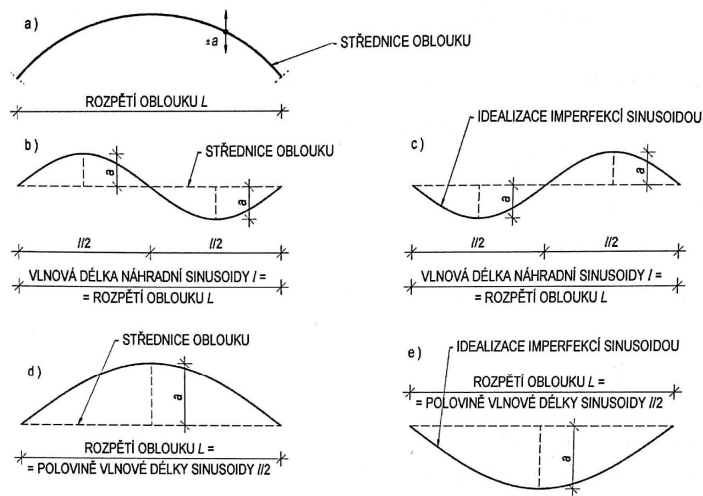
kde l je polovina vlnové délky viz obr.

Θ_i je úhel vychýlení od ideálního tvaru

$$\Theta_i = \Theta_0 \cdot \alpha_h = 0,120 / 200 = 1/1664$$

$$\Theta_0 = 1/200$$

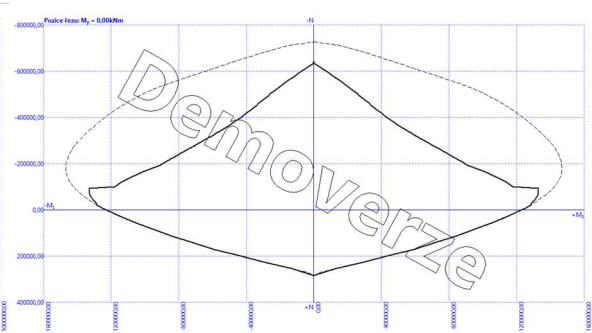
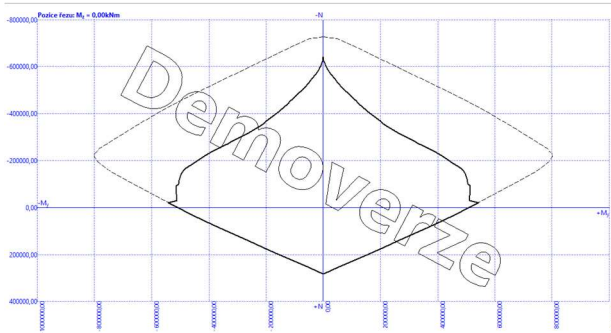
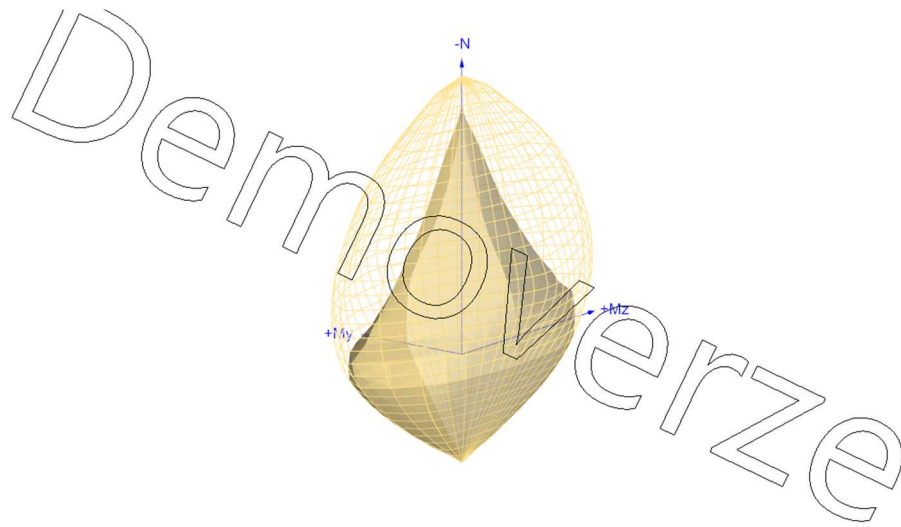
$$ah = 2/\sqrt{L} = 2/\sqrt{276,94} = 0,120$$



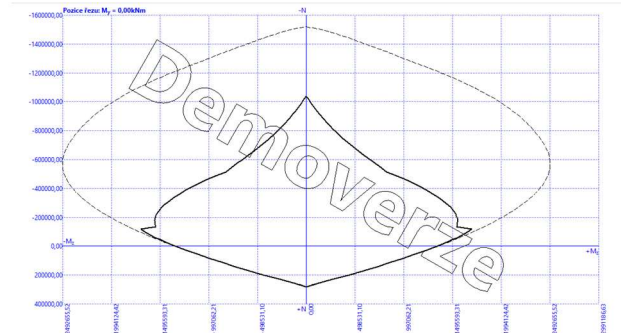
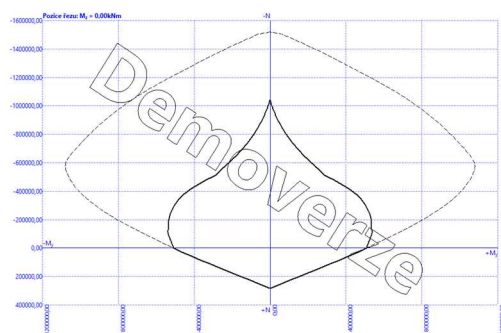
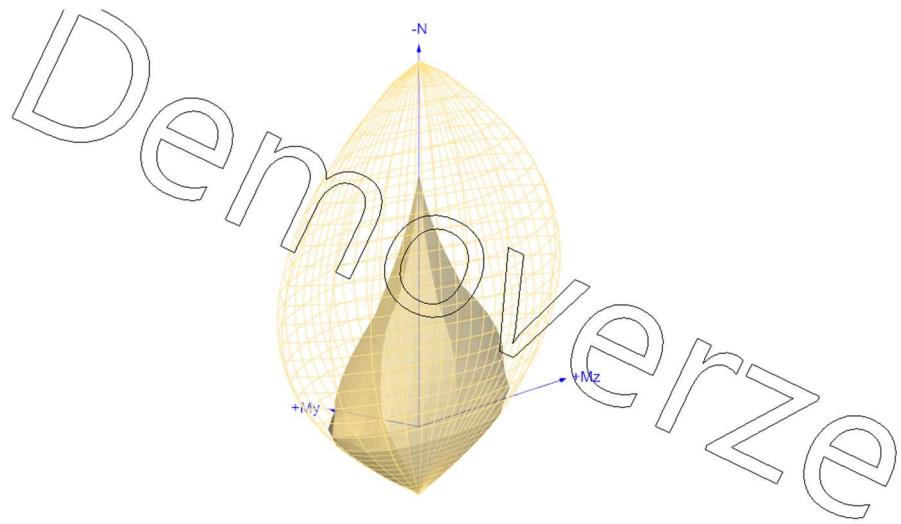
Obrázek 31 Idealizace imperfekcí pro obloukové mosty v rovině oblouku

Jednotlivé průřezy byly posouzeny na nejnepříznivější účinky zatížení během podélného výsunu a za provozu.

Interakční diagram komorového průřezu



Interakční diagram plného průřezu v patě oblouku



Výstupy z výpočetního programu pro posouzení jednotlivých průřezů:

Průřez Obl1

č.	Název	N _{Ed} N _{Rd} [kN]	M _{Edy} M _{Rdy} [kNm]	M _{Edz} M _{Rdz} [kNm]	Využití [%]	Posouzení
1	Provoz ext N	-271609,00 -1519870,90	267879,00 → 703670,45 833655,21	84100,00 → 485359,77 575059,26	84,4	Vyhovuje
2	Provoz ext M	-229942,00 -1519970,90	348278,00 → 718829,83 803762,50	82045,00 → 416230,94 465419,82	89,4	Vyhovuje
3	Výstavba ext 1 (poloha mostovky 8)	193129,00 -1519870,90	418243,00 → 731424,00 769980,95	120590,00 → 385885,03 404134,27	95,5	Vyhovuje
4	Výstavba ext 2 (poloha mostovky 9)	-214361,00 -1519870,90	363000,00 → 710344,76 761766,78	150583,00 → 445043,74 489800,71	90,9	Vyhovuje

Průřez Obl2

č.	Název	N _{Ed} N _{Rd} [kN]	M _{Edy} M _{Rdy} [kNm]	M _{Edz} M _{Rdz} [kNm]	Využití [%]	Posouzení
1	Provoz ext N	-256104,00 -726537,78	-87055,00 → -504724,08 -625846,89	42855,00 → 413030,66 512168,33	80,6	Vyhovuje
2	Provoz ext M	-207274,00 -726537,78	-190795,00 → -561211,32 -677161,43	48122,00 → 360189,82 434618,64	82,9	Vyhovuje
3	Výstavba ext 1 (poloha mostovky 8)	-146954,00 -726537,78	-169987,00 → -435597,38 -658761,77	-66788,00 → -299110,66 -450997,63	66,3	Vyhovuje

Průřez Obl3

č.	Název	N _{Ed} N _{Rd} [kN]	M _{Edy} M _{Rdy} [kNm]	M _{Edz} M _{Rdz} [kNm]	Využití [%]	Posouzení
1	Provoz ext N	-242839,00 -726537,78	215632,00 → 628596,22 687498,43	20175,00 → 350354,31 383188,10	91,4	Vyhovuje
2	Provoz ext M	-226683,00 -726537,78	290516,00 → 685271,17 697649,52	-44692,00 → -367154,77 -373791,42	98,2	Vyhovuje
3	Výstavba ext 1 (poloha mostovky 11)	-211216,00 -726537,78	272126,00 → 649206,79 708292,84	27253,00 → 332472,66 361710,61	91,9	Vyhovuje

Průřez Obl4

č.	Název	N _{Ed} N _{Rd} [kN]	M _{Edy} M _{Rdy} [kNm]	M _{Edz} M _{Rdz} [kNm]	Využití [%]	Posouzení
1	Provoz ext N	-203753,00 -726537,78	209913,00 → 577404,73 692242,24	-29812,00 → -331134,03 -396997,50	83,4	Vyhovuje
2	Provoz ext M	-189864,00 -726537,78	299142,00 → 647149,49 710113,80	-33167,00 → -317152,33 -348012,49	91,1	Vyhovuje
3	Výstavba ext 1 (poloha mostovky 11)	-178154,00 -726537,78	244868,00 → 568054,43 709283,04	11133,00 → 270662,15 337961,62	80,1	Vyhovuje
4	Výstavba ext 1 (poloha mostovky 8)	-162278,00 -726537,78	362427,00 → 641590,25 707140,67	37018,00 → 264326,46 291344,44	90,7	Vyhovuje

Průřez Obl5

č.	Název	N _{Ed} N _{Rd} [kN]	M _{Edy} M _{Rdy} [kNm]	M _{Edz} M _{Rdz} [kNm]	Využití [%]	Posouzení
1	Provoz ext N	-197439,00 -726537,78	-57126,00 → -409608,32 -634410,13	-29570,00 → -346638,06 -536899,24	64,6	Vyhovuje
2	Provoz ext M	-162594,00 -726537,78	-124628,00 → -421993,15 -670876,80	-23826,00 → -271388,67 -431460,26	62,9	Vyhovuje
3	Výstavba ext 1 (poloha mostovky 8)	-147817,00 -726537,78	156889,00 → 427672,35 679782,47	-21333,00 → -243682,74 -396775,36	63,0	Vyhovuje

Průřez Obl6

č.	Název	N _{Ed} N _{Rd} [kN]	M _{Edy} M _{Rdy} [kNm]	M _{Edz} M _{Rdz} [kNm]	Využití [%]	Posouzení
1	Provoz ext N	-197439,00 -726537,78	-57126,00 → -409608,32 -634410,13	-29570,00 → -346638,06 -536899,24	64,6	Vyhovuje
2	Provoz ext M	-162594,00 -726537,78	-124628,00 → -421993,15 -670876,80	-23826,00 → -271388,67 -431460,26	62,9	Vyhovuje
3	Výstavba ext 1 (poloha mostovky 8)	-147817,00 -726537,78	156889,00 → 427672,35 679782,47	-21333,00 → -243682,74 -396775,36	63,0	Vyhovuje

Průřez Obl7

č.	Název	N _{Ed} N _{Rd} [kN]	M _{Edy} M _{Rdy} [kNm]	M _{Edz} M _{Rdz} [kNm]	Využití [%]	Posouzení
1	Provoz ext N	-206108,00 -726537,78 -99284,00	218360,00 → 588782,94 693334,11	-31291,00 → -334908,04 -394387,48	84,9	Vyhovuje
2	Provoz ext M	726537,78	290736,00 → 652810,40	-33265,00 → -328471,39	92,2	Vyhovuje
3	Výstavba ext 1 (poloha mostovky 6)	-117620,00 -726537,78 -173448,00	412604,00 → 628402,88 678461,59	22113,00 → 195733,12 210400,41	93,0	Vyhovuje
4	Výstavba ext 2 (poloha mostovky 11)	-726537,78	268112,00 → 596339,93	-11569,00 → -266972,77 -324526,47	82,3	Vyhovuje

Průřez Obl8

č.	Název	N _{Ed} N _{Rd} [kN]	M _{Edy} M _{Rdy} [kNm]	M _{Edz} M _{Rdz} [kNm]	Využití [%]	Posouzení
1	Provoz ext N	-213630,00 -726537,78 -182285,00	-119098,00 → -498519,53 -671521,02	-19297,00 → -331107,08 -446024,96	74,2	Vyhovuje
2	Provoz ext M	726537,78	-173272,00 → -507517,95	-10458,00 → -279843,18	73,0	Vyhovuje
3	Výstavba ext 1 (poloha mostovky 11)	182033,00 -726537,78	-143579,00 → -477610,88 -698231,10	1925,00 → 268098,76 389143,35	68,9	Vyhovuje

Průřez Obl9

č.	Název	N _{Ed} N _{Rd} [kN]	M _{Edy} M _{Rdy} [kNm]	M _{Edz} M _{Rdz} [kNm]	Využití [%]	Posouzení
1	Provoz ext N	-266093,00 -726537,78	-80644,00 → -506345,65 -617993,01	42419,00 → 422242,45 515359,21	81,9	Vyhovuje
2	Provoz ext M	-216887,00 -726537,78	-185405,00 → -567266,68 -673795,91	47813,00 → 369231,54 438574,10	84,2	Vyhovuje
3	Výstavba ext 1 (poloha mostovky 8)	218631,00 -726537,78	-255734,00 → -638565,26 -674867,76	83559,00 → 411377,93 434773,24	94,6	Vyhovuje

Průřez Obl10

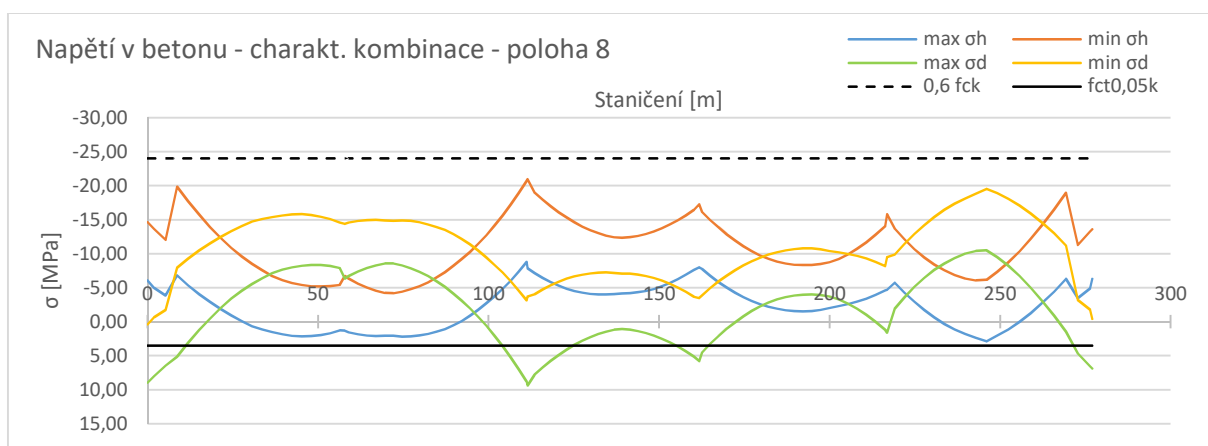
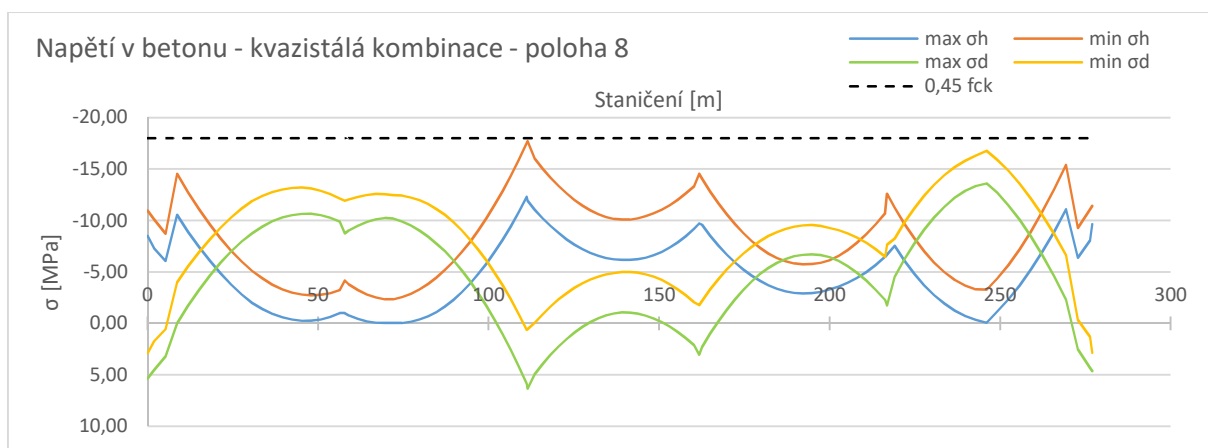
č.	Název	N _{Ed} N _{Rd} [kN]	M _{Edy} M _{Rdy} [kNm]	M _{Edz} M _{Rdz} [kNm]	Využití [%]	Posouzení
1	Provoz ext N	-266093,00 -726537,78	-80644,00 → -506345,65 -617993,01	42419,00 → 422242,45 515359,21	81,9	Vyhovuje
2	Provoz ext M	-216887,00 -726537,78	-185405,00 → -567266,68 -673795,91	47813,00 → 369231,54 438574,10	84,2	Vyhovuje
3	Výstavba ext 1 (poloha mostovky 8)	218631,00 -726537,78	-255734,00 → -638565,26 -674867,76	83559,00 → 411377,93 434773,24	94,6	Vyhovuje

Průřez Obl11

č.	Název	N _{Ed} N _{Rd} [kN]	M _{Edy} M _{Rdy} [kNm]	M _{Edz} M _{Rdz} [kNm]	Využití [%]	Posouzení
1	Provoz ext N	-278895,00 -1519870,90	324061,00 → 773187,48 847740,36	79611,00 → 485750,06 532606,27	91,2	Vyhovuje
2	Provoz ext M	-239273,00 -1519870,90	368077,00 → 753950,87 815179,98	78857,00 → 424887,91 459425,19	92,5	Vyhovuje
3	Výstavba ext 1 (poloha mostovky 8)	231032,00 1519870,90	401436,00 → 775793,90 804348,33	136132,00 → 453493,15 470214,97	96,5	Vyhovuje
4	Zat. případ 4	-241833,00 -1519870,90	287914,00 → 679773,64 808876,24	109255,00 → 441453,14 525993,94	84,0	Vyhovuje

7.3.3. Posouzení oblouku dle MSP - omezení napětí

V prvním kroku posouzení byly průběhy napětí pro jednotlivé kombinace vypočteny pružně při působení plného průřezu. Jak je patrné z průběhu extrémů napětí po délce oblouku v nejnepříznivější poloze mostovky během podélného výsunu, který je vyneseno níže, dojde během výstavby k překročení tahové pevnosti betonu a dojde tedy ke vzniku trhlin. Oblouk je proto nadále posuzován jako průřez s ohybovými trhlinami. Výpočet napětí je proveden proužkovou metodou pro nejnepříznivější účinky zatížení při výstavbě a za provozu, výsledky byly shrnuty do tabulek.



Napětí jsou omezena následujícími hodnotami:

omezení tlakových napětí v betonu

kvazistálá kombinace

$$\sigma_{c,\min} = 0,45 f_{ck} = 18,0 \text{ MPa}$$

charakteristická kombinace

$$\sigma_{c,\min} = 0,60 f_{ck} = 24,0 \text{ MPa}$$

omezení tahových napětí ve výztuži

charakteristická kombinace

$$\sigma_{s,\max} = 0,80 f_{yk} = 400,0 \text{ MPa}$$

MSP - omezení napětí - Průřez Obl1						
Výstavba	Charakteristická kombinace					
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,1}$ [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]
	336,17	-143,84	1,826	-13,76 $\leq 0,6 f_{ck}$	-103,99 $\leq 0,8 f_{yk}$	127,01 $\leq 0,8 f_{yk}$
	Kvazistálá kombinace					
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
256,78	-136,38	2,104	-10,57 $\leq 0,45 f_{ck}$	-81,59 $\leq 0,8 f_{yk}$	72,41 $\leq 0,8 f_{yk}$	
Provoz	Charakteristická kombinace					
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]
	265,46	-202,29	2,767	-11,18 $\leq 0,6 f_{ck}$	-89,09 $\leq 0,8 f_{yk}$	34,81 $\leq 0,8 f_{yk}$
	Kvazistálá kombinace					
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
163,53	-188,31	3,707	-7,62 $\leq 0,45 f_{ck}$	-62,23 $\leq 0,8 f_{yk}$	0,77 $\leq 0,8 f_{yk}$	

Průřez Obl1 splňuje požadavky omezení napětí.

MSP - omezení napětí - Průřez Obl2						
Výstavba	Charakteristická kombinace					
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]
	-128,01	-169,66	5,248	-11,75 $\leq 0,45 f_{ck}$	-97,97 $\leq 0,8 f_{yk}$	-29,37 $\leq 0,8 f_{yk}$
	Kvazistálá kombinace					
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
-103,54	-164,12	5,898	-10,65 $\leq 0,45 f_{ck}$	-89,24 $\leq 0,8 f_{yk}$	-33,94 $\leq 0,8 f_{yk}$	
Provoz	Charakteristická kombinace					
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]
	-150,13	-185,56	5,165	-12,98 $\leq 0,45 f_{ck}$	-108,13 $\leq 0,8 f_{yk}$	-31,13 $\leq 0,8 f_{yk}$
	Kvazistálá kombinace					
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
-113,02	-175,08	5,650	-11,62 $\leq 0,45 f_{ck}$	-97,20 $\leq 0,8 f_{yk}$	-34,20 $\leq 0,8 f_{yk}$	

Průřez Obl2 splňuje požadavky omezení napětí.

MSP - omezení napětí - Průřez Obl3						
Výstavba	Charakteristická kombinace					
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]
	216,09	-156,75	3,769	-14,21 $\leq 0,6 f_{ck}$	-116,12 $\leq 0,8 f_{yk}$	-0,62 $\leq 0,8 f_{yk}$
	Kvazistálá kombinace					
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
189,96	-146,88	3,926	-12,83 $\leq 0,45 f_{ck}$	-105,13 $\leq 0,8 f_{yk}$	-5,03 $\leq 0,8 f_{yk}$	
Provoz	Charakteristická kombinace					
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]
	237,17	-170,86	3,767	-15,49 $\leq 0,6 f_{ck}$	-126,61 $\leq 0,8 f_{yk}$	-0,61 $\leq 0,8 f_{yk}$
	Kvazistálá kombinace					
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
176,76	-165,27	4,297	-13,48 $\leq 0,45 f_{ck}$	-111,02 $\leq 0,8 f_{yk}$	-13,02 $\leq 0,8 f_{yk}$	

Průřez Obl3 splňuje požadavky omezení napětí.

MSP - omezení napětí - Průřez Obl4							
Výstavba	Charakteristická kombinace						
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
	-147,86	-123,15	4,101	-10,31 $\leq 0,6 f_{ck}$	-84,71 $\leq 0,8 f_{yk}$	-7,71 $\leq 0,8 f_{yk}$	
	Kvazistálá kombinace						
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]		
-100,23	-114,04	4,779	-8,41 $\leq 0,45 f_{ck}$	-69,74 $\leq 0,8 f_{yk}$	-15,84 $\leq 0,8 f_{yk}$		
Provoz	Charakteristická kombinace						
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
	-133,11	-158,12	4,967	-11,35 $\leq 0,6 f_{ck}$	-94,34 $\leq 0,8 f_{yk}$	-24,34 $\leq 0,8 f_{yk}$	
	Kvazistálá kombinace						
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]		
-80,91	-144,72	6,526	-8,95 $\leq 0,45 f_{ck}$	-75,31 $\leq 0,8 f_{yk}$	33,31 $\leq 0,8 f_{yk}$		

Průřez Obl4 splňuje požadavky omezení napětí.

MSP - omezení napětí - Průřez Obl5							
Výstavba	Charakteristická kombinace						
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
	289,11	-117,88	2,249	-16,18 $\leq 0,6 f_{ck}$	-125,92 $\leq 0,8 f_{yk}$	94,58 $\leq 0,8 f_{yk}$	
	Kvazistálá kombinace						
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]		
242,82	-108,85	2,427	-13,86 $\leq 0,45 f_{ck}$	-108,86 $\leq 0,8 f_{yk}$	66,14 $\leq 0,8 f_{yk}$		
Provoz	Charakteristická kombinace						
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
	241,42	-144,44	3,141	-14,92 $\leq 0,6 f_{ck}$	-12,25 $\leq 0,8 f_{yk}$	25,35 $\leq 0,8 f_{yk}$	
	Kvazistálá kombinace						
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]		
182,65	-137,66	3,838	-12,28 $\leq 0,45 f_{ck}$	-100,47 $\leq 0,8 f_{yk}$	-2,47 $\leq 0,8 f_{yk}$		

Průřez Obl5 splňuje požadavky omezení napětí.

MSP - omezení napětí - Průřez Obl6							
Výstavba	Charakteristická kombinace						
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
	124,67	-111,20	4,196	-9,11 $\leq 0,6 f_{ck}$	-74,98 $\leq 0,8 f_{yk}$	-8,48 $\leq 0,8 f_{yk}$	
	Kvazistálá kombinace						
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]		
91,10	-104,38	4,798	-7,67 $\leq 0,45 f_{ck}$	-63,67 $\leq 0,8 f_{yk}$	-14,67 $\leq 0,8 f_{yk}$		
Provoz	Charakteristická kombinace						
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
	-92,90	-139,71	5,745	-9,19 $\leq 0,6 f_{ck}$	-76,93 $\leq 0,8 f_{yk}$	-27,93 $\leq 0,8 f_{yk}$	
	Kvazistálá kombinace						
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]		
-58,72	-135,95	7,668	-7,89 $\leq 0,45 f_{ck}$	-66,77 $\leq 0,8 f_{yk}$	-35,27 $\leq 0,8 f_{yk}$		

Průřez Obl6 splňuje požadavky omezení napětí.

MSP - omezení napětí - Průřez Obl7						
Výstavba	Charakteristická kombinace					
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]
	331,03	-89,08	1,738	-17,06 $\leq 0,6 f_{ck}$	-127,94 $\leq 0,8 f_{yk}$	173,06 $\leq 0,8 f_{yk}$
	Kvazistálá kombinace					
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
280,48	-85,07	1,851	-14,79 $\leq 0,45 f_{ck}$	-112,04 $\leq 0,8 f_{yk}$	132,96 $\leq 0,8 f_{yk}$	
Provoz	Charakteristická kombinace					
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]
	234,60	-151,32	3,405	-14,78 $\leq 0,6 f_{ck}$	-119,90 $\leq 0,8 f_{yk}$	13,10 $\leq 0,8 f_{yk}$
	Kvazistálá kombinace					
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
179,03	-139,76	3,942	-12,16 $\leq 0,45 f_{ck}$	-99,67 $\leq 0,8 f_{yk}$	-5,17 $\leq 0,8 f_{yk}$	

Průřez Obl7 splňuje požadavky omezení napětí.

MSP - omezení napětí - Průřez Obl8						
Výstavba	Charakteristická kombinace					
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]
	-115,05	-169,66	5,659	-11,25 $\leq 0,6 f_{ck}$	-94,12 $\leq 0,8 f_{yk}$	-33,22 $\leq 0,8 f_{yk}$
	Kvazistálá kombinace					
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
-94,37	-164,12	6,337	-10,28 $\leq 0,45 f_{ck}$	-86,44 $\leq 0,8 f_{yk}$	-36,74 $\leq 0,8 f_{yk}$	
Provoz	Charakteristická kombinace					
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]
	-135,48	-160,35	5,953	-9,52 $\leq 0,6 f_{ck}$	-79,84 $\leq 0,8 f_{yk}$	-30,84 $\leq 0,8 f_{yk}$
	Kvazistálá kombinace					
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
-91,18	-147,46	5,953	-9,52 $\leq 0,45 f_{ck}$	-79,84 $\leq 0,8 f_{yk}$	-30,84 $\leq 0,8 f_{yk}$	

Průřez Obl8 splňuje požadavky omezení napětí.

MSP - omezení napětí - Průřez Obl9						
Výstavba	Charakteristická kombinace					
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]
	180,35	-150,82	4,066	-12,72 $\leq 0,6 f_{ck}$	-104,55 $\leq 0,8 f_{yk}$	-8,65 $\leq 0,8 f_{yk}$
	Kvazistálá kombinace					
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
124,05	-145,86	4,911	-10,55 $\leq 0,45 f_{ck}$	-87,63 $\leq 0,8 f_{yk}$	-21,83 $\leq 0,8 f_{yk}$	
Provoz	Charakteristická kombinace					
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]
	235,04	-178,03	3,850	-15,83 $\leq 0,6 f_{ck}$	-129,60 $\leq 0,8 f_{yk}$	-3,60 $\leq 0,8 f_{yk}$
	Kvazistálá kombinace					
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
176,39	-171,74	4,387	-13,53 $\leq 0,45 f_{ck}$	-111,70 $\leq 0,8 f_{yk}$	-17,20 $\leq 0,8 f_{yk}$	

Průřez Obl9 splňuje požadavky omezení napětí.

MSP - omezení napětí - Průřez Obl10							
Výstavba	Charakteristická kombinace						
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
	-196,17	-161,97	4,026	-13,80 $\leq 0,6 f_{ck}$	-113,28 $\leq 0,8 f_{yk}$	-8,28 $\leq 0,8 f_{yk}$	
	Kvazistálá kombinace						
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]		
-168,13	-156,94	4,393	-12,75 $\leq 0,45 f_{ck}$	-105,23 $\leq 0,8 f_{yk}$	-16,33 $\leq 0,8 f_{yk}$		
Provoz	Charakteristická kombinace						
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
	-145,49	-187,50	5,198	-13,06 $\leq 0,6 f_{ck}$	-108,86 $\leq 0,8 f_{yk}$	-31,86 $\leq 0,8 f_{yk}$	
	Kvazistálá kombinace						
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]		
-108,63	-182,74	6,286	-11,49 $\leq 0,45 f_{ck}$	-96,57 $\leq 0,8 f_{yk}$	-40,57 $\leq 0,8 f_{yk}$		

Průřez Obl10 splňuje požadavky omezení napětí.

MSP - omezení napětí - Průřez Obl11							
Výstavba	Charakteristická kombinace						
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
	288,45	-171,11	2,276	-11,95 $\leq 0,6 f_{ck}$	-93,20 $\leq 0,8 f_{yk}$	67,80 $\leq 0,8 f_{yk}$	
	Kvazistálá kombinace						
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]		
252,24	-165,93	2,456	-10,54 $\leq 0,45 f_{ck}$	-82,94 $\leq 0,8 f_{yk}$	48,66 $\leq 0,8 f_{yk}$		
Provoz	Charakteristická kombinace						
	M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]	
	285,11	-206,39	2,669	-11,89 $\leq 0,6 f_{ck}$	-94,35 $\leq 0,8 f_{yk}$	42,15 $\leq 0,8 f_{yk}$	
	Kvazistálá kombinace						
M_y [MNm]	N [MN]	x [m]	σ_c [MPa]	σ_s [MPa]	$\sigma_{s,2}$ [MPa]		
183,98	-196,66	3,543	-8,34 $\leq 0,45 f_{ck}$	-67,84 $\leq 0,8 f_{yk}$	4,26 $\leq 0,8 f_{yk}$		

Průřez Obl11 splňuje požadavky omezení napětí.

7.3.4. Posouzení oblouku dle MSP - omezení trhlin

Posouzení průřezu oblouku z hlediska omezení trhlin je provedeno nepřímou metodou dle ČSN EN 1992-1-1. Pro železobetonový průřez, stupeň třídy prostředí XF2, je připuštěna maximální šířka trhliny 0,2mm. Pro tuto šířku trhliny a navrženou výztuž $\varnothing 32$ à 125mm budou podmínky dané normou splněny, pokud napětí ve výztuži nepřesáhne při časté kombinaci zatížení hodnotu 200 MPa.

Nejvyšší dosažená napětí ve výztuži

- za provozu

$$\sigma_{s,max,freq} = 9,97 \text{ MPa}$$

- během výstavby

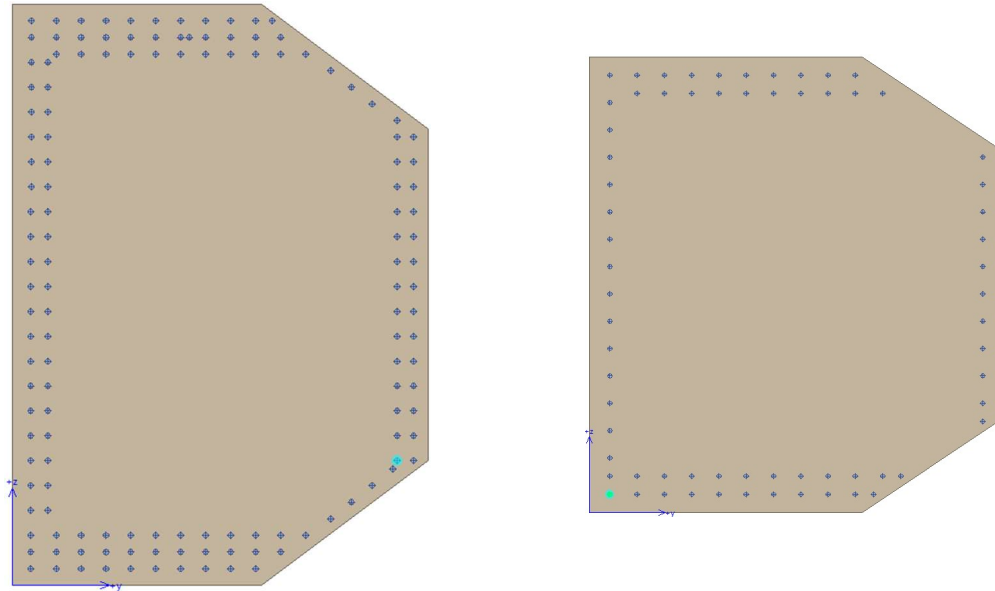
$$\sigma_{s,max,freq} = 142,61 \text{ MPa}$$

Podmínky dané normou jsou splněny.

7.4. Posouzení vzpěr

V rámci tohoto statického výpočtu byly předběžně posouzeny vzpěry P6, P7 a P8 na mezní stav únosnosti. Stejně jako v případě obloukové konstrukce byl pro posudek využit program FIN EC, modul Beton. Do výpočtu byl zahrnut vliv vzpěru, pilíře byly uvažovány jako jednostranně vetknuté. Geometrické imperfekce byly zavedeny hodnotou $l_0/400$.

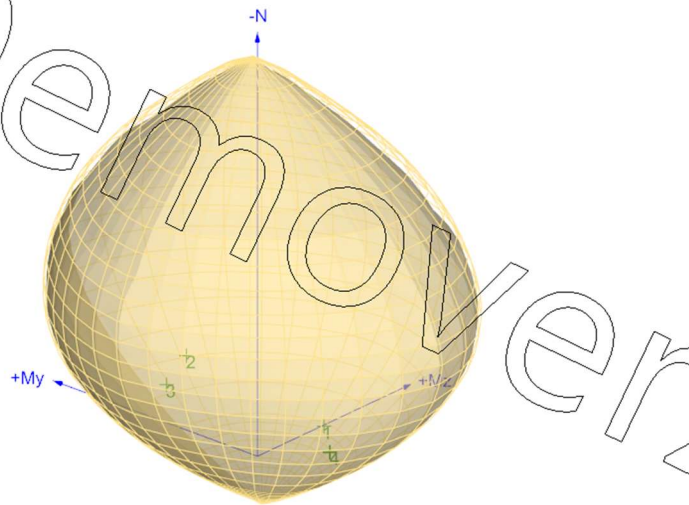
Při výpočtu byla uvažována následující rozmístění výztuže.



Pro vzpěru P8 se jedná o pruty $\text{Ø}32$ à 150mm , vzpěry P6 a P7 byly vyztuženy shodně pruty $\text{Ø}25$ à 150mm .

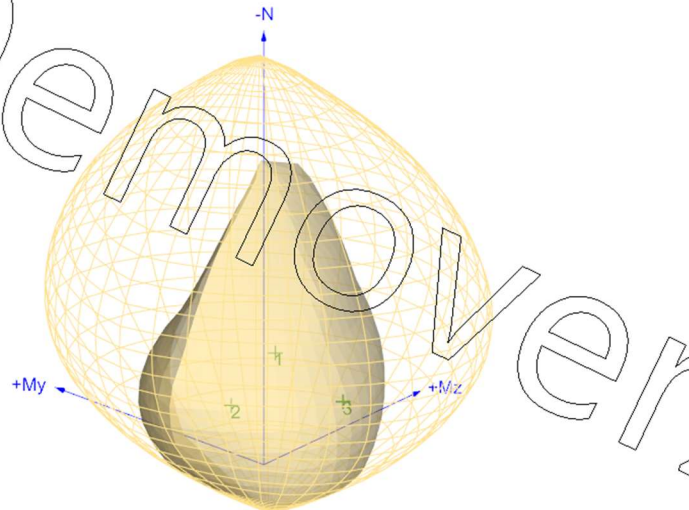
Výstupy z výpočetního programu pro posouzení jednotlivých průřezů:

Vzpěra P6



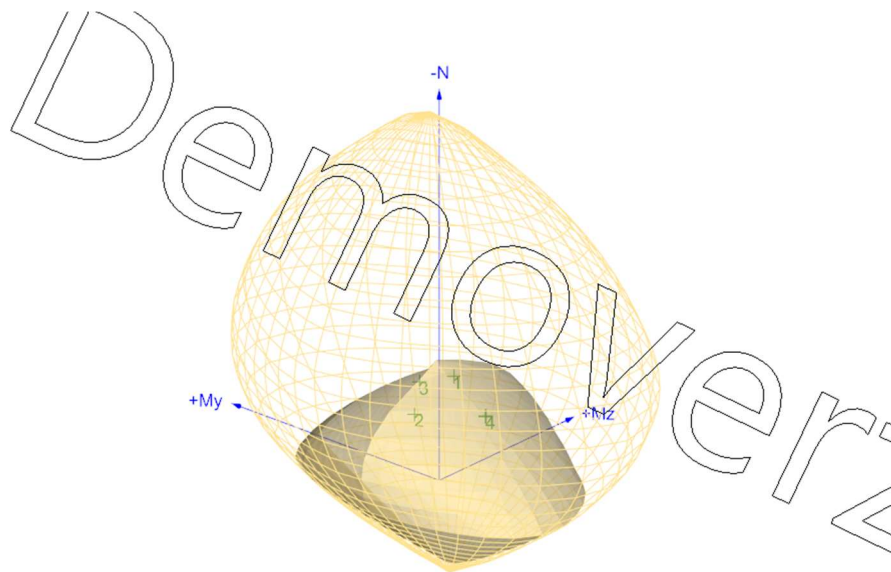
č.	Název	N_{Ed} N_{Rd} [kN]	M_{Edy} M_{Rdy} [kNm]	M_{Edz} M_{Rdz} [kNm]	Využití [%]	Posouzení
1	Provoz - My	-20578,00 -118351,77	-18932,00 → -19154,96 -31495,48	-4692,00 → -4743,96 -7619,54	60,7	Vyhovuje
2	Provoz - N	-25184,00 -118351,77	12610,00 → 12882,03 34389,02	-3520,00 → -3587,07 -8889,31	37,7	Vyhovuje
3	Provoz - Mz	-19018,00 -118351,77	12976,00 → 13125,61 25809,94	-8090,00 → -8239,61 -15865,41	51,1	Vyhovuje
4	Nejnepříznivější zatížení při výstupu mostovky (poloha 8)	-6696,00 -118351,77	-13986,00 → -14059,36 -21439,98	2364,00 → 2376,96 3680,75	65,5	Vyhovuje

Vzpěra P7



č.	Název	N_{Ed} N_{Rd} [kN]	M_{Edy} M_{Rdy} [kNm]	M_{Edz} M_{Rdz} [kNm]	Využití [%]	Posouzení
1	Provoz - N	-30302,00 -118351,77	0,00 → -19773,67 -36488,18	2876,00 5713,64	54,0	Vyhovuje
2	Provoz - Mz	-21295,00 -118351,77	0,00 → -13493,98 -25405,93	-7959,00 → -8929,85 -16599,84	52,9	Vyhovuje
3	Nejnepříznivější zatížení při výstupu mostovky (poloha 8)	-24846,00 -118351,77	-15831,00 → -32032,06 -34851,62	1583,00 → 1780,96 1971,07	91,9	Vyhovuje

Vzpěra P8



č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} M_{Rdy} [kNm]	M_{Edz} M_{Rdz} [kNm]	Využití [%]	Posouzení
1	Provoz - N	-53610,00	0,00 → 94035,22	9816,00	87,9	Vyhovuje
		-205359,57	106924,50	11337,42		
2	Provoz - Mz	-42933,00	0,00 → -73735,26	-16255,00 → -20049,78	76,8	Vyhovuje
		-205359,57	-96122,09	-25811,19		
3	Nejnepriznivější zatížení při výsunu mostovky (poloha 8)	-54066,00	6899,00 → 100784,47	-5229,00 → -8683,48	93,4	Vyhovuje
		-205359,57	107899,57	-9206,41		
4	Nejnepriznivější zatížení při výsunu mostovky (poloha 7)	-30788,00	-9401,00 → -62277,83	20002,00 → 22723,30	73,0	Vyhovuje
		-205359,57	-85355,98	31390,97		

Závěr

Diplomová práce se zabývala návrhem přemostění Vltavy u Suchdola, které bude součástí plánovaného úseku silničního okruhu kolem Prahy v úseku Suchdol - Březiněves. V první části práce bylo navrženo několik možných variant konstrukčního uspořádání mostu. Pro podrobnější rozpracování pak byla vybrána varianta obloukové konstrukce s mostovkou budovanou technologií podélného výsunu, pro kterou byla vypracována výkresová dokumentace včetně technické zprávy a schematického postupu výstavby. Ve statickém výpočtu bylo následně provedeno předběžné posouzení hlavních prvků konstrukce během podélného výsunu mostovky a za provozu.

V průběhu výpočtů se ukázalo, že konstrukce je značně namáhána během výstavby při přechodu podélně vysouvané mostovky přes oblouk. Toto namáhání vznikalo vlivem vyšší poddajnosti oblouku při zatížení vlastní tíhou mostovky. Proto bylo do návrhu zavedeno dočasné vyvěšení obloukové konstrukce systémem závěsů tvořených kabely předpínací výztuže a jejich průběžným předepínáním byly deformace sníženy. Díky tomu byly účinky zatížení redukovány na hodnoty, na které již bylo možné konstrukci nadimenzovat.

Pro zjednodušení výstavby by bylo možné zvážit některou z následujících změn, které by vedly k příznivějšímu namáhání konstrukce:

- 1) úprava průřezu obloukové konstrukce zvýšením tloušťky horní a dolní desky, čímž by byla zvýšena tuhost konstrukce a příznivě ovlivněno její namáhání
- 2) vysouvání mostovky bez krajních konzol, které by byly dobetonovány po dokončení podélného výsunu, čímž by byla snížena vlastní tíha mostovky a tedy i namáhání konstrukce
- 3) využití ocelobetonového průřezu mostovky místo komorového betonového (možné uspořádání takové mostovky je součástí variantního řešení mostu, příloha C4d a C4e). Vysouvána by byla jen ocelová část průřezu, deska mostovky by byla dobetonována po usazení konstrukce do finální polohy.

Vlastimil Prokop

18.5.2019

Seznam příloh

Oddíl C – Variantní řešení

Varianta 1 – Letmo betonovaná trémová konstrukce

- C1a Podélný řez - Bez zásahu do PP
- C1b Podélný řez - Se zásahem do PP
- C1c Příčný řez

Varianta 2 – Zavěšená konstrukce

- C2a Podélný řez - Se zásahem do PP
- C2b Podélný řez - Asymetrická konstrukce bez zásahu do PP
- C2c Podélný řez - Se zásahem do PP
- C2d Podélný řez - Bez zásahu do PP se ztuženým středním polem
- C2e Příčný řez - Dvoutrémový průřez, dvě roviny závěsů
- C2f Příčný řez pylonem - Dvoutrémový průřez, dvě roviny závěsů
- C2g Příčný řez - Komorový průřez, jedna rovina závěsů
- C2h Příčný řez pylonem - Komorový průřez, jedna rovina závěsů

Varianta 3 – Oblouková konstrukce

- C3a Podélný řez - Se zásahem do PP
- C3b Podélný řez - Trojoblouková konstrukce
- C3c Podélný řez - S proměnnou konstrukční výškou mostovky
- C3d Příčný řez - Deskový průřez

Varianta 4 – Oblouková konstrukce s podélně vysouvanou mostovkou

- C4a Podélný řez - Se zásahem do PP
- C4b Příčný řez - 2× dvoukomorový průřez
- C4c Příčný řez - 2× komorový průřez
- C4d Příčný řez - 2× ocelobetonový dvoutrémový průřez
- C4e Příčný řez - Ocelobetonový komorový průřez
- C4f Příčný řez - Komorový průřez

Oddíl D – Výkresová dokumentace vybrané varianty

- D1 Podélný řez - Jižní most
- D2 Podélný řez - Severní most
- D3 Půdorys
- D4 Vzorový příčný řez
- D5 Příčný řez - Pohled na opěru OP1
- D6 Podélný řez - Opěra OP1
- D7 Příčný řez - Pohled na pilíř P2/P3
- D8 Příčný řez - Pohled na pilíř P4/P5
- D9 Schéma předpínací výztuže mostovky jižního mostu
- D10 Schéma výztuže typické lamely oblouku

Oddíl E – Schematický postup výstavby