

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

DIPLOMOVÁ PRÁCE



**Návrh mostu přes Vltavu na silnici I/18
u Vestce u Hřiměždic**

Vypracovala: Bc. Aneta Junková

Vedoucí práce: Doc. Ing. Lukáš Vráblik, Ph.D.

V Praze 2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Junková Jméno: Aneta Osobní číslo: 439080
Zadávající katedra: K133 - Katedra betonových a zděných konstrukcí
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Návrh mostu přes Vltavu na silnici I/18 u Vestce u Hříměždic
Název diplomové práce anglicky: The design of bridge structure on road I/18 over Vltava river near Vestec by Hříměždice

Pokyny pro vypracování:

Návrh variant konstrukčního řešení mostu s ohledem na překonání vodního toku a na postup výstavby

Výběr finální varianty mostu a návrh konstrukčního řešení a postupu výstavby

Statický návrh a posouzení konstrukce

Základní výkresová dokumentace

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího diplomové práce: Doc. Ing. Lukáš Vráblík, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 1.10.2019 Termín odevzdání diplomové práce: 5.1.2020
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“.

1.10.2019

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení:

prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Návrh mostu přes Vltavu na silnici I/18 u Vestce u Hřiměždic* vypracovala samostatně pod odborným vedením Doc. Ing. Lukáše Vráblíka, Ph.D..

V Praze 5. ledna 2020

.....

Bc. Aneta Junková

Poděkování:

Mé poděkování patří Doc. Ing. Lukáši Vráblíkovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování diplomové práce věnoval.

Abstrakt

V diplomové práci se zabývám návrhem a posouzením silničního mostu přes řeku Vltavu. Jedná se o most na silnici I/18, poblíž Vestce u Hřiměždic. Návrh zahrnuje několik variant konstrukčního řešení, jejich zhodnocení a podrobnější rozpracování finální varianty, kterou se stal půdorysně zakřivený obloukový most s horní mostovkou. Součástí posouzení vybrané varianty jsou i jednotlivé fáze výstavby.

Klíčová slova

obloukový most, horní mostovka, postup výstavby, předpjatý beton

Abstract

This master thesis deals with the design bridge structure on road I/18 over Vltava river near Vectec by Hřiměždice. Design includes a few variants of the bridge structure. Options was compared and selected option is arch bridge. Master thesis contains design of the procedures of construction the structure and it was assessment it these procedures.

Keywords

arch bridge, upper deck, procedures of construction, prestressed concrete

Obsah

1. Úvod	9
2. Průvodní zpráva	10
2.1. Stávající most	10
2.2. Požadavky na výstavbu	10
2.3. Nové uspořádání	12
2.4. Požadavky.....	12
2.5. Charakteristika okolí.....	12
2.6. Varianty řešení	13
2.6.1. Varianta A.....	13
2.6.2. Varianta B.....	15
2.7. Zhodnocení variant řešení	17
2.7.1. Varianta A.....	17
2.7.2. Varianta B.....	17
3. Model konstrukce	18
3.1. Použité průřezy	18
3.2. Použité materiály.....	20
3.3. Stálé zatížení.....	21
3.2.1. Vlastní tíha	21
3.2.2. Ostatní stálé	22
3.2.3. Předpětí.....	22
3.4. Proměnné zatížení.....	23
3.3.1. Doprava	23
3.3.2. Teplota.....	27
3.3.3. Vítr.....	30
3.3.4. Sedání podpor.....	32
3.5. Kombinace zatížení.....	32

3.4.1. Mezní stavy únosnosti	32
3.4.2. Mezní stavy použitelnosti	33
4. Optimalizace tvaru	35
4.1. Oblouk.....	35
4.2. Mostovka.....	36
5. Definitivní model	36
5.1. Vnitřní síly	36
5.2. Kombinace MSÚ	41
5.3. Kombinace MSP.....	43
6. Posouzení průřezů	45
6.1. Posouzení MSÚ	46
6.2. Posouzení MSP.....	63
7. Postup výstavby	69
7.1. Založení stavby.....	69
7.2. Spodní stavba	69
7.3. Technologie letmé betonáže.....	70
7.4. Fáze výstavby.....	71
8. Závěr	76
9. Literatura	77
Seznam příloh	79
Seznam tabulek	80
Seznam obrázků	82

1. Úvod

V diplomové práci se zabývám návrhem konstrukčních variant řešení silničního mostu překračující řeku Vltavu nedaleko obce Vestec u Hřiměždic. Varianty řešení jsem vzájemně porovnávala a vybrala finální, po zvážení okolních návazností. Stal se jí obloukový most s horní mostovkou, který je situovaný v půdorysném oblouku. Model mostu nezanedbává půdorysné ani výškové zakřivení střednice. Finální varianta je rozpracována a posouzena, jak v definitivním stavu, tak i v jednotlivých fázích výstavby.

2. Průvodní zpráva

2.1. Stávající most

Řeku Vltavu v současnosti překračuje železobetonový trémový most o pěti polích z roku 1937. Na krajích je uložen na opěrách a zbylé čtyři podpory tvoří masivní betonové pilíře, které jsou pokryty kvádrovým obkladem. Celková délka mostu je 228 m a délka nosné konstrukce 232 m. Volná šířka na mostě činí 7,5 m a celková šířka mostu dosahuje 8 m. Nosná konstrukce se nachází 2,75 m nad hladinou vody. Tento údaj se příliš nemění díky zřízení Vltavské kaskády.



Obrázek 1: Pohled na stávající most. [8]

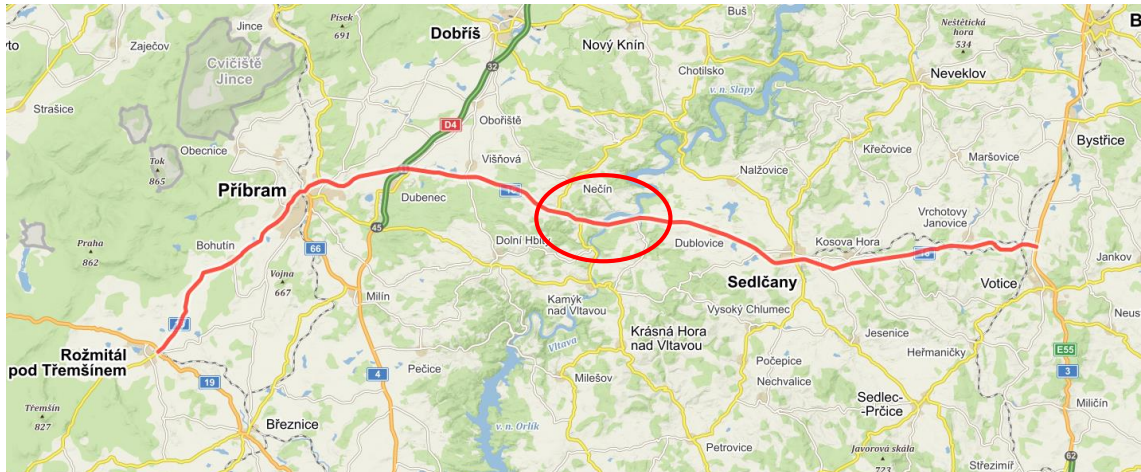
Co se týká provozních nároků komunikace, není most dnes již plně vyhovující. Celková šířka vozovky mezi obrubami je pouze 5,47 m. Rychlost je zde snížena na 50 km/h, což vede ke snížení komfortu účastníků provozu. Z bezpečnostního hlediska most také není plně vyhovující, je zde na římsách instalováno pouze zábradlí a zádržné vybavení v podobě svodidel zcela chybí. Samostatné zábradlí však nemá žádnou zádržnou schopnost. Most využívají i chodci, což zajisté nemůže být příliš příjemná a bezpečná procházka, jelikož šířka chodníku je na mostě pouze 1 m po obou stranách.

Z výše uvedených skutečností vyplývá fakt, že most by bylo vhodné nahradit novým, který bude splňovat dnešní požadavky na bezpečnost a plynulost provozu pro motorizované i nemotorizované uživatele.

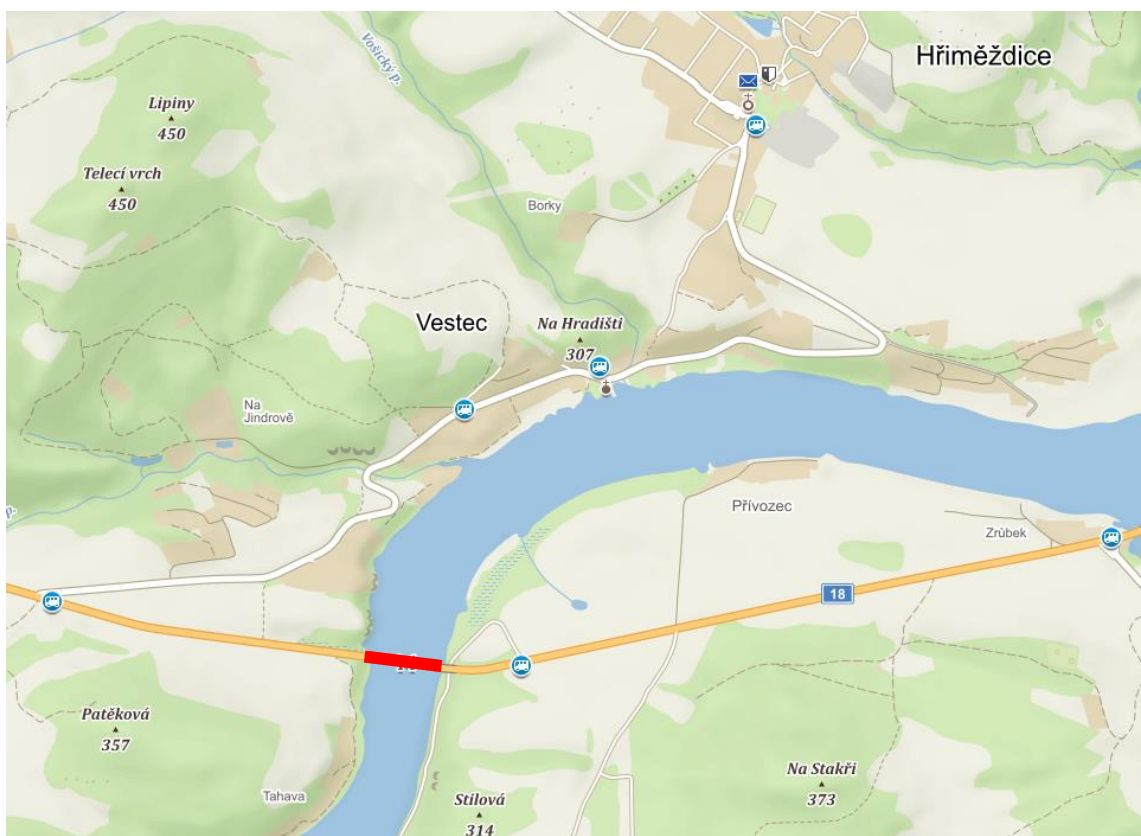
2.2. Požadavky na výstavbu

Komunikace, kterou most převádí je silnice I. třídy s číslem 18. Její začátek je v Rožmitále pod Třemšínem a konec v Olbramovicích. Tato komunikace je velmi vytížená a během výstavby nového mostu nebude možné v tomto místě dopravu přerušit a zřídit objízdnu trasu. Tento požadavek vychází z charakteru území a

blízkosti vodní nádrže Slapy. Dojde tedy k výstavbě nového mostu při zachování provozu na stávajícím. Nový most bude nutné navrhnout s ohledem na budoucí přeložení převáděné komunikace. Stávající most je přímý a kolmý nová konstrukce bude muset být pro zachování plynulosti komunikace půdorysně zakřivená.



Obrázek 2: Silnice I/18 v celé délce s vyznačením mostu. [2]



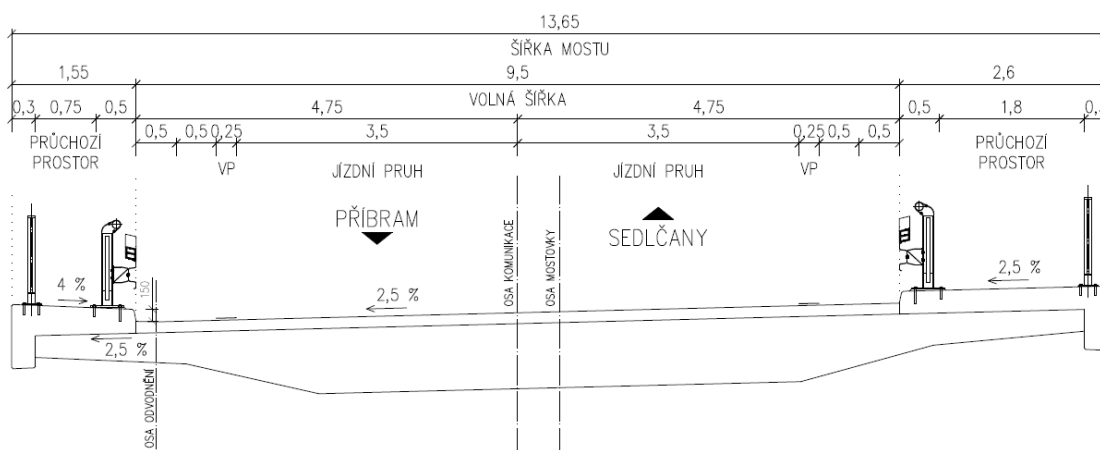
Obrázek 3: Nejbližší okolí mostu u Vestce. [2]

Geotechnický průzkum v době vypracování této práce nebyl proveden. V místě stavby je však předpoklad, že pod svrchními vrstvami je únosné

neporušené skalní podloží. Pro založení stavby tak bude ideální použití hlubinného založení, kdy dojde k vetknutí jednotlivých pilot do skalního podloží.

2.3. Nové uspořádání

Nový most bude převádět komunikaci v kategorii S 9,5/90. Této kategorii odpovídá volná šířka mezi svodidly 9,5 m. Svodidla splňují úroveň zadržetí ZSH2 a jsou bez výplně. Na mostě jsou navrženy chodníky, přičemž na vnitřní straně půdorysného oblouku bude obslužný šířky 0,75 m a na straně vnější šířky 1,8 m, který bude sloužit pro chodce i cyklisty. Výška zábradlí bude na obou koncích říms 1,3 m.



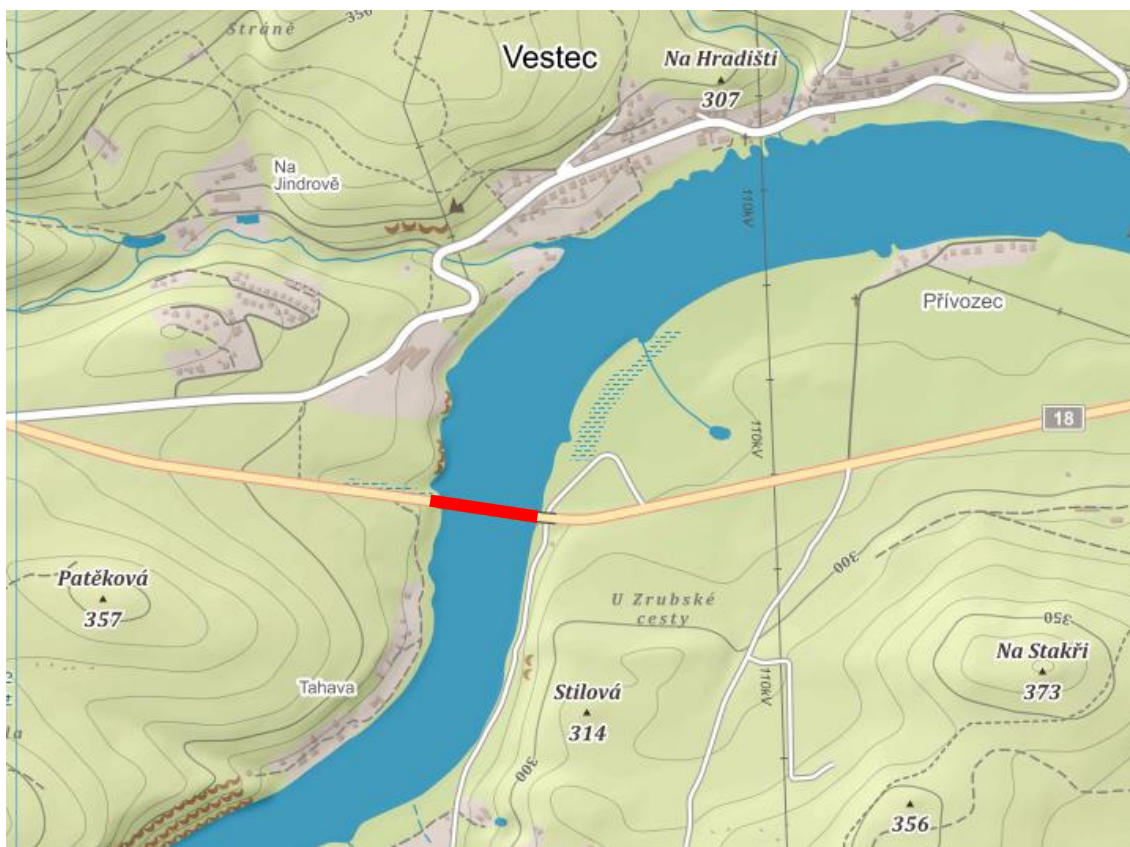
Obrázek 4: Šířkové uspořádání.

2.4. Požadavky

Zatížení mostu je navrženo dle normy ČSN EN 1991-2. Jelikož most překračuje řeku, jež je plavební cestou, je nutné respektovat průplavní prostor. V místě hlavní plavební dráhy tak není možné použít vnitřní podpory. Respektive Povodí Vltavy nezakazuje použití vnitřních podpor, avšak je vhodnější netvořit překážky v toku.

2.5. Charakteristika okolí

Území kolem mostu je rovinaté až mírně zvlněné. Nadmořská výška v okolí opěr mostu se pohybuje kolem 275 m n. m.. [2] V bezprostředním okolí není souvislá zástavba tzn., že most je situován v extravilánu. Na obou březích řeky se v docházkové vzdálenosti nacházejí rekreační objekty. Pro jejich obsluhu vede pod mostem přístupová komunikace.

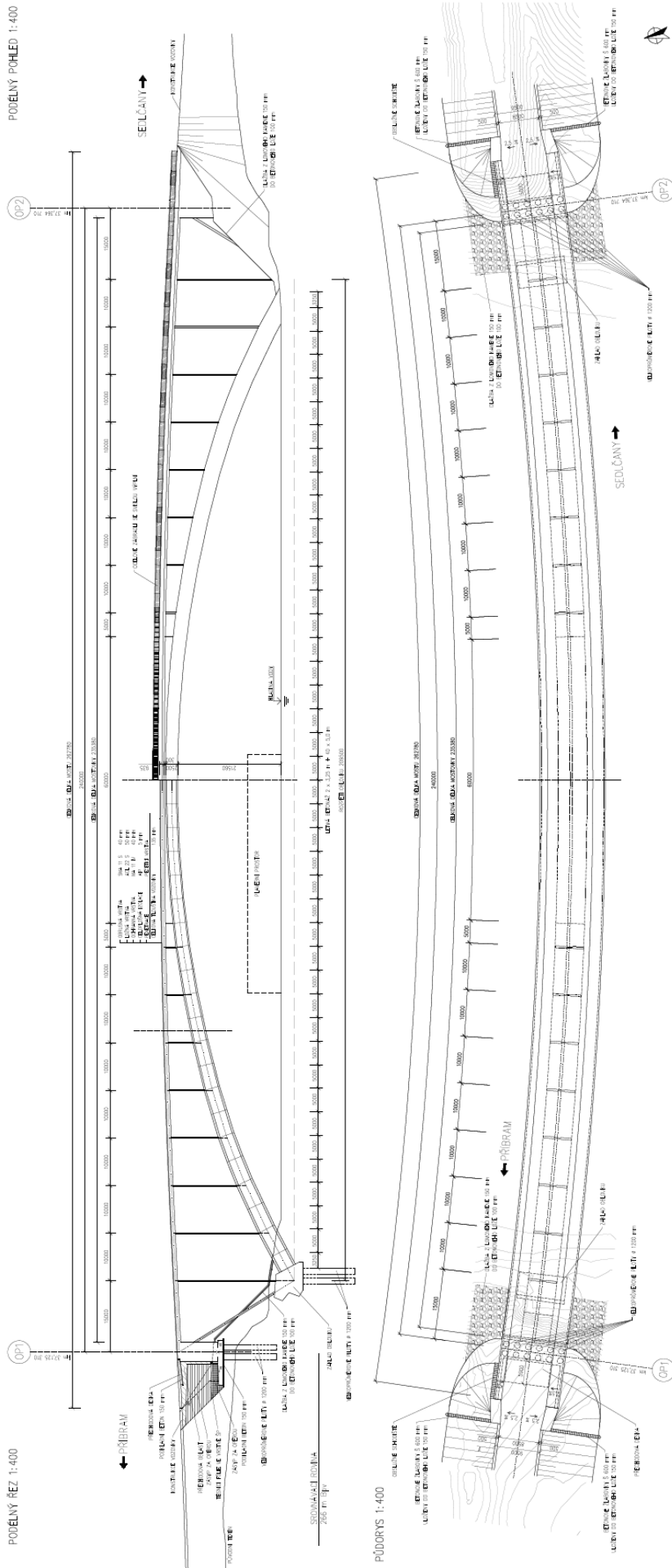


Obrázek 5: Vrstevnice a výškové body v nejbližším okolí mostu. [2]

2.6. Varianty řešení

2.6.1. Varianta A

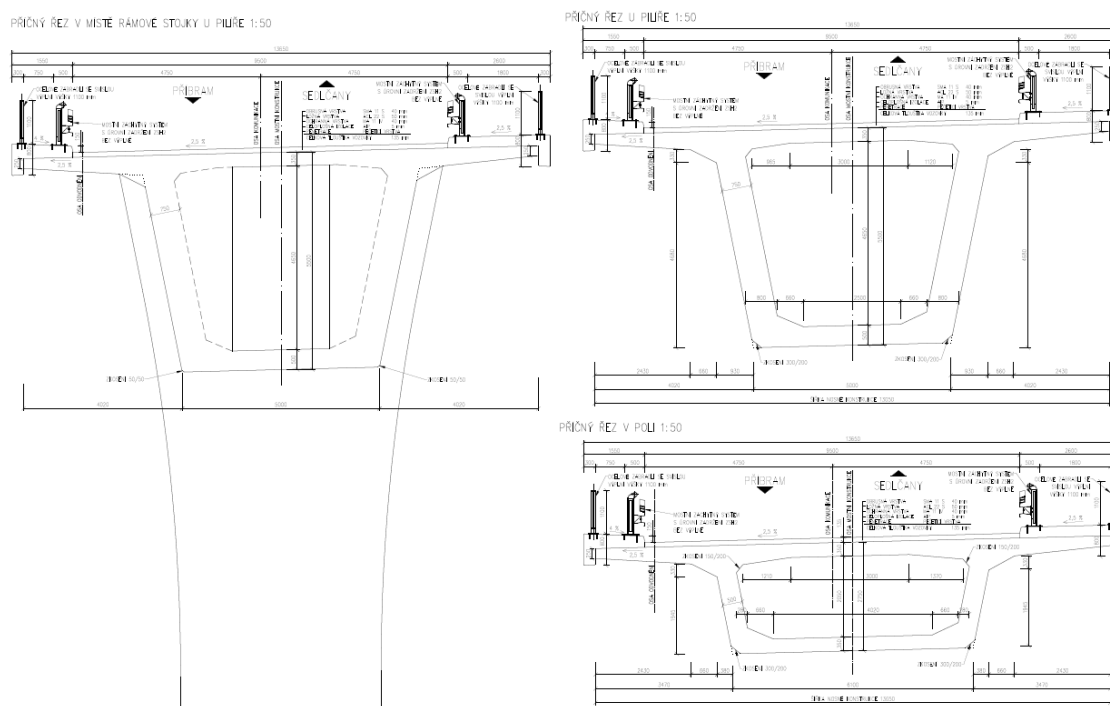
Jedná se o železobetonový obloukový most s horní mostovkou se spojitými rámovými krajními poli. Oblouk je železobetonový komorového průřezu. Rozpětí oblouku je 209,5 m a vzepětí 25 m. Tyto parametry ilustrují, že se jedná o poměrně plochý oblouk. Horní mostovka má trémový průřez a je z předpjatého betonu. Jedná se o průřez s velmi vyloženými konzolami. Spojení oblouku a mostovky je zajištěno pomocí svislých stěnových vzpěr. Krajní pole jsou navržena jako rámová s tuhým spojením s opěrou. Celkově se jedná o integrovanou konstrukci. Je tedy uvažováno s tím, že nebude použito mostních ložisek ani závěrů. Založení oblouku je nutné uvažovat pod ochranou štětovicové jímky. Za předpokladu skalního podloží, by byla vetknuta do nepropustné skalní vrstvy.



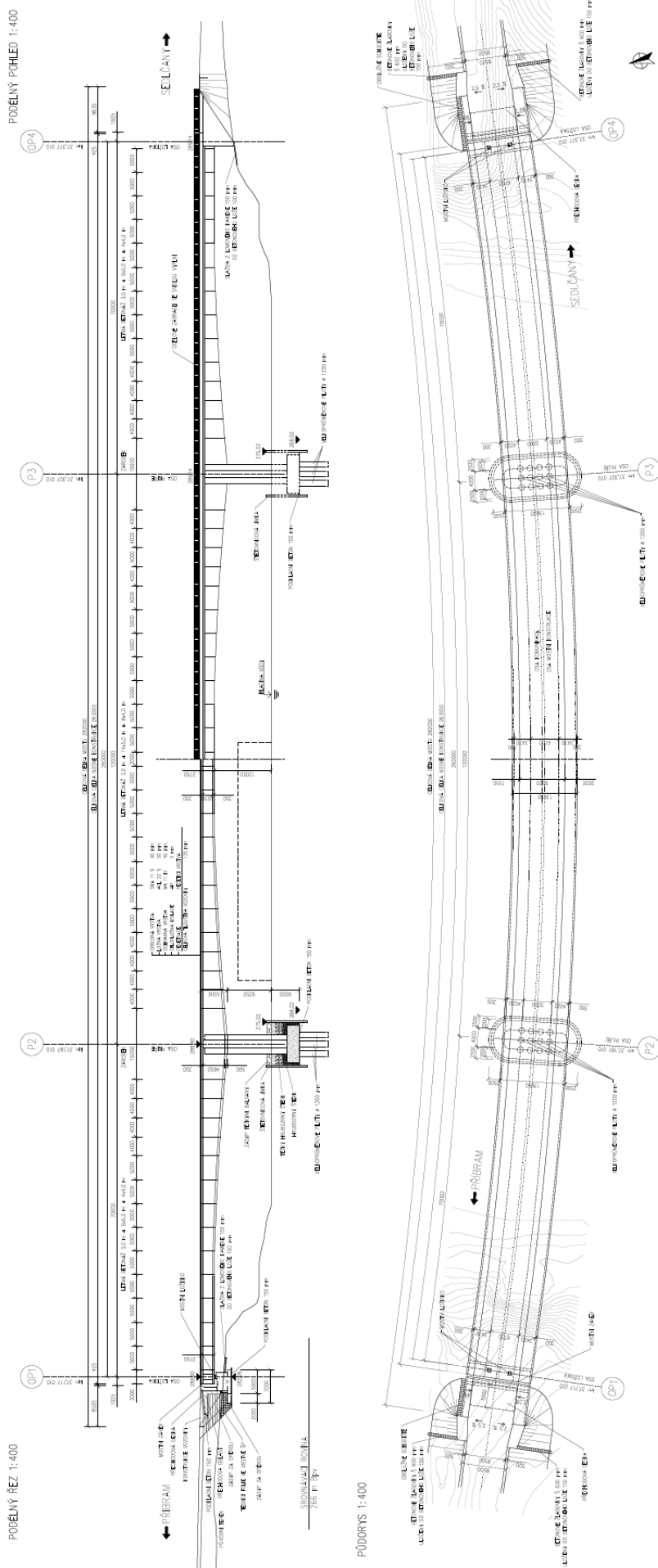
Obrázek 6: Varianta A - obeloukový most s horní mostovkou.

2.6.2. Varianta B

Jako další varianta se jeví předpjatý komorový most o třech polích. Rozpětí jednotlivých polí je navrženo 70 m, 120 m a 70 m. Je uvažováno se symetrií konstrukce vzhledem k teoretické ose přemostňovaného povodí. Komora nabývá v poli výšky 2,75 m a nad pilíři vystoupá na 5,5 m. Má šikmé stěny a výrazně vyložené konzoly. Předpjatý komorový průřez by bylo materiálově možné nahradit spřaženou ocelo-betonovou komorovou konstrukcí, kdy by byla spodní deska a stěny vyhotoveny z oceli a horní deska z železobetonu. V případě předpjaté komorové konstrukce se předpokládá výstavba pomocí letmé betonáže. U spřažené konstrukce by byly smontovány ocelové prvky a betonová deska zhotovena monoliticky na připravené ocelové části. V případě obou pilířů v korytě řeky je uvažována trvalá ochrana štětovnicovou jámkou. K jejímu vybudování dojde před začátkem výstavby samotných pilířů, odčerpá se voda a po dokončení pilířů dojde k zasypání několika různými vrstvami kameniva. Na jejím dně to bude nejjemnější frakce kameniva 32/63, následně vrstva zhruba dvojnásobné velikosti zrn a poslední finální vrstvou budou těžké balvany. Štětovnicová jámka po dokončení stavby poskytne pilířům ochranu v případě nárazu plavidla, či jiných volně plavoucích předmětů.



Obrázek 7: Varianta B - příčné řezy.



Obrázek 8: Varianta B - komorový most o 3 polích.

2.7. Zhodnocení variant řešení

2.7.1. Varianta A

Obloukový most působí na pohled velmi lichotivě a nechává vyniknout překonávanému vodnímu toku, kterým je řeka Vltava. Dalo by se i říci, že tato varianta pokračuje v jakémsi trendu obloukových mostů, jež jsou na Vltavě vybudovány. I proto jsem si tuto variantu vybrala pro podrobnější rozpracování.

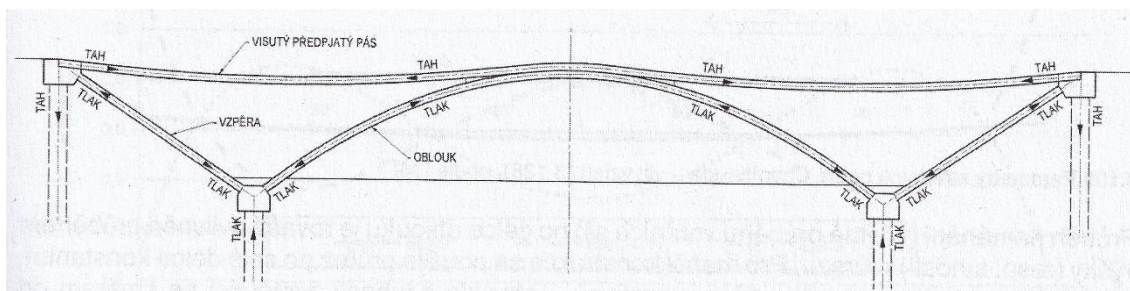
Dalším nesporným kladem hovořící v prospěch této varianty je skutečnost, že je uvažována bez použití mostních ložisek a závěrů. Mělo by tedy dojít ke snížení nákladů na údržbu a výměnu těchto konstrukčních částí.

2.7.2. Varianta B

Je zřejmé, že varianta B, jímž je předpjatý komorový most o třech polích, by byla jednodušší pro vybudování. Pokud by byla použita v ocelo-betonovém provedení, tak by bylo pravděpodobně možné dosáhnout i kratšího času výstavby. Avšak na pohled je oblouková varianta nezpochybnitelně líbivějším a zajímavějším prvkem. Dalším argumentem může být skutečnost, že v případě varianty B dojde jen k malému respektive k nulovému nárůstu výšky nivelety v nejbližším okolí mostu a na něm. Oproti tomu, když se podíváme na obloukovou variantu, tak pouze z charakteru konstrukce, dojde k většímu navýšení nivelety a tím pádem se částečně minimalizuje efekt ztracených spádů.

3. Model konstrukce

Celková koncepce varianty A vychází ze schématu samokotvené konstrukce. Tento princip působení by měl být výhodný hlavně z hlediska přenesení vodorovných sil vznikajících v založení konstrukce díky použití vzpěry, která propojuje opěru mostovky se založením oblouku. Ideálně tak v založení vznikají pouze svislé reakce. Vzpěra je tedy namáhána tlakem, který je přenesen do opěry mostovky a ta je namáhána tahem. To se zpravidla řeší použitím visutého předpjatého pásu.

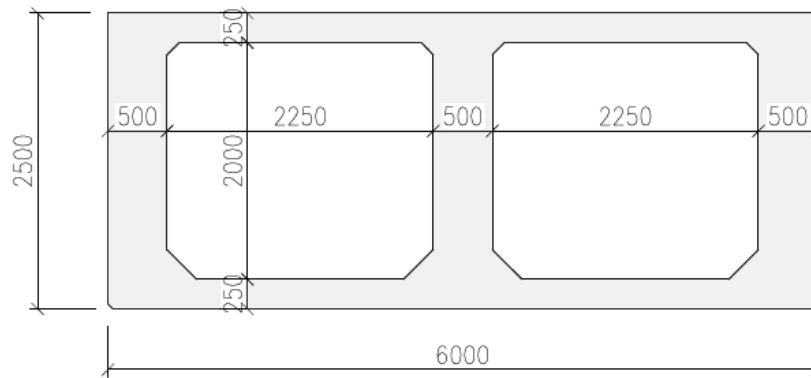


Obrázek 9: Schéma samokotvené konstrukce. [4]

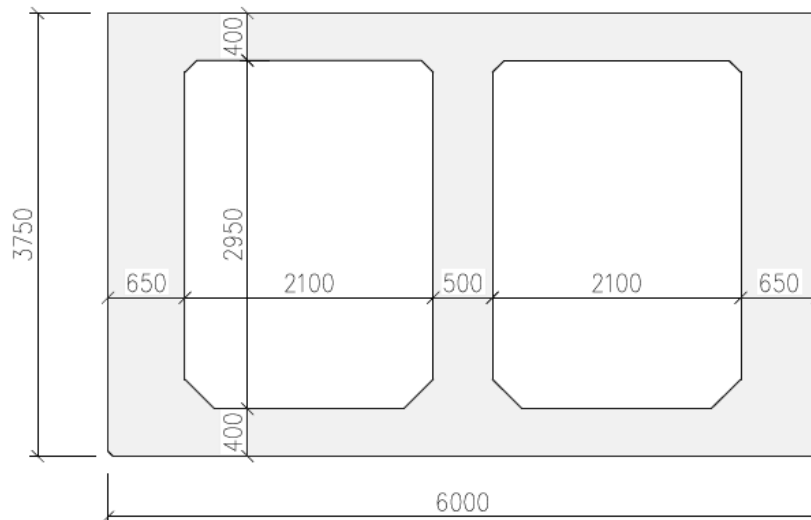
3.1. Použité průřezy

Oblouk

Při výběru průřezu, jímž bude definován oblouk, se jako první nabízí otázka, zda použít otevřený či uzavřený. Nezpochybnitelně je zhotovení a následná údržba otevřeného průřezu jednodušší a pravděpodobně i výhodnější nižšími náklady. V závislosti na výsledné dimenzi, by mohl působit méně mohutným dojmem, než v případě uzavřeného (komorového) průřezu. Což by jistě vedlo ke vzdušnější a pro oko lichotivější konstrukci. Avšak otevřený průřez například dvoutrámový je torzně mnohem méně tuhý, než je tomu u uzavřeného. Jelikož konstrukce oblouku bude muset být půdorysně zakřivená, podobně jako mostovka, bude dle mého uvážení výhodnější použití uzavřeného průřezu.



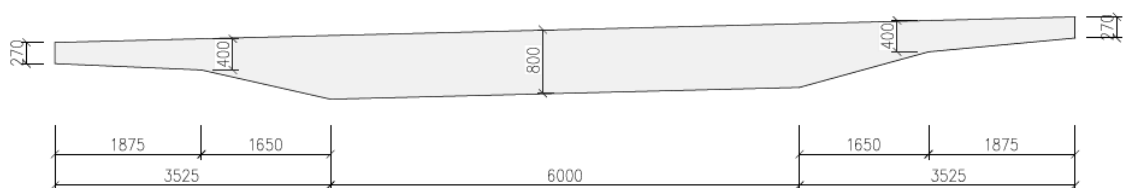
Obrázek 10: Průřez oblouku v polovině rozpětí.



Obrázek 11: Průřez oblouku ve vetknutí.

Mostovka

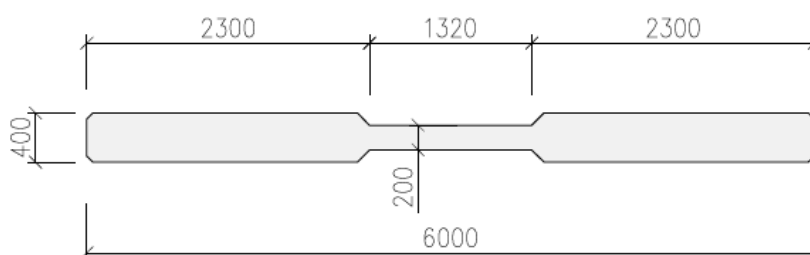
U obloukových mostů je hlavním nosným prvkem samotný oblouk a mostovka slouží převážně k přenosu proměnných zatížení, kterým je například zatížení od dopravy. Protože již nejde o tu nejvíce zatíženou část konstrukce (velikost zatížení od vlastní tíhy je násobně vyšší než zatížení od dopravy) lze použít oproti oblouku subtilnější průřez. Pro mostovku tak zvolím jednotrámový průřez se značně vyloženými konzolami. Jedinou neznámou zůstane velikost účinku půdorysného zakřivení a jeho vliv na rozdělení vnitřních sil.



Obrázek 12: Průřez mostovky.

Vzpěry

V případě svislých vzpěr je minoritním zatížením normálová tlaková síla. Je proto nutné, aby průřez byl dostatečně únosný a zároveň nedošlo ke ztrátě stability vybočením. Další skutečnost, kterou musíme vzít v potaz, je, že půdorysné zakřivení možná vyvodí ve vzpěrách i jiná přídavná namáhání. To bude způsobeno pevným spojením vzpěr, mostovky a oblouku, které v počátku uvažují. Pokud by rámové spojení vzpěr vedlo k příliš masivnímu průřezu, je možné na jejich koncích uvažovat s kloubovým propojením.



Obrázek 13: Průřez vzpěry.

3.2. Použité materiály

- oblouk – beton C 40/50 XC4, XF3
- oblouk – betonářská výztuž B500B
- mostovka – beton C 40/50 XC3, XF3
- mostovka – betonářská výztuž B500B, přepínací výztuž Y1860S7 – 15,7
- vzpěry – beton C 40/50 XF2, XC4
- vzpěry – betonářská výztuž B500B
- římsy – beton C 30/37 XC3, XD4
- římsy – betonářská výztuž B500B
- podkladní beton – C 16/20 X0,XA2
- piloty – C 25/30 XA2
- základy – C 25/30 XA2, XC2, XF1
- mostní křídla, dřík opěry – C 30/37 XC2, XF2, XD1
- přechodové desky C 25/30 XF3

3.3. Stálé zatížení

3.2.1. Vlastní tíha

Oblouk

Průřez oblouku je proměnný v celé délce a tak dochází ke změně vlastní tíhy v každém segmentu, na které se rozdělí během letmé betonáže.

	A [m ²]	objemová tíha		charakteristické zatížení [kN/m]		součinitel	návrhové zatížení [kN/m]		
		suchý beton	mokrý beton	suchý beton	mokrý beton		suchý beton	mokrý beton	
proměnné průřezy nosného oblouku	v poli	6,07	25	26	151,75	157,82	1,35	204,86	213,06
	průřez 1	6,23	25	26	155,75	161,98	1,35	210,26	218,67
	průřez 2	6,33	25	26	158,25	164,58	1,35	213,64	222,18
	průřez 3	6,44	25	26	161,00	167,44	1,35	217,35	226,04
	průřez 4	6,54	25	26	163,50	170,04	1,35	220,73	229,55
	průřez 5	6,65	25	26	166,25	172,90	1,35	224,44	233,42
	průřez 6	6,75	25	26	168,75	175,50	1,35	227,81	236,93
	průřez 7	7,53	25	26	188,25	195,78	1,35	254,14	264,30
	průřez 8	7,64	25	26	191,00	198,64	1,35	257,85	268,16
	průřez 9	7,75	25	26	193,75	201,50	1,35	261,56	272,03
	průřez 10	7,85	25	26	196,25	204,10	1,35	264,94	275,54
	průřez 11	7,96	25	26	199,00	206,96	1,35	268,65	279,40
	průřez 12	9,50	25	26	237,50	247,00	1,35	320,63	333,45
	průřez 13	9,62	25	26	240,50	250,12	1,35	324,68	337,66
	průřez 14	9,75	25	26	243,75	253,50	1,35	329,06	342,23
	průřez 15	9,87	25	26	246,75	256,62	1,35	333,11	346,44
	průřez 16	10,00	25	26	250,00	260,00	1,35	337,50	351,00
	průřez 17	10,12	25	26	253,00	263,12	1,35	341,55	355,21
ve vetknutí	10,25	25	26	256,25	266,50	1,35	345,94	359,78	

Tabulka 1: Vlastní tíha průřezů oblouku.

Mostovka

	A [m ²]	objemová tíha		charakteristické zatížení [kN/m]		součinitel	návrhové zatížení [kN/m]	
		suchý beton	mokrý beton	suchý beton	mokrý beton		suchý beton	mokrý beton
mostovka	8,10	25	26	202,50	210,60	1,35	273,38	284,31

Tabulka 2: Vlastní tíha mostovky.

Vzpěry

	A [m ²]	objemová tíha		charakteristické zatížení [kN/m]		součinitel	návrhové zatížení [kN/m]	
		suchý beton	mokrý beton	suchý beton	mokrý beton		suchý beton	mokrý beton
vzpěry masivnější	1,98	25	26	49,48	51,45	1,35	66,79	69,46
vzpěry subtilnější	1,56	25	26	38,95	40,51	1,35	52,58	54,69

Tabulka 3: Vlastní tíha vzpěr.

3.2.2. Ostatní stálé

	plocha průřezu/ délka	objemová/ plošná tíha	zatížení [kN/m]
vozovkové souvrství + 40% rezerva	1,3	24	43,68
římasy	1,53	25	38,25
izolace NAIP	9,5	0,11	1,05
zábradlí (2x)	-	0,5	1,00
svodidlo (2x)	-	1	2,00
celkové ostatní stálé zatížení			85,98

Tabulka 4: Ostatní stálé zatížení.

3.2.3. Předpětí

Průřez mostovky bude předepnut, aby nedocházelo ke vzniku trhlin a konstrukce tak rychleji nedegradovala. Mostovka bude napínána postupně v souladu s výstavbou letmou betonáží. Pro posouzení průřezů na definitivním modelu bude použito zjednodušené předepnutí průběžnými kabely, které půjdou ze střední části do krajů k opěrám mostovky. Reálně by šlo o dodatečné předepnutí se soudržností, kde samozřejmě vznikají ztráty několika typů. Vzhledem k trojrozměrnému tvaru střednice mostovky, není možné v programu Scia Engineer dosáhnout odpovídajících výsledků vnitřních sil, za pomoci použití předpínacích kabelů se soudržností. V místě lomu vedení kabelů dochází k nereálným navýšením ztrát. Použila jsem proto předpínací kabely volné a předpínací napětí je sníženo o ztráty ve výši 15 %. Byla tedy použita předpínací výztuž Y1860S7 – 15,7. Charakteristická pevnost je 1860 MPa, smluvní mez kluzu 1640 MPa. Z následujících vztahů dostáváme, že návrhová pevnost předpínací

výztuže je 1426 MPa. Maximální přípustné napětí během předpínání je 1476 MPa a maximální napětí v předpínací výztuži po vnesení předpětí do betonu je 1394 MPa.

$$\sigma_{p,max} = \min\{0,8f_{pk}; 0,9f_{p01k}\} = \min\{0,8 * 1860; 0,9 * 1640\}$$

$$\sigma_{pm0,max} = \min\{0,75f_{pk}; 0,85f_{p01k}\} = \min\{0,75 * 1860; 0,85 * 1640\}$$

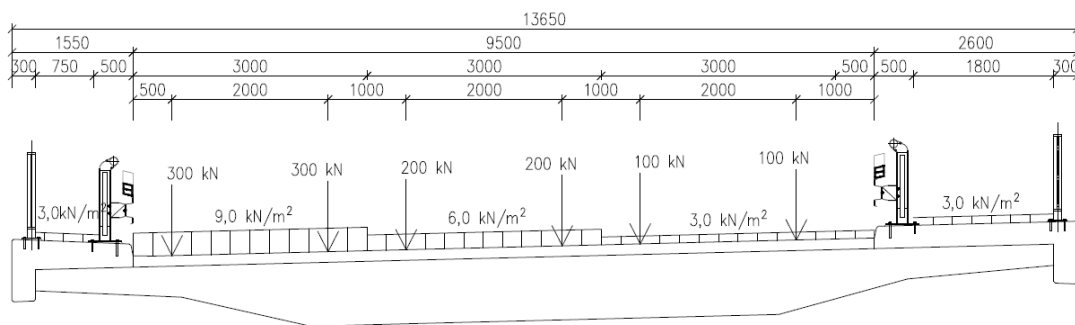
$$f_{pd} = \frac{f_{p0,1k}}{\gamma_s}$$

$$\gamma_s = 1,15$$

3.4. Proměnné zatížení

3.3.1. Doprava

Model zatížení LM1



Obrázek 14: Rozmístění zatížení LM1 na mostovce.

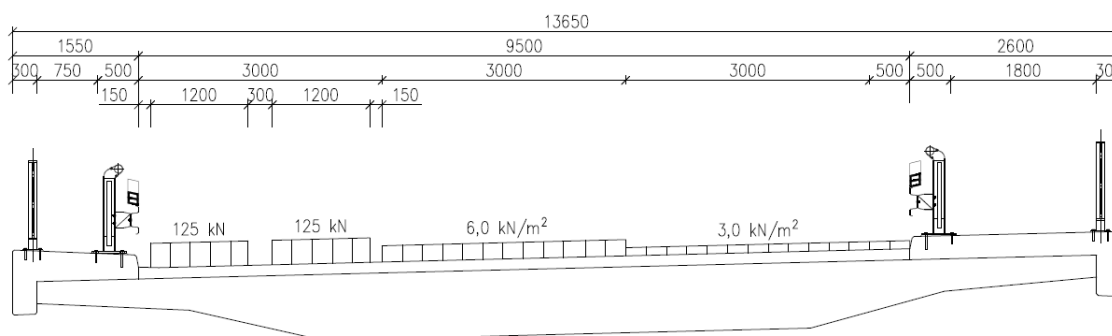
Model zatížení LM3

Pro ČR jsou vybrané modely zatížení 900/150, což odpovídá 6-ti nápravám po 150 kN a jejich vzdálenost je 1,5 m. Dalším je 1800/200, to je 9 náprav po 200 kN ve vzdálenosti $e=1,5$ m. Poslední model je 3000/240 a to odpovídá 12 nápravám po 240 kN + 1 náprava 120 kN, kde je jejich vzdálenost 1,5 m. U těchto modelů se uvažuje pojezd nízkou rychlostí (5 km/h) s dynamickým součinitelem rovným 1,0 a pojezd normální rychlostí (70 km/h) s dynamickým součinitelem větším nebo rovným 1,0.

Celková tíha	1800 kN
Označení	1800/200
Nápravy	n = 9 x 200 kN e = 1,50 m
Umístění zatížení	Zvláštní vozidlo se pohybuje v ideální stopě v prostoru všech zatěžovacích pruhů podle čl. A.3 (2), přičemž se uvažuje možná odchylka od této polohy $\pm 0,50$ m.
Kombinace zatížení	Po celé délce mostu musí být vyloučena veškerá ostatní doprava.
Rychlost	Normální (≤ 70 km/h)
Dynamický součinitel	Ano, $\varphi = 1,25$
Poznámka	Jedná se o jediné vozidlo na mostě.

Tabulka 5: Definice zvláštních vozidel pro silnice I. a II. třídy.[5]

Most bude převádět silnici I. třídy, takže se uvažuje zatížení 1800/200 a je třeba aplikovat dynamický součinitel 1,25. Zatížení 9 nápravami bude aplikováno v pruhu 1 a v ostatních bude zachováno zatížení z modelu LM1.



Obrázek 15: Model zatížení LM3 rozmístěný na vozovce.

Model zatížení LM4

Zatížení vyvolané pohybem davu lidí $q_k = 5$ kN/m². Po aplikaci na danou šířku zatížení odpovídá $q_k = 60,25$ kN/m.

Brzdné a rozjezdové síly

Brzdnou sílu uvažujeme jako podélnou, jejíž působiště je v úrovni povrchu vozovky. Její charakteristická hodnota je pro celou šířku mostu část celkového maximálního svislého zatížení LM1 umístěného na zatěžovacím pruhu 1 a je omezená na 900 kN.

$$Q_{1k} = 0,6 * \alpha_{Q1} * (2 * Q_{1k}) + 0,10 * \alpha_{q1} * q_{1k} * w_1 * L = 1656 \text{ kN}$$

Pokud aplikuji výpočet dle vzorce, vychází velikost brzdné síly větší než 900 kN, proto tedy uplatním brzdnou sílu o velikosti 900 kN. Velikost rozjezdových sil odpovídá velikosti brzdných sil a opačnému směru.

Dále je nutné uvážit brzdné a rozjezdové síly pro model LM3, protože se vozidlo může pohybovat normální rychlostí. Jejich velikost bude rovněž 900 kN a spolu s nimi bude působit svislé zatížení modelu LM3.

Jelikož působí několik jednotlivých zatěžovacích systémů, je třeba uvažovat se sestavami zatížení. Ty se řídí následující tabulkou.

	Vozovka						Chodníky a cyklistické pruhy
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	charakte. hodnota				1)	1)	kombinační hodnota 3 kN/m ²
gr1b		charakte. hodnota					
gr2	časté hodnoty				charakte. hodnota	charakte. hodnota	
gr3 ³⁾							charakte. hodnota ²⁾
gr4				charakte. hodnota			charakte. hodnota
gr5	viz. údaje u LM3		charakte. hodnota				
Hlavní složka zatížení (označená jako složka příslušející k sestavě)							

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

²⁾ pokud je účinek od zatížení pouze jednoho chodníku nepříznivější než při zatížení obou chodníků, má se uvažovat zatížení pouze na jednom chodníku

³⁾ tato sestava nemá praktický význam, pokud se uvažuje sestava gr4

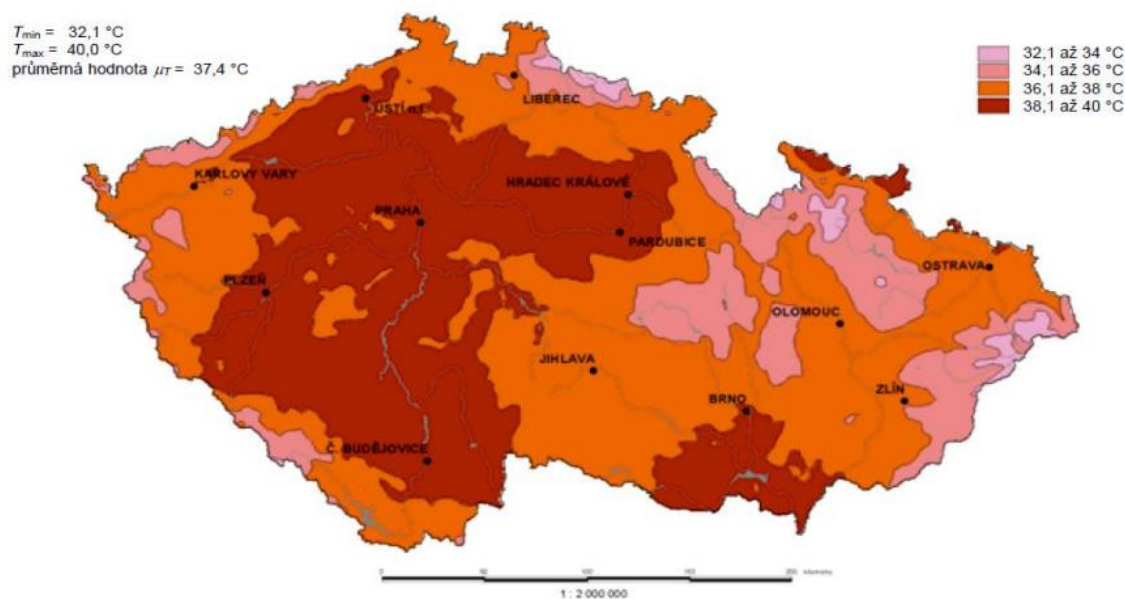
Tabulka 6: Sestavy zatížení dopravou (charakteristické hodnoty vícesložkových zatížení) [5]

3.3.2. Teplota

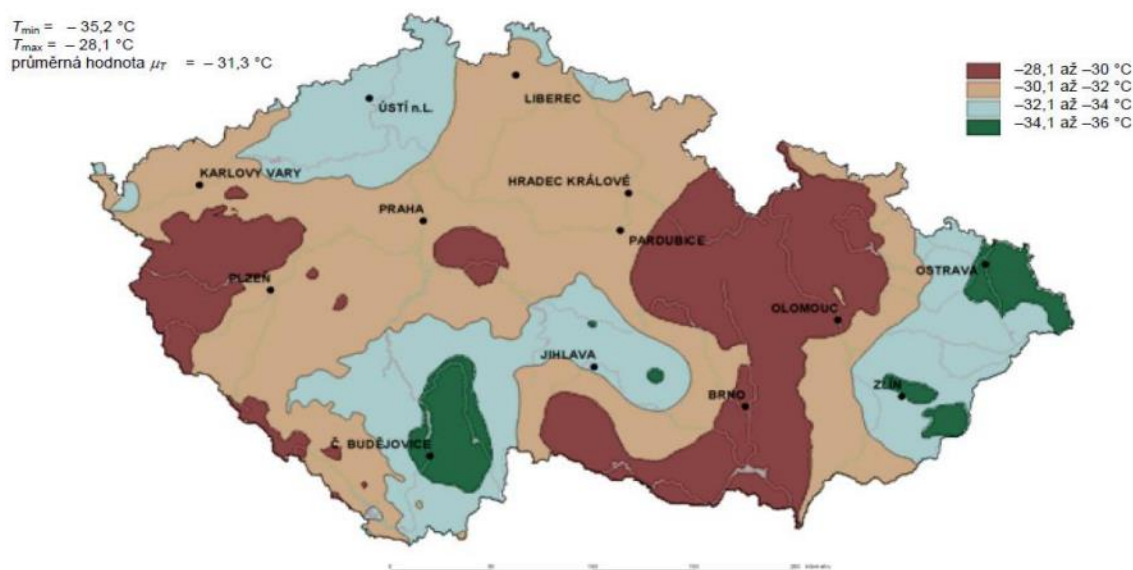
Rovnoměrná

Zatížení teplotou má dva extrémy a to nejvyšší možná teplota (oteplení konstrukce) a nejnižší teplota (ochlazení).

Z mapy vyčteme maximální a minimální teplotu vzduchu ve stínu v místě mostu. $T_{\max} = 39\text{ °C}$, $T_{\min} = -32\text{ °C}$

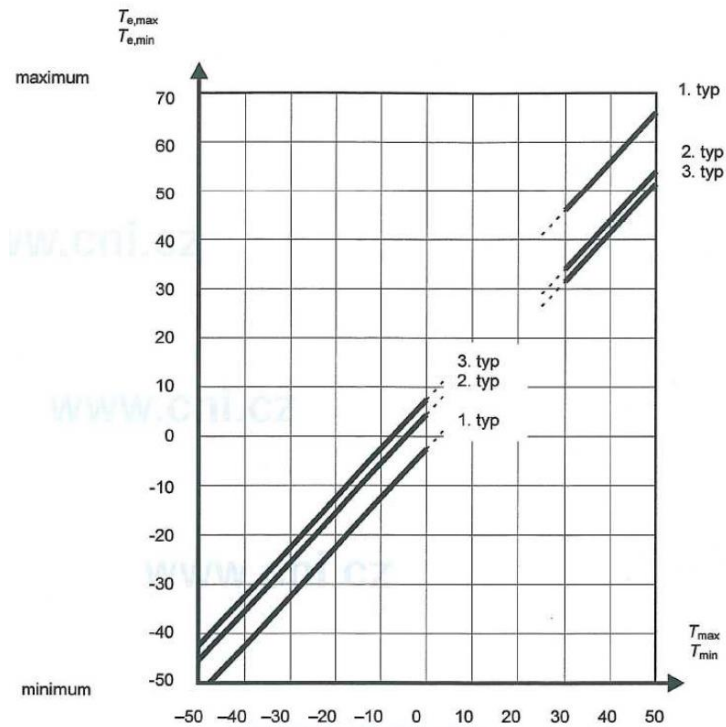


Obrázek 16: Hodnoty maximální teploty vzduchu ve stínu, která je překročena ročními maximy s pravděpodobností 0,02. [9]



Obrázek 17: Hodnoty minimální teploty vzduchu ve stínu, která je překročena ročními minimy s pravděpodobností 0,02. [9]

Velikost maximální a minimální složky odvodíme z grafu v závislosti na typu konstrukce, což je v mém případě betonová, tj. 3. typ.



Obrázek 18: Vztah mezi minimální/maximální teplotou vzduchu ve stínu (T_{min}/T_{max}) a minimální/maximální rovnoměrnou složkou teploty konstrukce ($T_{e,min}/T_{e,max}$). [9]

Ze závislosti z grafu dostaneme, že rovnoměrná složka minimální teploty konstrukce je $T_{e,min} = -24 \text{ } ^\circ\text{C}$ a maximální teploty $T_{e,max} = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$.

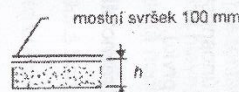
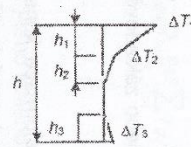
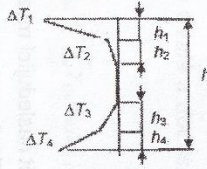
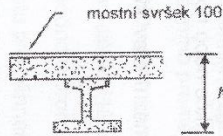
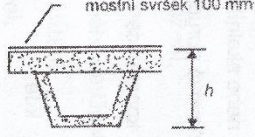
Charakteristická hodnota rovnoměrné teploty je po uvážení počáteční teploty konstrukce ($T_0 = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$):

$$\Delta T_{N,con} = -T_0 + T_{e,min} = -10 - 24 = -34 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

Nerovnoměrná

Zatížení nerovnoměrnou teplotou bude simulovat stav, kdy je v noci poměrně chladno a ráno začne mostovku zahřívát slunce. Teplota konstrukce se tak bude nerovnoměrně měnit a v konstrukci bude vznikat pnutí. Nerovnoměrnou složkou teploty zatížím mostovku po celé délce.

Typ konstrukce	Rozdíly teplot ΔT																																																																	
	(a) oteplení	(b) ochlazení																																																																
 <p>mostní svršek 100 mm</p> <p>Typ 3.a: betonová desková konstrukce</p>	 <p>$h_1 = 0,3 h$, avšak $\leq 0,15$ m $h_2 = 0,3 h$, avšak $\geq 0,10$ m avšak $\leq 0,26$ m $h_3 = 0,3 h$, avšak $\leq (0,10 +$ tloušťka mostního svršku v m) pro tenké desky je h_3 omezeno $h - h_1 - h_2$)</p>	 <p>$h_1 = h_4 = 0,20 h$, avšak $\leq 0,25$ m $h_2 = h_3 = 0,25 h$, avšak $\leq 0,20$ m</p>																																																																
 <p>mostní svršek 100 mm</p> <p>Typ 3.b: betonový nosník</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>h</th> <th>ΔT_1</th> <th>ΔT_2</th> <th>ΔT_3</th> </tr> <tr> <th>m</th> <th colspan="3">°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\leq 0,2$</td> <td>8,5</td> <td>3,5</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>12,0</td> <td>3,0</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>13,0</td> <td>3,0</td> <td>2,0</td> </tr> <tr> <td>$\geq 0,8$</td> <td>13,0</td> <td>3,0</td> <td>2,5</td> </tr> </tbody> </table>	h	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	m	°C			$\leq 0,2$	8,5	3,5	0,5	0,4	12,0	3,0	1,5	0,6	13,0	3,0	2,0	$\geq 0,8$	13,0	3,0	2,5	<table border="1"> <thead> <tr> <th>h</th> <th>ΔT_1</th> <th>ΔT_2</th> <th>ΔT_3</th> <th>ΔT_4</th> </tr> <tr> <th>m</th> <th colspan="4">°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\leq 0,2$</td> <td>-2,0</td> <td>-0,5</td> <td>-0,5</td> <td>-1,5</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>-4,5</td> <td>-1,4</td> <td>-1,0</td> <td>-3,5</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>-6,5</td> <td>-1,8</td> <td>-1,5</td> <td>-5,0</td> </tr> <tr> <td>0,8</td> <td>-7,6</td> <td>-1,7</td> <td>-1,5</td> <td>-6,0</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>-8,0</td> <td>-1,5</td> <td>-1,5</td> <td>-6,3</td> </tr> <tr> <td>$\geq 1,5$</td> <td>-8,4</td> <td>-0,5</td> <td>-1,0</td> <td>-6,5</td> </tr> </tbody> </table>	h	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	ΔT_4	m	°C				$\leq 0,2$	-2,0	-0,5	-0,5	-1,5	0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5	0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0	0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0	1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3	$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5
h	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3																																																															
m	°C																																																																	
$\leq 0,2$	8,5	3,5	0,5																																																															
0,4	12,0	3,0	1,5																																																															
0,6	13,0	3,0	2,0																																																															
$\geq 0,8$	13,0	3,0	2,5																																																															
h	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	ΔT_4																																																														
m	°C																																																																	
$\leq 0,2$	-2,0	-0,5	-0,5	-1,5																																																														
0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5																																																														
0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0																																																														
0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0																																																														
1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3																																																														
$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5																																																														
 <p>mostní svršek 100 mm</p> <p>Typ 3.c: betonový kantonový nosník</p>																																																																		

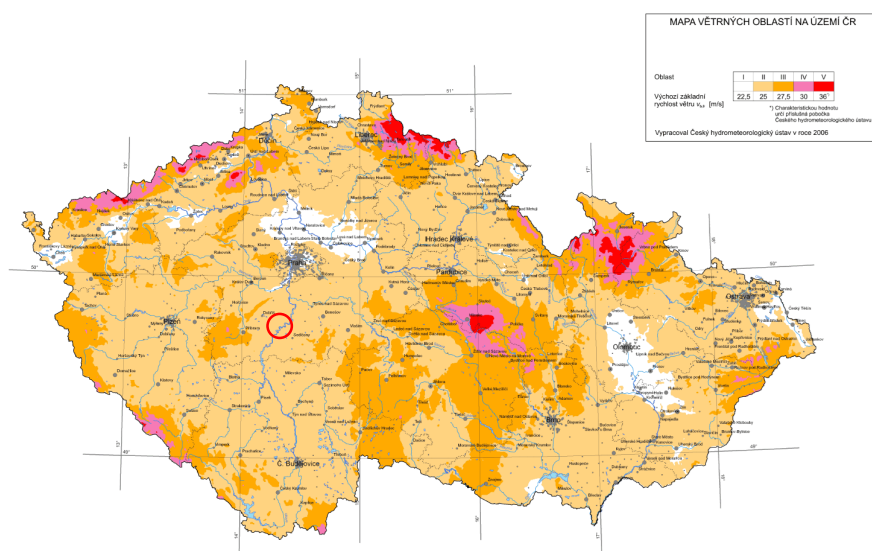
Tabulka 7: Rozdíly teplot pro betonové konstrukce typu 3. [5]

Tabulka 7 platí, pokud je na mostovce svršek tloušťky 100 mm. Je tedy třeba hodnoty přepočítat pro tloušťku svršku 135 mm. Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

Výška průřezu	h [m]	0,8
Tloušťka mostního svršku [m]		0,135
Výchozí teplota	T_0 [°C]	15
Oteplení		
rozložení teploty po průřezu		
ΔT_1 [°C]	11,05	h_1 [m] 0,15
ΔT_2 [°C]	2,65	h_2 [m] 0,24
ΔT_3 [°C]	2,15	h_3 [m] 0,235
Ochlazení		
rozložení teploty po průřezu		
ΔT_1 [°C]	-6,34	h_1 [m] 0,16
ΔT_2 [°C]	-1,42	h_2 [m] 0,2
ΔT_3 [°C]	-1,64	h_3 [m] 0,2
ΔT_4 [°C]	-6,14	h_4 [m] 0,16

Tabulka 8: Nerovnoměrná složka teploty pro svršek tloušťky 135 mm.

3.3.3. Vítr



Z mapy vyčteme, že se nacházíme ve větrné oblasti I., kde je výchozí základní rychlost větru 22,5 m/s. Kategorie terénu je II., což odpovídá oblasti s nízkou vegetací. Výška mostu nad terénem je 23 m. Součinitele c_{dir} a c_{season} se rovnají 1,0.

$$c_{r(z)} = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

$$c_{r(z)} = 1,165$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)$$

$$k_r = 0,190$$

$$I_{v(z)} = \frac{k_I}{c_{0(z)} \cdot \ln(z/z_0)}$$

$$I_{v(z)} = 0,163$$

Základní rychlost větru:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot c_{r(z)} \cdot v_{b,0}$$

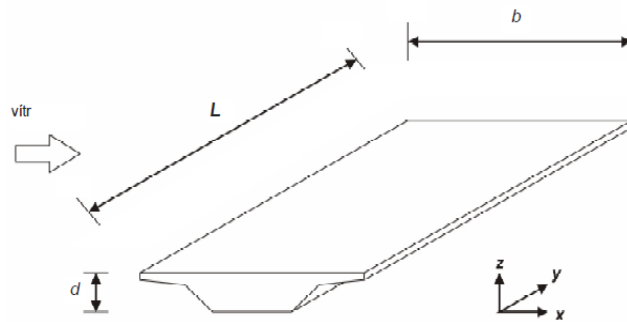
$$v_b = 26,211 \text{ m/s}$$

Tlak větru ve výšce z:

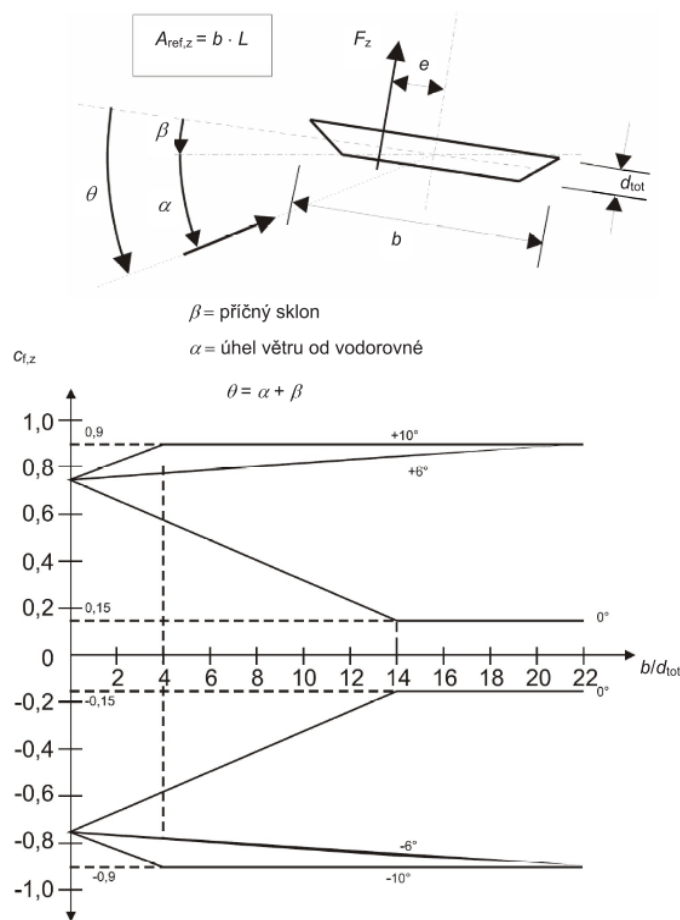
$$q_{p(z)} = \left[1 + 7 \cdot I_{v(z)}\right] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2$$

$$q_{p(z)} = 0,920 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení větrem je na konstrukci aplikováno ve všech třech směrech.



Obrázek 19: Směry zatížení větrem na mostech. [5]



Obrázek 20: Součinitel síly $c_{f,z}$ pro mosty s příčným náklonem a při šikmo nabíhajícím větru. [5]

Velikost jednotlivých složek je ovlivněna jednotlivými rozměry mostu, druhem mostu (silniční), jaká zde budou instalována záchytná zařízení (svodidlo se svodnicí) a typ a výška zábradlí (prodyšné, 1,3 m).

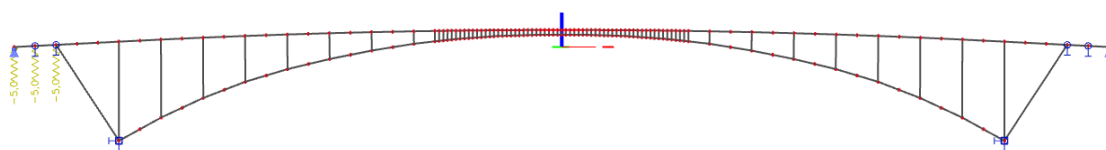
$$q_{w,x} = 3,131 \text{ kN/m}$$

$$q_{w,y} = 6,967 \text{ kN/m}$$

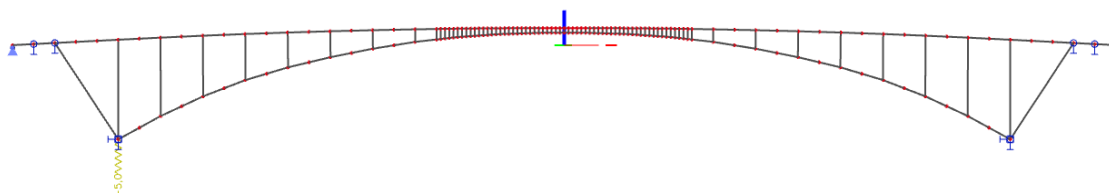
$$q_{w,z} = 0,783 \text{ kN/m}$$

3.3.4. Sedání podpor

Jelikož se jedná o staticky neurčitou konstrukci, pokles podpory vyvolá vznik vnitřních sil. Využijeme toho, že je konstrukce symetrická, tudíž nemusíme prověřovat pokles každé podpory. Jedním zatěžovacím stavem tedy bude pokles opěry vlevo a dalším pokles základu oblouku vlevo. Z těchto zatěžovacích stavů bude do kombinací zatížení zařazen ten, který vyvolá nepříznivější odezvu konstrukce.



Obrázek 21: Pokles podpor 1.



Obrázek 22: Pokles podpor 2.

3.5. Kombinace zatížení

3.4.1. Mezní stavy únosnosti

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

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

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

kde je:

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

Ze vztahů [6.10a] a [6.10b] vybereme méně příznivou kombinaci. Vztah [6.10] by mohl vést k ne hospodárnému návrhu. [5]

3.4.2. Mezní stavy použitelnosti

Charakteristická kombinace zatížení (obvykle pro nevratné mezní stavy):

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

Častá kombinace zatížení (obvykle pro vratné mezní stavy):

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

Kvazistálá kombinace zatížení (obvykle pro dlouhodobé účinky zatížení a vzhled konstrukce):

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

Občasná kombinace zatížení (pouze pro mosty pozemních komunikací):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,\text{inf } q} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{1,i} Q_{k,i}$$

Zatížení	Značka		ψ_0	ψ_1	ψ_2	$\psi_{1,infq}$
Zatížení dopravou	gr1a (LM1 + zatížení chodci nebo cyklisty) ¹⁾	TS (dvojnápravy)	0,75	0,75	0,0	0,80
		UDL (rovnom. zat.)	0,40	0,40	0,0	0,80
	zatížení chodci + zatížení cyklisty ²⁾		0,40	0,40	0,0	0,80
	gr1b (jednotlivá náprava)		0,0	0,75	0,0	0,80
	gr2 (vodorovné síly)		0,0	0,0	0,0	1,00
	gr3 (zatížení chodci)		0,0	0,0	0,0	0,80
gr4 (LM4 – zatížení davem lidí)		0,0	0,75	0,0	0,80	
gr5 (LM3 – zvláštní vozidla)		0,0	0,0	0,0	1,00	
Zatížení větrem	F_{wk}					
	- trvalé návrhové situace		0,60	0,20	0,0	0,60
	- provádění		0,80	-	0,0	1,00
	F_w^*		1,00	-	-	1,00
Zatížení teplotou	T_k		0,60 ³⁾	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
¹⁾ Hodnoty součinitelů ψ_0 , ψ_1 a ψ_2 pro gr1a a gr1b jsou uvedeny pro zatížení silniční dopravou, která odpovídá regulačním součinitelům α_{ql} , α_{q1} , α_{qr} a β_Q rovným 1. ²⁾ Kombinační hodnota zatížení od chodců a cyklistů je redukována hodnota. Součinitele ψ_0 a ψ_1 odpovídají této hodnotě. ³⁾ Doporučenou hodnotu ψ_0 pro zatížení teplotou lze ve většině případů snížit až na nulu pro mezní stavy únosnosti EQU, STR a GEO.						

Tabulka 9: Hodnoty součinitelů ψ pro mosty pozemních komunikací. [5]

4. Optimalizace tvaru

4.1. Oblouk

Správný výškový průběh střednice oblouku je nejen důležitým estetickým prvkem, ale především jde o ideální rozložení namáhání konstrukce.

Jde nám především o to přenést co největší část zatížení tlakovou normálovou silou a minimalizovat ohybové účinky. Jako ideální se jeví popis střednice pomocí paraboly 4. stupně. [4]

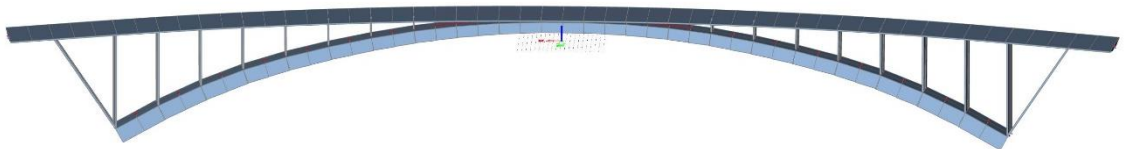
Po prvotním výpočtu se ukázalo, že rozložení momentů na oblouku není ideální. Moment M_y dosahoval násobně vyšších hodnot zejména ve vetknutí. Toto rozložení by nebylo výhodné, i přes to, že průřez oblouku je v místě vetknutí nejmasivnější. Průřez ve vetknutí by byl využit na maximum, ale ostatní průřezy nikoliv. V několika krocích jsem tedy upravila výškový průběh oblouku. Po úpravě tvaru došlo k přijatelnému rozdělení momentu M_y , kdy absolutní velikost záporných i kladných zhruba odpovídá.

Dosáhnout ideálního tvaru střednice v rovině xz se ukázalo být tím menším problémem. Jelikož se jedná o půdorysně i výškově zakřivenou konstrukci, dojde při zatížení definitního modelu vlastní tíhou ke vzniku nemalých ohybových momentů M_z . V tomto prostorově působícím modelu je nutné si uvědomit, jak dojde ke vzniku momentu M_z . Na konstrukci aplikujeme vlastní tíhu jako svislé spojité zatížení. Pokud by to byl půdorysně přímý oblouk, dojde pouze ke vzniku M_y . V případě zakřivené konstrukce je vhodné si představit výslednici, která bude tečnou vycházející ze střednice. Vykreslíme si všechny 3 složky výslednice a zjistíme, že generuje spojité zatížení ve vodorovné rovině a tím pádem způsobuje nárůst momentu M_z . Tento rozklad nám dá zřetelnější informaci o způsobu namáhání. Průběh M_z po prvotním výpočtu je také velmi nevyrovnaný, jako v případě M_y a je tedy zřejmé, že kružnice není vhodný tvar zakřivení. Ideálnější tvarem se ukazuje křivka připomínající parabolou, nebo klotoidu. Zjednodušeně řečeno je nutné jít ze středu oblouku s větší křivostí, která se k okrajům snižuje, až se přimkne k přímce.

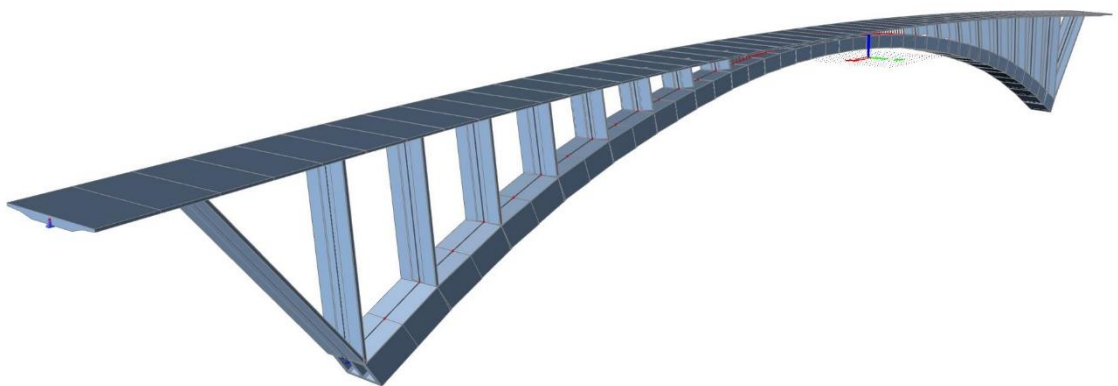
4.2. Mostovka

Tvar střednice mostovky věrně kopíruje tvar směrového oblouku trasy, který sestává z kružnicového oblouku. Oproti půdorysnému tvaru zakřivení oblouku se střednice navzájem (myšleno v půdorysné rovině) vzdalují nejvýše o 80 cm. Tato hodnota je zanedbatelná v porovnání s celkovými rozměry konstrukce. Je nasnadě otázka proč střednice mostovky nekopíruje půdorysný tvar oblouku. Toto řešení jsem vymodelovala, ale vedlo ke zhoršení průběhu vnitřních sil na mostovce, proto střednice mostovky kopíruje vedení trasy, tzn. kružnicový oblouk.

5. Definitivní model



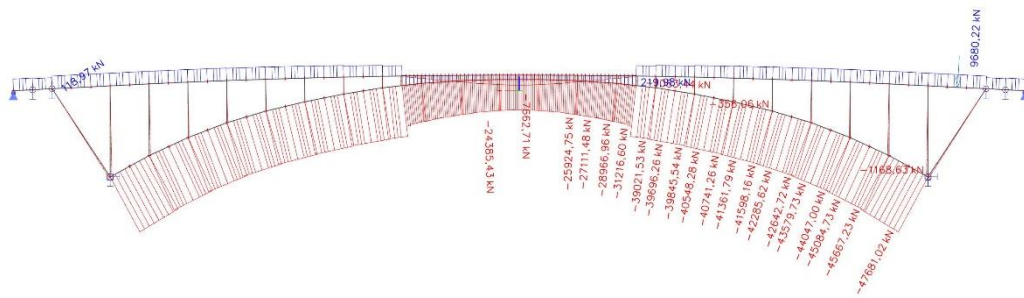
Obrázek 23: Model konstrukce.



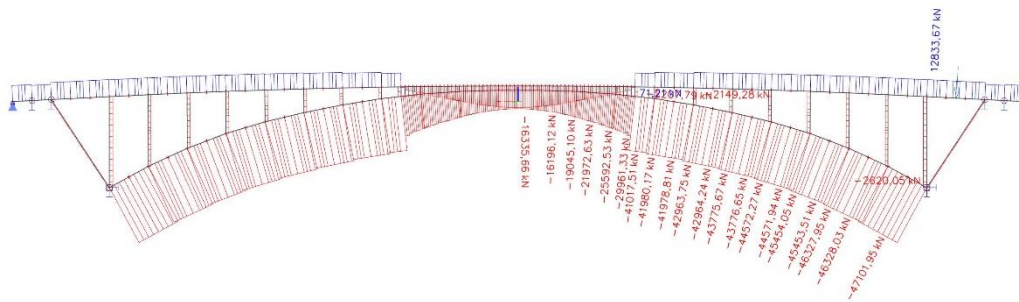
Obrázek 24: Perspektivní pohled.

5.1. Vnitřní síly

Průběhy vnitřních sil, které uvádím, jsou pouze výběrem toho nejzásadnějšího ovlivnění konstrukce. Je logické, že například rovnoměrné oteplení celé konstrukce má podobně zásadní vliv jako rovnoměrné ochlazení. Avšak v případě oteplení dochází ke vzniku velké hodnoty tlaku v mostovce. Naproti tomu v případě ochlazení vzniká tah a to je pro předpjatou konstrukci zásadnější. V kombinacích jsem však však uvážila vliv oteplení i ochlazení jako hlavních proměnných zatížení.

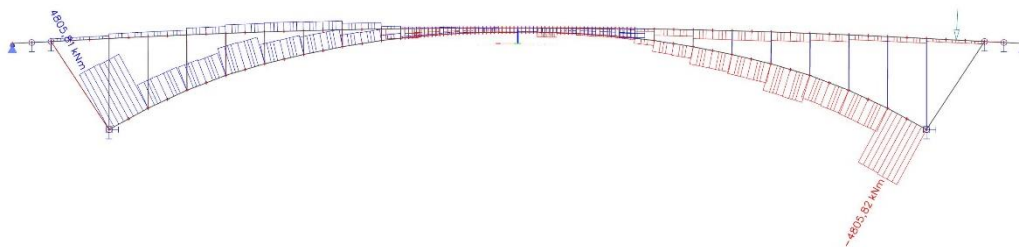


Obrázek 25: Průběh normálové síly od vlastní tíhy oblouku.



Obrázek 26: Průběh normálové síly od vlastní tíhy mostovky.

Jak bylo zmíněno výše samokotvené konstrukce obloukových mostů vyvozují v mostovce vznik tahového namáhání, které bude nutné postihnout dostatečnou hodnotou předpětí.

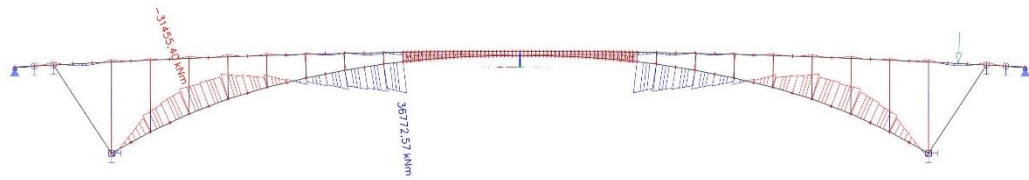


Obrázek 27: Průběh krouticího momentu od vlastní tíhy mostovky.

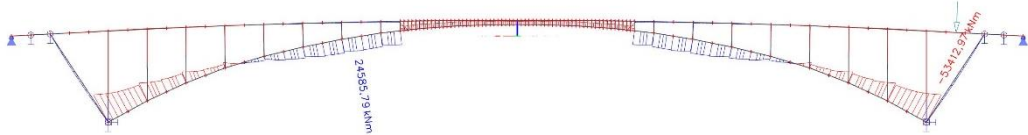


Obrázek 28: Průběh krouticího momentu od vlastní tíhy oblouku.

Protože se jedná o půdorysně zakřivenou konstrukci, nevyhne se vzniku krouticího momentu. Ten bude nutné postihnout dostatečnou výztuží působící v kroucení.

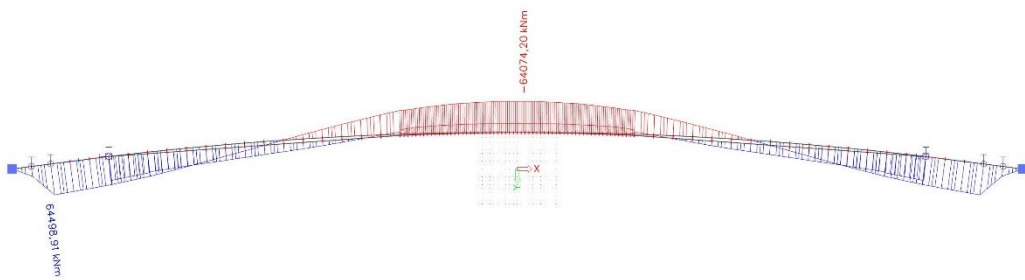


Obrázek 29: Průběh momentu M_y od vlastní tíhy mostovky.

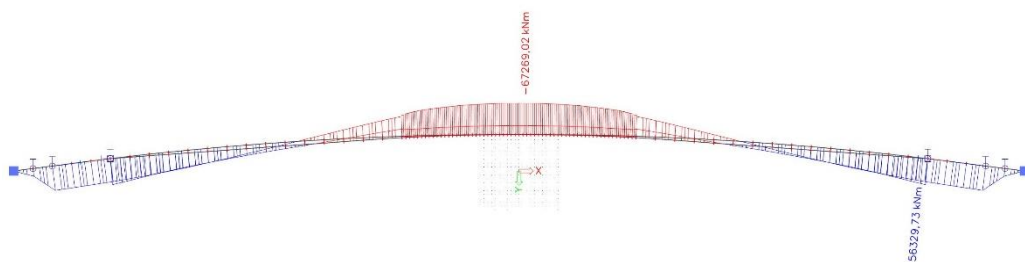


Obrázek 30: Průběh momentu M_y od vlastní tíhy oblouku.

Na průbězích momentu M_y můžeme pozorovat, že kladná i záporná velikost momentu si vzájemně přibližně odpovídají, což bylo dosaženo zlepšením výškového průběhu střednice oblouku.

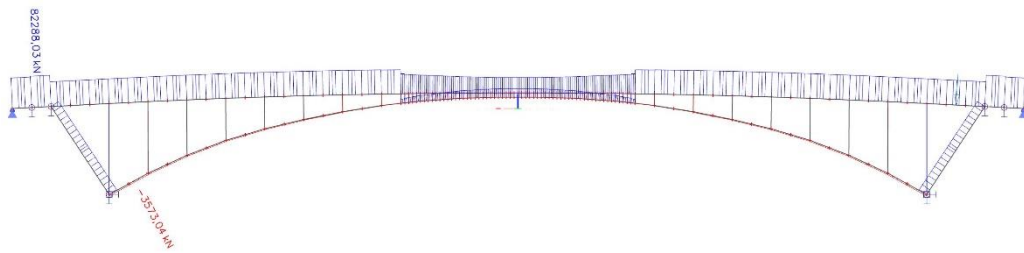


Obrázek 31: Průběh momentu M_z od vlastní tíhy mostovky.



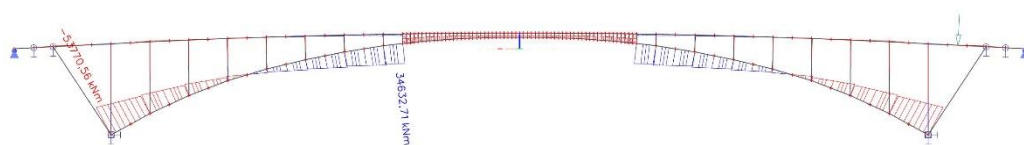
Obrázek 32: Průběh momentu M_z od vlastní tíhy oblouku.

A dostáváme se i k průběhu momentu M_z , jehož velikost zpočátku dosahovala v místě vetknutí oblouku bezmála dvojnásobné hodnoty. Díky snížení křivosti střednice ze středu směrem k opěrám mostovky byla jeho hodnota značně eliminována.

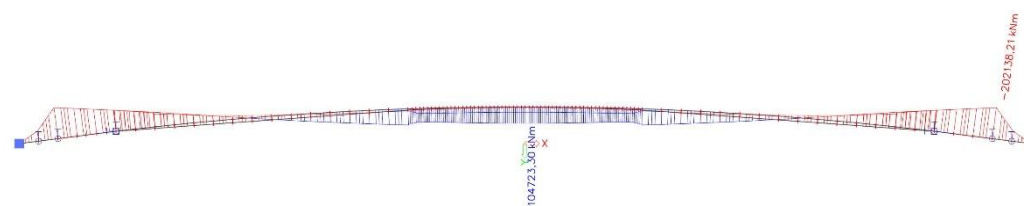


Obrázek 33: Normálová síla od rovnoměrného ochlazení.

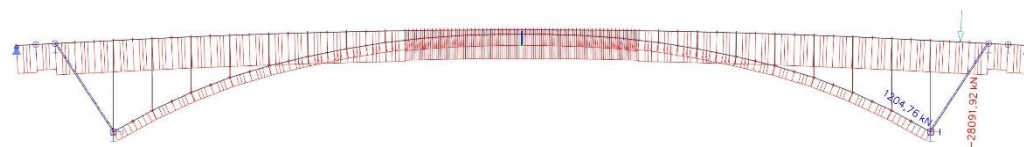
Jak se dalo očekávat, po zatížení konstrukce rovnoměrným ochlazením dojde ke vzniku poměrně vysoké hodnoty tahu v mostovce.



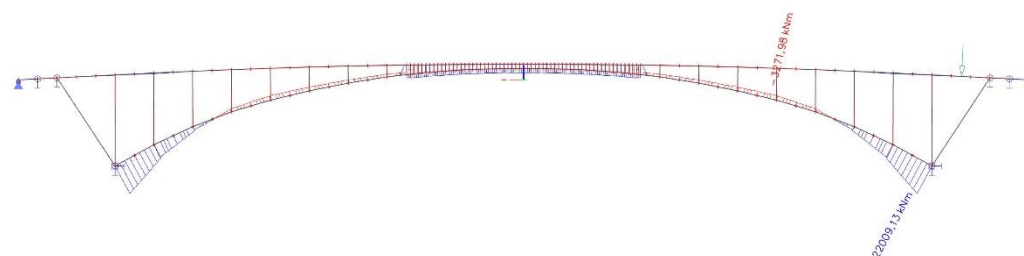
Obrázek 34: Průběh momentu M_y od rovnoměrného ochlazení.



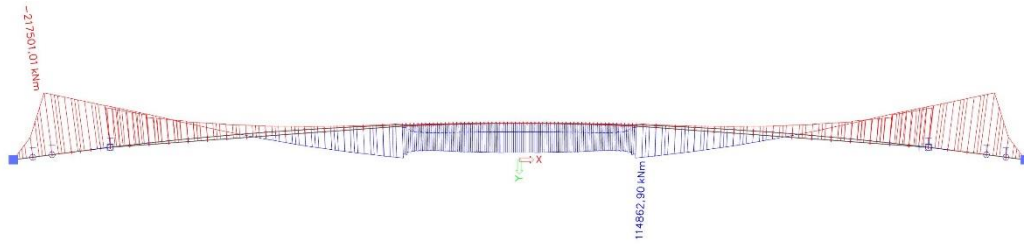
Obrázek 35: Průběh momentu M_z od ochlazení.



Obrázek 36: Průběh normálové síly od předpětí.



Obrázek 37: Průběh momentu M_y od předpětí.



Obrázek 38: Průběh momentu M_z od předpětí.

Aplikace předpětí není v programu Scia Engineer ideální. Jak jsem již zmínila, v průběhu návrhu se ukázalo, že po zavedení dodatečně předepnuté výztuže se soudržností, dochází až k nesmyslným nárůstům hodnot ztrát předpětí v místech lomu střednice mostovky. Vede to k několika úskalím. Vzhledem ke složitosti modelu jsem zavedla alespoň dodatečně předepnutou výztuž bez soudržnosti (volnou). Tento krok dokáže nasimulovat chování konstrukce po vnesení tlakové síly do mostovky a díky tomu nám dává představu o jeho vlivu. Problém je, že u volných kabelů nejde definovat svislá změna excentricity vedení předpínací výztuže, která by reálně nastala, protože mostovka je de facto spojitý nosník. Předpětí je tedy vedeno centricky a nepomáhá vyrovnat ohybové momenty M_y . Další problém na podobné bázi je moment M_z v rovině xy , který centrické předpětí vyvodí. Do určité míry je výhodný, protože dokáže pokrýt moment M_z od vlastní tíhy. Jeho velikost však roste neúměrně k velikosti tlakové síly, kterou bychom potřebovali vnést do mostovky. Centrické předpětí chce konstrukci v podstatě uvést do přímého směru. Hodnotu momentu M_z bychom přitom taktéž mohli částečně ovlivnit změnou excentricity předpínací výztuže ve vodorovném směru.

Je tedy nutné simulovat účinky excentrického předpětí pomocí dopočítání náhradního spojitého zatížení, jež by jím bylo vyvoláno.



Obrázek 39: Vyznačení posuzovaných řezů.

5.2. Kombinace MSÚ

Oblouk ve vetknutí		N	V _y	V _z	M _x	M _y	M _z
hlavní proměnné zatížení							
gr1a	[6.10a]	-145418	-4679	-9400	-20041	-60802	23151
vítr		-145418	-4679	-9400	-20041	-60802	23151
gr1a	[6.10b]	-147298	-4684	-10637	-20615	-79395	22747
gr2		-157739	-4914	-12035	-21633	-97396	33134
gr4		-150702	-4714	-9382	-21102	-53515	27612
gr5		-148390	-4702	-11281	-20668	-88210	23230
rov. ochlazení		-135351	-1221	-6844	-34703	-104633	-128893
rov. oteplení		-127687	-759	-6585	-36986	10818	164477
vítr zatížený		-128674	-4710	-8750	-19880	-49074	-4702
pokles podpory 2		-131383	-4333	-8832	-19430	-53974	8815

Tabulka 10: Kombinace zatížení MSÚ v průřezu oblouku ve vetknutí.

Oblouk před spojením s mostovkou		N	V _y	V _z	M _x	M _y	M _z
hlavní proměnné zatížení							
gr1a	[6.10a]	-124429	-190	-5151	-853	98652	-40627
vítr		-124429	-190	-5151	-853	98652	-40627
gr1a	[6.10b]	-126319	-404	-6227	-1084	115162	-40135
gr2		-135080	-617	-7206	-1234	131992	-42254
gr4		-129459	-401	-5417	-1023	105131	-39614
gr5		-127177	-474	-6682	-1136	122895	-40657
rov. ochlazení		-113251	-585	-5396	-119	124963	-32314
rov. oteplení		-112677	-657	-5487	-8	50605	-41529
vítr zatížený		-110291	-150	-4928	-925	87101	-35160
pokles podpory 2		-112497	-92	-4736	-874	90963	-36633

Tabulka 11: Kombinace zatížení MSÚ v průřezu oblouku před spojením s mostovkou.

Mostovka ve spojení se šikmou vzpěrou		N	V _y	V _z	M _x	M _y	M _z
hlavní proměnné zatížení							
gr1a	[6.10a]	-116349	-16487	-2170	107	-4644	-58477
vítr		-116349	-16487	-2170	107	-4644	-58477
gr1a	[6.10b]	-111292	-19581	-3413	73	-7079	-55504
gr2		-106768	-21377	-4343	30	-8949	-41843
gr4		-114407	-20436	-2515	134	-5665	-49173
gr5		-110474	-19708	-3881	70	-8173	-54572
rov. ochlazení		-21926	10581	-1657	134	-5743	-166268
rov. oteplení		-213220	14627	-1604	134	-2598	125512
vítr zatížený		-120904	-17142	-2052	92	-4207	-88356
pokles podpory 2		-112959	-17164	-1713	134	-5516	-73250

Tabulka 12: Kombinace zatížení MSÚ v průřezu mostovky ve spojení se šikmou vzpěrou.

Mostovka před spojením s obloukem		N	V _y	V _z	M _x	M _y	M _z
hlavní proměnné zatížení							
gr1a	[6.10a]	-116180	-6156	-2549	135	6882	-21712
vítr		-116180	-6156	-2549	135	6882	-21712
gr1a	[6.10b]	-111869	-6266	-3519	72	8521	-23189
gr2		-107098	-6642	-4306	-13	9971	-32383
gr4		-114050	-6345	-2784	115	7596	-28398
gr5		-111284	-6318	-3458	50	8993	-23224
rov. ochlazení		-44088	-7257	-2614	841	9084	95658
rov. oteplení		-190794	-3962	-2023	-552	3258	-128526
vítr zatížený		-120414	-5980	-2370	159	6089	57
pokles podpory 2		-119192	-5726	-2336	189	6409	-9442

Tabulka 13: Kombinace zatížení MSÚ v průřezu mostovky před spojením s obloukem.

Vzpěra		N	V _y	V _z	M _x	M _y	M _z
hlavní proměnné zatížení							
gr1a	[6.10a]	-3816	364	-17	23	94	1882
vítr		-3816	364	-17	23	94	1882
gr1a	[6.10b]	-4965	353	-21	23	161	1633
gr2		-6065	306	-24	20	204	570
gr4		-4364	332	-18	21	85	1131
gr5		-5812	349	-22	23	180	1535
rov. ochlazení		-2998	1103	-12	71	137	8348
rov. oteplení		-3674	-361	-22	-23	49	-6038
vítr zatížený		-3159	347	-25	24	129	4387
pokles podpory 2	-3034	431	-18	28	108	2988	

Tabulka 14: Kombinace zatížení MSÚ v průřezu šikmé vzpěry.

5.3. Kombinace MSP

Oblouk ve vetknutí		N	M _y	M _z
Charakteristická kombinace	min	-129432	-111970	-118106
	max	-104101	2209	139095
Častá kombinace	min	-115804	-73910	-58413
	max	-100897	-4466	95908
Kvazistálá kombinace	min	-105293	-59819	-44749
	max	-101933	-9211	83851

Tabulka 15: Kombinace MSP pro průřez oblouku ve vetknutí.

Oblouk ve vetknutí		N	M _y	M _z
Charakteristická kombinace	min	-108997	42876	-36711
	max	-100532	115075	-25963
Častá kombinace	min	-97863	46067	-33594
	max	-97561	83980	-27330
Kvazistálá kombinace	min	-88710	49122	-31851
	max	-98458	71718	-26253

Tabulka 16: Kombinace MSP pro průřez oblouku před spojením s mostovkou.

Mostovka před spojením s obloukem		N	M _y	M _z
Charakteristická kombinace	min	-141586	2735	-109193
	max	-22630	9425	87352
Častá kombinace	min	-120352	2912	-75726
	max	-48978	6768	43900
Kvazistálá kombinace	min	-114776	3152	-64814
	max	-55298	5706	33459

Tabulka 17: Kombinace MSP pro průřez mostovky před spojením s obloukem.

Mostovka ve spojení se šikmou vzpěrou		N	M _y	M _z
Charakteristická kombinace	min	-158561	-7787	-121984
	max	-3666	-2156	68264
Častá kombinace	min	-131168	-4251	-159346
	max	-38231	-1360	57952
Kvazistálá kombinace	min	-123908	-2868	-139132
	max	-46460	-1489	51116

Tabulka 18: Kombinace MSP pro průřez mostovky ve spojení se šikmou vzpěrou.

Vzpěra		N	M _y	M _z
Charakteristická kombinace	min	-5049	30	-5861
	max	-3322	170	6387
Častá kombinace	min	-3136	-23	-3338
	max	-3073	53	3463
Kvazistálá kombinace	min	-2471	-17	-2674
	max	-2024	21	1950

Tabulka 19: Kombinace MSP pro šikmou vzpěru.

6. Posouzení průřezů

Při posouzení jednotlivých průřezů musíme zohlednit průběh výstavby. Jde především o to, že z modelu, jenž reprezentuje finální podobu konstrukce, dostaneme hodnoty vnitřních sil, které nebudou reálně vznikat v dokončené konstrukci. Definitivní model je důležitý hlavně pro návrh celkové geometrie konstrukce a z něj získané vnitřní síly pro předběžné ověření, že použité průřezy by mohli být dostatečné svou dimenzí. Avšak při posouzení průřezu je důležité vzít v potaz již zmíněný postup výstavby. Je vícero možností, jak uvážit vzájemné ovlivnění starších a mladších konstrukčních částí. Budu postupovat úvahou, že vlastní tíha oblouku ovlivní mostovku zhruba 15 % a naopak, že vlastní tíha mostovky ovlivní oblouk 15 %. Vycházím především z faktu, že dojde v prvním kroku k postupnému vybetonování oblouku, ale žádná další vlastní tíha jiných částí zde nepůsobí. Proto nemohu vzít plnou hodnotu vnitřních sil definitivního modelu, který obsahuje vlastní tíhu i všech dalších konstrukčních prvků nad obloukem. Ke zpřesnění hodnot vnitřních sil a následně i posouzení průřezů samozřejmě dojde po rozfázování modelu. Jedna nepřesnost však přetrvává i po rozfázování modelu. Dojde k zanedbání smrštění a dotvarování betonu. Tato skutečnost vychází z povahy programu Scia Engineer, který ve fázích výstavby tyto jevy nedokáže zohlednit.

6.1. Posouzení MSÚ

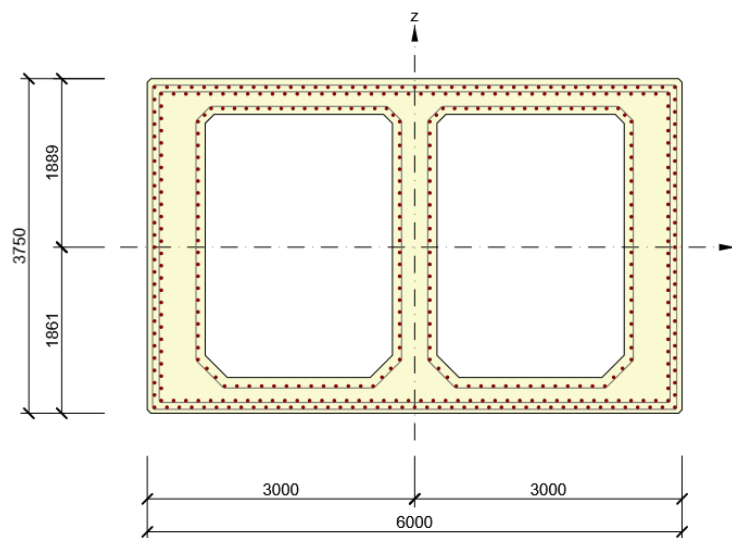
Posouzení průřezů proběhne za pomoci programu Idea StatiCa.

Průřez oblouku ve vetknutí

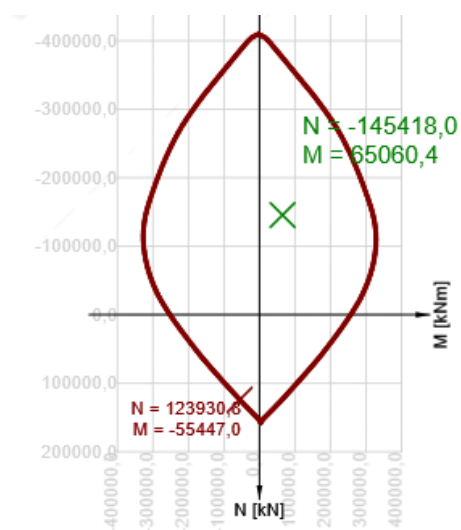
Protože jsou následující největší hodnoty kombinací 6.10a a 6.10b vzájemně podstatně rozdílné posoudím průřez na obě kombinace.

	N	V _y	V _z	M _x	M _y	M _z
[6.10a]	-145418	-4679	-9400	-20041	-60802	23151
[6.10b]	-135351	-1221	-6844	-34703	-104633	-128893

Tabulka 20: Vnitřní síly.



Obrázek 40: Vyztužený průřez.



Obrázek 41: Interakční diagram.

Únosnost N-M-M

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	Typ	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-145418,0	-60802,0	23151,0	Nu-Mu-Mu	44,8	100,0	OK

Návrhová únosnost při působení ohybového momentu a normálové síly

Typ	F_{Ed}	F_{Rd1}	F_{Rd2}
N [kN]	-145418,0	-324552,3	123930,8
M_y [kNm]	-60802,0	-135701,4	51817,8
M_z [kNm]	23151,0	51669,7	-19730,2

Tabulka 21: Posudek únosnosti průřezu oblouku ve vetknutí.

Smyk

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

V_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Posudek zóny	Článek	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
10500,1	-145418,0	23599,9	bez redukce	6.2.3(3)	44,5	100,0	OK

Návrhové hodnoty posouvající síly a únosnosti ve smyku

V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{Rd,r}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
10500,1	9534,3	78848,4	58873,5	23599,9	23599,9

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení smyku

n_c	a_{sw} [mm ² /m]	A_{sl} [mm ²]	b_w [mm]	d [mm]	z [mm]	θ [°]	α [°]	α_{cw} [-]
8	12150	0	1624	5396	4856	45,0	90,0	1,25
$C_{Rd,c}$ [-]	k [-]	k_1 [-]	ρ_1 [-]	σ_{cp} [MPa]	σ_{wd} [MPa]	v_{min} [MPa]	v [-]	v_1 [-]
0,12	1,19	0,15	0,00	5,3	297,7	0,3	0,50	0,60

Tabulka 22: Posouzení smykového namáhání s vysvětlením použitých označení.

Kroucení

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

T_{Ed} [kNm]	T_{Rd} [kNm]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-20041,0	72804,8	27,5	100,0	OK

Návrhové hodnoty kroučícího momentu a únosnosti v kroucení

T_{Ed} [kNm]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	$T_{Rd,s}$ [kNm]	T_{Rd} [kNm]
-20041,0	24244,0	124369,8	72804,8	72804,8

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení kroucení

A_k [mm ²]	u_k [mm]	t_{eff} [mm]	a_{sw} [mm ² /m]	A_{sl} [mm ²]	A_{sp} [mm ²]	θ [°]
18507408	17787	400	4524	339393	0	45,0

Tabulka 23: Posudek namáhání průřezu kroucením.

Interakce

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Hodnota V+T [%]	Hodnota V+T+M [%]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-145418,0	-60802,0	23151,0	10500,1	-20041,0	68,5	23,7	68,5	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (beton)

$V_{Rd,c}$ [kN]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	rce. 6.31 [%]	rce. 6.29 [%]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
9534,3	24244,0	78848,4	124369,8	192,8	29,4	29,4	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (podélná výztuž)

A_{sl} [mm ²]	F_{sl} [kN]	$F_{sl,lim}$ [kN]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
339393	20130,5	158132,8	12,7	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (smyková výztuž)

a_{sw} [mm ² /m]	F_{sw} [kN]	$F_{sw,lim}$ [kN]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
2262	673,3	983,5	68,5	100,0	OK

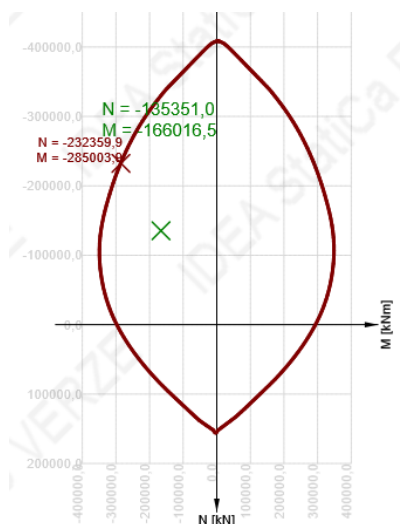
Posouzení interakce posouvající síly, kroucení, ohybu a normálové síly

F_b [kN]	$\Delta F_{td,s}$ [kN]	$\Delta F_{td,t}$ [kN]	$\Delta \epsilon_s$ [1e-4]	$\Delta \epsilon_t$ [1e-4]	Extrém ve vložce	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-32287,6	10500,1	9630,3	1,5	1,8	286	23,7	100,0	OK

Podrobné posouzení výztuže

Vložka	y_i [mm]	z_i [mm]	$\Delta \epsilon_{st}$ [1e-4]	ϵ [1e-4]	ϵ_{lim} [1e-4]	$\Delta \sigma_{st}$ [MPa]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
286	2233	-1457	1,5	-5,5	-450,0	30,9	-110,5	-465,9	23,7	OK

Tabulka 24: Posouzení interakce všech působících vnitřních sil.



Obrázek 42: Interakční diagram.

Únosnost N-M-M

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	Typ	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-135351,0	-104633,0	-128893,0	Nu-Mu-Mu	58,3	100,0	OK

Návrhová únosnost při působení ohybového momentu a normálové síly

Typ	F_{Ed}	F_{Rd1}	F_{Rd2}
N [kN]	-135351,0	-232359,9	101400,6
M_y [kNm]	-104633,0	-179625,6	78387,7
M_z [kNm]	-128893,0	-221273,3	96562,5

Tabulka 25: Posouzení únosnosti průřezu oblouku ve vetknutí.

Smyk

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

V_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Posudek zóny	Článek	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
6952,1	-135351,0	15165,8	bez redukce	6.2.3(3)	45,8	100,0	OK

Návrhové hodnoty posouvající síly a únosnosti ve smyku

V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{Rd,r}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
6952,1	9875,6	51886,2	52802,2	15165,8	15165,8

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení smyku

n_c	a_{sw} [mm ² /m]	A_{sl} [mm ²]	b_w [mm]	d [mm]	z [mm]	θ [°]	α [°]	α_{cw} [-]
8	13361	60319	1828	4297	2838	45,0	90,0	1,25
$C_{Rd,c}$ [-]	k [-]	k_1 [-]	ρ_l [-]	σ_{cp} [MPa]	σ_{wd} [MPa]	v_{min} [MPa]	v [-]	v_1 [-]
0,12	1,22	0,15	0,01	5,3	390,6	0,3	0,50	0,60

Tabulka 26: Posouzení smykové únosnosti.

Kroucení

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

T_{Ed} [kNm]	T_{Rd} [kNm]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-34703,0	72804,8	47,7	100,0	OK

Návrhové hodnoty krouticího momentu a únosnosti v kroucení

T_{Ed} [kNm]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	$T_{Rd,s}$ [kNm]	T_{Rd} [kNm]
-34703,0	24244,0	124369,8	72804,8	72804,8

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení kroucení

A_k [mm ²]	u_k [mm]	t_{eff} [mm]	a_{sw} [mm ² /m]	A_{sl} [mm ²]	A_{sp} [mm ²]	θ [°]
18507408	17787	400	4524	339393	0	45,0

Tabulka 27: Posouzení kroucení.

Interakce

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Hodnota V+T [%]	Hodnota V+T+M [%]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-135351,0	-104633,0	-128893,0	6952,1	-34703,0	89,8	41,5	89,8	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (beton)

$V_{Rd,c}$ [kN]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	rce. 6.31 [%]	rce. 6.29 [%]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
9875,6	24244,0	51886,2	124369,8	213,5	41,3	41,3	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (podélná výztuž)

A_{sl} [mm ²]	F_{sl} [kN]	$F_{sl,lim}$ [kN]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
339393	23627,9	158132,8	14,9	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (smyková výztuž)

a_{sw} [mm ² /m]	F_{sw} [kN]	$F_{sw,lim}$ [kN]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
2262	883,5	983,5	89,8	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly, kroucení, ohybu a normálové síly

F_b [kN]	$\Delta F_{td,s}$ [kN]	$\Delta F_{td,t}$ [kN]	$\Delta \epsilon_s$ [1e-4]	$\Delta \epsilon_t$ [1e-4]	Extrém ve vložce	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-30261,4	6952,1	16675,9	1,0	3,1	210	41,5	100,0	OK

Podrobně posouzení výztuže

Vložka	y_i [mm]	z_i [mm]	$\Delta \epsilon_{st}$ [1e-4]	ϵ [1e-4]	ϵ_{lim} [1e-4]	$\Delta \sigma_{st}$ [MPa]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
210	-2233	-1457	1,0	-9,7	-450,0	20,5	-193,3	-465,9	41,5	OK

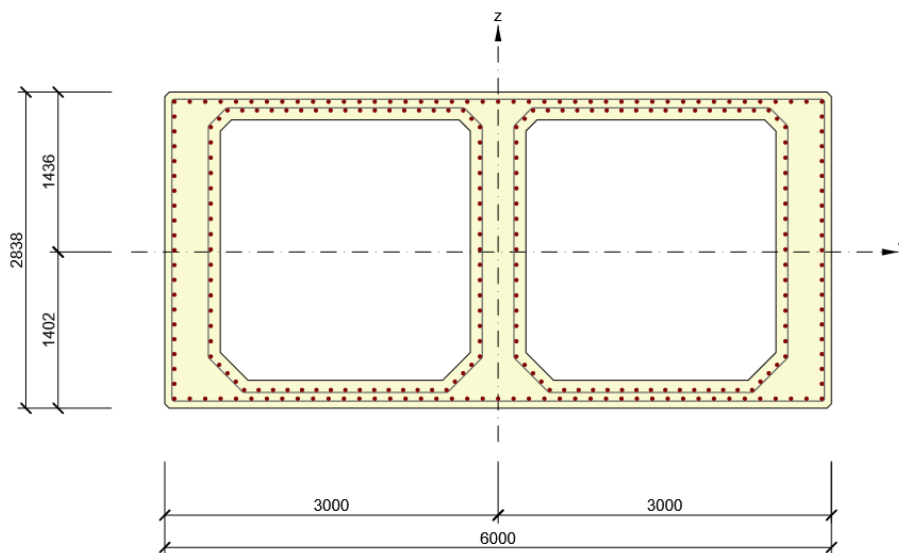
Tabulka 28: Interakce působících sil.

Průřez oblouku ve vetknutí **vyhovuje** v MSÚ na obě nejméně příznivé kombinace zatížení.

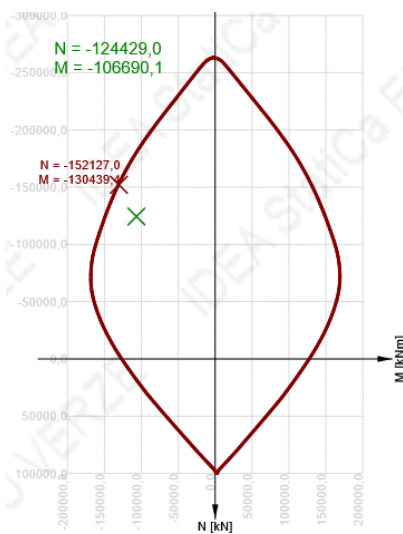
Průřez oblouku před spojením s mostovkou

	N	V _y	V _z	M _x	M _y	M _z
[6.10a]	-124429	-190	-5151	-853	98652	-40627

Tabulka 29: Vnitřní síly.



Obrázek 43: Vyztužený průřez oblouku v průřezu před spojením s mostovkou.



Obrázek 44: Interakční diagram.

Únosnost N-M-M

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	Typ	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-124429,0	98652,0	-40627,0	Nu-Mu-Mu	81,8	100,0	OK

Návrhová únosnost při působení ohybového momentu a normálové síly

Typ	F_{Ed}	F_{Rd1}	F_{Rd2}
N [kN]	-124429,0	-152127,0	62036,3
M_y [kNm]	98652,0	120612,0	-49184,7
M_z [kNm]	-40627,0	-49670,6	20255,3

Tabulka 30: Posudek únosnosti průřezu oblouku před spojením s mostovkou.

Smyk

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

V_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Posudek zóny	Článek	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
5154,5	-124429,0	8884,1	bez redukce	6.2.3(3)	58,0	100,0	OK

Návrhové hodnoty posouvající síly a únosnosti ve smyku

V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{Rd,r}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
5154,5	5499,1	24029,0	27713,1	8884,1	8884,1

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení smyku

n_c	a_{sw} [mm ² /m]	A_{sl} [mm ²]	b_w [mm]	d [mm]	z [mm]	θ [°]	α [°]	α_{cw} [-]
6	11302	44234	1501	2747	1965	45,0	90,0	1,02
$C_{Rd,c}$ [-]	k [-]	k_1 [-]	ρ_l [-]	σ_{cp} [MPa]	σ_{wd} [MPa]	V_{min} [MPa]	v [-]	v_1 [-]
0,12	1,27	0,15	0,01	5,3	282,2	0,3	0,50	0,60

Tabulka 31: Posouzení smykového namáhání.

Kroucení

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

T_{Ed} [kNm]	T_{Rd} [kNm]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-853,0	7398,1	11,5	100,0	OK

Návrhové hodnoty kroutičního momentu a únosnosti v kroucení

T_{Ed} [kNm]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	$T_{Rd,s}$ [kNm]	T_{Rd} [kNm]
-853,0	3695,3	15442,6	7398,1	7398,1

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení kroucení

A_k [mm ²]	u_k [mm]	t_{eff} [mm]	a_{sw} [mm ² /m]	A_{sl} [mm ²]	A_{sp} [mm ²]	θ [°]
4513516	16582	250	1885	215538	0	45,0

Tabulka 32: Posudek namáhání průřezu kroucením.

Interakce

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Hodnota V+T [%]	Hodnota V+T+M [%]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-124429,0	98652,0	-40627,0	5154,5	-853,0	64,9	73,4	73,4	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (beton)

$V_{Rd,c}$ [kN]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	rce. 6.31 [%]	rce. 6.29 [%]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
5499,1	3695,3	24029,0	15442,6	116,8	27,0	27,0	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (podélná výztuž)

A_{sl} [mm ²]	F_{sl} [kN]	$F_{sl,lim}$ [kN]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
215538	6721,4	100425,6	6,7	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (smyková výztuž)

a_{sw} [mm ² /m]	F_{sw} [kN]	$F_{sw,lim}$ [kN]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
1885	532,0	819,5	64,9	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly, kroucení, ohybu a normálové síly

F_b [kN]	$\Delta F_{td,s}$ [kN]	$\Delta F_{td,t}$ [kN]	$\Delta \epsilon_s$ [1e-4]	$\Delta \epsilon_t$ [1e-4]	Extrém ve vložce	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-32322,2	5154,5	1566,9	1,2	4,9	86	73,4	100,0	OK

Podrobné posouzení výztuže

Vložka	y_i [mm]	z_i [mm]	$\Delta \epsilon_{st}$ [1e-4]	ϵ [1e-4]	ϵ_{lim} [1e-4]	$\Delta \sigma_{st}$ [MPa]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
86	-2914	1350	1,2	-17,1	-450,0	23,9	-341,9	-465,9	73,4	OK

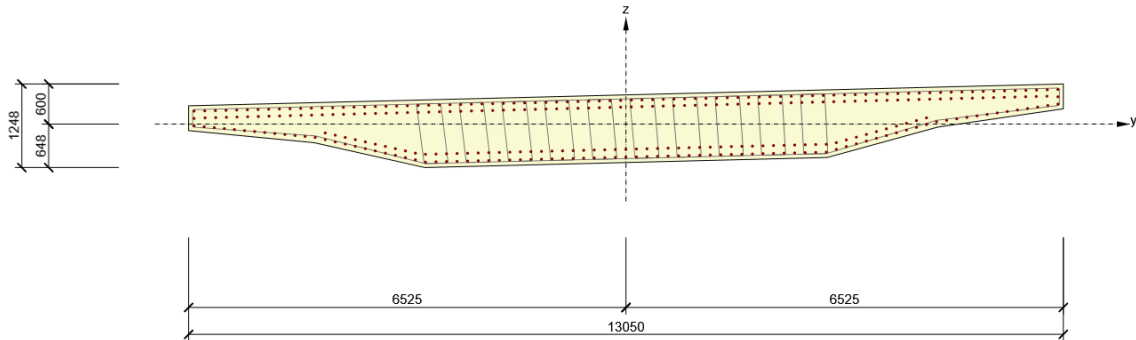
Tabulka 33: Posouzení interakce všech působících vnitřních sil.

Průřez oblouku před spojením s mostovkou **vyhovuje** kombinaci zatížení MSÚ.

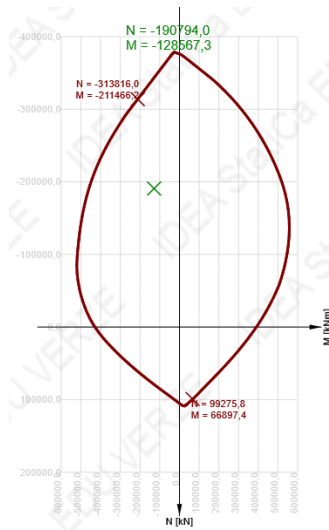
Průřez mostovky před spojením s obloukem

	N	V _y	V _z	M _x	M _y	M _z
[6.10b]	-44088	-7257	-2614	841	9084	95658
[6.10b]	-190794	-3962	-2023	-552	3258	-128526

Tabulka 34: Vnitřní síly.



Obrázek 45: Vyztužený průřez mostovky.



Obrázek 46: Interakční diagram.

Únosnost N-M-M

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm]	M _{Ed,z} [kNm]	Typ	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-190794,0	3258,0	-128526,0	Nu-Mu-Mu	60,8	100,0	OK

Návrhová únosnost při působení ohybového momentu a normálové síly

Typ	F _{Ed}	F _{Rd1}	F _{Rd2}
N [kN]	-190794,0	-313816,0	99275,8
M _y [kNm]	3258,0	5358,7	-1695,2
M _z [kNm]	-128526,0	-211398,3	66875,9

Tabulka 35: Posouzení únosnosti na kombinaci normálové síly a ohybových momentů.

Smyk

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

V_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Posudek zóny	Článek	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
4448,6	-190794,0	13468,5	bez redukce	6.2.3(3)	33,0	100,0	OK

Návrhové hodnoty posouvající síly a únosnosti ve smyku

V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{Rd,r}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
4448,6	12849,2	86689,4	80836,3	13468,5	13468,5

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení smyku

n_c	a_{sw} [mm ² /m]	A_{sI} [mm ²]	b_w [mm]	d [mm]	z [mm]	θ [°]	α [°]	α_{cw} [-]
4	3482	0	1119	10745	9671	45,0	90,0	1,00
$C_{Rd,c}$ [-]	k [-]	k_1 [-]	ρ_l [-]	σ_{cp} [MPa]	σ_{wd} [MPa]	V_{min} [MPa]	v [-]	v_1 [-]
0,12	1,14	0,15	0,00	5,3	177,2	0,3	0,50	0,60

Tabulka 36: Posouzení průřezu na smyk.

Kroucení

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

T_{Ed} [kNm]	T_{Rd} [kNm]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-552,0	6918,5	8,0	100,0	OK

Návrhové hodnoty krouticího momentu a únosnosti v kroucení

T_{Ed} [kNm]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	$T_{Rd,s}$ [kNm]	T_{Rd} [kNm]
-552,0	6918,5	28419,2	5325,3	6918,5

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení kroucení

A_k [mm ²]	u_k [mm]	t_{eff} [mm]	a_{sw} [mm ² /m]	A_{sI} [mm ²]	A_{sp} [mm ²]	θ [°]
5414852	25417	390	1131	230015	0	45,0

Tabulka 37: Posudek kroucení.

Interakce

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Hodnota V+T [%]	Hodnota V+T+M [%]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-190794,0	3258,0	-128526,0	4448,6	-552,0	40,8	43,7	43,7	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (beton)

$V_{Rd,c}$ [kN]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	rce. 6.31 [%]	rce. 6.29 [%]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
12849,2	6918,5	86689,4	28419,2	42,6	7,1	7,1	100,0	OK

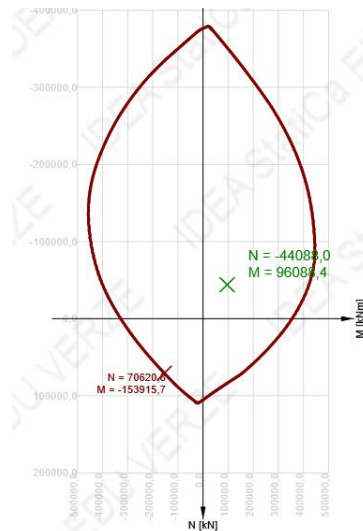
Posouzení interakce posouvající síly, kroucení, ohybu a normálové síly

F_b [kN]	$\Delta F_{td,s}$ [kN]	$\Delta F_{td,t}$ [kN]	$\Delta \epsilon_s$ [1e-4]	$\Delta \epsilon_t$ [1e-4]	Extrém ve vložce	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-34123,2	4448,6	1295,5	0,9	0,4	1	43,7	100,0	OK

Podrobné posouzení výztuže

Vložka	y_i [mm]	z_i [mm]	$\Delta \epsilon_{st}$ [1e-4]	ϵ [1e-4]	ϵ_{lim} [1e-4]	$\Delta \sigma_{st}$ [MPa]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
1	-6444	194	0,9	-10,2	-450,0	18,0	-203,6	-465,9	43,7	OK

Tabulka 38: Interakce vnitřních sil.



Obrázek 47: Interakční diagram.

Únosnost N-M-M

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	Typ	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-44088,0	9084,0	95658,0	Nu-Mu-Mu	23,9	100,0	OK

Návrhová únosnost při působení ohybového momentu a normálové síly

Typ	F_{Ed}	F_{Rd1}	F_{Rd2}
N [kN]	-44088,0	-184201,6	70620,8
M_y [kNm]	9084,0	37953,4	-14550,9
M_z [kNm]	95658,0	399663,3	-153226,4

Tabulka 39: Posouzení interakce normálové síly a ohybových momentů.

Smyk

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

V_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Posudek zóny	Článek	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
7713,4	-44088,0	10055,0	bez redukce	6.2.2(1)	76,7	100,0	OK

Návrhové hodnoty posouvající síly a únosnosti ve smyku

V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{Rd,r}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
7713,4	10055,0	41440,5	66920,7	7763,3	10055,0

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení smyku

n_c	a_{sw} [mm ² /m]	A_{s1} [mm ²]	b_w [mm]	d [mm]	z [mm]	θ [°]	α [°]	α_{cw} [-]
4	3507	53080	1064	9362	5092	45,0	90,0	1,14
$C_{Rd,c}$ [-]	k [-]	k_1 [-]	ρ_1 [-]	σ_{cp} [MPa]	σ_{wd} [MPa]	v_{min} [MPa]	v [-]	v_1 [-]
0,12	1,15	0,15	0,01	4,2	500,7	0,3	0,50	0,50

Tabulka 40: Posouzení smyku ve směru působících vnitřních sil.

Kroucení

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

T_{Ed} [kNm]	T_{Rd} [kNm]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
841,0	6918,5	12,2	100,0	OK

Návrhové hodnoty krouticího momentu a únosnosti v kroucení

T_{Ed} [kNm]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	$T_{Rd,s}$ [kNm]	T_{Rd} [kNm]
841,0	6918,5	32327,5	5325,3	6918,5

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení kroucení

A_k [mm ²]	u_k [mm]	t_{eff} [mm]	a_{sw} [mm ² /m]	A_{sl} [mm ²]	A_{sp} [mm ²]	θ [°]
5414852	25417	390	1131	230015	0	45,0

Tabulka 41: Posouzení v kroucení.

Interakce

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Hodnota V+T [%]	Hodnota V+T+M [%]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-44088,0	9084,0	95658,0	7713,4	841,0	88,9	11,9	88,9	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (beton)

$V_{Rd,c}$ [kN]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	rce. 6.31 [%]	rce. 6.29 [%]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
10055,0	6918,5	41440,5	32327,5	88,9	21,2	21,2	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly, kroucení, ohybu a normálové síly

F_b [kN]	$\Delta F_{td,s}$ [kN]	$\Delta F_{td,t}$ [kN]	$\Delta \epsilon_s$ [1e-4]	$\Delta \epsilon_t$ [1e-4]	Extrém ve vložce	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-7041,8	7713,4	1973,8	1,6	0,6	162	11,9	100,0	OK

Podrobné posouzení výztuže

Vložka	y_i [mm]	z_i [mm]	$\Delta \epsilon_{st}$ [1e-4]	ϵ [1e-4]	ϵ_{lim} [1e-4]	$\Delta \sigma_{st}$ [MPa]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
162	-3740	-399	2,2	2,8	450,0	43,4	55,6	465,9	11,9	OK

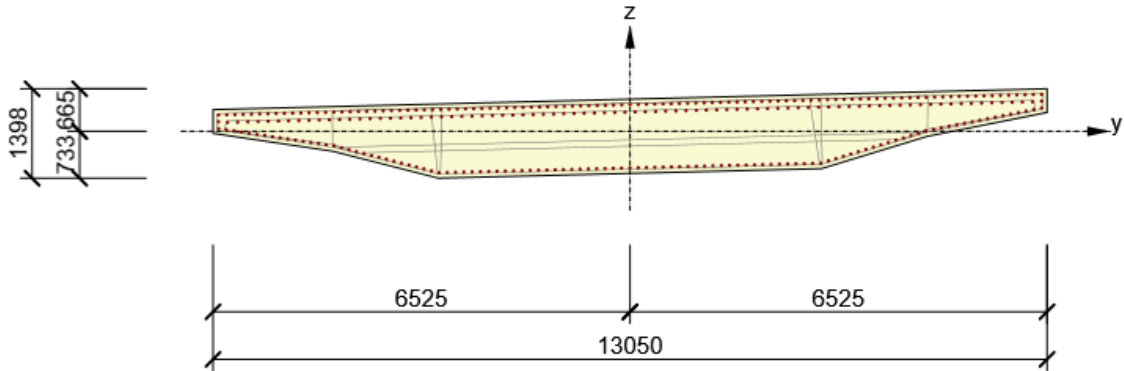
Tabulka 42: Posudek na interakci vnitřních sil.

Průřez mostovky před spojením s obloukem **vyhovuje** na obě varianty kombinace 6.10b.

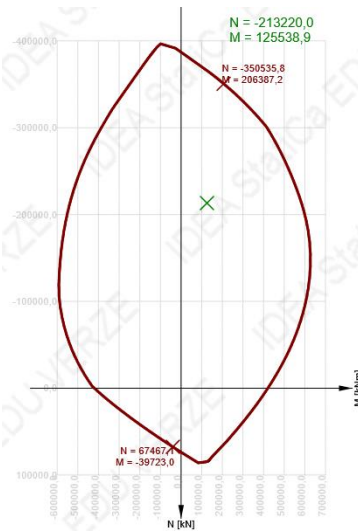
Průřez mostovky ve spojení se šikmou vzpěrou

	N	V _y	V _z	M _x	M _y	M _z
[6.10b]	-213220	14627	-1604	134	-2598	125512

Tabulka 43: Vnitřní síly.



Obrázek 48: Vyztužený průřez.



Obrázek 49: Interakční diagram.

Únosnost N-M-M

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm]	M _{Ed,z} [kNm]	Typ	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-213220,0	-2598,0	125512,0	Nu-Mu-Mu	60,8	100,0	OK

Návrhová únosnost při působení ohybového momentu a normálové síly

Typ	F _{Ed}	F _{Rd1}	F _{Rd2}
N [kN]	-213220,0	-350535,8	67467,1
M _y [kNm]	-2598,0	-4271,1	822,1
M _z [kNm]	125512,0	206343,0	-39714,5

Tabulka 44: Posouzení interakce normálové síly a momentů.

Smyk

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

V_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Posudek zóny	Článek	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
14714,7	-213220,0	43499,2	bez redukce	6.2.3(3)	33,8	100,0	OK

Návrhové hodnoty posouvající síly a únosnosti ve smyku

V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{Rd,r}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
14714,7	14186,2	95952,9	89412,3	43499,2	43499,2

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení smyku

n_c	a_{sw} [mm ² /m]	A_{sl} [mm ²]	b_w [mm]	d [mm]	z [mm]	θ [°]	α [°]	α_{cw} [-]
6	10346	0	1139	11679	10511	45,0	90,0	1,00
$C_{Rd,c}$ [-]	k [-]	k_1 [-]	ρ_l [-]	σ_{cp} [MPa]	σ_{wd} [MPa]	v_{min} [MPa]	v [-]	v_1 [-]
0,12	1,13	0,15	0,00	5,3	141,5	0,3	0,50	0,60

Tabulka 45: Posouzení únosnosti ve smyku.

Kroucení

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

T_{Ed} [kNm]	T_{Rd} [kNm]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
134,0	9396,6	1,4	100,0	OK

Návrhové hodnoty kroucího momentu a únosnosti v kroucení

T_{Ed} [kNm]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	$T_{Rd,s}$ [kNm]	T_{Rd} [kNm]
134,0	9047,7	37190,7	9396,6	9396,6

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení kroucení

A_k [mm ²]	u_k [mm]	t_{eff} [mm]	a_{sw} [mm ² /m]	A_{sl} [mm ²]	A_{sp} [mm ²]	θ [°]
6210524	25253	445	1740	231623	0	45,0

Tabulka 46: Únosnost průřezu v kroucení.

Interakce

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Hodnota V+T [%]	Hodnota V+T+M [%]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-213220,0	-2598,0	125512,0	14714,7	134,0	32,5	30,0	32,5	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (beton)

$V_{Rd,c}$ [kN]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	rce. 6.31 [%]	rce. 6.29 [%]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
14186,2	9047,7	95952,9	37190,7	105,2	15,7	15,7	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (podélná výztuž)

A_{sl} [mm ²]	F_{sl} [kN]	$F_{sl,lim}$ [kN]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
231623	14987,1	107920,0	13,9	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (smyková výztuž)

a_{sw} [mm ² /m]	F_{sw} [kN]	$F_{sw,lim}$ [kN]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
1740	246,2	756,5	32,5	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly, kroucení, ohybu a normálové síly

F_b [kN]	$\Delta F_{td,s}$ [kN]	$\Delta F_{td,t}$ [kN]	$\Delta \epsilon_s$ [1e-4]	$\Delta \epsilon_t$ [1e-4]	Extrém ve vložce	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-30699,9	14714,7	272,4	3,2	0,1	102	30,0	100,0	OK

Podrobné posouzení výztuže

Vložka	y_i [mm]	z_i [mm]	$\Delta \epsilon_{st}$ [1e-4]	ϵ [1e-4]	ϵ_{lim} [1e-4]	$\Delta \sigma_{st}$ [MPa]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
102	2986	-497	3,2	-7,0	-450,0	63,5	-139,7	-465,9	30,0	OK

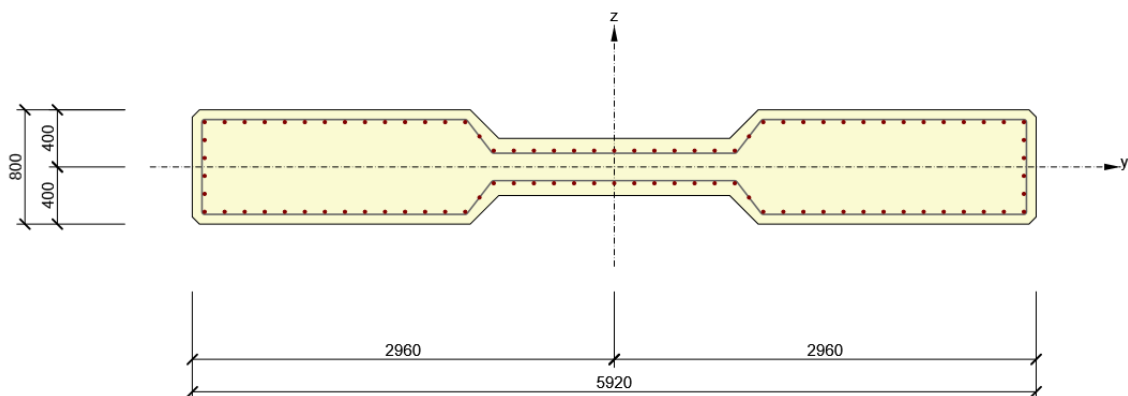
Tabulka 47: Posouzení interakce všech vnitřních sil.

Průřez mostovky **vyhoví** v místě, kde je spojený se šikmou vzpěrou.

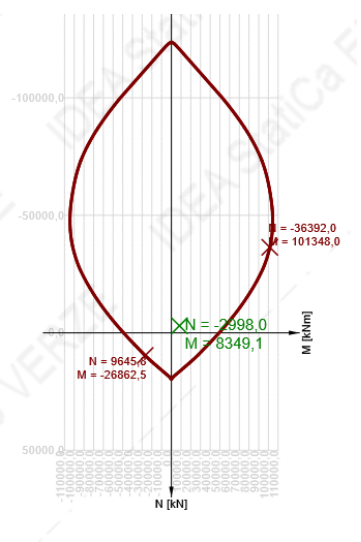
Vzpěra

	N	V _y	V _z	M _x	M _y	M _z
[6.10b]	-2998	1103	-12	71	137	8348

Tabulka 48: Vnitřní síly.



Obrázek 50: Vyztužený průřez.



Obrázek 51: Interakční diagram.

Únosnost N-M-M

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm]	M _{Ed,z} [kNm]	Typ	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-2998,0	137,0	8348,0	Nu-Mu-Mu	8,2	100,0	OK

Návrhová únosnost při působení ohybového momentu a normálové síly

Typ	F _{Ed}	F _{Rd1}	F _{Rd2}
N [kN]	-2998,0	-36392,0	9645,8
M _y [kNm]	137,0	1663,0	-440,8
M _z [kNm]	8348,0	101334,4	-26858,9

Tabulka 49: Posouzení interakce normálové síly a momentů.

Smyk

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

V_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Posudek zóny	Článek	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
1103,1	-2998,0	2464,8	bez redukce	6.2.3(3)	44,8	100,0	OK

Návrhové hodnoty posouvající síly a únosnosti ve smyku

V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{Rd,r}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
1103,1	1259,4	13424,2	13150,8	2464,8	2464,8

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení smyku

n_c	a_{sw} [mm ² /m]	A_{s1} [mm ²]	b_w [mm]	d [mm]	z [mm]	θ [°]	α [°]	α_{cw} [-]
2	1508	24429	400	4892	4087	45,0	90,0	1,03
$C_{Rd,c}$ [-]	k [-]	k_1 [-]	ρ_1 [-]	σ_{cp} [MPa]	σ_{wd} [MPa]	V_{min} [MPa]	v [-]	v_1 [-]
0,12	1,20	0,15	0,01	0,7	196,1	0,3	0,50	0,60

Tabulka 50: Posouzení smyku.

Kroucení

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

T_{Ed} [kNm]	T_{Rd} [kNm]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
71,0	1810,8	3,9	100,0	OK

Návrhové hodnoty kroučícího momentu a únosnosti v kroucení

T_{Ed} [kNm]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	$T_{Rd,s}$ [kNm]	T_{Rd} [kNm]
71,0	1482,8	6246,4	1810,8	1810,8

Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení kroucení

A_k [mm ²]	u_k [mm]	t_{eff} [mm]	a_{sw} [mm ² /m]	A_{s1} [mm ²]	A_{sp} [mm ²]	θ [°]
2761823	13221	164	754	30762	0	45,0

Tabulka 51: Posudek kroucení.

Interakce

Výsledky prezentovány pro kombinaci : Základní MSÚ

N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Hodnota V+T [%]	Hodnota V+T+M [%]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-2998,0	137,0	8348,0	1103,1	71,0	45,1	14,9	45,1	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (beton)

$V_{Rd,c}$ [kN]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	rce. 6.31 [%]	rce. 6.29 [%]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
1259,4	1482,8	13424,2	6246,4	92,4	9,4	9,4	100,0	OK

Posouzení interakce posouvající síly, kroucení, ohybu a normálové síly

F_b [kN]	$\Delta F_{td,s}$ [kN]	$\Delta F_{td,t}$ [kN]	$\Delta \epsilon_s$ [1e-4]	$\Delta \epsilon_t$ [1e-4]	Extrém ve vložce	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
215,6	1103,1	169,9	1,3	0,3	29	14,9	100,0	OK

Podrobné posouzení výztuže

Vložka	y_i [mm]	z_i [mm]	$\Delta \epsilon_{st}$ [1e-4]	ϵ [1e-4]	ϵ_{lim} [1e-4]	$\Delta \sigma_{st}$ [MPa]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
29	-2874	-314	1,6	3,5	450,0	31,5	69,3	465,9	14,9	OK

Tabulka 52: Interakce mezi působícími vnitřními silami.

Průřez vzpěry **vyhoví** na nejnepříznivější kombinaci zatížení.

6.2. Posouzení MSP

V mezním stavu použitelnosti rozhoduje napětí vyvolané vnitřními silami.

Hodnoty, které nelze překročit jsou následující:

	V tlaku	V tahu
Charakteristická kombinace	$\sigma_{c,lim} = 0,6 * f_{ck} = 24 \text{ MPa}$	$\sigma_{ct,lim} = f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$
Častá kombinace	$\sigma_{c,lim} = 0,6 * f_{ck} = 24 \text{ MPa}$	$\sigma_{ct,lim} = 0 \text{ MPa}$
Kvazistálá kombinace	$\sigma_{c,lim} = 0,45 * f_{ck} = 18 \text{ MPa}$	$\sigma_{ct,lim} = 0 \text{ MPa}$

Tabulka 53: Maximální přípustné hodnoty napětí v MSP.

Charakteristická kombinace									
Oblouk ve vetknutí		Zatížení min/max							
		N [kN]		-129432	N [kN]		-104101		
Průřezové char.		$M_{y,min}$ [kNm]		-111970	$M_{y,max}$ [kNm]		2209		
A [m ²]	10,252	$M_{z,min}$ [kNm]		-118106	$M_{z,max}$ [kNm]		139095		
I_y [m ⁴]	17,653	Napětí v krajních vláknech							
I_z [m ⁴]	42,362	Posouzení		Tah	Tlak	Posouzení		Tah	Tlak
e_{z^+} [m]	1,888	σ_1 [MPa]	-23,89	OK	OK	σ_1 [MPa]	-9,92	OK	OK
e_{z^-} [m]	-1,862	σ_2 [MPa]	-0,81	OK	OK	σ_2 [MPa]	-10,39	OK	OK
e_{y^+} [m]	3,6	σ_3 [MPa]	-22,66	OK	OK	σ_3 [MPa]	1,67	OK	OK
e_{y^-} [m]	-3,6	σ_4 [MPa]	-2,59	OK	OK	σ_4 [MPa]	-21,97	OK	OK
Častá kombinace									
Oblouk ve vetknutí		Zatížení min/max							
		N [kN]		-115804	N [kN]		-100897		
Průřezové char.		$M_{y,min}$ [kNm]		-73910	$M_{y,max}$ [kNm]		-4466		
A [m ²]	10,252	$M_{z,min}$ [kNm]		-58413	$M_{z,max}$ [kNm]		95908		
I_y [m ⁴]	17,653	Napětí v krajních vláknech							
I_z [m ⁴]	42,362	Posouzení		Tah	Tlak	Posouzení		Tah	Tlak
e_{z^+} [m]	1,888	σ_1 [MPa]	-19,20	OK	OK	σ_1 [MPa]	-10,32	OK	OK
e_{z^-} [m]	-1,862	σ_2 [MPa]	-3,50	OK	OK	σ_2 [MPa]	-9,37	OK	OK
e_{y^+} [m]	3,6	σ_3 [MPa]	-16,26	OK	OK	σ_3 [MPa]	-1,69	OK	OK
e_{y^-} [m]	-3,6	σ_4 [MPa]	-6,33	OK	OK	σ_4 [MPa]	-17,99	OK	OK
Kvazistálá kombinace									
Oblouk ve vetknutí		Zatížení min/max							
		N [kN]		-105293	N [kN]		-101933		
Průřezové char.		$M_{y,min}$ [kNm]		-59819	$M_{y,max}$ [kNm]		-9211		
A [m ²]	10,252	$M_{z,min}$ [kNm]		-44749	$M_{z,max}$ [kNm]		83851		
I_y [m ⁴]	17,653	Napětí v krajních vláknech							
I_z [m ⁴]	42,362	Posouzení		Tah	Tlak	Posouzení		Tah	Tlak
e_{z^+} [m]	1,888	σ_1 [MPa]	-16,67	OK	OK	σ_1 [MPa]	-10,93	OK	OK
e_{z^-} [m]	-1,862	σ_2 [MPa]	-3,96	OK	OK	σ_2 [MPa]	-8,97	OK	OK
e_{y^+} [m]	3,6	σ_3 [MPa]	-14,07	OK	OK	σ_3 [MPa]	-2,82	OK	OK
e_{y^-} [m]	-3,6	σ_4 [MPa]	-6,47	OK	OK	σ_4 [MPa]	-17,07	OK	OK

Tabulka 54: Posouzení MSP v průřezu oblouku ve vetknutí.

Průřez oblouku ve vetknutí **vyhovuje** na mezní stav použitelnosti.

Charakteristická kombinace									
Oblouk před spojením s most.		Zatížení min/max							
		N [kN]		-108997		N [kN]		-100532	
Průřezové char.		$M_{y,min}$ [kNm]		42876		$M_{y,max}$ [kNm]		115075	
A [m ²]	10,252	$M_{z,min}$ [kNm]		-36711		$M_{z,max}$ [kNm]		-25963	
I_y [m ⁴]	17,653	Napětí v krajních vlaknech							
I_z [m ⁴]	42,362	Posouzení		Tah	Tlak	Posouzení		Tah	Tlak
e_{z^+} [m]	1,888	σ_1 [MPa]	-6,05	OK	OK	σ_1 [MPa]	2,50	OK	OK
e_{z^-} [m]	-1,862	σ_2 [MPa]	-15,15	OK	OK	σ_2 [MPa]	-21,94	OK	OK
e_{y^+} [m]	3,6	σ_3 [MPa]	-13,75	OK	OK	σ_3 [MPa]	-12,01	OK	OK
e_{y^-} [m]	-3,6	σ_4 [MPa]	-7,51	OK	OK	σ_4 [MPa]	-7,60	OK	OK
Častá kombinace									
Oblouk před spojením s most.		Zatížení min/max							
		N [kN]		-97863		N [kN]		-97561	
Průřezové char.		$M_{y,min}$ [kNm]		46067		$M_{y,max}$ [kNm]		83980	
A [m ²]	10,252	$M_{z,min}$ [kNm]		-33594		$M_{z,max}$ [kNm]		-27330	
I_y [m ⁴]	17,653	Napětí v krajních vlaknech							
I_z [m ⁴]	42,362	Posouzení		Tah	Tlak	Posouzení		Tah	Tlak
e_{z^+} [m]	1,888	σ_1 [MPa]	-4,62	OK	OK	σ_1 [MPa]	-0,53	OK	OK
e_{z^-} [m]	-1,862	σ_2 [MPa]	-14,40	OK	OK	σ_2 [MPa]	-18,37	OK	OK
e_{y^+} [m]	3,6	σ_3 [MPa]	-12,40	OK	OK	σ_3 [MPa]	-11,84	OK	OK
e_{y^-} [m]	-3,6	σ_4 [MPa]	-6,69	OK	OK	σ_4 [MPa]	-7,19	OK	OK
Kvazistálá kombinace									
Oblouk před spojením s most.		Zatížení min/max							
		N [kN]		-88710		N [kN]		-98458	
Průřezové char.		$M_{y,min}$ [kNm]		49122		$M_{y,max}$ [kNm]		71718	
A [m ²]	10,252	$M_{z,min}$ [kNm]		-31851		$M_{z,max}$ [kNm]		-26253	
I_y [m ⁴]	17,653	Napětí v krajních vlaknech							
I_z [m ⁴]	42,362	Posouzení		Tah	Tlak	Posouzení		Tah	Tlak
e_{z^+} [m]	1,888	σ_1 [MPa]	-3,40	OK	OK	σ_1 [MPa]	-1,93	OK	OK
e_{z^-} [m]	-1,862	σ_2 [MPa]	-13,83	OK	OK	σ_2 [MPa]	-17,17	OK	OK
e_{y^+} [m]	3,6	σ_3 [MPa]	-11,36	OK	OK	σ_3 [MPa]	-11,83	OK	OK
e_{y^-} [m]	-3,6	σ_4 [MPa]	-5,95	OK	OK	σ_4 [MPa]	-7,37	OK	OK

Tabulka 55: Posouzení MSP v průřezu oblouku před spojením s mostovkou.

Průřez oblouku, který je těsně před spojením s mostovkou, **vyhovuje** na mezní stav použitelnosti.

Charakteristická kombinace									
Mostovka před spojením s obloukem		Zatížení min/max							
		N [kN]		-141586		N [kN]		-22630	
Průřezové char.		$M_{y,min}$ [kNm]		2735		$M_{y,max}$ [kNm]		9425	
A [m ²]	12,025	$M_{z,min}$ [kNm]		-109193		$M_{z,max}$ [kNm]		87352	
I_y [m ⁴]	1,31	Napětí v krajních vláknech							
I_z [m ⁴]	125,76	Posouzení		Tah	Tlak	Posouzení		Tah	Tlak
e_{z^+} [m]	0,665	σ_1 [MPa]	-10,39	OK	OK	σ_1 [MPa]	2,90	OK	OK
e_{z^-} [m]	-0,733	σ_2 [MPa]	-13,30	OK	OK	σ_2 [MPa]	-7,16	OK	OK
e_{y^+} [m]	6,525	σ_3 [MPa]	-17,44	OK	OK	σ_3 [MPa]	2,65	OK	OK
e_{y^-} [m]	-6,525	σ_4 [MPa]	-6,11	OK	OK	σ_4 [MPa]	-6,41	OK	OK
Častá kombinace									
Mostovka před spojením s obloukem		Zatížení min/max							
		N [kN]		-120352		N [kN]		-48978	
Průřezové char.		$M_{y,min}$ [kNm]		2912		$M_{y,max}$ [kNm]		6768	
A [m ²]	12,025	$M_{z,min}$ [kNm]		-75726		$M_{z,max}$ [kNm]		43900	
I_y [m ⁴]	1,31	Napětí v krajních vláknech							
I_z [m ⁴]	125,76	Posouzení		Tah	Tlak	Posouzení		Tah	Tlak
e_{z^+} [m]	0,665	σ_1 [MPa]	-8,53	OK	OK	σ_1 [MPa]	-0,64	OK	OK
e_{z^-} [m]	-0,733	σ_2 [MPa]	-11,64	OK	OK	σ_2 [MPa]	-7,86	OK	OK
e_{y^+} [m]	6,525	σ_3 [MPa]	-13,94	OK	OK	σ_3 [MPa]	-1,80	OK	OK
e_{y^-} [m]	-6,525	σ_4 [MPa]	-6,08	OK	OK	σ_4 [MPa]	-6,35	OK	OK
Kvazistálá kombinace									
Mostovka před spojením s obloukem		Zatížení min/max							
		N [kN]		-114776		N [kN]		-55298	
Průřezové char.		$M_{y,min}$ [kNm]		3152		$M_{y,max}$ [kNm]		5706	
A [m ²]	12,025	$M_{z,min}$ [kNm]		-64814		$M_{z,max}$ [kNm]		33459	
I_y [m ⁴]	1,31	Napětí v krajních vláknech							
I_z [m ⁴]	125,76	Posouzení		Tah	Tlak	Posouzení		Tah	Tlak
e_{z^+} [m]	0,665	σ_1 [MPa]	-7,94	OK	OK	σ_1 [MPa]	-1,70	OK	OK
e_{z^-} [m]	-0,733	σ_2 [MPa]	-11,31	OK	OK	σ_2 [MPa]	-7,79	OK	OK
e_{y^+} [m]	6,525	σ_3 [MPa]	-12,91	OK	OK	σ_3 [MPa]	-2,86	OK	OK
e_{y^-} [m]	-6,525	σ_4 [MPa]	-6,18	OK	OK	σ_4 [MPa]	-6,33	OK	OK

Tabulka 56: Posouzení MSP v průřezu mostovky před spojením s obloukem.

Průřez mostovky před spojením s obloukem **vyhovuje**.

Charakteristická kombinace									
Mostovka ve spojení se šikmou vzpěrou		Zatížení min/max							
		N [kN]		-158561		N [kN]		-3666	
Průřezové char.		$M_{y,min}$ [kNm]		-7787		$M_{y,max}$ [kNm]		-2156	
A [m ²]	12,025	$M_{z,min}$ [kNm]		-121984		$M_{z,max}$ [kNm]		68264	
I_y [m ⁴]	1,31	Napětí v krajních vláknech							
I_z [m ⁴]	125,76	Posouzení		Tah	Tlak	Posouzení		Tah	Tlak
e_{z^+} [m]	0,665	σ_1 [MPa]	-17,14	OK	OK	σ_1 [MPa]	-1,40	OK	OK
e_{z^-} [m]	-0,733	σ_2 [MPa]	-8,83	OK	OK	σ_2 [MPa]	0,90	OK	OK
e_{y^+} [m]	6,525	σ_3 [MPa]	-19,52	OK	OK	σ_3 [MPa]	3,24	OK	OK
e_{y^-} [m]	-6,525	σ_4 [MPa]	-6,86	OK	OK	σ_4 [MPa]	-3,85	OK	OK
Častá kombinace									
Mostovka ve spojení se šikmou vzpěrou		Zatížení min/max							
		N [kN]		-131168		N [kN]		-38231	
Průřezové char.		$M_{y,min}$ [kNm]		-4251		$M_{y,max}$ [kNm]		-1360	
A [m ²]	12,025	$M_{z,min}$ [kNm]		-159346		$M_{z,max}$ [kNm]		57952	
I_y [m ⁴]	1,31	Napětí v krajních vláknech							
I_z [m ⁴]	125,76	Posouzení		Tah	Tlak	Posouzení		Tah	Tlak
e_{z^+} [m]	0,665	σ_1 [MPa]	-13,07	OK	OK	σ_1 [MPa]	-3,87	OK	OK
e_{z^-} [m]	-0,733	σ_2 [MPa]	-8,53	OK	OK	σ_2 [MPa]	-2,42	OK	OK
e_{y^+} [m]	6,525	σ_3 [MPa]	-19,18	OK	OK	σ_3 [MPa]	-0,17	OK	OK
e_{y^-} [m]	-6,525	σ_4 [MPa]	-2,64	OK	OK	σ_4 [MPa]	-6,19	OK	OK
Kvazistálá kombinace									
Mostovka ve spojení se šikmou vzpěrou		Zatížení min/max							
		N [kN]		-123908		N [kN]		-46460	
Průřezové char.		$M_{y,min}$ [kNm]		-2868		$M_{y,max}$ [kNm]		-1489	
A [m ²]	12,025	$M_{z,min}$ [kNm]		-139132		$M_{z,max}$ [kNm]		51116	
I_y [m ⁴]	1,31	Napětí v krajních vláknech							
I_z [m ⁴]	125,76	Posouzení		Tah	Tlak	Posouzení		Tah	Tlak
e_{z^+} [m]	0,665	σ_1 [MPa]	-11,76	OK	OK	σ_1 [MPa]	-4,62	OK	OK
e_{z^-} [m]	-0,733	σ_2 [MPa]	-8,70	OK	OK	σ_2 [MPa]	-3,03	OK	OK
e_{y^+} [m]	6,525	σ_3 [MPa]	-17,52	OK	OK	σ_3 [MPa]	-1,21	OK	OK
e_{y^-} [m]	-6,525	σ_4 [MPa]	-3,09	OK	OK	σ_4 [MPa]	-6,52	OK	OK

Tabulka 57: Posouzení MSP průřezu mostovky ve spojení se šikmou vzpěrou.

Průřez mostovky v místě spojení se šikmou vzpěrou **vyhovuje** na mezní stav použitelnosti.

Charakteristická kombinace									
Vzpěra		Zatížení min/max							
		N [kN]		-5049		N [kN]		-3322	
Průřezové char.		$M_{y,min}$ [kNm]		30		$M_{y,max}$ [kNm]		170	
A [m ²]	4,003	$M_{z,min}$ [kNm]		-5861		$M_{z,max}$ [kNm]		6387	
I_y [m ⁴]	0,1823	Napětí v krajních vláknech							
I_z [m ⁴]	13,585	Posouzení		Tah	Tlak	Posouzení		Tah	Tlak
e_{z^+} [m]	0,4	σ_1 [MPa]	-1,20	OK	OK	σ_1 [MPa]	-0,46	OK	OK
e_{z^-} [m]	-0,4	σ_2 [MPa]	-1,33	OK	OK	σ_2 [MPa]	-1,20	OK	OK
e_{y^+} [m]	2,96	σ_3 [MPa]	-2,54	OK	OK	σ_3 [MPa]	0,56	OK	OK
e_{y^-} [m]	-2,96	σ_4 [MPa]	0,02	OK	OK	σ_4 [MPa]	-2,22	OK	OK
Častá kombinace									
Vzpěra		Zatížení min/max							
		N [kN]		-3136		N [kN]		-3073	
Průřezové char.		$M_{y,min}$ [kNm]		-23		$M_{y,max}$ [kNm]		53	
A [m ²]	4,003	$M_{z,min}$ [kNm]		-3338		$M_{z,max}$ [kNm]		3463	
I_y [m ⁴]	0,1823	Napětí v krajních vláknech							
I_z [m ⁴]	13,585	Posouzení		Tah	Tlak	Posouzení		Tah	Tlak
e_{z^+} [m]	0,4	σ_1 [MPa]	-0,83	OK	OK	σ_1 [MPa]	-0,65	OK	OK
e_{z^-} [m]	-0,4	σ_2 [MPa]	-0,73	OK	OK	σ_2 [MPa]	-0,88	OK	OK
e_{y^+} [m]	2,96	σ_3 [MPa]	-1,51	OK	OK	σ_3 [MPa]	-0,01	OK	OK
e_{y^-} [m]	-2,96	σ_4 [MPa]	-0,06	OK	OK	σ_4 [MPa]	-1,52	OK	OK
Kvazistálá kombinace									
Vzpěra		Zatížení min/max							
		N [kN]		-2471		N [kN]		-2024	
Průřezové char.		$M_{y,min}$ [kNm]		-17		$M_{y,max}$ [kNm]		21	
A [m ²]	4,003	$M_{z,min}$ [kNm]		-2674		$M_{z,max}$ [kNm]		1950	
I_y [m ⁴]	0,1823	Napětí v krajních vláknech							
I_z [m ⁴]	13,585	Posouzení		Tah	Tlak	Posouzení		Tah	Tlak
e_{z^+} [m]	0,4	σ_1 [MPa]	-0,65	OK	OK	σ_1 [MPa]	-0,46	OK	OK
e_{z^-} [m]	-0,4	σ_2 [MPa]	-0,58	OK	OK	σ_2 [MPa]	-0,55	OK	OK
e_{y^+} [m]	2,96	σ_3 [MPa]	-1,20	OK	OK	σ_3 [MPa]	-0,08	OK	OK
e_{y^-} [m]	-2,96	σ_4 [MPa]	-0,03	OK	OK	σ_4 [MPa]	-0,93	OK	OK

Tabulka 58: Posouzení MSP průřezu šikmé vzpěry.

Průřez vzpěry **vyhovuje** na mezní stav použitelnosti.

7. Postup výstavby

7.1. Založení stavby

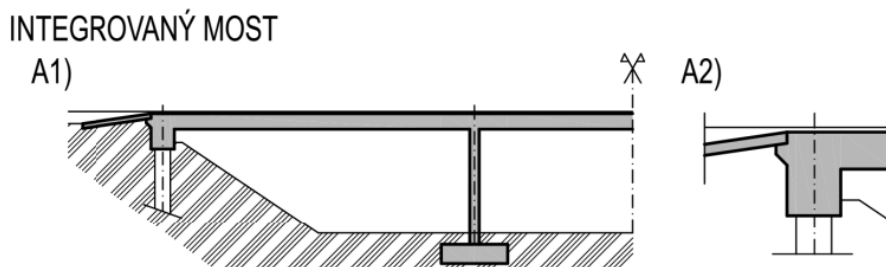
Založení stavby vychází z předpokladu, že se v podloží nachází hornina R2. Proto je uvažováno, že opěry i oblouk mostu budou založeny na velkopřůměrových pilotách $\varnothing 1200$ mm. Jelikož není vyhotoven geotechnický průzkum, vychází velikost pilot z odhadu, že jedna pilota přenesese 3MN.

Před započnutím zemních prací je nutné v rozsahu stavby sejmut ornici.

Zemní práce u opěr mostu budou probíhat částečně ve svahovaném výkopu, který bude možné zřídit na straně odlehlé od stávající komunikace. V prostoru mezi stávající komunikací a novou opěrou mostu bude pravděpodobně nutné zřídit pažení stavební jámy, aby nedošlo k poruše stávajícího náspu komunikace a nebyl omezen provoz.

7.2. Spodní stavba

Opěra mostu je navržena jako neposuvně spojená s nosnou konstrukcí. Základní princip návrhu vychází z TP 261. [11]



Obrázek 52: Založení integrovaného mostu. [11]

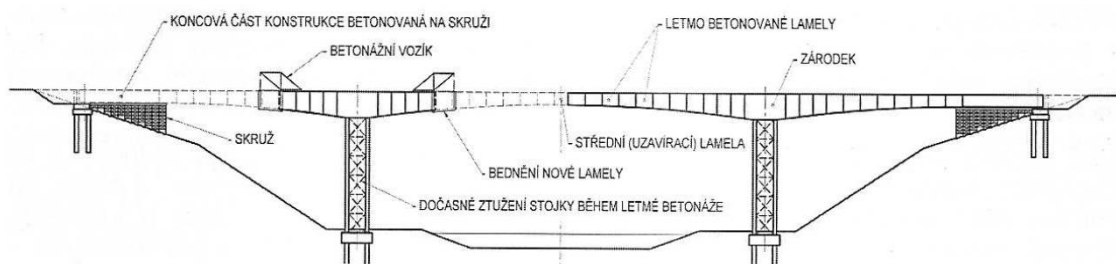
Opěra sestává ze základové desky tl. 1,1 m, masivního dříku, který je pevně spojený s mostovkou, zavěšených kolmých křídel, jejichž základ je též podepřen velkopřůměrovými pilotami a přechodové desky.

Odvodnění za rubem opěry je zajištěno děrovanou drenážní trubkou ve sklonu min. 3 % opatřenou obetonováním z drenážního betonu. Drenáž je vyvedena na skluzy po svazích do vsakovací jámky.

Oblouk je založen na již zmíněných velkopřůměrových pilotách, na kterých je vybudován základ. Základová spára je uvažována v horninovém masivu a bude upravena do tvaru dle výkresové dokumentace. Povrch základové spáry je v hornině přirozeně nerovný, což bude mít pozitivní vliv na přenos vodorovných sil z oblouku. Jinak by se muselo zřídit zazubení základové spáry, aby nemohlo dojít k posunu základu oblouku.

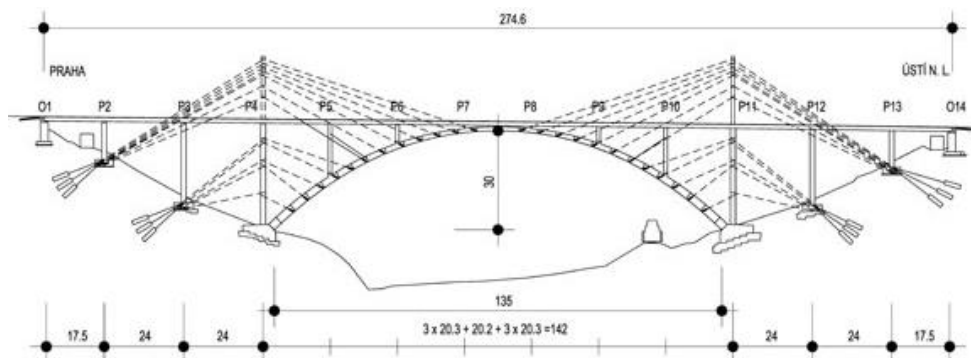
7.3. Technologie letmé betonáže

V případě letmé betonáže jde o postupné betonování konzolovým způsobem. Betonované části se nazývají lamely a vycházejí od podpor, na kterých je vybudován zárodek. Díky souměrnému postupu výstavby se obě konzoly navzájem vyvažují a konstrukce je v rovnováze bez nutnosti dalšího podepření. Z toho vyplývá jednoznačná výhoda nezávislosti výstavby na terénu pod mostem. [4]



Obrázek 53: Schéma letmé betonáže. [4]

V mém případě se jedná o obloukovou konstrukci a tak není možné využít vahadlového efektu. Je tedy nutné poskytnout betonovaným lamelám oblouku dočasnou podporu pomocí závěsů přes provizorní pylon. Vznikající vodorovné síly je nutné přenést na druhé straně zakotvením do skalního podloží. Tato technologie byla použita například při výstavbě mostu přes Oparenské údolí.



Obrázek 54: Schéma letmé betonáže s vyvěšováním. [12]



Obrázek 55: Realizace mostu přes Oparenské údolí. [12]

7.4. Fáze výstavby

V první řadě dojde k přípravě hlubinného založení a k realizaci pilot. Vyhotoví se veškeré navazující základové konstrukce.

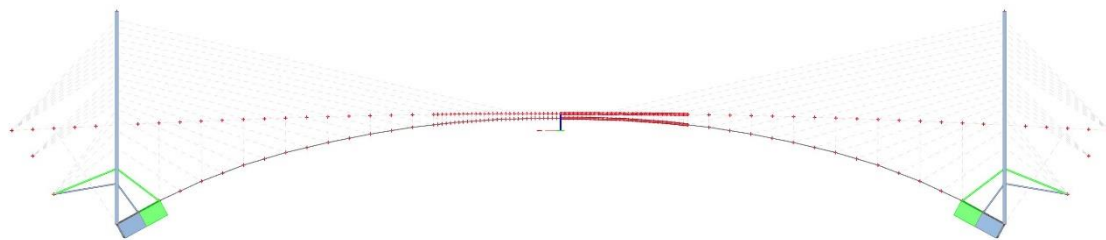
Bude nutné vyhotovit provizorní pylon, který slouží při letmé betonáži oblouku k vyvěšení každé betonované lamely. Tuto sílu je nutné zachytit pomocí kotvení na opačnou stranu, než je betonovaný oblouk. Proto povedou z pylonu lana a zakotví se do skalního podloží, které by se mělo nacházet ve snadno dosažitelné hloubce.

Provizorní pylon bude vybudován v patě oblouku a využije hlubinné založení oblouku.

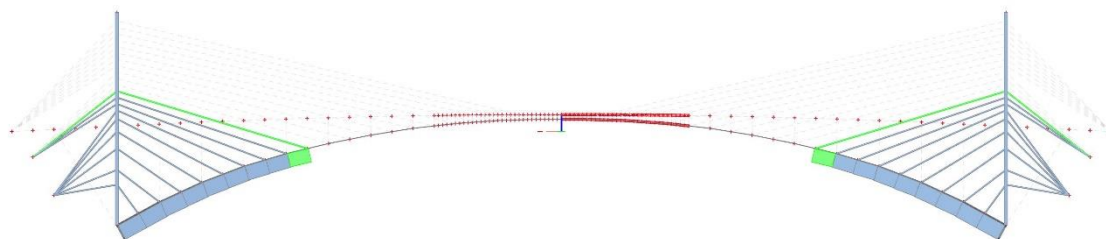
Zárodek oblouku je zhotoven na pevné skruži, aby bylo možné nasadit betonážní vozík.

V momentě dosažení předepsané pevnosti betonu oblouku dojde k vyhotovení jednotlivých vzpěr. Každá vzpěra bude zajištěna až do vybetonování mostovky vodorovným podepřením, aby byly účinně přeneseny vodorovné účinky při výstavbě mostovky.

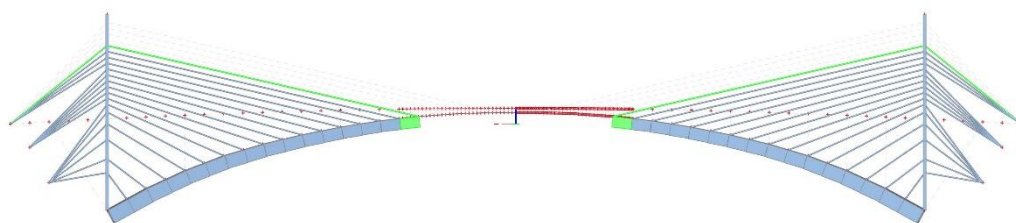
Současně při zhotovení mostovky dojde k postupnému propojení se vzpěrami a ve střední části s obloukem.



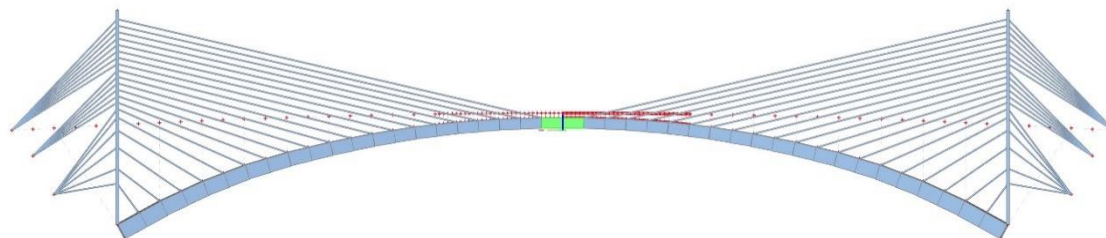
Obrázek 56: Fáze výstavby 3.



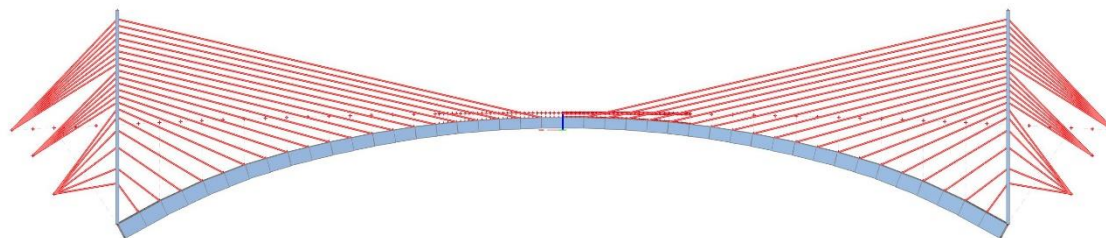
Obrázek 57: Fáze výstavby 10.



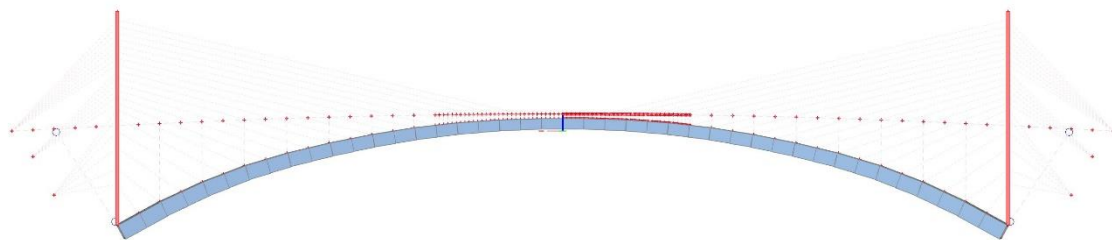
Obrázek 58: Fáze výstavby 17.



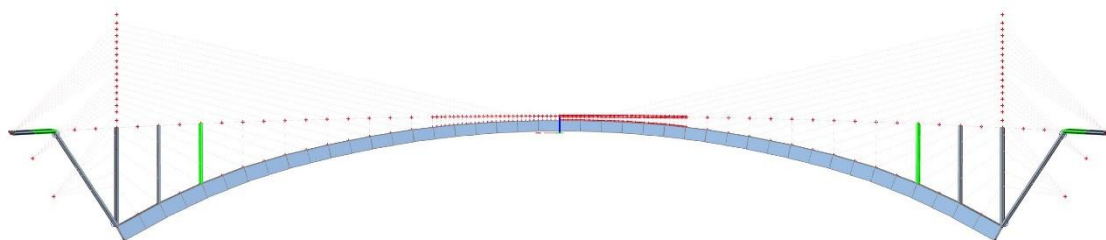
Obrázek 59: Fáze výstavby 22.



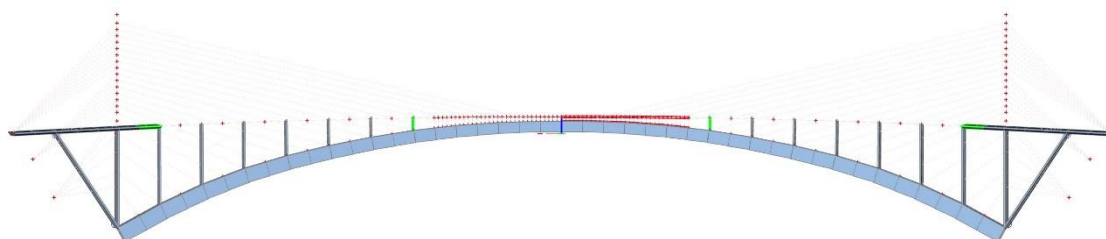
Obrázek 60: Fáze výstavby 23.



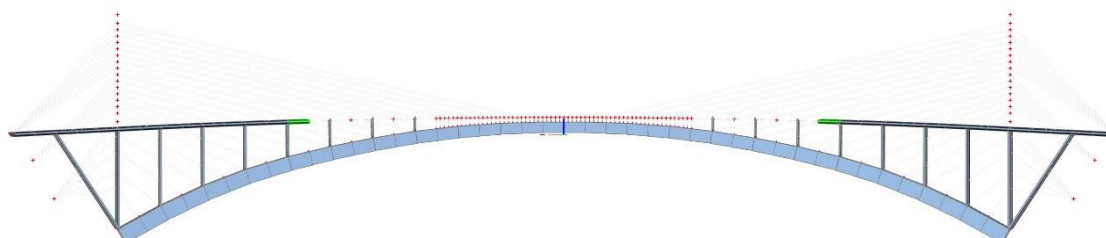
Obrázek 61: Fáze výstavby 24.



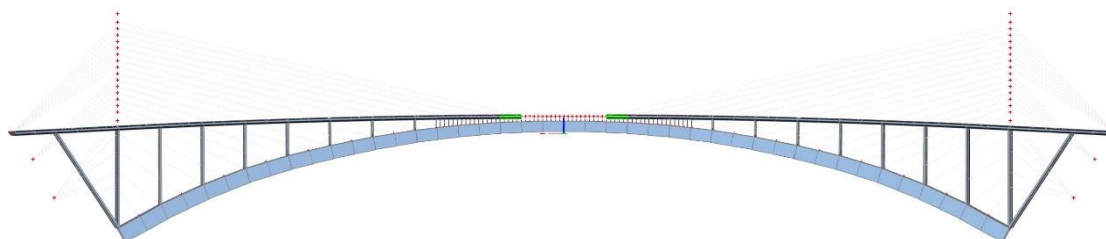
Obrázek 62: Fáze výstavby 27.



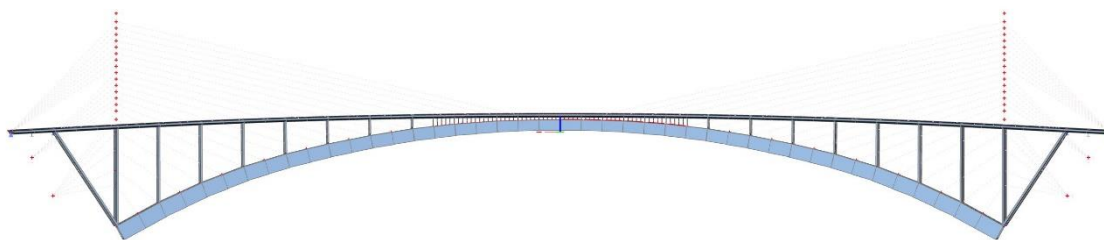
Obrázek 63: Fáze výstavby 32.



Obrázek 64: Fáze výstavby 39.



Obrázek 65: Fáze výstavby 49.



Obrázek 66: Finální fáze.

Předeptnutí jednotlivých lan bylo dosaženo pomocí ochlazení. Jde především o vyrovnání betonovaných lamel, aby po dokončení oblouku byla dodržena ideální poloha střednice.

Fáze výstavby	Čas	Činnost
Fáze 1	0	Založení, provizorní pylon, zárodek oblouku
Fáze 2	7	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 3	14	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 4	21	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 5	28	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 6	35	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 7	42	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 8	49	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 9	56	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 10	63	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 11	70	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 12	77	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 13	84	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 14	91	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 15	98	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 16	105	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 17	112	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 18	119	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 19	126	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 20	133	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 21	140	Betonáž lamel oblouku, závěsy, předeptnutí
Fáze 22	147	Betonáž závěrečných lamel oblouku
Fáze 23	154	Odstranění závěsů
Fáze 24	161	Odstranění pylonů
Fáze 25	168	Betonáž vzpěr
Fáze 26	175	Betonáž vzpěr, betonáž mostovky

Tabulka 59: Fáze výstavby.

Fáze výstavby	Čas	Činnost
Fáze 27	182	Betonáž vzpěr, betonáž mostovky
Fáze 28	189	Betonáž vzpěr, betonáž mostovky
Fáze 29	196	Betonáž vzpěr, betonáž mostovky
Fáze 30	203	Betonáž vzpěr, betonáž mostovky
Fáze 31	210	Betonáž vzpěr, betonáž mostovky
Fáze 32	217	Betonáž vzpěr, betonáž mostovky
Fáze 33	224	Betonáž mostovky
Fáze 34	231	Betonáž mostovky
Fáze 35	238	Betonáž mostovky
Fáze 36	245	Betonáž mostovky
Fáze 37	252	Betonáž mostovky
Fáze 38	259	Betonáž mostovky
Fáze 39	266	Betonáž mostovky
Fáze 40	273	Betonáž mostovky
Fáze 41	280	Betonáž mostovky
Fáze 42	287	Betonáž mostovky
Fáze 43	294	Betonáž mostovky
Fáze 44	301	Betonáž mostovky
Fáze 45	308	Betonáž mostovky
Fáze 46	315	Betonáž mostovky a propojení s obloukem
Fáze 47	322	Betonáž mostovky a propojení s obloukem
Fáze 48	329	Betonáž mostovky a propojení s obloukem
Fáze 49	336	Betonáž mostovky a propojení s obloukem
Fáze 50	343	Betonáž mostovky a propojení s obloukem
Fáze 51	350	Betonáž mostovky a propojení s obloukem
Fáze 52	357	Definitivní stav

Tabulka 60: Fáze výstavby pokračování.

8. Závěr

V diplomové práci jsem nejprve navrhla varianty řešení přemostění řeky Vltavy. Po rozvaze jsem vybrala variantu obloukového mostu. Bylo nutné optimalizovat tvar střednice oblouku, protože docházelo ke vzniku příliš velkých vnitřních sil zejména momentů M_z a M_y . Poté co se momenty se změnou střednice již více méně neměnily, byla konstrukce v jednotlivých průřezích posouzena na MSÚ a MSP.

Posledním krokem bylo navržení fází výstavby. Bylo nutné zohlednit měnící se statické schéma konstrukce a zahrnout do fází i jednotlivé provizorní podpory.

9. Literatura

- [1] VESTEC (Příbram) - silniční most. In: *Encyklopedie mostů v Čechách, na Moravě a ve Slezsku* [online]. [cit. 2019-06-14]. Dostupné z: <https://libri.cz/databaze/mosty/heslo.php?id=1102>
- [2] *Mapy* [online]. Seznam, 2019 [cit. 2019-06-14]. Dostupné z: <https://www.mapy.cz/>
- [3] ŘSD ČR [online]. Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2015 [cit. 2019-06-14]. Dostupné z: <https://www.rsd.cz/>
- [4] ŠAFÁŘ, Roman. *Betonové mosty 2: přednášky*. V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 978-80-01-05543-4.
- [5] ŠAFÁŘ, Roman. *Betonové mosty 1: přednášky*. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04661-6.
- [6] ČSN 73 6200. *Mosty - Terminologie a třídění*. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizace, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [7] *Mapy Google* [online]. Google, 2019 [cit. 2019-10-23]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/>
- [8] Vestec (Hřiměždice), most přes Vltavu. In: *Wikipedie* [online]. [cit. 2019-12-21]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Vestec_\(H%C5%99im%C4%9B%C5%BEdice\)#/media/Soubor:Vesteck%C3%BD_most_-_okres_P%C5%99%C3%ADbram..jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Vestec_(H%C5%99im%C4%9B%C5%BEdice)#/media/Soubor:Vesteck%C3%BD_most_-_okres_P%C5%99%C3%ADbram..jpg)
- [9] ČSN EN 1991-1-5. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [10] Podklady k vypracování poskytnuty vedoucím diplomové práce.
- [11] Technické podmínky - TP 261: Integrované mosty. *Politika jakosti pozemních komunikací* [online]. 2017 [cit. 2019-12-05]. Dostupné z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_261_2017.pdf

- [12] Obloukový most přes Oparenské údolí a komplikace před jeho dokončením.
In: *Časopis stavebnictví* [online]. [cit. 2019-12-08]. Dostupné z:
https://www.casopisstavebnictvi.cz/obloukovy-most-pres-oparenske-udoli-a-komplikace-pred-jeho-dokoncenim_N3779

Seznam příloh

1. Půdorys, podélný řez a podélný pohled varianty A.
2. Příčné řezy varianty A.
3. Půdorys, podélný řez a podélný pohled varianty B.
4. Příčné řezy varianty B.

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vlastní tíha průřezů oblouku.	21
Tabulka 2: Vlastní tíha mostovky.....	21
Tabulka 3: Vlastní tíha vzpěr.	22
Tabulka 4: Ostatní stálé zatížení.	22
Tabulka 5: Definice zvláštních vozidel pro silnice I. a II. třídy.[5]	24
Tabulka 6: Sestavy zatížení dopravou (charakteristické hodnoty vícesložkových zatížení) [5]	26
Tabulka 7: Rozdíly teplot pro betonové konstrukce typu 3. [5]	29
Tabulka 8: Nerovnoměrná složka teploty pro svršek tloušťky 135 mm.....	29
Tabulka 9: Hodnoty součinitelů ψ pro mosty pozemních komunikací. [5]	34
Tabulka 10: Kombinace zatížení MSÚ v průřezu oblouku ve vetknutí.	41
Tabulka 11: Kombinace zatížení MSÚ v průřezu oblouku před spojením s mostovkou.	41
Tabulka 12: Kombinace zatížení MSÚ v průřezu mostovky ve spojení se šikmou vzpěrou.....	42
Tabulka 13: Kombinace zatížení MSÚ v průřezu mostovky před spojením s obloukem.....	42
Tabulka 14: Kombinace zatížení MSÚ v průřezu šikmé vzpěry.....	43
Tabulka 15: Kombinace MSP pro průřez oblouku ve vetknutí.....	43
Tabulka 16: Kombinace MSP pro průřez oblouku před spojením s mostovkou.	43
Tabulka 17: Kombinace MSP pro průřez mostovky před spojením s obloukem.	43
Tabulka 18: Kombinace MSP pro průřez mostovky ve spojení se šikmou vzpěrou.	44
Tabulka 19: Kombinace MSP pro šikmou vzpěru.....	44
Tabulka 20: Vnitřní síly.....	46
Tabulka 21: Posudek únosnosti průřezu oblouku ve vetknutí.....	47
Tabulka 22: Posouzení smykového namáhání s vysvětlením použitých označení.	47
Tabulka 23: Posudek namáhání průřezu kroucením.	47
Tabulka 24: Posouzení interakce všech působících vnitřních sil.	48
Tabulka 25: Posouzení únosnosti průřezu oblouku ve vetknutí.....	49
Tabulka 26: Posouzení smykové únosnosti.....	49
Tabulka 27: Posouzení kroucení.	49
Tabulka 28: Interakce působících sil.....	50
Tabulka 29: Vnitřní síly.....	51
Tabulka 30: Posudek únosnosti průřezu oblouku před spojením s mostovkou.	52
Tabulka 31: Posouzení smykového namáhání.....	52
Tabulka 32: Posudek namáhání průřezu kroucením.	52
Tabulka 33: Posouzení interakce všech působících vnitřních sil.	53
Tabulka 34: Vnitřní síly.....	54
Tabulka 35: Posouzení únosnosti na kombinaci normálové síly a ohybových momentů.	54
Tabulka 36: Posouzení průřezu na smyk.....	55
Tabulka 37: Posudek kroucení.....	55
Tabulka 38: Interakce vnitřních sil.	55
Tabulka 39: Posouzení interakce normálové síly a ohybových momentů.	56
Tabulka 40: Posouzení smyku ve směru působících vnitřních sil.	56
Tabulka 41: Posouzení v kroucení.....	57

Tabulka 42: Posudek na interakci vnitřních sil.....	57
Tabulka 43: Vnitřní síly.....	58
Tabulka 44: Posouzení interakce normálové síly a momentů.....	58
Tabulka 45: Posouzení únosnosti ve smyku.....	59
Tabulka 46: Únosnost průřezu v kroucení.....	59
Tabulka 47: Posouzení interakce všech vnitřních sil.....	60
Tabulka 48: Vnitřní síly.....	61
Tabulka 49: Posouzení interakce normálové síly a momentů.....	61
Tabulka 50: Posouzení smyku.....	62
Tabulka 51: Posudek kroucení.....	62
Tabulka 52: Interakce mezi působícími vnitřními silami.....	62
Tabulka 53: Maximální přípustné hodnoty napětí v MSP.	63
Tabulka 54: Posouzení MSP v průřezu oblouku ve vetknutí.....	64
Tabulka 55: Posouzení MSP v průřezu oblouku před spojením s mostovkou.	65
Tabulka 56: Posouzení MSP v průřezu mostovky před spojením s obloukem.	66
Tabulka 57: Posouzení MSP průřezu mostovky ve spojení se šikmou vzpěrou.	67
Tabulka 58: Posouzení MSP průřezu šikmé vzpěry.....	68
Tabulka 59: Fáze výstavby.	74
Tabulka 60: Fáze výstavby pokračování.	75

Seznam obrázků

Obrázek 1: Pohled na stávající most. [8]	10
Obrázek 2: Silnice I/18 v celé délce s vyznačením mostu. [2]	11
Obrázek 3: Nejbližší okolí mostu u Vestce. [2].....	11
Obrázek 4: Šířkové uspořádání.....	12
Obrázek 5: Vrstevnice a výškové body v nejbližším okolí mostu. [2].....	13
Obrázek 6: Varianta A - obloukový most s horní mostovkou.	14
Obrázek 7: Varianta B - příčné řezy.	15
Obrázek 8: Varianta B - komorový most o 3 polích.	16
Obrázek 9: Schéma samokotvené konstrukce. [4]	18
Obrázek 10: Průřez oblouku v polovině rozpětí.	19
Obrázek 11: Průřez oblouku ve vetknutí.	19
Obrázek 12: Průřez mostovky.....	19
Obrázek 13: Průřez vzpěry.....	20
Obrázek 14: Rozmístění zatížení LM1 na mostovce.	23
Obrázek 15: Model zatížení LM3 rozmístěný na vozovce.	24
Obrázek 16: Hodnoty maximální teploty vzduchu ve stínu, která je překročena ročními maximy s pravděpodobností 0,02. [9]	27
Obrázek 17: Hodnoty minimální teploty vzduchu ve stínu, která je překročena ročními minimy s pravděpodobností 0,02. [9]	27
Obrázek 18: Vztah mezi minimální/maximální teplotou vzduchu ve stínu (T_{\min}/T_{\max}) a minimální/maximální rovnoměrnou složkou teploty konstrukce ($T_{e,\min}/T_{e,\max}$). [9]	28
Obrázek 19: Směry zatížení větrem na mostech. [5].....	31
Obrázek 20: Součinitel síly $c_{f,z}$ pro mosty s příčným náklonem a při šikmo nabíhajícím větru. [5]	31
Obrázek 21: Pokles podpor 1.	32
Obrázek 22: Pokles podpor 2.	32
Obrázek 23: Model konstrukce.....	36
Obrázek 24: Perspektivní pohled.....	36
Obrázek 25: Průběh normálové síly od vlastní tíhy oblouku.....	37
Obrázek 26: Průběh normálové síly od vlastní tíhy mostovky.....	37
Obrázek 27: Průběh krouticího momentu od vlastní tíhy mostovky.....	37
Obrázek 28: Průběh krouticího momentu od vlastní tíhy oblouku.	37
Obrázek 29: Průběh momentu M_y od vlastní tíhy mostovky.....	38
Obrázek 30: Průběh momentu M_y od vlastní tíhy oblouku.	38
Obrázek 31: Průběh momentu M_z od vlastní tíhy mostovky.....	38
Obrázek 32: Průběh momentu M_z od vlastní tíhy oblouku.	38
Obrázek 33: Normálová síla od rovnoměrného ochlazení.....	39
Obrázek 34: Průběh momentu M_y od rovnoměrného ochlazení.	39
Obrázek 35: Průběh momentu M_z od ochlazení.	39
Obrázek 36: Průběh normálové síly od předpětí.....	39
Obrázek 37: Průběh momentu M_y od předpětí.....	39
Obrázek 38: Průběh momentu M_z od předpětí.	40
Obrázek 39: Vyznačení posuzovaných řezů.	41
Obrázek 40: Vyztužený průřez.....	46
Obrázek 41: Interakční diagram.....	46
Obrázek 42: Interakční diagram.....	48

Obrázek 43: Vyztužený průřez oblouku v průřezu před spojením s mostovkou.....	51
Obrázek 44: Interakční diagram.....	51
Obrázek 45: Vyztužený průřez mostovky.....	54
Obrázek 46: Interakční diagram.....	54
Obrázek 47: Interakční diagram.....	56
Obrázek 48: Vyztužený průřez.....	58
Obrázek 49: Interakční diagram.....	58
Obrázek 50: Vyztužený průřez.....	61
Obrázek 51: Interakční diagram.....	61
Obrázek 52: Založení integrovaného mostu. [11]	69
Obrázek 53: Schéma letmé betonáže. [4].....	70
Obrázek 54: Schéma letmé betonáže s vyvěšováním. [12]	70
Obrázek 55: Realizace mostu přes Oparenské údolí. [12]	71
Obrázek 56: Fáze výstavby 3.	72
Obrázek 57: Fáze výstavby 10.....	72
Obrázek 58: Fáze výstavby 17.....	72
Obrázek 59: Fáze výstavby 22.....	72
Obrázek 60: Fáze výstavby 23.....	72
Obrázek 61: Fáze výstavby 24.....	73
Obrázek 62: Fáze výstavby 27.....	73
Obrázek 63: Fáze výstavby 32.....	73
Obrázek 64: Fáze výstavby 39.....	73
Obrázek 65: Fáze výstavby 49.....	73
Obrázek 66: Finální fáze.	74