



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta stavební**

**Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**

**Oblouková lávka přes Bečvu v Přerově**

**Footbridge across Bečva river in Přerov**

Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí práce: Ing. Michal Netušil, Ph.D.

**Kateřina Soukupová**

---

**Praha 2016**



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Soukupová Jméno: Kateřina Osobní číslo: 410831  
Zadávací katedra: K134  
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Oblouková lávka přes Bečvu v Přerově

Název bakalářské práce anglicky: Footbridge across Bečva river in Přerov

Pokyny pro vypracování:

Vypracování návrhu konstrukčního řešení lávky, vypracování numerického modelu konstrukce, statický výpočet a posouzení všech prvků nosné konstrukce, návrh detailů, výkresová dokumentace, krátká technická zpráva.


Seznam doporučené literatury:

Ocelové konstrukce 10, 20, 30, normy pro navrhování ocelových konstrukcí, zatížení staveb

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Michal Netušil, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2016 Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2016

  
Podpis vedoucího práce

  
Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

22.2.2016  
Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta(ky)

## **Abstrakt**

Předmětem této bakalářské práce je návrh konstrukce lávky pro pěší přes řeku Bečvu v Přerově. Jedná se o alternativní návrh stávající lávky. Součástí projektu je statický výpočet prvků nosné konstrukce, návrh detailů a výkresová dokumentace. Nosnou konstrukci tvoří dvojice oblouků, na něž je pomocí táhel zavěšena mezilehlá mostovka. Betonová deska mostovky je spřažena s příčníky, které jsou kloubově připojeny ke dvěma hlavním nosníkům. Mezi oblouky i hlavními nosníky je navrženo větrové ztužení. Posouzení konstrukce je provedeno ručním výpočtem dle norem s pomocí modelu ve výpočtovém programu Scia Engineer.

### **Klíčová slova**

ocelová konstrukce  
oblouková lávka  
lávka pro pěší  
mezilehlá mostovka  
spřažená mostovka

## **Abstract**

The topic of this bachelor thesis is a design of a pedestrian bridge over the Bečva river in Přerov. It is an alternative proposal of the existing footbridge. The project includes a static analysis of framework elements, details and drawings. The load-bearing construction consists of a pair of arches. There is an intermediate bridge deck which is connected to the arch by tie-rods. The concrete slab deck is connected to the cross beams, which are articulated to the two main girders. Between the arcs and the main girders there is wind bracing. The construction is assessed by a manual calculation in accordance with the standards using the calculation model in Scia Engineer.

### **Key words**

steel structure  
arch footbridge  
pedestrian bridge  
intermediate bridge deck  
mixed construction

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 19.6.2016

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji své rodině za podporu během studia.

Děkuji vedoucímu své bakalářské práce Ing. Michalovi Netušilovi, Ph.D. za odborné rady při konzultacích bakalářské práce.

## **Seznam příloh:**

Část A: Úvodní listy

Část B: Technická zpráva

Část C: Statický výpočet

Část D: Výkresová dokumentace



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta stavební**

**Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**

## **Oblouková lávka přes Bečvu v Přerově**

Bakalářská práce

### **B. Technická zpráva**

**Kateřina Soukupová**

Praha 2016

## Obsah

1	Úvod.....	2
2	Základní údaje.....	2
2.1	Údaje o stavbě .....	2
2.2	Popis konstrukce.....	2
2.3	Základní rozměry .....	2
2.4	Přemost'ovaná překážka .....	2
3	Zdůvodnění stavby.....	2
4	Geologické podmínky.....	3
5	Technické řešení .....	3
5.1	Spodní stavba.....	3
5.2	Popis prvků nosné konstrukce.....	3
5.2.1	Oblouky .....	3
5.2.2	Hlavní nosníky.....	3
5.2.3	Mostovka.....	3
5.2.4	Táhla.....	3
5.2.5	Vzpěra .....	3
5.2.6	Zavětrování .....	3
5.2.7	Uložení.....	4
5.2.8	Mostní závěr.....	4
5.3	Příslušenství.....	4
5.3.1	Pochozí vrstva .....	4
5.3.2	Bezpečnostní vybavení.....	4
5.3.3	Odvodnění .....	4
5.4	Materiály .....	4
5.5	Protikorozní ochrana .....	4
5.6	Zatěžovací zkouška.....	4
5.7	Údržba, revize a prohlídka.....	5
5.8	Postup výstavby lávky .....	5
	Použitá literatura.....	6



# 1 Úvod

Úkolem této bakalářské práce je návrh ocelové konstrukce lávky pro pěší. Jedná se o alternativní návrh stávající lávky.

## 2 Základní údaje

### 2.1 Údaje o stavbě

Název projektu:	Oblouková lávka přes Bečvu v Přerově
Obec:	Přerov
Kraj:	Olomoucký
Katastrální území:	Přerov I-Město
Hladina řeky při stoletém průtoku:	211,640m n. m.

### 2.2 Popis konstrukce

Mostovku lávky tvoří betonová deska spřažená s ocelovými příčníky, které jsou připojeny ke dvěma hlavním nosníkům. Poloha mostovky je mezilehlá, hlavní nosníky jsou zavěšeny pomocí táhel na dvojici oblouků a podepřeny vzpěrami. V úrovni mostovky i mezi oblouky jsou umístěna větrová ztužidla. Lávka je navržena na zatížení chodci a obslužným vozidlem dle požadavků investora.

### 2.3 Základní rozměry

Rozpětí oblouků:	76,000m
Výškové vzepětí oblouků:	12,000m
Teoretické rozpětí:	88,000m
Délka ocelové nosné konstrukce:	89,000m
Vzdálenost osových čar dilatace:	89,215m
Rozpětí krajních polí mostovky:	12,800m
Rozpětí středního pole mostovky:	62,400m
Vzdálenost uchycení táhel:	10,000m
Světlá šířka mezi zábradlími:	3,500m
Osová vzdálenost hlavních nosníků:	3,700m

### 2.4 Přemostovaná překážka

Výšková poloha je zvolena tak, aby spodní okraj hlavních nosníků byl v celé délce minimálně 0,5m nad návrhovou hladinou. Oblouky nejsou při povodni zatopeny do více než jedné třetiny rozpětí, posouzení zatopení patek oblouku není v rámci této bakalářské práce prováděno. Okraje lávky budou navazovat na přilehlé chodníky.

## 3 Zdůvodnění stavby

Lávka propojuje oblast U Tenisu s areálem Laguny a přilehlou rekreační oblastí. Stavba slouží k provozu chodců, cyklistů a bruslařů na inline-bruslích. Lávka neslouží k provozu vozidel s výjimkou vozidla IZS a vozidla údržby města a Povodí Moravy do celkové hmotnosti 9 tun.

## 4 Geologické podmínky

Geologické podmínky nebyly zjištěny, jelikož návrh spodní stavby není součástí projektu.

## 5 Technické řešení

### 5.1 Spodní stavba

Oblouk je uložen na železobetonových patkách podepřených vrтанými pilotami. Hlavní nosníky jsou na krajích uloženy na železobetonové opěry, které jsou rovněž podepřené pilotami.

### 5.2 Popis prvků nosné konstrukce

#### 5.2.1 Oblouky

Oblouky tvoří uzavřený svařovaný profil konstantního průřezu. Jsou k sobě skloněny, jejich osová vzdálenost v místě patek je 6,0m a ve vrcholu oblouku 4,0m. Osa oblouků má tvar paraboly druhého stupně.

#### 5.2.2 Hlavní nosníky

Hlavní nosníky jsou z válcovaných obdélníkových trubek. Střednice opisuje oblouk o poloměru 1000m, přičemž nejvyšší bod oblouku je uprostřed lávky. Nosníky jsou mezilehle zavěšeny na oblouky táhly a v krajním poli podepřeny pomocí vzpěr. Na vnitřní okraj nosníků je připevněno zábradlí.

Na opěrách je provedeno uložení na čepy a dále je mostovka uložena pomocí čepů na dva trámy spojující oblouky.

#### 5.2.3 Mostovka

Mostovku tvoří betonová deska minimální tloušťky 150mm spřažená pomocí trnů s příčníky z válcovaných IPE profilů. Osová vzdálenost příčníků činí 2,0m a jsou připojeny k hlavním nosníkům.

#### 5.2.4 Táhla

Pro zavěšení mostovky jsou použity táhla systému Macalloy 460. Všechna táhla jsou v podélném směru lávky svisle, na každém oblouku je umístěno pět táhel. Vzdálenost závěsů je 10m.

#### 5.2.5 Vzpěra

Pro podepření mostovky v krajním poli jsou použity vzpěry, jejichž profil tvoří kruhové trubky a jsou uloženy na společných základech v patkách oblouků.

#### 5.2.6 Zavětrování

Oblouky jsou propojeny příčlemi, mezi kterými je nad mostovkou větrové ztužení ve tvaru rombické soustavy. Pod mostovkou jsou mezi oblouky umístěny další diagonální větrová ztužidla. Diagonální ztužidla mají tvar kruhových trubek a profil příčných ztužidel tvoří čtvercové trubky.

Pro montáž jsou navržena větrová ztužidla mezi příčníky mostovky. Montážní ztužidla jsou z válcovaných L profilů.

### **5.2.7 Uložení**

Oblouky jsou v patách připojeny kloubově. Mostovka je uložena pomocí čepů v místě krajních opěr a trámů mezi oblouky. Čepy na jednom z trámů mostovky jsou neposuvné, všechny ostatní čepy jsou posuvné v podélném směru.

### **5.2.8 Mostní závěr**

Na obou okrajích lávky je navržen mostní závěr, který zajišťuje na straně větší dilatační délky posun 140mm a na straně kratší dilatační délky 55mm.

## **5.3 Příslušenství**

### **5.3.1 Pochozí vrstva**

Na povrch betonu je položena přímopochozí hydroizolace Peda-Gard II.

### **5.3.2 Bezpečnostní vybavení**

Na hlavní nosníky je osazeno zábradlí výšky 1300mm.

### **5.3.3 Odvodnění**

Odvodnění mostovky je zabezpečeno provedením střešovitého příčného sklonu 2,5% a podélným sklonem žlabů na okrajích průchozího prostoru. Ve vzdálenostech 10m jsou umístěny odvodňovače, voda odtéká přímo pod lávku.

## **5.4 Materiály**

Konstrukce je navržena z oceli S355J2+N, pro betonovou desku mostovky je použit beton třídy C30/37-XC4 a pro základové konstrukce je navržen beton C20/25. Výztuž je tvořena ocelí B500B a trny jsou z materiálu S235 J2G3. Je požadována kvalita svaru B. Třída provedení konstrukce je EXC3. Všechny použité šrouby jsou pevnostní třídy 5.6.

## **5.5 Protikorozi ochrana**

Ochrana ocelových částí konstrukce bude provedena dle EN ISO 12944. Stupeň korozní agresivity prostředí je C4. Nátěry jsou provedeny základní v dílně a další na stavbě. Je zajištěna životnost protikorozi ochrany minimálně 15 let.

## **5.6 Zatěžovací zkouška**

Po dokončení stavby se provede zatěžovací zkouška, při které budou měřeny průhyby nosné konstrukce a sedání podpěr. Pomocí tenzometrů bude během montáže sledováno napětí.

## 5.7 Údržba, revize a prohlídky

Prohlídky budou prováděny pravidelně v průběhu životnosti lávky. Je zapotřebí pravidelné čištění mostních ložisek, závěrů a prvků odvodnění.

## 5.8 Postup výstavby lávky

Pro výpočty není postup výstavby lávky uvažován, předpokládaný postup je následující:

- Příprava potřebného zařízení staveniště
- Provedení výkopových prací a spodní stavby
- Osazení krajních částí oblouků délky 25m, které budou pomocí předpínacích lan kotveny do krajních opěr
- Osazení střední části oblouku
- Postupná montáž ocelové části mostovky a zavěšování hlavních nosníků pomocí táhel na oblouk
- Betonáž desky mostovky
- Umístění mostních závěrů
- Položení přímopochozí izolace
- Osazení zábradlí
- Úprava okolí stavby

## Použitá literatura

- [1] ČSN EN 1990 (73 0002): *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: ČNI, 2011, 100 s.
- [2] ČSN EN 1991-1-4 (73 0035): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou*. Praha: ČNI, 2005, 44 s.
- [3] ČSN EN 1991-1-5 (73 0035): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: ČNI, 2008, 102 s.
- [4] ČSN EN 1991-2 (73 6203): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou*. Praha: ČNI, 2005, 152 s.
- [5] ČSN EN 1993-2 (73 6205): *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty*. Praha: ČNI, 2005, 44 s.
- [6] ROTTER, Tomáš a Jiří STUDNIČKA. *Ocelové mosty*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-01-03410-0.
- [7] RYJÁČEK, Pavel. *Ocelové mosty: cvičení*. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05672-1.
- [8] SOKOL, Zdeněk a František WALD. *Ocelové konstrukce: tabulky*. 2., přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04655-5.
- [9] STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce: normy*. 2. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 978-80-01-05489-5.
- [10] STUDNIČKA, Jiří a Milan HOLICKÝ. *Ocelové konstrukce 20: zatížení staveb podle Eurokódu*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02751-1.
- [11] *Martin Štrupl - Izolace [online]*. Martin Štrupl – Izolace, Praha [vid. 2016-05-05]. Dostupné na WWW: <http://www.strupl.cz>.



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta stavební**

**Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**

# **Oblouková lávka přes Bečvu v Přerově**

Bakalářská práce

## **C. Statický výpočet**

**Kateřina Soukupová**

Praha 2016

## Obsah

1	Úvod.....	5
2	Výpočtový model .....	5
3	Zatížení.....	6
3.1	Stálé zatížení .....	6
3.1.1	Vlastní tíha konstrukce.....	6
3.1.2	Ostatní stálé zatížení.....	6
3.2	Proměnné zatížení .....	6
3.2.1	Montážní zatížení .....	6
3.2.2	Zatížení chodci .....	6
3.2.3	Zatížení obslužným vozidlem.....	6
3.2.4	Zatížení větrem .....	6
3.2.5	Zatížení teplotou.....	7
3.3	Kombinace zatížení.....	8
3.3.1	Kombinace pro mezní stav únosnosti.....	8
3.3.2	Kombinace pro mezní stav použitelnosti .....	12
4	Posouzení prvků nosné konstrukce lávky .....	14
4.1	Návrh výztuže betonové desky .....	14
4.1.1	Výztuž průřezu nad podporou .....	15
4.1.2	Výztuž průřezu v poli.....	16
4.1.3	Rozdělovací výztuž.....	17
4.2	Spřažený průřez mostovky .....	17
4.2.1	Mezní stav únosnosti.....	17
4.2.1.1	Montážní stádium.....	17
4.2.1.2	Provozní stádium.....	18
4.2.1.3	Posouzení spřažení.....	19
4.2.2	Mezní stav použitelnosti .....	20
4.2.2.1	Posouzení napětí.....	20
4.2.2.2	Posouzení průhybů .....	22
4.2.2.3	Posouzení spřažení.....	22
4.3	Oblouk.....	23
4.3.1	Posouzení únosnosti .....	23
4.3.2	Vzpěrná únosnost.....	24
4.3.3	Únosnost v ohybu.....	25
4.3.4	Kombinace tlaku a ohybu .....	26
4.3.5	Posouzení smykové únosnosti.....	26

4.3.6	Ověření průhybů .....	27
4.4	Hlavní nosník.....	28
4.4.1	Posouzení únosnosti .....	28
4.4.2	Vzpěrná únosnost.....	30
4.4.3	Únosnost v ohybu.....	31
4.4.4	Kombinace tlaku a ohybu .....	31
4.4.5	Posouzení smykové únosnosti.....	32
4.4.6	Ověření průhybů .....	32
4.5	Trám pro uložení mostovky .....	33
4.5.1	Vzpěrná únosnost.....	34
4.5.2	Únosnost v ohybu.....	34
4.5.3	Kombinace tlaku a ohybu .....	35
4.5.4	Smyková únosnost .....	35
4.5.5	Ověření průhybů .....	35
4.6	Táhla.....	35
4.7	Vzpěra .....	36
4.7.1	Vzpěrná únosnost.....	37
4.8	Příčná větrová ztužidla mezi oblouky.....	37
4.8.1	Vzpěrná únosnost.....	38
4.8.2	Únosnost v ohybu.....	38
4.8.3	Kombinace tlaku a ohybu .....	38
4.9	Ztužidla mezi oblouky – diagonály nad mostovkou .....	39
4.9.1	Vzpěrná únosnost.....	39
4.10	Ztužidla mezi oblouky – delší diagonály pod mostovkou .....	40
4.10.1	Vzpěrná únosnost.....	40
4.10.2	Únosnost v ohybu .....	41
4.10.3	Kombinace tlaku a ohybu.....	41
4.11	Ztužidla mezi oblouky – kratší diagonály pod mostovkou .....	41
4.11.1	Vzpěrná únosnost.....	42
4.11.2	Únosnost v ohybu .....	42
4.11.3	Kombinace tlaku a ohybu.....	43
4.12	Mostovková ztužidla.....	43
4.12.1	Vzpěrná únosnost.....	43
5	Posouzení konstrukce z hlediska dynamiky .....	44
6	Návrh mostního závěru .....	46
6.1	Dilatace od teploty .....	46



6.2	Dilatace od průhybu .....	46
6.3	Celková dilatace .....	46
7	Návrh styčnicků.....	47
7.1	Kloubová patka oblouku .....	47
7.2	Přípoj patky vzpěry.....	48
7.3	Kloubový přípoj vzpěry k hlavnímu nosníku .....	49
7.3.1	Návrh šroubů.....	49
7.3.2	Posouzení oslabeného průřezu vzpěry .....	50
7.3.3	Posouzení styčnickového plechu.....	50
7.4	Čepový spoj pro uložení mostovky .....	51
7.5	Čepový přípoj pro upevnění táhel.....	53
7.6	Rámový přípoj trámu pro uložení mostovky k oblouku .....	55
7.7	Rámový přípoj příčného větrového ztužidla mezi oblouky.....	55
7.8	Kloubový přípoj příčnicku k hlavnímu nosníku .....	56
7.8.1	Návrh šroubů.....	56
7.8.2	Posouzení styčnickového plechu.....	57
7.9	Přípoj ztužidla v úrovni mostovky .....	58
7.9.1	Návrh šroubů.....	58
7.9.2	Posouzení oslabeného průřezu ztužidla .....	58
7.9.3	Posouzení styčnickového plechu.....	58
7.10	Kloubový přípoj příčného ztužidla mezi oblouky.....	58
7.10.1	Návrh šroubů .....	58
7.10.2	Posouzení oslabeného průřezu ztužidla.....	59
7.10.3	Posouzení styčnickového plechu .....	60
7.11	Kloubový přípoj horního diagonálního ztužidla mezi oblouky.....	60
7.11.1	Návrh šroubů .....	60
7.11.2	Posouzení oslabeného průřezu ztužidla.....	61
7.11.3	Posouzení styčnickového plechu .....	61
7.12	Kloubový přípoj delšího diagonálního ztužidla pod mostovkou .....	62
7.12.1	Návrh šroubů .....	62
7.12.2	Posouzení oslabeného průřezu ztužidla.....	63
7.12.3	Posouzení styčnickového plechu .....	63
7.13	Kloubový přípoj kratšího diagonálního ztužidla pod mostovkou .....	64
7.13.1	Návrh šroubů .....	64
7.13.2	Posouzení oslabeného průřezu ztužidla.....	65
7.13.3	Posouzení styčnickového plechu .....	65

8	Závěr .....	66
	Použitá literatura.....	67
	Seznam obrázků.....	68
	Seznam tabulek.....	69

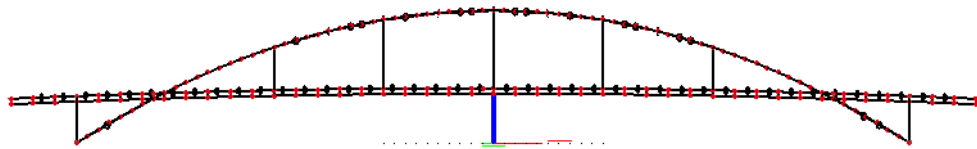
## 1 Úvod

V rámci statického výpočtu jsou posouzeny průřezy prvků nosné konstrukce lávky a jsou navrženy přípoje těchto prvků.

Výpočet zahrnuje popis výpočtového modelu, použitého zatížení a kombinací a dále posouzení průřezů na základě mezních stavů únosnosti a použitelnosti.

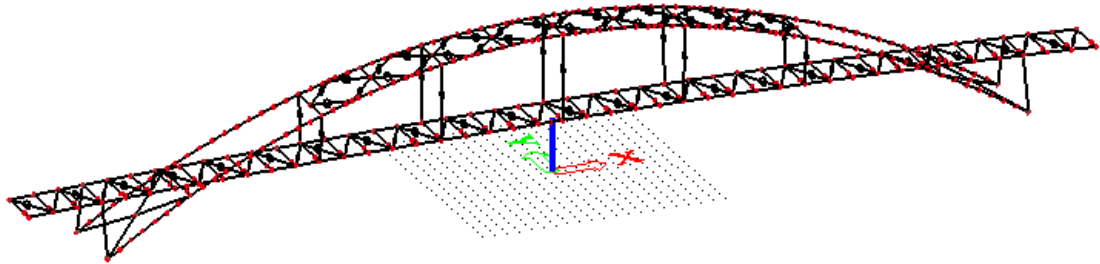
## 2 Výpočtový model

Výpočet vnitřních sil a deformací je proveden pomocí statického programu SCIA Engineer. Celý model je prutový. V první fázi výpočtu byl pro zahrnutí účinku pojezdu vozidla na konstrukci modelován pomocný nehmotný prut pod mostovkou připojený kloubově na příčnice.



Obrázek 1: Pomocný prut pro pojezd pohyblivého zatížení

Bylo zjištěno, že kombinace zahrnující zatížení vozidlem rozhoduje pouze pro návrh příčnicku mostovky a betonové desky. Pro urychlení dalšího výpočtu je tedy použit model bez pomocného prutu.



Obrázek 2: Výpočtový model konstrukce

Parabolický tvar oblouků je nahrazen polygonem. Oblouky jsou v podporách uloženy kloubově.

Hlavní nosníky jsou uloženy pevně na jednom z trámů mezi oblouky a ve zbylých podporách posuvně v podélném směru.

Táhla jsou nastavena, aby přenášela pouze osové síly, a vzpěry jsou připojeny jako kyvné pruty k oblouku a hlavnímu nosníku.

Pro mostovková ztužidla, příčnicku mostovky a táhla je zavedena excentricita, aby jejich poloha odpovídala skutečnosti.

Trám pro uložení mostovky a první příčel větrového ztužidla jsou připojeny rámově. Zbýlá příčná ztužidla a diagonály ztužidel jsou připojeny kloubově. Spodní diagonální ztužidla mezi oblouky se kříží, je tedy navržen jeden prut průběžný a dva krátké pruty, jež jsou připojeny k průběžné diagonále v její polovině.

## 3 Zatížení

### 3.1 Stálé zatížení

#### 3.1.1 Vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíha ocelových částí průřezu je generována automaticky výpočtovým programem. Tíha betonové mostovky je dopočtena ručně.

- vlastní tíha čerstvého betonu v montážním stádiu

$$g_{k1} = 26 * 0,214 = 5,564 \text{ kN/m}^2$$

- vlastní tíha betonu v provozním stádiu

$$g_{k2} = 25 * 0,214 = 5,350 \text{ kN/m}^2$$

#### 3.1.2 Ostatní stálé zatížení

- přímopochozí izolace

$$g_{k3} = 0,01 \text{ kN/m}^2$$

- zábradlí

$$g_{k3} = 1 \text{ kN/m}$$

### 3.2 Proměnné zatížení

#### 3.2.1 Montážní zatížení

V montážním stádiu působí na mostovce zatížení o hodnotě  $0,75 \text{ kN/m}^2$ , zvýšené na ploše  $3 \times 3 \text{ m}$  na  $1,5 \text{ kN/m}^2$ .

#### 3.2.2 Zatížení chodci

Dle normy lze zatížení  $5 \text{ kN/m}^2$  redukovat pomocí níže uvedeného vzorce. Takto redukované zatížení je použito pro posouzení hlavních nosníků a oblouků, pro posudek spřaženého příčnicku je uvažována jeho plná hodnota, protože hrozí vytvoření hustého proudu lidí v daném místě.

- svislé zatížení

$$q_{fk1} = 2,0 + \frac{120}{L + 30} = 2,0 + \frac{120}{62 + 30} = 3,304 \text{ kN/m}^2$$

- vodorovné zatížení

$$q_h = 0,1 * q_{fk1} = 0,1 * 3,304 = 0,330 \text{ kN/m}^2$$

#### 3.2.3 Zatížení obslužným vozidlem

Dle požadavků investora počítám také zatížení vozidlem o hmotnosti 9t. Uvažuji rozdělení sil na nápravy 30kN a 60kN. Osová vzdálenost kol náprav je 1,3m, vzdálenost náprav pak činí 3,0m. Údaje jsou převzaty ze zadávací dokumentace.

#### 3.2.4 Zatížení větrem

Zatížení větrem v příčném směru, které je spočtené zjednodušenou metodou bez vlivu turbulence, působí na plochu hlavního nosníku a oblouku a na obě plochy zábradlí, které je přepokládáno neprodyšné z důvodu možného umístění reklamních ploch.

Při provozu působí všechna následující spočtená zatížení větrem a při montáži působí všechna tato zatížení s výjimkou zatížení větrem do zábradlí.

- měrná hmotnost vzduchu  
 $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
- součinitel expozice (kategorie terénu III)  
 $c_e = 1,9$
- součinitel síly bez vlivu proudění kolem volných konců  
 $c_{f,x} = c_{f,x,0} = 2,0$
- větrová oblast 1 ...  $v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$
- součinitel směru a součinitel ročního období  
 $c_{dir} = c_{season} = 1,0$
- základní rychlost větru  
 $v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1,0 * 1,0 * 22,5 = 22,5 \text{ m/s}$
- charakteristické plošné zatížení větrem  
$$q_{wk} = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 * c_e * c_{f,x} = \frac{1}{2} * 1,25 * 22,5^2 * 1,9 * 2 * 10^{-3}$$
$$= 1,202 \text{ kN/m}^2$$
- zatížení působící na oblouk  
 $q_{wk1} = 1,202 * 0,7 = 0,841 \text{ kN/m}$
- zatížení působící na hlavní nosník  
 $q_{wk2} = 1,202 * 0,40 = 0,481 \text{ kN/m}$
- zatížení působící na zábradlí  
 $q_{wk3} = 1,202 * 1,3 = 1,563 \text{ kN/m}$
- zatížení působící na táhla  
Reynoldsovo číslo ...  $R_e = \frac{b * v(z_e)}{v} = \frac{0,034 * 42,75}{15 * 10^{-6}} = 96832 \rightarrow c_{f,0} = 1,2$   
$$q_{wk4} = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 * c_e * c_{f,x} * b = \frac{1}{2} * 1,25 * 22,5^2 * 1,9 * 1,2 * 10^{-3} * 0,034$$
$$= 0,025 \text{ kN/m}$$
- zatížení působící na vzpěru  
Reynoldsovo číslo ...  $R_e = \frac{b * v(z_e)}{v} = \frac{0,108 * 22,5}{15 * 10^{-6}} = 162000 \rightarrow c_{f,0} = 1,2$   
$$q_{wk5} = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 * c_e * c_{f,x} * b = \frac{1}{2} * 1,25 * 22,5^2 * 1,9 * 1,2 * 10^{-3} * 0,108$$
$$= 0,078 \text{ kN/m}$$

### 3.2.5 Zatížení teplotou

Pro ocelové nosné prvky je konstrukce zaříděna jako 1. typ. Zatížení teplotou je stanoveno pomocí rovnoměrné a rozdílové složky teploty. Rozdílová složka je lineární a je uvažována jen ve svislém směru.

Rovnoměrná složka:

- $T_{\max} = 38^\circ\text{C}$  ... maximální teplota vzduchu ve stínu
- $T_{\min} = -30^\circ\text{C}$  ... minimální teplota vzduchu ve stínu
- $T_0 = 10^\circ\text{C}$  ... výchozí teplota
- maximální rovnoměrná složka teploty  
 $T_{e,\max} = T_{\max} + 16 = 38 + 16 = 44^\circ\text{C}$
- minimální rovnoměrná složka teploty  
 $T_{e,\min} = T_{\min} - 3 = -30 - 3 = -33^\circ\text{C}$
- maximální rozsah teplot pro prodloužení  
 $\Delta T_{N,\text{exp}} = T_{e,\max} - T_0 = 44 - 10 = 34^\circ\text{C}$

- maximální rozsah teplot pro zkrácení  
 $\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} = 10 - (-33) = 43^\circ\text{C}$

Rozdílová složka:

- $\Delta T_{m,heat} = 18^\circ\text{C}$  ... rozdíl teplot pro horní povrch teplejší než dolní
- $\Delta T_{m,cool} = 13^\circ\text{C}$  ... rozdíl teplot pro dolní povrch teplejší než horní

Současné působení obou složek:

$$\Delta T_{m,heat} + \omega_n * \Delta T_{N,exp} = 18 + 0,35 * 34 = 29,9^\circ\text{C}$$

$$\omega_m * \Delta T_{m,heat} + \Delta T_{N,exp} = 0,75 * 18 + 34 = 47,5^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{m,heat} + \omega_n * \Delta T_{N,con} = 18 + 0,35 * 43 = 33,5^\circ\text{C}$$

$$\omega_m * \Delta T_{m,heat} + \Delta T_{N,con} = 0,75 * 18 + 43 = 56,5^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{m,cool} + \omega_n * \Delta T_{N,exp} = 13 + 0,35 * 34 = 24,9^\circ\text{C}$$

$$\omega_m * \Delta T_{m,cool} + \Delta T_{N,exp} = 0,75 * 13 + 34 = 43,5^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{m,cool} + \omega_n * \Delta T_{N,con} = 13 + 0,35 * 43 = 28,1^\circ\text{C}$$

$$\omega_m * \Delta T_{m,cool} + \Delta T_{N,con} = 0,75 * 13 + 43 = 42,8^\circ\text{C}$$

- Pro oteplení je tedy uvažováno  $+47,5^\circ\text{C}$  a pro ochlazení  $-56,5^\circ\text{C}$ .

### 3.3 Kombinace zatížení

#### 3.3.1 Kombinace pro mezní stav únosnosti

Pro návrh montážních ztužidel v úrovni mostovky jsou použity následující kombinace montážního zatížení sestaveny podle rovnice 6.10 dle [1]:

A) vlastní tíha konstrukce + vítr zprava

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,00	
vítr zprava	1,50	

Tabulka 1: Kombinace zatížení A

B) vlastní tíha konstrukce + vítr zleva

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,00	
vítr zleva	1,50	

Tabulka 2: Kombinace zatížení B

C) vlastní tíha konstrukce + oteplení

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,35	
oteplení	1,50	

Tabulka 3: Kombinace zatížení C

D) vlastní tíha konstrukce + ochlazení

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,35	
ochlazení	1,50	

Tabulka 4: Kombinace zatížení D

Pro návrh ostatních prvků nosné konstrukce jsou použity následující kombinace provozního zatížení:

1) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + chodci na celé ploše lávky + vítr zprava + oteplení

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,35	
tíha betonové mostovky	1,35	
ostatní stálé zatížení	1,35	
chodci na celé ploše lávky	1,35	
vítr zprava	1,50	0,30
oteplení	1,50	0,60

Tabulka 5: Kombinace zatížení č. 1

2) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + chodci na celé ploše lávky + vítr zprava + ochlazení

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,35	
tíha betonové mostovky	1,35	
ostatní stálé zatížení	1,35	
chodci na celé ploše lávky	1,35	
vítr zprava	1,50	0,30
ochlazení	1,50	0,60

Tabulka 6: Kombinace zatížení č. 2

3) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + chodci na celé ploše lávky + vítr zprava + oteplení

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,35	
tíha betonové mostovky	1,35	
ostatní stálé zatížení	1,35	
chodci na celé ploše lávky	1,35	
vítr zleva	1,50	0,30
oteplení	1,50	0,60

Tabulka 7: Kombinace zatížení č. 3

4) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + chodci na celé ploše lávky + vítr zprava + ochlazení

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,35	
tíha betonové mostovky	1,35	
ostatní stálé zatížení	1,35	
chodci na celé ploše lávky	1,35	
vítr zleva	1,50	0,30
ochlazení	1,50	0,60

Tabulka 8: Kombinace zatížení č. 4

5)-8) viz kombinace 1-4 – hlavní proměnné zatížení chodci na 1. polovině lávky

9)-12) viz kombinace 1-4 – hlavní proměnné zatížení chodci na 2. polovině lávky

13)-16) viz kombinace 1-4 – hl. prom. zatížení chodci na přední polovině lávky

17)-20) viz kombinace 1-4 – hl. prom. zatížení chodci na zadní polovině lávky

21) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + vozidlo + chodci + vítr zprava + oteplení

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,35	
tíha betonové mostovky	1,35	
ostatní stálé zatížení	1,35	
vozidlo	1,35	
chodci na celé ploše lávky	1,35	0,40
vítr zprava	1,50	0,30
oteplení	1,50	0,60

Tabulka 9: Kombinace zatížení č. 21

22) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + vozidlo + chodci + vítr zprava + ochlazení

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,35	
tíha betonové mostovky	1,35	
ostatní stálé zatížení	1,35	
vozidlo	1,35	
chodci na celé ploše lávky	1,35	0,40
vítr zprava	1,50	0,30
ochlazení	1,50	0,60

Tabulka 10: Kombinace zatížení č. 22

23) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + vozidlo + chodci + vítr zleva + oteplení

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,35	
tíha betonové mostovky	1,35	
ostatní stálé zatížení	1,35	
vozidlo	1,35	
chodci na celé ploše lávky	1,35	0,40
vítr zleva	1,50	0,30
oteplení	1,50	0,60

Tabulka 11: Kombinace zatížení č. 23



24) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + vozidlo + chodci + vítr zleva + ochlazení

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,35	
tíha betonové mostovky	1,35	
ostatní stálé zatížení	1,35	
vozidlo	1,35	
chodci na celé ploše lávky	1,35	0,40
vítr zleva	1,50	0,30
ochlazení	1,50	0,60

Tabulka 12: Kombinace zatížení č. 24

25) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + vítr zprava

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,00	
tíha betonové mostovky	1,00	
ostatní stálé zatížení	1,00	
vítr zprava	1,50	

Tabulka 13: Kombinace zatížení č. 25

26) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + vítr zleva

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,00	
tíha betonové mostovky	1,00	
ostatní stálé zatížení	1,00	
vítr zleva	1,50	

Tabulka 14: Kombinace zatížení č. 26

27) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + oteplení

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,35	
tíha betonové mostovky	1,35	
ostatní stálé zatížení	1,35	
oteplení	1,50	

Tabulka 15: Kombinace zatížení č. 27

28) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + ochlazení

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,35	
tíha betonové mostovky	1,35	
ostatní stálé zatížení	1,35	
ochlazení	1,50	

Tabulka 16: Kombinace zatížení č. 28

### 3.3.2 Kombinace pro mezní stav použitelnosti

Pro návrh prvků nosné konstrukce jsou použity následující kombinace zatížení sestaveny podle rovnice 6.14b dle [1]:

1) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + chodci na celé ploše lávky

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,00	
tíha betonové mostovky	1,00	
ostatní stálé zatížení	1,00	
chodci na celé ploše lávky	1,00	

Tabulka 17: Kombinace zatížení č. 1 pro MSP

2) – 5) viz kombinace 1, hlavní proměnné zatížení: chodci na 1. polovině lávky, chodci na 2. polovině lávky, chodci na přední polovině lávky, chodci na zadní polovině lávky

6) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + vozidlo + chodci

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,00	
tíha betonové mostovky	1,00	
ostatní stálé zatížení	1,00	
vozidlo	1,00	
chodci na celé ploše lávky	1,00	0,40

Tabulka 18: Kombinace zatížení č. 6 pro MSP

7) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + vítr zprava

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,00	
tíha betonové mostovky	1,00	
ostatní stálé zatížení	1,00	
vítr zprava	1,00	

Tabulka 19: Kombinace zatížení č. 7 pro MSP

8) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + vítr zleva

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,00	
tíha betonové mostovky	1,00	
ostatní stálé zatížení	1,00	
vítr zleva	1,00	

Tabulka 20: Kombinace zatížení č. 8 pro MSP

9) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + ochlazení

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,00	
tíha betonové mostovky	1,00	
ostatní stálé zatížení	1,00	
ochlazení	1,00	

Tabulka 21: Kombinace zatížení č. 9 pro MSP

10) vlastní tíha ocelové konstrukce + tíha betonové mostovky + ostatní stálé zatížení + oteplení

	$\gamma_f$	$\psi_0$
vlastní tíha konstrukce	1,00	
tíha betonové mostovky	1,00	
ostatní stálé zatížení	1,00	
oteplení	1,00	

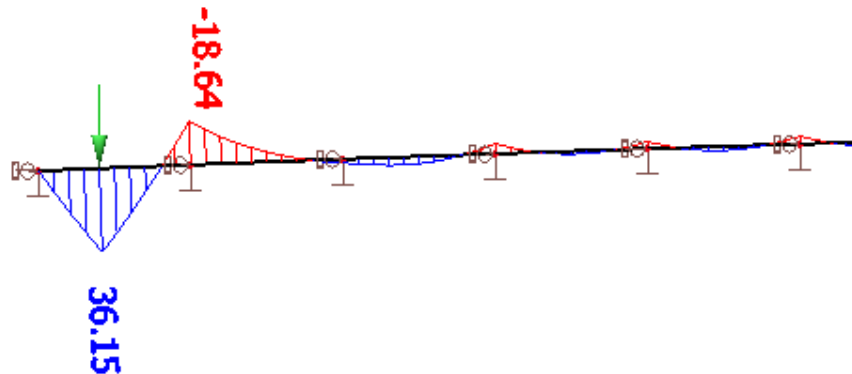
Tabulka 22: Kombinace zatížení č. 10 pro MSP

## 4 Posouzení prvků nosné konstrukce lávky

### 4.1 Návrh výztuže betonové desky

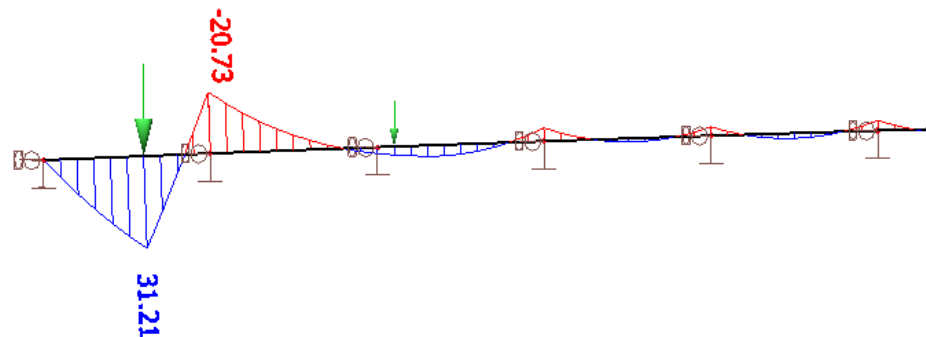
Deska mostovky je modelována zjednodušeně jako spojitý nosník s podepřením v místě ocelových příčníků. Největší ohybové momenty vyvozuje kombinace zatížení zahrnující vozidlo, dav chodců redukovaný součinitelem  $\Psi_0=0,4$  a vlastní tíhu betonové desky.

Maximální ohybový moment nastává při poloze těžší nápravy vozidla 0,8m od počátku a je roven 36,15kNm a lehčí náprava je před lávkou.



Obrázek 3: Průběh ohybových momentů pro vznik maximálního momentu

Pro minimální ohybový moment platí, že těžší náprava je vzdálena 1,2m od krajní podpory a jeho hodnota je -20,73kNm a lehčí náprava je ve vzdálenosti 4,2m od krajní podpory.



Obrázek 4: Průběh ohybových momentů pro vznik minimálního momentu

Ohybový moment nad podporou je možno redistribuovat. Podle doporučení volím minimální redistribuční poměr  $\delta=0,75$ . Ověření této hodnoty provedu po návrhu výztuže. Na krajní pole nosníku působí osamělá síla  $F_d=60*1,35=81$ kN a spojitě zatížení o hodnotě  $f_d=(0,214*1,0*25+0,01*1,0+ 5,0*0,4)*1,35=9,936$ kNm. Pomocí těchto hodnot dále vypočtu odpovídající posouvající síly po redistribuci.

Redistribuovaný nadpodporový moment:

$$M_{red,1} = \delta * M_{Ed} = -0,75 * 20,73 = -15,55 \text{ kNm}$$

Posouvající síla nad podporou po redistribuci:

$$V_{red,1} = (-9,936 * 2,0 * 1,0 - 81 * 1,2 - 15,55)/2,0 = -66,311 \text{ kN}$$

Maximální ohybový moment v poli:

$$M_{red,2} = -15,55 + 66,311 * 0,8 - 9,936 * 0,8 * 0,4 = 34,32kNm$$

Tento moment nepřekračuje maximální hodnotu z obálky, výztuž v poli tedy můžeme navrhnout pro  $M_{Ed,2}=36,15kNm$  a výztuž nad podporou pro redukovaný moment k lícím podpory.

Redukce k lici podpory:

$$M_{Ed,1} = |M_{red,1}| - |V_{red,1}| * \frac{b_p}{2} = 15,55 - 66,311 * \frac{0,091}{2} = 12,53kNm$$

#### 4.1.1 Výztuž průřezu nad podporou

Navržená je výztuž  $\varnothing 8mm$  ve vzdálenosti 167mm. Je použit beton C30/37-XC4 a konstrukce je třídy S5, minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti je 35mm a uvažují návrhovou odchylku 5mm, krytí výztuže tedy bude 40mm.

Návrhová pevnost betonu:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20MPa$$

Návrhová pevnost výztuže B500B:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8MPa$$

Staticky účinná výška průřezu:

$$d = h - c - \varnothing/2 = 150 - 40 - 8/2 = 106mm$$

Plocha výztuže:

$$A_s = 6 * \frac{\pi * 8^2}{4} = 301,6mm^2$$

Výška tlačené části betonu:

$$x = \frac{A_s * f_{yd}}{0,8 * b * f_{cd}} = \frac{301,6 * 434,8}{0,8 * 1000 * 20} = 8,2mm$$

Rameno vnitřních sil:

$$z = d - 0,4 * x = 106 - 0,4 * 8,2 = 102,7mm$$

Ověření únosnosti:

$$M_{Rd} = A_s * f_{yd} * z = 301,6 * 434,8 * \frac{102,7}{10^6} = 13,47kNm > 12,53kNm$$

VYHOVUJE (93,0%)

Posouzení poměrné výšky tlačené oblasti:

$$\zeta = \frac{x}{d} = \frac{8,2}{106} = 0,077 < \zeta_{max} = 0,45$$

VYHOVUJE

Ověření minimální plochy výztuže:

$$\begin{aligned} A_s &= 301,6mm^2 > A_{s,min} = \max\left(0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d; 0,0013 * b * d\right) = \\ &= \max\left(0,26 * \frac{2,9}{500} * 1000 * 105; 0,0013 * 1000 * 105\right) = \\ &= 158,3mm^2 \end{aligned}$$

Ověření maximální plochy výztuže:

$$A_s = 301,6mm^2 < A_{s,max} = 0,04 * b * h = 0,04 * 1000 * 150 = 6000mm^2$$

Ověření maximální rozteče prutů:

$$\begin{aligned} \Delta &= 167 - 8 = 159mm \geq \max(20; 1,2 * \varnothing; D_{max} + 5) = \\ &= \max(20; 1,2 * 10; 16 + 5) = 21mm \end{aligned}$$

Ověření minimální rozteče prutů:

$$s = 167\text{mm} \leq \min(2h, 250) = \min(2 * 150, 250) = 250\text{mm}$$

NÁVRH SPLŇUJE KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Ověření dostatečného protažení výztuže:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu} * (d - x)}{x} = \frac{3,5 * (106 - 8,2)}{8,2} = 41,7\text{‰} > \frac{f_{yd}}{E} = \frac{434,8}{210000} = 2,1\text{‰}$$

VYHOVUJE

#### 4.1.2 Výztuž průřezu v poli

Navržena je výztuž  $\varnothing 12\text{mm}$  ve vzdálenosti 125mm.

Plocha výztuže:

$$A_s = 8 * \frac{\pi * 12^2}{4} = 904,8\text{mm}^2$$

Staticky účinná výška průřezu:

$$d = h - c - \varnothing/2 = 150 - 40 - 12/2 = 104\text{mm}$$

Výška tlačené části betonu:

$$x = \frac{A_s * f_{yd}}{0,8 * b * f_{cd}} = \frac{904,8 * 434,8}{0,8 * 1000 * 20} = 24,6\text{mm}$$

Rameno vnitřních sil:

$$z = d - 0,4 * x = 104 - 0,4 * 24,6 = 94,2\text{mm}$$

Ověření únosnosti:

$$M_{Rd} = A_s * f_{yd} * z = 904,8 * 434,8 * \frac{94,2}{10^6} = 37,06\text{kNm} > 36,15\text{kNm}$$

VYHOVUJE (97,5%)

Posouzení poměrné výšky tlačené oblasti:

$$\zeta = \frac{x}{d} = \frac{24,6}{104} = 0,237 < \zeta_{max} = 0,45$$

VYHOVUJE

Ověření minimální plochy výztuže:

$$\begin{aligned} A_s &= 904,8\text{mm}^2 > A_{s,min} = \max\left(0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d; 0,0013 * b * d\right) = \\ &= \max\left(0,26 * \frac{2,9}{500} * 1000 * 105; 0,0013 * 1000 * 105\right) = \\ &= 158,3\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Ověření maximální plochy výztuže:

$$A_s = 904,8\text{mm}^2 < A_{s,max} = 0,04 * b * h = 0,04 * 1000 * 150 = 6000\text{mm}^2$$

Ověření minimální rozteče prutů:

$$\begin{aligned} \Delta &= 125 - 12 = 113\text{mm} \geq \max(20; 1,2 * \varnothing; D_{max} + 5) \\ &= \max(20; 1,2 * 10; 16 + 5) = 21\text{mm} \end{aligned}$$

Ověření maximální rozteče prutů:

$$s = 125\text{mm} \leq \min(2h, 250) = \min(2 * 150, 250) = 250\text{mm}$$

NÁVRH SPLŇUJE KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Ověření dostatečného protažení výztuže:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu} * (d - x)}{x} = \frac{3,5 * (104 - 24,6)}{24,6} = 11,3\text{‰} > \frac{f_{yd}}{E} = \frac{434,8}{210000} = 2,1\text{‰}$$

VYHOVUJE

Ověření hodnoty redistribučního poměru:

$$\delta = 0,75 \geq 0,44 + 1,25 * x_u/d = 0,44 + 1,25 * 8,2/106 = 0,54 \text{ (pro } f_{ck} \leq 50\text{MPa)}$$

$\delta=0,75 \geq 0,70$  (pro ocel třídy tažnosti B)  
VYHOVUJE

#### 4.1.3 Rozdělovací výztuž

V příčném směru navrhuji rozdělovací výztuž  $\varnothing 8\text{mm}$  ve vzdálenosti 200mm.  
Plocha výztuže:

$$A_s = 5 * \frac{\pi * 8^2}{4} = 251,3\text{mm}^2$$

Ověření minimální plochy výztuže:

$$A_s = 251,3\text{mm}^2 > A_{s,min} = 0,25 * A_s = 0,25 * 904,8 = 226,2\text{mm}^2$$

Ověření maximální výztuže:

$$s = 200 \leq \min(3h, 400) = \min(3 * 150, 400) = 400\text{mm}$$

VYHOVUJE

## 4.2 Spřažený průřez mostovky

Mostovka je navržena z betonové desky spřažené s příčníky IPE180. Kvůli odvodnění je mostovka spádována, pro posudek únosnosti průřezu počítám s nejmenší tloušťkou desky 150mm.

### 4.2.1 Mezní stav únosnosti

#### 4.2.1.1 Montážní stádium

Při montáži působí stálé zatížení dle tabulky na zatěžovací šířce 2,0m.

zatížení stálé	fk[kN/m]	$\gamma$	fd[kN/m]
tíha desky	11.128	1.35	15.023
tíha nosníku	0.188	1.35	0.254
celkem	<b>11.316</b>		<b>15.277</b>

Tabulka 23: Montážní zatížení

Dále uvažuji montážní proměnné zatížení.

Stanovení návrhového ohybového momentu:

- od stálého zatížení

$$M_{gk1} = \frac{1}{8} * 11,316 * 3,5^2 = 17,328\text{kNm}$$

- od montážního zatížení

$$M_{uk} = \frac{1}{8} * (0,75 * 2,0) * 3,5^2 + \frac{1}{4} * (0,75 * 3,0 * 2,0) * 3,5 - 0,75 * 2 * 1,5 * 0,75 = 4,547\text{kNm}$$

- návrhový moment

$$M_{mont,d} = 1,35 * M_{gk1} + 1,5 * M_{uk} = 1,35 * 17,328 + 1,5 * 4,547 = 30,213\text{kNm}$$

Posouzení únosnosti v ohybu:

$$M_{pl,Rd} = w_{y,pl} * \frac{f_y}{\gamma_0} = 166,4 * 10^{-6} * \frac{355 * 10^3}{1,0} = 59,072\text{kNm} > 30,213\text{kNm}$$

VYHOVUJE (51,1%) – IPE 180 navrženo z důvodu dodržení průhybu (viz dále)

#### 4.2.1.2 Provozní stádium

Při provozu působí stálé zatížení dle tabulky na zatěžovací šířce 2,0m.

zatížení stálé	$f_k$ [kN/m]	$\gamma$	$f_d$ [kN/m]
tíha desky	10.700	1.35	14.445
povrchová vrstva	0.020	1.35	0.027
tíha nosníku	0.188	1.35	0.254
celkem	<b>10.908</b>		<b>14.726</b>

Tabulka 24: Zatížení při provozu

Dále uvažuji proměnné zatížení chodci 5kN/m<sup>2</sup> a obslužným vozidlem pro situaci, kdy je nad příčnickem těžší náprava a působí tak na něj dvojice sil o hodnotě 30kN. Z těchto dvou zatížení bude pro výpočet rozhodovat nepříznivější varianta.

Stanovení charakteristického ohybového momentu

- od stálého zatížení

$$M_{gk2} = \frac{1}{8} * 10,908 * 3,5^2 = 16,703kNm$$

- od zatížení chodci

$$M_{qk1} = \frac{1}{8} * (5,0 * 2) * 3,5^2 = 15,313kNm$$

- od zatížení obslužným vozidlem – dle kritéria max max M umístím síly do vzdáleností 0,775m a 2,075m od podpory

$$M_{qk2} = \frac{30 * 0,775 + 30 * 2,075}{3,5} * 1,425 = 34,811kNm$$

Pro posouzení uvažuji kombinaci s hlavním proměnným zatížením obslužným vozidlem.

- návrhový ohybový moment

$$\begin{aligned} M_{Ed} &= 1,35 * M_{gk2} + 1,35 * M_{qk2} + 1,35 * 0,4 * M_{qk1} \\ &= 1,35 * 16,703 + 1,35 * 34,811 + 1,35 * 0,4 * 15,313 \\ &= 77,813kNm \end{aligned}$$

Posouzení únosnosti v ohybu

- spolupůsobící šířka desky

$$b_{eff} = \min\left(2 * \frac{L}{8}, B\right) = \min\left(2 * \frac{3500}{8}, 2000\right) = 875mm$$

- poloha neutrální osy (předpoklad: leží v betonové desce)

$$x = \frac{A_a * f_{yd}}{0,85 * b_{eff} * f_{cd}} = \frac{2395 * 355}{0,85 * 875 * 20,0} = 57,2mm < 150mm$$

předpoklad splněn

- redukční součinitel

$$\frac{x}{h} = \frac{57,2}{330} = 0,173 > 0,15 \dots \beta = 1 - 0,15 * (1 - 0,227/0,25) = 0,986$$

- ohybová únosnost

$$\begin{aligned} M_{pl,Rd} &= \beta * A_a * f_{yd} * z \\ &= 0,986 * 2395 * 355 * (180/2 + 150 - 57,2/2) * 10^{-3} \\ &= 177,253kNm > 74,378kNm \end{aligned}$$

VYHOVUJE (43,9%)



Stanovení návrhové posouvající síly

- od stálého zatížení

$$V_{gk2} = \frac{1}{2} * 10,908 * 3,5 = 19,084kN$$

od zatížení chodci

$$V_{qk1} = \frac{1}{2} * (5,0 * 2) * 3,5 = 17,5kN$$

- od zatížení obslužným vozidlem – kritická poloha břemen pro maximální posouvající sílu je následující: jedna kolová síla 0,1m podpory, druhá 1,4m od podpory

$$V_{qk2} = \frac{30 * 3,4 + 30 * 2,1}{3,5} = 47,143kN$$

Pro posouzení uvažují kombinaci s hlavním proměnným zatížením obslužným vozidlem podle 6.10b.

- návrhová posouvající síla

$$V_{Ed} = 1,35 * V_{gk2} + 1,35 * V_{qk2} + 1,35 * 0,4 * V_{qk1} =$$
$$= 1,35 * 19,084 + 1,35 * 47,143 + 1,35 * 0,4 * 17,5 = 99,221kN$$

- Posouzení únosnosti ve smyku

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} * f_{yk}}{\gamma_{M1} * \sqrt{3}} = \frac{1125 * 355 * 10^{-3}}{1,1 * \sqrt{3}} = 209,618kN > 99,221kN$$

VYHOVUJE (47,3% - není nutné posuzovat interakci smyku s ohybem)

#### 4.2.1.3 Posouzení spřažení

Spřažení je zajištěno trny o průměru 16mm a délky 100mm z oceli pevnosti  $f_u=360\text{Mpa}$  o osové vzdálenosti 150mm. Použijeme konzervativní pružný posudek.

- charakteristická únosnost trnu

$$P_{Rk} = 0,8 * f_u * \frac{\pi * d^2}{4} = 0,8 * 360 * \frac{\pi * 16^2}{4} * 10^{-3} = 57,9kN$$

$$P_{Rk} = 0,29 * \alpha * d^2 * \sqrt{f_{ck} * E_{cm}} = 0,29 * 1 * 16^2 * \sqrt{30 * 32000} * 10^{-3} =$$
$$= 72,74kN$$

$$\frac{h_{sc}}{d} = \frac{100}{16} = 6,25 > 4 \dots \alpha = 1$$

- návrhová únosnost trnu

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v} = 57,9/1,25 = 46,32kN$$

- posouvající síla u podpory – uvažujeme ostatní stálé zatížení, postavení nápravy pro určení maximální posouvající síly a redukované zatížení chodci

$$V_{pk} = \frac{1}{2} * 0,02 * 3,5 + 47,143 + 0,4 * 17,5 = 54,178kN$$

- smykový tok

$$V_{1,p,k} = V_{p,k} * \frac{S_i}{I_i} = 54178 * \frac{\frac{150 * 875}{6,56} * (89 - 150/2)}{90053443} = 168,5kN/m$$

$$V_{1,p,d} = V_{1,p,k} * \gamma_f = 146,7 * 1,35 = 198,1kN/m$$

- síla působící na koncovou dvojici trnů

$$N_{E,p,d} = V_{1,p,d} * e_1 = 198,1 * 0,15 = 29,7kN < 46,3kN$$

VYHOVUJE(64,1%)

## 4.2.2 Mezní stav použitelnosti

### 4.2.2.1 Posouzení napětí

	OCEL	KRÁTKODOB. ZATÍŽENÍ	DLOUHODOBÉ ZATÍŽENÍ	SMRŠŤOVÁNÍ	
$E_a$	210000	210000	210000	210000	MPa
$E_c$	-	32000	32000	32000	MPa
$n_o$	-	6.56	6.56	6.56	-
$\psi_L$	-	0	1.1	0.55	-
$A_c$	-	973800	973800	973800	mm <sup>2</sup>
$u$	-	6492	6492	6492	mm
$h_o$	-	300	300	300	mm
$t$	-	1	36500	36500	den
$t_o$	-	1	60	1	den
$RH$	-	80	80	80	%
$f_{cm}$	-	38	38	38	MPa
$\alpha_1$	-	0.94	0.94	0.94	
$\alpha_2$	-	0.98	0.98	0.98	
$\alpha_3$	-	0.96	0.96	0.96	
$\beta_H$	-	905.8	905.8	905.8	
$\beta_c$	-	0	0.993	0.993	
$\Phi_{RH}$	-	1.277	1.277	1.277	
$\beta(f_{cm})$	-	2.725	2.725	2.725	
$\beta(t_o)$	-	0.909	0.422	0.909	
$\Phi_o$	-	3.165	1.470	3.165	
$\Phi_t$	-	0.000	1.459	3.142	
$n_L$	-	<b>6.56</b>	<b>17.10</b>	<b>17.90</b>	-

Tabulka 25: Výpočet pracovních součinitelů

PRŮŘEZ		OCEL	KRÁTKODOB. ZATÍŽENÍ	DLOUHODOBÉ ZATÍŽENÍ	
<b>BETON</b>					
prac.součinitel	$n_L$	-	6.56	17.88	-
šířka	$b_c$	0	875	875	mm
ideální šířka	$b_{ci}$	0	133.3	48.9	mm
tloušťka	$t_{ci}$	0	150	150	mm
<b>OCEL</b>					
plocha	A	2395	2395	2395	mm <sup>2</sup>
moment setrvačnosti	I	13170000	13170000	13170000	mm <sup>4</sup>
výška	$h_{steel}$	180	180	180	mm
<b>IDEÁLNÍ PRŮŘEZ</b>					
výška	$h_i$	180	330	330	mm
plocha	$A_i$	2395	22395	9734	mm <sup>2</sup>
stat.moment k dol.líci	$S_{y0}$				mm <sup>3</sup>
poloha těžiště	$e_t$	90	93	116	mm
	$e_b$	90	237	214	mm
moment setrvačnosti	$I_{i,y}$	13170000	108900743	76091761	mm <sup>4</sup>
beton-horní líc	$W_{i,y,ct}$	-	-1175454	-658250	mm <sup>3</sup>
beton-dolní líc	$W_{i,y,cb}$	-	1898737	2211777	mm <sup>3</sup>
ocel-horní líc	$W_{i,y,at}$	-146333	1898737	2211777	mm <sup>3</sup>
ocel-dolní líc	$W_{i,y,ab}$	146333	458811	354901	mm <sup>3</sup>

Tabulka 26: Výpočet průřezových charakteristik

NAPĚTÍ V MSP		KONEC ŽIVOTNOSTI t=36500dní			
		montážní	dlouhodobé	krátkodobé	celkem
	moment				
	$M_k$	17.33	0.03	34.81	kNm
	průřez	ocelový	dlouhodobý	krátkodobý	
	n	-	17.88	6.56	-
beton - horní líc	M/(W*N)	0.0	0.0	-4.5	-4.5 MPa
beton - dolní líc	M/(W*N)	0.0	0.0	2.8	2.8 MPa
ocel - horní líc	M/W	-118.4	0.0	18.3	-100.1 MPa
ocel - dolní líc	M/W	118.4	0.1	75.9	194.4 MPa

Tabulka 27: Výpočet napětí na konci životnosti

*Pozn.: Napětí na začátku a konci životnosti je stejné z důvodu, že dlouhodobé zatížení, které začíná působit až v provozním stavu je zanedbatelné, jelikož zahrnuje pouze povrchovou vrstvu vozovky, a dále pro proměnné zatížení chodci a vozidlem uvažují krátkodobý průřez.*

Posouzení napětí:

- $\sigma_{c,max}=4,5\text{Mpa}<0.60*f_{ck}=0.60*30=18\text{Mpa}$
- $\sigma_{a,max}=194,4\text{Mpa}<f_y=355\text{Mpa}$

VYHOVUJE

#### 4.2.2.2 Posouzení průhybů

Průhyb se skládá z průhybu ocelového nosníku od stálého zatížení v montážním stavu a následného průhybu spřaženého nosníku od dalších zatížení. Jednotlivé průhyby jsou určeny pomocí výpočtového programu.

- od vlastní tíhy:  $\delta_1 = 8,0\text{mm}$
- od ostatního stálého:  $\delta_2 = 0,0\text{mm}$
- od zatížení vozidlem:  $\delta_3 = 2,8\text{mm}$
- od zatížení chodci:  $\delta_4 = 1,1\text{mm}$
- od celkového zatížení pro pojezd vozidla a redukováného zatížení chodci:  
 $\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 = 8,0 + 0,0 + 2,8 + 0,4 * 1,1 = 11,2\text{mm}$   
 $\leq L/250 = 3500/250 = 14,0\text{mm}$

VYHOVUJE

#### 4.2.2.3 Posouzení spřažení

Napětí vzniklá od nerovnoměrného oteplení jsou vypočteny v tabulce:

t[°C]	$\epsilon$	$\underline{\epsilon}$	z [mm]	$\underline{z}$ [mm]	Fi [kN]	Mi [kNm]	$\sigma_c$ [Mpa]	$\sigma_a$ [Mpa]
0	16.00	0.000192	0.000120	0	36.0	302.40	10.89	-2.90
1	4.00	0.000048	0.000045	90	119.3	36.14	4.31	3.44
2	3.48	0.000042	0.000041	150	153.7	8.68	1.33	28.59
3	3.41	0.000041	0.000033	157.4	224.5	7.01	1.57	38.43
4	2.15	0.000026	0.000025	302.6	306.3	5.34	1.64	52.79
5	2.09	0.000025		310.0				
$\Sigma$						359.58	12.31	

Tabulka 28: Napětí od vlivu teploty

$$N_k = 875 * 150 * \frac{-2,90 + 3,44}{2} * 10^{-3} = 35,1\text{kN}$$

$$V_{t,k} = 2 * 35,1 / 0,875 = 80,2\text{kN/m}$$

Největší smyková síla na jeden trn pro charakteristickou kombinaci:

$$N_{E,p,k} = (V_{1,p,k} + \Psi * V_{t,k}) * e_1 = (168,5 + 0,6 * 80,2) * 0,15 = 32,5\text{kN}$$

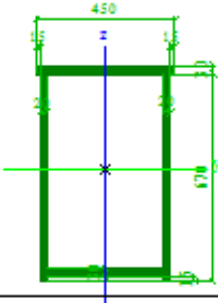
$$< k_s * P_{Rd} = 0,75 * 46,3 = 34,7\text{kN}$$

VYHOVUJE(93,7%)

## 4.3 Oblouk

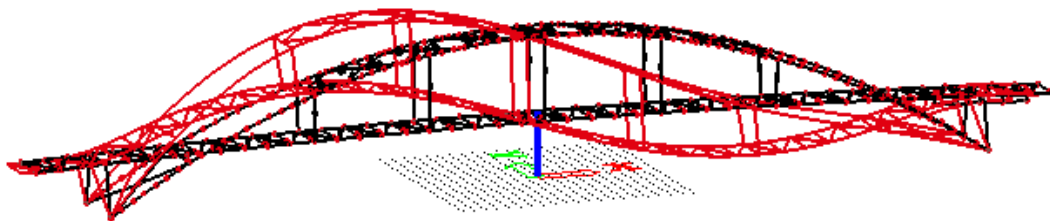
### 4.3.1 Posouzení únosnosti

Průřez oblouku je navržen uzavřený svařovaný o vnějších rozměrech 700x450mm, šířka pásnic je 30mm, šířka stojin 20mm.

Jméno	oblouk -svařený průřez	
Typ	Obecný průřez	
Materiál	S 355	
Výroba	obecný	
Posudek rovinného vzpěru y-y	c	
Posudek rovinného vzpěru z-z	c	
Klopení	Výchozí	
Použit 2D MKP výpočet	✓	
		
A [m <sup>2</sup> ]	5.1700e-02	
A <sub>y, z</sub> [m <sup>2</sup> ]	2.4666e-02	2.6651e-02
I <sub>y, z</sub> [m <sup>4</sup> ]	3.6885e-03	1.4379e-03
I <sub>w</sub> [m <sup>2</sup> ], t [m <sup>4</sup> ]	1.4820e-05	2.8105e-03
W <sub>el y, z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1.0270e-02	6.3906e-03
W <sub>pl y, z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1.2663e-02	7.9617e-03

Obrázek 5: Průřezové charakteristiky oblouku

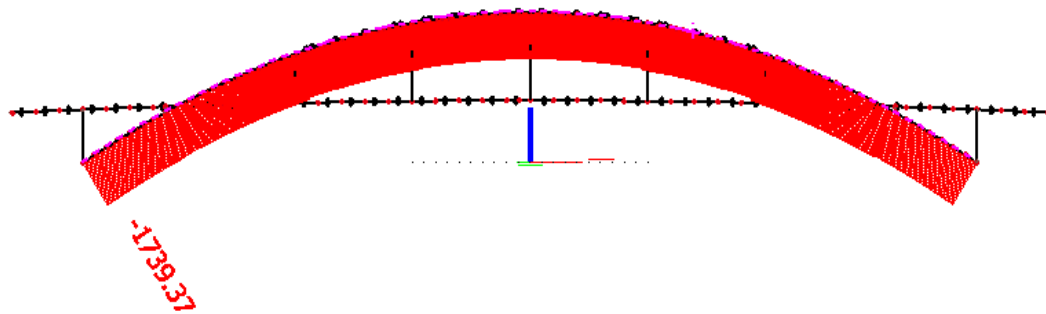
Pro oblouk rozhoduje kombinace zatížení č. 10 zahrnující chodce na jedné polovině lávky, ochlazení a vítr. Stabilitním výpočtem byl nalezen první vlastní tvar konstrukce pro tuto kombinaci, pro nějž platí:  $\alpha_{cr}=3,21$ . Pro posouzení oblouku se provedl nelineární výpočet.



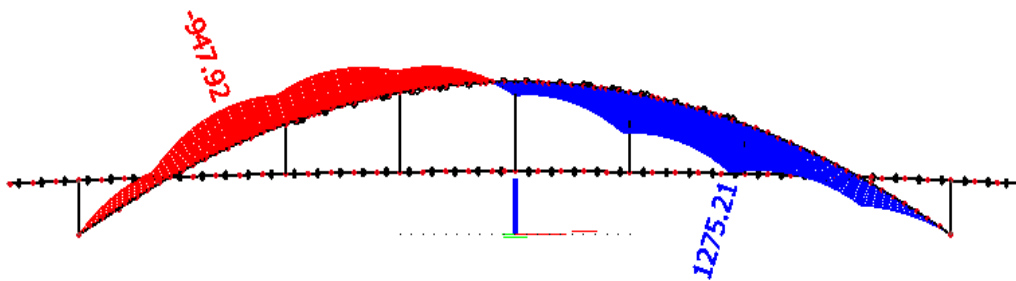
Obrázek 6: Vlastní tvar vybočení oblouku

Průřez se dále posoudí pro vnitřní síly spočtené nelineárním výpočtem. Průběh normálových sil a ohybových momentů od rozhodující kombinace je patrný na následujících obrázcích. Rozhodující průřez je v místě maximálního ohybového momentu, tedy nad prvním táhlem. V něm působí následující vnitřní síly:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= -1690,68 \text{ kN} \\ V_{y,Ed} &= -15,21 \text{ kN} \\ V_{z,Ed} &= -145,74 \text{ kN} \\ M_{x,Ed} &= 19,24 \text{ kNm} \\ M_{y,Ed} &= 1275,21 \text{ kNm} \\ M_{z,Ed} &= -40,96 \text{ kNm} \end{aligned}$$



Obrázek 7: Průběh normálové síly na oblouku



Obrázek 8: Průběh ohybových momentů na oblouku

#### 4.3.2 Vzpěrná únosnost

- vybočení v rovině oblouku

Zatřídění pásnice (tlak):

$$\frac{c}{t} = \frac{380}{30} = 12,67 \leq 33 * \varepsilon = 33 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 33 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 26,85 \dots 1. \text{ třída}$$

Zatřídění stojiny (ohyb a tlak):

$$\alpha = \frac{\frac{N_{Ed}}{2 * t_w * f_{yd}} + c}{2 * c} = \frac{\frac{1690,68 * 1000}{2 * 20 * 355 / 1,1} + 625}{2 * 625} = 0,605 > 0,5$$

$$\frac{c}{t} = \frac{625}{20} = 31,25 \leq \frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1} = \frac{396 * \sqrt{235/355}}{13 * 0,605 - 1} = 46,93 \dots 1. \text{ třída}$$

Kritická síla:

$$N_{cr} = \alpha_{cr} * N_{Ed} = 3,21 * 1739,37 = 5583,38 \text{ kN}$$

Vzpěrná délka:

$$L_{cr,y} = \sqrt{\frac{\pi^2 * E * I_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 * 210 * 3,6885 * 10^9}{5583,38}} = 37003mm$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda' = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{51700 * 355}{5583380}} = 1,813$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti c:

$$\alpha = 0,49$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\varnothing = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (1,813 - 0,2) + 1,813^2] = 2,539$$

$$\chi_y = \frac{1}{\varnothing + \sqrt{\varnothing^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{2,539 + \sqrt{2,539^2 - 1,813^2}} = 0,232$$

- vybočení z roviny oblouku

Vzpěrná délka:

$$L_{cr,z} = 11959mm \dots \text{největší vzdálenost mezi příčným podepřením}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{11959}{166,8} * \frac{1}{76,409} = 0,939$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\varnothing = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,939 - 0,2) + 0,939^2] = 1,121$$

$$\chi_z = \frac{1}{\varnothing + \sqrt{\varnothing^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{1,121 + \sqrt{1,121^2 - 0,939^2}} = 0,576$$

- $\chi_y < \chi_z \dots$  rozhoduje tedy vybočení v rovině oblouku
- návrhová únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,232 * 51700 * 355}{1,1 * 10^3} = 3865,02kN > 1690,68kN$$

VYHOVUJE (43,7%)

### 4.3.3 Únosnost v ohybu

Průřez není nutné posuzovat na klopení,  $\chi_{LT}=1,0$

- ohyb k ose y

$$M_{Rd} = w_{y,pl} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1,2663 * 10^7 * \frac{355}{1,0} * 10^{-6} = 4495,37kNm > 1275,21kNm$$

VYHOVUJE(28,4%)

- ohyb k ose z

$$M_{Rd} = w_{z,pl} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 7,9618 * 10^6 * \frac{355}{1,0} * 10^{-6} = 2826,44kNm > 40,96kNm$$

VYHOVUJE(1,4%)

#### 4.3.4 Kombinace tlaku a ohybu

- součinitele ekvivalentního konstantního momentu (dle tabulek)

$$C_{my} = 0,775$$

$$C_{mz} = 0,933$$

- interakční součinitele

$$k_{yy} = C_{my} * \min \left( 1 + (\lambda'_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk} * \gamma_{M1}}, 1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk} * \gamma_{M1}} \right) = 0,775 * \min \left( 1 + (1,813 - 0,2) * \frac{1690,68}{3865,02}, 1 + 0,8 * \frac{1690,68}{3865,02} \right) = 1,046$$

$$k_{yz} = 0,6 * k_{zz} = 0,6 * 1,095 = 0,639$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 1,046 = 0,628$$

$$k_{zz} = C_{mz} * \min \left( 1 + (\lambda'_z - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk} * \gamma_{M1}}, 1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk} * \gamma_{M1}} \right) = 0,933 * \min \left( 1 + (0,939 - 0,2) * \frac{1690,68}{16685,0 * 0,576}, 1 + 0,8 * \frac{1690,68}{16685,0 * 0,576} \right) = 1,064$$

$$k_{zz} = C_{mz} * \min \left( 1 + (\lambda'_z - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk} * \gamma_{M1}}, 1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk} * \gamma_{M1}} \right) = 0,933 * \min \left( 1 + (0,939 - 0,2) * \frac{1690,68}{16685,0 * 0,576}, 1 + 0,8 * \frac{1690,68}{16685,0 * 0,576} \right) = 1,064$$

- posouzení kombinace ohybu a tlaku

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk} * \gamma_{M1}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk} * \gamma_{M1}} + k_{yz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} * \gamma_{M1}} = \frac{1690,68}{3865,02} + 1,046 * \frac{1275,21}{\frac{4495,37}{1,1}} + 0,639 * \frac{40,96}{\frac{2826,44}{1,1}} = 0,776 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk} * \gamma_{M1}} + k_{zy} * \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk} * \gamma_{M1}} + k_{zz} * \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} * \gamma_{M1}} = \frac{1690,68}{16685,0 * 0,576} + 0,628 * \frac{1275,21}{\frac{4495,37}{1,1}} + 1,064 * \frac{40,96}{\frac{2826,44}{1,1}} = 0,390$$

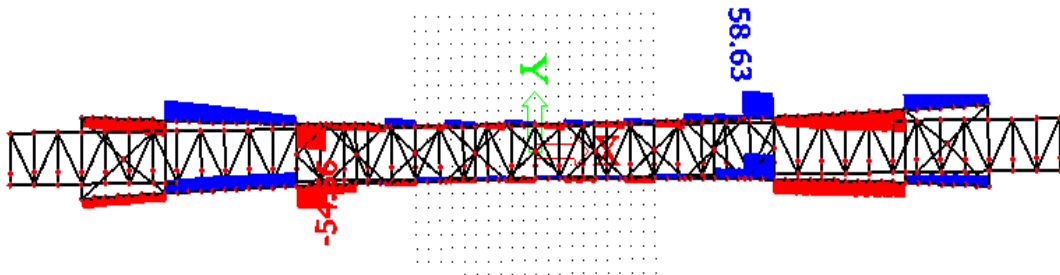
$\leq 1$

VYHOVUJE (77,6%)

#### 4.3.5 Posouzení smykové únosnosti

- Posouzení ve směru y:

Největší posouvající sílu vyvozuje kombinace č.25, která zahrnuje pouze vliv větru a vlastní tíhy. Průběh posouvajících sil je znázorněn na následujícím obrázku. Průřez je posouzen pro  $V_{Ed}=58,63\text{kN}$ .



Obrázek 9: Průběh posouvající síly ve směru y na oblouku



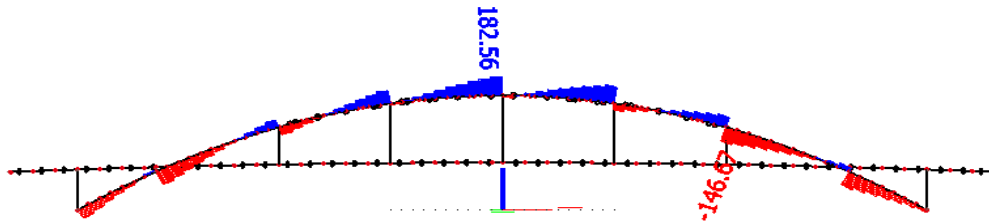
Únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{24666 * 355}{\sqrt{3} * 1,0} * 10^{-3} = 5055,53kN > 58,63kN$$

VYHOVUJE (1,2%)

- Posouzení ve směru z:

Největší posouvající sílu vyvoluje kombinace č. 6, která zahrnuje zatížení davem lidí na jedné polovině lávky, zkrácení od teploty a vliv větru. Průběh posouvajících sil je znázorněn na následujícím obrázku. Průřez je posouzen pro  $V_{Ed}=182,56kN$ .



Obrázek 10: Průběh posouvající síly ve směru z na oblouku

Únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{26651 * 355}{\sqrt{3} * 1,0} * 10^{-3} = 5462,37kN > 182,56kN$$

VYHOVUJE (3,3%)

Nosník je svařen krčnými svary o rozměru  $a=6mm$ , posoudí se krční svary horní pásnice pro  $V_{Ed}=182,56kN$ , kde vzniká největší napětí:

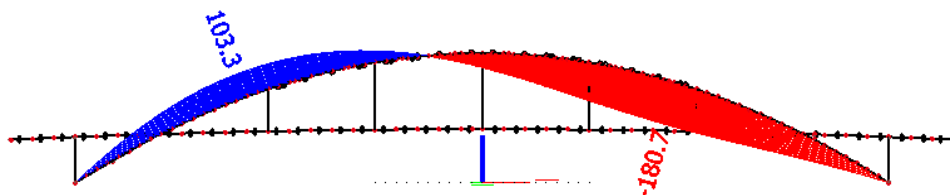
$$\tau_{II,1} = \frac{V_{Ed} * S_y}{2 * a * I_y} = \frac{182560 * 450 * 30 * 326}{2 * 6 * 3,6885 * 10^8} = 181,52MPa$$

$$\sqrt{3} * \tau_{II,1} = \sqrt{3} * 181,52 = 314,40MPa < \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56MPa$$

VYHOVUJE (72,2%)

#### 4.3.6 Ověření průhybů

Maximální průhyb oblouku od zadaných kombinací je 180,7mm, což splňuje limit  $L/250=68000/250=272mm$ .



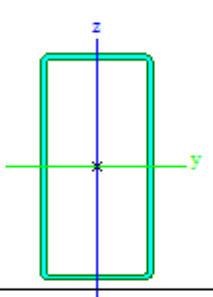
Obrázek 11: Průhyby oblouku

## 4.4 Hlavní nosník

### 4.4.1 Posouzení únosnosti

Jako průřez hlavního nosníku je zvolena válcovaná obdélníková trubka o rozměrech 400x200x10.

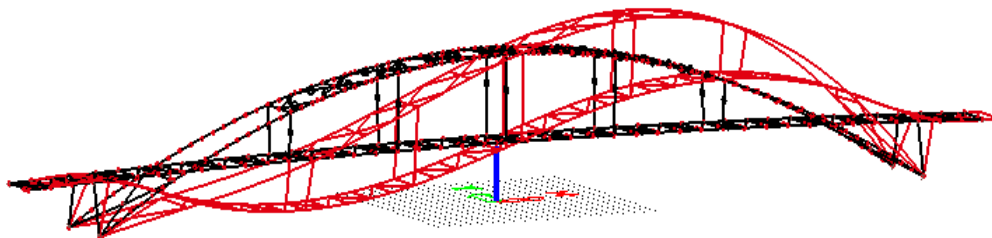
Jméno	hlavní nosníky	
Typ	RHS400/200/10.0	
Zdroj hodnot	British Standard / BS 5950 part 1 : 1990 & EN 10210-2	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Posudek rovinného vzpěru y-y	a	
Posudek rovinného vzpěru z-z	a	
Klopení	Výchozí	
Použit 2D MKP výpočet	x	



A [m <sup>2</sup> ]	1.1500e-02	
A <sub>y, z</sub> [m <sup>2</sup> ]	3.8084e-03	7.6168e-03
I <sub>y, z</sub> [m <sup>4</sup> ]	2.3910e-04	8.0840e-05
I <sub>w</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ]	1.6000e-06	1.9260e-04
W <sub>eI y, z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1.1960e-03	8.0800e-04
W <sub>pI y, z</sub> [m <sup>3</sup> ]	1.4675e-03	9.0494e-04

Obrázek 12: Průřezové charakteristiky hlavního nosníku

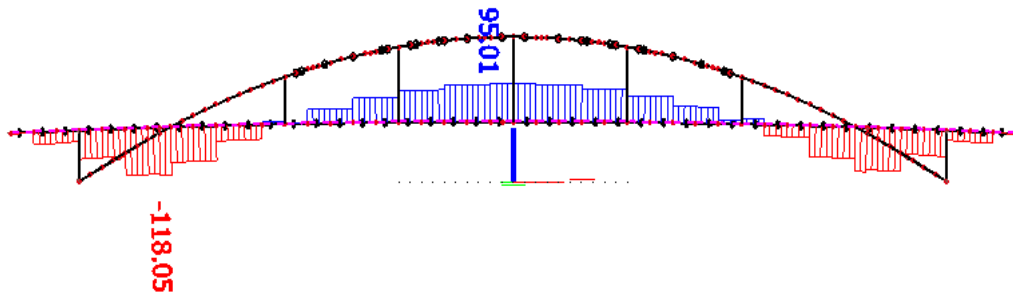
Pro hlavní nosník rozhoduje kombinace zatížení č.4 zahrnující chodce na celé ploše lávky, ochlazení a vítr. Stabilitním výpočtem je nalezen první vlastní tvar konstrukce pro tuto kombinaci, pro nějž platí:  $\alpha_{cr}=2,79$ . Pro posouzení provedeme nelineární výpočet.



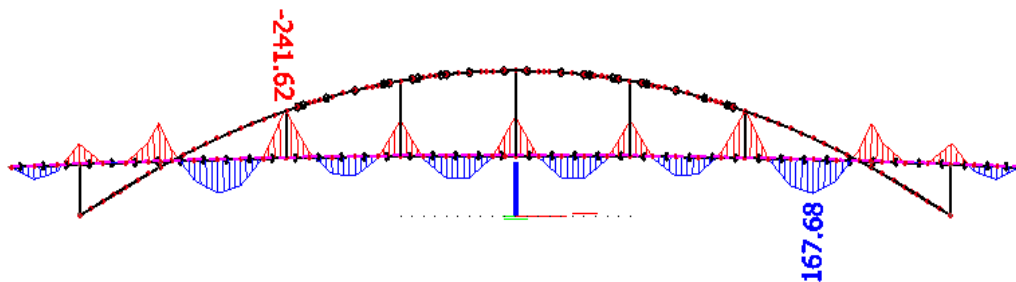
Obrázek 13: Vlastní tvar vybočení hlavního nosníku

Tento průřez bude posouzen pro vnitřní síly spočtené nelineárním výpočtem. Průběh normálových sil a ohybových momentů od rozhodující kombinace je opět znázorněn na následujících obrázcích. Rozhodující průřez je v místě maximální tlakové síly, tedy v místě uložení mostovky na oblouk. V něm působí následující vnitřní síly:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= -118,05 \text{ kN} \\ V_{y,Ed} &= 50,07 \text{ kN} \\ V_{z,Ed} &= -131,57 \text{ kN} \\ M_{x,Ed} &= 14,44 \text{ kNm} \\ M_{y,Ed} &= -192,85 \text{ kNm} \\ M_{z,Ed} &= 36,86 \text{ kNm} \end{aligned}$$

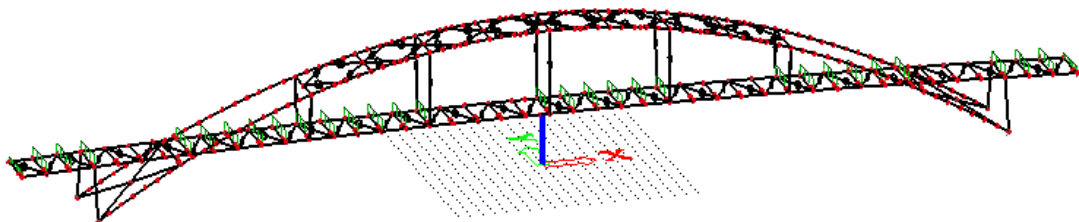


Obrázek 14: Průběh normálových sil na hlavním nosníku



Obrázek 15: Průběh ohybových momentů na hlavním nosníku

Pozn.: Pro ověření tohoto průřezu byla vyzkoušena pro úplnost další kombinace zatížení s uspořádáním chodců dle obrázku pro vyvolání maximálního ohybového momentu. V poli tak vzniká maximální moment  $M_{Ed}=189,89\text{kNm}$ , normálová síla je zde  $N_{Ed}=-87,43\text{kN}$  a  $\alpha_{cr}=2,79$ . Pro tuto kombinaci pro ověření ohybu a tlaku vychází využití 71,7%, kombinace tedy nerozhoduje.



Obrázek 16: Zatížení chodci s vystřídáním polí

#### 4.4.2 Vzpěrná únosnost

- vybočení v rovině nosníku

Zatřídění pásnice (tlak):

$$\frac{c}{t} = \frac{180}{10} = 18 \leq 33 * \varepsilon = 33 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 33 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 26,85 \dots 1. \text{ třída}$$

Zatřídění stojiny (ohyb a tlak):

$$\alpha = \frac{\frac{N_{Ed}}{2 * t_w * f_{yd}} + c}{2 * c} = \frac{\frac{118,05 * 1000}{2 * 10 * 355 / 1,1} + 380}{2 * 380} = 0,524 > 0,5$$

$$\frac{c}{t} = \frac{380}{10} = 38,00 \leq \frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1} = \frac{396 * \sqrt{235/355}}{13 * 0,524 - 1} = 55,44 \dots 1. \text{ třída}$$

Kritická síla:

$$N_{cr} = \alpha_{cr} * N_{Ed} = 2,79 * 118,05 = 329,36 \text{ kN}$$

Vzpěrná délka:

$$L_{cr,y} = \sqrt{\frac{\pi^2 * E * I_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 * 210 * 2,391 * 10^8}{329,36}} = 38789 \text{ mm}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda' = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{11500 * 355}{329360}} = 3,521$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti a:

$$\alpha = 0,21$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\varnothing = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (3,521 - 0,2) + 3,521^2] = 7,048$$

$$\chi_y = \frac{1}{\varnothing + \sqrt{\varnothing^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{7,048 + \sqrt{7,048^2 - 3,521^2}} = 0,076$$

- vybočení z roviny nosníku

Vzpěrná délka:

$$L_{cr,z} = 2000 \text{ mm} \dots \text{ vzdálenost příčníků}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2000}{83,8} * \frac{1}{76,409} = 0,312$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\varnothing = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (0,312 - 0,2) + 0,312^2] = 0,561$$

$$\chi_z = \frac{1}{\varnothing + \sqrt{\varnothing^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{0,561 + \sqrt{0,561^2 - 0,312^2}} = 0,975$$

- $\chi_y < \chi_z \dots$  rozhoduje tedy vybočení v rovině nosníku

- návrhová únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,076 * 11500 * 355}{1,1 * 10^3} = 282,06kN > 118,05kN$$

VYHOVUJE (41,8%)

#### 4.4.3 Únosnost v ohybu

Průřez není nutné posuzovat na klopení,  $\chi_{LT}=1,0$

- ohyb k ose y

$$M_{Rd} = w_{y,pl} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1,4674 * 10^6 * \frac{355}{1,0} * 10^{-6} = 520,93kNm > 192,85kNm$$

VYHOVUJE(37,0%)

- ohyb k ose z

$$M_{Rd} = w_{z,pl} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 9,0494 * 10^5 * \frac{355}{1,0} * 10^{-6} = 321,25kNm > 36,86kNm$$

VYHOVUJE(11,5%)

#### 4.4.4 Kombinace tlaku a ohybu

- součinitele ekvivalentního konstantního momentu (dle tabulek)

$$C_{my} = 0,793$$

$$C_{mz} = 0,466$$

- interakční součinitele

$$k_{yy} = C_{my} * \min \left( 1 + (\lambda'_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}, 1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,793 * \min \left( 1 + (3,521 - 0,2) * \frac{118,05}{282,06}, 1 + 0,8 * \frac{118,05}{282,06} \right) = 1,058$$

$$k_{yz} = 0,6 * k_{zz} = 0,6 * 0,466 = 0,281$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 1,058 = 0,635$$

$$k_{zz} = C_{mz} * \min \left( 1 + (\lambda'_z - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}, 1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,466 * \min \left( 1 + (0,312 - 0,2) * \frac{118,05}{3711,36 * 0,975}, 1 + 0,8 * \frac{118,05}{3711,36 * 0,975} \right) = 0,468$$

- posouzení kombinace ohybu a tlaku

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} * \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{118,05}{282,06} + 1,058 * \frac{192,85}{\frac{520,93}{1,1}} + 0,281 * \frac{36,86}{\frac{321,25}{1,1}} = 0,885 \leq 1$$

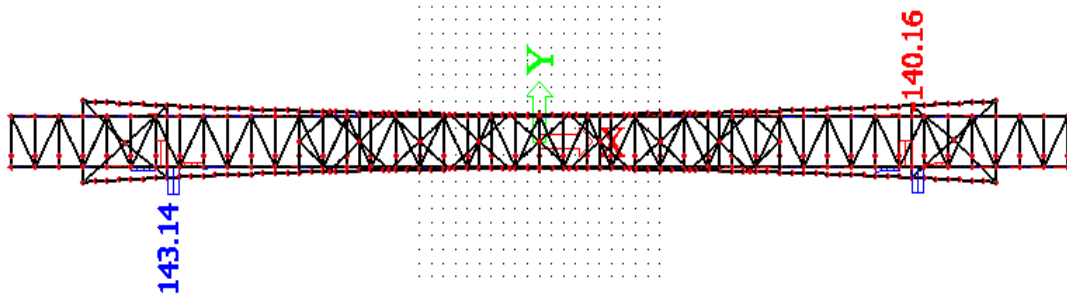
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} * \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} * \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{118,05}{3711,36 * 0,975} + 0,635 * \frac{192,85}{\frac{520,93}{1,1}} + 0,468 * \frac{36,86}{\frac{321,25}{1,1}} = 0,356 \leq 1$$

VYHOVUJE (88,5%)

#### 4.4.5 Posouzení smykové únosnosti

- Posouzení ve směru y:

Největší posouvající sílu vyvozuje kombinace č.26, která zahrnuje pouze vliv větru a vlastní tíhy. Průběh posouvajících sil je znázorněn na následujícím obrázku. Posoudíme tedy průřez pro  $V_{Ed}=143,14\text{kN}$ .



Obrázek 17: Průběh posouvajících sil ve směru y na hlavním nosníku

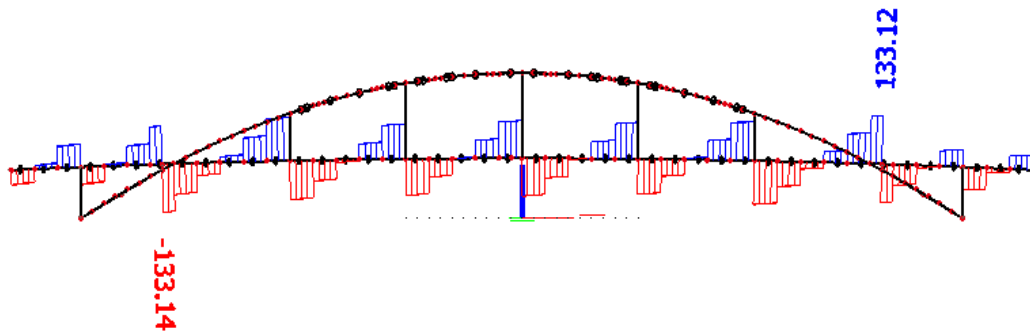
Únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz,y} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{3808 * 355}{\sqrt{3} * 1,0} * 10^{-3} = 780,49\text{kN} > 143,14\text{kN}$$

VYHOVUJE (18,3%)

- Posouzení ve směru z:

Největší posouvající sílu vyvozuje kombinace č. 3, která zahrnuje zatížení davem lidí na celé ploše lávky, prodloužení od teploty a vliv větru. Průběh posouvajících sil je znázorněn na následujícím obrázku. Posoudíme tedy průřez pro  $V_{Ed}=-33,14\text{kN}$ .



Obrázek 18: Průběh posouvajících sil ve směru z na hlavním nosníku

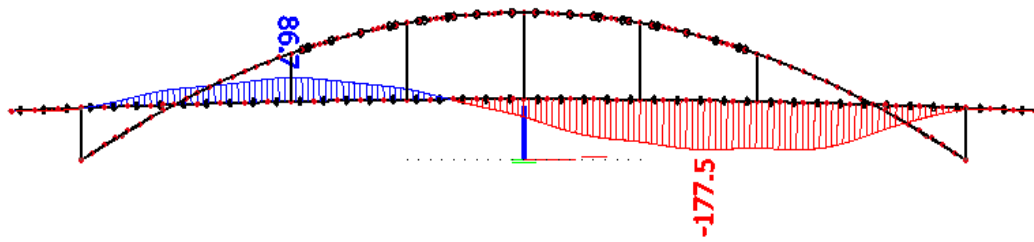
Únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{7617 * 355}{\sqrt{3} * 1,0} * 10^{-3} = 1561,18\text{kN} > 133,14\text{kN}$$

VYHOVUJE (8,5%)

#### 4.4.6 Ověření průhybů

Maximální průhyb nosníku od zadaných kombinací je 177,5mm, což splňuje limit  $L/250=62000/250=248\text{mm}$ .



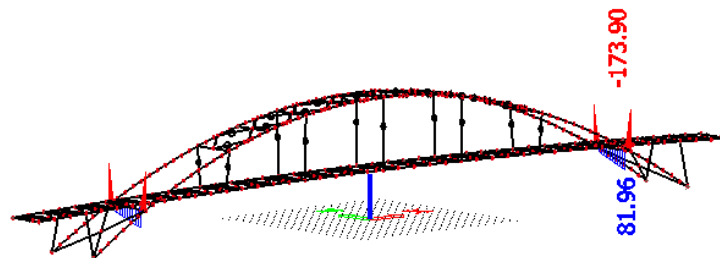
Obrázek 19: Průhyby hlavního nosníku

#### 4.5 Trám pro uložení mostovky

Pro tento prut je navržen válcovaný průřez HEB200. Pro posouzení průřezu rozhoduje ohyb ve směru y, jehož průběh je patrný na obrázku. Dále je průřez namáhán normálovou tahovou silou. Rozhoduje kombinace č.1 zahrnující zatížení chodci na celé ploše lávky, oteplení a vliv větru. Vzniká návrhový ohybový moment  $M_{Ed}=173,90\text{kNm}$  normálová síla  $N_{Ed}=252,92\text{kN}$ .

Jméno	nový trám		
Typ	HEB200		
Zdroj hodnot	Profil Arbed / Structural shapes / Edition Octobre 1995		
Materiál	S 355		
Výroba	válcovaný		
Posudek rovinného vzpěru y-y	b		
Posudek rovinného vzpěru z-z	c		
Klopení	Výchozí		
Použit 2D MKP výpočet	x		
A [m <sup>2</sup> ]	7.8080e-03		
A <sub>y, z</sub> [m <sup>2</sup> ]	5.7750e-03	1.9112e-03	
I <sub>y, z</sub> [m <sup>4</sup> ]	5.6960e-05	2.0030e-05	
I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ], t [m <sup>4</sup> ]	1.7112e-07	5.9280e-07	
W <sub>el y, z</sub> [m <sup>3</sup> ]	5.6960e-04	2.0030e-04	
W <sub>pl y, z</sub> [m <sup>3</sup> ]	6.4250e-04	3.0580e-04	

Obrázek 20: Průřezové charakteristiky trámu pro uložení mostovky



Obrázek 21: Průběh ohybového momentu na trámu pro uložení mostovky

#### 4.5.1 Vzpěrná únosnost

- vybočení ve směru větší tuhosti:

Vzpěrná délka:

$$L_{cr,y} = 5331 \text{ mm} \dots \text{délka nosníku}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{5331}{85,4} * \frac{1}{76,409} = 0,817$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\varnothing = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] =$$

$$= 0,5 * [1 + 0,49 * (0,817 - 0,2) + 0,817^2] = 0,985$$

$$\chi_y = \frac{1}{\varnothing + \sqrt{\varnothing^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{0,985 + \sqrt{0,985^2 - 0,817^2}} = 0,651$$

- vybočení ve směru menší tuhosti:

Vzpěrná délka:

$$L_{cr,z} = 5331 \text{ mm} \dots \text{délka nosníku}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{5331}{50,7} * \frac{1}{76,409} = 1,376$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\varnothing = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] =$$

$$= 0,5 * [1 + 0,49 * (1,376 - 0,2) + 1,376^2] = 1,735$$

$$\chi_z = \frac{1}{\varnothing + \sqrt{\varnothing^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{1,735 + \sqrt{1,735^2 - 1,376^2}} = 0,358$$

- návrhová únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,358 * 7808 * 355}{1,1 * 10^3} = 902,11 \text{ kN} > 252,92 \text{ kN}$$

VYHOVUJE (28,0%)

#### 4.5.2 Únosnost v ohybu

Průřez není nutné posuzovat na klopení,  $\chi_{LT} = 1,0$ .

Zatřídění průřezu:

$$\frac{d}{t} = \frac{134}{9} = 14,9 \leq 33\varepsilon = 33 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 33 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 26,85 \dots 1. \text{třída}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{77,5}{15} = 5,17 \leq 9\varepsilon = 9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 9 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 7,32 \dots 1. \text{třída}$$



- ohyb k ose y

$$M_{Rd} = w_{y,pl} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 6,4250 * 10^5 * \frac{355}{1,0} * 10^{-6} = 228,09kNm > 173,90kNm$$

VYHOVUJE(76,2%)

#### 4.5.3 Kombinace tlaku a ohybu

- součinitele ekvivalentního konstantního momentu (dle tabulek)

$$C_{my} = 0,477$$

- interakční součinitele

$$k_{yy} = C_{my} * \min \left( 1 + (\lambda'_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \gamma_{M1} * N_{Rk}}, 1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \gamma_{M1} * N_{Rk}} \right) = 0,477 * \min \left( 1 + (0,817 - 0,2) * \frac{252,92}{0,651 * 2519,85}, 1 + 0,8 * \frac{252,92}{0,651 * 2519,85} \right) = 0,522$$

$$\min \left( 1 + (0,817 - 0,2) * \frac{252,92}{0,651 * 2519,85}, 1 + 0,8 * \frac{252,92}{0,651 * 2519,85} \right) = 0,522$$

- posouzení kombinace ohybu a tlaku

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\gamma_{M1} * M_{y,Rk}} = \frac{252,92}{0,651 * 2519,85} + 0,552 * \frac{173,90}{228,09} = 0,617 \leq 1$$

VYHOVUJE (61,7%)

#### 4.5.4 Smyková únosnost

Maximální smykovou sílu vyvozuje kombinace č. 3 zahrnující zatížení chodci na celé ploše lávky, ochlazení a vliv větru. Návrhová smyková síla je tedy  $V_{Ed}=254,02kN$ .

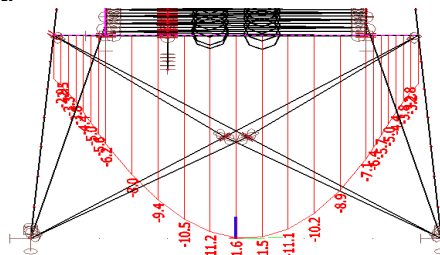
Únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz,z} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{2483 * 355}{\sqrt{3} * 1,0} * 10^{-3} = 508,91kN > 254,02kN$$

VYHOVUJE (49,9%<50%-není tedy potřeba ověřovat interakci smyku a ohybu)

#### 4.5.5 Ověření průhybů

Maximální průhyb nosníku od zadaných kombinací je 9,1mm, což splňuje limit  $L/250=5331/250=21,3mm$ .



Obrázek 22: Průhyby trámu pro uložení mostovky

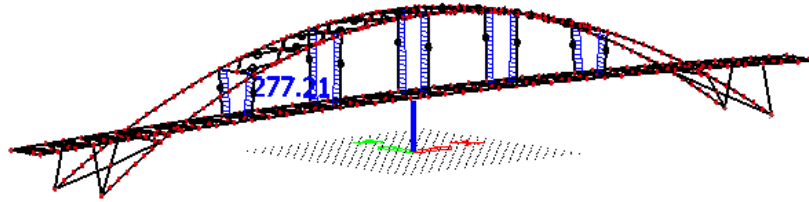
#### 4.6 Táhla

Táhla jsou systému Macalloy M36, průměr tyče je 34mm. Jsou navržena na maximální normálovou sílu, která je rovna 277,21kN. Únosnost táhla je dána výrobcem. Rozhoduje kombinace č. 2 zahrnující zatížení chodci na celé ploše lávky, zkrácení od teploty a vliv větru.

Ověření tahové únosnosti:

$$N_{Rd} = 372kN > N_{Ed} = 277,21kN$$

VYHOVUJE (74,5%)



Obrázek 23: Normálové síly v táhlech

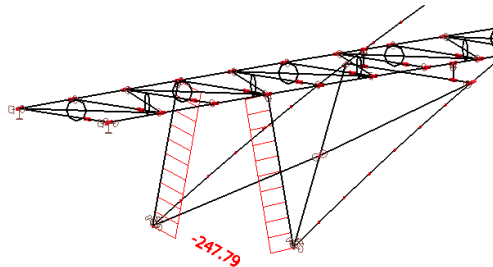
#### 4.7 Vzpěra

Pro vzpěru jsem navrhla jako průřez kruhovou trubku o rozměru 108x9mm. Průřez je navržen na vzpěr, rozhodující kombinace č.6 je zatížení chodci na jedné polovině lávky, ochlazení a zatížení větrem.

Jméno	vzpěra	
Typ	RO108X8.8	
Zdroj hodnot	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Posudek rovinného vzpěru y-y	a	
Posudek rovinného vzpěru z-z	a	
Klopení	Východí	
Použit 2D MKP výpočet	x	

A [m²]	2.7400e-03	
A <sub>y, z</sub> [m²]	1.7459e-03	1.7459e-03
I <sub>y, z</sub> [m⁴]	3.4000e-06	3.4000e-06
I <sub>w</sub> [m⁶], I <sub>t</sub> [m⁶]	3.7445e-42	6.8000e-06
W <sub>e1 y, z</sub> [m³]	6.3000e-05	6.3000e-05
W <sub>p1 y, z</sub> [m³]	8.6598e-05	8.6598e-05

Obrázek 24: Průřezové charakteristiky vzpěry



Obrázek 25: Normálové síly ve vzpěrách

#### 4.7.1 Vzpěrná únosnost

Zatřídění průřezu:

$$\frac{d}{t} = \frac{108}{9} = 12,00 \leq 50\varepsilon^2 = 50 * \frac{235}{f_y} = 50 * \frac{235}{355} = 33,10 \dots 1. \text{třída}$$

Vzpěrná délka:

$$L_{cr} = 4389 \text{mm} \dots \text{délka vzpěry}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{4389}{35,1} * \frac{1}{76,409} = 1,636$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti a:

$$\alpha = 0,21$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\varphi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (1,636 - 0,2) + 1,636^2] = 1,989$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{1,989 + \sqrt{1,989^2 - 1,636^2}} = 0,320$$

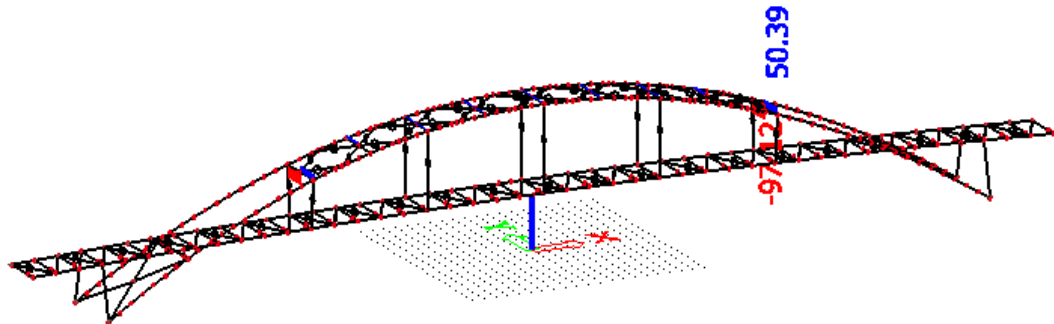
- návrhová únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,320 * 2740 * 355}{1,1 * 10^3} = 283,40 \text{kN} > 247,79 \text{kN}$$

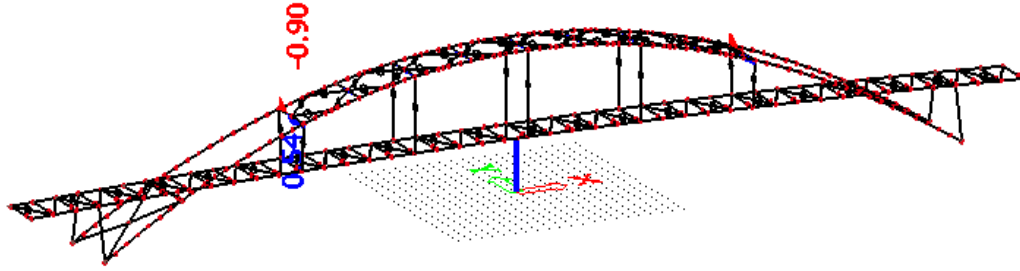
VYHOVUJE (87,4%)

#### 4.8 Příčná větrová ztužidla mezi oblouky

Průřez 60x60x4,0 je navržen na vzpěr a ohyb, jelikož krajní příčle je připojena rámově. Rozhodující je kombinace č.25 zahrnující proměnné zatížení pouze větrem. Největší normálová síla je  $N_{Ed} = -97,12 \text{kN}$  a ohybový moment při této kombinaci je  $M_{Ed} = -0,90 \text{kNm}$ .



Obrázek 24: Normálové síly v příčných ztužidlech



Obrázek 25: Ohybové momenty v příčných ztužidlech

#### 4.8.1 Vzpěrná únosnost

Zatřídění průřezu:

$$\frac{c}{t} = \frac{60}{4,0} = 15,00 \leq 33\varepsilon = 33 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 33 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 26,85 \dots 1. \text{ třída}$$

Vzpěrná délka:

$$L_{cr,y} = \frac{L}{2} = \frac{4554}{2} = 2272 \text{ mm}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2277}{22,7} * \frac{1}{76,409} = 1,313$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti a:

$$\alpha = 0,21$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\varnothing = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (1,313 - 0,2) + 1,313^2] = 1,479$$

$$\chi = \frac{1}{\varnothing + \sqrt{\varnothing^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{1,479 + \sqrt{1,479^2 - 1,313^2}} = 0,463$$

- návrhová únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,463 * 879 * 355}{1,1 * 10^3} = 131,34 \text{ kN} > 97,12 \text{ kN}$$

VYHOVUJE (73,9%)

#### 4.8.2 Únosnost v ohybu

Průřez není nutné posuzovat na klopení,  $\chi_{LT} = 1,0$

$$M_{Rd} = w_{y,pl} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1,83 * 10^4 * \frac{355}{1,0} * 10^{-6} = 6,50 \text{ kNm} > 0,90 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE (13,9%)

#### 4.8.3 Kombinace tlaku a ohybu

- součinitele ekvivalentního konstantního momentu (dle tabulek)

$$C_{my} = 0,637$$

- interakční součinitele

$$k_{yy} = C_{my} * \min \left( 1 + (\lambda'_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}, 1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,637 * \min \left( 1 + (1,313 - 0,2) * \frac{97,12}{131,34}, 1 + 0,8 * \frac{97,12}{131,34} \right) = 1,014$$

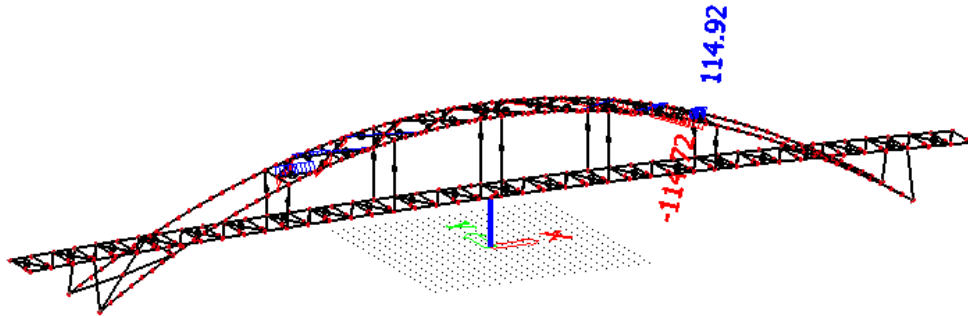
- posouzení kombinace ohybu a tlaku

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{97,12}{131,34} + 1,014 * \frac{0,90}{\frac{6,50}{1,1}} = 0,894 \leq 1$$

**VYHOVUJE (89,4%)**

#### 4.9 Ztužidla mezi oblouky - diagonály nad mostovkou

Průřez TR76X7 je navržen na vzpěr. Rozhodující je kombinace č.26 zahrnující proměnné zatížení pouze větrem. Největší normálová síla je  $N_{Ed} = -114,72 \text{ kN}$ .



Obrázek 26: Normálové síly ve ztužidlech nad mostovkou mezi oblouky

##### 4.9.1 Vzpěrná únosnost

Zatřídění průřezu:

$$\frac{d}{t} = \frac{76}{7} = 10,86 \leq 50 \varepsilon^2 = 50 * \frac{235}{f_y} = 50 * \frac{235}{355} = 33,10 \dots 1. \text{ třída}$$

Vzpěrná délka:

$$L_{cr,y} = 3428 \text{ mm} \dots \text{ délka ztužidla}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{3428}{24,5} * \frac{1}{76,409} = 1,831$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti a:

$$\alpha = 0,21$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\varnothing = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (1,831 - 0,2) + 1,831^2] = 2,348$$

$$\chi = \frac{1}{\varnothing + \sqrt{\varnothing^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{2,348 + \sqrt{2,348^2 - 1,831^2}} = 0,260$$

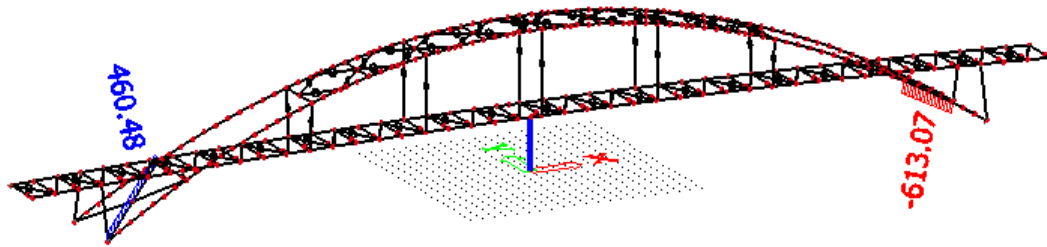
- návrhová únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,260 * 1517 * 355}{1,1 * 10^3} = 127,29kN > 114,72kN$$

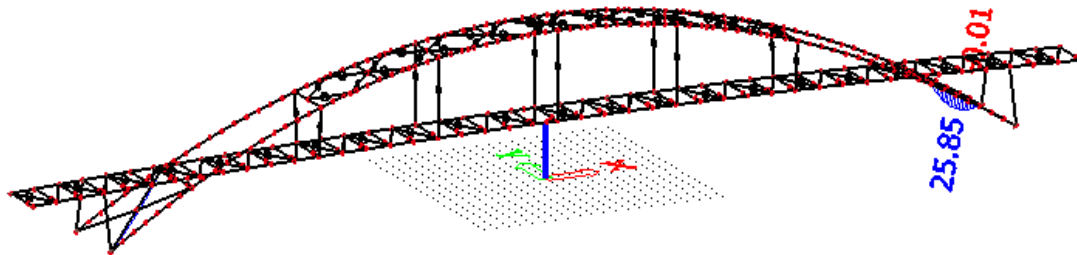
VYHOVUJE (90,3%)

#### 4.10 Ztužidla mezi oblouky – delší diagonály pod mostovkou

Průřez TR194x25 je navržen na vzpěr. Rozhodující je kombinace č.25 zahrnující proměnné zatížení pouze větrem. Největší normálová síla je  $N_{Ed} = -613,07kN$ .



Obrázek 27: Normálové síly v delších ztužidlech pod mostovkou mezi oblouky



Obrázek 28: Ohybové momenty v delších ztužidlech pod mostovkou mezi oblouky

##### 4.10.1 Vzpěrná únosnost

Zatřídění průřezu:

$$\frac{d}{t} = \frac{194}{25} = 7,76 \leq 50\varepsilon^2 = 50 * \frac{235}{f_y} = 50 * \frac{235}{355} = 33,10 \dots 1. \text{třída}$$

Vzpěrná délka:

$$L_{cr,y} = 9856mm \dots \text{délka ztužidla}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{9856}{59,5} * \frac{1}{76,409} = 2,171$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti a:

$$\alpha = 0,21$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\varnothing = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (2,171 - 0,2) + 2,171^2] = 3,064$$

$$\chi = \frac{1}{\varnothing + \sqrt{\varnothing^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{3,064 + \sqrt{3,064^2 - 2,171^2}} = 0,191$$

- návrhová únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,191 * 13270 * 355}{1,1 * 10^3} = 819,46 \text{ kN} > 613,07 \text{ kN}$$

VYHOVUJE (74,8%)

#### 4.10.2 Únosnost v ohybu

- ohyb k ose y

Průřez není nutné posuzovat na klopení,  $\chi_{LT}=1,0$

$$M_{Rd} = w_{y,pl} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 7,19 * 10^5 * \frac{355}{1,0} * 10^{-6} = 255,25 \text{ kNm} > 25,85 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE (10,1%)

- ohyb k ose z

$$M_{Rd} = w_{z,pl} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 7,19 * 10^5 * \frac{355}{1,0} * 10^{-6} = 255,25 \text{ kNm} > 9,25 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE (3,6%)

#### 4.10.3 Kombinace tlaku a ohybu

- součinitele ekvivalentního konstantního momentu (dle tabulek)

$$C_{my} = 0,950$$

$$C_{mz} = 0,950$$

- interakční součinitele

$$k_{yy} = C_{my} * \min \left( 1 + (\lambda'_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \gamma_{M1} * N_{Rk}}, 1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \gamma_{M1} * N_{Rk}} \right) = 0,950 *$$

$$\min \left( 1 + (2,171 - 0,2) * \frac{613,07}{819,46}, 1 + 0,8 * \frac{613,07}{819,46} \right) = 1,518$$

$$k_{yz} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 1,518 = 0,911$$

- posouzení kombinace ohybu a tlaku

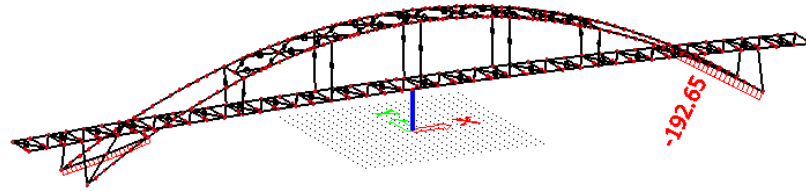
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\gamma_{M1} * M_{y,Rk}} + k_{yz} * \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1} * M_{z,Rk}} = \frac{613,07}{819,46} + 1,518 * \frac{25,85}{255,25} + 0,911 * \frac{9,25}{255,25}$$

$$= 0,954 \leq 1$$

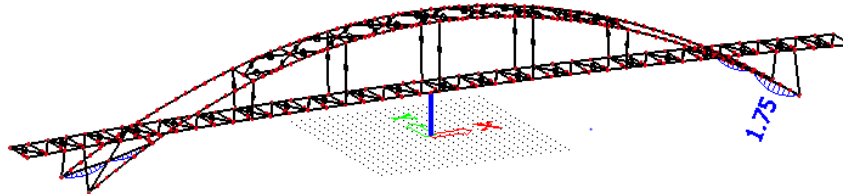
VYHOVUJE (95,4%)

#### 4.11 Ztužidla mezi oblouky – kratší diagonály pod mostovkou

Průřez TR127x5,6 je navržen na vzpěr. Rozhodující je kombinace č.3 zahrnující proměnné zatížení chodci na celé ploše lávky, vliv větru a prodloužení od teploty. Největší normálová síla je  $N_{Ed} = -165,63 \text{ kN}$ .



Obrázek 29: Normálové síly v kratších ztužidlech pod mostovkou mezi oblouky



Obrázek 30: Ohybové momenty v kratších ztužidlech pod mostovkou mezi oblouky

#### 4.11.1 Vzpěrná únosnost

Zatřídění průřezu:

$$\frac{d}{t} = \frac{127}{5,6} = 22,68 \leq 50\varepsilon^2 = 50 * \frac{235}{355} = 33,10 \dots 1. \text{ třída}$$

Vzpěrná délka:

$$L_{cr,y} = 5129 \text{ mm} \dots \text{délka ztužidla}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{5129}{43,0} * \frac{1}{76,409} = 1,561$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti a:

$$\alpha = 0,21$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\varphi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,21 * (1,561 - 0,2) + 1,561^2] = 1,861$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{1,861 + \sqrt{1,861^2 - 1,561^2}} = 0,348$$

- návrhová únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,348 * 2136 * 355}{1,1 * 10^3} = 239,84 \text{ kN} > 192,65 \text{ kN}$$

VYHOVUJE (80,3%)

#### 4.11.2 Únosnost v ohybu

- ohyb k ose y

Průřez není nutné posuzovat na klopení,  $\chi_{LT}=1,0$

$$M_{Rd} = w_{y,pl} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 8,26 * 10^4 * \frac{355}{1,0} * 10^{-6} = 29,32 \text{ kNm} > 1,75 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE (6,0%)



#### 4.11.3 Kombinace tlaku a ohybu

- součinitele ekvivalentního konstantního momentu (dle tabulek)  
 $C_{my} = 0,950$

- interakční součinitele

$$k_{yy} = C_{my} * \min \left( 1 + (\lambda'_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}, 1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,950 * \min \left( 1 + (1,561 - 0,2) * \frac{192,65}{239,84}, 1 + 0,8 * \frac{192,65}{239,84} \right) = 1,560$$

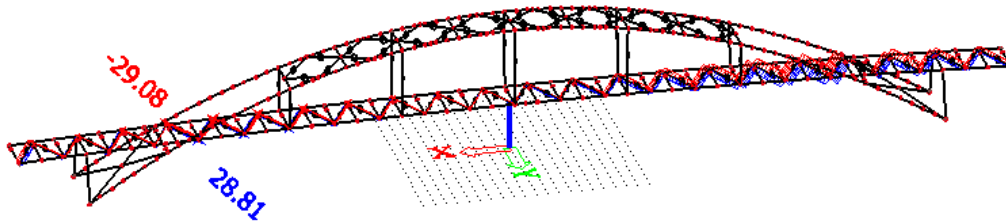
- posouzení kombinace ohybu a tlaku

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{192,65}{239,84} + 1,560 * \frac{1,75}{29,32 * 1,1} = 0,906 \leq 1$$

**VYHOVUJE (90,6%)**

#### 4.12 Mostovková ztužidla

Průřez L80x10 je navržen na vzpěr. Rozhodující kombinace A zahrnuje pouze proměnné zatížení větrem v montážním stádiu. Největší normálová síla je  $N_{Ed} = -29,08 \text{ kN}$ .



Obrázek 31: Normálové síly v mostovkových ztužidlech během montáže

#### 4.12.1 Vzpěrná únosnost

Zatřídění průřezu:

$$\frac{h}{t} = \frac{80}{10} = 8,00 \leq 11,5\varepsilon = 11,5 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 11,5 * \sqrt{\frac{235}{355}} = 9,36 \dots 3. \text{ třída}$$

Vzpěrná délka:

$$L_{cr,y} = 4295 \text{ mm} \dots \text{délka ztužidla}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{4295}{15,5} * \frac{1}{76,409} = 3,626$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti b:

$$\alpha = 0,34$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\varnothing = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,34 * (3,626 - 0,2) + 3,626^2] = 7,656$$

$$\chi = \frac{1}{\varnothing + \sqrt{\varnothing^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{7,656 + \sqrt{7,656^2 - 3,626^2}} = 0,069$$

- návrhová únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,069 * 1510 * 355}{1,1 * 10^3} = 33,62kN > 29,08kN$$

**VYHOVUJE (86,5%)**

## 5 Posouzení konstrukce z hlediska dynamiky

Na výpočetním modelu je provedena modální analýza a jsou nalezeny vlastní frekvence. Vlastnosti prvních vlastních tvarů konstrukce jsou uvedeny v následující tabulce.

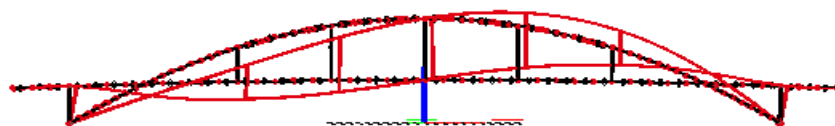
N	f [Hz]	omega [1/s]	omega <sup>2</sup> [1/s <sup>2</sup> ]	T [s]
Kombinace hmot : CM1				
1	1.05	6.57	43.15	0.96
2	1.36	8.54	73.01	0.74
3	2.20	13.82	190.93	0.45
4	2.32	14.58	212.56	0.43
5	2.97	18.64	347.56	0.34
6	3.43	21.53	463.47	0.29
7	3.55	22.33	498.44	0.28
8	4.71	29.59	875.52	0.21
9	4.73	29.75	884.82	0.21
10	5.11	32.12	1031.43	0.20

Obrázek 32: Vlastní frekvence lávky

Nebezpečí vzniku rezonance nastává, pokud vlastní frekvence je do 5Hz pro svislé vibrace nebo do 2,5Hz pro vodorovné a torzní vibrace.

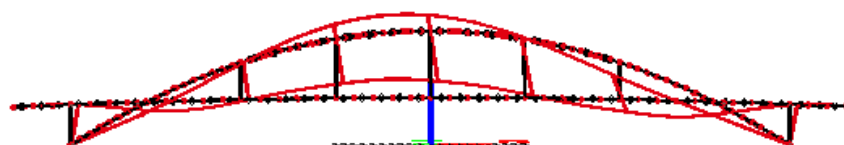
Ze svislých vlastních frekvencí se jich nachází tři v nebezpečném rozmezí:

- 1,05Hz



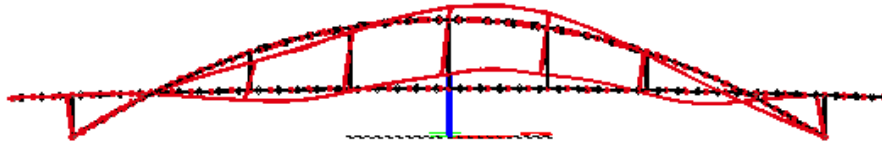
Obrázek 33: Vlastní tvar konstrukce pro frekvenci 1,05Hz

- 2,20Hz



Obrázek 34: Vlastní tvar konstrukce pro frekvenci 2,20Hz

- 3,55Hz

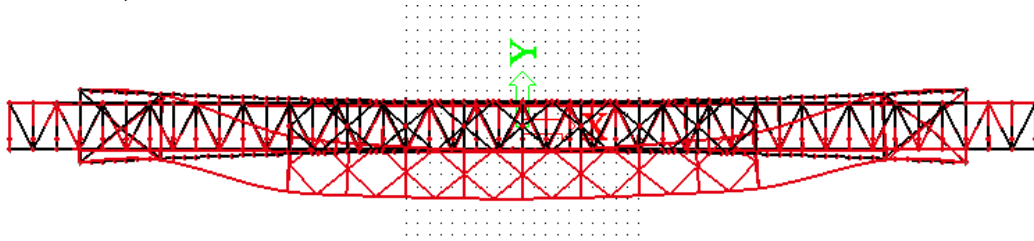


Obrázek 35: Vlastní tvar konstrukce pro frekvenci 3,55Hz

Závěr: Podrobný dynamický výpočet není v rámci této bakalářské práce prováděn. Jelikož jsou první vlastní frekvence lávky do 5Hz, konstrukce bude doplněna o tlumiče kmitání. Vzhledem k průběhu amplitud vlastních tvarů lze předpokládat, že vhodné umístění tlumičů je v polovině rozpětí lávky a pod prvním táhlem z každé strany.

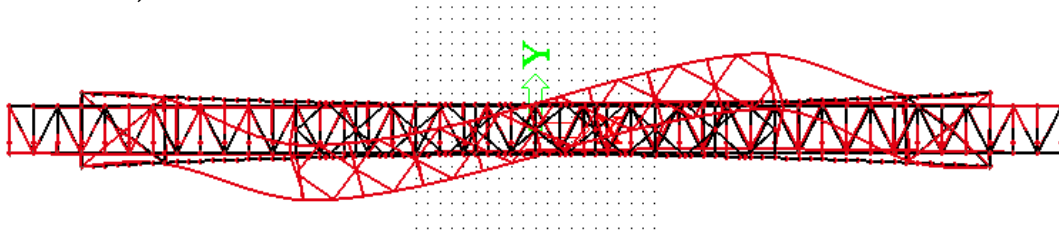
Vlastní frekvence pro vodorovné a torzní vibrace: v nebezpečném rozmezí nachází dvě vlastní frekvence:

- 1,36Hz



Obrázek 36: Vlastní tvar konstrukce pro frekvenci 1,36Hz

- 2,32Hz



Obrázek 37: Vlastní tvar konstrukce pro frekvenci 2,32Hz

## 6 Návrh mostního závěru

### 6.1 Dilatace od teploty

Maximální a minimální hodnoty teplot jsou uvedeny již dříve v kapitole věnující se zatížení teplotou. Pro návrh mostního závěru jsou použity hodnoty rovnoměrné složky teploty zvětšené, resp. snižené, o 20°C pro zajištění maximálního účinku teploty.

Maximální rozsah teplot pro prodloužení:

$$\Delta T_{N,exp,d} = T_{e,max} - T_0 = 44 - 10 + 20 = 54^\circ\text{C}$$

Maximální rozsah teplot pro zkrácení

$$\Delta T_{N,con,d} = T_0 - T_{e,min} = -10 - 33 - 20 = -63^\circ\text{C}$$

Součinitel tepelné roztažnosti:

$$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Návrhové dilatační posuny v ložiscích na straně delší dilatační délky:

$$u_{x,exp,1} = \alpha \cdot \Delta T_{N,exp,d} \cdot L = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 54 \cdot 75000 = 48,6\text{mm}$$

$$u_{x,con,1} = \alpha \cdot \Delta T_{N,con,d} \cdot L = -12 \cdot 10^{-6} \cdot 63 \cdot 75000 = -56,7\text{mm}$$

Návrhové dilatační posuny v ložiscích na straně delší dilatační délky:

$$u_{x,exp,2} = \alpha \cdot \Delta T_{N,exp,d} \cdot L = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 54 \cdot 13000 = 8,4\text{mm}$$

$$u_{x,con,2} = \alpha \cdot \Delta T_{N,con,d} \cdot L = -12 \cdot 10^{-6} \cdot 63 \cdot 13000 = -9,8\text{mm}$$

Návrhové dilatační posuny v místě posuvného čepu na trámu mezi oblouky (určeny pomocí výpočtového programu, protože při změně teploty se posouvá i úložný trám):

$$\Delta u_{x,exp,3} = 24,0\text{mm}$$

$$\Delta u_{x,con,3} = -28,6\text{mm}$$

### 6.2 Dilatace od průhybu

Návrhové posuny v mostním závěru od zatížení chodci a ostatního stálého zatížení na straně delší dilatační délky:

$$u_{1,min} = -33,6\text{mm}$$

$$u_{1,max} = 29,1\text{mm}$$

Návrhové posuny v mostním závěru od zatížení chodci a ostatního stálého zatížení na straně kratší dilatační délky:

$$u_{2,min} = -32,5\text{mm}$$

$$u_{2,max} = 30,2\text{mm}$$

Návrhové posuny v posuvném čepu na nosníku mezi oblouky:

$$\Delta u_{3,min} = -2,3\text{mm}$$

$$\Delta u_{3,max} = 4,0\text{mm}$$

### 6.3 Celková dilatace

Na jedné straně lávky je navržen čep a mostní závěr o absolutním posunu 140mm, na straně kratší dilatační délky bude postačovat čep a mostní závěr zajišťující posun 55mm. Posuvný čep na trámu mezi oblouky bude zajišťovat možnost posunu o 60mm.

$$\Delta u_1 = 48,6 + 56,7 + 33,6 = 138,9\text{mm}$$

$$\Delta u_2 = 8,4 + 9,8 + 32,5 = 50,7\text{mm}$$

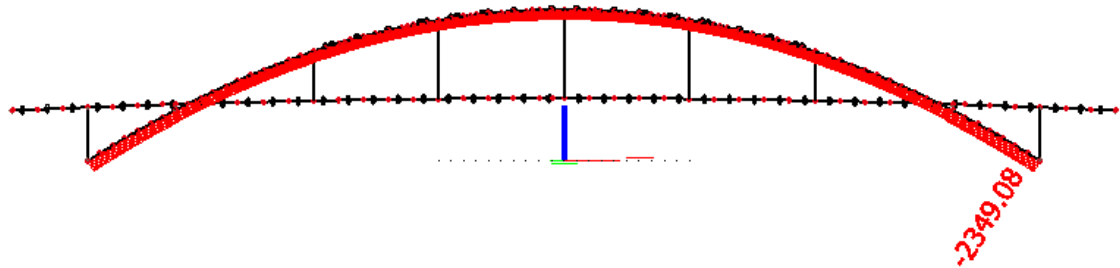
$$\Delta u_3 = 24,0 + 28,6 + 4,0 = 56,6\text{mm}$$

## 7 Návrh styčníků

### 7.1 Kloubová patka oblouku

Detail přípoje je znázorněn na výkrese č. 6 (řez 5-5).

Největší normálovou sílu v patě oblouku  $N_{Ed} = -2349,08 \text{ kN}$  vyvozuje kombinace č.4 zahrnující zatížení chodci na celé ploše lávky, vliv větru a ochlazení.



Obrázek 38: Maximální normálová síla v patě oblouku

Rozměry patního plechu:

$$a_0 = 760 \text{ mm}$$

$$b_0 = 650 \text{ mm}$$

$$t_p = 12 \text{ mm}$$

Předpokládané rozměry základu:

$$a_c = 1600 \text{ mm}$$

$$b_c = 850 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

Započitatelné rozměry patky:

$$a_1 = \min(3 * a_0, a_0 + h, a_c) = \min(3 * 760, 760 + 800, 1600) = 1560 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(3 * b_0, b_0 + h, b_c) = \min(3 * 650, 650 + 800, 850) = 850 \text{ mm}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a_0 * b_0}} = \sqrt{\frac{1560 * 850}{760 * 650}} = 1,638$$

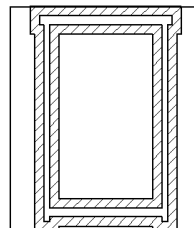
Návrhová pevnost betonu ve spáře (použit beton C20/25):

$$f_{jd} = \frac{\beta_j * k_j * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{\frac{2}{3} * 1,638 * 20}{1,5} = 14,56 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patky:

$$c = t_p * \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 * f_{jd}}} = 12 * \sqrt{\frac{\frac{355}{1,1}}{3 * 14,56}} = 32,6 \text{ mm}$$

Účinná plocha desky (odměřeno):



Obrázek 39: Účinná plocha patní desky

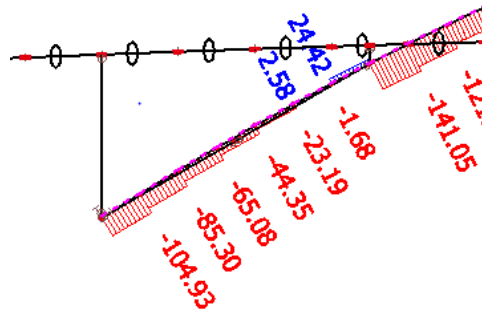
$$A_{eff} = 0,189216 \text{ m}^2$$

Únosnost patky:

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_{jd} = 0,189216 * 14,56 * 10^3 = 2754,98kN > 2349,08kN$$

VYHOVUJE (85,3%)

Posouzení nutnosti smykové zarážky je provedeno pro nejneprůzračnější poměr normálové a smykové síly, kde smyková síla je  $V_{Ed} = -104,93kN$  a je vyvozena kombinací č.10, zahrnující zatížení davem lidí na jedné polovině lávky, vítr a ochlazení. Posudek provedeme porovnáním této síly s třecí silou v betonu, kotevní šrouby jsou pouze konstrukční.



Obrázek 40: Maximální smyková síla v patě oblouku

Tlaková síla ve spáře:

$$\mu * F_c = 0,2 * 2033,30 = 406,66kN > 104,93kN$$

NENÍ POTŘEBA NAVRHOVAT SMYKOVOU ZARÁŽKU

Pro připevnění oblouku k patnímu plechu tloušťky 15mm je použit koutový svar o velikosti  $a=5mm$  vařený kolem celého profilu.

Posouzení napětí ve svaru:

$$\tau_{II,1} = \frac{V_{Ed,y}}{2 * a * l_1} = \frac{3800}{2 * 5 * 900} = 0,42MPa$$

$$\tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \left( \frac{N_{Ed}}{a * l} + \frac{V_{Ed,z}}{2 * a * l_2} \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} * \left( \frac{2349080}{5 * 2330} + \frac{46240}{5 * 1430} \right) = 147,15MPa$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} = \sqrt{147,15^2 + 3 * (147,15^2 + 0,42^2)} =$$

$$= 294,30MPa < \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56MPa$$

VYHOVUJE (67,6%)

## 7.2 Přípoj patky vzpěry

Detail přípoje je znázorněn na výkrese č. 6 (řez 4-4, řez G-G).

Největší normálová síla v patě vzpěry je  $N_{Ed} = -247,79kN$  vyvozuje kombinace č.6 zahrnující zatížení na jedné polovině lávky, ochlazení a zatížení větrem.

Rozměry patního plechu:

$$a_0 = 150mm$$

$$b_0 = 220mm$$

$$t_p = 6mm$$

Předpokládané rozměry základu:

$$a_c = 2000mm$$

$$b_c = 350\text{mm}$$

$$h = 1100\text{mm}$$

Započitatelné rozměry patky:

$$a_1 = \min(3 * a_0, a_0 + h, a_c) = \min(3 * 150, 150 + 1100, 2000) = 450\text{mm}$$

$$b_1 = \min(3 * b_0, b_0 + h, b_c) = \min(3 * 220, 150 + 1100, 850) = 660\text{mm}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a_0 * b_0}} = \sqrt{\frac{450 * 660}{150 * 220}} = 3,0$$

Návrhová pevnost betonu ve spáře (použit beton C20/25):

$$f_{jd} = \frac{\beta_j * k_j * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{\frac{2}{3} * 3,0 * 20}{1,5} = 26,67\text{MPa}$$

Účinná šířka patky:

$$c = t_p * \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 * f_{jd}}} = 6 * \sqrt{\frac{\frac{355}{1,1}}{3 * 26,67}} = 12,1\text{mm}$$

Účinná plocha desky:

$$A_{eff} = \pi * (0,054 + 0,0121)^2 - \pi * (0,045 - 0,0121)^2 = 0,010326\text{m}^2$$

Únosnost patky:

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_{jd} = 0,010326 * 26,67 * 10^3 = 275,39\text{kN} > 247,79\text{kN}$$

VYHOVUJE (90,0%)

Pro připevnění oblouku k patnímu plechu tloušťky 8mm je použit koutový svar o velikosti a=4mm vařený kolem celého profilu.

Posouzení napětí ve svaru:

$$\tau_{II,1} = 0$$

$$\tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{N_{Ed}}{a * l} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{247790}{4 * \pi * 108} = 182,58\text{MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} = \sqrt{182,58^2 + 3 * 182,58^2} = 365,16\text{MPa}$$

$$< \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56\text{MPa}$$

VYHOVUJE (83,8%)

## 7.3 Kloubový přípoj vzpěry k hlavnímu nosníku

Detail přípoje je znázorněn na výkrese č. 6 (řez 4-4).

### 7.3.1 Návrh šroubů

Jsou navrženy čtyři šrouby M24 třídy 5.6 v běžných roztečích.

Návrhová síla na jeden šroub:

$$V_{Ed,1} = \frac{247,79}{4} = 61,95\text{kN}$$

Únosnost ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A_s * f_{ub} * i}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 353 * 500 * 1}{1,25} * 10^{-3} = 84,72\text{kN}$$

Únosnost v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b * k_1 * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,641 * 2,5 * 24 * 16 * 490}{1,25} * 10^{-3} = 241,22\text{kN}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}, \frac{p_1}{3 * d_0} - 0,25, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = \min\left(\frac{50}{3 * 26}, \frac{90}{3 * 26} - 0,25, \frac{800}{490}, 1\right) = 0,641$$

$$k_1 = \min\left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 * \frac{40}{26} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

Rozhoduje menší z únosností, tedy únosnost ve stříhu.

$$F_{v,Rd} = 84,72kN > V_{Ed,1} = 61,95kN$$

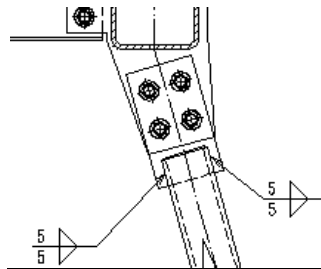
VYHOVUJE(73,1%)

### 7.3.2 Posouzení oslabeného průřezu vzpěry

Návrhová únosnost oslabeného průřezu:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 * A_{net} * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 2546 * 490}{1,25} * 10^{-3} = 898,37kN > 247,79kN$$

VYHOVUJE (27,6%)



Obrázek 41: Posuzovaný svar - vzpěra

Pro připevnění styčnickového plechu tloušťky 12mm ke ztužidlu je použit oboustranný koutový svar o velikosti a=5mm.

Posouzení napětí ve svaru:

$$\tau_{II,1} = \frac{N_{Ed,a}}{4 * a * l} = \frac{247790}{4 * 5 * 60} = 206,49MPa$$

$$\tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} = 0$$

VYHOVUJE

$$\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} = \sqrt{3 * 206,49^2} = 357,65MPa < \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56MPa$$

VYHOVUJE (82,1%)

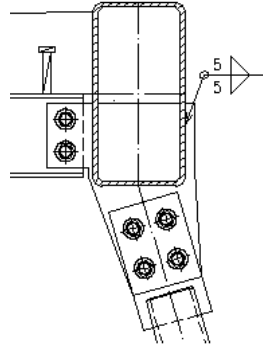
### 7.3.3 Posouzení styčnickového plechu

Posouzení oslabeného průřezu:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 * A_{net} * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * (12 * 68) * 490}{1,25} * 10^{-3} = 287,88kN > 247,79kN$$

VYHOVUJE (86,1%)





Obrázek 42: Posuzovaný svar - vzpěra

Pro připevnění styčnickového plechu tloušťky 12mm je použit oboustranný koutový svar o velikosti  $a=5\text{mm}$  vařený kolem dokola. Jelikož je tento styčnickový plech společný také pro přípoj příčníku, je účinek těchto sil sečten.

Rozdělení normálové síly do směru vodorovného (označení  $a$ ) a svislého (označení  $b$ ):

$$F_{Ed,a} = N_{ed} * \cos \alpha = 247,79 * \cos 74,143^\circ = 67,71\text{kN}$$

$$F_{Ed,b} = N_{ed} * \sin \alpha + V_{ed} = 247,79 * \sin 74,143^\circ + 99,22 = 337,58\text{kN}$$

Posouzení napětí ve svislé části svaru:

$$\tau_{II,1} = \frac{F_{Ed,b}}{4 * a * l_1} = \frac{337580}{4 * 5 * 180} = 93,77\text{MPa}$$

$$I_w = 4 * \frac{1}{12} * 5 * 180^3 = 9,720 * 10^6\text{mm}^4$$

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed} * z}{I_w} = \frac{(337,58 * 0,055) * 90}{9,720 * 10^6} * 10^6 = 171,92\text{MPa}$$

$$\tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{F_{Ed,a}}{2 * a * l_2} + \sigma_M \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{67710}{2 * 5 * 200} + 171,92 \right) = 138,06\text{MPa}$$

$$< \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392,00\text{MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} = \sqrt{138,06^2 + 3 * (138,06^2 + 93,77^2)} =$$

$$= 304,25\text{MPa} < \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56\text{MPa}$$

VYHOVUJE (69,9%)

## 7.4 Čepový spoj pro uložení mostovky

Detail přípoje je znázorněn na výkrese č. 4 (řez C-C, detail D).

Hlavní nosníky mostovky jsou na trámy mezi oblouky a také na opěry uloženy pomocí čepového spoje. Největší normálovou sílu vyvozuje kombinace č. 3 zahrnující zatížení chodci na celé ploše lávky, oteplení a vítr. Největší síly přenáší posuvný čep uložený na trámu mezi oblouky, v opěrách je navržen čep stejný. Návrhové vnitřní síly jsou následující:

$$N_{Ed} = -236,80\text{kN}$$

$$V_{y,Ed} = -75,16\text{kN}$$

$$V_{z,Ed} = 0,33 \text{ kN}$$

$$M_{x,Ed} = -0,06 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 0,18 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = -21,20 \text{ kNm}$$

Návrhová síla působící na čep:

$$F_{Ed} = -N_{Ed} = 236,80 \text{ kN}$$

Tloušťka dolního plechu je navržena 40mm a dva horní plechy mají tloušťky 20mm, čep má průměr 44mm a otvor 46mm. Posouzení:

$$t = 20 \text{ mm} \geq 0,7 * \sqrt{\frac{F_{Ed} * \gamma_{M0}}{f_y}} = 0,7 * \sqrt{\frac{236,80 * 10^3 * 1,0}{355}} = 18,1 \text{ mm}$$

$$2,5t = 2,5 * 20 = 50 \text{ mm} \geq d_0 = 46 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Další rozměry plechu:

$$a \geq \frac{F_{Ed} * \gamma_{M0}}{2 * t * f_y} + \frac{2 * d_0}{3} = \frac{236800 * 1,0}{2 * 40 * 355} + \frac{2 * 46}{3} = 39,0 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} * \gamma_{M0}}{2 * t * f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{236800 * 1,0}{2 * 40 * 355} + \frac{46}{3} = 23,7 \text{ mm}$$

Únosnost plechu a čepu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 * t * d * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 * 40 * 44 * 355}{1,0} * 10^{-3} = 937,20 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 236,80 \text{ kN}$$

VYHOVUJE (25,5%)

Pro posuvný čep s prodlouženým otvorem je únosnost v otláčení 0,6násobkem předchozí hodnoty, ověření pro posuvný čep:

$$F_{b,Rd} = 0,6 * 937,20 = 562,32 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 236,80 \text{ kN}$$

VYHOVUJE (42,1%)

Únosnost čepu ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 * A * f_{up}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * \pi * 22^2 * 510}{1,25} * 10^{-3} = 372,23 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 236,80 \text{ kN}$$

VYHOVUJE (63,6%)

Únosnost (výměnného) čepu v ohybu:

$$M_{Ed,ser} = \frac{F_{Ed} * (t_1 + 4 * t_0 + 2 * t_2)}{8} = \frac{236,80 * (40 + 4 * 1 + 2 * 20) * 10^{-3}}{8} = 2,51 \text{ kNm} \leq M_{Rd} = \frac{0,8 * w_{el} * f_{yp}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 * \pi * 44^3 / 32 * 355}{1,0 * 10^6} = 4,45 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE (56,3%)

Únosnost čepu při kombinaci stříhu a ohybu:

$$\left[ \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[ \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 = \left[ \frac{2,51}{4,45} \right]^2 + \left[ \frac{236,80}{372,23} \right]^2 = 0,730$$

VYHOVUJE (73,0%)

Dále posoudíme únosnost v místě připevnění styčnickových plechů, kde rozhoduje kombinace č. 25 vyvolující maximální ohybový moment v patě čepu  $M_{z,Ed}=24,66kNm$ . V patě jsou použity výztuhy pro zvětšení ohybové únosnosti.

Posouzení dolního plechu v ohybu v patě:

$$I = \frac{1}{12} * 170 * 40^3 + 4 * \frac{1}{12} * 15 * 60^3 + 4 * 15 * 60 * 50^2 = 1,099 * 10^7 mm^4$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{w_{pl} * f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,099 * 10^7 * 355}{1,0 * 80} * 10^{-6} = 48,75kN > 24,66kN$$

VYHOVUJE (50,6%)

Posouzení dolního plechu v ohybu v místě konce výztuh:

$$I = \frac{1}{12} * 149 * 40^3 = 87,947 * 10^5 mm^4$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{w_{pl} * f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{7,947 * 10^5 * 355}{1,0 * 20} * 10^{-6} = 14,11kN > 12,80kN$$

VYHOVUJE (90,7%)

Pro připevnění plechů čepu je použit koutový svar o velikosti  $a=8mm$  vařený kolem celého plechu a výztuh.

Posouzení napětí v dolních svarech:

$$\tau_{II,1} = \frac{V_{y,Ed}}{2 * a * l_1} = \frac{78700}{2 * 8 * 140} = 35,13MPa$$

$$I_{w1} = 2 * \frac{1}{12} * 8 * 140^3 + 10 * \frac{1}{12} * 60 * 8^3 + 2 * 8 * 60 * 70^2 + 2 * 8 * 160 * 85^2 = 2,688 * 10^7 mm^4$$

$$I_{w2} = 4 * \frac{1}{12} * 8 * 60^3 + 2 * \frac{1}{12} * 8 * 160^3 + 2 * \frac{1}{12} * 140 * 8^3 + 4 * 8 * 60 * 50^2 + 2 * 8 * 140 * 20^2 = 1,175 * 10^7 mm^4$$

$$\begin{aligned} \tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} &= \frac{1}{\sqrt{2}} * \left( \frac{N_{Ed}}{a * l} + \frac{V_{z,Ed}}{a * l_2} + \frac{M_{y,Ed} * y}{I_{w2}} + \frac{M_{z,Ed} * z}{I_{w1}} \right) = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} * \left( \frac{116430}{840 * 8} + \frac{182660}{560 * 8} + \frac{24,66 * 10^6 * 80}{1,175 * 10^7} + \frac{10,56 * 20}{2,688 * 10} \right) = \\ &= 165,36MPa < \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392,00MPa \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} &= \sqrt{165,36^2 + 3 * (165,36^2 + 35,13^2)} = \\ &= 336,27MPa < \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56MPa \end{aligned}$$

VYHOVUJE (77,2%)

## 7.5 Čepový přípoj pro upevnění táhel

Detail přípoje je znázorněn na výkrese č. 3 (detail A).

Vlastní čep je dodán výrobcem, je tedy proveden pouze posudek plechu. Jeho tloušťka je zvolena 20mm.

Návrhová síla působící na čep:

$$N_{Ed} = 277,21kN$$

Tloušťka plechu je navržena 20mm, čep má průměr 37,5mm a otvor 39mm.

$$t = 20\text{mm} \geq 0,7 * \sqrt{\frac{N_{Ed} * \gamma_{M0}}{f_y}} = 0,7 * \sqrt{\frac{277,21 * 10^3 * 1,0}{355}} = 19,6\text{mm}$$

$$2,5t = 2,5 * 20 = 50\text{mm} \geq d_0 = 39\text{mm}$$

Další rozměry plechu:

$$a \geq \frac{F_{Ed} * \gamma_{M0}}{2 * t * f_y} + \frac{2 * d_0}{3} = \frac{277210 * 1,0}{2 * 20 * 355} + \frac{2 * 39}{3} = 45,5\text{mm}$$

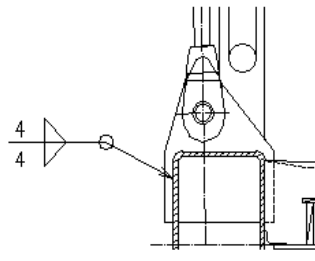
$$c = 35 \geq \frac{F_{Ed} * \gamma_{M0}}{2 * t * f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{277210 * 1,0}{2 * 20 * 355} + \frac{39}{3} = 32,5\text{mm}$$

VYHOVUJE

Únosnost plechu a čepu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 * t * d * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 * 20 * 37,5 * 355}{1,0} * 10^{-3} = 399,38\text{kN} \geq N_{Ed} = 277,21\text{kN}$$

VYHOVUJE (69,4%)



Obrázek 43: Posuzovaný svar - táhlo

Pro připevnění styčnickového plechu tloušťky 20mm je použit koutový svar o velikosti  $a=4\text{mm}$  vařený z obou stran kolem dokola.

Rozdělení normálové síly do směru vodorovného (označení  $a$ ) a svislého (označení  $b$ ):

$$F_{Ed,a} = N_{ed} * \cos \alpha = 277,21 * \cos 88,993^\circ = 4,87\text{kN}$$

$$F_{Ed,b} = N_{ed} * \sin \alpha = 277,21 * \sin 88,993^\circ + 99,22 = 277,17\text{kN}$$

Posouzení napětí ve svislé části svaru:

$$\tau_{II,1} = \frac{F_{Ed,b}}{4 * a * l_1} = \frac{277170}{4 * 4 * 150} = 115,49\text{MPa}$$

$$I_w = 4 * \frac{1}{12} * 4 * 150^3 = 4,500 * 10^6\text{mm}^4$$

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed} * z}{I_w} = \frac{(277,170 * 0,030) * 75}{4,500 * 10^6} * 10^6 = 138,59\text{MPa}$$

$$\tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \left( \sigma_M + \frac{F_{Ed,a}}{2 * a * l_2} \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} * \left( 138,59 + \frac{4870}{4 * 4 * 200} \right) = 99,07\text{MPa} < \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392,00\text{MPa}$$

VYHOVUJE

$$\begin{aligned}\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} &= \sqrt{99,07^2 + 3 * (99,07^2 + 115,49^2)} = \\ &= 281,56MPa < \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56MPa\end{aligned}$$

VYHOVUJE (64,6%)

## 7.6 Rámový přípoj trámu pro uložení mostovky k oblouku

Detail přípoje je znázorněn na výkrese č. 4 (řez 2-2).

Vzhledem k uzavřenému průřezu oblouku je navržen jako přípoj montážní svar o velikosti 5mm vařený kolem celého nosníku a rámových výztuh. Pro posouzení přípoje rozhoduje kombinace č.1 zahrnující zatížení chodci na celé ploše lávky, oteplení a vliv větru. Vnitřní síly jsou následující:

$$N_{Ed}=148,99kN$$

$$V_{z,Ed}=222,81kN$$

$$M_{y,Ed}=173,90kN$$

Posouzení napětí:

$$\tau_{II,1} = \frac{V_{Ed}}{2 * a * l} = \frac{222810}{2 * 5 * 334} = 66,71MPa$$

Moment setrvačnosti svarového obrazce:

$$I_w = 2 * \frac{1}{12} * 5 * 334^3 + 6 * \frac{1}{12} * 155 * 5^3 + 5 * 155 * (2 * 85^2 + 100^2 + 300^2) + 5 * 200 * (100^2 + 317^2) = 2,302 * 10^8 mm^4$$

$$\sigma_N = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{148990}{5 * 1987} = 15,00MPa$$

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed} * z}{I_w} = \frac{173,90 * 317}{2,302 * 10^8} * 10^6 = 239,47MPa$$

$$\begin{aligned}\tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} &= \frac{\sigma_M + \sigma_N}{\sqrt{2}} = \frac{239,47 + 15,00}{\sqrt{2}} = 179,94MPa < \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = \\ &= 392,00MPa\end{aligned}$$

VYHOVUJE

$$\begin{aligned}\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} &= \sqrt{179,94^2 + 3 * (179,94^2 + 66,71^2)} = \\ &= 377,97MPa < \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56MPa\end{aligned}$$

VYHOVUJE (86,8%)

## 7.7 Rámový přípoj příčného větrového ztužidla mezi oblouky

Vzhledem k uzavřenému průřezu tohoto prvku je navržen jako přípoj montážní svar o velikosti 3mm vařený kolem profilu. Pro posouzení přípoje rozhoduje kombinace č.25 zahrnující proměnné zatížení pouze větrem. Vnitřní síly jsou následující:

$$N_{Ed}=-97,12kN$$

$$V_{z,Ed}=-0,21kN$$

$$M_{y,Ed}=-0,90kNm$$

Posouzení napětí ve vodorovném svaru:

$$\tau_{II,1} = \frac{V_{Ed}}{2 * a * l} = \frac{210}{2 * 3 * 60} = 0,58MPa$$

Moment setrvačnosti svarového obrazce:

$$I_w = 2 * \frac{1}{12} * 3 * 60^3 + 2 * \frac{1}{12} * 60 * 3^3 + 2 * 3 * 60 * 30^2 = 4,323 * 10^5 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_N = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{97120}{4 * 3 * 60} = 134,89 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed} * z}{I_w} = \frac{0,90 * 30}{4,323 * 10^5} * 10^6 = 62,46 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} = \frac{\sigma_M + \sigma_N}{\sqrt{2}} = \frac{134,89 + 62,46}{\sqrt{2}} = 139,55 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392,00 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{\parallel,1}^2)} = \sqrt{139,55^2 + 3 * (139,55^2 + 0,58^2)} = 279,10 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE (64,1%)

## 7.8 Kloubový přípoj příčnicku k hlavnímu nosníku

Detail přípoje je znázorněn na výkrese č. 3 (detail A).

Pro návrh přípoje rozhoduje kombinace zatížení zahrnující obslužné vozidlo a redukované zatížení chodce (viz kapitola 4.2.1.2), kde návrhová posouvající síla je  $V_{Ed}=99,22 \text{ kN}$ .

### 7.8.1 Návrh šroubů

Pro přípoj jsou navrženy dva šrouby M24 třídy 5.6 uspořádané ve třech sloupcích v roztečích:  $e_1=35 \text{ mm}$ ,  $p_1=70 \text{ mm}$ ,  $e_2=40 \text{ mm}$  (zmenšeny oproti běžným roztečím kvůli rozměru stojiny a vyšší únosnosti). Svislá složka síly pro jeden šroub:

$$V_v = \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{99,22}{2} = 49,61 \text{ kN}$$

Vodorovná složka síly pro jeden šroub:

$$V_h = \frac{V_{Ed} * e}{2 * p_1} = \frac{99,22 * 60}{2 * 70} = 42,52 \text{ kN}$$

Návrhová síla na jeden šroub:

$$V_{Ed,1} = \sqrt{V_v^2 + V_h^2} = \sqrt{49,61^2 + 42,52^2} = 65,34 \text{ kN}$$

Únosnost ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A_s * f_{ub} * i}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 353 * 500 * 1}{1,25} * 10^{-3} = 84,72 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení (rozhoduje stojina nosníku):

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b * k_1 * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,647 * 2,5 * 24 * 5,3 * 490}{1,25} * 10^{-3} = 80,65 \text{ kN}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}, \frac{p_1}{3 * d_0} - 0,25, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = \min\left(\frac{55}{3 * 26}, \frac{70}{3 * 26} - 0,25, \frac{500}{490}, 1\right) = 0,647$$

$$k_1 = \min\left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 * \frac{40}{26} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

Rozhoduje menší z únosnosti, tedy únosnost v otlacení.

$$F_{b,Rd} = 80,65kN > V_{Ed,1} = 65,34kN$$

VYHOVUJE(81,0%)

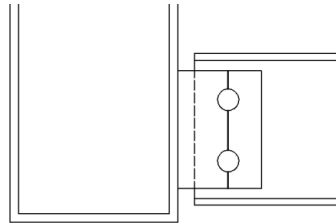
## 7.8.2 Posouzení styčnickového plechu

Posouzení smyku žiletky:

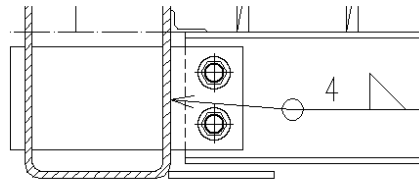
$$A_{vz} = 8 * 88 = 704mm^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} * f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{704 * 355}{\sqrt{3}} * 10^{-3} = 144,29kN > 99,22kN$$

VYHOVUJE (68,8%)



Obrázek 44: Tvar smykové plochy pro odtržení skupiny šroubů



Obrázek 45: Posuzovaný svar - příčník

Pro připevnění styčnickového plechu tloušťky 8 je použit koutový svar o velikosti a=4mm vařený kolem dokola.

Posouzení napětí ve svislém svaru:

$$\tau_{II,1} = \frac{V_{Ed}}{2 * a * l} = \frac{99220}{2 * 4 * 140} = 88,59MPa$$

Moment setrvačnosti svarového obrazce:

$$I_w = 2 * \frac{1}{12} * 4 * 140^3 = 1,829 * 10^6 mm^4$$

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed} * z}{I_w} = \frac{(99,22 * 0,06) * 60}{1,829 * 10^6} * 10^6 = 195,29MPa$$

$$\tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{195,29}{\sqrt{2}} = 138,09MPa < \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392,00MPa$$

VYHOVUJE

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} &= \sqrt{138,09^2 + 3 * (138,09^2 + 88,59^2)} = \\ &= 315,95MPa < \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56MPa \end{aligned}$$

VYHOVUJE (72,5%)

## 7.9 Přípoj ztužidla v úrovni mostovky

Detail přípoje je znázorněn na výkrese č. 3 (řez A1-A1).

### 7.9.1 Návrh šroubů

Přípoj je navržen na návrhovou sílu  $N_{Ed} = -29,08 \text{ kN}$  vyvozenou větrem v montážním stádiu. Je navržen jeden šroub M16 třídy 5.6.

Návrhová síla na jeden šroub:

$$V_{Ed,1} = 29,08 \text{ kN}$$

Únosnost ve střihu:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A_s * f_{ub} * i}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 157 * 500 * 1}{1,25} * 10^{-3} = 37,68 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b * k_1 * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,648 * 2,5 * 16 * 10 * 490}{1,25} * 10^{-3} = 127,01 \text{ kN}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}, \frac{p_1}{3 * d_0} - 0,25, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = \min\left(\frac{35}{3 * 18}, \frac{60}{3 * 18} - 0,25, \frac{500}{490}, 1\right) = 0,648$$

$$k_1 = \min\left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 * \frac{40}{18} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

Rozhoduje menší z únosností, tedy únosnost ve střihu.

$$F_{v,Rd} = 37,68 \text{ kN} > V_{Ed,1} = 29,08 \text{ kN}$$

VYHOVUJE (77,2%)

### 7.9.2 Posouzení oslabeného průřezu ztužidla

Návrhová únosnost spoje s jedním šroubem:

$$N_{u,Rd} = \frac{2,0 * (e_2 - 0,5 * d_0) * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,0 * (40 - 0,5 * 13) * 8 * 490}{1,25} * 10^{-3} = 210,11 \text{ kN} > 29,08 \text{ kN}$$

VYHOVUJE (13,8%)

### 7.9.3 Posouzení styčnickového plechu

Posouzení oslabeného průřezu:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 * A_{net} * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * (10 * 146) * 490}{1,25} * 10^{-3} = 515,09 \text{ kN} > 29,08 \text{ kN}$$

VYHOVUJE (5,6%)

Pro připevnění styčnickového plechu tloušťky 8mm je použit tupý svar, který není třeba posuzovat.

## 7.10 Kloubový přípoj příčného ztužidla mezi oblouky

Detail přípoje je znázorněn na výkrese č. 3 (řez B1-B1, detail B2).

### 7.10.1 Návrh šroubů

Přípoj je navržen na návrhovou sílu  $N_{Ed} = 20,10 \text{ kN}$  kombinací č. 25, zahrnující proměnné zatížení pouze větrem. Je navržen jeden šroub M16 třídy 5.6.



Návrhová síla na jeden šroub:

$$V_{Ed,1} = 20,10kN$$

Únosnost ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A_s * f_{ub} * i}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 157 * 500 * 1}{1,25} * 10^{-3} = 37,68kN$$

Únosnost v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b * k_1 * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,648 * 2,5 * 16 * 8 * 490}{1,25} * 10^{-3} = 81,29kN$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}, \frac{p_1}{3 * d_0} - 0,25, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = \min\left(\frac{35}{3 * 18}, \frac{60}{3 * 18} - 0,25, \frac{800}{490}, 1\right) = 0,648$$

$$k_1 = \min\left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 * \frac{40}{18} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

Rozhoduje menší z únosností, tedy únosnost ve stříhu.

$$F_{v,Rd} = 37,68kN > V_{Ed,1} = 29,08kN$$

VYHOVUJE(77,2%)

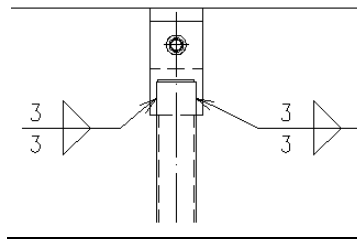
### 7.10.2 Posouzení oslabeného průřezu ztužidla

Návrhová únosnost oslabeného průřezu:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 * A_{net} * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * (879 - 2 * 4 * 10) * 490}{1,25} * 10^{-3} = 281,89kN$$

$> 20,10kN$

VYHOVUJE (7,1%)



Obrázek 46: Posuzovaný svar – příčné ztužidlo mezi oblouky

Pro připevnění styčnickového plechu tloušťky 8mm ke ztužidlu je použit oboustranný koutový svar o velikosti a=3mm.

Posouzení napětí ve svaru:

$$\tau_{II,1} = \frac{N_{Ed,a}}{4 * a * l} = \frac{20100}{4 * 3 * 50} = 33,50MPa$$

$$\tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} = 0$$

VYHOVUJE

$$\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} = \sqrt{3 * 33,50^2} = 58,02MPa < \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56MPa$$

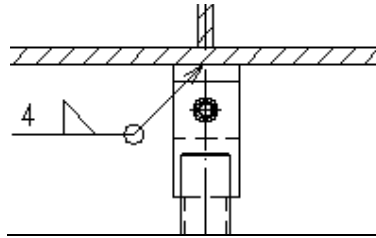
VYHOVUJE (13,3%)

### 7.10.3 Posouzení styčnickového plechu

Posouzení oslabeného průřezu:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 * A_{net} * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * (8 * 62) * 490}{1,25} * 10^{-3} = 174,99kN > 20,10kN$$

**VYHOVUJE (11,5%)**



Obrázek 47: Posuzovaný svar – příčné ztužidlo mezi oblouky

Pro připevnění styčnickového plechu tloušťky 10mm je použit koutový svar o velikosti a=4mm vařený kolem dokola.

Posouzení napětí ve svaru:

$$\tau_{II,1} = 0$$

$$\tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{N_{Ed}}{2 * a * l} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{20100}{2 * 4 * 80} = 22,21MPa < \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392,00MPa$$

**VYHOVUJE**

$$\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} = \sqrt{22,21^2 + 3 * (22,21^2 + 0)} = 44,42MPa$$

$$< \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56MPa$$

**VYHOVUJE (10,2%)**

### 7.11 Kloubový přípoj horního diagonálního ztužidla mezi oblouky

Detail přípoje je znázorněn na výkrese č. 6 (detail 6).

#### 7.11.1 Návrh šroubů

Přípoj je navržen na návrhovou sílu  $N_{Ed}=114,92kN$  kombinací č. 26, zahrnující proměnné zatížení pouze větrem. Jsou navrženy dva šrouby M20 třídy 5.6.

Návrhová síla na jeden šroub:

$$V_{Ed,1} = \frac{114,92}{2} = 57,45kN$$

Únosnost ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A_s * f_{ub} * i}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 245 * 500 * 1}{1,25} * 10^{-3} = 58,80kN$$

Únosnost v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b * k_1 * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,606 * 2,5 * 20 * 10 * 490}{1,25} * 10^{-3} = 118,78kN$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}, \frac{p_1}{3 * d_0} - 0,25, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = \min\left(\frac{40}{3 * 22}, \frac{70}{3 * 22} - 0,25, \frac{500}{490}, 1\right) = 0,606$$

$$k_1 = \min\left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 * \frac{48}{22} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

Rozhoduje menší z únosnosti, tedy únosnost ve střihu.

$$F_{v,Rd} = 58,80kN > V_{Ed,1} = 57,45kN$$

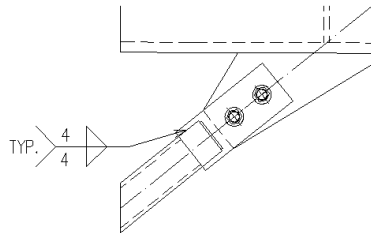
VYHOVUJE(97,7%)

### 7.11.2 Posouzení oslabeného průřezu ztužidla

Posouzení oslabeného průřezu:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 * A_{net} * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 1349 * 490}{1,25} * 10^{-3} = 475,79kN > 114,92kN$$

VYHOVUJE (24,2%)



Obrázek 48: Posuzovaný svar – horní diagonální ztužidlo mezi oblouky

Pro připevnění styčnickového plechu tloušťky 10mm ke ztužidlu je použit oboustranný koutový svar o velikosti a=4mm.

Posouzení napětí ve svaru:

$$\tau_{II,1} = \frac{N_{Ed,a}}{4 * a * l} = \frac{114920}{4 * 4 * 50} = 143,65MPa$$

$$\tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} = 0$$

VYHOVUJE

$$\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} = \sqrt{3 * 143,65^2} = 248,81MPa < \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56MPa$$

VYHOVUJE (57,1%)

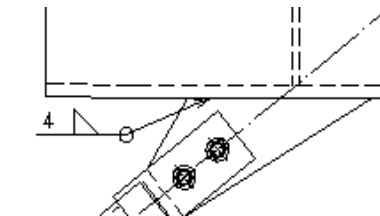
### 7.11.3 Posouzení styčnickového plechu

Posouzení oslabeného průřezu:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 * A_{net} * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * (10 * 74) * 490}{1,25} * 10^{-3} = 261,07kN$$

$$> 114,92kN$$

VYHOVUJE (44,0%)



Obrázek 49: Posuzovaný svar – horní diagonální ztužidlo mezi oblouky

Pro připevnění styčnickového plechu tloušťky 10mm je použit koutový svar o velikosti  $a=4\text{mm}$  vařený kolem dokola.

Rozdělení normálové síly do směru rovnoběžného se svarem (označení  $a$ ) a kolmého na směr svaru (označení  $b$ ):

$$F_{Ed,a} = N_{ed} * \cos \alpha = 114,92 * \cos 38,921^\circ = 89,41\text{kN}$$

$$F_{Ed,b} = N_{ed} * \sin \alpha = 114,92 * \sin 38,921^\circ = 72,20\text{kN}$$

Posouzení napětí ve svaru:

$$\tau_{II,1} = \frac{F_{Ed,a}}{2 * a * l} = \frac{89410}{2 * 4 * 300} = 37,25\text{MPa}$$

$$\tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{F_{Ed,b}}{2 * a * l} \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{72200}{2 * 4 * 300} \right) = 21,27\text{MPa} < \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392,00\text{MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} = \sqrt{21,27^2 + 3 * (21,27^2 + 37,25^2)} = 77,28\text{MPa}$$

$$< \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56\text{MPa}$$

VYHOVUJE (17,7%)

## 7.12 Kloubový přípoj delšího diagonálního ztužidla pod mostovkou

Detail přípoje je znázorněn na výkrese č. 5 (detail E).

### 7.12.1 Návrh šroubů

Přípoj je navržen na návrhovou sílu  $N_{Ed}=-613,07\text{kN}$  vyvozenou kombinací č. 25, zahrnující proměnné zatížení pouze větrem. Při této kombinaci vzniká navíc posouvající síla  $V_{z,Ed}=9,40\text{kN}$ . Je navrženo šest šroubů M27 třídy 5.6 ve dvou sloupcích v běžných roztečích. Návrhová síla na jeden šroub:

$$V_{Ed,1} = \frac{613,07}{6} = 102,18\text{kN}$$

Únosnost ve střihu:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A_s * f_{ub} * i}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 459 * 500 * 1}{1,25} * 10^{-3} = 110,16\text{kN}$$

Únosnost v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b * k_1 * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,556 * 2,033 * 27 * 15 * 490}{1,25} * 10^{-3} = 179,45\text{kN}$$

$$\alpha_b = \min \left( \frac{e_1}{3 * d_0}, \frac{p_1}{3 * d_0} - 0,25, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1 \right) = \min \left( \frac{50}{3 * 30}, \frac{90}{3 * 30} - 0,25, \frac{500}{490}, 1 \right)$$

$$= 0,556$$

$$k_1 = \min \left( 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \min \left( 2,8 * \frac{40}{30} - 1,7; 2,5 \right) = 2,033$$

Rozhoduje menší z únosností, tedy únosnost ve střihu.

$$F_{v,Rd} = 110,16\text{kN} > V_{Ed,1} = 102,18\text{kN}$$

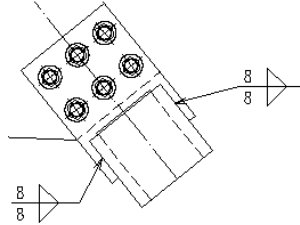
VYHOVUJE(92,8%)

### 7.12.2 Posouzení oslabeného průřezu ztužidla

Posouzení oslabeného průřezu:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 * A_{net} * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 12170 * 490}{1,25} * 10^{-3} = 4293,58kN > 613,07kN$$

VYHOVUJE (14,3%)



Obrázek 50: Posuzovaný svar – delší diagonální ztužidlo pod mostovkou

Pro připevnění stýčnickového plechu tloušťky 15mm ke ztužidlu je použit oboustranný koutový svar o velikosti a=8mm.

Posouzení napětí ve svaru:

$$\tau_{II,1} = \frac{N_{Ed}}{4 * a * l} = \frac{613070}{4 * 8 * 100} = 191,58MPa$$

$$\tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{V_{Ed,z}}{2 * a * l_2} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{9400}{2 * 8 * 15} = 27,70MPa$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} = \sqrt{27,70^2 + 3 * (27,70^2 + 191,58^2)} = 336,42MPa < \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56MPa$$

VYHOVUJE (77,2%)

### 7.12.3 Posouzení stýčnickového plechu

Posouzení oslabeného průřezu v prostém tlaku:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 * A_{net} * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * (15 * 140) * 490}{1,25} * 10^{-3} = 740,88kN > 613,07kN$$

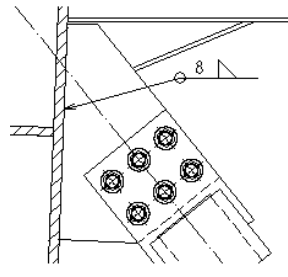
VYHOVUJE (82,7%)

Posouzení plechu v ohybu:

$$M_{Ed} = V_{Ed} * e = 9,40 * 0,194 = 1,82kNm$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{w_{pl} * f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{(\frac{1}{6} * 469 * 15^2) * 355}{1,0} * 10^{-6} = 6,24kN > 1,82kN$$

VYHOVUJE (29,2%)



Obrázek 51: Posuzovaný svar – delší diagonální ztužidlo pod mostovkou

Pro připevnění styčnickového plechu tloušťky 15mm k oblouku je použit koutový svar o velikosti  $a=8\text{mm}$  vařený kolem celého plechu.

Rozdělení normálové síly do směru rovnoběžného se svarem (označení  $a$ ) a kolmého na směr svaru (označení  $b$ ):

$$F_{Ed,a} = N_{ed} * \cos \alpha = 613,07 * \cos 41,271^\circ = 460,78\text{kN}$$

$$F_{Ed,b} = N_{ed} * \sin \alpha = 613,07 * \sin 41,271^\circ = 404,39\text{kN}$$

Posouzení napětí ve svaru:

$$\tau_{II,1} = \frac{F_{Ed,a}}{2 * a * l} = \frac{460780}{2 * 8 * 469} = 61,40\text{MPa}$$

$$\begin{aligned} \tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{F_{Ed,b}}{2 * a * l} + \frac{F_{Ed,b} * e}{w} + \frac{V_{Ed,z}}{2 * a * l_2} \right) = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{404390}{2 * 8 * 469} + \frac{404390 * 138}{2 * \frac{1}{6} * 8 * 469^2} + \frac{9400}{2 * 8 * 15} \right) = 133,08\text{MPa} \\ &< \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392,00\text{MPa} \end{aligned}$$

VYHOVUJE

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} &= \sqrt{133,08^2 + 3 * (133,08^2 + 61,40^2)} = \\ &= 286,61\text{MPa} < \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56\text{MPa} \end{aligned}$$

VYHOVUJE (65,8%)

## 7.13 Kloubový přípoj kratšího diagonálního ztužidla pod mostovkou

Detail přípoje je znázorněn na výkrese č. 5 (detail F).

### 7.13.1 Návrh šroubů

Přípoj je navržen na návrhovou sílu  $N_{Ed}=-192,65\text{kN}$  vyvozenou kombinací č. 3, zahrnující proměnné zatížení chodci na celé ploše lávky, oteplením a větrem. Při této kombinaci vzniká navíc posouvající síla  $V_{z,Ed}=1,19\text{kN}$ . Jsou navrženy čtyři šrouby M20 třídy 5.6 ve dvou sloupcích v běžných roztečích.

Návrhová síla na jeden šroub:

$$V_{Ed,1} = \frac{192,65}{4} = 48,16\text{kN}$$

Únosnost ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_V * A_s * f_{ub} * i}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 245 * 500 * 1}{1,25} * 10^{-3} = 58,80\text{kN}$$

Únosnost v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b * k_1 * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,606 * 2,5 * 20 * 8 * 490}{1,25} * 10^{-3} = 95,02\text{kN}$$

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \min \left( \frac{e_1}{3 * d_0}, \frac{p_1}{3 * d_0} - 0,25, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1 \right) = \min \left( \frac{40}{3 * 22}, \frac{70}{3 * 22} - 0,25, \frac{500}{490}, 1 \right) \\ &= 0,606 \end{aligned}$$

$$k_1 = \min \left( 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) = \min \left( 2,8 * \frac{45}{30} - 1,7; 2,5 \right) = 2,5$$

Rozhoduje menší z únosností, tedy únosnost ve střihu.

$$F_{v,Rd} = 58,80kN > V_{Ed,1} = 48,16kN$$

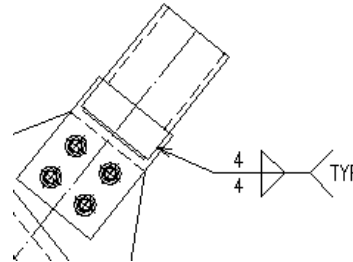
VYHOVUJE (81,9%)

### 7.13.2 Posouzení oslabeného průřezu ztužidla

Posouzení oslabeného průřezu:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 * A_{net} * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * 2024 * 490}{1,25} * 10^{-3} = 713,93kN > 192,65kN$$

VYHOVUJE (27,0%)



Obrázek 52: Posuzovaný svar – kratší diagonální ztužidlo pod mostovkou

Pro připevnění styčnickového plechu tloušťky 8mm ke ztužidlu je použit oboustranný koutový svar o velikosti  $a=4$ mm.

Posouzení napětí ve svaru:

$$\tau_{II,1} = \frac{N_{Ed}}{4 * a * l} = \frac{192650}{4 * 4 * 60} = 200,68MPa$$

$$\tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{V_{Ed,z}}{2 * a * l_2} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{1190}{2 * 4 * 8} = 13,15MPa$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} = \sqrt{13,15^2 + 3 * (13,15^2 + 200,68^2)} =$$

$$= 348,58MPa < \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56MPa$$

VYHOVUJE (80,0%)

### 7.13.3 Posouzení styčnickového plechu

Posouzení oslabeného průřezu v prostém tlaku a ohybu:

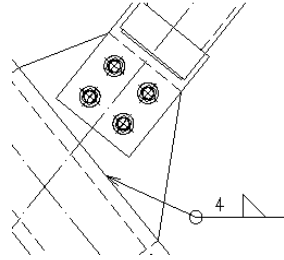
$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 * A_{net} * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 * (8 * 123) * 490}{1,25} * 10^{-3} = 347,16kN > 192,65kN$$

VYHOVUJE (55,5%)

$$M_{Ed} = V_{Ed} * e = 1,19 * 0,108 = 0,13kNm$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{w_{pl} * f_{yd}}{\gamma_{M0}} = \frac{(\frac{1}{6} * 397 * 8^2) * 355}{1,0} * 10^{-6} = 1,50kN > 0,13kN$$

VYHOVUJE (8,6%)



Obrázek 53: Posuzovaný svar – kratší diagonální ztužidlo pod mostovkou

Pro připevnění styčnickového plechu tloušťky 8mm k delší diagonále je použit koutový svar o velikosti  $a=4\text{mm}$  vařený kolem celého plechu.

Rozdělení normálové síly do směru rovnoběžného se svarem (označení  $a$ ) a kolmé na směr svaru (označení  $b$ ):

$$F_{Ed,a} = N_{ed} * \cos \alpha = 192,65 * \cos 77,847^\circ = 40,56\text{kN}$$

$$F_{Ed,b} = N_{ed} * \sin \alpha = 192,65 * \sin 77,847^\circ = 188,33\text{kN}$$

Posouzení napětí ve svaru:

$$\tau_{II,1} = \frac{F_{Ed,a}}{2 * a * l} = \frac{40560}{2 * 4 * 397} = 12,77\text{MPa}$$

$$\begin{aligned} \tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{F_{Ed,b}}{2 * a * l} + \frac{F_{Ed,b} * e}{w} + \frac{V_{Ed,z}}{2 * a * l_2} \right) = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{188330}{2 * 8 * 397} + \frac{188330 * 24}{2 * \frac{1}{6} * 8 * 397^2} + \frac{1190}{2 * 4 * 8} \right) = 41,72\text{MPa} \\ &< \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{490}{1,25} = 392,00\text{MPa} \end{aligned}$$

**VYHOVUJE**

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} &= \sqrt{41,72^2 + 3 * (41,72^2 + 12,77^2)} = 86,32\text{MPa} \\ &< \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,56\text{MPa} \end{aligned}$$

**VYHOVUJE (19,8%)**

## 8 Závěr

Pro zadanou lávku bylo navrženo konstrukční řešení a vytvořen model konstrukce v programu SCIA Engineer. Spomocí vnitřních sil vypočtených programem jsou nosné prvky konstrukce i její detaily posouzeny z hlediska statiky a v programu byl také proveden základní dynamický výpočet. Byly zjištěny dilatační posuny pro návrh mostních závěrů a úložných čepů. Kromě statického výpočtu také bakalářská práce obsahuje krátkou technickou zprávu a výkresovou dokumentaci.



## Použitá literatura

- [12] ČSN EN 1990 (73 0002): *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: ČNI, 2011, 100 s.
- [13] ČSN EN 1991-1-4 (73 0035): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou*. Praha: ČNI, 2005, 44 s.
- [14] ČSN EN 1991-1-5 (73 0035): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: ČNI, 2008, 102 s.
- [15] ČSN EN 1991-2 (73 6203): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou*. Praha: ČNI, 2005, 152 s.
- [16] ČSN EN 1993-2 (73 6205): *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty*. Praha: ČNI, 2005, 44 s.
- [17] ROTTER, Tomáš a Jiří STUDNIČKA. *Ocelové mosty*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-01-03410-0.
- [18] RYJÁČEK, Pavel. *Ocelové mosty: cvičení*. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05672-1.
- [19] SOKOL, Zdeněk a František WALD. *Ocelové konstrukce: tabulky*. 2., přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04655-5.
- [20] STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce: normy*. 2. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 978-80-01-05489-5.
- [21] STUDNIČKA, Jiří a Milan HOLICKÝ. *Ocelové konstrukce 20: zatížení staveb podle Eurokódu*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02751-1.
- [22] *Martin Štrupl - Izolace [online]*. Martin Štrupl – Izolace, Praha [vid. 2016-05-05]. Dostupné na WWW: <http://www.strupl.cz>.

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Pomocný prut pro pojezd pohyblivého zatížení.....	5
Obrázek 2: Výpočtový model konstrukce.....	5
Obrázek 3: Průběh ohybových momentů pro vznik maximálního momentu.....	14
Obrázek 4: Průběh ohybových momentů pro vznik minimálního momentu.....	14
Obrázek 5: Průřezové charakteristiky oblouku.....	23
Obrázek 6: Vlastní tvar vybočení oblouku.....	23
Obrázek 7: Průběh normálové síly na oblouku.....	24
Obrázek 8: Průběh ohybových momentů na oblouku.....	24
Obrázek 9: Průběh posouvající síly ve směru y na oblouku.....	26
Obrázek 10: Průběh posouvající síly ve směru z na oblouku.....	27
Obrázek 11: Průhyby oblouku.....	27
Obrázek 12: Průřezové charakteristiky hlavního nosníku.....	28
Obrázek 13: Vlastní tvar vybočení hlavního nosníku.....	28
Obrázek 14: Průběh normálových sil na hlavním nosníku.....	29
Obrázek 15: Průběh ohybových momentů na hlavním nosníku.....	29
Obrázek 16: Zatížení chodci s vystřídáním polí.....	29
Obrázek 17: Průběh posouvajících sil ve směru y na hlavním nosníku.....	32
Obrázek 18: Průběh posouvajících sil ve směru z na hlavním nosníku.....	32
Obrázek 19: Průhyby hlavního nosníku.....	33
Obrázek 20: Průřezové charakteristiky trámu pro uložení mostovky.....	33
Obrázek 21: Průběh ohybového momentu na trámu pro uložení mostovky.....	33
Obrázek 22: Průhyby trámu pro uložení mostovky.....	35
Obrázek 23: Normálové síly v táhlech.....	36
Obrázek 24: Normálové síly v příčných ztužidlech.....	37
Obrázek 25: Ohybové momenty v příčných ztužidlech.....	38
Obrázek 26: Normálové síly ve ztužidlech nad mostovkou mezi oblouky.....	39
Obrázek 27: Normálové síly v delších ztužidlech pod mostovkou mezi oblouky.....	40
Obrázek 28: Ohybové momenty v delších ztužidlech pod mostovkou mezi oblouky.....	40
Obrázek 29: Normálové síly v kratších ztužidlech pod mostovkou mezi oblouky.....	42
Obrázek 30: Ohybové momenty v kratších ztužidlech pod mostovkou mezi oblouky.....	42
Obrázek 31: Normálové síly v mostovkových ztužidlech během montáže.....	43
Obrázek 32: Vlastní frekvence lávky.....	44
Obrázek 33: Vlastní tvar konstrukce pro frekvenci 1,05Hz.....	44
Obrázek 34: Vlastní tvar konstrukce pro frekvenci 2,20Hz.....	44
Obrázek 35: Vlastní tvar konstrukce pro frekvenci 3,55Hz.....	45
Obrázek 36: Vlastní tvar konstrukce pro frekvenci 1,36Hz.....	45
Obrázek 37: Vlastní tvar konstrukce pro frekvenci 2,32Hz.....	45
Obrázek 38: Maximální normálová síla v patě oblouku.....	47
Obrázek 39: Účinná plocha patní desky.....	47
Obrázek 40: Maximální smyková síla v patě oblouku.....	48
Obrázek 41: Posuzovaný svar - vzpěra.....	50
Obrázek 42: Posuzovaný svar - vzpěra.....	51
Obrázek 43: Posuzovaný svar - táhlo.....	54
Obrázek 44: Tvar smykové plochy pro odtržení skupiny šroubů.....	57
Obrázek 45: Posuzovaný svar - příčník.....	57
Obrázek 46: Posuzovaný svar – příčné ztužidlo mezi oblouky.....	59
Obrázek 47: Posuzovaný svar – příčné ztužidlo mezi oblouky.....	60
Obrázek 48: Posuzovaný svar – horní diagonální ztužidlo mezi oblouky.....	61
Obrázek 49: Posuzovaný svar – horní diagonální ztužidlo mezi oblouky.....	61
Obrázek 50: Posuzovaný svar – delší diagonální ztužidlo pod mostovkou.....	63
Obrázek 51: Posuzovaný svar – delší diagonální ztužidlo pod mostovkou.....	63
Obrázek 52: Posuzovaný svar – kratší diagonální ztužidlo pod mostovkou.....	65
Obrázek 53: Posuzovaný svar – kratší diagonální ztužidlo pod mostovkou.....	66

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Kombinace zatížení A .....	8
Tabulka 2: Kombinace zatížení B .....	8
Tabulka 3: Kombinace zatížení C .....	8
Tabulka 4: Kombinace zatížení D .....	8
Tabulka 5: Kombinace zatížení č. 1 .....	9
Tabulka 6: Kombinace zatížení č. 2 .....	9
Tabulka 7: Kombinace zatížení č. 3 .....	9
Tabulka 8: Kombinace zatížení č. 4 .....	9
Tabulka 9: Kombinace zatížení č. 21 .....	10
Tabulka 10: Kombinace zatížení č. 22 .....	10
Tabulka 11: Kombinace zatížení č. 23 .....	10
Tabulka 12: Kombinace zatížení č. 24 .....	11
Tabulka 13: Kombinace zatížení č. 25 .....	11
Tabulka 14: Kombinace zatížení č. 26 .....	11
Tabulka 15: Kombinace zatížení č. 27 .....	11
Tabulka 16: Kombinace zatížení č. 28 .....	11
Tabulka 17: Kombinace zatížení č. 1 pro MSP .....	12
Tabulka 18: Kombinace zatížení č. 6 pro MSP .....	12
Tabulka 19: Kombinace zatížení č. 7 pro MSP .....	12
Tabulka 20: Kombinace zatížení č. 8 pro MSP .....	12
Tabulka 21: Kombinace zatížení č. 9 pro MSP .....	13
Tabulka 22: Kombinace zatížení č. 10 pro MSP .....	13
Tabulka 23: Montážní zatížení .....	17
Tabulka 24: Zatížení při provozu .....	18
Tabulka 25: Výpočet pracovních součinitelů .....	20
Tabulka 26: Výpočet průřezových charakteristik .....	21
Tabulka 27: Výpočet napětí na konci životnosti .....	21
Tabulka 28: Napětí od vlivu teploty .....	22



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta stavební**

**Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**

## **Oblouková lávka přes Bečvu v Přerově**

Bakalářská práce

### **D. Výkresová dokumentace**

**Kateřina Soukupová**

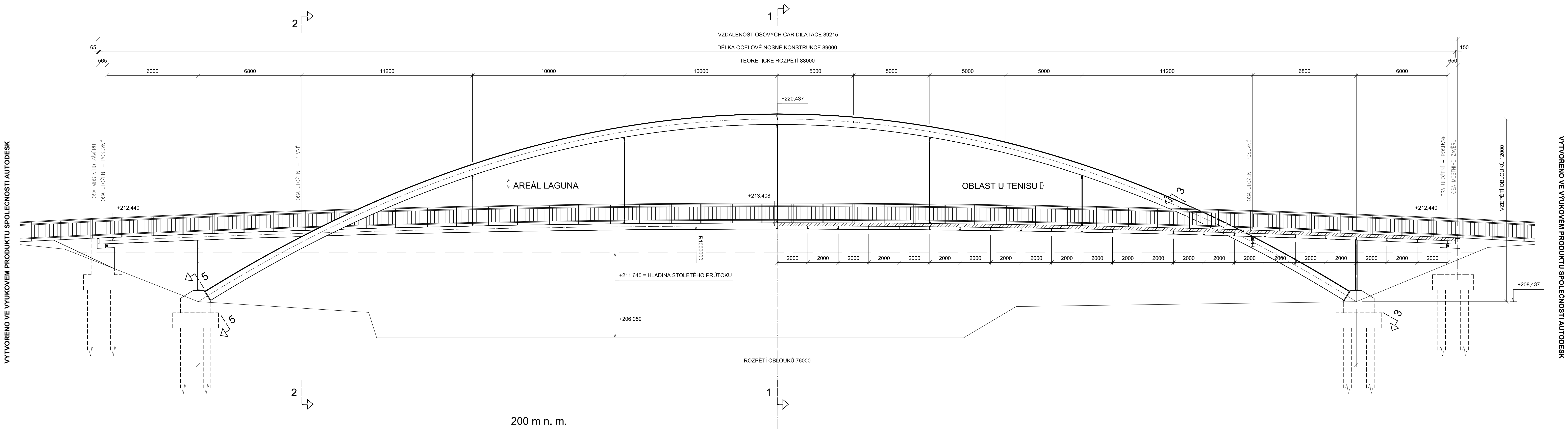
Praha 2016

## Seznam výkresů:

- D.1: Pohled a podélný řez
- D.2: Půdorys – pohled a řez
- D.3: Řez 1-1
- D.4: Řez 2-2
- D.5: Řez 3-3
- D.6: Řez 4-4, řez 5-5, detail 6

BOČNÍ POHLED M1:100

PODÉLNÝ ŘEZ OSOU LÁVKY M1:100



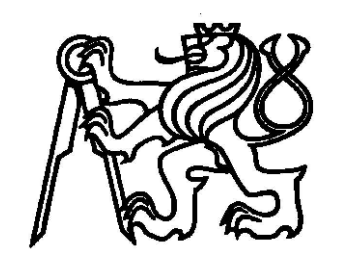
VYTVOŘENO VE VYUKOVEM PRODUKTU SPOLECNOSTI AUTODESK

VYTVOŘENO VE VYUKOVEM PRODUKTU SPOLECNOSTI AUTODESK

POUŽITÉ MATERIÁLY:  
 OCELOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE: S355 J2+N  
 BETONOVÁ DESKA MOSTOVKY: C30/37-XC4  
 ZÁKLADOVÝ BETON: C20/25  
 VÝZTUŽ: B500B  
 TRNY: S235 J2G3  
 PEVNOSTNÍ TŘÍDA ŠROUBŮ: 5.6

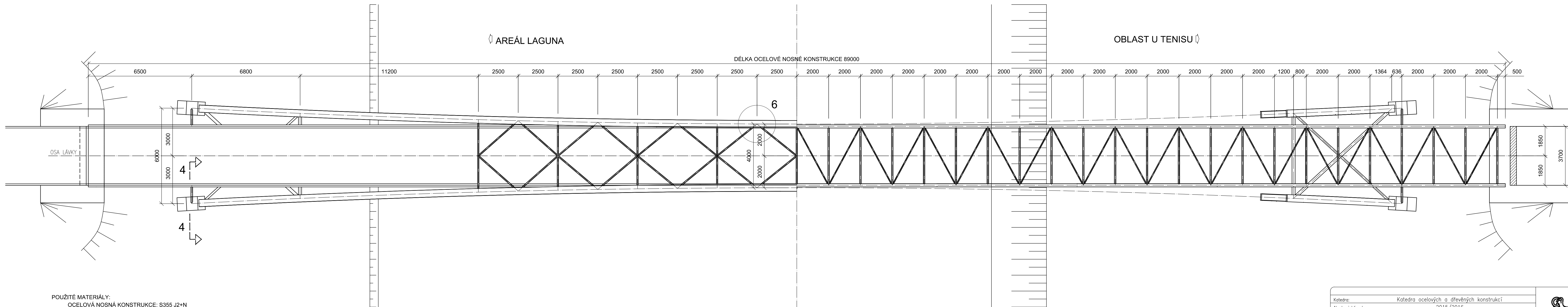
POŽADAVEK NA KVALITU SVARŮ: B  
 TŘÍDA PROVEDENÍ KONSTRUKCE: EXC3

Katedra:	Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí
Akademický rok:	2015/2016
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Michal Netušil, Ph.D.
Vypracovala:	Kateřina Soukupová
Oblouková lávka přes Bečvu v Přerově	
Výkres:	POHLED A PODÉLNÝ ŘEZ
Formát:	4xA3
Měřítko:	1:100
Č. přílohy:	D.1
Vedlejší měř.:	-
Datum:	7.5.2016



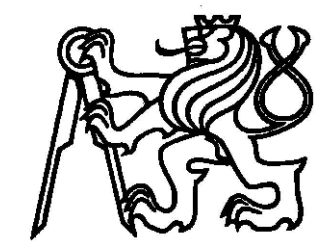
PŮDORYS - POHLED M1:100

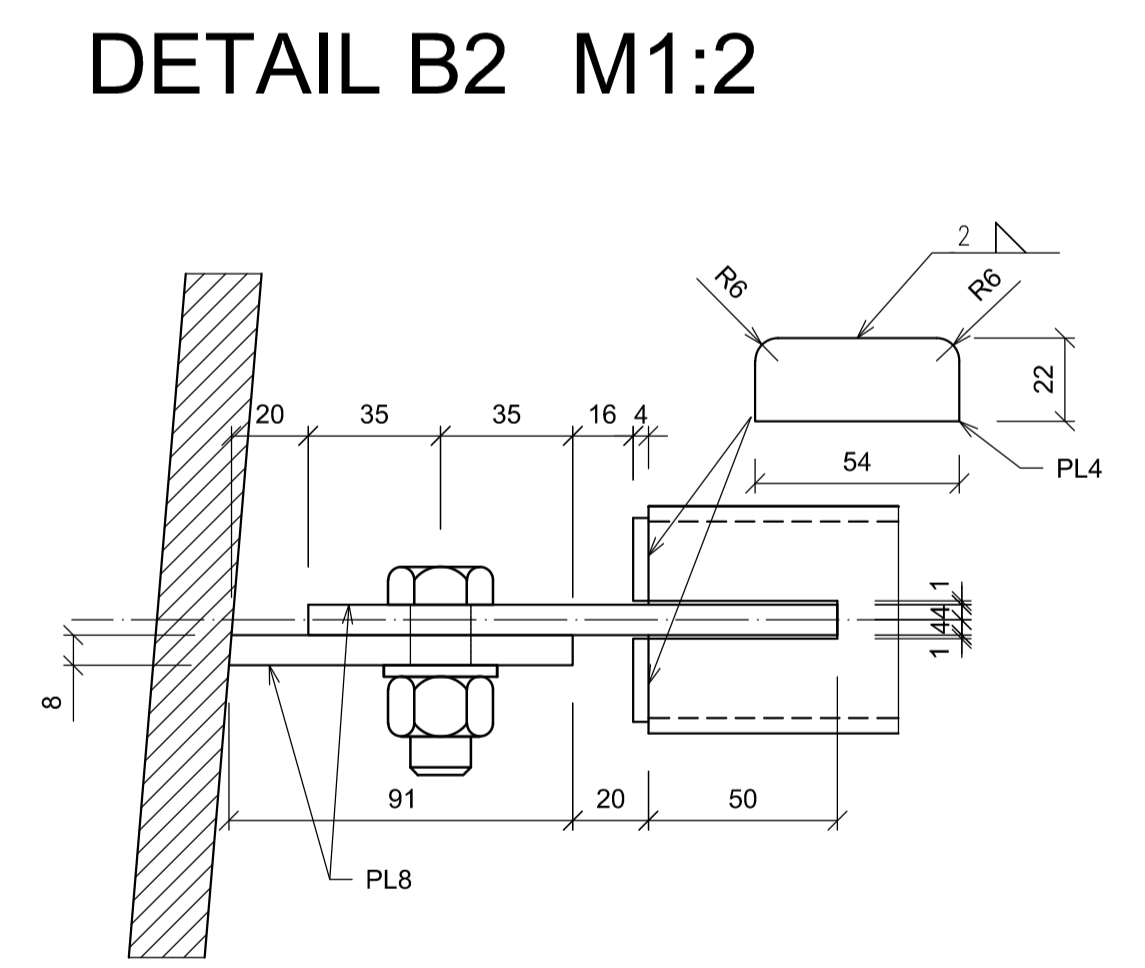
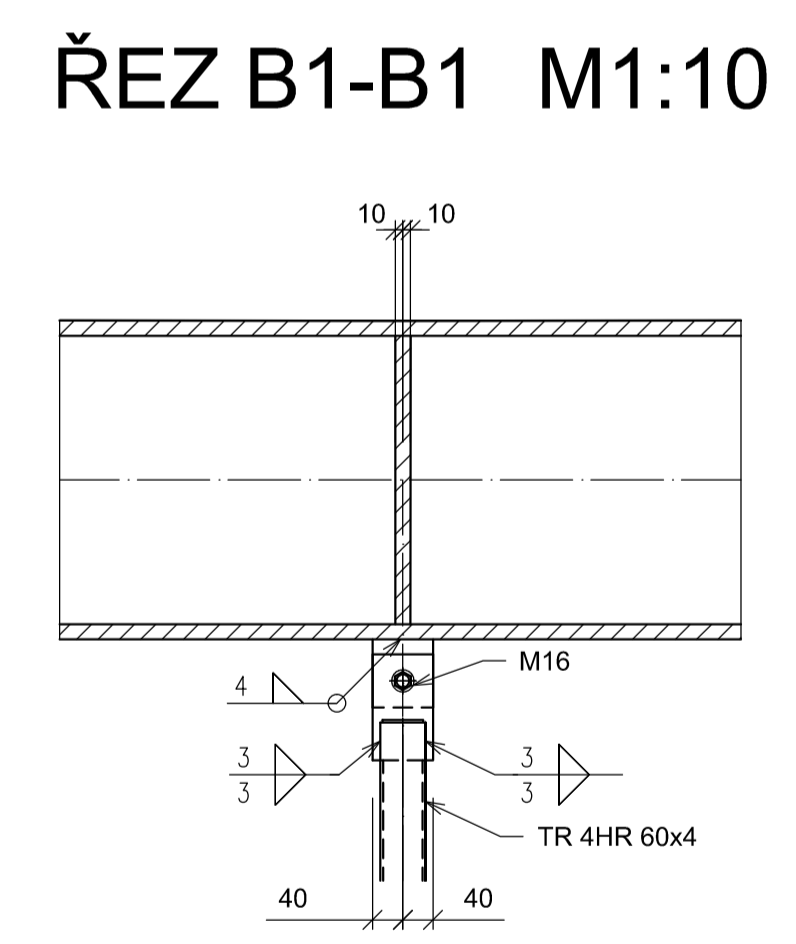
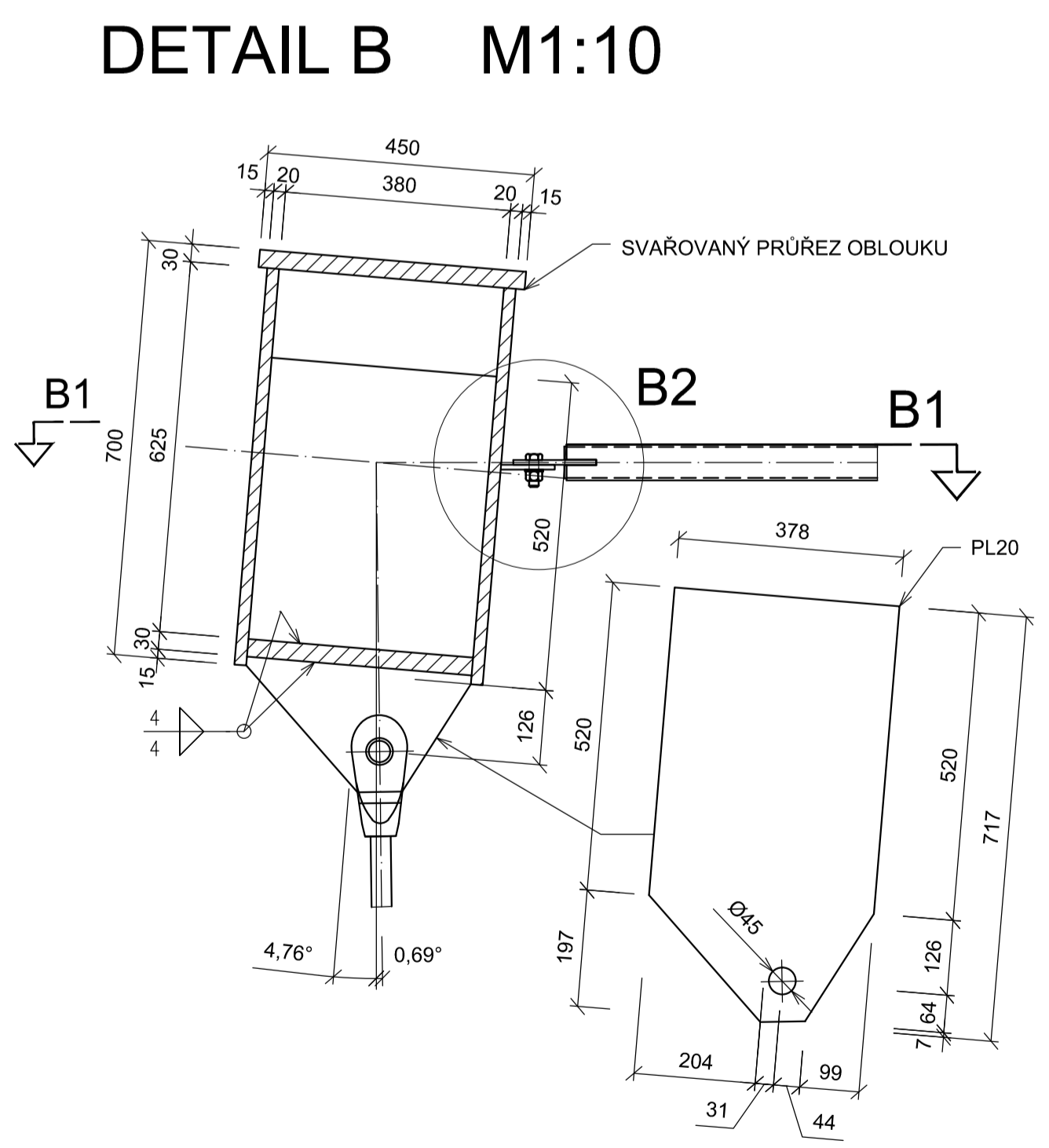
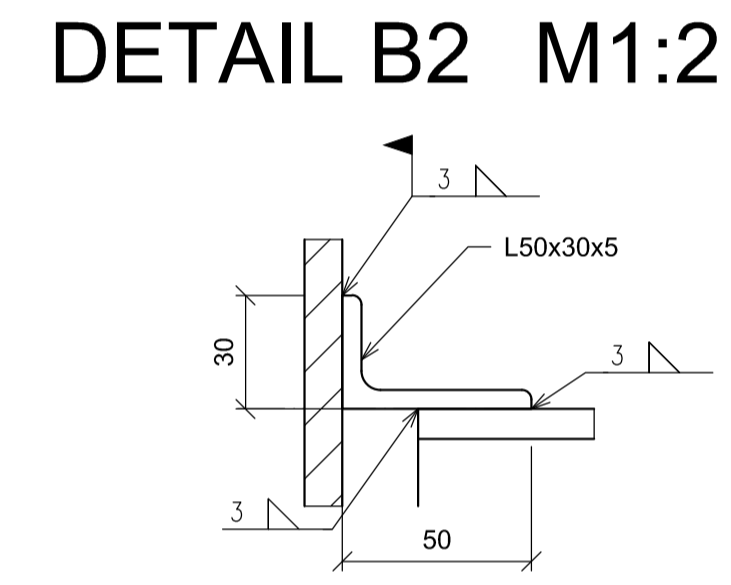
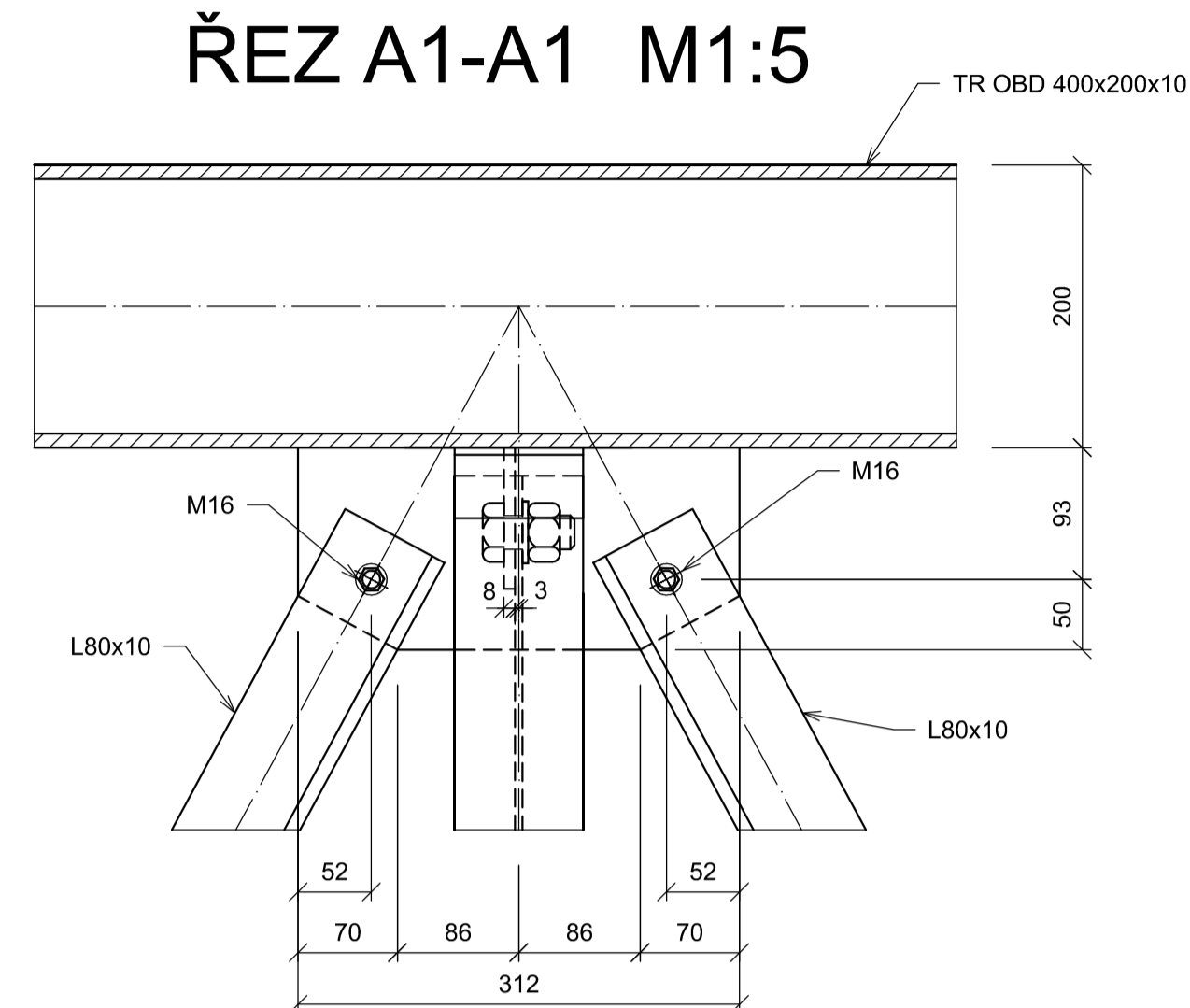
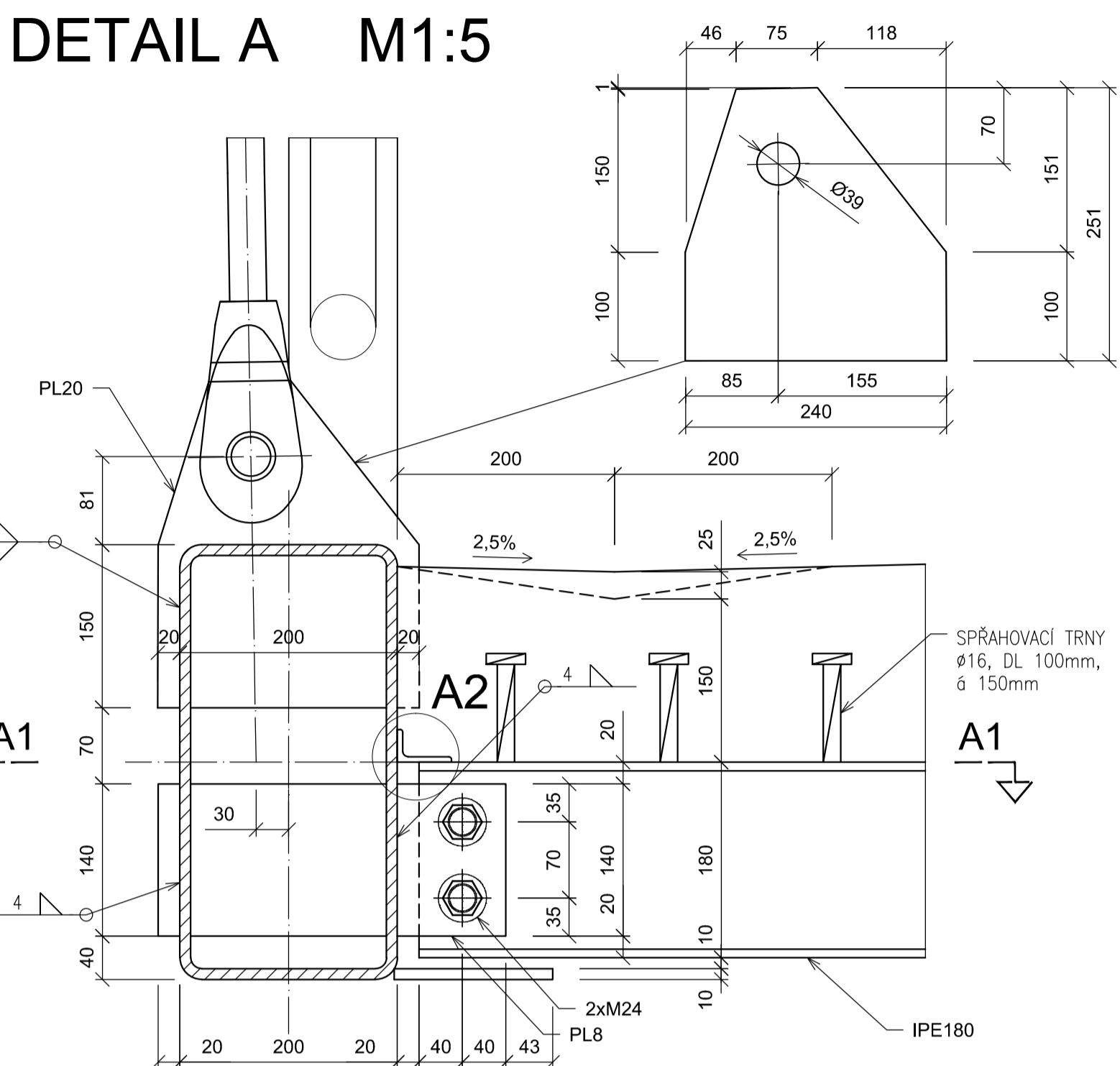
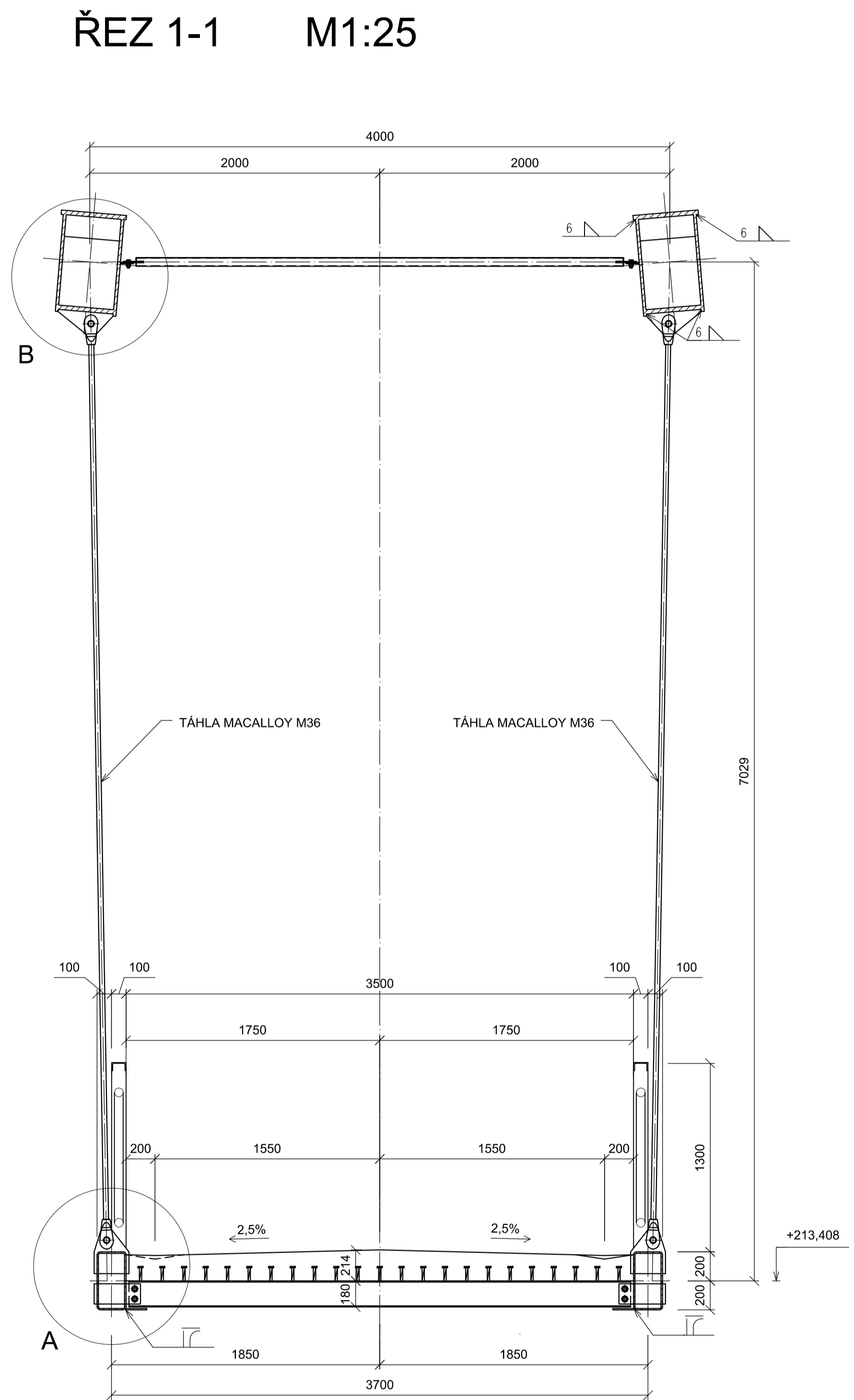
PŮDORYS - ŘEZ POD SPODNÍ HRANOU BETONOVÉ DESKY M1:100



POUŽITÉ MATERIÁLY:  
 OCELOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE: S355 J2+N  
 BETONOVÁ DESKA MOSTOVKY: C30/37-XC4  
 ZÁKLADOVÝ BETON: C20/25  
 VÝZTUŽ: B500B  
 TRNY: S235 J2G3  
 PEVNOSTNÍ TRÍDA ŠROUBŮ: 5.6

POŽADAVEK NA KVALITU SVARŮ: B  
 TRÍDA PROVEDENÍ KONSTRUKCE: EXC3

Katedra:	Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí	
Akademický rok:	2015/2016	
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Michal Netušil, Ph.D.	
Vypracovala:	Kateřina Soukupová	
Oblouková lávka přes Bečvu v Přerově		
Výkres:	PŮDORYS – POHLED A ŘEZ	
	Měřítko: 1:100	Č. přílohy D.2
		Formát: 5xA4
		Vedlejší měř.: -
		Datum: 7.5.2016



**POUŽITÉ MATERIÁLY:**  
 OCELOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE: S355 J2+N  
 BETONOVÁ DESKA MOSTOVKY: C30/37-XC4  
 ZÁKLADOVÝ BETON: C20/25  
 VÝZTUŽ: B500B  
 TRNY: S235 J2G3  
 PEVNOSTNÍ TŘÍDA ŠROUBŮ: 5.6

**POŽADAVEK NA KVALITU SVARŮ: B**  
**TŘÍDA PROVEDENÍ KONSTRUKCE: EXC3**

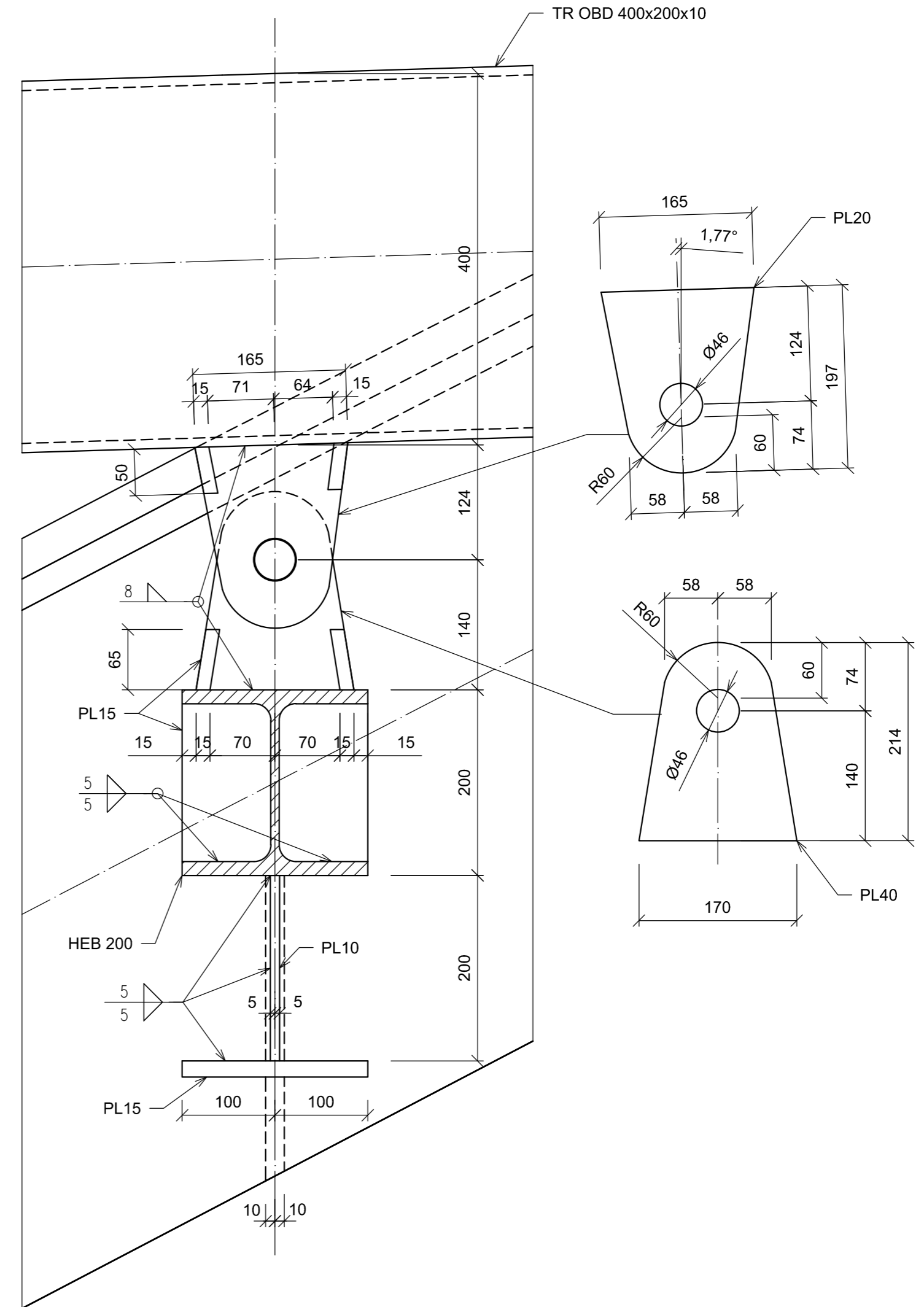
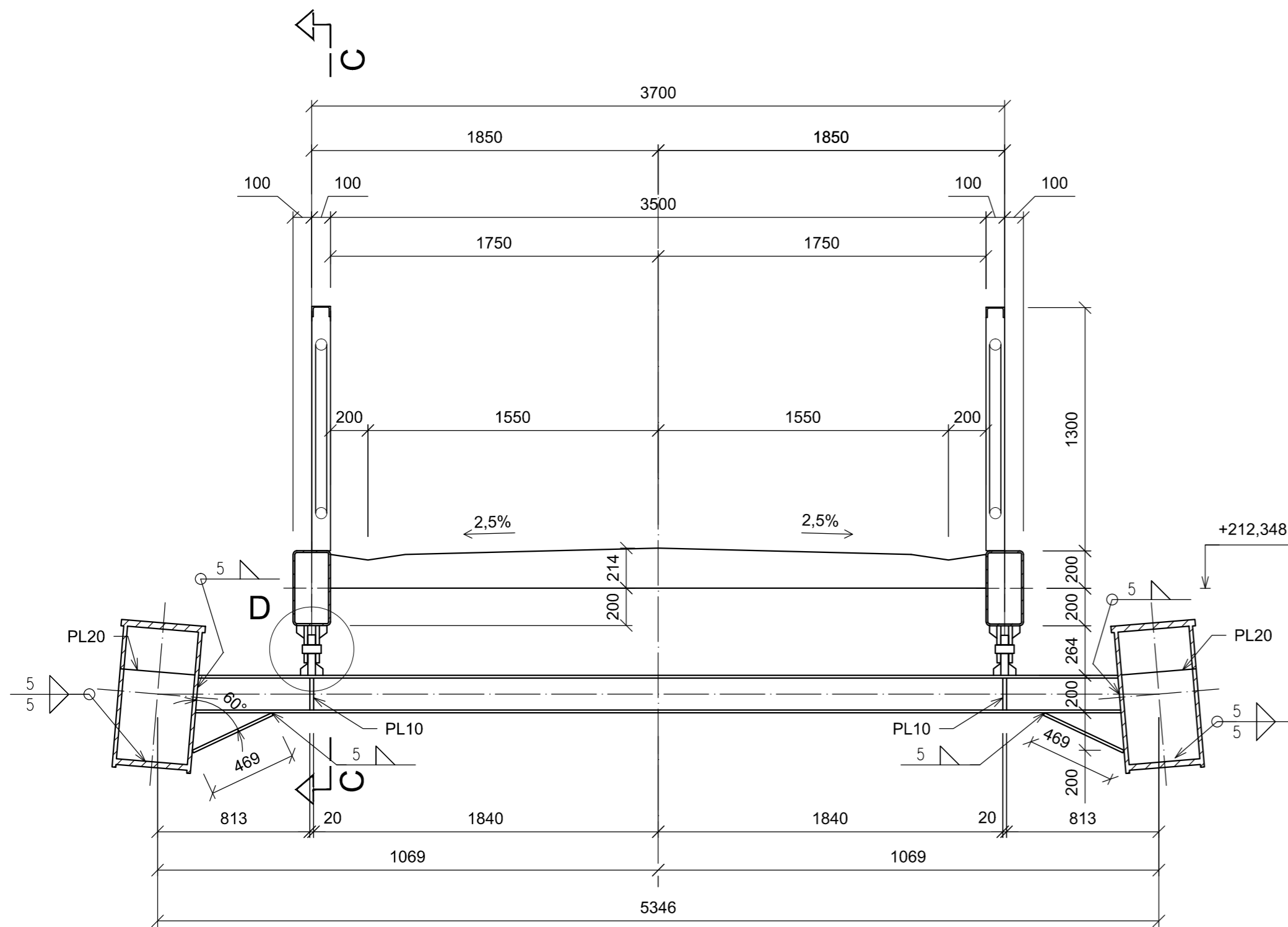
Katedra:	Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Akademický rok:	2015/2016		
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Michal Netušil, PhD.		
Vypracovala:	Kateřina Soukupová		
<b>Oblouková lávka přes Bečvu v Přerově</b>			
Výkres:	ŘEZ 1-1	Formát:	A1
Měřítko:	1:25	Č. přílohy:	D.3
		Vedlejší měř.:	1:10, 1:5, 1:2
		Datum:	7.5.2016



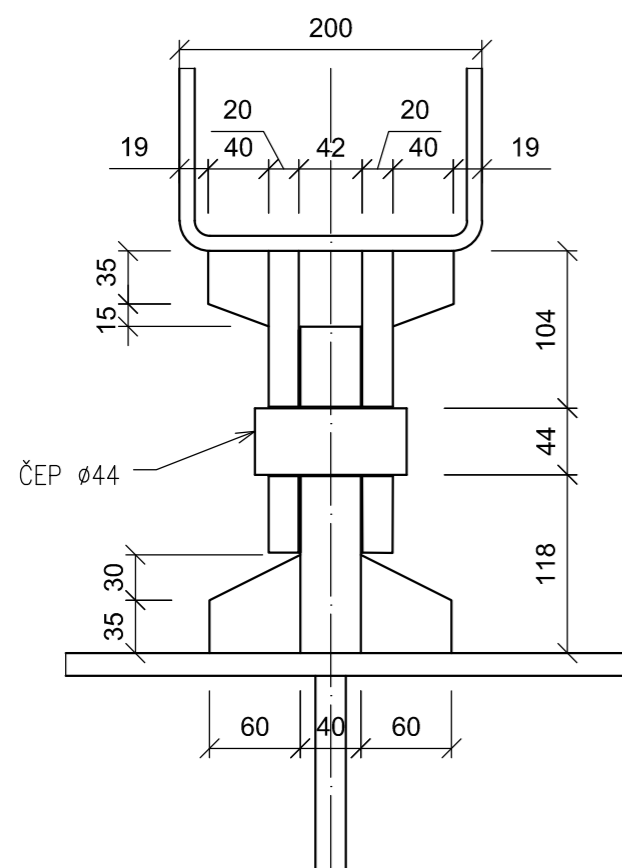


# ŘEZ 2-2 M1:25

# ŘEZ C-C M1:5



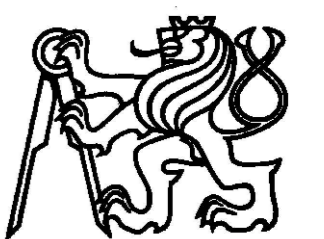
# DETAIL D M1:5



**POUŽITÉ MATERIÁLY:**  
 OCELOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE: S355 J2+N  
 BETONOVÁ DESKA MOSTOVKY: C30/37-XC4  
 ZÁKLADOVÝ BETON: C20/25  
 VÝZTUŽ: B500B  
 TRNY: S235 J2G3  
 PEVNOSTNÍ TRÍDA ŠROUBŮ: 5.6

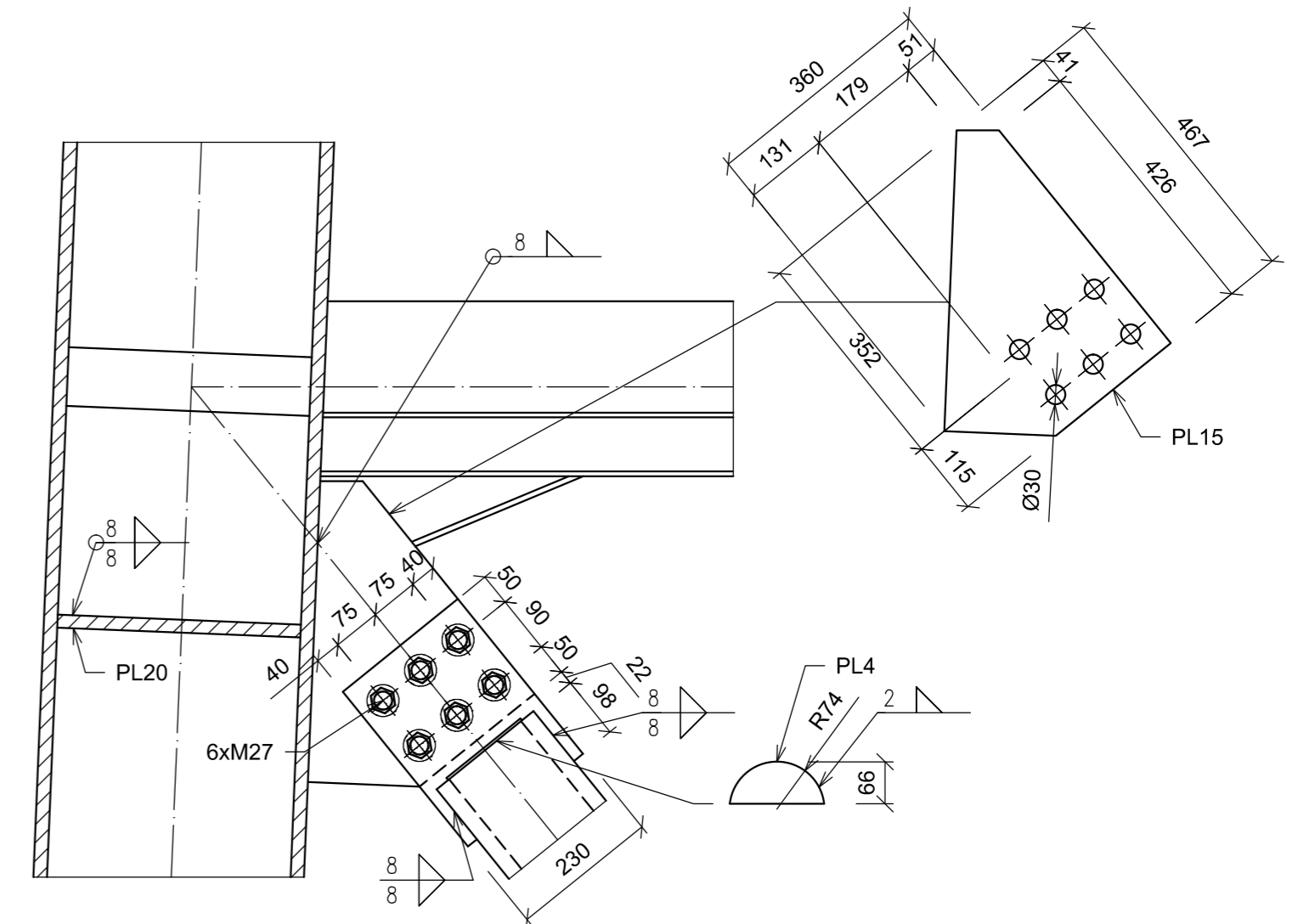
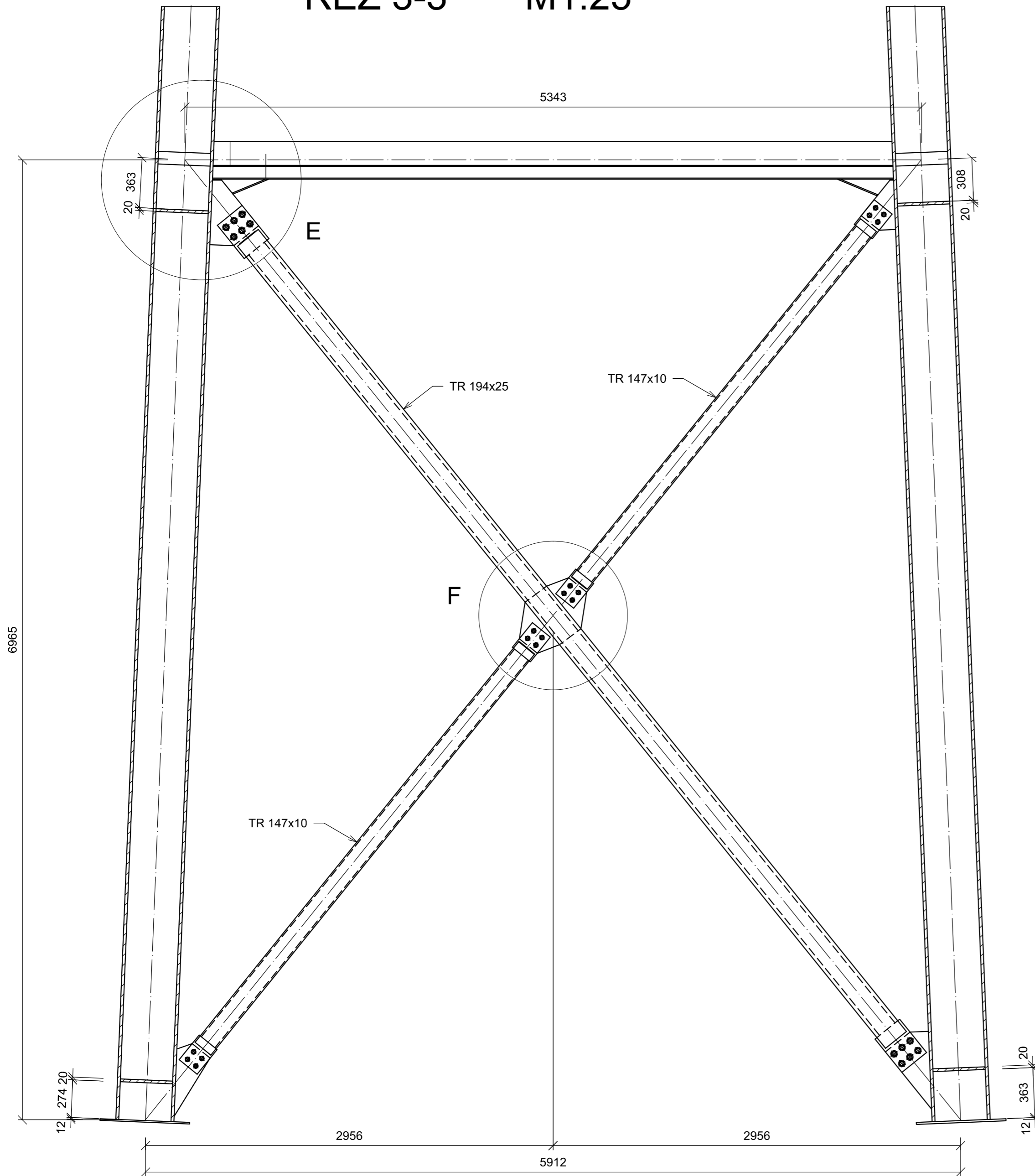
**POŽADAVEK NA KVALITU SVARŮ: B**  
**TRÍDA PŘEVEDENÍ KONSTRUKCE: EXC3**

Katedra:	Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Akademický rok:	2015/2016		
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Michal Netušil, PhD.		
Vypracovala:	Kateřina Soukupová		
Oblouková lávka přes Bečvu v Přerově			
Výkres:	ŘEZ 2-2		
Měřítko:	1:25	Č. přílohy	D.4
Formát:	A2		Vedlejší měř.:
Datum:	7.5.2016		

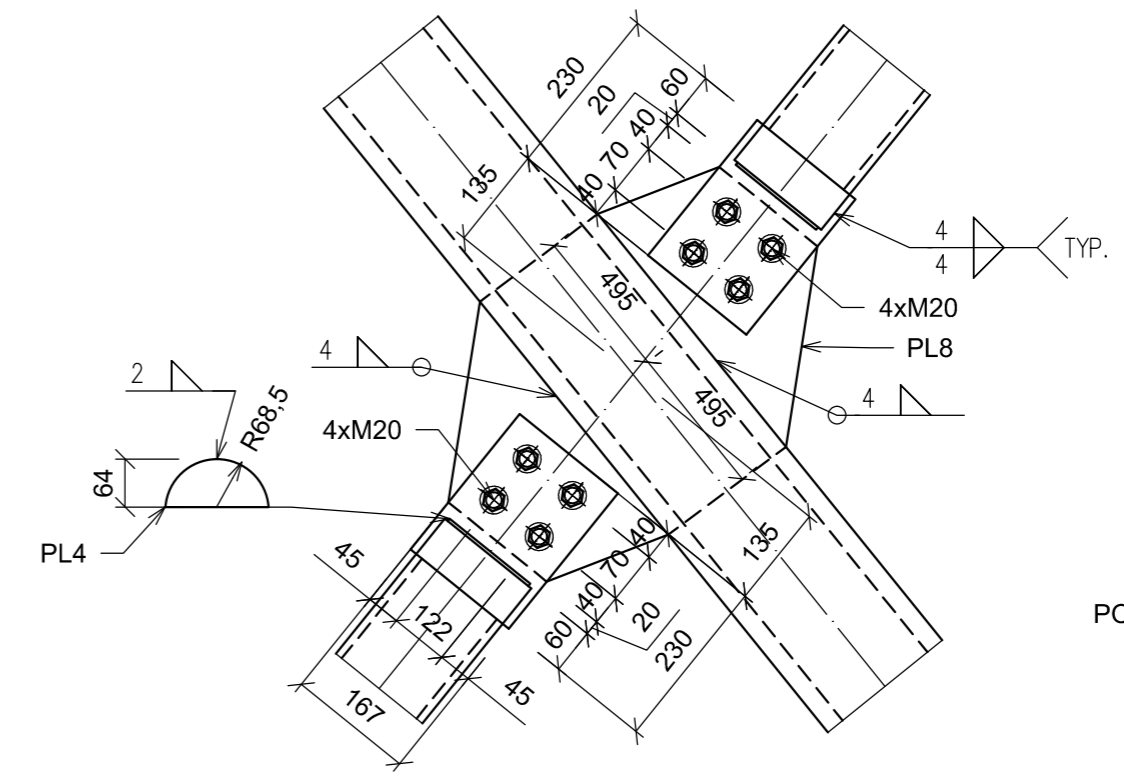


# ŘEZ 3-3 M1:25

# DETAIL E M1:10



# DETAIL F M1:10



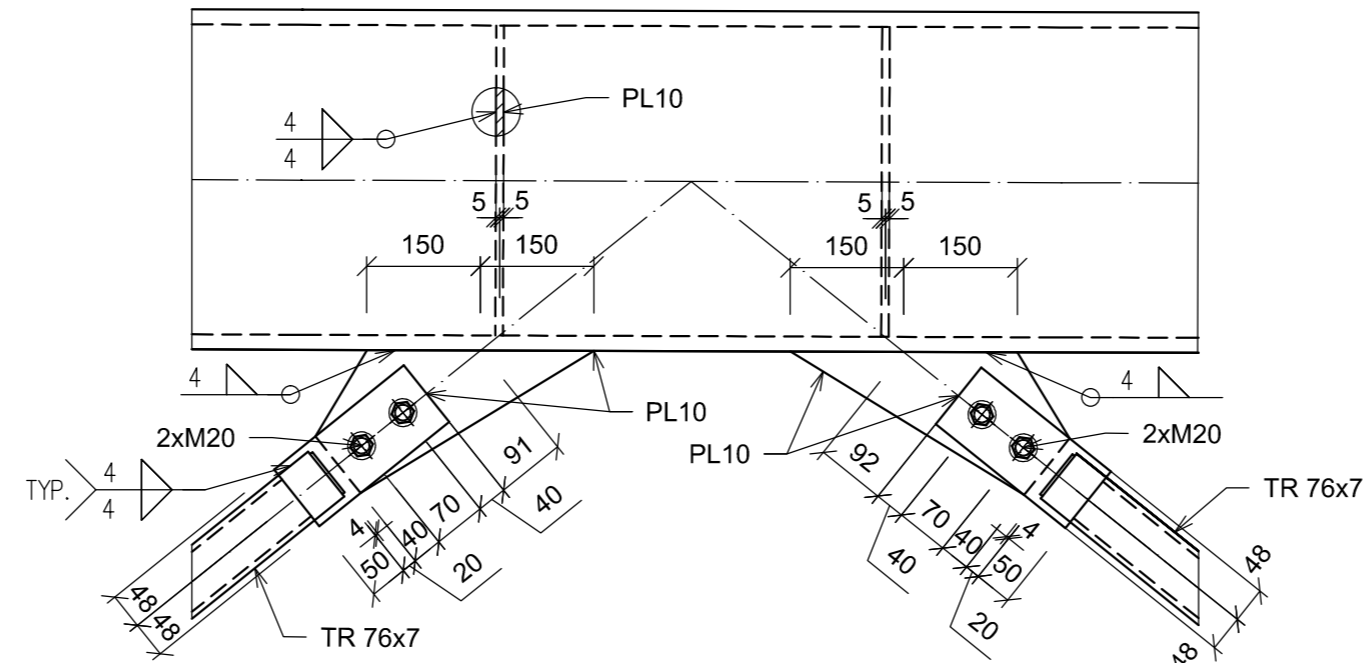
- POUŽITÉ MATERIÁLY:**  
 OCELOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE: S355 J2+N  
 BETONOVÁ DESKA MOSTOVKY: C30/37-XC4  
 ZÁKLADOVÝ BETON: C20/25  
 VÝZTUŽ: B500B  
 TRNY: S235 J2G3  
 PEVNOSTNÍ TRÍDA ŠROUBŮ: 5.6

POŽADAVEK NA KVALITU SVARŮ: B  
 TRÍDA PROVEDENÍ KONSTRUKCE: EXC3

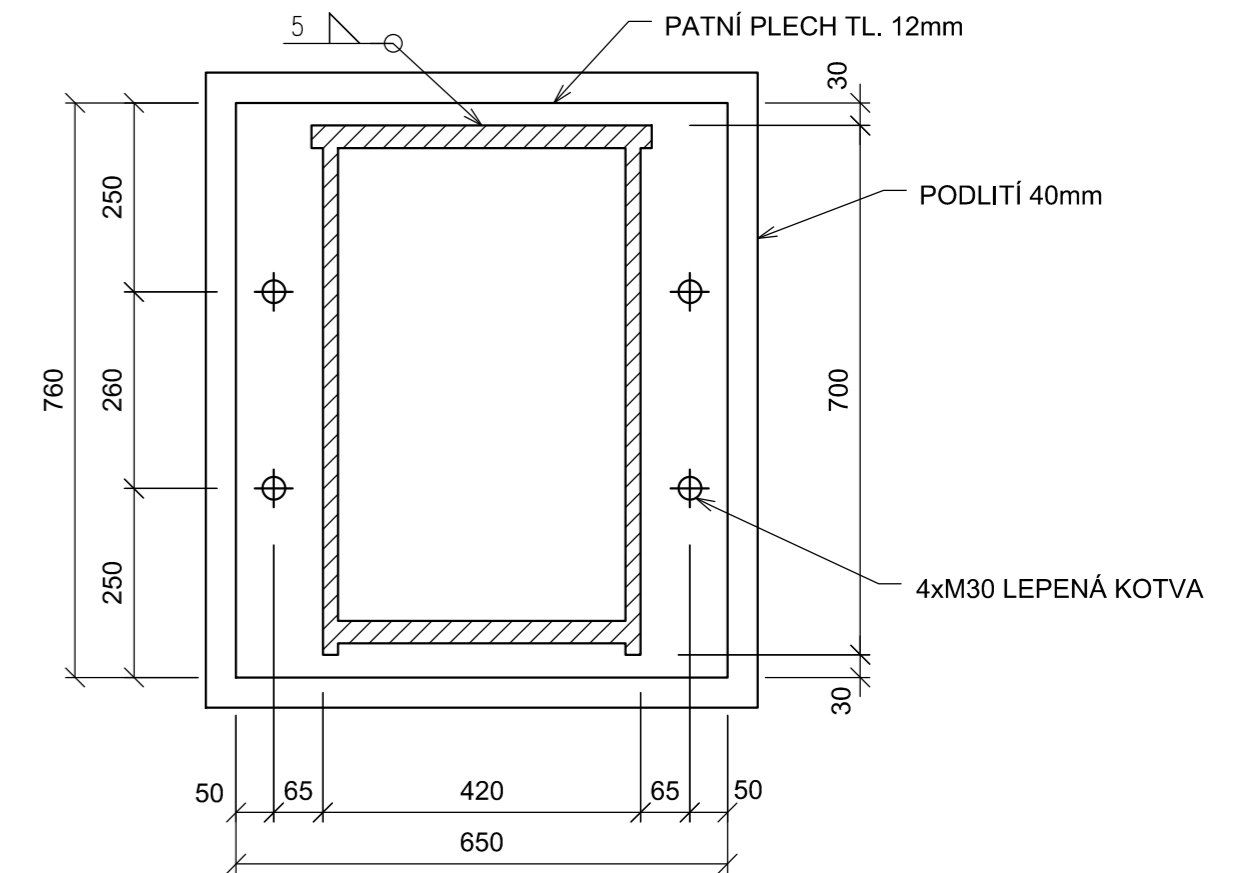
Katedra:	Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Akademický rok:	2015/2016		
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Michal Netušil, Ph.D.		
Vypracovala:	Kateřina Soukupová		
Oblouková lávka přes Bečvu v Přerově			
Výkres:	ŘEZ 3-3		
Měřítko:	1:25	Č. přílohy	D.5
Formát:	A2	Vedlejší měř.:	1:10
Datum:	7.5.2016		



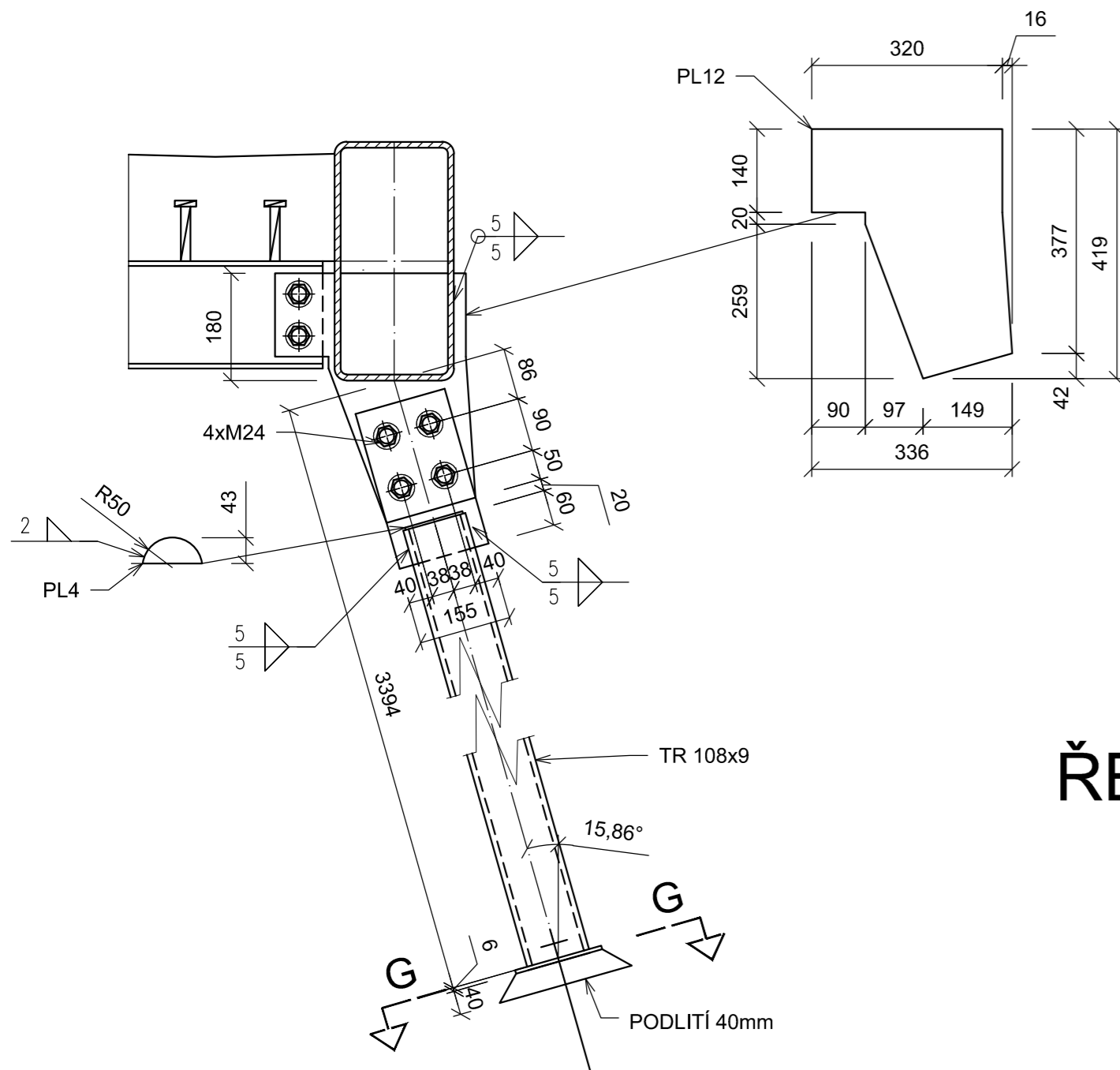
### DETAIL 6 M1:10



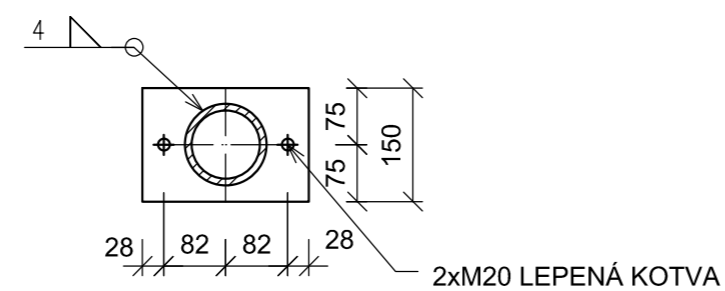
### ŘEZ 5-5 M1:10



### ŘEZ 4-4 M1:10



### ŘEZ G-G M1:10



**POUŽITÉ MATERIÁLY:**  
 OCELOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE: S355 J2+N  
 BETONOVÁ DESKA MOSTOVKY: C30/37-XC4  
 ZÁKLADOVÝ BETON: C20/25  
 VÝZTUŽ: B500B  
 TRNY: S235 J2G3  
 PEVNOSTNÍ TŘÍDA ŠROUBŮ: 5.6

**POŽADAVEK NA KVALITU SVARŮ: B**  
**TŘÍDA PROVEDENÍ KONSTRUKCE: EXC3**

Katedra:	Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Akademický rok:	2015/2016		
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Michal Netušil, PhD.		
Vypracovala:	Kateřina Soukupová		
<b>Oblouková lávka přes Bečvu v Přerově</b>			
Výkres:	ŘEZ 4-4, ŘEZ 5-5, DETAIL 6		
	Měřítko: 1:10	Č. přílohy D.6	Formát: 3xA4
			Vedlejší měř.: -
			Datum: 7.5.2016

