

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



Bakalářská práce

Jakub KONVIČKA

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Dřevěná lávka přes Studenou Vltavu

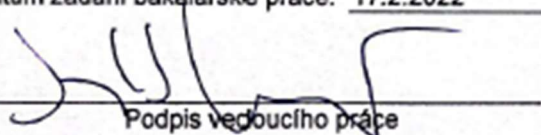

<i>Vedoucí bakalářské práce:</i>	doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš, IWE
<i>Autor bakalářské práce:</i>	Jakub Konvička
<i>Studijní obor:</i>	Konstrukce a dopravní stavby
<i>Forma studia:</i>	prezenční
<i>Bakalářská práce dokončena:</i>	květen 2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

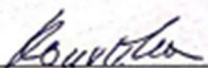
I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Konvička</u>	Jméno: <u>Jakub</u>	Osobní číslo: <u>484609</u>
Zadávací katedra: <u>K134</u>		
Studijní program: <u>SI</u>		
Studijní obor: <u>K</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Dřevěná lávka přes Studenou Vltavu</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Timber Footbridge over Studená Vltava</u>	
Pokyny pro vypracování: Vypracujte dispoziční návrh, statický výpočet hlavních nosných prvků a hlavních detailů, technickou zprávu, dispoziční výkresy, výkresy hlavních detailů.	
Seznam doporučené literatury: Normy řady ČSN EN.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš, IWE</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>17.2.2022</u>	Termín odevzdání BP v IS KOS: <u>15.5.2022</u> <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>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“.</i>	
<u>17.2.2022</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci *Dřevěná lávka přes Studenou Vltavu* vypracoval samostatně pod odborným vedením doc. Dr. Ing. Jakuba Dolejše, IWE.

Jakub Konvička

Praha, květen 2022

PODĚKOVÁNÍ:

Na tomto místě bych chtěl poděkovat doc. Dr. Ing. Jakubu Dolejšovi za trpělivý přístup a odborné vedení mé práce.

ANOTACE:

Předmětem bakalářské práce byl alternativní návrh a posouzení nové dřevěné lávky pro pěší a cyklistickou dopravu. Předložený návrh byl stávající lávkou inspirován, byl však rozšířen průchozí prostor a byl minimalizován počet ocelových prvků v konstrukci.

Veškeré výpočty byly provedeny v programu Dlubal RFEM

ANOTATION:

The subject of the bachelor thesis was an alternative design of a new timber footbridge for pedestrian and bicycle traffic. The presented design was inspired by the existing footbridge, but the through space was widened and the number of steel elements in the structure was minimized.

All calculations were performed in Dlubal RFEM

KLÍČOVÁ SLOVA:

Lávka pro pěší a cyklisty, statický výpočet, dřevěné konstrukce, ocelové konstrukce

KEYWORDS:

Footbridge for cycling and pedestrian traffic, static calculation, timber structures, steel structures

PRŮVODNÍ ČÁST:

Cílem této práce bylo navrhnout na zadaném místě alternativní konstrukční řešení stávající jednoplošné obloukové lávky přes Studenou Vltavu v rozpětí 36,0 m, které bude mít alespoň 3,0 m šířky volného průchozího prostoru, neboť současná šířka byla vyhodnocena jako nedostačující pro např. míjení se cyklistů.

TECHNICKÁ ČÁST:

Technické parametry:

Předložený návrh působí ze statického hlediska jako tlačенý oblouk, který je ve své rovině z obou stran vetknut do táhla. Oblouk má tvar kružnice o poloměru 27,285 m, jeho délka je 39,375 m a jeho vzepětí dosahuje 6,750 m. Táhlo má celkovou délku 36,45m.

Hlavním nosným prvkem jsou dva oblouky a dvě hlavní táhla z lepeného lamelového dřeva, které jsou spojeny pomocí středního plechu a šikmých závěsů, které jsou připevněny pomocí zaříznutých plechů, a jsou uloženy na elastomerových kotvených ložiskách. K hlavním táhlům jsou pomocí svařenců a svorníků připevněny dřevěné příčnické a spodní ztužidla. Na příčnicích jsou jako dvouplošné spojitě nosníky připojeny dřevěné podélníky a na nich pochozí fošny. K obloukům jsou pomocí čelních plechů a svorníků připevněny horní ocelové příčnické, jakožto prvky horní ztužující příhrady, jež jsou propojeny šikmými ztužidly.

Osová vzdálenost oblouků je 3,78m, volný vnitřní prostor je 3,54m, mezi madly 3,34m. Výška madel zábradlí je 1,3m od pochozí části mostovky.

Z hlediska umístění se jedná o oblouk se spodní, klasickou, mostovkou, tedy příčnick, podélník a deska.

Po celé délce je provedeno spodní ztužení pomocí ocelových táhel, zajišťujících geometrii konstrukce a přenos vodorovných sil a sil od zatížení větrem. Po střední části lávky je provedeno horní ztužení pomocí kruhových a obdélníkových trubek, zajišťující stabilitu oblouku.

Přejezdu motorového vozidla bude zabráněno sloupkem na začátku lávky.

Postup montáže:

Nejdříve bude nutno rozšířit stávající spodní stavbu do potřebné šířky dle parametrů ve výkresové části, tedy rozšíření základů a opěry a vytvoření nových kotvicích bloků pro elastomerová ložiska.

Na upravenou spodní stavbu bude osazena nová látka, která byla ve výrobě zhotovena ve dvou polovičních částech, naložena na podvalník a dovezena na místo určení.

Na místě bude zkompletována pomocí montážních styků a pomocí těžké techniky, lan a montážních úchytů nadzvednuta, uložena na ložiska a zajištěna kotevními šrouby.

Veškeré úkony budou geodeticky zaměřovány, kvůli zajištění správnosti výstavby.

Na závěr budou provedeny zatěžovací zkoušky a kontrola spávnosti provedení konstrukčních detailů.

STATICKÝ VÝPOČET



OBSAH

1.	POUŽITÉ NORMY	5
2.	POPIS OBJEKTU	6
2.1	Identifikační údaje	6
2.2	Základní údaje o lávce	6
3.	NÁVRH HLAVNÍCH NOSNÝCH PRVKŮ	7
3.1	Dřevěné prvky	7
3.2	Ocelové prvky	11
4.	ZATÍŽENÍ	13
4.1	Stálé zatížení	13
4.2	Proměnné zatížení	13
4.2.1	Vítr	13
4.2.2	Sníh	14
4.2.3	Modely zatížení lávek: (ČSN EN 1991-2)	15
4.2.3.1	Rovnoměrné zatížení	15
4.2.3.2	Soustředěné zatížení	16
4.2.3.3	Mimořádné zatížení přejezdem obslužného vozidla	16
4.2.4	Zatížení teplotou	16
4.3	Kombinace zatížení	17
5.	POSOUZENÍ DŘEVĚNÝCH PRVKŮ	18
5.1	Fošna	18
5.1.1	Posouzení na ohyb	19
5.1.2	Posouzení na smyk	19
5.2	Podélník	20
5.2.1	Průběhy vnitřních sil	20
5.2.2	Posouzení na MSÚ	21
5.2.2.1	Posouzení na dvouosý tah a tlak	21
5.2.2.2	Posouzení na smyk	22
5.2.3	Posouzení na MSP	23
5.2.3.1	Okamžitý průhyb	23
5.2.3.2	Konečný průhyb	23
5.3	Příčník v poli	24
5.3.1	Průběhy vnitřních sil	24
5.3.2	Posouzení na MSÚ	25
5.3.2.1	Posouzení na dvouosý ohyb a tlak	25



5.3.2.2	Posouzení na smyk	26
5.3.3	Posouzení v MSP	27
5.3.3.1	Okamžitý průhyb	27
5.3.3.2	Konečný průhyb	27
5.4	Koncový příčník	28
5.4.1	Průběhy vnitřních sil	28
5.4.2	Posouzení na MSÚ	29
5.4.2.1	Posouzení na ohyb	29
5.4.2.2	Posouzení na smyk	30
5.4.3	Posouzení na MSP	31
5.4.3.1	Okamžitý průhyb	31
5.4.3.2	Konečný průhyb	31
5.5	Hlavní táhlo	32
5.5.1	Průběhy vnitřních sil	32
5.5.2	Posouzení na MSÚ	33
5.5.2.1	Posouzení na ohyb	33
5.5.2.2	Posouzení na smyk	34
5.5.2.3	Posouzení na kombinace smyku a kroucení	34
5.5.3	Průhyb	35
5.5.4	Posouzení v MSP	36
5.5.4.1	Okamžitý průhyb	36
5.5.4.2	Konečný průhyb	36
5.6	Oblouk	38
5.6.1	Průběhy vnitřních sil na levém oblouku	38
5.6.2	Průběhy vnitřních sil na pravém oblouku	41
5.6.3	Posouzení v MSÚ	44
5.6.3.1	Posouzení na dvouosý ohyb a tlak	44
5.6.3.2	Posouzení na příčný tah a smyk	45
5.6.3.3	Posouzení na kombinaci smyku a kroucení	46
5.6.3.4	Posouzení na vzpěr v rovině oblouku	47
5.6.3.5	Posouzení na kombinaci dvouosého ohybu, tlaku a vzpěru	48
5.6.4	Průhyb	49
5.6.5	Posouzení v MSP	50
5.6.5.1	Okamžitý průhyb	50
5.6.5.2	Konečný průhyb	50
6.	POSOUZENÍ OCELOVÝCH PRVKŮ	52
6.1	Závěsy	52



6.1.1	Posouzení na MSÚ	52
6.1.1.1	Posouzení na tah	52
6.2	Šikmá horní ztužidla	53
6.2.1	Posouzení na MSÚ	53
6.2.1.1	Posouzení na tah	53
6.3	Šikmá spodní ztužidla	54
6.3.1	Posouzení na MSÚ	54
6.3.1.1	Posouzení na tah	54
6.4	Svislice horního ztužení	55
6.4.1	Posouzení na MSÚ	55
6.4.1.1	Posouzení na vzpěr	55
6.5	Krajní svislice horního ztužení	57
6.5.1	Průběhy vnitřních sil	57
6.5.2	Posouzení na MSÚ	58
6.5.2.1	Posouzení na dvouosý ohyb a tah	58
6.5.2.2	Posouzení na smyk v ose z	59
6.5.2.3	Posouzení na vzpěr	60
7.	NÁVRH HLAVNÍCH DETAILŮ	61
7.1	Spoj oblouku a hlavního táhla	61
7.1.1	Posouzení v místě oblouku	61
7.1.1.1	Posouzení na stříh	61
7.1.2	Posouzení v místě táhla	63
7.1.2.1	Posouzení na stříh	63
7.2	Přípoj závěsu	65
7.2.1	Posouzení otláčení dřeva	65
7.3	Přípoj příčnicku	66
7.3.1	Posouzení na stříh	66
7.4	Přípoj koncového příčnicku	67
7.4.1	Přípoj svařence k hlavnímu táhlu	67
7.4.1.1	Posouzení na přetržení svorníku	68
7.4.1.2	Posouzení na zatlačení podložky	68
7.4.1.3	Posouzení na stříh	68
7.4.1.4	Posouzení na kombinaci tahu a stříhu	69
7.4.2	Přípoj příčnicku ke svařenci	69
7.4.2.1	Posouzení na stříh	69
7.5	Přípoj vnitřní svislice horního ztužení	71
7.5.1	Posouzení svorníků ve stříhu	71



7.5.2	Posouzení na otláčení dřeva	72
7.6	Přípoj krajní svislíce horního ztužení	73
7.6.1	Posouzení na přetržení svorníku	74
7.6.2	Posouzení na zatlačení podložky	74
7.6.3	Posouzení přípoje na střih	74
7.6.4	Posouzení na kombinaci tahu a střihu	75
8.	NÁVRH LOŽISEK	76
8.1	Návrh pevného ložiska	76
8.2	Návrh podélně posuvného ložiska	77
8.3	Schéma rozmístění ložisek	77
9.	ZÁVĚR	78
10.	SEZNAM OBRÁZKŮ	79
11.	SEZNAM TABULEK	81
12.	SEZNAM PŘÍLOH	82



1. POUŽITÉ NORMY

Při návrhu lávky se vycházelo z technických norem řady ČSN EN.

- [1] ČSN EN 1995-1-1, Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [2] ČSN EN 1995-2, Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 2: Mosty
- [3] ČSN EN 1993-1-1, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [4] ČSN EN 1990, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [5] ČSN EN 1991-2, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou
- [6] ČSN EN 1991-1-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- [7] ČSN EN 1991-1-4, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- [8] ČSN EN 1991-1-5, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou



2. POPIS OBJEKTU

2.1 Identifikační údaje

Název stavby:	Dřevěná lávka přes Studenou Vltavu pro pěší a cyklisty
Místo stavby:	Černý kříž, cyklostezka směr Dobrá
Cíl:	Projekt nové dřevěné lávky umožňující dopravu pěších a cyklistů
Investor:	Správa Národního parku a chráněné krajinné oblasti Šumava
Stupeň dokumentace:	DSP

2.2 Základní údaje o lávce

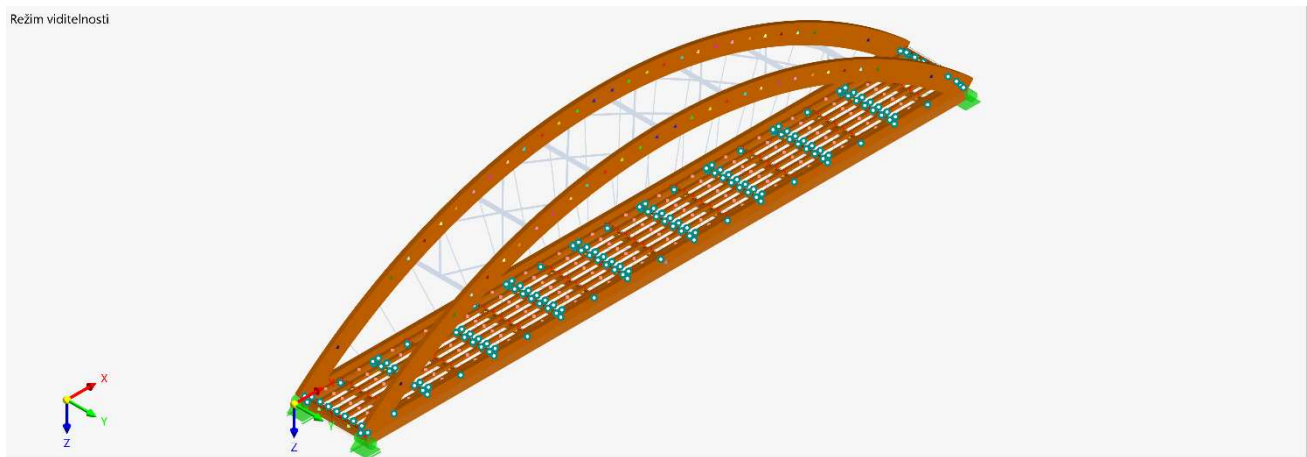
Volná šířka mezi madly zábradlí:	3,00 m
Šířka mezi hl. nosníky:	3,54 m
Křížení s překážkou:	59°
Délka lávky:	47,42 m
Délka NK:	36 m
Typ NK:	oblouk s dolní mostovkou
Rozpětí mostu:	36 m
Rozpětí oblouku:	36 m
Vzepětí oblouku:	6,75 m
Uložení na opěrách:	kolmé (90°)
Založení spodní stavby:	hlubinné
Přejezd vozidel záchranné služby:	Ne



3. NÁVRH HLAVNÍCH NOSNÝCH PRVKŮ

3.1 Dřevěné prvky

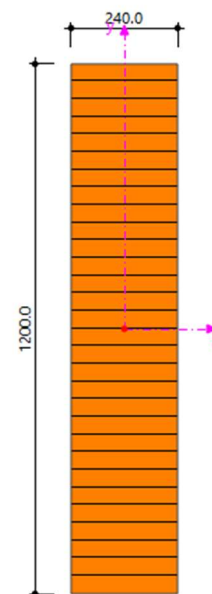
Obrázek 1 - znázornění dřevěných prvků lávky



Oblouk

- materiál: lepené lamelové dřevo GL32h
- charakteristické vlastnosti:
 - $k_{mod} = 0,7$ (třída provozu 3, krátkodobé zatížení)
 - $k_{def} = 2,0$ (třída provozu 3, krátkodobé zatížení)
 - $\gamma_M = 1,25$ (lepené lamelové dřevo)
 - $f_{m,k} = 32 \text{ MPa}$
 - $f_{t,0,k} = 25,60 \text{ MPa}$
 - $f_{t,90,k} = 0,50 \text{ MPa}$
 - $f_{c,0,k} = 32 \text{ MPa}$
 - $f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$
 - $f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$
 - $E_{0,mean} = 14\,200 \text{ MPa}$
 - $E_{0,05} = 11\,800 \text{ MPa}$
 - $E_{90,mean} = 250 \text{ MPa}$
 - $G_{mean} = 540 \text{ MPa}$
 - $\rho_k = 440 \text{ kg/m}^3$

Obrázek 2 - příčný řez obloukem

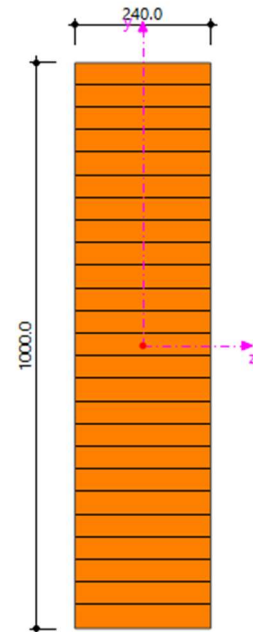




Hlavní táhlo

- materiál: lepené lamelové dřevo GL28h
- charakteristické vlastnosti:
 - $k_{mod} = 0,7$ (třída provozu 3, krátkodobé zatížení)
 - $k_{def} = 2,0$ (třída provozu 3, krátkodobé zatížení)
 - $\gamma_M = 1,25$ (lepené lamelové dřevo)
 - $f_{m,k} = 28$ MPa
 - $f_{t,0,k} = 16,5$ MPa
 - $f_{t,90,k} = 0,40$ MPa
 - $f_{c,0,k} = 24$ MPa
 - $f_{c,90,k} = 2,7$ MPa
 - $f_{v,k} = 2,7$ MPa
 - $E_{0,mean} = 12\ 600$ MPa
 - $E_{0,05} = 10\ 200$ MPa
 - $E_{90,mean} =$ MPa
 - $G_{mean} = 720$ MPa
 - $\rho_k = 380$ kg/m³

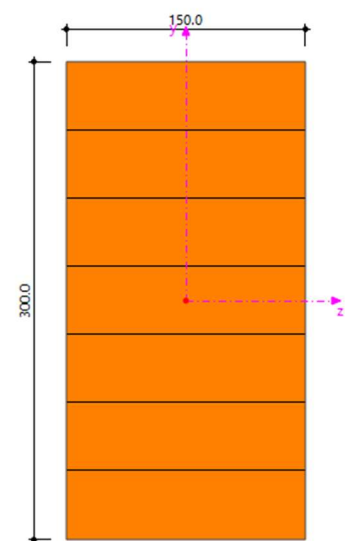
Obrázek 3 - příčný řez hlavním táhlem



Příčník

- materiál: lepené lamelové dřevo GL28h
- charakteristické vlastnosti:
 - $k_{mod} = 0,7$ (třída provozu 3, krátkodobé zatížení)
 - $k_{def} = 2,0$ (třída provozu 3, krátkodobé zatížení)
 - $\gamma_M = 1,25$ (lepené lamelové dřevo)
 - $f_{m,k} = 28$ MPa
 - $f_{t,0,k} = 16,5$ MPa
 - $f_{t,90,k} = 0,40$ MPa
 - $f_{c,0,k} = 24$ MPa
 - $f_{c,90,k} = 2,7$ MPa
 - $f_{v,k} = 2,7$ MPa
 - $E_{0,mean} = 12\ 600$ MPa
 - $E_{0,05} = 10\ 200$ MPa
 - $E_{90,mean} =$ MPa
 - $G_{mean} = 720$ MPa
 - $\rho_k = 380$ kg/m³

Obrázek 4 - příčný řez příčnickem

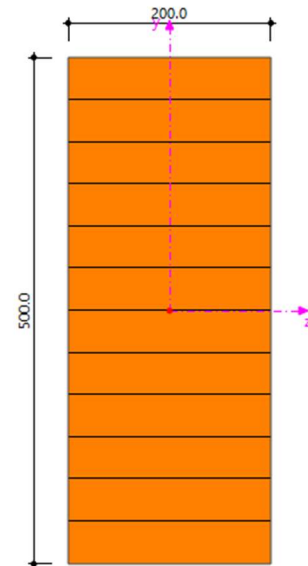




Koncový příčník

- materiál: lepené lamelové dřevo GL28h
- charakteristické vlastnosti:
 - $k_{\text{mod}} = 0,7$ (třída provozu 3, krátkodobé zatížení)
 - $k_{\text{def}} = 2,0$ (třída provozu 3, krátkodobé zatížení)
 - $\gamma_M = 1,25$ (lepené lamelové dřevo)
 - $f_{m,k} = 28 \text{ MPa}$
 - $f_{t,0,k} = 16,5 \text{ MPa}$
 - $f_{t,90,k} = 0,40 \text{ MPa}$
 - $f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$
 - $f_{c,90,k} = 2,7 \text{ MPa}$
 - $f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$
 - $E_{0,\text{mean}} = 12\,600 \text{ MPa}$
 - $E_{0,05} = 10\,200 \text{ MPa}$
 - $E_{90,\text{mean}} = \text{MPa}$
 - $G_{\text{mean}} = 720 \text{ MPa}$
 - $\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$

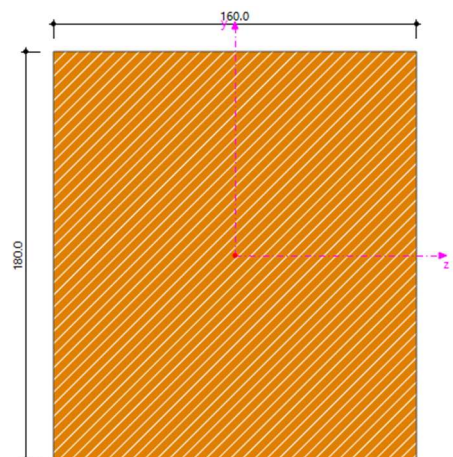
Obrázek 5 - příčný řez koncovým příčníkem



Podélník

- materiál: rostlé dřevo C24
- charakteristické vlastnosti:
 - $k_{\text{mod}} = 0,7$ (třída provozu 3, krátkodobé zatížení)
 - $k_{\text{def}} = 2,0$ (třída provozu 3, krátkodobé zatížení)
 - $\gamma_M = 1,25$ (lepené lamelové dřevo)
 - $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$
 - $f_{t,0,k} = 14,5 \text{ MPa}$
 - $f_{t,90,k} = 0,40 \text{ MPa}$
 - $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$
 - $f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$
 - $f_{v,k} = 4,0 \text{ MPa}$
 - $E_{0,\text{mean}} = 11\,000 \text{ MPa}$
 - $E_{0,05} = 7\,400 \text{ MPa}$
 - $E_{90,\text{mean}} = 247,9 \text{ MPa}$
 - $G_{\text{mean}} = 464,2 \text{ MPa}$
 - $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

Obrázek 6 - příčný řez podélníkem

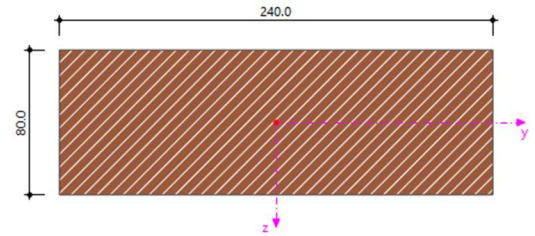




Fošna

- materiál: rostlé dřevo C24
- charakteristické vlastnosti:
 - $k_{\text{mod}} = 0,7$ (třída provozu 3, krátkodobé zatížení)
 - $k_{\text{def}} = 2,0$ (třída provozu 3, krátkodobé zatížení)
 - $\gamma_M = 1,3$ (rostlé dřevo)
 - $f_{m,k} = 30 \text{ MPa}$
 - $f_{t,0,k} = 18 \text{ MPa}$
 - $f_{t,90,k} = 0,60 \text{ MPa}$
 - $f_{c,0,k} = 24 \text{ MPa}$
 - $f_{c,90,k} = 5,3 \text{ MPa}$
 - $f_{v,k} = 4,0 \text{ MPa}$
 - $E_{0,\text{mean}} = 11\,000 \text{ MPa}$
 - $E_{0,05} = 9\,200 \text{ MPa}$
 - $E_{90,\text{mean}} = 730 \text{ MPa}$
 - $G_{\text{mean}} = 690 \text{ MPa}$
 - $\rho_k = 530 \text{ kg/m}^3$

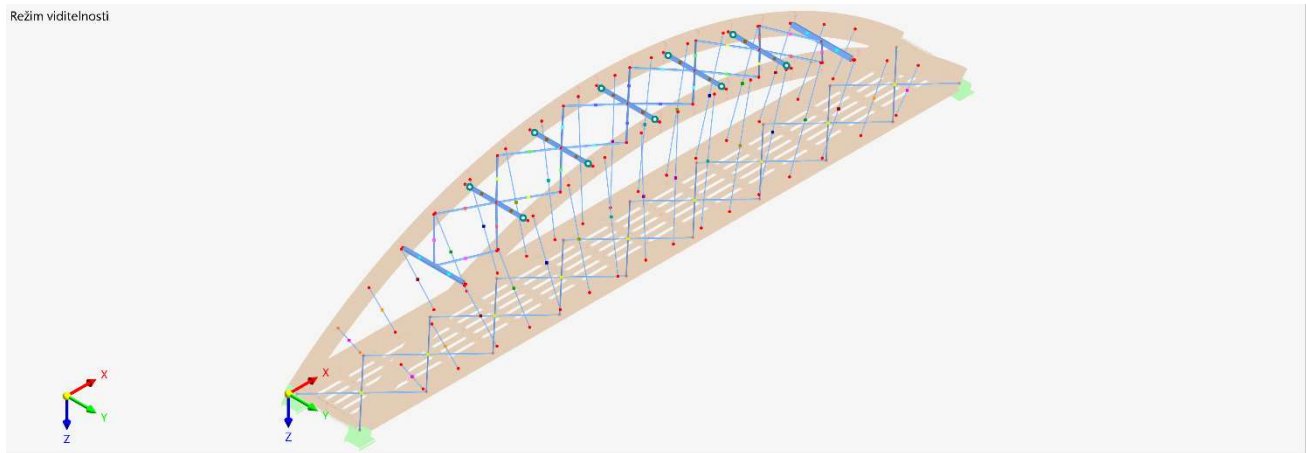
Obrázek 7 - příčný řez fošnou





3.2 Ocelové prvky

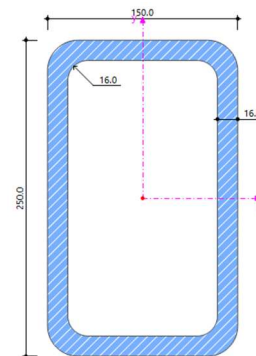
Obrázek 8 - znázornění ocelových prvků lávky



Svislice horního ztužení – obdélníková trubka 250 x 150 x 16 mm

- materiál: ocel S275
- charakteristické vlastnosti:
 - $E = 210\,000\text{ MPa}$
 - $G = 80\,769,2\text{ MPa}$
 - $\nu = 0,3$
 - $\gamma = 77,32\text{ kN/m}^3$
 - $\rho = 7850\text{ kg/m}^3$

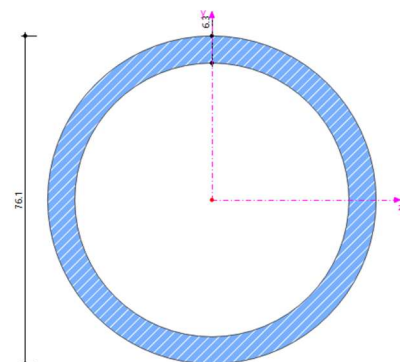
Obrázek 9 - příčný řez svislicí horního ztužení



Diagonála horního ztužení – kruhová trubka 76,1 x 6,3 mm

- materiál: ocel S235
- charakteristické vlastnosti:
 - $E = 210\,000\text{ MPa}$
 - $G = 80\,769,2\text{ MPa}$
 - $\nu = 0,3$
 - $\gamma = 77,32\text{ kN/m}^3$
 - $\rho = 7850\text{ kg/m}^3$

Obrázek 10 - příčný řez diagonálou horního ztužení

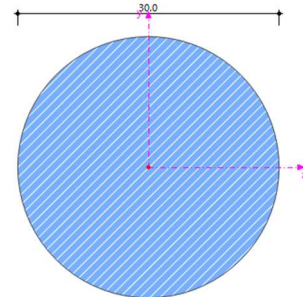




Dolní ztužidlo – tyč 30 mm

- materiál: ocel S235
- charakteristické vlastnosti:
 - $E = 210\,000\text{ MPa}$
 - $G = 80\,769,2\text{ MPa}$
 - $\nu = 0,3$
 - $\gamma = 77,32\text{ kN/m}^3$
 - $\rho = 7850\text{ kg/m}^3$

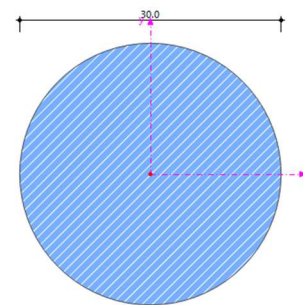
Obrázek 11 - příčný řez dolním ztužidlem



Závěsy – tyč 30mm

- materiál: ocel S235
- charakteristické vlastnosti:
 - $E = 210\,000\text{ MPa}$
 - $G = 80\,769,2\text{ MPa}$
 - $\nu = 0,3$
 - $\gamma = 77,32\text{ kN/m}^3$
 - $\rho = 7850\text{ kg/m}^3$

Obrázek 12 - příčný řez závěsem





4. ZATÍŽENÍ

4.1 Stálé zatížení

- Stálé zatížení bylo vygenerováno programem Dlubal RFEM

4.2 Proměnné zatížení

4.2.1 Vítr

$$v_b = v_{bo} = 25 \text{ m/s}$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2 = \frac{1}{2} 1,25 \cdot 25^2 = 390,6 \text{ N/m}^2$$

$$z_e = 10 \text{ m}$$

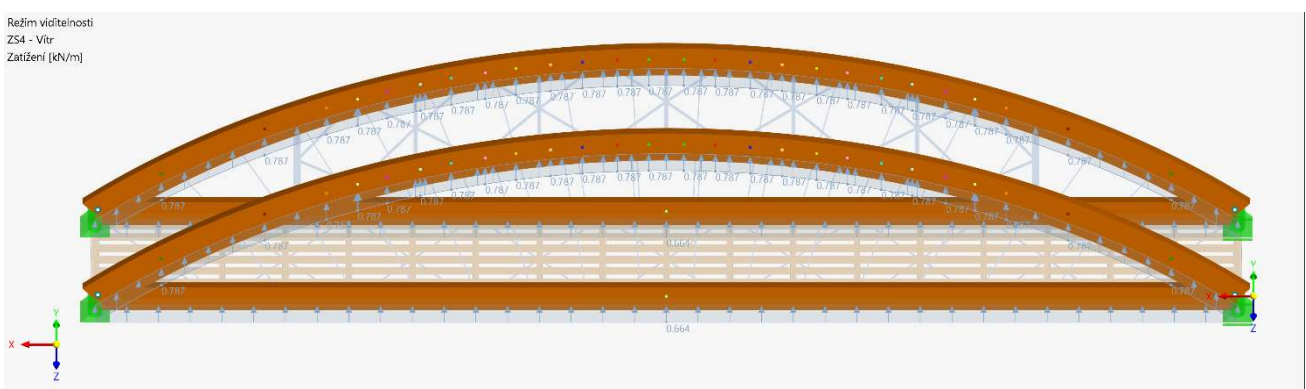
$$c_e(z) = 1,7 \text{ m (součinitel expozice pro kategorii terénu III a } z_e = 4,5\text{m)}$$

$$f_w = c_e(z) \cdot q_b = 1,7 \cdot 390,6 = 664,02 \text{ N/m}^2 \text{ (tlak větru ve výšce } z)$$

$$f_{oblouk} = f_w \cdot h_{oblouk} = 0,664 \cdot 1,2 = 0,797 \text{ kN/m (liniové zatížení)}$$

$$f_{táhlo} = f_w \cdot h_{táhlo} = 0,664 \cdot 1,0 = 0,664 \text{ kN/m (liniové zatížení)}$$

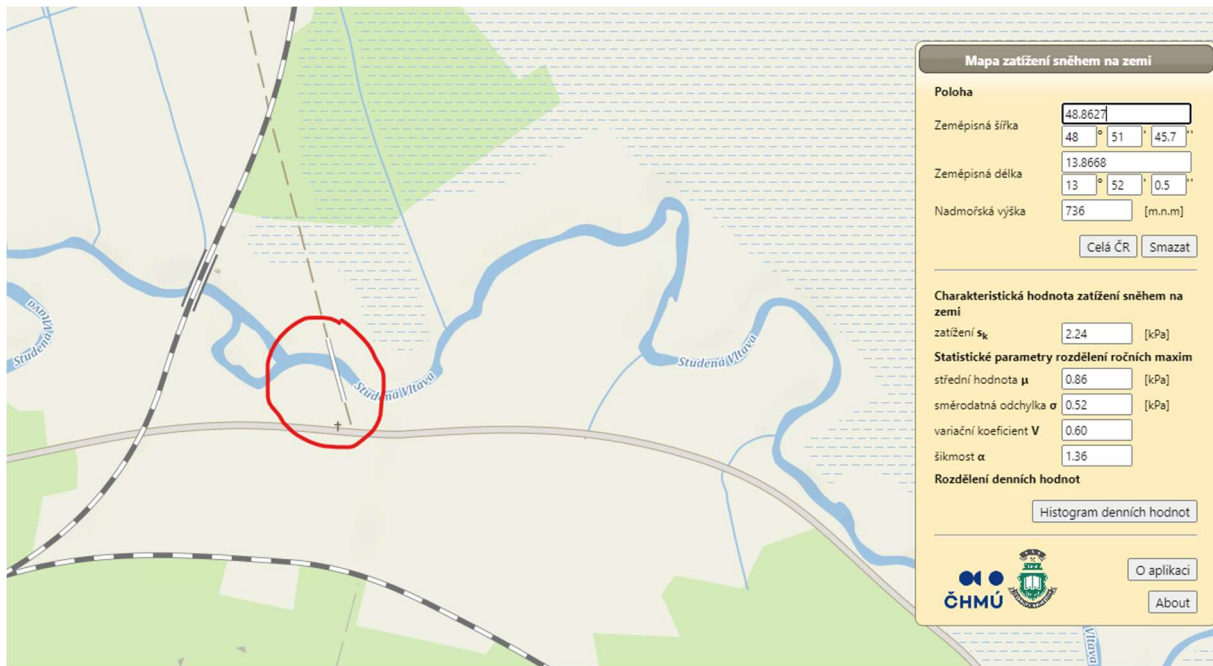
Obrázek 13 - Zatížení lávky větrem, charakteristická hodnota





4.2.2 Sníh

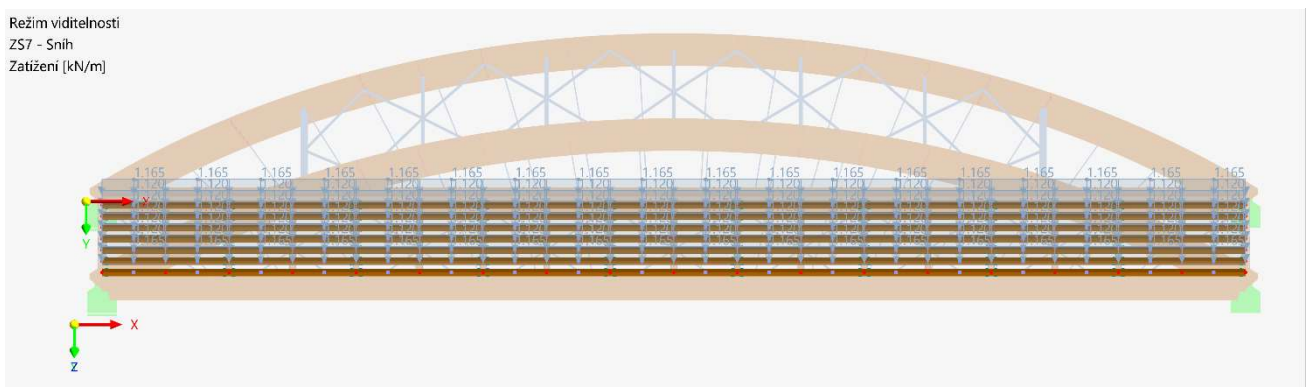
Obrázek 14 - výřez ze sněhové mapy



- umístění: Černý kříž na Šumavě
- sněhová oblast V.
- základní tíha sněhu $s_k = 2,24 \text{ kN/m}^2$
- součinitel expozice $C_e = 1,0$
- tepelný součinitel $C_t = 1,0$
- tvarový součinitel $\mu_1 = 1,0$

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,24 = 2,24 \text{ kN/m}^2$$

Obrázek 15 - zatížení lávky sněhem, charakteristická hodnota





4.2.3 Modely zatížení lávek: (ČSN EN 1991-2)

4.2.3.1 Rovnoměrné zatížení

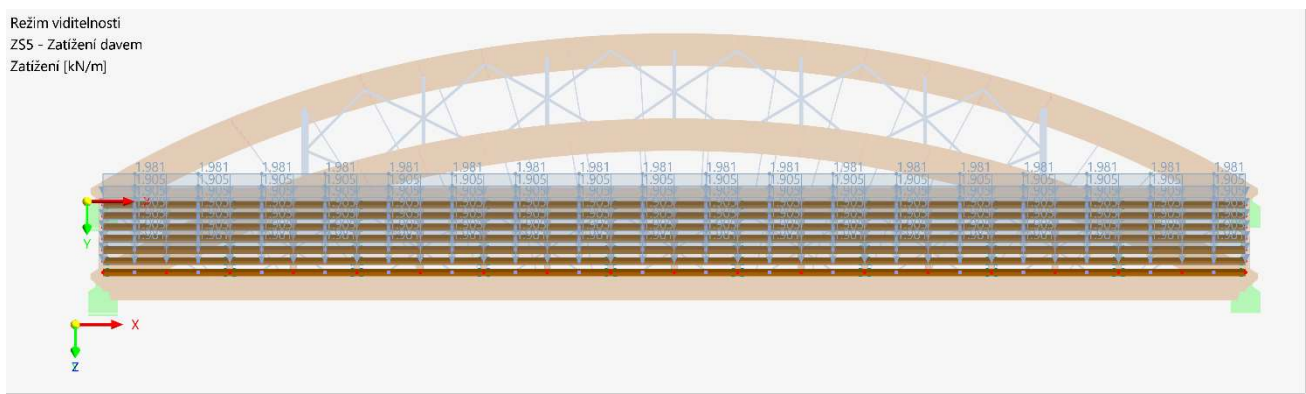
- uvažované hodnotou $q_{dk} = 5 \text{ kN/m}^2$, redukce pro zatěžující délku $L > 10\text{m}$ dle vzorce:

$$q_{fk} = 2 + \frac{120}{L + 30} \text{ kN/m}^2 ; 2,5 < q_{fk} < 5 \text{ kN/m}^2$$

- a) při zatížení celé lávky

$$q_{fk} = 2 + \frac{120}{36 + 30} = 3,81 \text{ kN/m}^2$$

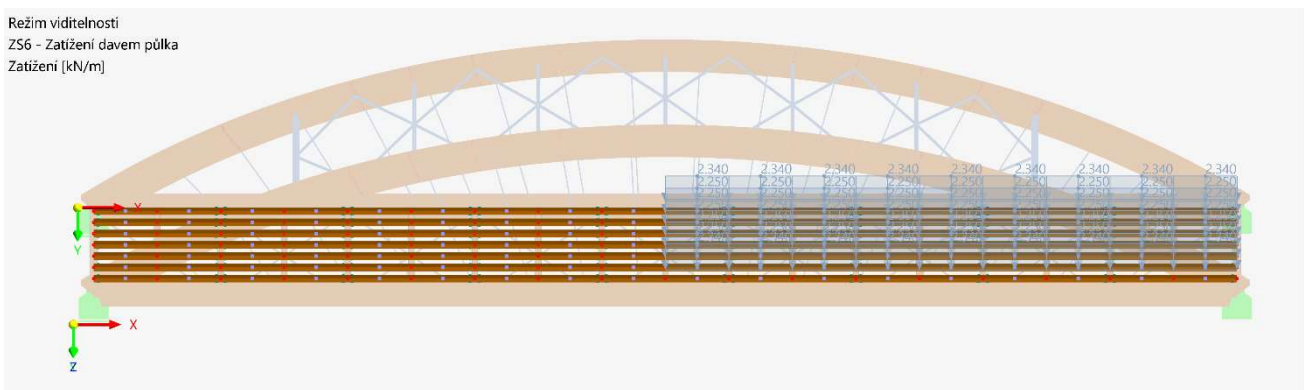
Obrázek 16 - zatížení lávky davem, charakteristická hodnota



- b) při zatížení poloviny lávky

$$q_{fk} = 2 + \frac{120}{18 + 30} = 4,5 \text{ kN/m}^2$$

Obrázek 17 - zatížení poloviny lávky davem, charakteristická hodnota





4.2.3.2 Soustředěné zatížení

– uvažované hodnotou $Q_{fwk} = 10$ kN, působící na ploše čtverce se stranou 0,1 m

4.2.3.3 Mimořádné zatížení přejezdem obslužného vozidla

– vzhledem k dopravní nedostupnosti pro motorová vozidla nebude toto zatížení uvažováno

4.2.4 Zatížení teplotou

- Zatížení teplotou bylo vygenerováno programem Dlubal RFEM, maximální teplotní rozdíl byl uvažován $\Delta T = 50^\circ\text{C}$



4.3 Kombinace zatížení

- Byly sestaveny kombinace zatížení dle ČSN EN 1990, rovnice 6.10 a tabulky A2.2
- Všechny kombinace jsou uvažovány dvakrát – jednou je uvažováno zatížení davem celé lávky a jednou zatížení davem poloviny lávky

Rovnice 6.10

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

Tabulka 1 - Tabulka A2.2

Zatížení	Značka	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Zatížení dopravou	gr1	0,40	0,40	0
	$Q_{fw,k}$	0	0	0
	gr2	0	0	0
Zatížení větrem	$F_{w,k}$	0,3	0,2	0
Zatížení teplotou	T_k	0,6 ¹⁾	0,6	0,5
Zatížení sněhem	$Q_{Sn,k}$ (během provádění)	0,8	-	0
Staveništní zatížení	Q_c	1,0	-	1,0

¹⁾ Doporučenou hodnotu ψ_0 pro zatížení teplotou lze ve většině případů snížit až na nulu pro mezní stavy únosnosti EQU, STR a GEO. Viz také Eurokódy pro navrhování.

Tabulka 2 - Kombinace součinitelů zatížení pro MSÚ

Kombinace MSÚ	stálé + vlastní tíha		zatížení davem		vítr		sněh		teplota	
	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ
Kombinace 6.10 - dominantní chodci	1,35	-	1,35	1	1,5	0,3	1,5	0	1,5	0,6
Kombinace 6.10 - dominantní vítr	1,35	-	1,35	0,4	1,5	1	1,5	0	1,5	0,6
Kombinace 6.10 - dominantní sněh	1,35	-	1,35	0	1,5	0,3	1,5	1	1,5	0,6
Kombinace 6.10 - dominantní teplota	1,35	-	1,35	0,4	1,5	0,3	1,5	0	1,5	1

T

Tabulka 3 - Kombinace součinitelů zatížení pro MSP

Kombinace MSP	stálé + vlastní tíha		zatížení davem		vítr		sněh		teplota	
	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ
Chodci - Charakteristická	1,0	-	1,0	1	1,0	0,3	1,0	0	1,0	0,6
Chodci - Častá	1,0	-	1,0	0,4	1,0	0	1,0	0	1,0	0,5
Vítr - Charakteristická	1,0	-	1,0	0,4	1,0	1	1,0	0	1,0	0,6
Vítr - Častá	1,0	-	1,0	0	1,0	0,2	1,0	0	1,0	0,5
Sněh - Charakteristická	1,0	-	1,0	0	1,0	0,3	1,0	1	1,0	0,6
Sněh - Častá	1,0	-	1,0	0	1,0	0	1,0	0	1,0	0,5
Teplota - Charakteristická	1,0	-	1,0	0,4	1,0	0,3	1,0	0	1,0	1
Teplota - Častá	1,0	-	1,0	0	1,0	0	1,0	0	1,0	0,6
Kvazistálá	1,0	-	1,0	0	1,0	0	1,0	0	1,0	0,5

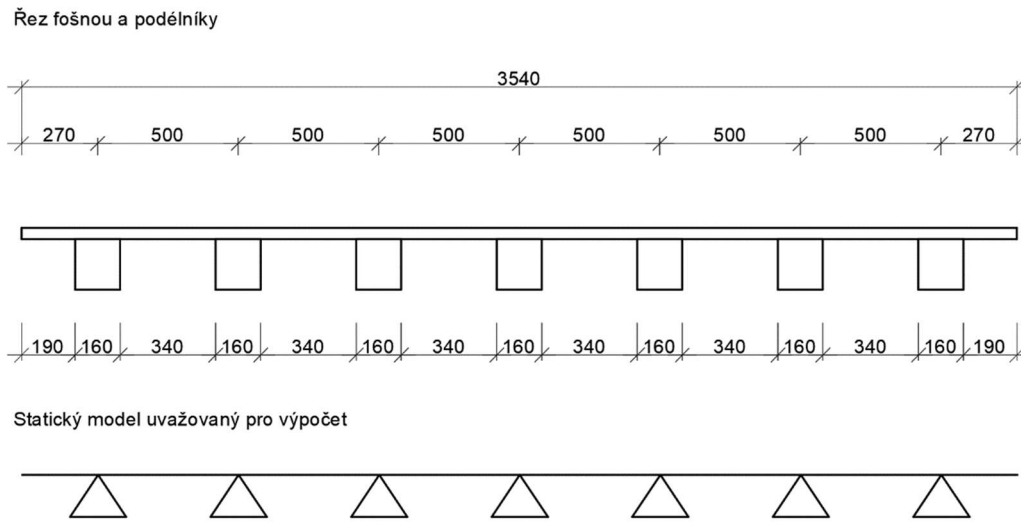


5. POSOUZENÍ DŘEVĚNÝCH PRVKŮ

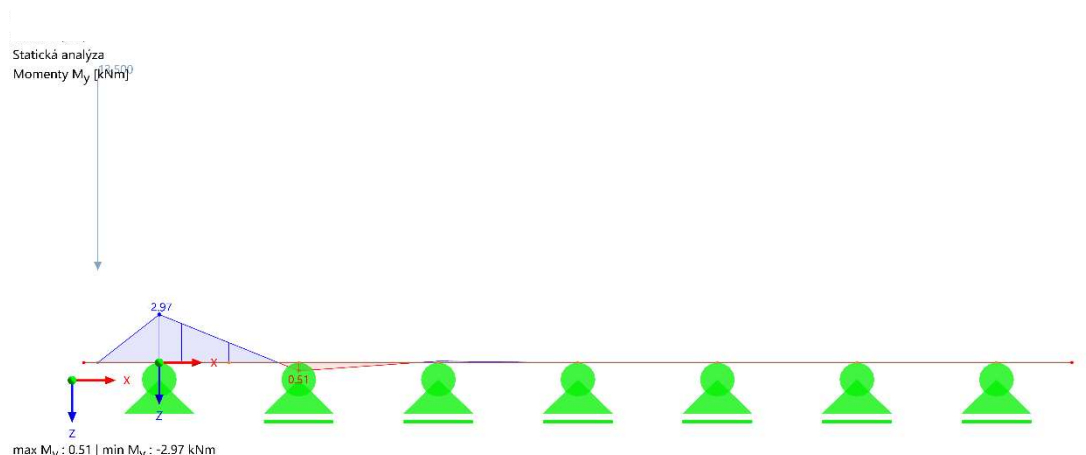
5.1 Fošna

- fošna je navržena z dubového dřeva třídy D30 o rozměrech 240 x 60 x 3000 mm, na pochozí straně je provedeno drážkování zvyšující drsnost proti uklouznutí a zlepšení protismykových vlastností
- pro posouzení fošny bude uvažován statický model dle Obr. 18 který jsme zjednodušili uvážením kloubových podpor do os podélníků

Obrázek 18 - příčný řez a statické schéma fošny

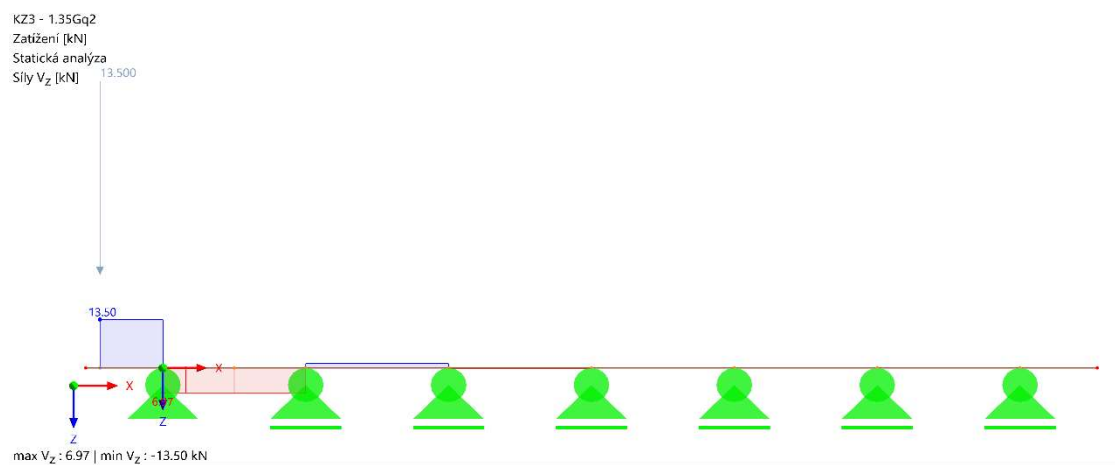


Obrázek 19 - průběh M_{Ed} na fošně, návrhové hodnoty





Obrázek 20 - průběh V_{Ed} na fošně, návrhové hodnoty



5.1.1 Posouzení na ohyb

$$M_{Ed} = 2,95 \text{ kNm} = 2,95 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$W = 256\,000 \text{ mm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{30}{1,3} = 16,15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{Ed}}{W} = \frac{2,97}{2,56 \cdot 10^{-4}} = 11602,56 \text{ kPa} = 11,60 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = 11,60 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 16,15$$

VYHOVUJE

5.1.2 Posouzení na smyk

$$V_{Ed} = 13,5 \text{ kNm} = 13,5 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{4,0}{1,3} = 2,15 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xz} = \frac{V_{Ed} \cdot S_y}{b \cdot I_y} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed}}{b \cdot h} = \frac{3}{2} \cdot \frac{13,5}{0,24 \cdot 0,08} = 1,055 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xz,d} = \frac{\tau_{xy}}{k_{cr}} = \frac{1,055}{0,67} = 1,575 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xz,d} = 1,575 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,150 \text{ MPa}$$

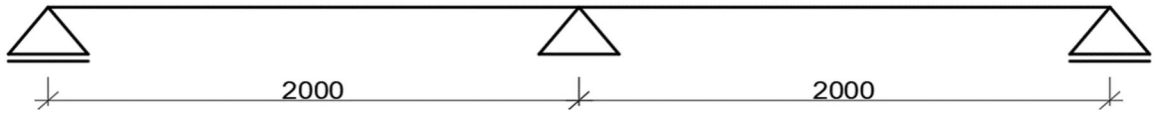
VYHOVUJE



5.2 Podélník

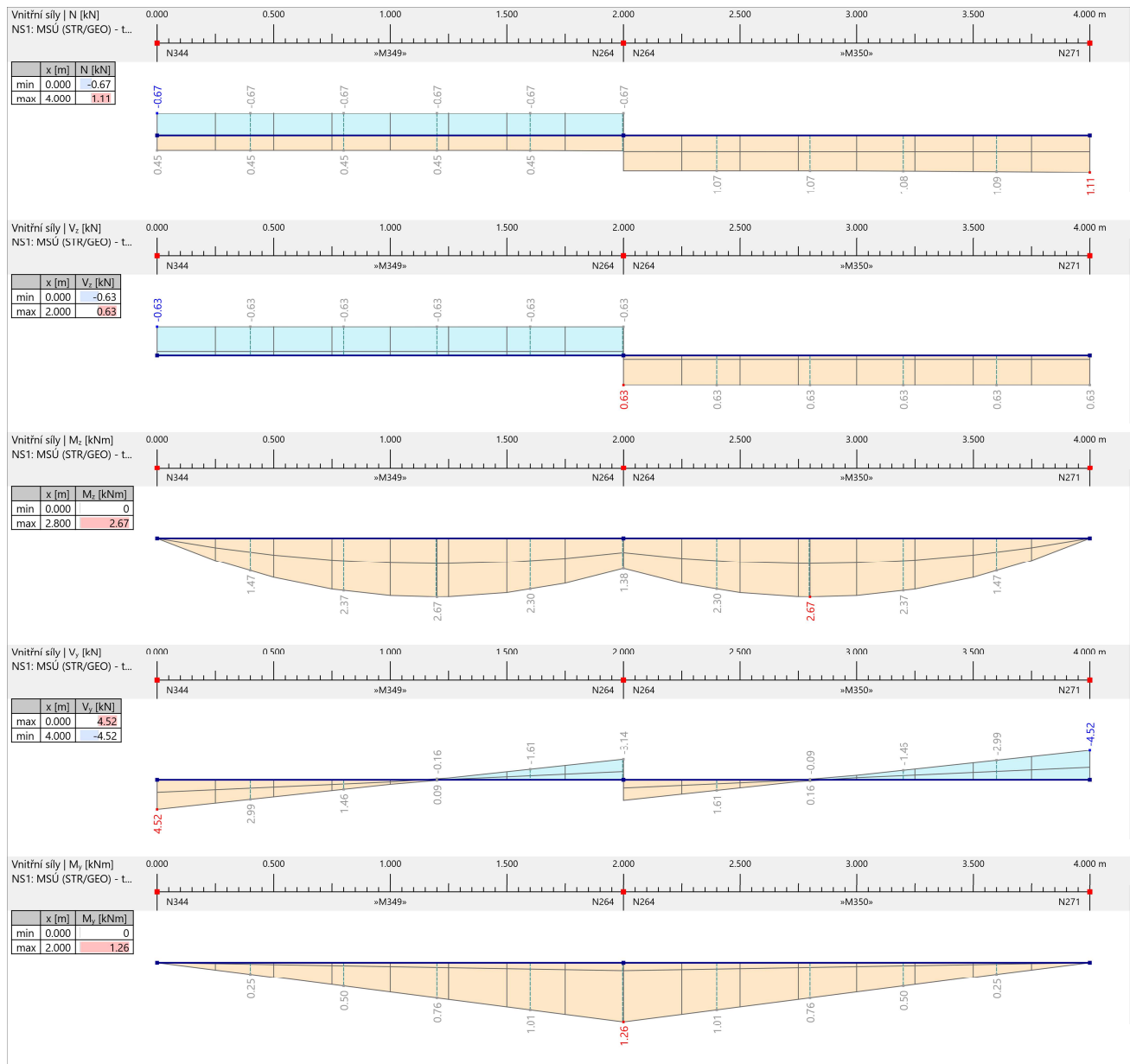
- podélník je navržen z rostlého dřeva C24 o rozměrech 160 x 180 x 4000mm

Obrázek 21 - statické schéma podélníku



5.2.1 Průběhy vnitřních sil

Obrázek 22 - obálky vnitřních sil od kombinací, návrhové hodnoty





5.2.2 Posouzení na MSÚ

Tabulka 4 - průřezové charakteristiky podélníku

Geometrie			
Průřezová plocha			
Průřezová plocha	A	28800.000	mm ²
Ohyb			
Moment setrvačnosti okolo osy z	I _z	77760000.000	mm ⁴
Moment setrvačnosti okolo osy y	I _y	61440000.000	mm ⁴
Polární moment setrvačnosti	I _p	1.392e+08	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti okolo osy z	i _z	52.0	mm
Poloměr setrvačnosti okolo osy y	i _y	46.2	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i _p	69.5	mm
Statický moment plochy okolo osy z	max S _z	648000.0	mm ³
Statický moment plochy okolo osy y	max S _y	576000.0	mm ³
Elastický průřezový modul okolo osy z	W _z	864000.0	mm ³
Elastický průřezový modul okolo osy y	W _y	768000.0	mm ³

5.2.2.1 Posouzení na dvouosý tah a tlak

$$N_{t,Ed} = 1,65 \text{ kN} = 1,65 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$M_{z,Rd} = 2,51 \text{ kN} = 2,51 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{y,Rd} = 0,08 \text{ kN} = 0,08 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{21}{1,3} = 11,31 \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,z,d}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,3} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,y,d}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,3} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A} = \frac{1,65}{0,0288} = 0,057 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{2,51}{8,64 \cdot 10^{-4}} = 2,90 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{0,08}{7,68 \cdot 10^{-4}} = 0,10 \text{ MPa}$$



$$\eta_1 = \left| \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,y,z}}{f_{m,y,d}} \right| = \left| \frac{0,057}{11,31} + \frac{2,90}{12,92} + 0,7 \cdot \frac{0,08}{12,92} \right| = 0,234$$

$$\eta_2 = \left| \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,z}}{f_{m,y,d}} \right| = \left| \frac{0,057}{12,49} + 0,7 \cdot \frac{2,90}{15,68} + \frac{0,08}{15,68} \right| = 0,168$$

$$\eta = \max(\eta_1; \eta_2) = \max(0,234; 0,168) = 0,234$$

$$\eta = 0,234 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

5.2.2.2 Posouzení na smyk

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,d}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{4,0}{1,3} = 2,15 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{V_{y,Ed} \cdot S_y}{b \cdot I_y} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{y,Ed}}{b \cdot h} = \frac{3}{2} \cdot \frac{4,40}{0,18 \cdot 0,16} = 0,228 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy,d} = \frac{\tau_{xy}}{k_{cr}} = \frac{0,228}{0,67} = 0,341 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{\tau_{xy,d}}{f_{v,d}} = \frac{0,341}{2,15} = 0,159$$

$$\eta = 0,159 \leq 1,0$$

VYHOVUJE



5.2.3 Posouzení na MSP

5.2.3.1 Okamžitý průhyb

$$w_{inst,max} = 2,9 \text{ mm}$$

$$w_{inst,lim} = \frac{L/2}{350} = \frac{4000/2}{350} = 5,71 \text{ mm}$$

$$w_{inst,max} = 2,9 \text{ mm} \leq w_{inst,lim} = 5,71 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

5.2.3.2 Konečný průhyb

$$k_{def} = 2,0 - \text{třída provozu 3} \quad w_{g,inst} = 0,3 \text{ mm} \quad w_{q,inst} = 0,0 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} = w_{g,inst}(1 + k_{def}) + w_{q,inst}(1 + \psi_{2,i}k_{def}) = 0,3(1,0 + 2,0) = 0,9 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} = 3,6 \text{ mm} \leq w_{net,fin,max} = \frac{L}{300} = \frac{3540}{300} = 11,8 \text{ mm}$$

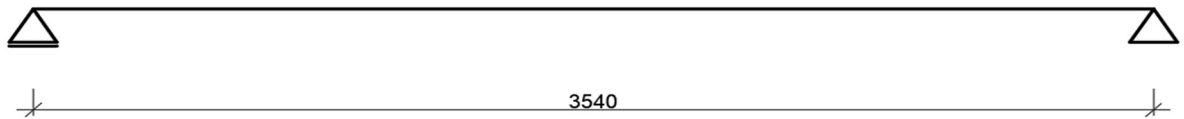
VYHOVUJE



5.3 Příčník v poli

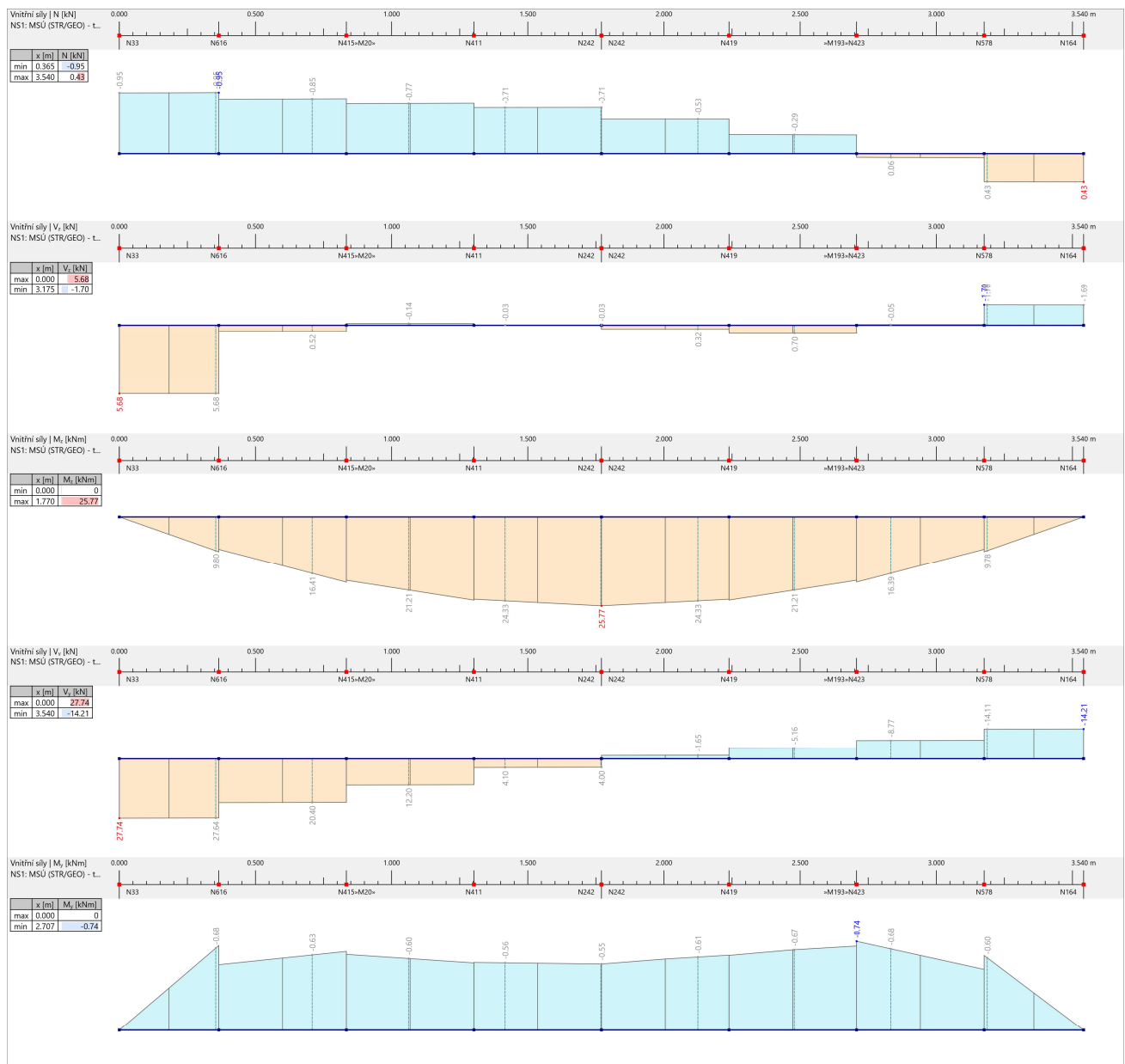
- příčník v poli je navržen z lepeného lamelového dřeva GL28h o rozměrech 150 x 300 x 3540 mm

Obrázek 23 - statické schéma příčníku



5.3.1 Průběhy vnitřních sil

Obrázek 24 - obálky vnitřních sil od kombinací, návrhové hodnoty





5.3.2 Posouzení na MSÚ

Tabulka 5 - průřezové charakteristiky příčnicku

Geometrie			
Průřezová plocha			
Průřezová plocha	A	45000.000	mm ²
Ohyb			
Moment setrvačnosti okolo osy z	I _z	3.375e+08	mm ⁴
Moment setrvačnosti okolo osy y	I _y	84375000.000	mm ⁴
Polární moment setrvačnosti	I _p	4.219e+08	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti okolo osy z	i _z	86.6	mm
Poloměr setrvačnosti okolo osy y	i _y	43.3	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i _p	96.8	mm
Statický moment plochy okolo osy z	max S _z	1687500.0	mm ³
Statický moment plochy okolo osy y	max S _y	843750.0	mm ³
Elastický průřezový modul okolo osy z	W _z	2250000.0	mm ³
Elastický průřezový modul okolo osy y	W _y	1125000.0	mm ³

5.3.2.1 Posouzení na dvouosý ohyb a tlak

$$N_{c,Ed} = 1,59 \text{ kN} = 1,59 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$M_{z,Rd} = 25,77 \text{ kNm} = 25,77 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$M_{y,Rd} = -1,08 \text{ kN} = -1,08 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{22,3}{1,25} = 12,49 \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,z,d}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{28}{1,25} = 15,68 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,y,d}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{28}{1,25} = 15,68 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{1,59}{0,045} = 0,035 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{25,77}{2,25 \cdot 10^{-3}} = 11,437 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{-1,08}{1,125 \cdot 10^{-3}} = -0,957 \text{ MPa}$$



$$\eta_1 = \left| \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,y,z}}{f_{m,y,d}} \right| = \left| \frac{-0,035}{12,49} + \frac{-11,437}{15,68} + 0,7 \cdot \frac{-0,957}{15,68} \right| = 0,772$$

$$\eta_2 = \left| \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,z}}{f_{m,y,d}} \right| = \left| \frac{-0,035}{12,49} + 0,7 \cdot \frac{-11,437}{15,68} + \frac{-0,957}{15,68} \right| = 0,572$$

$$\eta = \max(\eta_1; \eta_2) = \max(0,772; 0,572) = 0,772$$

$$\eta = 0,772 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

5.3.2.2 Posouzení na smyk

$$V_{y,Ed} = 27,67 \text{ kN} = 27,67 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,d}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 1,96 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{V_{y,Ed} \cdot S_y}{b \cdot I_y} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{y,Ed}}{b \cdot h} = \frac{3}{2} \cdot \frac{27,67}{0,15 \cdot 0,3} = 0,922 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy,d} = \frac{\tau_{xy}}{k_{cr}} = \frac{0,922}{0,67} = 1,376 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{\tau_{xy,d}}{f_{v,d}} = \frac{1,376}{1,960} = 0,702$$

$$\eta = 0,702 \leq 1,0$$

VYHOVUJE



5.3.3 Posouzení v MSP

5.3.3.1 Okamžitý průhyb

$$w_{inst,max} = 9,1 \text{ mm}$$

$$w_{inst,lim} = \frac{L}{350} = \frac{3540}{350} = 10,11 \text{ mm}$$

$$w_{inst,max} = 9,1 \text{ mm} \leq w_{inst,lim} = 10,11 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

5.3.3.2 Konečný průhyb

$$k_{def} = 2,0 - \text{třída provozu 3} \quad w_{g,inst} = 1,2 \text{ mm} \quad w_{q,inst} = 0,0 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} = w_{g,inst}(1 + k_{def}) + w_{q,inst}(1 + \psi_{2,i}k_{def}) = 1,2(1,0 + 2,0) = 3,6 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} = 3,6 \text{ mm} \leq w_{net,fin,max} = \frac{L}{300} = \frac{3540}{300} = 11,8 \text{ mm}$$

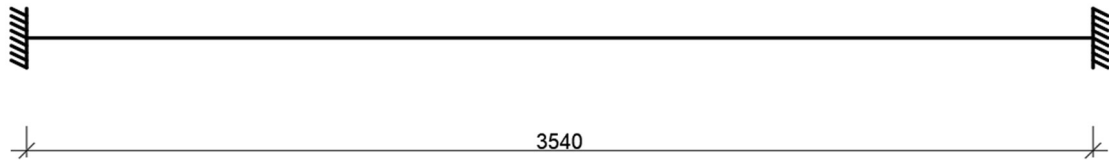
VYHOVUJE



5.4 Koncový příčník

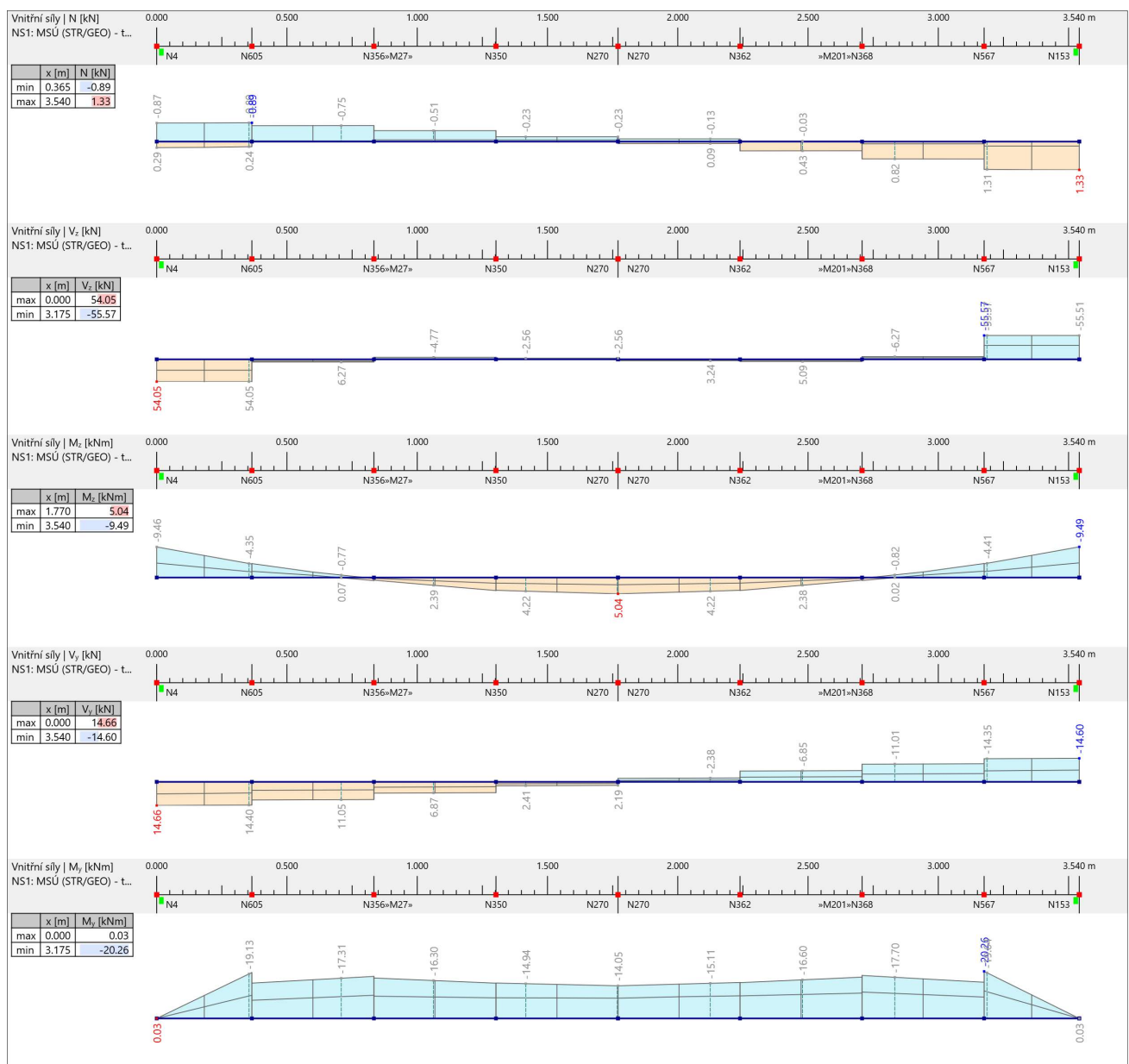
- příčník v poli je navržen z lepeného lamelového dřeva GL28h o rozměrech 200 x 500 x 3540 mm

Obrázek 25 - statické schéma koncového příčníku



5.4.1 Průběhy vnitřních sil

Obrázek 26 - obálky vnitřních sil od kombinací, návrhové hodnoty





5.4.2 Posouzení na MSÚ

Tabulka 6 - průřezové charakteristiky koncového příčnicku

Geometrie			
Průřezová plocha			
Průřezová plocha	A	100000.000	mm ²
Ohyb			
Moment setrvačnosti okolo osy z	I _z	2.083e+09	mm ⁴
Moment setrvačnosti okolo osy y	I _y	3.333e+08	mm ⁴
Polární moment setrvačnosti	I _p	2.417e+09	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti okolo osy z	i _z	144.3	mm
Poloměr setrvačnosti okolo osy y	i _y	57.7	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i _p	155.5	mm
Statický moment plochy okolo osy z	max S _z	6250000.0	mm ³
Statický moment plochy okolo osy y	max S _y	2500000.0	mm ³
Elastický průřezový modul okolo osy z	W _z	8333333.3	mm ³
Elastický průřezový modul okolo osy y	W _y	3333333.3	mm ³

5.4.2.1 Posouzení na ohyb

$$N_{t,Ed} = 1,33 \text{ kN} = 1,33 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$M_{z,Ed} = -4,41 \text{ kNm} = -4,41 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$M_{y,Ed} = -20,26 \text{ kNm} = -20,26 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{22,3}{1,25} = 12,49 \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,z,d}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{28}{1,25} = 15,68 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,y,d}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{28}{1,25} = 15,68 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A} = \frac{1,33}{0,1} = 0,013 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{-4,41}{8,333 \cdot 10^{-3}} = -0,529 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{-20,26}{3,333 \cdot 10^{-3}} = -6,079 \text{ MPa}$$



$$\eta_1 = \left| \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,y,z}}{f_{m,y,d}} \right| = \left| \frac{0,013}{12,49} + \frac{0,529}{15,68} + 0,7 \cdot \frac{6,079}{15,68} \right| = 0,306$$

$$\eta_2 = \left| \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,z}}{f_{m,y,d}} \right| = \left| \frac{0,016}{12,49} + 0,7 \cdot \frac{0,562}{15,68} + \frac{7,062}{15,68} \right| = 0,412$$

$$\eta = \max(\eta_1; \eta_2) = \max(0,306; 0,412) = 0,412$$

$$\eta = 0,412 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

5.4.2.2 Posouzení na smyk

$$V_{z,Ed} = 55,57 \text{ kN} = 55,57 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,d}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 1,96 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xz} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{b \cdot I_y} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{z,Ed}}{b \cdot h} = \frac{3}{2} \cdot \frac{55,57}{0,2 \cdot 0,5} = 0,834 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xz,d} = \frac{\tau_{xy}}{k_{cr}} = \frac{0,834}{0,67} = 1,249 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{\tau_{xz,d}}{f_{v,d}} = \frac{1,249}{1,960} = 0,637$$

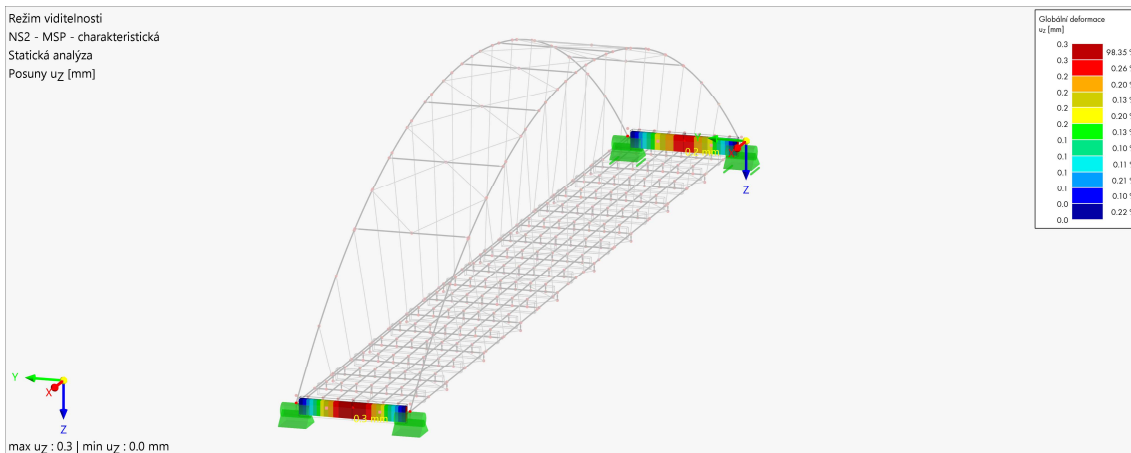
$$\eta = 0,637 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

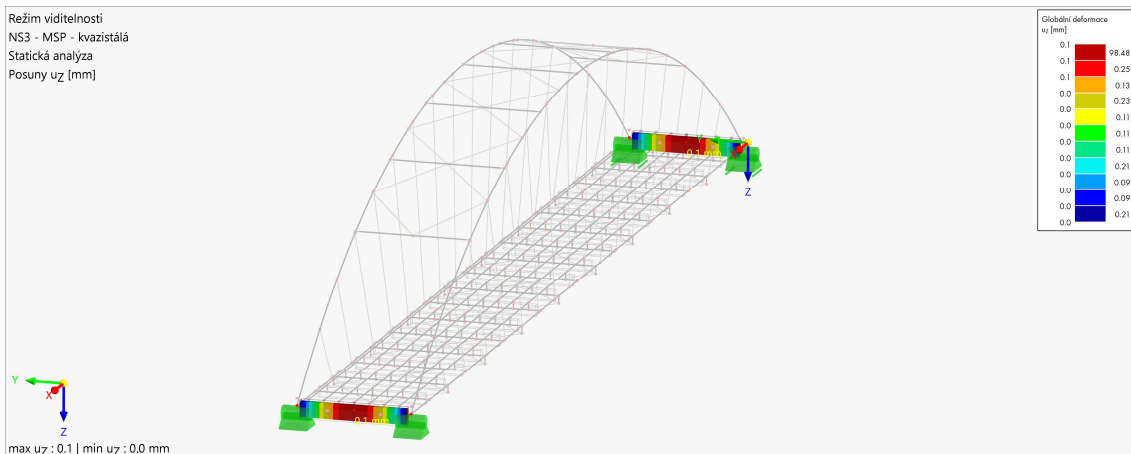


5.4.3 Posouzení na MSP

Obrázek 27 - maximální průhyby od charakteristických kombinací



Obrázek 28 - maximální průhyby od kvazistálé kombinace



5.4.3.1 Okamžitý průhyb

$$w_{max} = 0,3 \text{ mm} \quad w_{lim} = \frac{L}{350} = \frac{3540}{350} = 10,1 \text{ mm}; L - \text{rozpětí pole}$$

$$w_{max} = 0,3 \text{ mm} \leq w_{lim} = 10,1 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

5.4.3.2 Konečný průhyb

$$k_{def} = 2,0 - \text{třída provozu 3} \quad w_{g,inst} = 0,1 \text{ mm} \quad w_{q,inst} = 0,0 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} = w_{g,inst}(1 + k_{def}) + w_{q,inst}(1 + \psi_{2,i}k_{def}) = 0,1(1,0 + 2,0) = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} = 0,3 \text{ mm} \leq w_{net,fin,max} = \frac{L}{300} = \frac{3540}{300} = 11,8 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

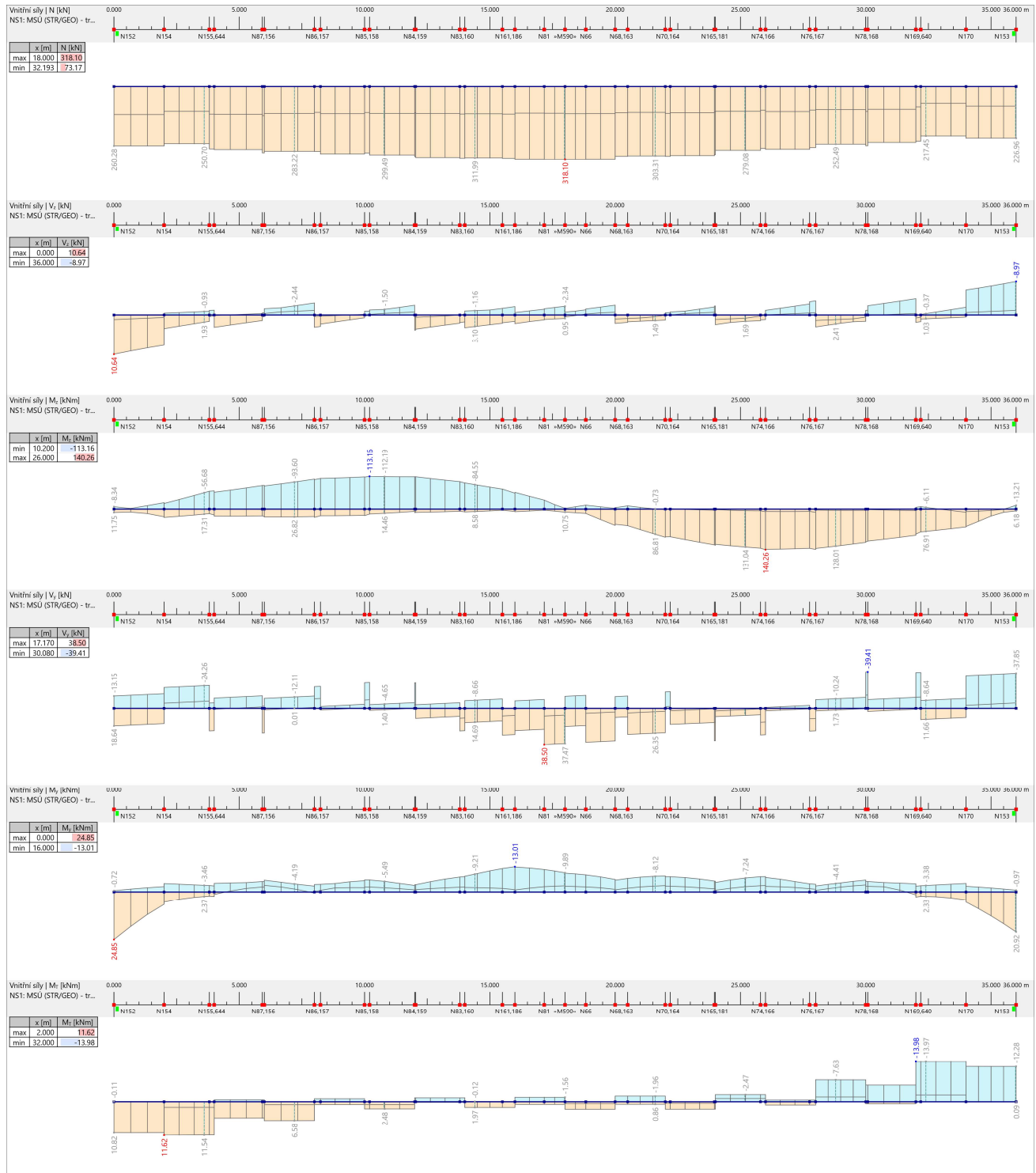


5.5 Hlavní táhlo

- hlavní táhlo je navrženo z lepeného lamelového dřeva GL28h o rozměrech 240 x 1050 x 36 000 mm

5.5.1 Průběhy vnitřních sil

Obrázek 29 - obálky vnitřních sil od kombinací, návrhové hodnoty





5.5.2 Posouzení na MSÚ

Tabulka 7 - průřezové charakteristiky hlavního táhla

Geometrie			
Průřezová plocha			
Průřezová plocha	A	240000.000	mm ²
Ohyb			
Moment setrvačnosti okolo osy z	I _z	2.000e+10	mm ⁴
Moment setrvačnosti okolo osy y	I _y	1.152e+09	mm ⁴
Polární moment setrvačnosti	I _p	2.115e+10	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti okolo osy z	i _z	288.7	mm
Poloměr setrvačnosti okolo osy y	i _y	69.3	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i _p	296.9	mm
Statický moment plochy okolo osy z	max S _z	30000000.0	mm ³
Statický moment plochy okolo osy y	max S _y	7200000.0	mm ³
Elastický průřezový modul okolo osy z	W _z	40000000.0	mm ³
Elastický průřezový modul okolo osy y	W _y	9600000.0	mm ³

5.5.2.1 Posouzení na ohyb

$$N_{t,Ed} = 211,99 \text{ kN} = 211,99 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$M_{z,Rd} = 134,60 \text{ kNm} = 134,60 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{y,Rd} = -5,28 \text{ kNm} = -5,28 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{22,3}{1,25} = 12,49 \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,z,d}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{28}{1,25} = 15,68 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,y,d}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{28}{1,25} = 15,68 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A} = \frac{211,99}{0,240} = 0,883 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{134,62}{0,04} = 3,365 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{-5,12}{8,16 \cdot 10^{-3}} = -0,550 \text{ MPa}$$



$$\eta_1 = \left| \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,y,z}}{f_{m,y,d}} \right| = \left| \frac{0,883}{12,49} + \frac{3,365}{15,68} + 0,7 \cdot \frac{0,550}{15,68} \right| = 0,310$$

$$\eta_2 = \left| \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,z}}{f_{m,y,d}} \right| = \left| \frac{0,883}{12,49} + 0,7 \cdot \frac{3,365}{15,68} + \frac{0,550}{15,68} \right| = 0,256$$

$$\eta = \max(\eta_1; \eta_2) = \max(0,310; 0,256) = 0,310$$

$$\eta = 0,310 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

5.5.2.2 Posouzení na smyk

$$V_{y,Ed} = 39,24 \text{ kN} = 39,24 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,d}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 1,96 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{V_{y,Ed} \cdot S_y}{b \cdot I_y} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{y,Ed}}{b \cdot h} = \frac{3}{2} \cdot \frac{39,24}{0,24 \cdot 1,0} = 0,245 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy,d} = \frac{\tau_{xy}}{k_{cr}} = \frac{0,245}{0,67} = 0,366 \text{ MPa}$$

$$\eta_V = \frac{\tau_{xy,d}}{f_{v,d}} = \frac{0,366}{1,960} = 0,187$$

$$\eta_V = 0,187 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

5.5.2.3 Posouzení na kombinace smyku a kroucení

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,d}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 1,96 \text{ MPa}$$

$$I_k = \frac{b^3 h}{3} \left(1 - 0,63 \frac{b}{h}\right) = \frac{0,24^3 \cdot 1,0}{3} \left(1 - 0,63 \frac{0,24}{1,0}\right) = 3,91 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^4$$

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_{x,Ed}}{I_k} b = \frac{12,91}{3,91 \cdot 10^{-3}} 0,24 = 0,789 \text{ MPa}$$

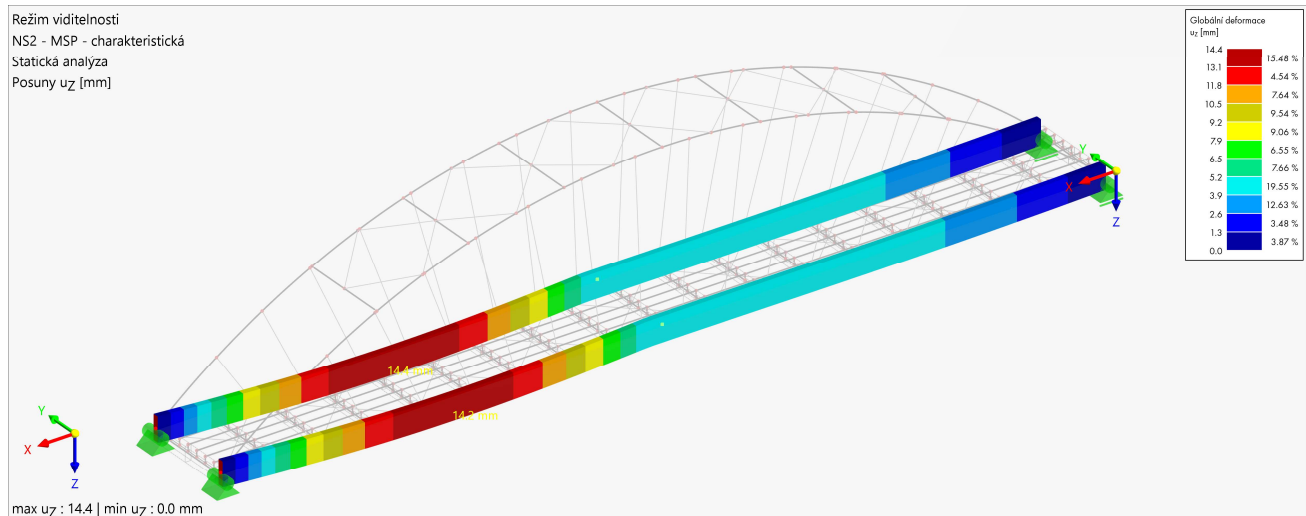
$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \eta_V = \frac{0,789}{1,18 \cdot 1,96} + 0,187 = 0,520$$

$$\eta = 0,520 \leq 1,0$$

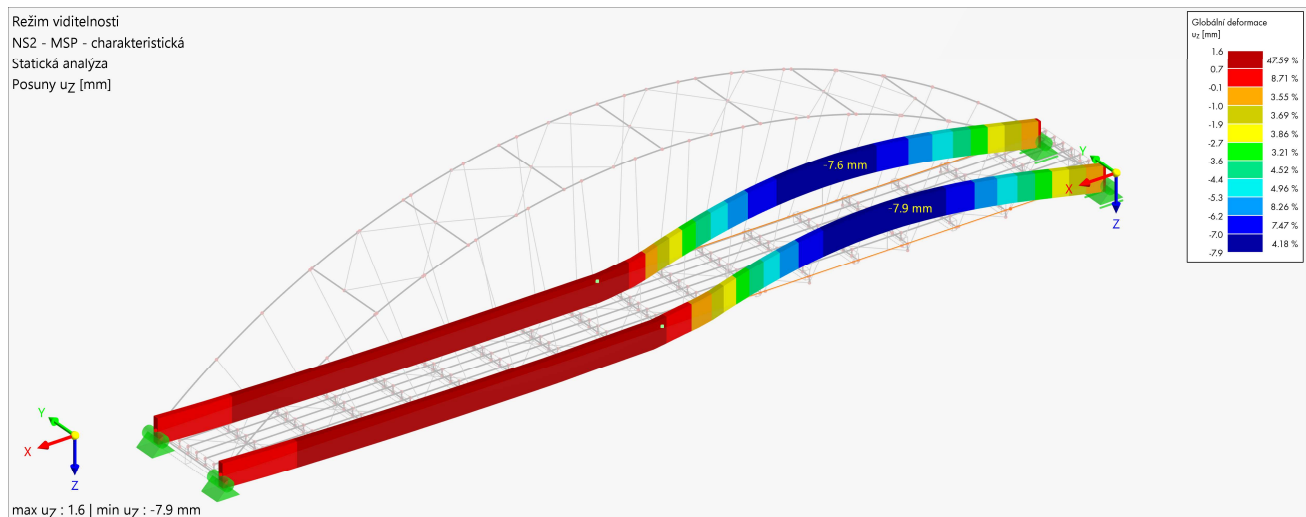
VYHOVUJE

5.5.3 Průhyb

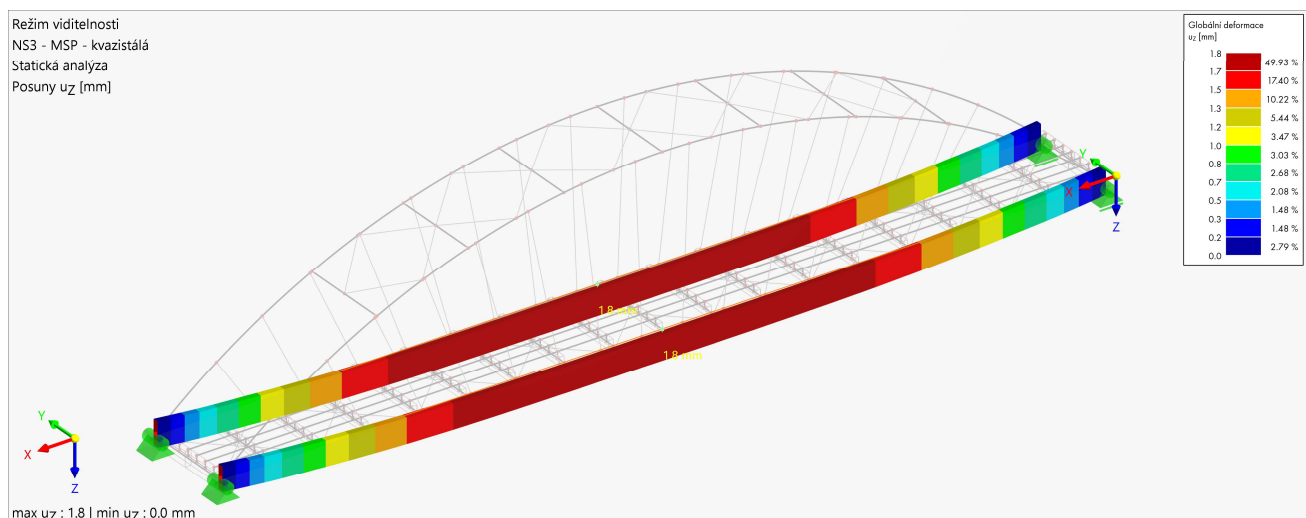
Obrázek 30 - maximální průhyby hlavního táhla ve směru osy z od charakteristických kombinací



Obrázek 31 - maximální průhyby hlavního táhla proti směru osy z od charakteristických kombinací



Obrázek 32 - maximální průhyby hlavního táhla od kvazistálé kombinace





5.5.4 Posouzení v MSP

5.5.4.1 Okamžitý průhyb

$$w_{max} = 14,4 \text{ mm}$$

$$w_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{36\,000}{350} = 103 \text{ mm}; L - \text{rozpětí pole}$$

$$w_{max} = 14,4 \text{ mm} \leq w_{lim} = 103 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

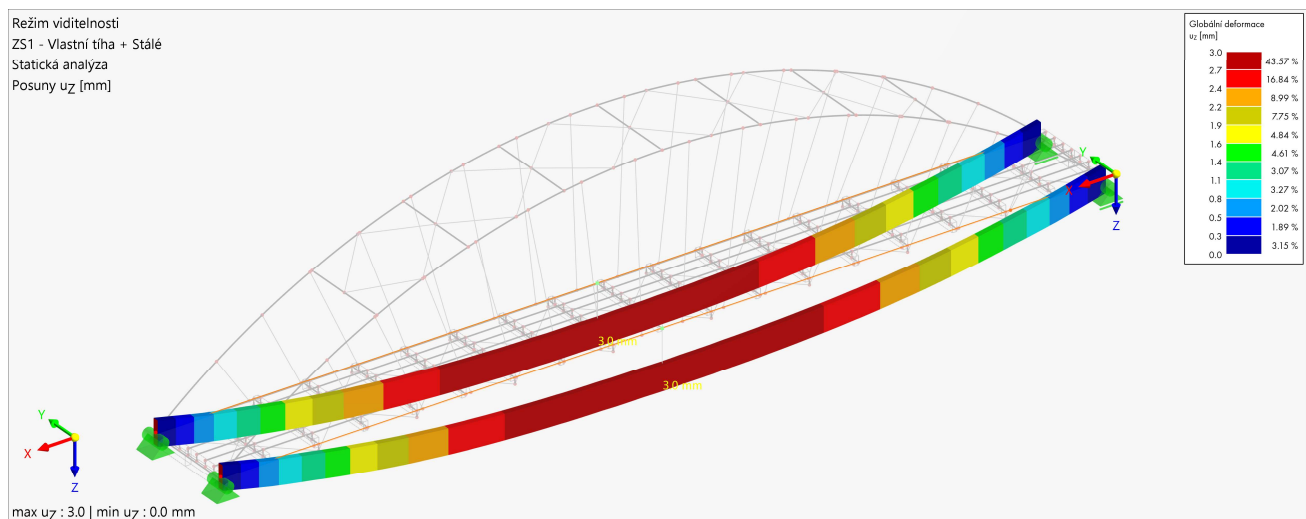
5.5.4.2 Konečný průhyb

$$k_{def} = 2,0 - \text{třída provozu 3}$$

$$w_{net,fin} = w_{g,inst}(1 + k_{def}) + w_{q,inst}(1 + \psi_{2,i}k_{def})$$

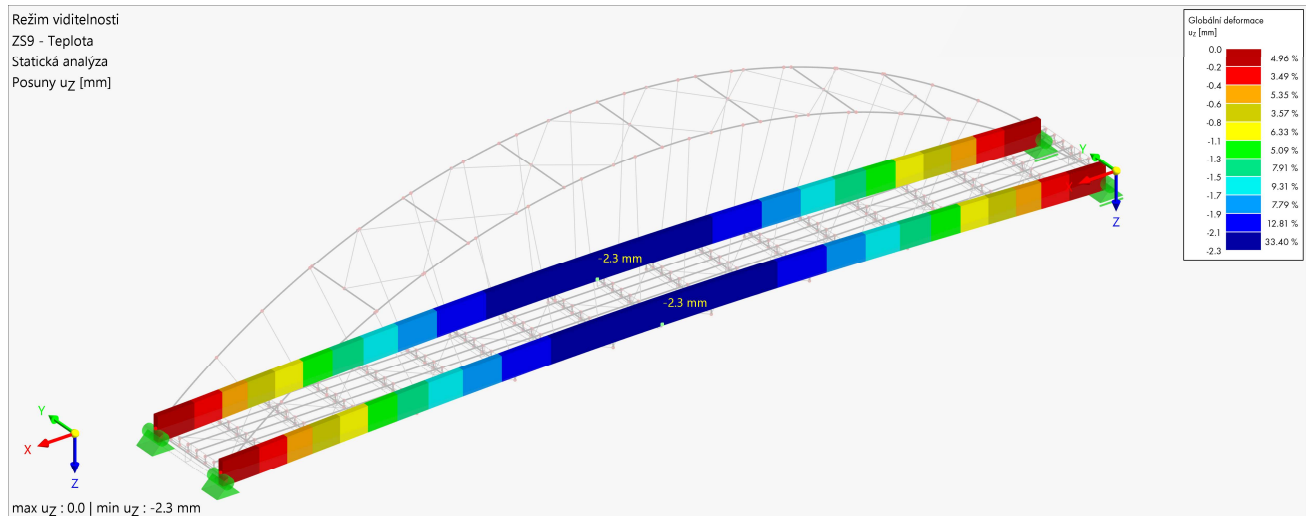
- na konečný průhyb bude mít vliv pouze vlastní tíha, stálé a teplotní zatížení

Obrázek 33 - průhyb od vlastní tíhy a stálého zatížení





Obrázek 34 - průhyb od zatížení teplotou



$$w_{net,fin} = w_{g,inst}(1 + k_{def}) + w_{t,inst}(1 + \psi_{2,5}k_{def}) = 3,0(1 + 2,0) + (-2,3)(1 + 0,5 \cdot 2,0) = 5,55 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin,max} = \frac{L}{300} = \frac{36\,000}{300} = 120 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} = 5,55 \text{ mm} \leq w_{net,fin,max} = 120 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

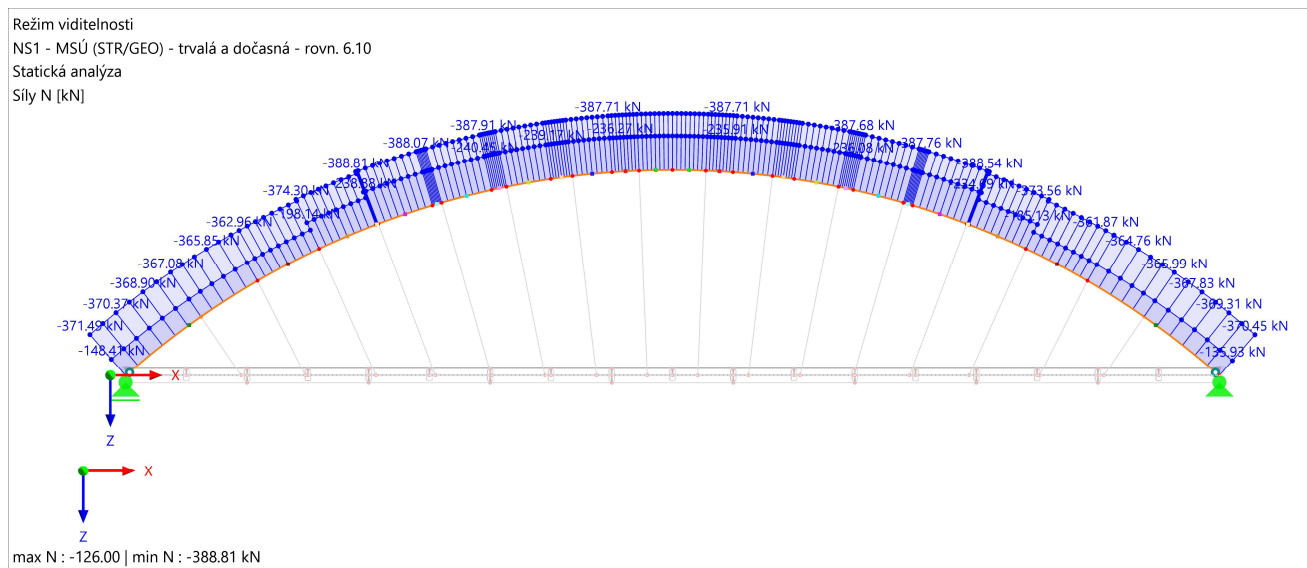


5.6 Oblouk

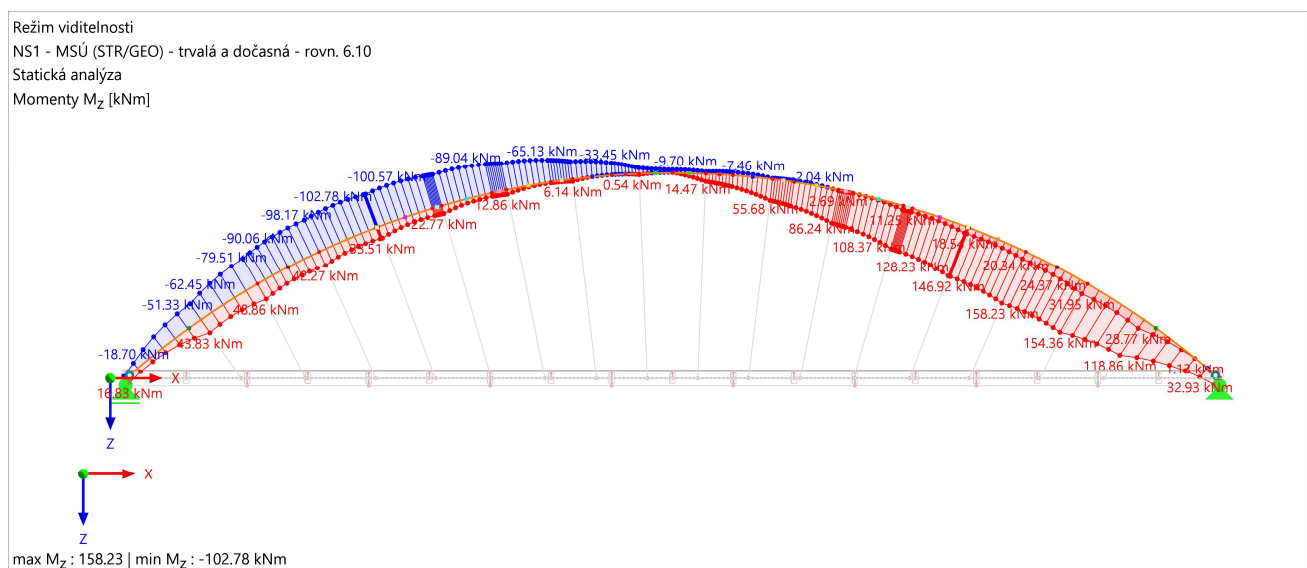
- hlavní nosník je navržen z lepeného lamelového dřeva třídy GL32h o celkových rozměrech prvku 240 x 1050 x 39285 mm. Poloměr oblouku je 27,375 m a je vzepětí osy je 6,75 m.

5.6.1 Průběhy vnitřních sil na levém oblouku

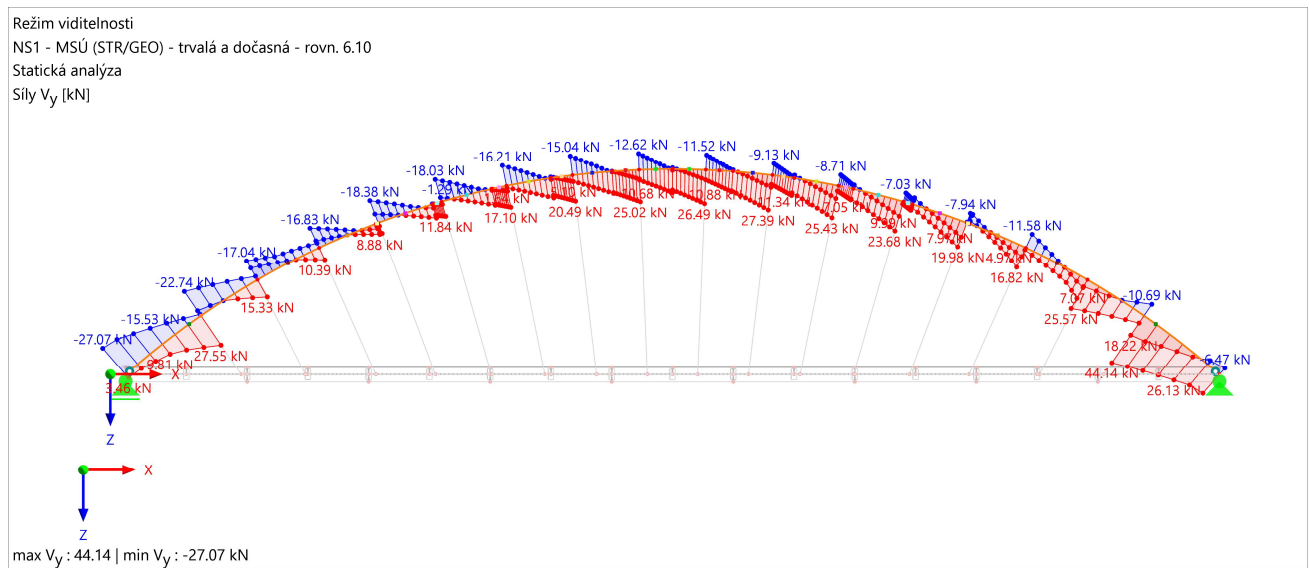
Obrázek 35 - N_{Ed} – Obálka normálových sil na levém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty



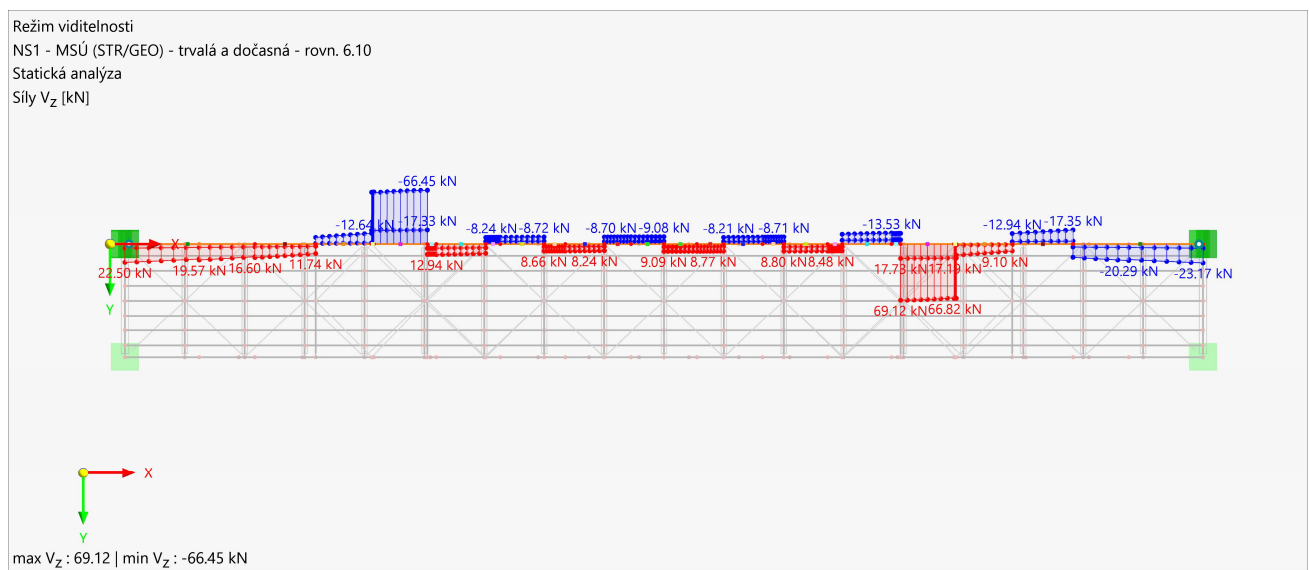
Obrázek 36 - $M_{z,Ed}$ – Obálka momentů M_z na levém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty



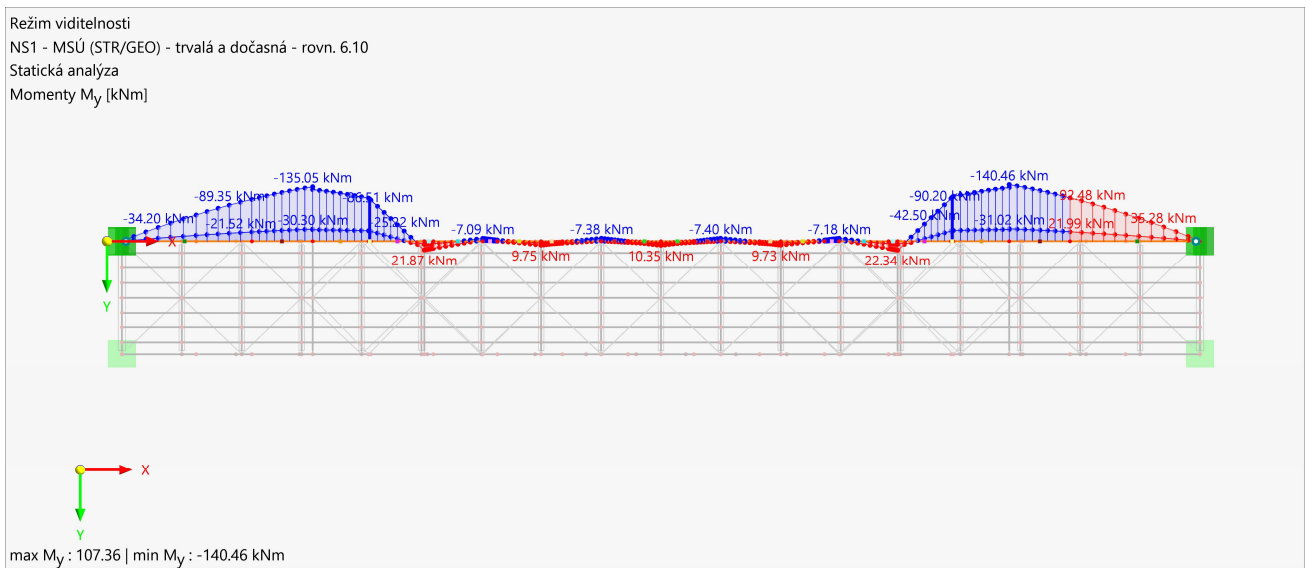
Obrázek 37 - $V_{y,Ed}$ – Obálka posouvajících V_y na levém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty



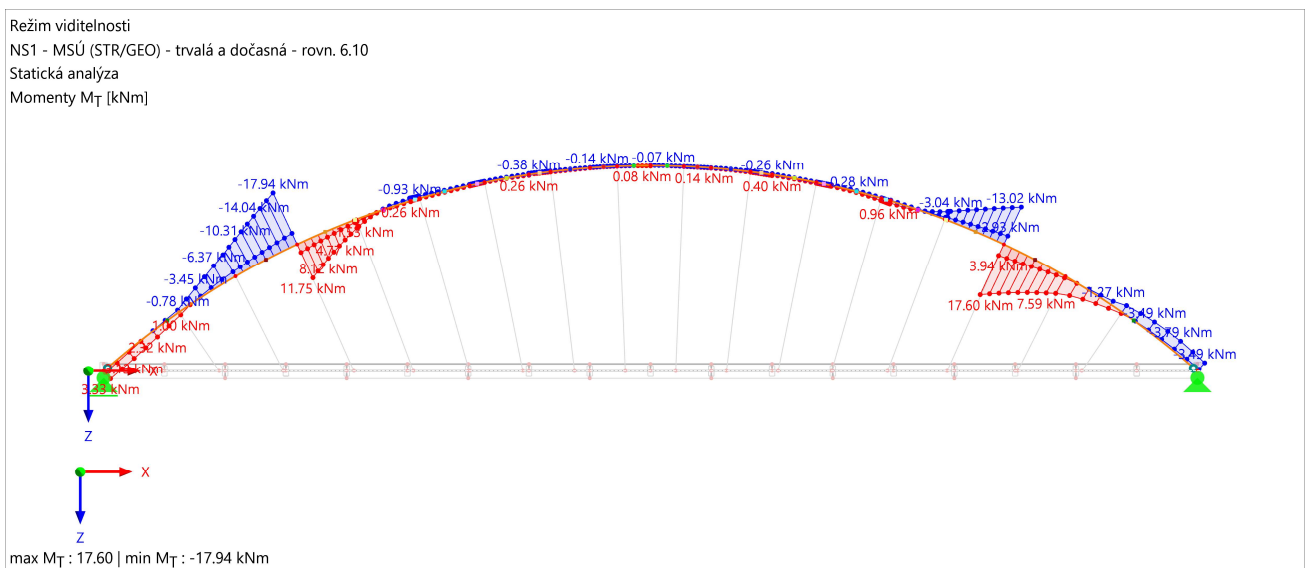
Obrázek 38 - $V_{z,Ed}$ – Obálka posouvajících sil V_z na levém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty



Obrázek 39 - $M_{y,Ed}$ – Obálka momentů M_y na levém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty

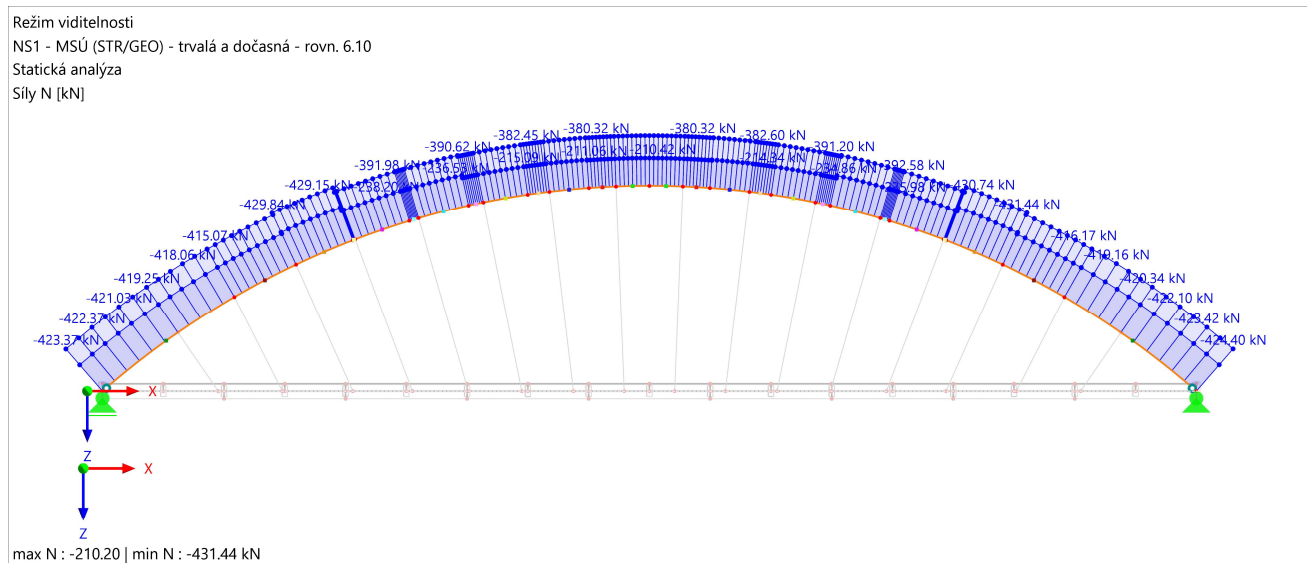


Obrázek 40 - $M_{x,Ed}$ – Obálka torzních momentů M_x na levém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty

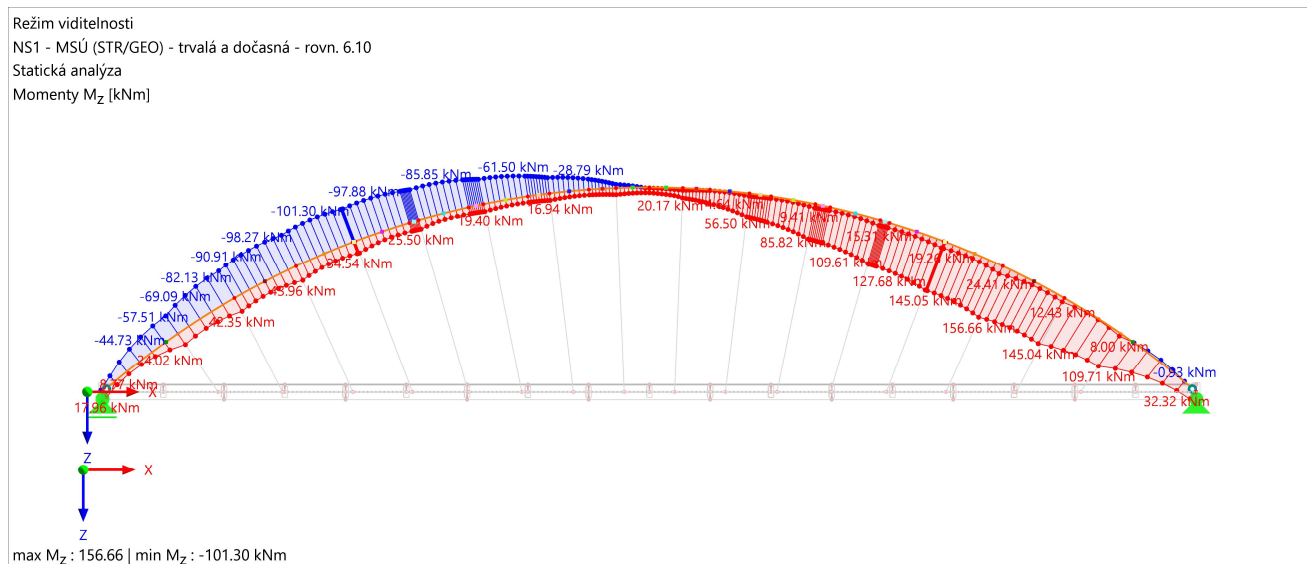


5.6.2 Průběhy vnitřních sil na pravém oblouku

Obrázek 41 - N_{Ed} – Obálka normálových sil na pravém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty

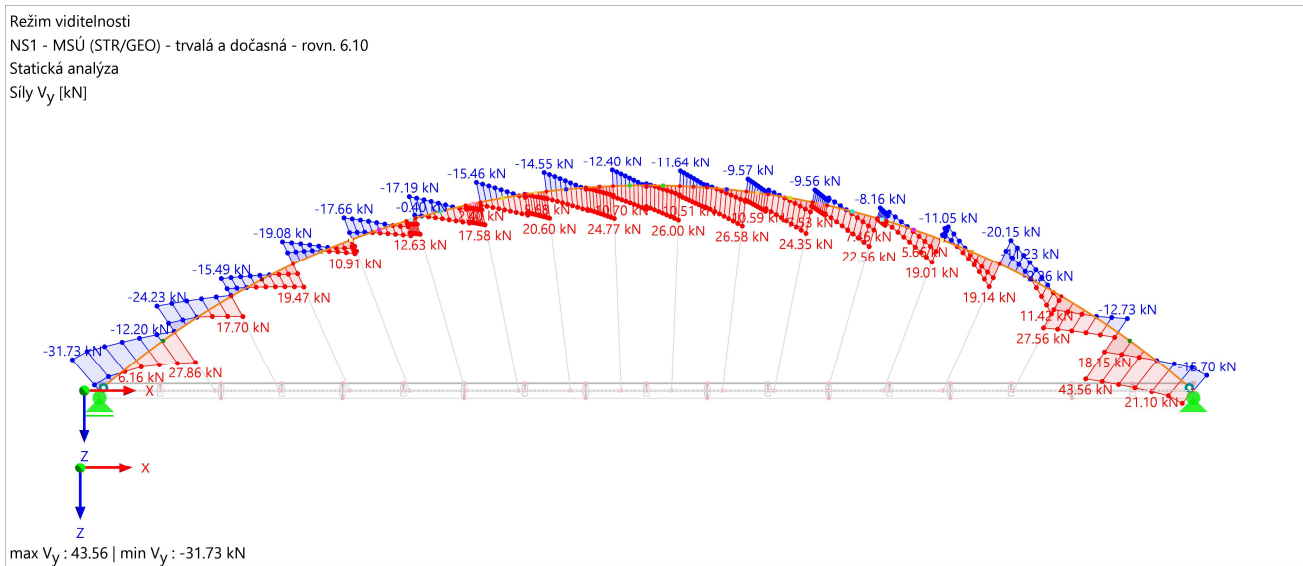


Obrázek 42 - $M_{z,Ed}$ – Obálka momentů M_z na pravém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty

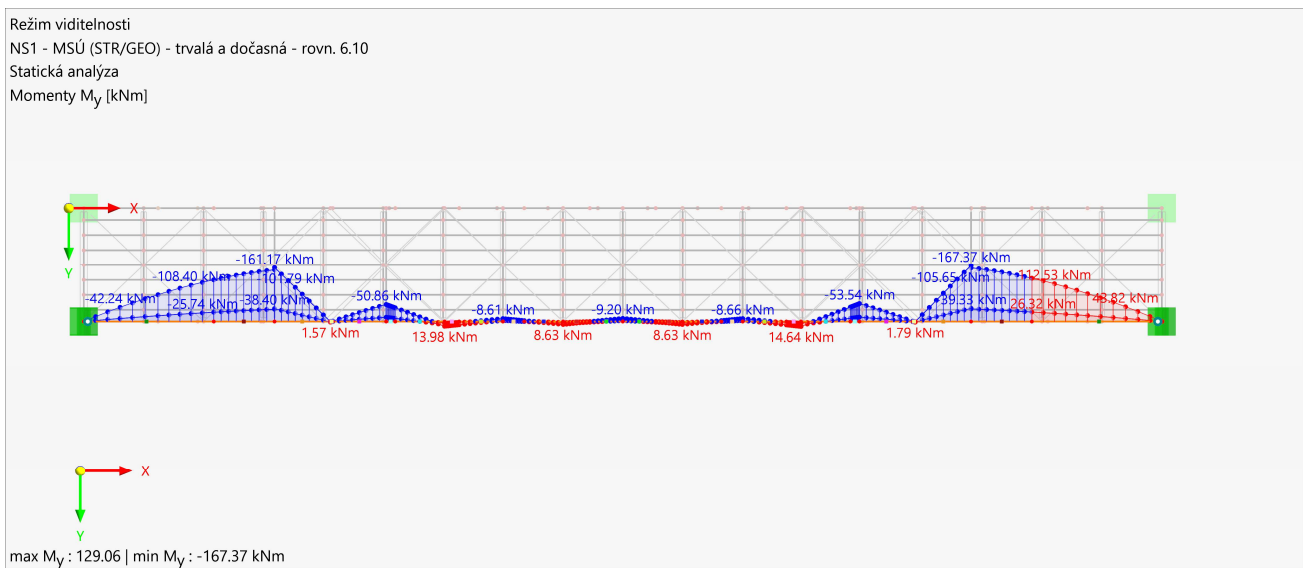




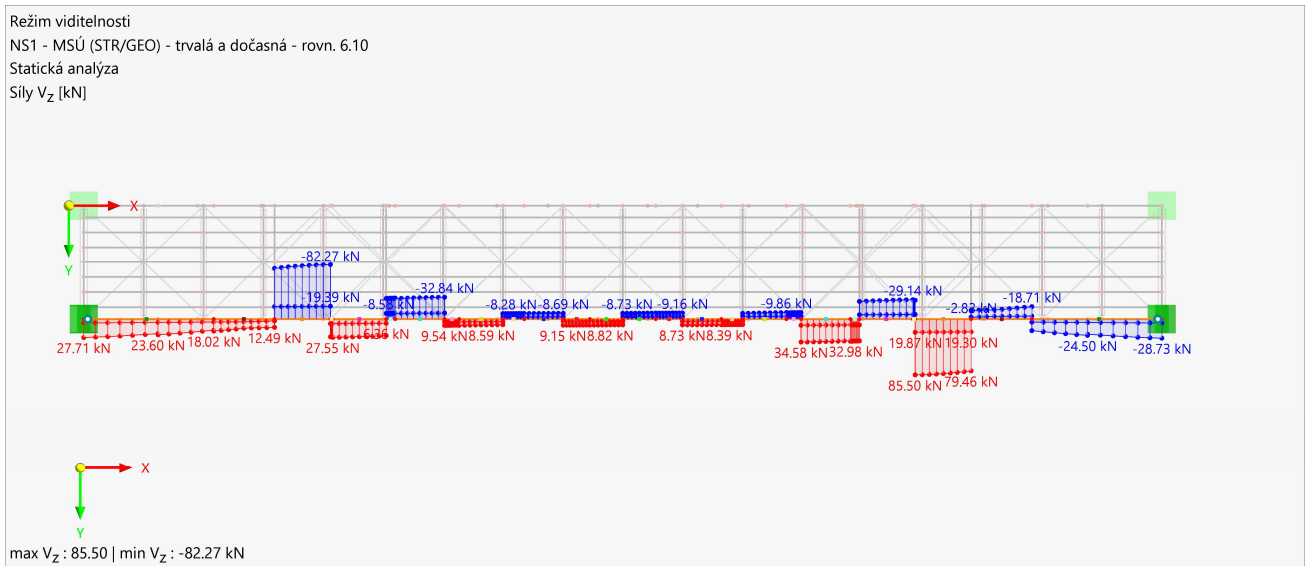
Obrázek 43 - $V_{y,Ed}$ – Obálka posouvajících sil V_y na pravém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty



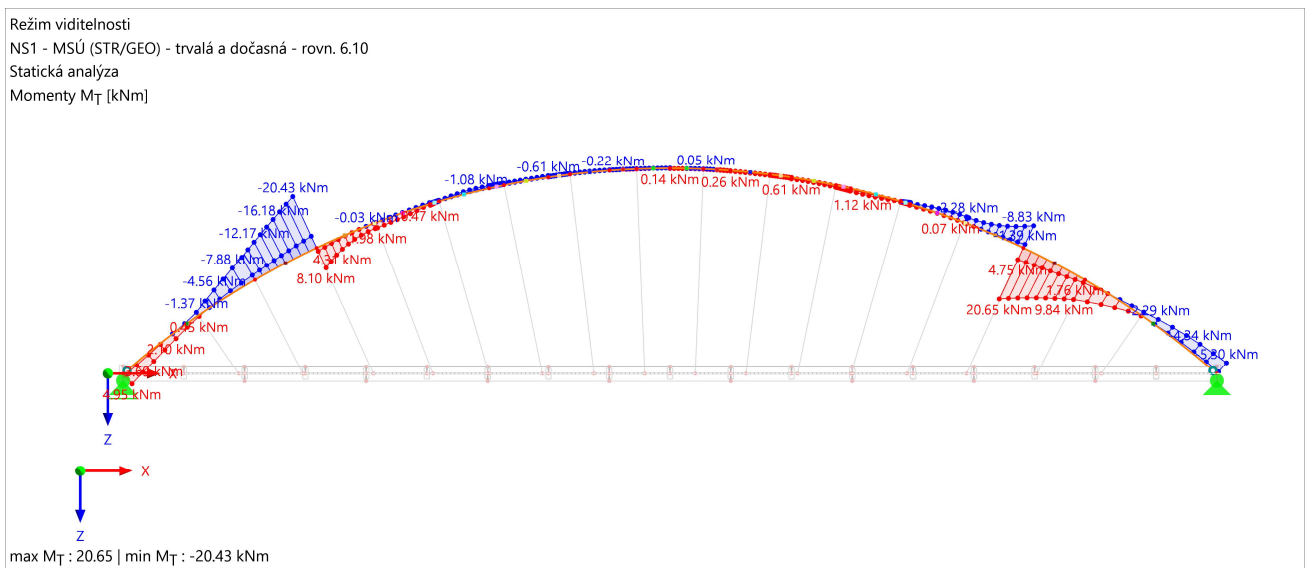
Obrázek 44 - $M_{y,Ed}$ – Obálka momentů M_y na pravém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty



Obrázek 45 - $V_{z,Ed}$ – Obálka posouvajících sil V_z na pravém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty



Obrázek 46 - $M_{x,Ed}$ – Obálka torzních momentů M_x na pravém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty





5.6.3 Posouzení v MSÚ

Tabulka 8 - průřezové charakteristiky oblouku

Geometrie			
Průřezová plocha			
Průřezová plocha	A	288000.000	mm ²
Ohyb			
Moment setrvačnosti okolo osy z	I _z	3.456e+10	mm ⁴
Moment setrvačnosti okolo osy y	I _y	1.382e+09	mm ⁴
Polární moment setrvačnosti	I _p	3.594e+10	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti okolo osy z	i _z	346.4	mm
Poloměr setrvačnosti okolo osy y	i _y	69.3	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i _p	353.3	mm
Statický moment plochy okolo osy z	max S _z	43200000.0	mm ³
Statický moment plochy okolo osy y	max S _y	8640000.0	mm ³
Elastický průřezový modul okolo osy z	W _z	57600000.0	mm ³
Elastický průřezový modul okolo osy y	W _y	11520000.0	mm ³

5.6.3.1 Posouzení na dvouosý ohyb a tlak

$$N_{c,Ed} = 386,60 \text{ kN} = 386,60 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$M_{z,Rd} = 69,64 \text{ kNm} = 69,64 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{y,Rd} = -163,93 \text{ kNm} = -163,93 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{32}{1,25} = 17,92 \text{ MPa}$$

$$f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,z,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{32}{1,25} = 17,92 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,y,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{32}{1,25} = 17,92 \text{ MPa}$$

$$r = 27,375 \text{ m}$$

$$s = 39,285 \text{ m}$$

$$h_{ap} = 1200 \text{ mm}$$

$$k_l = k_1 + k_2 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_3 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 + k_4 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^3$$



$$k_l = 1,0 + 0,35\left(\frac{1,20}{27,375}\right) + 0,6\left(\frac{1,20}{27,375}\right)^2 + 0\left(\frac{1,20}{27,375}\right)^3 = 1,02$$

Kde:

$$k_1 = 1,0 \qquad k_2 = 0,35 \qquad k_3 = 0,6 \qquad k_4 = 0$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{386,60}{0,288} = 1,342 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{69,64}{0,0576} = 1,209 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{-163,93}{0,01152} = -14,230 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = k_l \cdot \sigma_{m,d} = 1,02 \cdot 1,209 = 1,233 \text{ MPa}$$

$$r_{in} = r - 0,5h = 27375 - 0,5 \cdot 1200 = 26775 \text{ mm}$$

$$\frac{r_{in}}{t} \geq 240$$

$$k_r = 1$$

$$\eta_1 = \left| \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,d}}{k_r \cdot f_{m,z,d}} + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,y,z}}{f_{m,y,d}} \right| = \left| \left(\frac{1,342}{17,92} \right)^2 + \frac{1,209}{1,0 \cdot 17,92} + 0,7 \cdot \frac{14,23}{17,92} \right| = 0,630$$

$$\eta_2 = \left| \left(\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \right)^2 + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,d}}{k_r \cdot f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,z}}{f_{m,y,d}} \right| = \left| \left(\frac{1,342}{17,92} \right)^2 + 0,7 \cdot \frac{1,209}{1,0 \cdot 17,92} + \frac{14,23}{17,92} \right| = 0,847$$

$$\eta = \max(\eta_1; \eta_2) = \max(0,630; 0,847) = 0,847$$

$$\eta = 0,847 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

5.6.3.2 Posouzení na příčný tah a smyk

$$M_{z,Ed} = 109,71 \text{ kNm} = 109,71 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$V_{y,Ed} = 43,56 \text{ kN} = 43,56 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{0,5}{1,25} = 0,28 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,d}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 1,96 \text{ MPa}$$



$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{109,71}{0,0576} = 1,905 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{V_{y,Ed} \cdot S_y}{b \cdot I_y} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{y,Ed}}{b \cdot h} = \frac{3}{2} \cdot \frac{43,56}{0,24 \cdot 1,20} = 0,151 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy,d} = \frac{\tau_{xy}}{k_{cr}} = \frac{0,151}{0,67} = 0,225 \text{ MPa}$$

$$k_p = k_5 + k_6 \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_7 \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 = 0 + 0,25 \left(\frac{1,20}{27,375}\right) + 0 \left(\frac{1,20}{27,375}\right)^2 = 0,01$$

Kde:

$$k_5 = 0 \qquad k_6 = 0,25 \qquad k_7 = 0$$

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \cdot \sigma_{m,z,d} = 0,01 \cdot 1,905 = 0,019 \text{ MPa}$$

$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} = \left(\frac{0,01}{5,66}\right)^{0,2} = 0,281$$

$V_0 = 0,01 \text{ m}^3$... referenční objem

$$V = \frac{1}{2} \cdot b \cdot h \cdot s = \frac{1}{2} \cdot 0,24 \cdot 1,20 \cdot 39,285 = 5,66 \text{ m}^3$$

$$k_{dis} = 1,7$$

$$\eta_V = \left| \frac{\tau_{xy,d}}{f_{v,d}} + \frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis} \cdot k_{vol} \cdot f_{t,90,d}} \right| = \left| \frac{0,225}{1,96} + \frac{0,019}{1,7 \cdot 0,289 \cdot 0,280} \right| = 0,253$$

$$\eta_V = 0,253 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

5.6.3.3 Posouzení na kombinaci smyku a kroucení

$$M_{x,Ed} = 20,43 \text{ kNm} = 20,43 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,d}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 1,96 \text{ MPa}$$

$$I_k = \frac{b^3 h}{3} \left(1 - 0,63 \frac{b}{h}\right) = \frac{0,24^3 \cdot 1,20}{3} \left(1 - 0,63 \frac{0,24}{1,20}\right) = 4,83 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$\tau_{tor,d} = \frac{M_{x,Ed}}{I_k} b = \frac{20,43}{4,83 \cdot 10^{-3}} 0,24 = 1,014 \text{ MPa}$$



$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} \cdot f_{v,d}} + \tau_{xy,d} = \frac{1,014}{1,18 \cdot 1,96} + 0,225 = 0,663$$

$$\eta = 0,663 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

5.6.3.4 Posouzení na vzpěr v rovině oblouku

$$N_{Ed} = -431,44 \text{ kN} = -431,44 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$L_e = \beta \cdot \frac{s}{2} = 1,25 \cdot \frac{39,285}{2} = 24,55 \text{ m} \text{ – (Bezpečně)}$$

$$\lambda = \frac{L_e}{i} = \frac{24550}{346,4} = 70,87$$

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 \cdot 28}{1,25} = 17,92 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{70,87}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{28}{10\,500}} = 1,165$$

$$\beta = 0,1$$

$$k_z = 0,5(1 + \beta(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2) = 0,5(1 + 0,1(1,165 - 0,3) + 1,165^2) = 1,222$$

$$k_c = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{1,222 + \sqrt{1,222^2 - 1,165^2}} = 0,629$$

$$\frac{N_{Ed}}{k_c \cdot A \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{431,44}{0,629 \cdot 0,288 \cdot 17,92} = 0,133 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

**5.6.3.5 Posouzení na kombinaci dvouosého ohybu, tlaku a vzpěru**

$$\eta_1 = \left| \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d} \cdot k_c} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,d}}{k_r \cdot f_{m,z,d}} + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,y,z}}{f_{m,y,d}} \right|$$

$$\eta_1 = \left| \left(\frac{1,342}{17,92 \cdot 0,629} \right)^2 + \frac{1,209}{1,0 \cdot 17,92} + 0,7 \cdot \frac{14,23}{17,92} \right| = 0,742$$

$$\eta_2 = \left| \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d} \cdot k_c} \right)^2 + 0,7 \cdot \frac{\sigma_{m,d}}{k_r \cdot f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,z}}{f_{m,y,d}} \right|$$

$$\eta_2 = \left| \left(\frac{1,342}{17,92 \cdot 0,629} \right)^2 + 0,7 \cdot \frac{1,209}{1,0 \cdot 17,92} + \frac{14,23}{17,92} \right| = 0,960$$

$$\eta = \max(\eta_1; \eta_2) = \max(0,742; 0,960) = 0,960$$

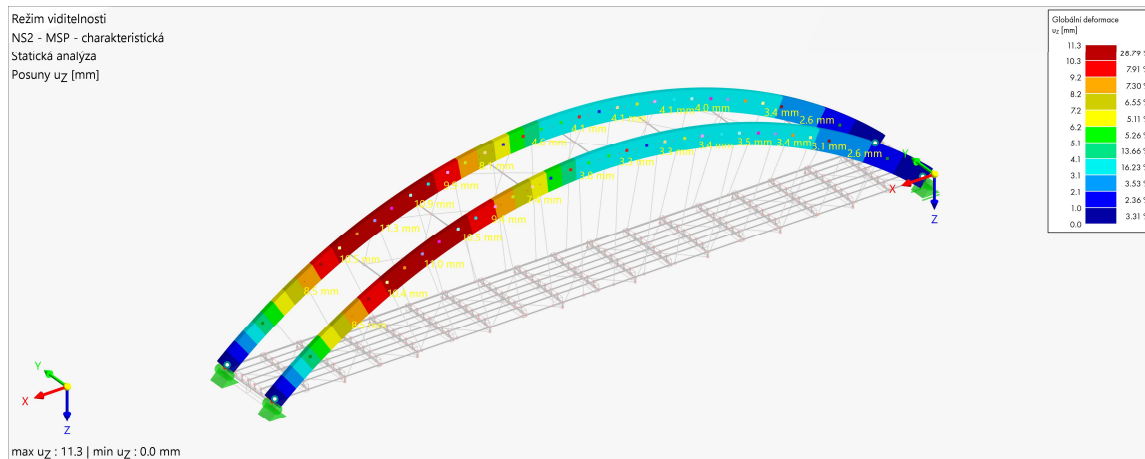
$$\eta = 0,960 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

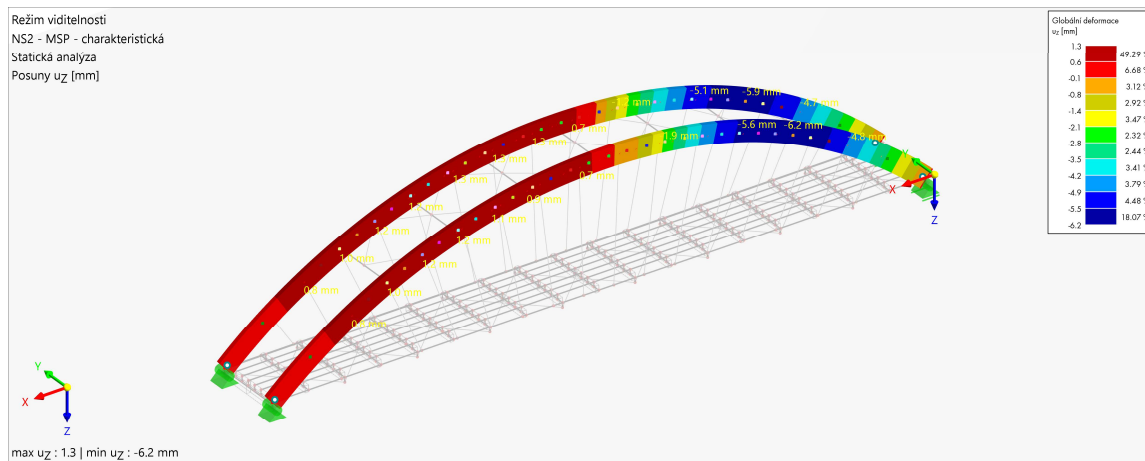


5.6.4 Průhyb

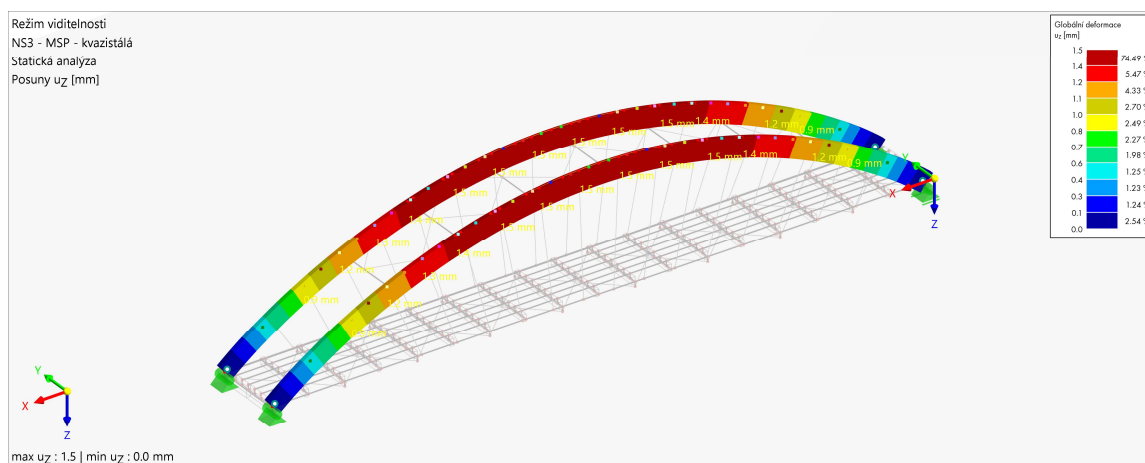
Obrázek 47 - maximální průhyb od charakteristických kombinací



Obrázek 48 - minimální průhyby proti směru osy z od charakteristických kombinací



Obrázek 49 - maximální průhyby od kvazistálé kombinace



5.6.5 Posouzení v MSP

5.6.5.1 Okamžitý průhyb

$$w_{max} = 11,3 \text{ mm}$$

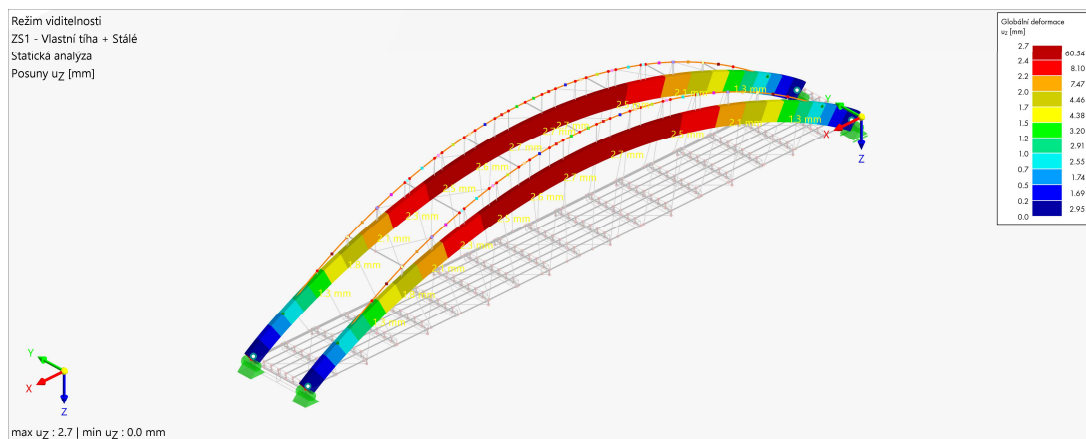
$$w_{lim} = \frac{L}{350} = \frac{39\,285}{350} = 112,2 \text{ mm}; L - \text{rozpětí pole}$$

$$w_{max} = 11,3 \text{ mm} \leq w_{lim} = 112,2 \text{ mm}$$

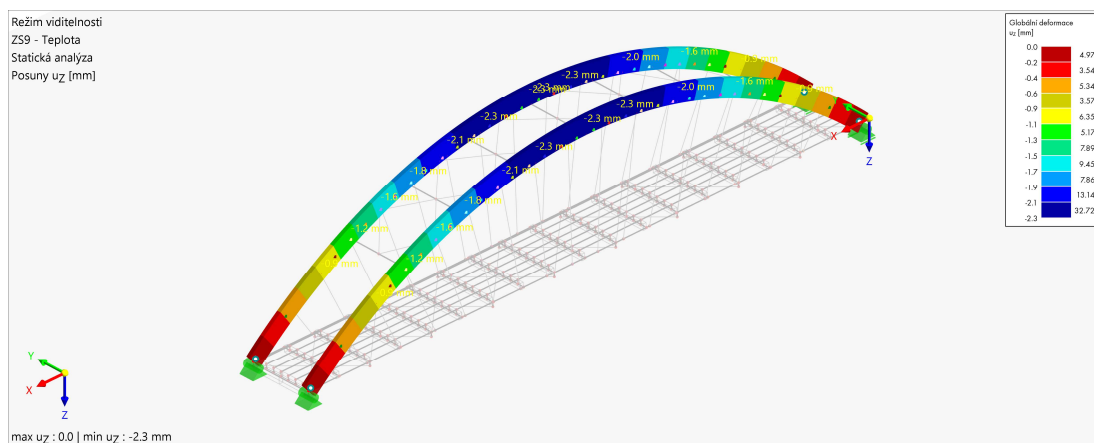
VYHOVUJE

5.6.5.2 Konečný průhyb

Obrázek 50 - průhyb od vlastní tíhy a stálého zatížení



Obrázek 51 - průhyb od zatížení teplotou





$$w_{net,fin,1} = w_{g,inst}(1 + k_{def}) + w_{t,inst}(1 + \psi_{2,5}k_{def})$$

$$w_{net,fin,2} = w_{g,inst}(1 + k_{def}) = 2,7(1 + 2,0) = 8,1 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin,max} = \frac{L}{300} = \frac{39\,285}{300} = 130,9 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} = 8,1 \text{ mm} \leq w_{net,fin,max} = 130,9 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

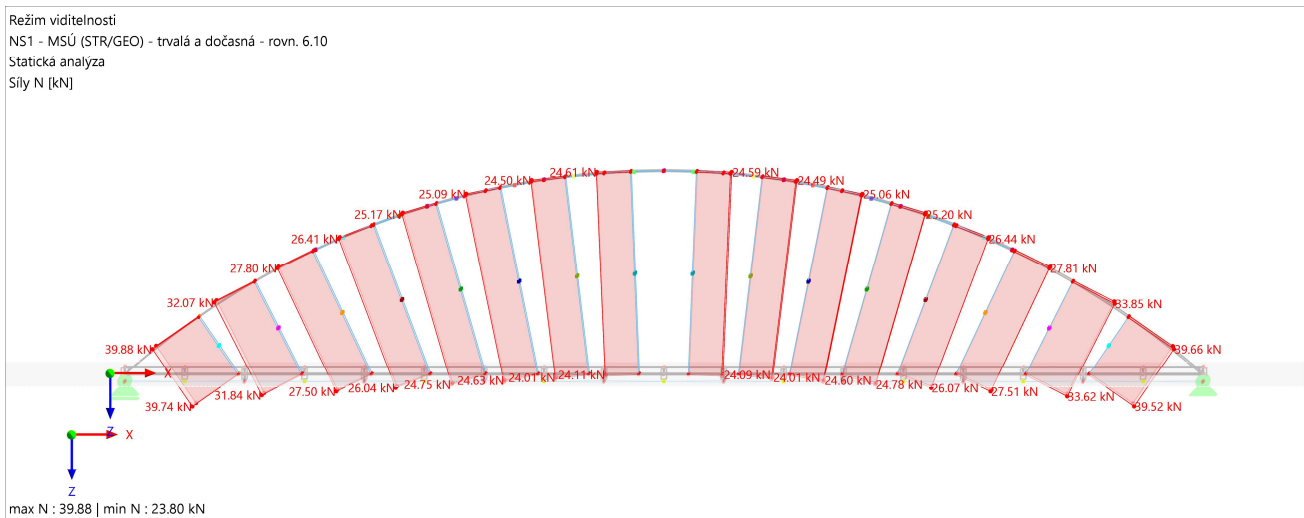


6. POSOUZENÍ OCELOVÝCH PRVKŮ

6.1 Závěsy

- Závěsy jsou navrženy jako plný kruhový profil o průměru 30 mm z oceli S275
- Všechny kombinace zatížení vyvodí v závěsech pouze tahové namáhání

Obrázek 52 - N_{Ed} – obálka průběhu normálových sil od kombinací, návrhové hodnoty



6.1.1 Posouzení na MSÚ

6.1.1.1 Posouzení na tah

$$N_{Ed} = 39,88 \text{ kN} = 39,88 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 30^2}{4} = 706,86 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} = \frac{275}{1,0} = 275,0 \text{ MPa}$$

$$N_{PL,Rd} = A \cdot f_{y,d} = 7,0686 \cdot 10^{-4} \cdot 275 = 194,39 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 39,88 \text{ kN} \leq N_{PL,Rd} = 194,39 \text{ kN}$$

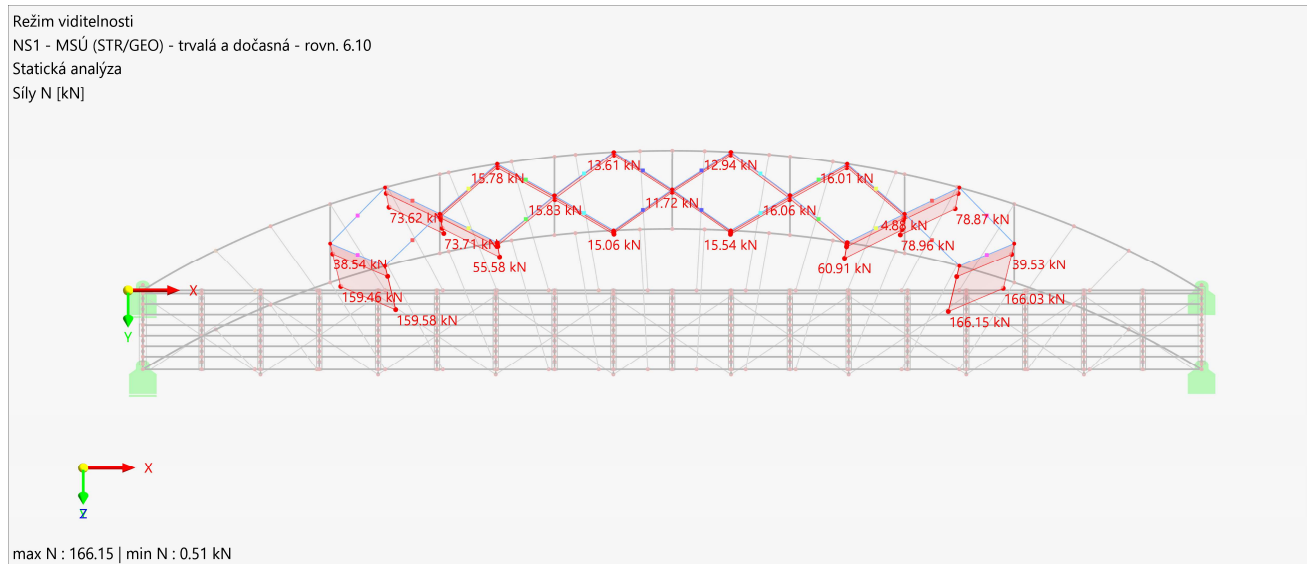
VYHOVUJE



6.2 Šikmá horní ztužidla

- Šikmá horní ztužidla jsou navržena jako ocelové trubky 76,1x6,3 mm
- Všechny kombinace zatížení vyvodí ve ztužidlech pouze tahové namáhání

Obrázek 53 - N_{Ed} – Obálka průběhu normálových sil, návrhové hodnoty



6.2.1 Posouzení na MSÚ

6.2.1.1 Posouzení na tah

$$N_{Ed} = 166,15 \text{ kN} = 166,15 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$A = 1381,0 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} = \frac{275}{1,0} = 275,0 \text{ MPa}$$

$$N_{PL,Rd} = A \cdot f_{y,d} = 1,381 \cdot 10^{-3} \cdot 275 = 379,78 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 166,15 \text{ kN} \leq N_{PL,Rd} = 379,78 \text{ kN}$$

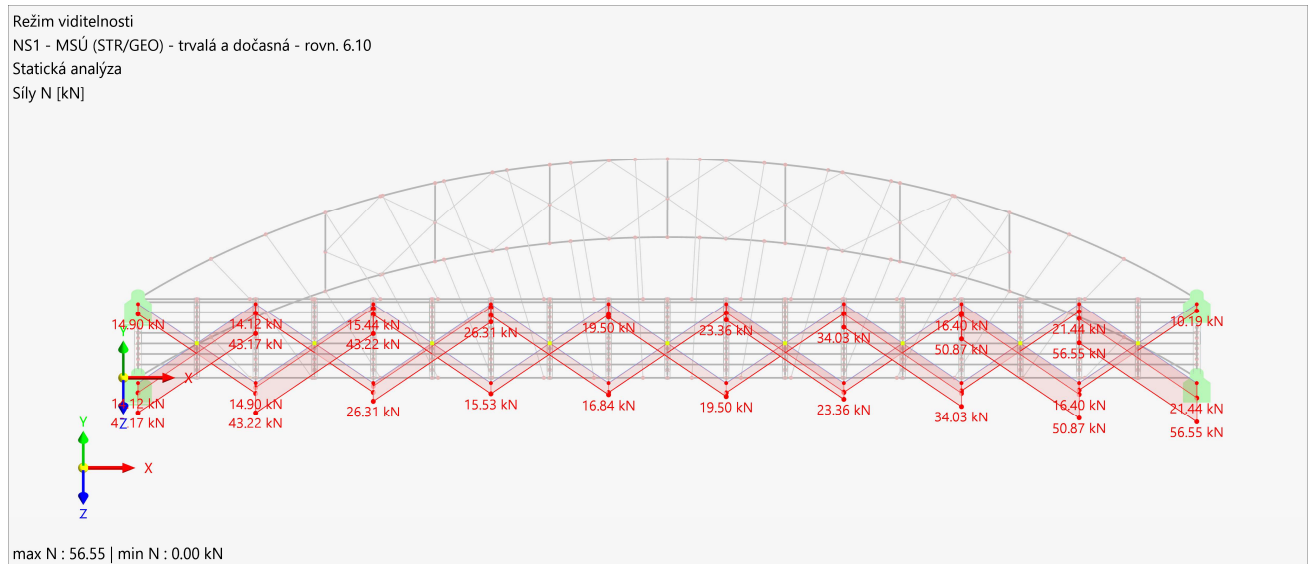
VYHOVUJE



6.3 Šikmá spodní ztužidla

- Šikmá horní ztužidla jsou navržena jako plný kruhový profil o průměru 30 mm
- Všechny kombinace zatížení vyvodí ve ztužidlech pouze tahové namáhání

Obrázek 54 - N_{Ed} – obálka průběhu normálových sil, návrhové hodnoty



6.3.1 Posouzení na MSÚ

6.3.1.1 Posouzení na tah

$$N_{Ed} = 56,55 \text{ kN}$$

$$A = 706,86 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_{M0}} = \frac{275}{1,0} = 275,0 \text{ MPa}$$

$$N_{Pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 7,07 \cdot 10^{-4} \cdot 275 = 194,42 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 56,55 \text{ kN} \leq N_{Pl,Rd} = 194 \text{ kN}$$

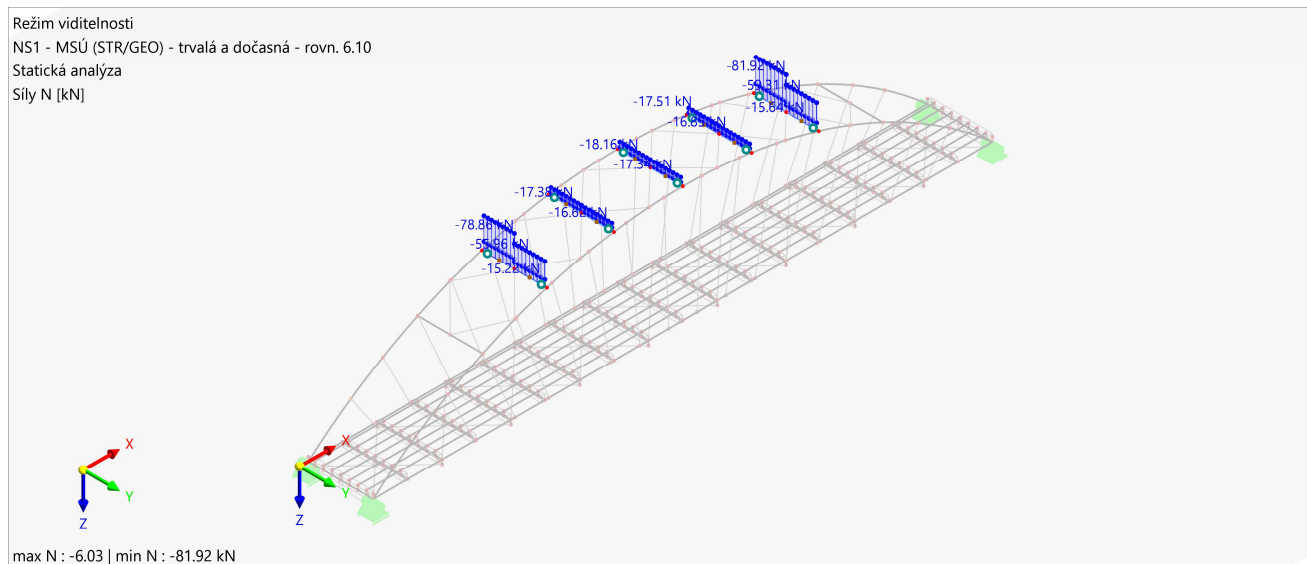
VYHOVUJE



6.4 Svislice horního ztužení

- Svislice horního ztužení jsou navrženy jako obdélníkové ocelové trubky
 200x120x16 mm

Obrázek 55 - N_{Ed} – obálka průběhu normálových sil, návrhové hodnoty



6.4.1 Posouzení na MSÚ

6.4.1.1 Posouzení na vzpěr

$$N_{Ed} = -81,92 \text{ kN}$$

$$A = 7210 \text{ mm}^2$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot \beta \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,477 \cdot 1,0 \cdot 7,21 \cdot 10^{-3} \cdot 275 \cdot 10^3}{1,1} = 859,79 \text{ kN}$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 + \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,891 + \sqrt{0,891^2 + 0,809^2}} = 0,477$$

Kde

$$\phi = 0,5[1 + \alpha_1(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5[1 + 0,21(0,809 - 0,2) + 0,809^2] = 0,891$$

$$\alpha_1 = 0,21$$



$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{3540}{46,6} = 75,97$$

$$\bar{\lambda} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_1}\right)\sqrt{\beta_A} = \left(\frac{75,97}{93,91}\right)\sqrt{1} = 0,809$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3}{235}} = 93,91$$

$$L_{cr} = \beta L = 1,0 \cdot 3,54 = 3,54 \text{ m}$$

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$$

$$N_{Ed} = 81,92 \text{ kN} \leq N_{b,Rd} = 859,79 \text{ kN}$$

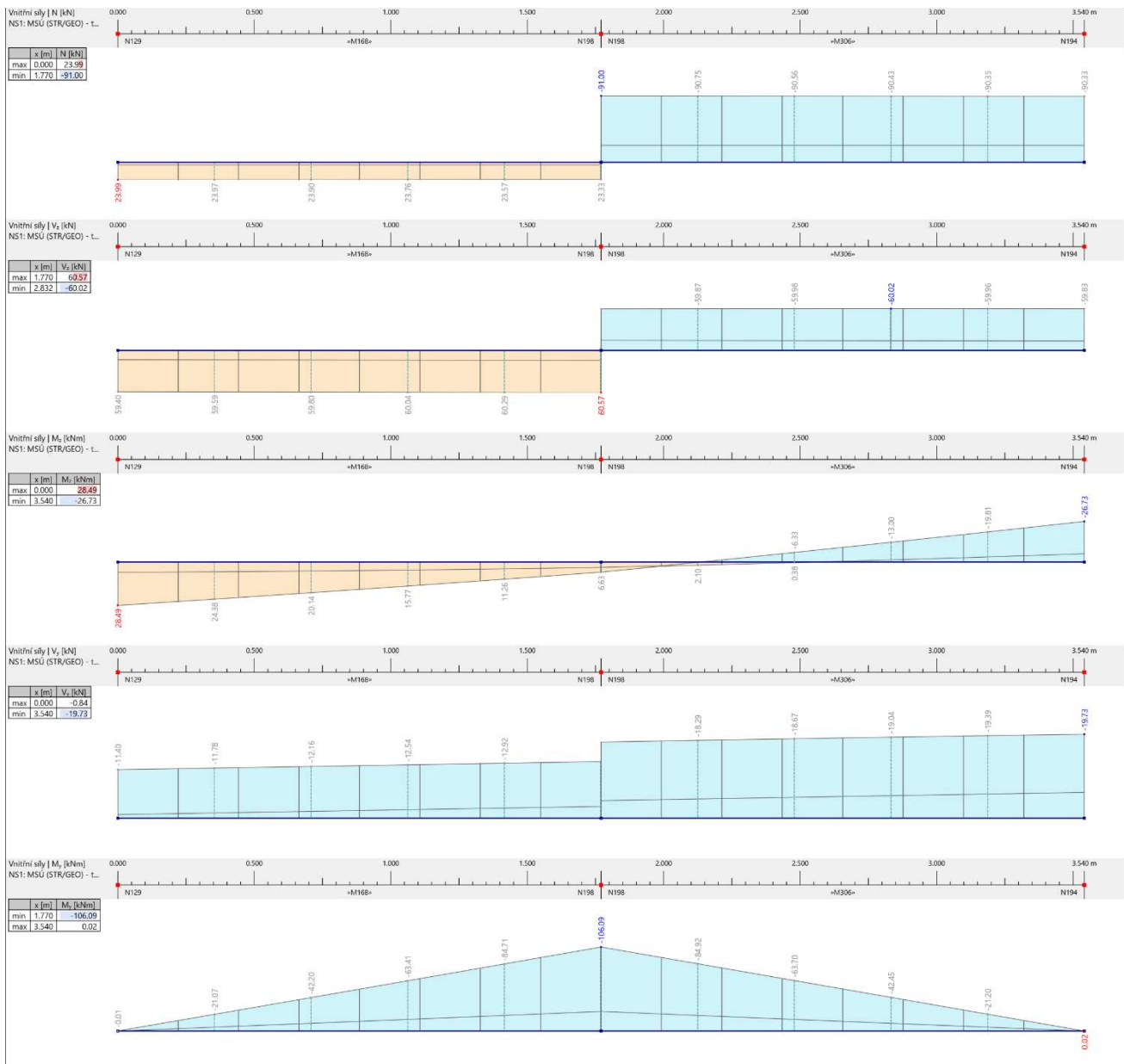
VYHOVUJE

6.5 Krajiní svislíce horního ztužení

- Na rozdíl od vnitřních je uvažována jako vetknutá
- Krajiní svislíce horního ztužení jsou navrženy jako obdélníkové ocelové trubky 200x120x16 mm

6.5.1 Průběhy vnitřních sil

Obrázek 56 - obálky vnitřních sil od kombinací, návrhové hodnoty





6.5.2 Posouzení na MSÚ

6.5.2.1 Posouzení na dvouosý ohyb a tah

$$N_{Ed} = 23,33 \text{ kN} = 23,33 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$M_{z,Ed} = 6,63 \text{ kN} = 6,63 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$M_{y,Ed} = 106,09 \text{ kN} = 106,09 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$N_{Pl,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,0115 \cdot \frac{275 \cdot 10^3}{1,0} = 3\,162,50 \text{ kN}$$

$$M_{Pl,z,Rd} = W_{Pl,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 9,06 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{275 \cdot 10^3}{1,0} = 249,15 \text{ kNm}$$

$$M_{Pl,y,Rd} = W_{Pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 6,25 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{275 \cdot 10^3}{1,0} = 171,88 \text{ kNm}$$

$$N_{lim,6.33} = 0,25 \cdot N_{Pl,Rd} = 0,25 \cdot 3\,162,50 = 790,63 \text{ kN}$$

$$N_{lim,6.34} = 0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot \frac{f_{y,w}}{\gamma_{M0}} = 0,5 \cdot 218 \cdot 16 \cdot \frac{275}{1,0} = 479,60 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 23,33 \text{ kN} \leq N_{lim,6.33} = 790,63 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 23,33 \text{ kN} \leq N_{lim,6.34} = 790,63 \text{ kN}$$

- Žádný účinek normálové síly na ohybovou únosnost kolem osy z

$$a_f = \frac{A - 2 \cdot h \cdot t_w}{A} = \frac{11500 - 2 \cdot 250 \cdot 16}{11500} = 0,304$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{Pl,Rd}} = \frac{23,33}{3162,50} = 0,007$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{Pl,y,Rd} \cdot \frac{1 - n}{1 - 0,5 \cdot a_f} = 171,88 \cdot \frac{1 - 0,007}{1 - 0,5 \cdot 0,304} = 201,23 \text{ kNm}$$

$$M_{N,y,Rd} = \min(M_{N,y,Rd}; M_{Pl,y,Rd}) = \min(201,23; 171,88) = 171,88 \text{ kNm}$$



$$\alpha = \frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot (n)^2} = \frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot (0,007)^2} = 1,66$$

$$\beta = \frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot (n)^2} = \frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot (0,007)^2} = 1,66$$

$$\eta_{M_z} = \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{Pl,z,Rd}}\right)^\alpha = \left(\frac{6,63}{249,15}\right)^{1,66} = 0,002$$

$$\eta_{M_y} = \left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{Pl,y,Rd}}\right)^\beta = \left(\frac{106,09}{171,88}\right)^{1,66} = 0,449$$

$$\eta = \eta_{M_z} + \eta_{M_y} = 0,002 + 0,449 = 0,451$$

$$\eta = 0,451 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

6.5.2.2 Posouzení na smyk v ose z

$$V_{z,Ed} = 60,57 \text{ kN} = 60,57 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$A_{v,z} = 4313 \text{ mm}^2$$

$$V_{Pl,z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}}\right)}{\gamma_{M0}} = \frac{4313 \cdot \left(\frac{275}{\sqrt{3}}\right)}{1,0} = 684,70 \text{ kN}$$

$$\eta_{V_z} = \frac{V_{z,Ed}}{V_{Pl,z,Rd}} = \frac{60,57}{684,70} = 0,088$$

$$\eta_{V_z} = 0,088 \leq 1,0$$

VYHOVUJE



6.5.2.3 Posouzení na vzpěr

- Tlačená je jen polovina prutu

$$N_{Ed} = -91,00 \text{ kN}$$

$$A = 7210 \text{ mm}^2$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot \beta \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,753 \cdot 1,0 \cdot 7,21 \cdot 10^{-3} \cdot 275 \cdot 10^3}{1,0} = 1493,01 \text{ kN}$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 + \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,603 + \sqrt{0,603^2 + 0,404^2}} = 0,753$$

Kde

$$\phi = 0,5[1 + \alpha_1(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5[1 + 0,21(0,404 - 0,2) + 0,404^2] = 0,603$$

$$\alpha_1 = 0,21$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{1770}{46,6} = 37,98$$

$$\bar{\lambda} = \left(\frac{\lambda}{\lambda_1}\right)\sqrt{\beta_A} = \left(\frac{37,98}{93,91}\right)\sqrt{1} = 0,404$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3}{235}} = 93,91$$

$$L_{cr} = \beta L = 1,0 \cdot 1,77 = 1,77 \text{ m}$$

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$$

$$N_{Ed} = 91,00 \text{ kN} \leq N_{b,Rd} = 112,095 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

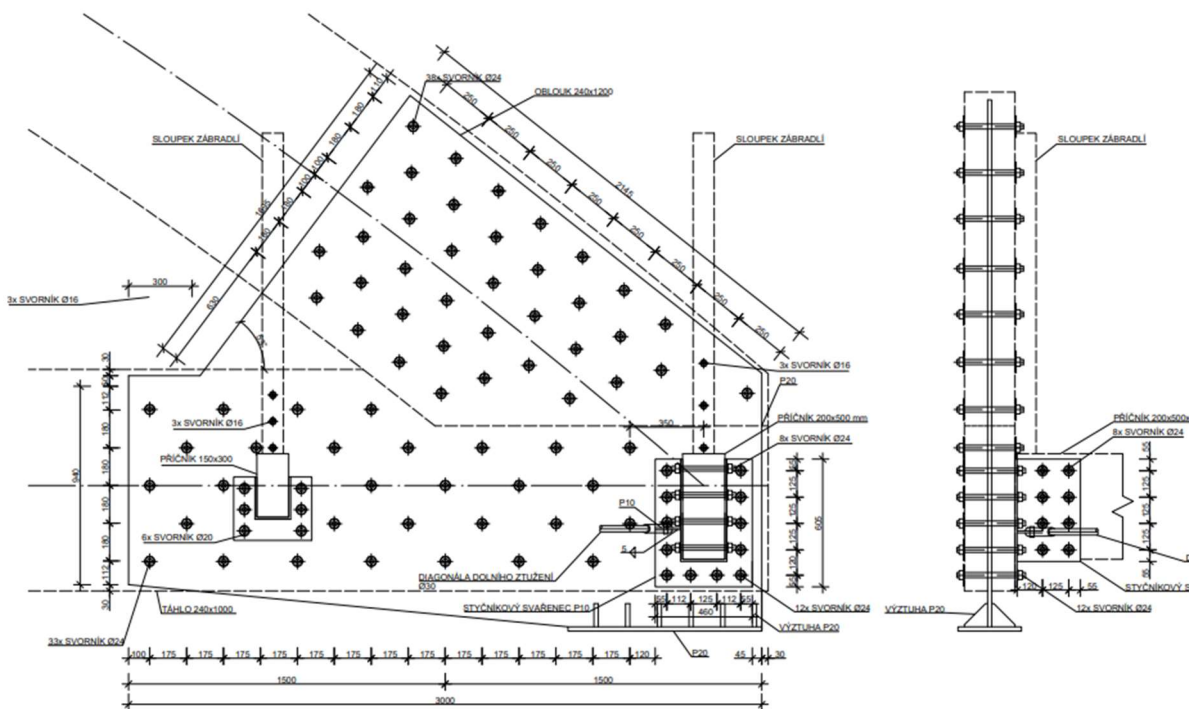


7. NÁVRH HLAVNÍCH DETAILŮ

7.1 Spoj oblouku a hlavního táhla

- spoj oblouku s táhlem je proveden pomocí plechu zaříznutého do táhla a oblouku a je sepnutý pomocí 71 dvojstrážně namáhaných svorníků o průměru 24mm

Obrázek 57 - spoj táhla s obloukem



7.1.1 Posouzení v místě oblouku

7.1.1.1 Posouzení na střih

$$M_{Ed} = 26,18 \text{ kNm} = 26,18 \cdot 10^6 \text{ Nmm}^2$$

$$V_{Ed} = -31,73 \text{ kN} = -31,73 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$N_{Ed} = -424,4 \text{ kN} = -424,4 \cdot 10^3 \text{ N}$$



Zatížení svorníků

$$n = 38$$

$$r_1 = 100 \text{ mm}$$

$$r_2 = 280 \text{ mm}$$

$$r_3 = 460 \text{ mm}$$

$$F_{V,Ed} = \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{31,73}{38} = 0,84 \text{ kN}$$

$$F_{N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{424,4}{38} = 11,17 \text{ kN}$$

$$F_{M,Ed} = N_6 = 5,02 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = \sqrt{(F_{M,Ed} + F_{V,Ed})^2 + F_{N,Ed}^2} = \sqrt{(5,02 + 0,84)^2 + 11,17^2}$$

$$F_{Ed} = N_6 = 12,61 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho svorníku

$$f_{u,k} = 800 \text{ MPa}$$

$$M_{y,R,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 24^{2,6} = 930594,5 \text{ Nmm}$$

$$F_{v,R,k} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 44,59 \text{ kN} \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,R,k}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,R,k}}{4} = 29,47 \text{ kN} \quad \text{- únosnost v jednom stříhu} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,R,k} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,R,k}}{4} = 44,67 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$F_{ax,R,k} = 0$$

$$F_{v,R,k} = 4,85 \text{ kN}$$

$$k_{c,90} = 1,3 + 0,015 \cdot d = 1,3 + 0,015 \cdot 24 = 1,66$$

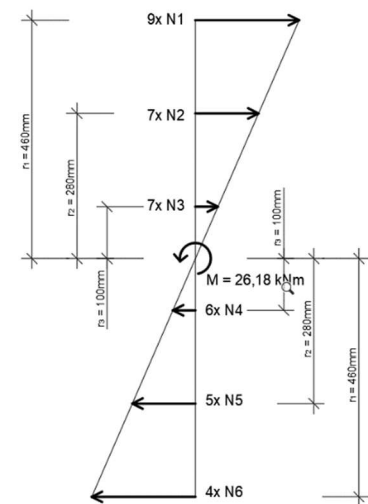
$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 24) \cdot 450 = 28,04 \text{ MPa}$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{c,90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha)} = \frac{28,04}{1,66 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)} = 16,89 \text{ MPa}$$

Posouzení

$$F_{v,R,k,d} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,R,k}}{\gamma_M} = \frac{0,7 \cdot 4,85}{1,25} = 2,68 \text{ kN}$$

Obrázek 58 - schéma pro výpočet síly od momentu





$$F_{Ed} = 12,61 \text{ kN} \leq 2 \cdot F_{v,Rk,d} = 2 \cdot 16,50 = 33,00 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

7.1.2 Posouzení v místě táhla

7.1.2.1 Posouzení na stříh

$$M_{Ed} = 20,27 \text{ kNm} = 20,27 \cdot 10^6 \text{ Nmm}^2$$

$$V_{Ed} = 38,14 \text{ kN} = 38,14 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$N_{Ed} = 280,00 \text{ kN} = 280,14 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Zatížení svorníků

$$n = 33$$

$$r_1 = 360 \text{ mm}$$

$$r_2 = 180 \text{ mm}$$

$$F_{V,Ed} = \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{38,14}{33} = 1,16 \text{ kN}$$

$$F_{N,Ed} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{280,00}{33} = 8,48 \text{ kN}$$

$$F_{M,Ed} = N_1 = 5,63 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = \sqrt{(F_{M,Ed} + F_{V,Ed})^2 + F_{N,Ed}^2} = \sqrt{(5,63 + 1,16)^2 + 8,48^2} = 10,86 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho svorníku

$$f_{u,k} = 800 \text{ MPa}$$

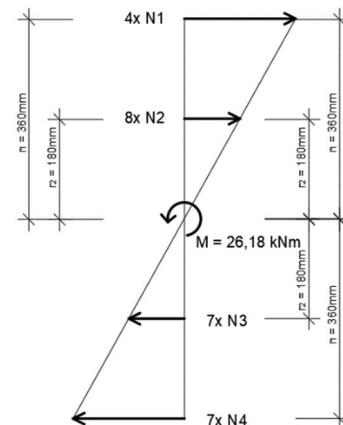
$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 10^3 \cdot 0,024^{2,6} = 14,75 \text{ kNm}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 44,59 \text{ kN} \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 29,47 \text{ kN} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 44,67 \text{ kN} \end{cases} \quad \text{- únosnost v jednom stříhu}$$

$$F_{ax,Rk} = 0$$

$$F_{v,Rk} = 29,47 \text{ kN}$$

Obrázek 59 - schéma pro výpočet síly od momentu





$$k_{c,90} = 1,3 + 0,015 \cdot d = 1,3 + 0,015 \cdot 24 = 1,66$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 24) \cdot 450 = 28,04 \text{ MPa}$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{c,90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha)} = \frac{28,04}{1,66 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)} = 16,89 \text{ MPa}$$

Posouzení

$$F_{v,Rk,d} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,R,k}}{\gamma_M} = \frac{0,7 \cdot 29,47}{1,25} = 16,50 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 10,86 \text{ kN} \leq 2 \cdot F_{v,Rk,d} = 33,00 \text{ kN}$$

VYHOVUJE



7.2 Přípoj závěsu

Obrázek 60 - přípoj závěsu

7.2.1 Posouzení otláčení dřeva

$$N_{Ed} = 39,88 \text{ kN} = 39,88 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$A_{plech} = 180 \cdot 400 = 72\,000 \text{ mm}^2 = 0,072 \text{ m}^2$$

$$f_{c,90,k} = 2,5$$

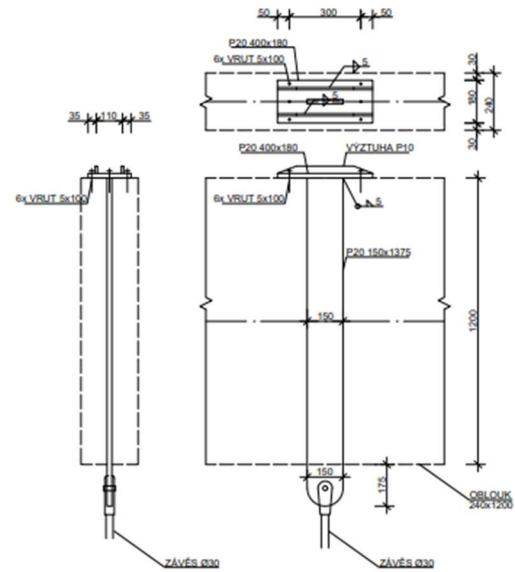
$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} = \frac{0,7 \cdot 2,5}{1,25} = 1,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_{Ed}}{A_{plech}} = \frac{39,88}{0,072} = 553,89 \text{ kPa} = 0,554 \text{ MPa}$$

Posouzení

$$\sigma_{c,90,d} = 0,554 \text{ MPa} \leq f_{c,90,d} = 1,4 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE





7.3 Přípoj příčnicku

Obrázek 61 - přípoj příčnicku

7.3.1 Posouzení na stříh

$$V_{Ed} = 28,35 \text{ kN}$$

Zatížení svorníků

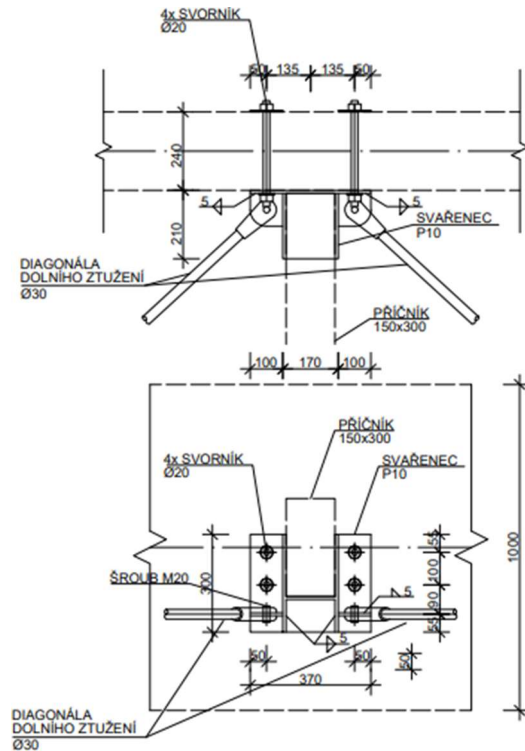
$$n = 4$$

$$F_{V,Ed} = \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{28,35}{4} = 7,09 \text{ kN}$$

$$f_{u,k} = 800 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 20^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 324\,282,26 \text{ Nmm}$$



$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d = 32,43 \text{ kN} \\ 1,15 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 13,18 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$F_{ax,Rk} = 0$$

$$F_{v,Rk} = 13,18 \text{ kN}$$

$$k_{c,90} = 1,3 + 0,015 \cdot d = 1,3 + 0,015 \cdot 24 = 1,66$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 24) \cdot 450 = 28,04 \text{ MPa}$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{c,90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha)} = \frac{28,04}{1,66 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)} = 16,89 \text{ MPa}$$

Posouzení

$$F_{v,Rk,d} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,7 \cdot 29,74}{1,25} = 7,38 \text{ kN}$$

$$F_{V,Ed} = 7,09 \text{ kN} \leq F_{v,Rk,d} = 7,38 \text{ kN}$$

VYHOVUJE



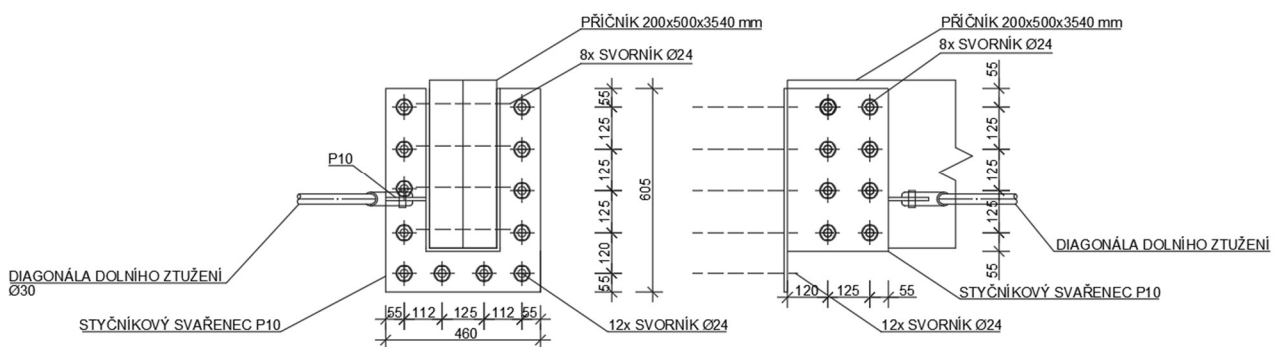
7.4 Přípoj koncového příčnicku

$$V_{y,Ed} = 14,60 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 55,57 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 9,49 \text{ kNm}$$

Obrázek 62 - přípoj koncového příčnicku



Obrázek 63 - schéma pro výpočet síly od momentu

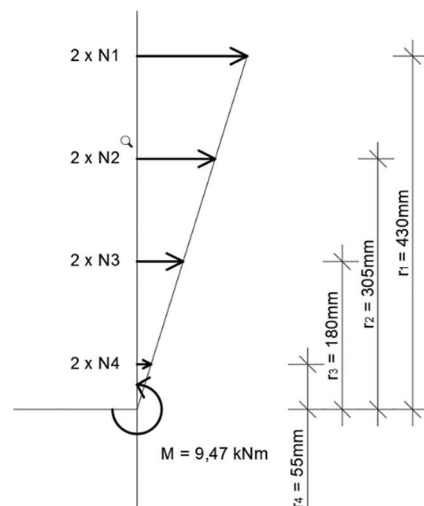
7.4.1 Přípoj svařence k hlavnímu táhlu

Zatížení svorníků

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{r_2}{r_1}$$

$$\frac{N_3}{N_1} = \frac{r_3}{r_1}$$

$$\frac{N_4}{N_1} = \frac{r_4}{r_1}$$



$$M = 2 \cdot N_1 \cdot r_1 + 2 \cdot N_2 \cdot r_2 + 2 \cdot N_3 \cdot r_3 + 2 \cdot N_4 \cdot r_4 = 9,49 \text{ kNm}$$

$$M = 2 \cdot N_1 \cdot r_1 + 2 \cdot N_1 \frac{r_2^2}{r_1} + 2 \cdot N_1 \frac{r_3^2}{r_1} + 2 \cdot N_1 \frac{r_4^2}{r_1}$$



$$M = 2 \cdot N_1 \cdot 0,430 + 2 \cdot N_1 \frac{0,305^2}{0,430} + 2 \cdot N_1 \frac{0,180^2}{0,430} + 2 \cdot N_1 \frac{0,055^2}{0,430}$$

$$N_1 = 6,683 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 6,683 \text{ kN}$$

7.4.1.1 Posouzení na přetržení svorníku

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$A = 452,39 \text{ mm}^2 = 4,534 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$N_{PL,Rd} = f_{u,b} \cdot A = 800 \cdot 10^3 \cdot 4,534 \cdot 10^{-4} = 391,91 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 6,683 \leq N_{PL,Rd} = 391,91 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

7.4.1.2 Posouzení na zatlačení podložky

$$d = 100 \text{ mm}$$

$$A = 7,854 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_1}{A} = \frac{6,683}{7,854 \cdot 10^{-3}} = 850,90 \text{ kPa} = 0,851 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} = \frac{0,7 \cdot 2,5}{1,25} = 1,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,90,d} = 0,851 \text{ MPa} \leq f_{c,90,d} = 1,4 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

7.4.1.3 Posouzení na stříh

$$V_{y,Ed} = 14,69 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 60,18 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2} = \sqrt{14,60^2 + 55,57^2} = 57,46 \text{ kN}$$

Zatížení svorníků

$$n = 12$$

$$F_{V,Ed} = \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{61,95}{12} = 4,79 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho svorníku

$$f_{u,k} = 800 \text{ MPa}$$



$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 24^{2,6} = 930\,594,47 \text{ Nmm}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d = 38,91 \text{ kN} \\ 1,15 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 22,34 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$F_{ax,Rk} = 0$$

$$F_{v,Rk} = 22,34 \text{ kN}$$

$$k_{c,90} = 1,3 + 0,015 \cdot d = 1,3 + 0,015 \cdot 24 = 1,66$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 24) \cdot 450 = 28,04 \text{ MPa}$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{c,90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha)} = \frac{28,04}{1,66 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)} = 16,89 \text{ MPa}$$

Posouzení

$$F_{v,Rk,d} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,7 \cdot 22,34}{1,25} = 12,51 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 4,79 \text{ kN} \leq F_{v,Rk,d} = 12,51 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

7.4.1.4 Posouzení na kombinaci tahu a stříhu

$$\eta_N = \frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{c,90,d}} = \frac{0,851}{1,4} = 0,608$$

$$\eta_V = \frac{F_{V,Ed}}{F_{v,Rk,d}} = \frac{4,79}{12,51} = 0,383$$

$$\eta_N + \eta_V \leq 1,0$$

$$0,608 + 0,383 = 0,991 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

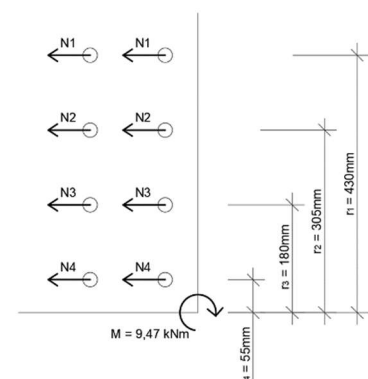
7.4.2 Přípoj příčnicku ke svařenci

7.4.2.1 Posouzení na stříh

Zatížení svorníků

$$M = 2 \cdot N_1 \cdot r_1 + 2 \cdot N_2 \cdot r_2 + 2 \cdot N_3 \cdot r_3 + 2 \cdot N_4 \cdot r_4 = 9,49 \text{ kNm}$$

Obrázek 64 - schéma pro výpočet síly od momentu





$$M = 2 \cdot N_1 \cdot r_1 + 2 \cdot N_1 \frac{r_2^2}{r_1} + 2 \cdot N_1 \frac{r_3^2}{r_1} + 2 \cdot N_1 \frac{r_4^2}{r_1}$$

$$M = 2 \cdot N_1 \cdot 0,430 + 2 \cdot N_1 \frac{0,305^2}{0,430} + 2 \cdot N_1 \frac{0,180^2}{0,430} + 2 \cdot N_1 \frac{0,055^2}{0,430}$$

$$N_1 = 6,683 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 6,683 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho svorníku

$$f_{u,k} = 800 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 24^{2,6} = 930594,5 \text{ Nmm}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 40,536 \text{ kN} \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} = 31,587 \text{ kN} \end{array} \right. \quad \text{- únosnost v jednom stříhu}$$

$$F_{ax,Rk} = 0$$

$$F_{v,Rk} = 29,47 \text{ kN}$$

$$k_{c,90} = 1,3 + 0,015 \cdot d = 1,3 + 0,015 \cdot 24 = 1,66$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 24) \cdot 450 = 28,04 \text{ MPa}$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{c,90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha)} = \frac{28,04}{1,66 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)} = 16,89 \text{ MPa}$$

Posouzení

$$F_{v,Rk,d} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,7 \cdot 31,587}{1,25} = 17,689 \text{ kN}$$

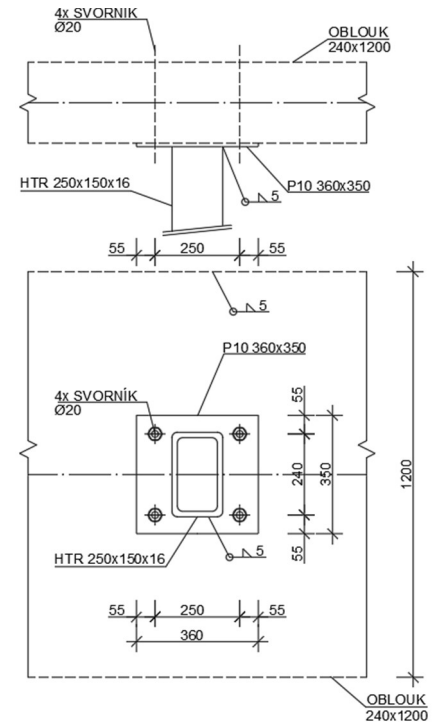
$$F_{Ed} = 6,683 \text{ kN} \leq F_{v,Rk,d} = 17,689 \text{ kN}$$

VYHOVUJE



7.5 Přípoj vnitřní svislíce horního ztužení

Obrázek 65 - přípoj vnitřní svislíce horního ztužení



7.5.1 Posouzení svorníků ve střihu

$$V_{Ed} = 2,48 \text{ kN}$$

Zatížení svorníků

$$n = 4$$

$$F_{N,Ed} = \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{2,48}{4} = 0,62 \text{ kN}$$

$$f_{u,k} = 800 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 20^{2,6} =$$

$$324\,282,26 \text{ Nmm}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d = 32,43 \text{ kN} \\ 1,15 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 13,18 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$F_{ax,Rk} = 0$$

$$F_{v,Rk} = 13,18 \text{ kN}$$

$$k_{c,90} = 1,3 + 0,015 \cdot d = 1,3 + 0,015 \cdot 24 = 1,66$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 24) \cdot 450 = 28,04 \text{ MPa}$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{c,90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha)} = \frac{28,04}{1,66 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)} = 16,89 \text{ MPa}$$

Posouzení

$$F_{v,Rk,d} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,7 \cdot 29,74}{1,25} = 7,38 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 0,62 \text{ kN} \leq F_{v,Rk,d} = 7,38 \text{ kN}$$

VYHOVUJE



7.5.2 Posouzení na otláčení dřeva

$$N_{Ed} = 25,67 \text{ kN} = 25,67 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$A_{plech} = 360 \cdot 350 = 126\,000 \text{ mm}^2 = 0,126 \text{ m}^2$$

$$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} = \frac{0,7 \cdot 2,5}{1,25} = 1,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{N_{Ed}}{A_{plech}} = \frac{25,67}{0,126} = 203,73 \text{ kPa} = 0,204 \text{ MPa}$$

Posouzení

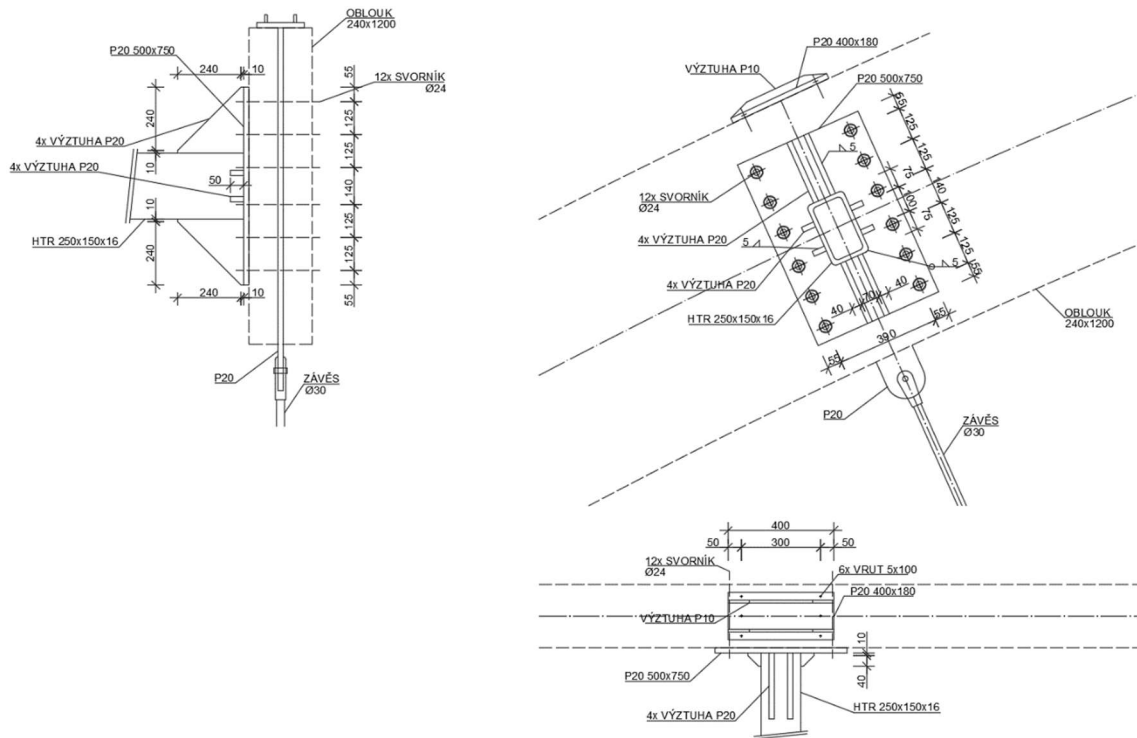
$$\sigma_{c,90,d} = 0,204 \text{ MPa} \leq f_{c,90,d} = 1,400 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE



7.6 Přípoj krajní svislice horního ztužení

Obrázek 66 - přípoj krajní svislice horního ztužení



$$V_{y,Ed} = 14,26 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 81,36 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 20,06 \text{ kNm}$$

$$F_{Ed} = N_1 = 13,26 \text{ kN}$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{r_2}{r_1}$$

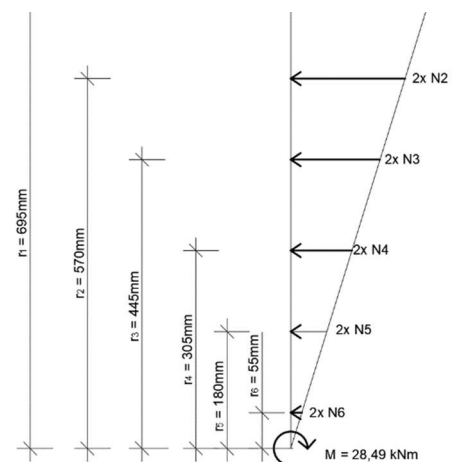
$$\frac{N_3}{N_1} = \frac{r_3}{r_1}$$

$$\frac{N_4}{N_1} = \frac{r_4}{r_1}$$

$$\frac{N_5}{N_1} = \frac{r_5}{r_1}$$

$$\frac{N_6}{N_1} = \frac{r_6}{r_1}$$

Obrázek 67 - schéma pro výpočet síly od momentu



$$M = 2 \cdot N_1 \cdot r_1 + 2 \cdot N_2 \cdot r_2 + 2 \cdot N_3 \cdot r_3 + 2 \cdot N_4 \cdot r_4 + 2 \cdot N_5 \cdot r_5 + 2 \cdot N_6 \cdot r_6 = 28,49 \text{ kNm}$$



$$M = 2 \cdot N_1 \cdot r_1 + 2 \cdot N_1 \frac{r_2^2}{r_1} + 2 \cdot N_1 \frac{r_3^2}{r_1} + 2 \cdot N_1 \frac{r_4^2}{r_1} + 2 \cdot N_1 \frac{r_5^2}{r_1} + 2 \cdot N_1 \frac{r_6^2}{r_1}$$
$$28,49 = 2 \cdot N_1 \cdot 0,695 + 2 \cdot N_1 \frac{0,570^2}{0,695} + 2 \cdot N_1 \frac{0,445^2}{0,695} + 2 \cdot N_1 \frac{0,305^2}{0,695} + 2 \cdot N_1 \frac{0,180^2}{0,695} + 2 \cdot N_1 \frac{0,055^2}{0,695}$$

$$N_1 = 8,73 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 8,73 \text{ kN}$$

7.6.1 Posouzení na přetržení svorníku

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$A = 452,39 \text{ mm}^2 = 4,534 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$N_{PL,Rd} = f_{u,b} \cdot A = 800 \cdot 10^3 \cdot 4,534 \cdot 10^{-4} = 391,91 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 8,73 \text{ kN} \leq N_{PL,Rd} = 391,91 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

7.6.2 Posouzení na zatlačení podložky

$$d = 125 \text{ mm}$$

$$A = 12,27 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{Ed}}{A} = \frac{13,26}{12,27 \cdot 10^{-3}} = 711,49 \text{ kPa} = 0,711 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,90,k}}{\gamma_M} = \frac{0,7 \cdot 2,5}{1,25} = 1,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,90,d} = 0,711 \text{ MPa} \leq f_{c,90,d} = 1,4 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

7.6.3 Posouzení přípoje na střih

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{z,Ed}^2 + V_{y,Ed}^2} = \sqrt{81,36^2 + 14,26^2} = 82,60 \text{ kN}$$

Zatížení svorníků

$$n = 12$$

$$F_{V,Ed} = \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{82,60}{12} = 6,88 \text{ kN}$$

$$f_{u,k} = 800 \text{ MPa}$$



$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 24^{2,6} = 930\,594,48 \text{ Nmm}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 16,89 \cdot 240 \cdot 24 \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot 930\,594,48}{16,89 \cdot 24 \cdot 240^2}} - 1 \right] = 45,68 \text{ kN} \\ 2,3 \sqrt{930\,594,48 \cdot 16,89 \cdot 24} = 44,67 \text{ kN} \\ 16,89 \cdot 240 \cdot 24 = 97,29 \text{ kN} \end{array} \right.$$

$$F_{ax,Rk} = 0$$

$$F_{v,Rk} = 44,67 \text{ kN}$$

$$k_{c,90} = 1,3 + 0,015 \cdot d = 1,3 + 0,015 \cdot 24 = 1,66$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 24) \cdot 450 = 28,04 \text{ MPa}$$

$$f_{h,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{c,90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha)} = \frac{28,04}{1,66 \cdot \sin^2(90) + \cos^2(90)} = 16,89 \text{ MPa}$$

Posouzení

$$F_{v,Rk,d} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = \frac{0,7 \cdot 44,67}{1,25} = 25,02 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 6,88 \text{ kN} \leq F_{v,Rk,d} = 25,02 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

7.6.4 Posouzení na kombinaci tahu a stříhu

$$\eta_N = \frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{c,90,d}} = \frac{0,711}{1,4} = 0,508$$

$$\eta_V = \frac{F_{V,Ed}}{F_{v,Rk,d}} = \frac{6,88}{25,02} = 0,275$$

$$\eta_N + \eta_V \leq 1,0$$

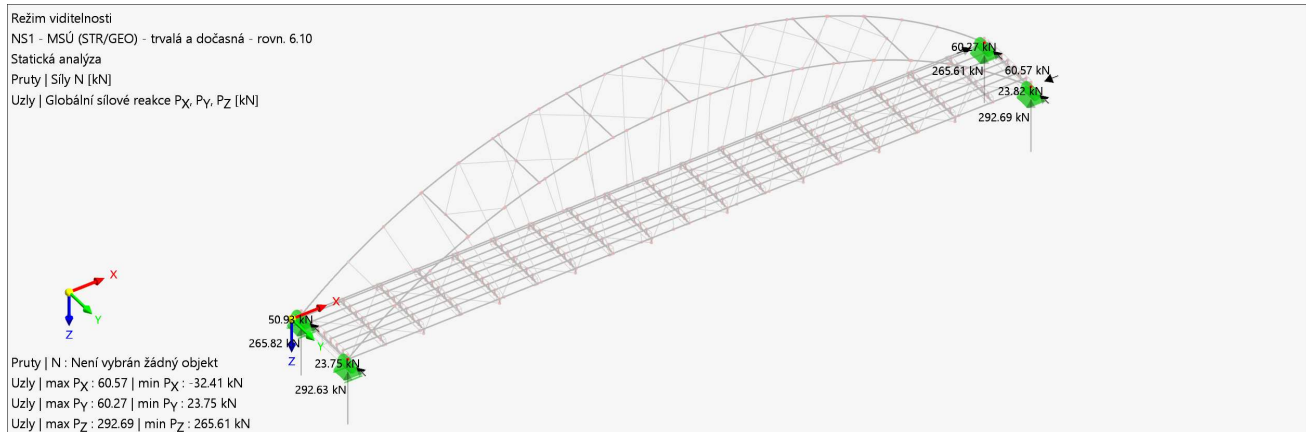
$$0,508 + 0,275 = 0,783 \leq 1,0$$

VYHOVUJE



8. NÁVRH LOŽISEK

Obrázek 68 - maximální podporové reakce od kombinací, návrhové hodnoty



8.1 Návrh pevného ložiska

2x elastomerové ložisko HELMOS ELV 200 x 250 mm, tl. 41 mm, všesměrně pevné

$$F_z = 625 \text{ kN} = 625 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_x = 124 \text{ kN} = 124 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_y = 65 \text{ kN} = 65 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Posouzení

$$P_{z,max} = 292,69 \text{ kN} = 292,69 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$P_{y,max} = 60,27 \text{ kN} = 60,27 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$P_{x,max} = 60,57 \text{ kN} = 60,57 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$P_{z,max} = 292,69 \text{ kN} \leq F_z = 625 \text{ kN}$$

$$P_{y,max} = 60,27 \text{ kN} \leq F_y = 65 \text{ kN}$$

$$P_{x,max} = 60,57 \text{ kN} \leq F_x = 124 \text{ kN}$$

VYHOVUJE



8.2 Návrh podélně posuvného ložiska

2x elastomerové ložisko HELMOS ELV 200 x 250 mm, tl. 41 mm, příčně pevné

$$F_z = 625 \text{ kN} = 625 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_y = 137 \text{ kN} = 137 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$u_{x,max} = 20 \text{ mm}$$

Posouzení

$$P_{z,max} = 292,63 \text{ kN} = 292,63 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$P_{y,max} = 50,93 \text{ kN} = 50,93 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$u_x = 15,4 \text{ mm}$$

$$P_{z,max} = 292,63 \text{ kN} \leq F_z = 625 \text{ kN}$$

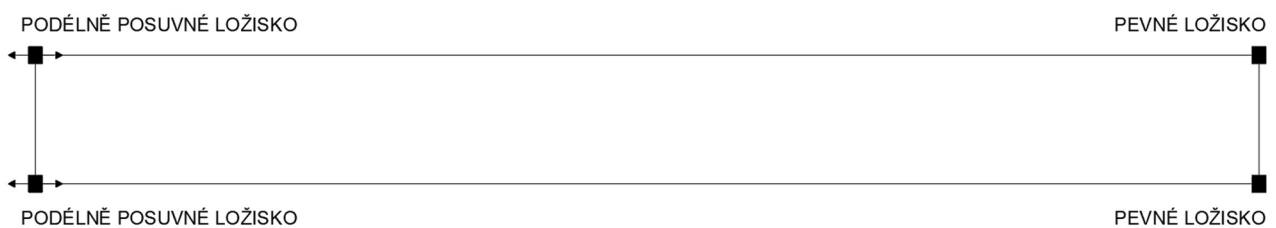
$$P_{y,max} = 50,93 \text{ kN} \leq F_y = 137 \text{ kN}$$

$$u_x = 15,4 \text{ mm} \leq u_{x,max} = 20 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

8.3 Schéma rozmístění ložisek

Obrázek 69 - schéma rozmístění ložisek





9. ZÁVĚR

Navržená lávka, díky větší průchozí šířce, představuje kapacitnější alternativu současné lávky a zároveň je využito více dřeva, jakožto přírodního a udržitelného materiálu. Navržené prvky a detaily vyhověly v obou mezních stavech.



10. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - znázornění dřevěných prvků lávky	7
Obrázek 2 - příčný řez obloukem	7
Obrázek 3 - příčný řez hlavním táhlem	8
Obrázek 4 - příčný řez příčnickem	8
Obrázek 5 - příčný řez koncovým příčnickem	9
Obrázek 6 - příčný řez podélníkem	9
Obrázek 7 - příčný řez fošnou	10
Obrázek 8 - znázornění ocelových prvků lávky	11
Obrázek 9 - příčný řez svislicí horního ztužení	11
Obrázek 10 - příčný řez diagonálou horního ztužení	11
Obrázek 11 - příčný řez dolním ztužidlem	12
Obrázek 12 - příčný řez závěsem	12
Obrázek 13 - Zatížení lávky větrem, charakteristická hodnota	13
Obrázek 14 - výřez ze sněhové mapy	14
Obrázek 15 - zatížení lávky sněhem, charakteristická hodnota	14
Obrázek 16 - zatížení lávky davem, charakteristická hodnota	15
Obrázek 17 - zatížení poloviny lávky davem, charakteristická hodnota	15
Obrázek 18 - příčný řez a statické schéma fošny	18
Obrázek 19 - průběh M_{Ed} na fošně, návrhové hodnoty	18
Obrázek 20 - průběh V_{Ed} na fošně, návrhové hodnoty	19
Obrázek 21 - statické schéma podélníku	20
Obrázek 22 - obálky vnitřních sil od kombinací, návrhové hodnoty	20
Obrázek 23 - statické schéma příčnicku	24
Obrázek 24 - obálky vnitřních sil od kombinací, návrhové hodnoty	24
Obrázek 25 - statické schéma koncového příčnicku	28
Obrázek 26 - obálky vnitřních sil od kombinací, návrhové hodnoty	28
Obrázek 27 - maximální průhyby od charakteristických kombinací	31
Obrázek 28 - maximální průhyby od kvazistálé kombinace	31
Obrázek 29 - obálky vnitřních sil od kombinací, návrhové hodnoty	32
Obrázek 30 - maximální průhyby hlavního táhla ve směru osy z od charakteristických kombinací	35
Obrázek 31 - maximální průhyby hlavního táhla proti směru osy z od charakteristických kombinací	35
Obrázek 32 - maximální průhyby hlavního táhla od kvazistálé kombinace	35
Obrázek 33 - průhyb od vlastní tíhy a stálého zatížení	36
Obrázek 34 - průhyb od zatížení teplotou	37
Obrázek 35 - N_{Ed} – Obálka normálových sil na levém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty	38
Obrázek 36 - $M_{z,Ed}$ – Obálka momentů M_z na levém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty	38
Obrázek 37 - $V_{y,Ed}$ – Obálka posouvajících V_y na levém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty	39
Obrázek 38 - $V_{z,Ed}$ – Obálka posouvajících sil V_z na levém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty	39
Obrázek 39 - $M_{y,Ed}$ – Obálka momentů M_y na levém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty	40
Obrázek 40 - $M_{x,Ed}$ – Obálka torzních momentů M_x na levém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty	40
Obrázek 41 - N_{Ed} – Obálka normálových sil na pravém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty	41
Obrázek 42 - $M_{z,Ed}$ – Obálka momentů M_z na pravém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty	41
Obrázek 43 - $V_{y,Ed}$ – Obálka posouvajících sil V_y na pravém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty	42
Obrázek 44 - $M_{y,Ed}$ – Obálka momentů M_y na pravém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty	42
Obrázek 45 - $V_{z,Ed}$ – Obálka posouvajících sil V_z na pravém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty	43
Obrázek 46 - $M_{x,Ed}$ – Obálka torzních momentů M_x na pravém oblouku od kombinací, návrhové hodnoty	43
Obrázek 47 - maximální průhyb od charakteristických kombinací	49
Obrázek 48 - minimální průhyby proti směru osy z od charakteristických kombinací	49
Obrázek 49 - maximální průhyby od kvazistálé kombinace	49



Obrázek 50 - průhyb od vlastní tíhy a stálého zatížení.....	50
Obrázek 51 - průhyb od zatížení teplotou	50
Obrázek 52 - N_{Ed} – obálka průběhu normálových sil od kombinací, návrhové hodnoty	52
Obrázek 53 - N_{Ed} – Obálka průběhu normálových sil, návrhové hodnoty	53
Obrázek 54 - N_{Ed} – obálka průběhu normálových sil, návrhové hodnoty	54
Obrázek 55 - N_{Ed} – obálka průběhu normálových sil, návrhové hodnoty	55
Obrázek 56 - obálky vnitřních sil od kombinací, návrhové hodnoty	57
Obrázek 57 - spoj táhla s obloukem	61
Obrázek 58 - schéma pro výpočet síly od momentu	62
Obrázek 59 - schéma pro výpočet síly od momentu	63
Obrázek 60 - přípoj závěsu.....	65
Obrázek 61 - přípoj příčnicku	66
Obrázek 62 - přípoj koncového příčnicku.....	67
Obrázek 63 - schéma pro výpočet síly od momentu	67
Obrázek 64 - schéma pro výpočet síly od momentu	69
Obrázek 65 - přípoj vnitřní svislice horního ztužení	71
Obrázek 66 - přípoj krajní svislice horního ztužení	73
Obrázek 67 - schéma pro výpočet síly od momentu	73
Obrázek 68 - maximální podporové reakce od kombinací, návrhové hodnoty	76
Obrázek 69 - schéma rozmístění ložisek	77



11. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Tabulka A2.2.....	17
Tabulka 2 - Kombinace součinitelů zatížení pro MSÚ	17
Tabulka 3 - Kombinace součinitelů zatížení pro MSP	17
Tabulka 4 - průřezové charakteristiky podélníku	21
Tabulka 5 - průřezové charakteristiky příčnicku.....	25
Tabulka 6 - průřezové charakteristiky koncového příčnicku	29
Tabulka 7 - průřezové charakteristiky hlavního táhla	33
Tabulka 8 - průřezové charakteristiky oblouku.....	44



12. SEZNAM PŘÍLOH

1. Půdorysy, pohled a podélný řez lávkou 1:100
2. Příčné řezy 1:50
3. Situace 1:500
4. Detaily 1:20
5. Výkres opěry 1:50