

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**

**Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Dvoulodní hokejová hala**

**Radim Hainc**  
**2020**

## OBSAH:

- 1) TECHNICKÁ ZPRÁVA
- 2) STATICKÝ VÝPOČET
- 3) VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**

**Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Dvoulodní hokejová hala**

**TECHNICKÁ ZPRÁVA**

**Radim Hainc**  
**2020**

### **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma Dvoulodní hokejová hala vypracoval samostatně za odborného vedení vedoucího doc. Ing. Michala Jandery, Ph.D., a že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

.....

podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji doc. Ing. Michalovi Janderovi, Ph.D. za jeho odborné vedení a užitečné rady při zpracování diplomové práce.

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Hainc Jméno: Radim Osobní číslo: 438969  
 Zadávající katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí, K134  
 Studijní program: Stavební inženýrství  
 Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Dvoulodní hokejová hala  
 Název diplomové práce anglicky: Two-bay ice hockey hall

Pokyny pro vypracování:

Návrh ocelové konstrukce haly a jejich typických - vybraných detailů. Výkresová dokumentace (dizpoziční výkresy, detaily). Technická zpráva.

Seznam doporučené literatury:

Návrh konstrukce bude proveden podle platných evropských norem, zejména EN 1991, EN 1993.

Jméno vedoucího diplomové práce: Michal Jandera

Datum zadání diplomové práce: 24.9.2019 Termín odevzdání diplomové práce: 5.1.2020  
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

24.9.2019  
 Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

# SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Radim Hainc

Název diplomové práce: Dvoulodní hokejová hala

Základní část: Ocelové konstrukce podíl: 100 %

Formulace úkolů: viz pokyny k vypracování

Podpis vedoucího DP: ..... Datum: 24. 9. 2019

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: ..... podíl: ..... %

Konzultant (jméno, katedra): .....

Formulace úkolů: .....

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

3. Část: ..... podíl: ..... %

Konzultant (jméno, katedra): .....

Formulace úkolů: .....

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

4. Část: ..... podíl: ..... %

Konzultant (jméno, katedra): .....

Formulace úkolů: .....

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

## Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)

# DVOULODNÍ HOKEJOVÁ HALA

## TWO-BAY ICE HOCKEY HALL

### **Anotace:**

Práce se zabývá návrhem nosné konstrukce dvoulodní hokejové haly s předepnutými táhly. Základní vazba je posouzena ve dvou variantách konstrukčního systému. Pro vybranou variantu jsou řešeny všechny ostatní nosné, ztužující prvky a vybrané detaily. Práce obsahuje technickou zprávu, statický výpočet a výkresovou dokumentaci zahrnující půdorys, řez, pohledy a vybrané detaily.

**Klíčová slova:** nosná konstrukce, hokejová hala, oblouk, předepnuté táhlo, ocelová konstrukce

### **Annotation:**

The thesis deals with design of load bearing structure of a two-bay ice hockey hall with pre-tension rods. Main load bearing elements are designed for two alternatives of structural system. Others load bearing elements, bracing elements and connections are solved for the selected alternative. The thesis contains a technical report, structural design calculation and project drawing documentation including plan, selected sections and details.

**Keywords:** load bearing structure, ice hockey hall, arch, pre-tension rod, steel structure



## 1) ZÁKLADNÍ INFORMACE:

Navrhovaná konstrukce dvoulodní hokejové haly je umístěna ve městě Plzeň. Hala je tvořena dvěma krajními loděmi s kluzišti a střední částí s betonovou monolitickou podpůrnou konstrukcí tribun se zázemím. Součástí práce je pouze návrh ocelové konstrukce s návazností na základové, podpůrné monolitické konstrukce.

Vnitřní prostředí haly bude uměle regulováno dle tepelně-technického návrhu s předpokladem celoročního využívání a omezení výrazných teplotních výkyvů konstrukce.

Konstrukce je tvořena osově symetrickými vazbami rozmístěnými po 7,5 m. Symetrii vazeb narušuje pouze rozdílné provedení podpor na monolitické podpůrné konstrukci, které je zavedena za účelem snížení přenosu vodorovného zatížení do daných podpor. Přenos vodorovných zatížení do podpor je zajištěno dvojicí příčných ztužidel vždy mezi druhou a třetí vazbou od štítové stěny a samotnou tuhostí vazby. Štítová stěna je navržena s rastrem sloupů vycházejícím z pravidelně rozmístěných vzpěr ve střešních rovinách a dvojicí stěnových ztužidel umístěných přibližně v polovině štítových stěn jednotlivých lodí.

Zastřešení je tvořeno pomocí nosných trapézových plechů TR 206/375 tl. 1.13 mm uložených na hlavní vazby a štítovou stěnu. Opláštění stěn je provedeno pomocí stěnový panelů Kingspan KS1150 NF/TL 150.

## 2) NOSNÁ KONSTRUKCE:

Jednotlivé prvky hlavní vazby a štítové stěny jsou pro potřeby přehlednosti návrhu rozděleny na několik částí pojmenovaných zjednodušeně v závislosti na jejich tvaru.

### Hlavní vazba:

Patka sloupu hlavní vazby je uvažována v rovině vazby jako vetknutá a z roviny vazby jako kloubová. Tomuto předpokladu odpovídá provedení detailů A, B. Základ bude zatížen poměrně velkou tahovou silou a pravděpodobně bude nutné využít pilot pro založení. Sloup je navržen profilu HEA 550.

Na sloup navazuje přes momentový přípoj oblouková část hlavní vazby profilu HEA 340 a předeprnuté táhlo. Oblouk je rozdělen na čtyři montážní části maximální délky 12 m. Jedna z montážních částí zahrnuje i šikmou a rovnou část vazby. Šikmá část je provedena z profilu HEA 340 a rovná část z profilu IPE 450. Celá tato část je dílensky svařena a napojena momentovými spoji v obloukové a rovné části. Místa spojů jsou z důvodu výrazného tlaku

v obloukové části volena v blízkosti vzpěr orientovaných mezi oblouky s přihlédnutím k momentovým průběhům na vazbě.

Předepnuté táhlo Detan M48 S520 je navrženo s předpětím 145 kN. Hodnota předpětí vychází z předpokladu stálé tahové aktivace táhel v největším možném počtu případů s omezením, které je dáno přibližnému vyrovnání momentů ve vetknutí od stálého zatížení. Táhlo je spojeno z šesti částí délky 5635 mm, každý spoj je proveden pomocí systémové spojky Detan pro příslušný průměr. Součástí systémové spojky bude i oko pro závěs táhla a ve všech těchto místech bude táhlo zavěšeno na obloukovou část.

Střední podpory byly uvažovány jako pevný kloub a posuvný kloub. Jejich přesné provedení je patrné na detailech E a G. Princip provedení obou kloubů je založen na ocelovém trnu s vnějším závitem, provedeným pouze na horní části, dílensky přivařenému k plechu P20. Na stavbě bude před betonáží podpůrné monolitické konstrukce vložen plech P30 do bednění a bude přivařen k výztuži, která bude navržena na přenos zatížení z ocelové konstrukce. Tento plech bude vyčnívat z hotové monolitické konstrukce. Následně se montážně přivaří připravený plech s trnem a přes distanční plechy se osadí montážní celek konstrukce. Posuvná varianta se liší provedením podélného otvoru (se změnou geometrie v závislosti na otvoru) a vložením kluzné vrstvy teflonu (PTFE).

#### Příčné ztužidlo:

Ztužidlo je provedeno mezi dvojicí hlavních vazeb pomocí trubek kloubově napojených na tyto vazby. Všechny spoje jsou provedeny s ohledem na minimalizaci excentricit. Rezervy v únosnosti hlavních prvků jsou dostatečné v rámci excentricit navržených detailů. Profily diagonál v jednotlivých částech: stěna – TR 139.7x7.1, oblouková část – TR 127x5.6, šikmá část – TR 152.4x4, rovná část - 127x3.2. Profil vzpěr sjednocen na 101.6x3.2. V místech napojení jsou trubky zavíčkované plechem P5.

#### Krajní vazba - štítová stěna:

Štítová stěna byla navržena v rastru sloupů vycházejících z rastru vzpěr ve střešních rovinách. Rohový sloup HEA 200 přes tuhý spoj přechází do obloukové části HEA 140, která je podepřena kloubově uloženými sloupy IPE 360. Na obloukovou část navazuje šikmá část profilu HEA 140 a přechází na rovnou část tvořenou profilem IPE 240. Rovná část je podepřena kloubově uloženými sloupy IPE 270. Spoje mezi obloukovou, šikmou a rovnou částí jsou uvažované jako tuhé.

V rovině stěny rozmístěny vzpěry TR 88.9x4, které stabilizují s pomocí dvou stěnových ztužidel sloupy štítové stěny. Stěnové ztužidla jsou tvořeny vždy dvojicí sloupů IPE 360 s kloubově uloženými diagonálami TR 139.7x4. Kloubově uložené sloupy jsou do základů kotveny chemickými kotvami HILTI.

### **3) MATERIÁLY:**

Hlavní nosná konstrukce je převážně navržena z oceli S235JR. Výjimky tvoří vyznačené prvky detailů z oceli S355J2, systémové táhlo Detan z ocele S520 a trapézový plech S320GD. Šrouby jsou navrženy jako 8.8. Chemické kotvy HAS-U 5.8 s hmotou HIT-HY 200-A. Základové konstrukce provedeny z betonu C16/20.

### **4) STATICKÝ VÝPOČET:**

Statický výpočet byl proveden dle všech níže uvedených norem. Vnitřní síly byly stanoveny v programu SCIA Engineer 19.0. Na výpočet kritických momentů bylo využito programu LTBeamN 1.0.1. Posouzení bylo provedeno v programu PTC Mathcad Express Prime 5.0 s výjimkou posouzení kotvení sloupů štítové stěny, které bylo provedeno v programu Hilti PROFIS Anchor.

### **5) PROTIKOROZNÍ ÚPRAVA:**

Stupeň korozní agresivity je C2. Většina ocelové konstrukce je chráněna dvouvrstvým nátěrovým systémem o celkové tloušťce suchého filmu 160  $\mu\text{m}$ . Táhla a trapézové plechy jsou zároveň pozinkované.

### **6) POŽÁRNÍ ŘEŠENÍ**

Konstrukční prvky nebyly posuzovány na působení požáru.

### **7) VÝROBA**

Výrobní kategorie je stanovena jako EXC3 při uvažování třídy následků CC3 a kategorie použitelnosti SC1.

### **8) MONTÁŽ**

V první řadě je nutné provést montáž příčného ztužidla. Proveďte se montáž vazby bez táhla v ose B mezi vetknutým sloupem a neposuvnou podporou. Tuto první částečně provedenou vazbu je nezbytně nutné provizorně zavětrovat. Následně se provede stejný úsek vazby bez táhla v ose C a zároveň se zajistí propojení vazeb vzpěrami a diagonálami ve střešní i stěnové

rovině. Propojením vazeb nám vznikne příčné ztužidlo pro první loď haly. Dále se budou montovat části hlavní vazby první lodě opět bez táhel až po osu H, kde se provede část druhého příčného ztužidla. Všechny hlavní vazby je nezbytně nutné v průběhu montáže ihned propojovat se ztužidlem nebo s již propojenou vazbou.

Po montáži konstrukce mezi osami B a H v první lodi se provede montáž ve stejném rozsahu i v druhé lodi, jejíž součásti musí být propojení rovnou částí vazby k neposuvné podpoře. Dále je nutné zajistit správné fungování posuvné podpory. To je důsledné osazení konstrukce na podporu tak, aby připravený ocelový trn spočíval ve středu podélného otvoru a styk konstrukce s podporou provést s teflonovou vrstvou.

Po provedení celých vazeb bez táhel mezi osami B a H se provede osazení veškerých táhel. Táhla se budou montovat po částech a budou vždy vyvěšovány tak, aby vedení táhel po montáži bylo co nejpřímější.

Montáž štítových stěn začne v místě stěnového ztužidla sloupy v ose 4 a 5. První sloup se zavětruje ve směru stěny a propojí s příčným ztužidlem v rovině střechy. Následně se provede montáž druhého sloupu s propojením pomocí diagonál a vzpěr se sloupem prvním a příčným ztužidlem. Od vzniklého ztužidla lze postupně montovat zbylé části štítové stěny za předpokladu důsledného zavětrování jednotlivých prvků ve dvou na sebe kolmých rovinách.

Po montáži veškerých ocelových nosných prvků dojde k předpínání konstrukce. Je nezbytně nutné, aby předpínání probíhalo synchronizovaně. Případně je nutné vypracovat plán předpínání, tak aby výsledné předpětí táhel obou lodí bylo shodné. Výsledná předpínací síla je stanovena na hodnotu 145 kN. Po předpětí konstrukce se provede celoplošná montáž trapézových plechů a stěnových panelů.

## 9) POUŽITÝ SOFTWARE

- SCIA Engineer 19.0 (stanovení vnitřních sil a reakcí, stabilitní řešení vazníku ve 2D, řešení deformací konstrukce na posudek MSP)
- LTBeamN 1.0.1. (výpočet kritických momentů)
- PTC Mathcad Express Prime 5.0 (tvorba statického výpočtu a posuzování)
- Hilti PROFIS Anchor (posouzení kotvení sloupů)
- AutoCAD 2018 (výkresová dokumentace, tvorba schémat)
- Microsoft Office, Acrobat Reader DC, PDFsam Basic (tvorba výstupů)

## 10) POUŽITÉ NORMY

- ČSN EN 1990 (730002): *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- ČSN EN 1991-1-3 (730035): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- ČSN EN 1991-1-4 (730035): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- ČSN EN 1993-1-1 (731401): *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- ČSN EN 1993-1-8 (731401): *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků*. Praha: Český normalizační institut, 2006.

## 11) POUŽITÁ LITERATURA

- STUDNIČKA, Jiří. *Navrhování nosných konstrukcí: Ocelové konstrukce*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2014. ISBN 987-80-01-05490-1.
- JANDERA, Michal, Martina ELIÁŠOVÁ a Tomáš VRANÝ. *Ocelové konstrukce 01 - Cvičení*. 3. upravené vydání. Praha, 2015.
- SOKOL, Zdeněk a František WALD. *Ocelové konstrukce: Tabulky*. Praha, 2016.

## 12) POUŽITÉ WEBOVÉ STRÁNKY

- HALFEN - Systém táhel - stavba - PRODUCT RANGES. [online]. Dostupné z: <https://www.halfen.com/cz/1948/product-ranges/stavba/system-tahel/>
- Kovové profily, spol. s r. o. - trapézové plechy. Kovové profily, spol. s r. o. - trapézové plechy [online]. Dostupné z: <http://kovprof.cz>
- Kingspan Česká republika. [online]. Copyright © Kingspan Group. Dostupné z: <https://www.kingspan.com/cz/cs-cz>

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**

**Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Dvoulodní hokejová hala**

**STATICKÝ VÝPOČET**

**Radim Hainc**  
**2020**

## OBSAH:

|   |     |
|---|-----|
| 1. ZATÍŽENÍ A VÝPOČETNÍ MODELY.....                                       | 2   |
| 1.1. Zatížení sněhem .....  | 2   |
| 1.2. Zatížení větrem .....  | 4   |
| 1.3. Stálé zatížení a posouzení nosného pláště.....                       | 8   |
| 1.4. Zatížení teplotou.....   | 10  |
| 1.5. Výpočetní modely .....   | 11  |
| 2. NÁVRH A POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ.....                             | 12  |
| 2.1. Návrh a posouzení hlavní vazby konstrukční varianty A.....           | 13  |
| 2.1.1. Návrh táhla a předpětí – varianta A.....                           | 13  |
| 2.1.2. Návrh a posouzení obloukové části – varianta A.....                | 14  |
| 2.1.3. Návrh a posouzení šikmé části – varianta A .....                   | 21  |
| 2.1.4. Návrh a posouzení rovné části – varianta A .....                   | 27  |
| 2.1.5. Návrh a posouzení sloupu – varianta A.....                         | 32  |
| 2.2. Návrh a posouzení hlavní vazby konstrukční varianty B.....           | 38  |
| 2.2.1. Návrh táhla a předpětí – varianta B.....                           | 38  |
| 2.2.2. Návrh a posouzení obloukové části – varianta B.....                | 39  |
| 2.2.3. Návrh a posouzení šikmé části – varianta B .....                   | 45  |
| 2.2.4. Návrh a posouzení rovné části – varianta B.....                    | 51  |
| 2.2.5. Návrh a posouzení sloupu – varianta B.....                         | 56  |
| 2.2.6. Návrh a posouzení výpletu vazby – varianta B .....                 | 62  |
| 2.3. Výběr varianty pro celkový návrh .....                               | 64  |
| 2.4. Návrh a posouzení příčného ztužidla.....                             | 65  |
| 2.4.1. Posouzení hlavní vazby jako součást příčného ztužidla .....        | 65  |
| 2.4.2. Návrh a posouzení diagonál a vzpěr.....                            | 67  |
| 2.5. Návrh a posouzení krajní vazby.....                                  | 72  |
| 2.5.1. Návrh a posouzení obloukové části – krajní vazba .....             | 72  |
| 2.5.2. Návrh a posouzení šikmé části – krajní vazba.....                  | 78  |
| 2.5.3. Návrh a posouzení rovné části – krajní vazba.....                  | 83  |
| 2.5.4. Návrh a posouzení rohového sloupu – krajní vazba .....             | 89  |
| 2.5.5. Návrh a posouzení sloupu pod obloukovou částí – krajní vazba ..... | 96  |
| 2.5.6. Návrh a posouzení sloupu pod rovnou částí – krajní vazba.....      | 103 |
| 2.5.7. Návrh a posouzení ztužujících prvků – krajní vazba .....           | 108 |
| 3. NÁVRH A POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH DETAILŮ .....                          | 110 |
| 3.1. Návrh a posouzení vetknuté patky .....                               | 110 |
| 3.2. Návrh a posouzení rámového rohu .....                                | 119 |
| 3.3. Návrh a posouzení momentového přípoje mezi profily HEA.....          | 125 |
| 3.4. Návrh a posouzení momentového přípoje mezi profily IPE.....          | 130 |
| 3.5. Návrh a posouzení střední podpory .....                              | 134 |
| 3.6. Návrh a posouzení kloubové patky .....                               | 136 |
| 3.7. Návrh a posouzení styčníků se ztužidly .....                         | 140 |
| 4. PŘÍLOHY .....  | 146 |
| • PŘÍLOHA A – Vykreslení zatížení .....                                   | 146 |
| • PŘÍLOHA B – Nelineární kombinace.....                                   | 152 |
| • PŘÍLOHA C – Statické tabulky TR plechu .....                            | 165 |
| • PŘÍLOHA D – Tabulky únosnosti stěnového panelu.....                     | 166 |

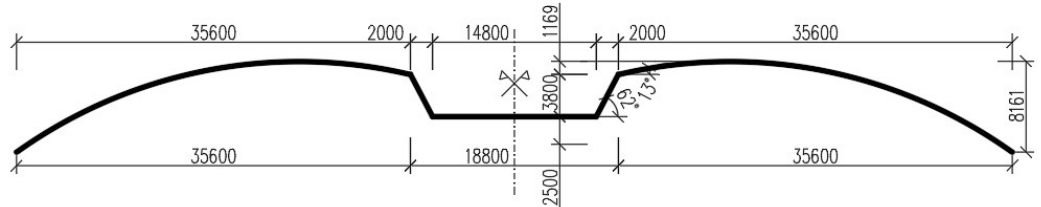
# 1.1. ZATÍŽENÍ SNĚHEM

město Plzeň → sněhová oblast I

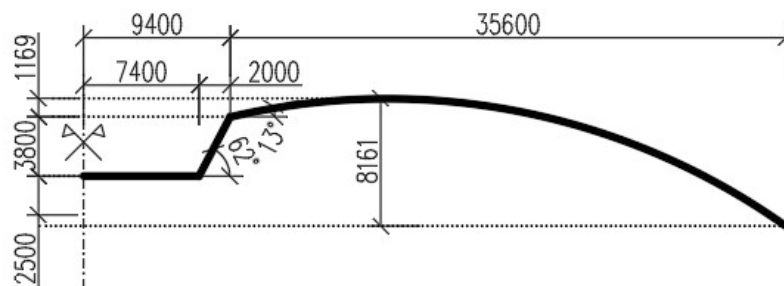
$$s_k := 0.70 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$C_e := 1$$

$$C_t := 1$$



Geometrie konstrukce je osově symetrická. Výpočet zatížení sněhem je rozdělen na část středovou (plochá část s návazností na šikmé části) a obloukové části.



## I. OBLOUKOVÉ ČÁSTI

$$h := 8161 \text{ mm}$$

$$b := 35600 \text{ mm}$$

$$\mu_3 := 0.2 + 10 \cdot \frac{h}{b} = 2.49 \quad \text{doporučená horní hodnota je } 2$$

$$\rightarrow \mu_3 := 2$$

$$\mu_1 := 0.8$$

$$s_1 := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0.56 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$s_2 := \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1.4 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

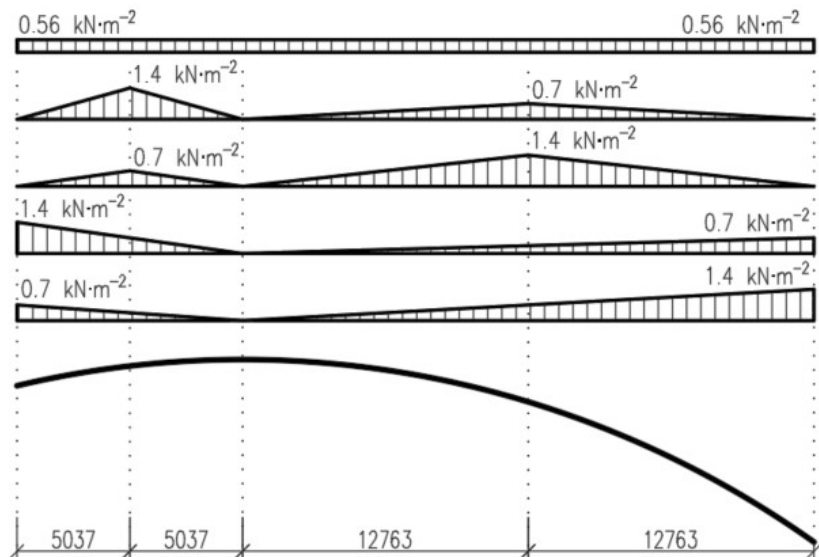
$$s_3 := 0.5 \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0.7 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$C_t = 1$$

$$C_e = 1$$

$$s_k = 0.7 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Vykreslení zatížení na obloukové části



Pozn.: Zatížení zadáno s osovou symetrií i na druhou obloukovou část.



## II. STŘEDOVÁ ČÁST

$$\mu_1 := 0.8$$

Stanovení hodnoty  $\mu_{2,1}$  vycházející z postupu pro vícelodní budovy:

$$\alpha_1 := 0^\circ$$

$$\alpha_2 := 62^\circ \quad (\text{úhel navazující šikmé části})$$

$$\alpha_f := \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)}{2} = 31^\circ$$

$$\rightarrow \mu_{2,1} := 1.6$$

Stanovení hodnoty  $\mu_{2,2}$  vychází z postupu pro návěje na výstupky a překážky:

$$h_v := 3.8 \text{ m} \quad \dots \text{ výška hrany nad plochou částí}$$

$$\mu_{2,2.v} := \frac{\gamma \cdot h_v}{s_k} = 10.86$$

$$\mu_{2,2.max} := 2 \quad \dots \text{ normové omezení}$$

$$\mu_{2,2} := \min(\mu_{2,2.v}, \mu_{2,2.max}) = 2$$

Stanovení hodnoty  $\mu_2$ :

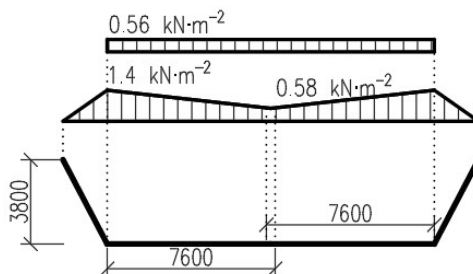
$$\mu_2 := \max(\mu_{2,1}, \mu_{2,2}) = 2$$

Dosah zatížení  $s_2$  je dvojnásobek výšky hrany nad plochou částí.

$$s_1 := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0.56 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$s_2 := \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1.4 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Vykreslení zatížení na středové části



$$\gamma := 2 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$s_k = 0.7 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\mu_{2,1} = 1.6$$

$$\mu_{2,2} = 2$$

$$C_t = 1$$

$$C_e = 1$$

$$s_k = 0.7 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\mu_1 = 0.8$$

$$\mu_2 = 2$$

## 1.2. ZATÍŽENÍ VĚTREM

$$\rho := 1.25 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

město Plzeň → větrná oblast II

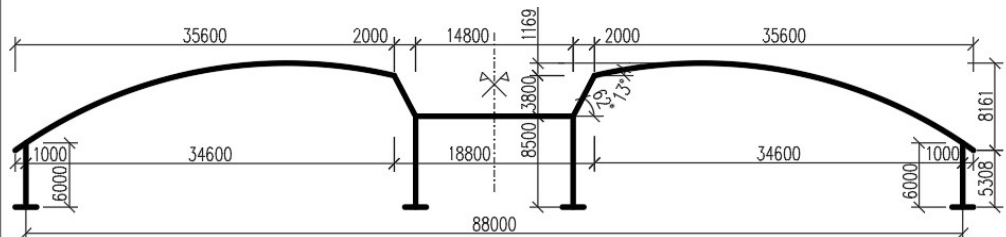
$$v_{b,0} := 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$q_b := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{b,0}^2 = 0.391 \text{ kPa}$$

kategorie terénu III

$$c_s := 1$$

$$c_d := 1$$



Referenční výška je pro všechny střešní části objektu bezpečně uvažována 14 m.

$$z := 14 \text{ m}$$

### I. ZATÍŽENÍ NA STŘECHU

$$z = 14 \text{ m} \rightarrow c_e := 1.93$$

$$q_p := c_e \cdot q_b = 0.754 \text{ kPa}$$

### PŘÍČNÝ VÍTR

Oblouková část

$$h := 5308 \text{ mm}$$

$$d := 35600 \text{ mm}$$

$$f := 8161 \text{ mm}$$

$$0 < \frac{h}{d} = 0.149 < 0.5 \quad \frac{f}{d} = 0.229$$

$$c_{pe.10.A.0} := 0.36$$

$$c_{pe.10.A.0.5a} := 0.06$$

$$c_{pe.10.A.0.5b} := -0.99$$

$$c_{pe.10.B} := -0.94$$

$$c_{pe.10.C} := -0.4$$

$$\text{interpolace} \quad c_{pe.10.A.a} := 0.27$$

$$\rightarrow \quad c_{pe.10.A.b} := -0.04$$

$$q_p = 0.754 \text{ kPa}$$

$$w_{e.A.a} := q_p \cdot c_{pe.10.A.a} = 0.2 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$w_{e.A.b} := q_p \cdot c_{pe.10.A.b} = -0.03 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$w_{e.B} := q_p \cdot c_{pe.10.B} = -0.71 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$w_{e.C} := q_p \cdot c_{pe.10.C} = -0.3 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

### Šikmé části

Pro šikmé části jsou použity součinitele vnějšího tlaku pro pultové střechy.

$$\alpha := 62^\circ$$

$$c_{pe.10.FGH.0} := 0.71$$

$$c_{pe.10.FGH.180} := -0.5$$

$$w_{e.FGH.0} := q_p \cdot c_{pe.10.FGH.0} = 0.54 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$w_{e.FGH.180} := q_p \cdot c_{pe.10.FGH.180} = -0.38 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$q_p = 0.754 \text{ kPa}$$

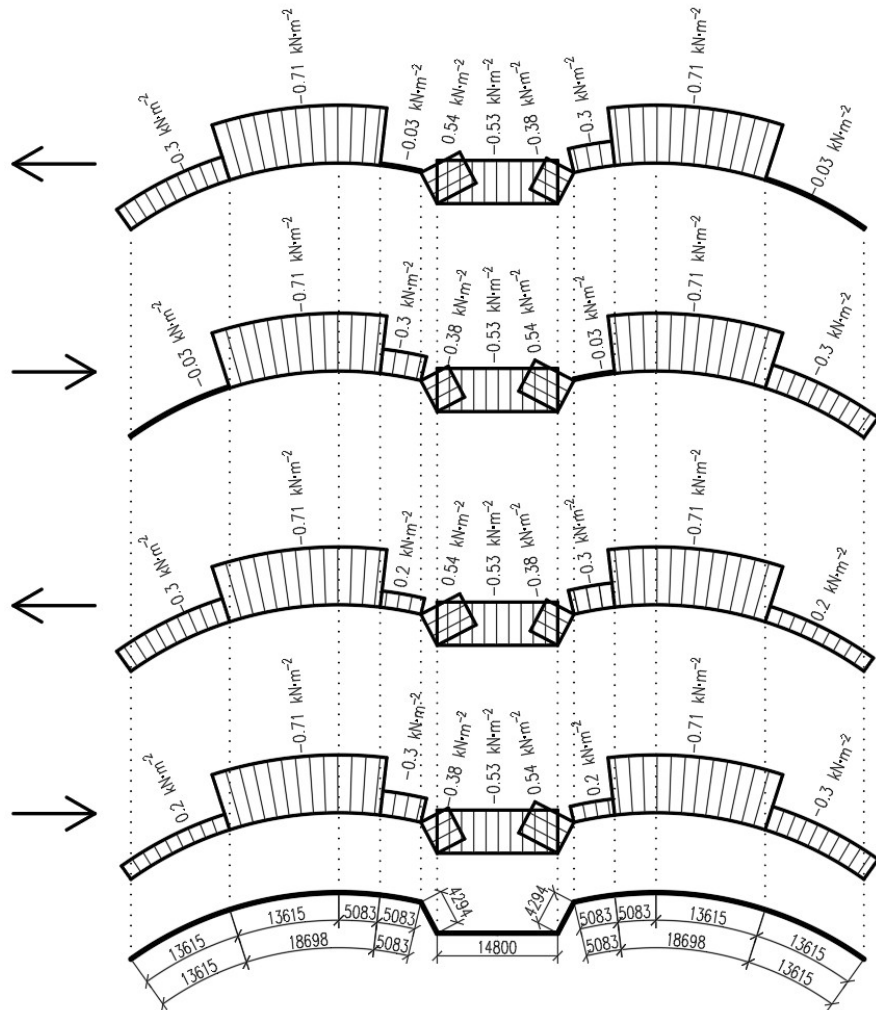
$$q_p = 0.754 \text{ kPa}$$

### Plochá část

Pro plochou část jsou použity součinitele vnějšího tlaku pro ploché střechy s atikou.

$$c_{pe,10.H} := -0.7$$

$$w_{e.H} := q_p \cdot c_{pe,10.H} = -0.53 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$



### PODÉLNÝ VÍTR

Pro podélný vítr zvolen postup pro plochou střechu s ostrou hranou.

$$b := 90000 \text{ mm}$$

$$d := 61600 \text{ mm}$$

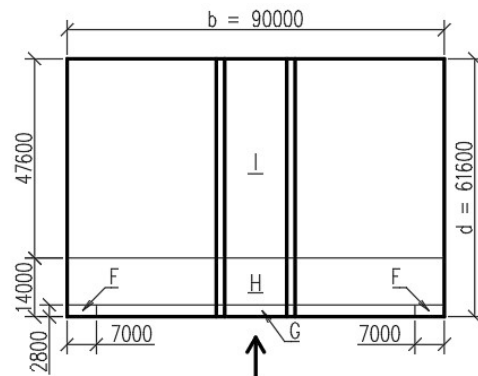
$$h := z = 14 \text{ m}$$

$$e := \min(b, 2 \cdot h) = 28000 \text{ mm}$$

$$\frac{e}{4} = 7000 \text{ mm}$$

$$\frac{e}{2} = 14000 \text{ mm}$$

$$\frac{e}{10} = 2800 \text{ mm}$$



$$q_p = 0.754 \text{ kPa}$$

$$c_{pe.10.F} := -1.8$$

$$w_{e.F} := q_p \cdot c_{pe.10.F} = -1.36 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$c_{pe.10.G} := -1.2$$

$$w_{e.G} := q_p \cdot c_{pe.10.G} = -0.9 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$c_{pe.10.H} := -0.7$$

$$w_{e.H} := q_p \cdot c_{pe.10.H} = -0.53 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$c_{pe.10.I.a} := 0.2$$

$$w_{e.I.a} := q_p \cdot c_{pe.10.I.a} = 0.15 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$c_{pe.10.I.b} := -0.2$$

$$w_{e.I.b} := q_p \cdot c_{pe.10.I.b} = -0.15 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

## II. ZATÍŽENÍ NA STĚNY

### PŘÍČNÝ VÍTR

$$b := 61600 \text{ mm}$$

$$d := 90000 \text{ mm}$$

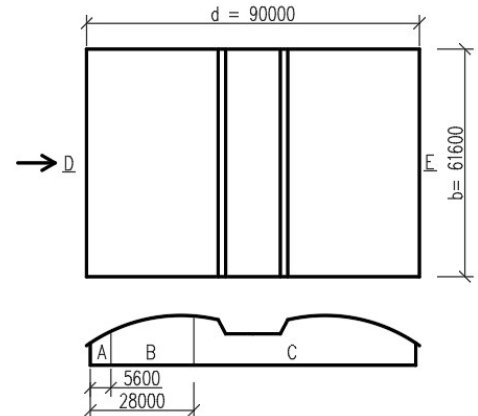
$$h := z = 14000 \text{ mm}$$

$$e := \min(b, 2 \cdot h) = 28000 \text{ mm}$$

$$e = 28000 \text{ mm} < d = 90000 \text{ mm}$$

$$\frac{e}{5} = 5600 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{d} = 0.156 < 0.25$$



$$q_p = 0.754 \text{ kPa}$$

$$c_{pe.10.A} := -1.2$$

$$w_{e.A.a} := q_p \cdot c_{pe.10.A} = -0.9 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$c_{pe.10.B} := -0.8$$

$$w_{e.B} := q_p \cdot c_{pe.10.B} = -0.6 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$c_{pe.10.C} := -0.5$$

$$w_{e.C} := q_p \cdot c_{pe.10.C} = -0.38 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$c_{pe.10.D} := 0.7$$

$$w_{e.D} := q_p \cdot c_{pe.10.D} = 0.53 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$c_{pe.10.E} := -0.3$$

$$w_{e.E} := q_p \cdot c_{pe.10.E} = -0.23 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

### PODELNÝ VÍTR

$$b := 90000 \text{ mm}$$

$$d := 61600 \text{ mm}$$

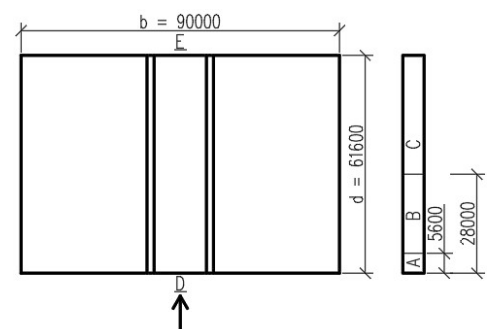
$$h := z = 14000 \text{ mm}$$

$$e := \min(b, 2 \cdot h) = 28000 \text{ mm}$$

$$e = 28000 \text{ mm} < d = 61600 \text{ mm}$$

$$\frac{e}{5} = 5600 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{d} = 0.227 < 0.25$$

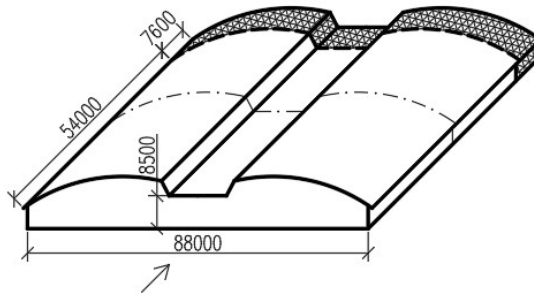


→ zatížení jednotlivých oblastí pro podélný vítr je stejné jako pro příčný směr

### III. TŘENÍ VĚTRU O POVRCH OBJEKTU

Výpočet sil působících na příčné ztužidlo vlivem tření od podélného větru.

- $c_{fr} := 0.02$  ... předpokládaný součitel tření  
 $h := 13.5 \text{ m}$  ... výška uvažována pro výpočet referenční plochy (výška osy profilu)  
 $h_s := 6 \text{ m}$  ... výška stěny  
 $l_{stř} := 98.14 \text{ m}$  ... délka hrany střešního pláště  
 $b := 88 \text{ m}$  ... šířka objektu pro podélný vítr  
 $l := 61.6 \text{ m}$  ... délka objektu pro podélný vítr  
 $v := \min(2 b, 4 h) = 54 \text{ m}$  ... vzdálenost působení od hrany (podélný vítr)



$$l_{stř} = 98.14 \text{ m}$$
$$l = 61.6 \text{ m}$$
$$v = 54 \text{ m}$$
$$c_{fr} = 0.02$$
$$q_p = 0.754 \text{ kPa}$$

$$A_{fr.stř} := l_{stř} \cdot (l - v) = 746 \text{ m}^2 \quad \dots \text{ referenční plocha}$$
$$F_{fr.stř} := c_{fr} \cdot q_p \cdot A_{fr.stř} = 11.246 \text{ kN} \quad \dots \text{ celková síla od tření ve střešní rovině}$$

$$f_{fr.stř} := \frac{F_{fr.stř}}{l_{stř}} = 0.115 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1} \quad \dots \text{ spojité zatížení od tření ve střešní rovině}$$

$$h = 13.5 \text{ m}$$

$$A_{fr.s} := h \cdot (l - v) = 103 \text{ m}^2 \quad \dots \text{ referenční plocha}$$
$$F_{fr.s} := c_{fr} \cdot q_p \cdot A_{fr.s} = 1.547 \text{ kN} \quad \dots \text{ celková síla od tření na stěně}$$

$$f_{fr.stř} := \frac{F_{fr.s}}{h} = 0.115 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1} \quad \dots \text{ spojité zatížení od tření na stěně}$$

Je patrné, že referenční plocha se nachází až v oblasti druhého ztužidla, které při daném směru větru není zatěžováno tlakem na čelní stěnu, ale sáním na stěnu zadní. Hodnota zatížením sáním na zadní stěnu je menší než polovina zatížení tlakem na stěnu čelní. Z tohoto důvodu nám vznikne dostatečná rezerva pro tření větru, aniž bychom jej přímo započítali. Tření můžeme pro návrh příčného ztužidla zanedbat.

### 1.3. STÁLÉ ZATÍŽENÍ A POSOUZENÍ NOSNÉHO PLÁŠTĚ

Vlastní tíha všech prvků zadaných do modelu je automaticky generována při výpočtu v programu SCIA Engineer. Vlastní tíha trapézových plechů a navazujících konstrukcí je zahrnuta v ostatním stálém zatížení.

Pro stanovení hodnoty ostatního stálého zatížení je proveden návrh a posouzení trapézového plechu dle tabulek výrobce Kovové profily a stěnového panelu dle tabulek Kingspan.

#### NÁVRH A POSOUZENÍ TRAPÉZOVÉHO PLECHU

Zatížení na TR plech - oblouková část:

$$\begin{aligned}\gamma_g &:= 1.35 \\ \gamma_q &:= 1.5 \\ \psi_{0.v} &:= 0.6\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}g_{max.k} &:= 0.2 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} && \dots \text{ zatížení od skladby střešního pláště} \\ s_{max.k} &:= 1.4 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} && \dots \text{ maximální zatížení sněhem} \\ w_{max.k} &:= 0.2 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} && \dots \text{ maximální tlakové zatížení větrem}\end{aligned}$$

$$f_{max.o.k} := g_{max.k} + s_{max.k} + \psi_{0.v} \cdot w_{max.k} = 1.7 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$f_{max.o.d} := \gamma_g \cdot g_{max.k} + \gamma_q \cdot s_{max.k} + \gamma_q \cdot \psi_{0.v} \cdot w_{max.k} = 2.6 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Zatížení na TR plech - středová část:

$$\begin{aligned}\gamma_g &= 1.35 \\ \gamma_q &= 1.5 \\ \psi_{0.v} &= 0.6\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}g_{max.k} &:= 0.2 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} && \dots \text{ zatížení od skladby střešního pláště} \\ s_{max.k} &:= 1.4 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} && \dots \text{ maximální zatížení sněhem} \\ w_{max.k} &:= 0.54 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} && \dots \text{ maximální tlakové zatížení větrem}\end{aligned}$$

$$f_{max.s.k} := g_{max.k} + s_{max.k} + \psi_{0.v} \cdot w_{max.k} = 1.9 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$f_{max.s.d} := \gamma_g \cdot g_{max.k} + \gamma_q \cdot s_{max.k} + \gamma_q \cdot \psi_{0.v} \cdot w_{max.k} = 2.9 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Posouzení TR 206/375 tl. 1.13 mm pozitivní orientace:

Navrhované rozpětí je 7,5 m

Posouzení MSÚ:

$$\begin{aligned}f_{max.o.d} &= 2.6 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} \\ f_{max.s.d} &= 2.9 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}\end{aligned}$$

$$f_{Rd} := 3.61 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} \geq f_{max.d} := \max(f_{max.o.d}, f_{max.s.d}) = 2.9 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

vyhovuje

Posouzení MSP ne deformaci L/200:

$$\begin{aligned}f_{max.o.k} &= 1.7 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} \\ f_{max.s.k} &= 1.9 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}\end{aligned}$$

$$f_{Rk} := 1.90 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} \geq f_{max.k} := \max(f_{max.o.k}, f_{max.s.k}) = 1.9 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

vyhovuje

NÁVRH: TR 206/375 tl. 1.13 mm  
(pozitivní, minimální přesah za podporu 309 mm)

#### NÁVRH A POSOUZENÍ STĚNOVÝCH PANELŮ KINGSPAN

Stěnový panel KS1150 NF/TL 150

plech vnější/vnitřní 0,6/0,6 mm, profilace M/D, S280GD

Navrhované rozpětí je 7,5 m

Posouzení maximálního charakteristického tlakového zatížení větrem na stěnu:

$$w_{max.t.k} := 0.54 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} < f_{Rk} := 0.75 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad (\text{pro max. rozpětí } 8,63 \text{ m})$$

vyhovuje

Posouzení maximálního charakteristického sání působícího na stěnu:

$$w_{max.s.k} := 0.9 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} < f_{Rk} := 1 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad (\text{pro max. rozpětí } 7,88 \text{ m})$$

vyhovuje

NÁVRH: KS1150 NF/TL 150

## OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

### Na vodorovné nosné konstrukce:

$$m_{TR.1.13} := 18.08 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \quad \dots \text{ plošná hmotnost trapézového plechu tl. 1.13 mm}$$

$$g_{TR.1.13} := m_{TR.1.13} \cdot g = 0.18 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$g_{k.plášť} := g_{max.k} + g_{TR.1.13} = 0.38 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \dots \text{ ostatní stálé zatížení - plášť}$$

$$g_{k.tech} := 1 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1} \quad \dots \text{ ostatní stálé zatížení na vazby - technologie}$$

$$m_{vz} := 12 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \quad \dots \text{ odhadovaná hmotnost vzpěr}$$

$$l_{vz} := 7.5 \text{ m} \quad \dots \text{ délka vzpěry = vzdálenost mezi vazbami}$$

$$G_{vz} := m_{vz} \cdot g \cdot l_{vz} = 0.9 \text{ kN} \quad \dots \text{ síla od vlastní tíhy vzpěr z obou stran}$$

### Na svislé nosné konstrukce:

$$m_{SP} := 16 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \quad \dots \text{ hmotnost navrženého stěnového panelu}$$

$$g_k := m_{SP} \cdot g = 0.16 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \dots \text{ ostatní stálé zatížení - plášť}$$

$$g := 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$g_{max.k} = 0.2 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$g := 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

## 1.4. ZATÍŽENÍ TEPLOTOU

---

Vycházíme z předpokladů, že ocelová konstrukce bude montována při 15 °C a vnitřní teplota bude udržována klimatizační jednotkou v rozmezí od -5°C do 40°C po celý rok. Předpoklad celoročního využití haly.

$t_0 := 15 \text{ } ^\circ\text{C}$  ... předpokládaná montážní teplota

$t_{min} := -5 \text{ } ^\circ\text{C}$  ... předpokládaná minimální vnitřní teplota

$t_{max} := 40 \text{ } ^\circ\text{C}$  ... předpokládaná maximální vnitřní teplota

$\Delta t_1 := t_{max} - t_0 = 25 \text{ K}$  ... hodnota teplotní změny - 1. zatěžovací stav (oteplení)

$\Delta t_2 := t_{min} - t_0 = -20 \text{ K}$  ... hodnota teplotní změny - 2. zatěžovací stav (ochlazení)



## 1.5. VÝPOČETNÍ MODELY

### VÝPOČETNÍ MODEL HLAVNÍ VAZBY 2D

- globální imperfekce zavedeny jednoduchým náklonem
- táhla modelována jako FEM typ pouze osově síly
- výpočet prováděn nelineární analýzou
- konstrukce je symetrická až na středové podpory, zatížení bylo z důvodu snížení počtu kombinací zadáváno pouze z jedné strany, proto bylo využito vždy dvou modelů pro posouzení dané varianty

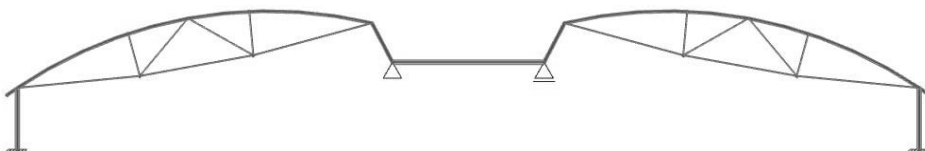
#### Varianta A

- předpětí zavedeno hodnotou počátečního napětí, které vylučuje tlak v táhlech



#### Varianta B

- předpětí zavedeno podélným rovnoměrným přetvořením s využitím lokální nelinearity "Vyloučení tlaku"
- odlišné zadání předpětí je kvůli nutnosti vyloučení teoretického tlaku v táhlech, které nelze počátečním napětím eliminovat z důvodu narůstajícího momentu ve vetknutí



### Globální imperfekce - náklon

$$\phi_0 := \frac{1}{200} = 0.005 \quad \dots \text{základní hodnota}$$

$$h := 6 \text{ m} \quad \dots \text{výška sloupů}$$

$$m := 2 \quad \dots \text{počet sloupů v posuzované svislé rovině}$$

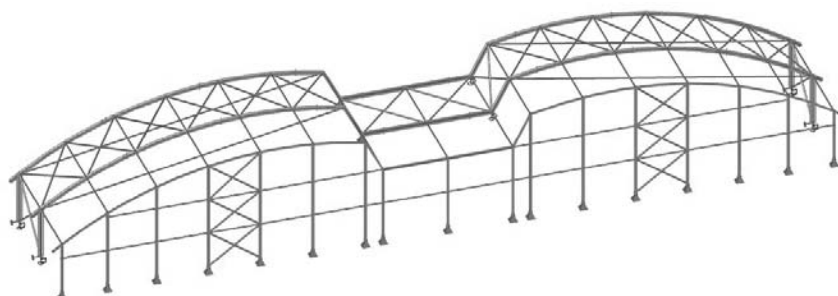
$$\alpha_h := \frac{2}{\sqrt{h}} = 0.816 < 1$$

$$\alpha_m := \sqrt{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = 0.866 < 1$$

$$\phi := \phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 0.004$$

### VÝPOČETNÍ MODEL PŘÍČNÉHO ZTUŽIDLA A KRAJNÍ VAZBY 3D

- globální imperfekce zavedeny jednoduchým náklonem
- táhla modelována jako FEM typ pouze osově síly
- zavedena lokální nelinearita "Vyloučení tlaku" na táhla
- předpětí zavedeno podélným rovnoměrným přetvořením
- výpočet prováděn nelineární analýzou
- v rámci nesymetrických středních podpor a zavedení směru některých imperfekcí je konstrukce ověřována na čtyřech modelech se zachováním původního počtu kombinací



### Globální imperfekce - sloupky

- globální imperfekce zavedeny jednoduchým náklonem, který je stanoven stejně jako pro 2D model
- redukční součinitele jsou pak stanoveny pro minimální výšku sloupů 6 m a minimální počet vazeb v dané rovině za sebou
- náklon kolmo na hlavní vazbu přepočítán také na vodorovnou sílu jako náhrada od nemodelovaných sloupů příslušících posuzovanému ztužidlu

$$\phi = 0.004$$

### Náklon kolmo na hlavní vazby

$$N_{HV.c.Ed.max} := 370 \text{ kN}$$

$$\phi_0 := \frac{1}{200} = 0.005 \quad \dots \text{ základní hodnota}$$

$h := 6 \text{ m}$  ... maximální výška sloupů

$m := 7$  ... počet sloupů v posuzované svislé rovině

$$\alpha_h := \frac{2}{\sqrt{h}} = 0.816 < 1$$

$$\alpha_m := \sqrt{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = 0.756 < 1$$

$$\phi_y := \phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 0.003$$

$$H_{HV.y} := N_{HV.c.Ed.max} \cdot \phi_y = 1.14 \text{ kN}$$

### Imperfekce pro analýzu výztužného systému obloukových částí

Ztužidlo rozděleno na tři části mezi podpory. Krajní části jsou vždy uvažovány od krajního sloupu po vnitřní podporu.

$L := 40.48 \text{ m}$  ... délka výztužného systému

$m := 4$  ... počet vyztužovaných prutů hlavní vazby na jedno ztužidlo

$$\alpha_m := \sqrt{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = 0.791$$

$$e_0 := \frac{\alpha_m \cdot L}{500} = 64.004 \text{ mm}$$

$N_{h.c.Ed.max} := 720 \text{ kN}$  ... maximální tlaková síla na hlavní vazbě

$N_{k.c.Ed.max} := 70 \text{ kN}$  ... maximální tlaková síla na krajní vazbě

$$\Sigma N_{ed} := m \cdot N_{h.c.Ed.max} + N_{k.c.Ed.max} = 2950 \text{ kN}$$

$$m = 4$$

$\delta_0 := 0$  ... využití analýzy druhého řádu

$$L = 40.48 \text{ m}$$

$$q_d := \Sigma N_{ed} \cdot 8 \cdot \frac{e_0 + \delta_0}{L^2} = 0.9 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

### Imperfekce pro analýzu výztužného systému ve středu

Ztužidlo rozděleno na tři části mezi podpory. Ve středu je uvažovaná rovná část mezi podporami.

$L := 14.8 \text{ m}$  ... rozpětí výztužného systému

$m := 5$  ... počet vyztužovaných prutů na jedno ztužidlo

$$\alpha_m := \sqrt{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = 0.775$$

$$e_0 := \frac{\alpha_m \cdot L}{500} = 22.928 \text{ mm}$$

$N_{stř.c.Ed.max} := 80 \text{ kN}$  ... maximální tlaková síla ve středové části

$$\Sigma N_{ed} := m \cdot N_{stř.c.Ed.max} = 400 \text{ kN}$$

$$\delta_0 := 0$$

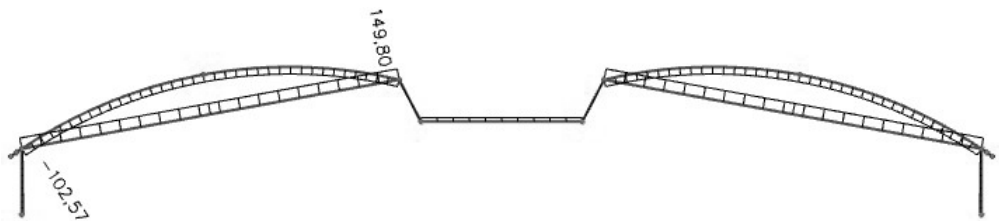
(analýza druhého řádu)

$$q_d := \Sigma N_{ed} \cdot 8 \cdot \frac{e_0 + \delta_0}{L^2} = 0.33 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

## 2.1.1. NÁVRH TÁHLA A PŘEDPĚTÍ - VARIANTA A

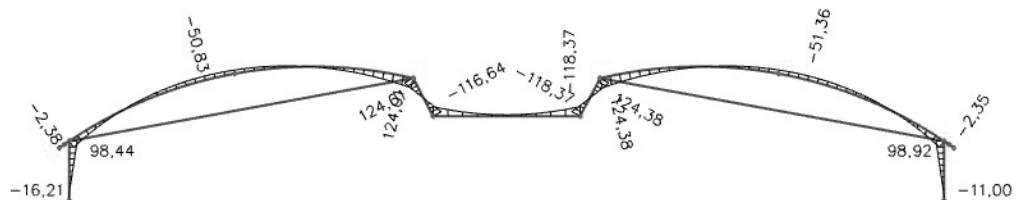
Předpětí táhla bylo stanoveno tak, aby v žádné kombinaci 2D modelu nedošlo k tahové deaktivaci táhla a zároveň aby vliv předpětí na konstrukci přibližně vyrovnával moment ve vetknutí způsobený vlastní tíhou konstrukce společně s ostatním stálým zatížením.

Stav předpětí - průběh normálových sil [kN]  
(předpětí s vlastní tíhou nosné konstrukce)



$F_{\text{předpínací}} := 150 \text{ kN}$  ...předpínací síla

Vliv přepětí - průběh momentových sil [kNm]  
(předpětí s vlastní tíhou nosné konstrukce a ostatním stálým zatížením)



$M_{\text{max}} := 16.21 \text{ kN} \cdot \text{m}$  ... maximální moment ve vetknutí od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení (bez předpokládaného zatížení technologiemi)

### NÁVRH A POSOUZENÍ TÁHLA

#### Materiál

ocel S520

$f_y := 520 \text{ MPa}$

$f_u := 720 \text{ MPa}$

$E := 210 \text{ GPa}$

| Tragfähigkeiten, System- und lieferbare Stablängen; Material: Stahl Festigkeitsklasse S355 (Ø d <sub>s</sub> 10-12) bzw. S460/S470/S520/ |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| System - Ø d <sub>s</sub> [mm]   | 10   | 12    | 16    | 20    | 24    | 27    | 30    | 36    | 42    | 48    | 52    | 60     |
| Bemessungswerte Tragfähigkeit  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Tragfähigkeit F <sub>t,R,d</sub> [kN]  | 21,3 | 30,94 | 81,22 | 126,9 | 182,7 | 238,1 | 290,6 | 423,4 | 581,1 | 763,7 | 911,3 | 1224,5 |
| Lieferbare minimale Systemlänge L [mm]   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| walzblank, feuerverz.  | 250  | 310   | 360   | 440   | 520   | 560   | 600   | 700   | 810   | 940   | 990   | 1160   |
| Lieferbare maximale Systemlänge L mit einem Stab [mm]  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| walzblank, feuerverz.  | 6060 | 6070  | 12080 | 12100 | 12120 | 12140 | 12140 | 12170 | 12220 | 12260 | 12270 | 12320  |
| Lieferbare maximale Stablänge [mm]   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| walzblank, feuerverz.  | 6000 |       |       |       |       |       | 12000 |       |       |       |       |        |

Volba průměru: Ø 42

$N_{Ed,max} := 569.99 \text{ kN} < N_{Rd,42} := 581.1 \text{ kN}$

vyhovuje

NÁVRH: táhlo Ø 42 S520

NK\_MSÚ\_sníh22

## 2.1.2. NÁVRH A POSOUZENÍ OBLOUKOVÉ ČÁSTI - VARIANTA A

$$l := 36180 \text{ mm}$$

$$l_p := 34600 \text{ mm}$$

### Materiál

ocel S235

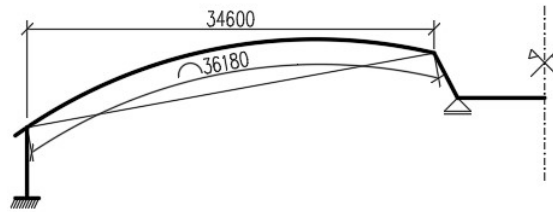
$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

### Schéma



### Průřez

|                       |                                |  |
|-----------------------|--------------------------------|--|
| HEA340                | $A := 13350 \text{ mm}^2$      | $W_{pl,y} := 1850 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ |
| $h := 330 \text{ mm}$ | $A_{v,z} := 4495 \text{ mm}^2$ | $I_y := 27690 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$     |
| $b := 300 \text{ mm}$ | $t_w := 9.5 \text{ mm}$        | $I_z := 7436 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$      |
| $r := 27 \text{ mm}$  | $t_f := 16.5 \text{ mm}$       |  |

### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

### Vstupní hodnoty vnitřních sil a kritických momentů

NK\_MSÚ\_sníh22 - PP

$$N_{Ed,max} := 710.93 \text{ kN} \quad M_{y,Ed,N} := 117.19 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

S14

$$M_{cr,N} := 1539.1 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

NK\_MSÚ\_vítr\_A14 - LL

$$N_{min} := 435.24 \text{ kN} \quad (\text{stabilitní 2D výpočet SCIA})$$

NK\_MSÚ\_vítr\_B11 - PP

$$V_{Ed,max} := 47.99 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed,max} := 254.31 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{Ed,M} := 23.68 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} := 3486.1 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

### Klasifikace průřezů

#### Pásnice

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$t_w = 9.5 \text{ mm}$$

$$r = 27 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := \frac{b - t_w - 2 \cdot r}{2} = 118.25 \text{ mm} \quad t := t_f = 16.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 7.2 < 9 \quad \varepsilon = 9 \quad \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

#### Stojna

$$h = 330 \text{ mm}$$

$$t_f = 16.5 \text{ mm}$$

$$r = 27 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 243 \text{ mm} \quad t := t_w = 9.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 25.6 < 72 \quad \varepsilon = 72 \quad \rightarrow \text{ohýbaná část: třída 1}$$

$$\frac{c}{t} = 25.6 < 33 \quad \varepsilon = 33 \quad \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

$$z := \frac{N_{Ed,max}}{t_w \cdot f_{y,d}} = 318.4 \text{ mm}$$

$$0.5 < \alpha := \frac{c+z}{2c} = 1.155 > 1 \quad \rightarrow \quad \alpha := 1$$

$$c = 243 \text{ mm}$$

$$t = 9.5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$\frac{c}{t} = 25.6 < \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 33 \quad \rightarrow \text{jen tlačená část: třída 1}$$

$$N_{min} = 435.24 \text{ kN}$$

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

$$I_y = (2.769 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

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

$$I_z = (7.436 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$A = 13350 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha_y = 0.34 \quad (\text{křivka b})$$

$$A = 13350 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed,max} = 710.93 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 1498.9 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} = 3486.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl,y} = (1.85 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT,0} = 0.4$$

$$\beta = 0.75$$

$$\alpha_{LT} = 0.34$$

$$(\text{křivka klopení b})$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl,y} = (1.85 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Ed,max} = 254.31 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_{v,z} = (4.495 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed,max} = 47.99 \text{ kN}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$f_{cr,y} := 5 \quad (\text{součinitel kritického zatížení, stabilitní 2D výpočet SCIA})$$

$$N_{cr,y} := f_{cr,y} \cdot N_{min} = 2176.2 \text{ kN}$$

$$L_{cr,y} := \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_y}{N_{cr,y}}} = 16.239 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := 6030 \text{ mm} \quad (\text{oblouková vzdálenost vzpěr})$$

$$N_{cr,z} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = 4238.61 \text{ kN} > N_{cr,y} = 2176.2 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{cr,y} = 2176.2 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující kritická síla})$$

$$\lambda_y := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = 1.201$$

$$\phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2) = 1.391$$

$$\chi_y := \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0.478 < 1$$

$$N_{b,Rd} := \chi_y \cdot A \cdot f_{y,d} = 1498.9 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,max}}{N_{b,Rd}} = 0.474 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na maximální ohyb

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr,M}} = 0.125$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.459$$

$$\chi_{LT,M} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.105 < 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 64.298$$

$$\rightarrow \chi_{LT,M} := 1$$

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT,M} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = 434.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.585 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_{y,d}}{\sqrt{3}} = 609.9 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} := V_{pl,Rd} = 609.87 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{c,Rd}} = 0.079 < 0.5 < 1$$

vyhovuje

→ lze zanedbat vliv posouvací síly na únosnost v ohybu

$$M_{cr.N} = 1539.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl.y} = (1.85 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT.0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

(křivka klopení b)

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$A = (1.335 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{cr.z} = 4238.6 \text{ kN}$$

$$\alpha_z := 0.49 \text{ (křivka c)}$$

$$A = 13350 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl.y} = (1.85 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\lambda_y = 1.201$$

$$N_{Ed.1} = 710.93 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.478$$

$$N_{Rk} = 3137.25 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$N_{Ed.1} = 710.93 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.1} = 117.19 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} = 3137.25 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} = 434.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_z = 0.624$$

$$\chi_y = 0.478$$

$$\chi_{LT.1} = 1$$

$$\lambda_y = 1.201$$

$$N_{Ed.2} = 23.68 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.478$$

$$N_{Rk} = 3137.25 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

## Posouzení na kombinaci ohybu a tlaku

Dopočet  $\chi_{LT.N}$

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{M_{cr.N}} = 0.282$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.51$$

$$\chi_{LT.N} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.045 \quad ? < 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 12.533$$

$$\rightarrow \chi_{LT.N} := 1$$

Dopočet  $\chi_z$

$$\lambda_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.z}}} = 0.86$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 1.032$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 0.624 < 1$$

Vstupní hodnoty

$$N_{Ed.1} := N_{Ed.max} = 710.93 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.2} := N_{Ed.M} = 23.68 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 3137.25 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.478 \quad \chi_z = 0.624$$

$$\lambda_y = 1.201 \quad \lambda_z = 0.86$$

$$M_{y.Ed.1} := M_{y.Ed.N} = 117.19 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Ed.2} := M_{y.Ed.max} = 254.31 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 434.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_{LT.1} := \chi_{LT.N} = 1$$

$$\chi_{LT.2} := \chi_{LT.M} = 1$$

Posudek 1

$$C_{my} := 1$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 1.475 \quad ? < C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 1.379$$

$$\rightarrow k_{yy.1} := 1.379$$

$$k_{zy.1} := 0.6 \quad k_{yy.1} = 0.827$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.85 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.59 < 1$$

vyhovuje

Posudek 2

$$C_{my} := 0.49$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.498 \quad ? < C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.496$$

$$\rightarrow k_{yy.2} := 0.496$$

$$k_{zy.2} := 0.6 \cdot k_{yy.2} = 0.298$$

$N_{Ed.2} = 23.68 \text{ kN}$   
 $M_{y.Ed.2} = 254.31 \text{ kN} \cdot \text{m}$   
 $N_{Rk} = 3137.25 \text{ kN}$   
 $M_{y.Rk} = 434.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$   
 $\chi_z = 0.624$   
 $\chi_y = 0.478$   
 $\chi_{LT.2} = 1$

$$\frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\chi_{LT.2} \cdot M_{y.Rk}} = 0.306 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.2}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\chi_{LT.2} \cdot M_{y.Rk}} = 0.186 < 1$$

vyhovuje

**Posouzení průhybu**

$l_p = 34.6 \text{ m}$

$$w_{scia} := 100.6 \text{ mm} < \frac{l_p}{250} = 138 \text{ mm}$$

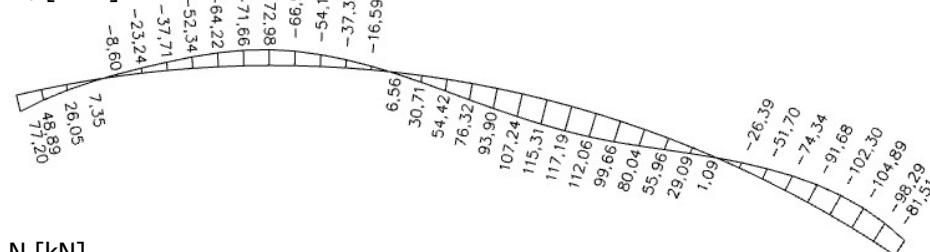
vyhovuje

**NÁVRH: profil HEA340**

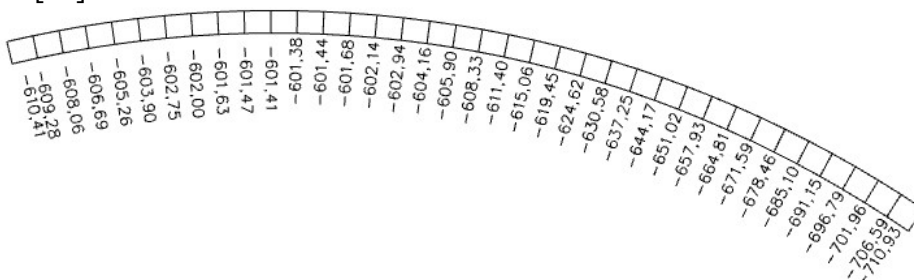
**Výstupy ze SCIA**

**NK\_MSÚ\_sníh22 - PP**

$M_y$  [kNm]



$N$  [kN]

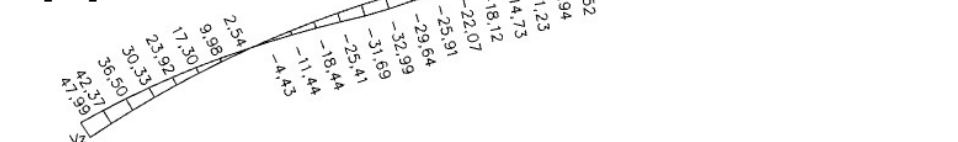


**NK\_MSÚ\_vítr\_A14 - LL**

$M_y$  [kNm]

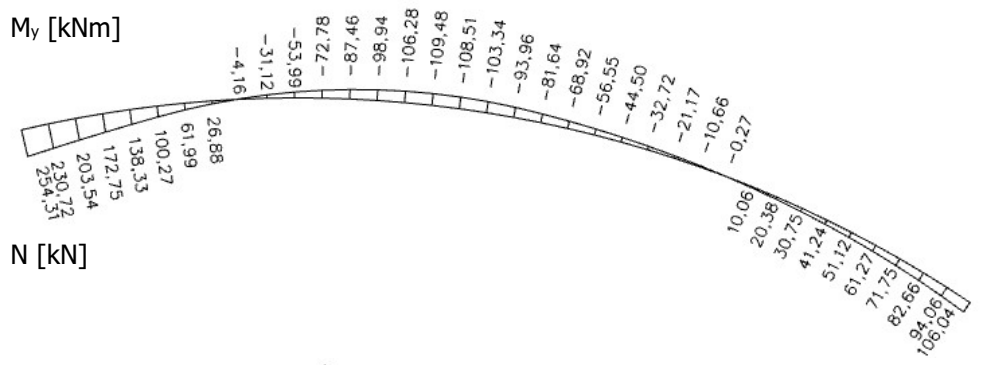


$V_z$  [kN]



# NK\_MSÚ\_vítr\_B11 - PP

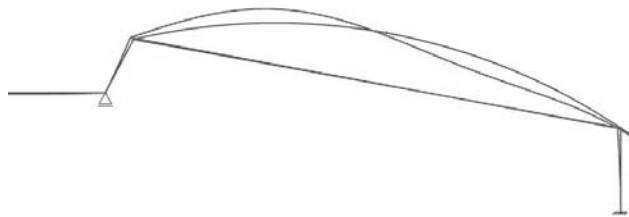
$M_y$  [kNm]



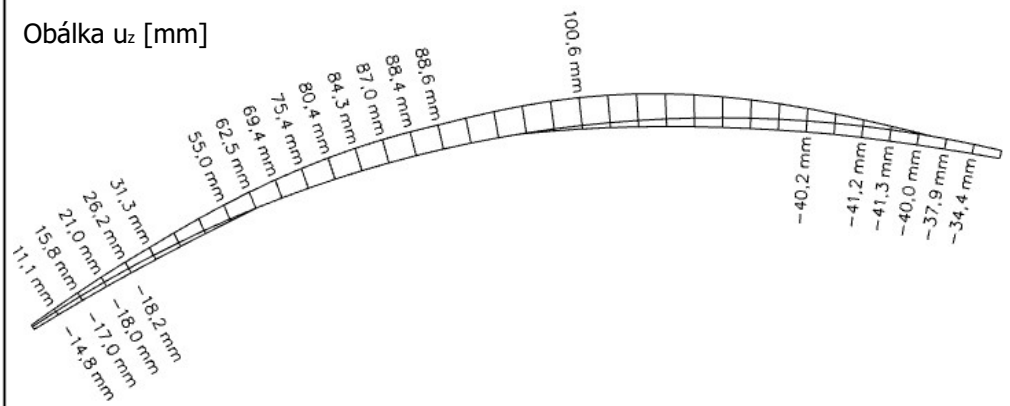
N [kN]



Deformovaná konstrukce  
Stabilitní výpočet



Obálka  $u_z$  [mm]





## Výstupy z LTBeamN

| <b>LTBeamN</b><br>v 1.0.1 |                      |           |             |   |          |      |           |
|---------------------------|----------------------|-----------|-------------|---|----------|------|-----------|
| <b>Vstupní data</b>       |                      |           |             |   |          |      |           |
| Délka                     | 36180 mm             |           |             |   |          |      |           |
| Profil                    | HEA 340              |           |             |   |          |      |           |
| <b>Okrajové podmínky</b>  |                      |           |             |   |          |      |           |
| Typ                       | $x_1$ [m]            | $x_2$ [m] | Poloha      | v | $\theta$ | $v'$ | $\theta'$ |
| spojitá                   | 0                    | 36,18     | horní hrana | X | -        | -    | -         |
| bodová                    | 0                    | 0         | osa         | X | X        | -    | -         |
| bodová                    | 6,03                 | 6,03      | osa         | X | -        | -    | -         |
| bodová                    | 12,06                | 12,06     | osa         | X | -        | -    | -         |
| bodová                    | 18,09                | 18,09     | osa         | X | -        | -    | -         |
| bodová                    | 24,12                | 24,12     | osa         | X | -        | -    | -         |
| bodová                    | 30,15                | 30,15     | osa         | X | -        | -    | -         |
| bodová                    | 36,18                | 36,18     | osa         | X | X        | -    | -         |
| <b>Legenda</b>            |                      |           |             |   |          |      |           |
| $x_1$                     | počátek podmínky     |           |             |   |          |      |           |
| $x_2$                     | konec podmínky       |           |             |   |          |      |           |
| v                         | posun ve směru osy y |           |             |   |          |      |           |
| $\theta$                  | natočení kolem osy x |           |             |   |          |      |           |
| $v'$                      | natočení kolem osy z |           |             |   |          |      |           |
| $\theta'$                 | deplanace průřezu    |           |             |   |          |      |           |
| X                         | zamezeno/drženo      |           |             |   |          |      |           |
| -                         | nezamezeno/nedrženo  |           |             |   |          |      |           |

| <b>LTBeamN</b><br>v 1.0.1                                     |                    |                             |
|---|--------------------|-----------------------------|
| <b>Kombinace</b>  | NK_MSÚ_sníh22 - PP |                             |
| <b>Vypočítané hodnoty</b>                                     |                    |                             |
| $\mu_{cr}$  | 13,15              | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 1539,1 kNm         | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                    |                             |
| Posun ve směru osy y  |                    |                             |
|   |                    |                             |
| Natočení kolem osy z  |                    |                             |
|   |                    |                             |
| Natočení kolem osy x  |                    |                             |
|   |                    |                             |
| Deplanace   |                    |                             |
|   |                    |                             |
| <b>Poznámka</b>   |                    |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                    |                             |

# LTBeamN

v 1.0.1

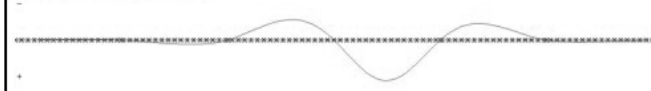
**Kombinace** NK\_MSÚ\_vítr\_B11 - PP

## Vypočtené hodnoty

|            |            |                             |
|------------|------------|-----------------------------|
| $\mu_{cr}$ | 13,71      | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$   | 3486,1 kNm | kritický moment             |

## Grafické výstupy

Posun ve směru osy y



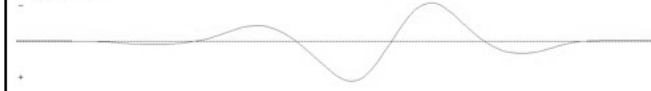
Natočení kolem osy z



Natočení kolem osy x



Deplanace



## Poznámka

Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení.

## 2.1.3. NÁVRH A POSOUZENÍ ŠIKMÉ ČÁSTI - VARIANTA A

$$l := 4294 \text{ mm}$$

### Materiál

ocel S235

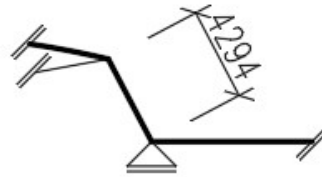
$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

### Schéma



### Průřez

HEA340

$$A := 13350 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} := 1850 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$h := 330 \text{ mm}$$

$$A_{v,z} := 4495 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 27690 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$b := 300 \text{ mm}$$

$$t_w := 9.5 \text{ mm}$$

$$I_z := 7436 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$r := 27 \text{ mm}$$

$$t_f := 16.5 \text{ mm}$$

### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

### Vstupní hodnoty vnitřních sil a kritických momentů

NK\_MSÚ\_sníh6 - PL

$$N_{Ed,max} := 251.4 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed,N} := 219.99 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{cr,N} := 3298.4 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

NK\_MSÚ\_vítr\_A22 - PP

$$V_{Ed,max} := 113.31 \text{ kN}$$

NK\_MSÚ\_sníh23 - LL

$$M_{y,Ed,max} := 313.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed,M} := 238.46 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} := 3656.9 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

### Klasifikace průřezů

#### Pásnice

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$t_w = 9.5 \text{ mm}$$

$$r = 27 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := \frac{b - t_w - 2 \cdot r}{2} = 118.25 \text{ mm} \quad t := t_f = 16.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 7.2 < 9 \varepsilon = 9 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

#### Stojna

$$h = 330 \text{ mm}$$

$$t_f = 16.5 \text{ mm}$$

$$r = 27 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 243 \text{ mm} \quad t := t_w = 9.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 25.6 < 72 \varepsilon = 72 \rightarrow \text{ohýbaná část: třída 1}$$

$$\frac{c}{t} = 25.6 < 33 \varepsilon = 33 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

$$N_{Ed,max} = 251.4 \text{ kN}$$

$$t_w = 9.5 \text{ mm}$$

$$z := \frac{N_{Ed,max}}{t_w \cdot f_{y,d}} = 112.6 \text{ mm}$$

$$0.5 < \alpha := \frac{c+z}{2c} = 0.732 < 1$$

$$c = 243 \text{ mm}$$

$$t = 9.5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$\frac{c}{t} = 25.6 < \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 46.5 \rightarrow \text{tlačená a ohýbaná část: třída 1}$$

$$l = 4.294 \text{ m}$$

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

$$I_z = (7.436 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

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

$$I_y = (2.769 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

$$A = 13350 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha_z = 0.49 \text{ (křivka c)}$$

$$A = 13350 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed,max} = 251.4 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 2440.4 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} = 3656.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl,y} = (1.85 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT,0} = 0.4$$

$$\beta = 0.75$$

$$\alpha_{LT} = 0.34$$

$$\text{(křivka klopení b)}$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl,y} = (1.85 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Ed,max} = 313.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_{v,z} = (4.495 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed,max} = 113.31 \text{ kN}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr,y} := l = 4.294 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := l = 4.294 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = 8359 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = 31126 \text{ kN} > N_{cr,z} = 8359 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{cr,z} = 8358.615 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující kritická síla})$$

$$\lambda_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 0.613$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 0.789$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 0.778 < 1$$

$$N_{b,Rd} := \chi_z \cdot A \cdot f_{y,d} = 2440.4 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,max}}{N_{b,Rd}} = 0.103 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na maximální ohyb

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr,M}} = 0.119$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.458$$

$$\chi_{LT,M} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.107 \stackrel{?}{<} 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 70.753$$

$$\rightarrow \chi_{LT,M} := 1$$

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT,M} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = 434.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.721 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_{y,d}}{\sqrt{3}} = 609.9 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} := V_{pl,Rd} = 609.87 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{c,Rd}} = 0.186 < 0.5 < 1$$

vyhovuje

→ lze zanedbat vliv posouvací síly na únosnost v ohybu

$$M_{cr.N} = 3298.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl.y} = (1.85 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT.0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

(křivka klopení b)

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$A = 13350 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{cr.y} = 31125.6 \text{ kN}$$

$$\alpha_y := 0.34 \quad (\text{křivka b})$$

$$A = (1.335 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl.y} = (1.85 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\lambda_y = 0.317$$

$$N_{Ed.1} = 251.4 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.958$$

$$N_{Rk} = 3137.25 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$N_{Ed.1} = 251.4 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.1} = 219.99 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} = 3137.25 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} = 434.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_z = 0.778$$

$$\chi_y = 0.958$$

$$\chi_{LT.1} = 1$$

$$\lambda_y = 0.317$$

$$N_{Ed.2} = 238.46 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.958$$

$$N_{Rk} = 3137.25 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

## Posouzení na kombinaci ohybu a tlaku

Dopočet  $\chi_{LT.N}$

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{M_{cr.N}} = 0.132$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.461$$

$$\chi_{LT.N} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.102 \quad ? < 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 57.561$$

$$\rightarrow \chi_{LT.N} := 1$$

Dopočet  $\chi_y$

$$\lambda_y := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.y}}} = 0.317$$

$$\phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2) = 0.57$$

$$\chi_y := \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0.958 < 1$$

Vstupní hodnoty

$$N_{Ed.1} := N_{Ed.max} = 251.4 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.2} := N_{Ed.M} = 238.46 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 3137.25 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.958 \quad \chi_z = 0.778$$

$$\lambda_y = 0.317 \quad \lambda_z = 0.613$$

$$M_{y.Ed.1} := M_{y.Ed.N} = 219.99 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Ed.2} := M_{y.Ed.max} = 313.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 434.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_{LT.1} := \chi_{LT.N} = 1$$

$$\chi_{LT.2} := \chi_{LT.M} = 1$$

Posudek 1

$$C_{my} := 0.9$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.909 \quad ? < C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.96$$

$$\rightarrow k_{yy.1} := 0.909$$

$$k_{zy.1} := 0.6 \cdot k_{yy.1} = 0.545$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.544 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.379 < 1$$

vyhovuje

Posudek 2

$$C_{my} := 0.9$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.908 \quad ? < C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.957$$

$$\rightarrow k_{yy.2} := 0.908$$

$$k_{zy.2} := 0.6 \cdot k_{yy.2} = 0.545$$

$$N_{Ed.2} = 238.46 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.2} = 313.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} = 3137.25 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} = 434.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_z = 0.778$$

$$\chi_y = 0.958$$

$$\chi_{LT.2} = 1$$

$$\frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\chi_{LT.2} \cdot M_{y.Rk}} = 0.734 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.2}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\chi_{LT.2} \cdot M_{y.Rk}} = 0.491 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení průhybu

$$l_c := 37.6 \text{ m}$$

$$w_{scia} := 100.6 \text{ mm} < \frac{l_c}{250} = 150 \text{ mm}$$

vyhovuje

Deformace byly ověřeny pro celé pole (rozpětí odpovídající oblouku s šikmou částí) oproti samostatnému posudku MSÚ.

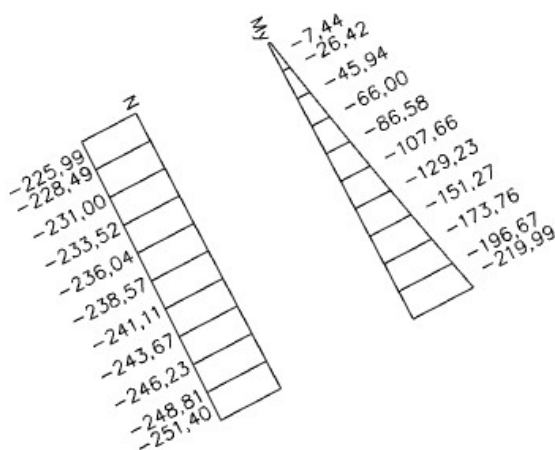
NÁVRH: profil HEA340

### Výstupy ze SCIA

NK\_MSÚ\_sníh6 - PL

N [kN]

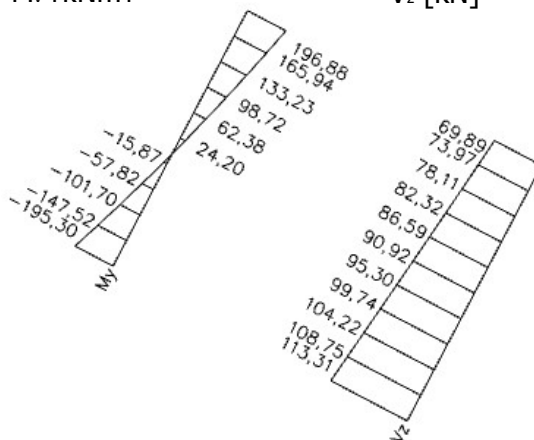
M<sub>y</sub> [kNm]



NK\_MSÚ\_vítr\_A22 - PP

M<sub>v</sub> [kNm]

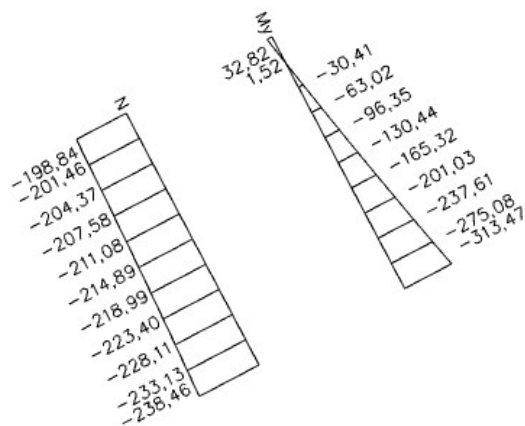
V<sub>z</sub> [kN]



NK\_MSÚ\_sníh23 - LL

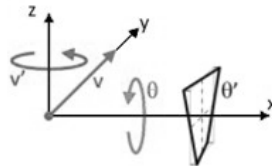
N [kN]

$M_y$  [kNm]



Výstupy z LTBeamN

| <p style="text-align: center;"><b>LTBeamN</b><br/>v 1.0.1</p> |                      |           |             |   |          |      |           |
|---|----------------------|-----------|-------------|---|----------|------|-----------|
| <b>Vstupní data</b>   |                      |           |             |   |          |      |           |
| Délka   | 4294 mm              |           |             |   |          |      |           |
| Profil  | HEA 340              |           |             |   |          |      |           |
| <b>Okrajové podmínky</b>                                      |                      |           |             |   |          |      |           |
| Typ   | $x_1$ [m]            | $x_2$ [m] | Poloha      | v | $\theta$ | $v'$ | $\theta'$ |
| spojitá   | 0                    | 4,294     | horní hrana | X | -        | -    | -         |
| bodová  | 0                    | 0         | osa         | X | X        | -    | -         |
| bodová  | 4,294                | 4,294     | osa         | X | X        | -    | -         |
| <b>Legenda</b>  |                      |           |             |   |          |      |           |
| $x_1$   | počátek podmínky     |           |             |   |          |      |           |
| $x_2$   | konec podmínky       |           |             |   |          |      |           |
| v   | posun ve směru osy y |           |             |   |          |      |           |
| $\theta$  | natočení kolem osy x |           |             |   |          |      |           |
| $v'$  | natočení kolem osy z |           |             |   |          |      |           |
| $\theta'$   | deplanace průřezu    |           |             |   |          |      |           |
| X   | zamezeno/drženo      |           |             |   |          |      |           |
| -   | nezamezeno/nedrženo  |           |             |   |          |      |           |



| <b>LTBeamN</b>  |                          |                             |
|---|--------------------------|-----------------------------|
| v 1.0.1   |                          |                             |
| <b>Kombinace</b>  | <b>NK_MSÚ_sníh6 - PL</b> |                             |
| <b>Vypočítané hodnoty</b>                                     |                          |                             |
| $\mu_{cr}$  | 14,99                    | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 3298,4 kNm               | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                          |                             |
| Posun ve směru osy y  |                          |                             |
|   |                          |                             |
| Natočení kolem osy z  |                          |                             |
|   |                          |                             |
| Natočení kolem osy x  |                          |                             |
|   |                          |                             |
| Deplanace   |                          |                             |
|   |                          |                             |
| <b>Poznámka</b>   |                          |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                          |                             |

| <b>LTBeamN</b>  |                           |                             |
|---|---------------------------|-----------------------------|
| v 1.0.1   |                           |                             |
| <b>Kombinace</b>  | <b>NK_MSÚ_sníh23 - LL</b> |                             |
| <b>Vypočtené hodnoty</b>                                      |                           |                             |
| $\mu_{cr}$  | 11,67                     | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 3656,9 kNm                | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                           |                             |
| Posun ve směru osy y  |                           |                             |
|   |                           |                             |
| Natočení kolem osy z  |                           |                             |
|   |                           |                             |
| Natočení kolem osy x  |                           |                             |
|   |                           |                             |
| Deplanace   |                           |                             |
|   |                           |                             |
| <b>Legenda</b>  |                           |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                           |                             |



## 2.1.4. NÁVRH A POSOUZENÍ ROVNÉ ČÁSTI - VARIANTA A

$$l := 14800 \text{ mm}$$

### Materiál

ocel S235

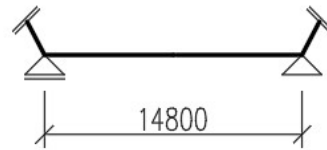
$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

### Schéma



### Průřez

IPE450

$$A := 9882 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} := 1702 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$h := 450 \text{ mm}$$

$$A_{v,z} := 5085 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 33740 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$b := 190 \text{ mm}$$

$$t_w := 9.4 \text{ mm}$$

$$I_z := 1676 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$r := 21 \text{ mm}$$

$$t_f := 16.6 \text{ mm}$$

### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

### Vstupní hodnoty vnitřních sil a kritických momentů

NK\_MSÚ\_sníh6 - P

$$N_{Ed,max.1} := 67.41 \text{ kN (tlak)}$$

$$M_{y,Ed,N.1} := 225.91 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

NK\_MSÚ\_vítr\_B11 - P

$$N_{Ed,max.2} := 102.22 \text{ kN (tah)}$$

$$M_{y,Ed,N.2} := 131.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

NK\_MSÚ\_sníh23 - L

$$V_{Ed,max} := 134.07 \text{ kN}$$

NK\_MSÚ\_sníh23 - L

$$M_{y,Ed,max} := 313.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed,M} := 29.87 \text{ kN (tlak)}$$

$$M_{cr,M} := 1225.2 \text{ kN} \cdot \text{m (kritický moment, LTbeamN)}$$

### Klasifikace průřezů

#### Pásnice

$$b = 190 \text{ mm}$$

$$t_w = 9.4 \text{ mm}$$

$$r = 21 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \text{ (S235)}$$

$$c := \frac{b - t_w - 2 \cdot r}{2} = 69.3 \text{ mm}$$

$$t := t_f = 16.6 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 4.2 < 9 \varepsilon = 9 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

#### Stojna

$$h = 450 \text{ mm}$$

$$t_f = 16.6 \text{ mm}$$

$$r = 21 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \text{ (S235)}$$

$$c := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 374.8 \text{ mm}$$

$$t := t_w = 9.4 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 39.9 < 72 \varepsilon = 72 \rightarrow \text{ohýbaná část: třída 1}$$

$$\frac{c}{t} = 39.9 < 42 \varepsilon = 42 \rightarrow \text{tlačená část: třída 3 (nerozhoduje, v kombinacích vždy tlak s ohybem viz níže)}$$

$$N_{Ed,max.1} = 67.41 \text{ kN}$$

$$t_w = 9.4 \text{ mm}$$

$$z := \frac{N_{Ed,max.1}}{t_w \cdot f_{y,d}} = 30.5 \text{ mm}$$

$$0.5 < \alpha := \frac{c + z}{2c} = 0.541 < 1$$

$$c = 374.8 \text{ mm}$$

$$t = 9.4 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \text{ (S235)}$$

$$\frac{c}{t} = 39.9 < \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 65.7 \rightarrow \text{tlačená a ohýbaná část: třída 1}$$

$$l = 14.8 \text{ m}$$



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

$$I_y = (3.374 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

$$I_z = (1.676 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$A = 9882 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha_z = 0.34 \quad (\text{křivka b})$$

$$A = 9882 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed,max.1} = 67.41 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 526.1 \text{ kN}$$

$$A = 9882 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1$$

$$N_{Ed,max.2} = 102.22 \text{ kN}$$

$$h_w := c = 374.8 \text{ mm}$$

$$t_w = 9.4 \text{ mm}$$

$$M_{cr,M} = 1225.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl,y} = (1.702 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT,0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.49$$

$$(\text{křivka klopení c})$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl,y} = (1.702 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Ed,max} = 313.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr,y} := l = 14.8 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := 0.5 \cdot l = 7.4 \text{ m} \quad (\text{v polovině vodorovná vpěra})$$

$$N_{cr,y} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = 3192.572 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = 634.351 \text{ kN} < N_{cr,y} = 3192.572 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{cr,z} = 634.35 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující kritická síla})$$

$$\lambda_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 1.913$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 2.622$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 0.227 < 1$$

$$N_{b,Rd} := \chi_z \cdot A \cdot f_{y,d} = 526.1 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,max.1}}{N_{b,Rd}} = 0.128 < 1$$

vyhovuje

→ kombinace s maximálním tlakem nerozhoduje

(malý účinek maximálního tlaku na únosnost, moment v kombinaci přibližně o třetinu menší než posuzované maximum)

### Posouzení na maximální tah a interakce s momentem

$$N_{pl,Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2322.27 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,max.2}}{N_{pl,Rd}} = 0.044 < 1$$

vyhovuje

$$0.25 \cdot N_{pl,Rd} = 580.568 \text{ kN} > N_{Ed,max.2} = 102.22 \text{ kN}$$

$$\frac{0.5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 413.967 \text{ kN} > N_{Ed,max.2} = 102.22 \text{ kN}$$

→ není třeba posuzovat kombinaci ohybu a tahu

### Posouzení na maximální ohyb

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr,M}} = 0.326$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.522$$

$$\chi_{LT,M} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.041 \stackrel{?}{<} 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 9.383$$

$$\rightarrow \chi_{LT,M} := 1$$

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT,M} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = 399.97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.784 < 1$$

vyhovuje

$$A_{v.z} = (5.085 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$f_{y.d} = 235 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed.max} = 134.07 \text{ kN}$$

$$A = 9882 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{cr.y} = 3192.6 \text{ kN}$$

$$\alpha_y = 0.21 \text{ (křivka a)}$$

$$A = (9.882 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl.y} = (1.702 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$\lambda_y = 0.853$$

$$N_{Ed.1} = 29.87 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.764$$

$$N_{Rk} = 2322.27 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$N_{Ed.1} = 29.87 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.1} = 313.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} = 2322.27 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} = 399.97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_z = 0.227$$

$$\chi_y = 0.764$$

$$\chi_{LT.1} = 1$$

$$l = 14.8 \text{ m}$$

### Posouzení na smyk

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{v.z} \cdot f_{y.d}}{\sqrt{3}} = 689.9 \text{ kN}$$

$$V_{c.Rd} := V_{pl.Rd} = 689.92 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed.max}}{V_{c.Rd}} = 0.194 < 0.5 < 1$$

vyhovuje

→ lze zanedbat vliv posouvací síly na únosnost v ohybu

### Posouzení na kombinaci ohybu a tlaku

#### Dopčet $\chi_y$

$$\lambda_y := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.y}}} = 0.853$$

$$\phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2) = 0.932$$

$$\chi_y := \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0.764 < 1$$

#### Vstupní hodnoty

$$N_{Ed.1} := N_{Ed.M} = 29.87 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.1} := M_{y.Ed.max} = 313.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 2322.27 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 399.97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_y = 0.764 \quad \lambda_y = 0.853$$

$$\chi_{LT.1} := \chi_{LT.M} = 1$$

$$\chi_z = 0.227 \quad \lambda_z = 1.913$$

#### Posudek

$$C_{my} := 0.514$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.52 < C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.521$$

$$\rightarrow k_{yy.1} := 0.52$$

$$k_{zy.1} := 0.6 \cdot k_{yy.1} = 0.312$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.424 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.301 < 1$$

vyhovuje

#### Posouzení průhybu

$$w_{scia} := 38.1 \text{ mm} < \frac{l}{250} = 59 \text{ mm}$$

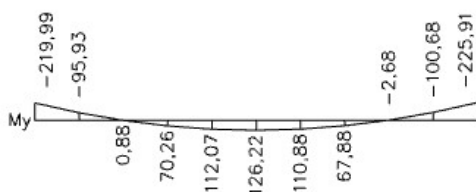
vyhovuje

NÁVRH: profil IPE450

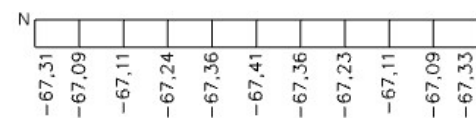
## Výstupy ze SCIA

NK\_MSÚ\_sníh6 - P

$M_y$  [kNm]

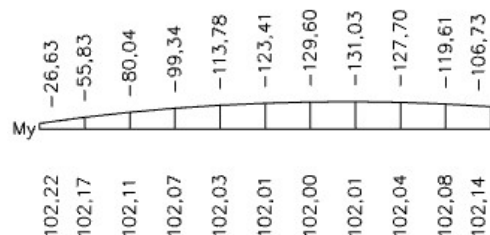


$N$  [kN]

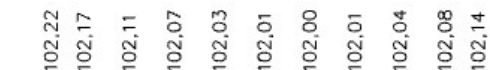


NK\_MSÚ\_vítr\_B11 - P

$M_y$  [kNm]

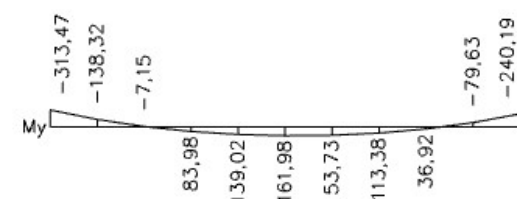


$N$  [kN]

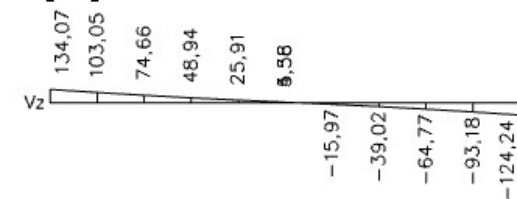


NK\_MSÚ\_sníh23 - L

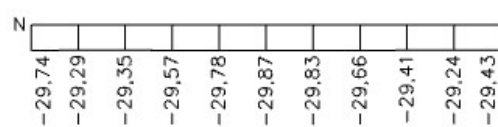
$M_y$  [kNm]



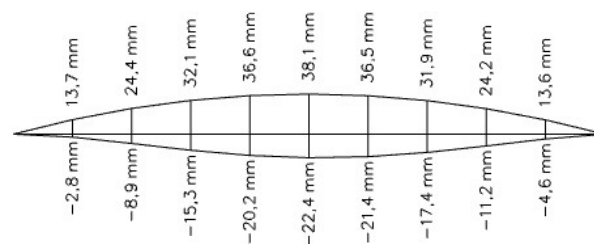
$V_z$  [kN]



$N$  [kN]



Obálka  $u_z$  [mm]



## Výstupy z LTBeamN

| <b>LTBeamN</b>           |                      |           |             |   |          |      |           |
|--------------------------|----------------------|-----------|-------------|---|----------|------|-----------|
| v 1.0.1                  |                      |           |             |   |          |      |           |
| <b>Vstupní data</b>      |                      |           |             |   |          |      |           |
| Délka                    | 14800 mm             |           |             |   |          |      |           |
| Profil                   | IPE 450              |           |             |   |          |      |           |
| <b>Okrajové podmínky</b> |                      |           |             |   |          |      |           |
| Typ                      | $x_1$ [m]            | $x_2$ [m] | Poloha      | v | $\theta$ | $v'$ | $\theta'$ |
| spojitá                  | 0                    | 14,8      | horní hrana | X | -        | -    | -         |
| bodová                   | 0                    | 0         | osa         | X | X        | -    | -         |
| bodová                   | 7,4                  | 7,4       | osa         | X | -        | -    | -         |
| bodová                   | 14,8                 | 14,8      | osa         | X | X        | -    | -         |
| <b>Legenda</b>           |                      |           |             |   |          |      |           |
| $x_1$                    | počátek podmínky     |           |             |   |          |      |           |
| $x_2$                    | konec podmínky       |           |             |   |          |      |           |
| v                        | posun ve směru osy y |           |             |   |          |      |           |
| $\theta$                 | natočení kolem osy x |           |             |   |          |      |           |
| $v'$                     | natočení kolem osy z |           |             |   |          |      |           |
| $\theta'$                | deplanace průřezu    |           |             |   |          |      |           |
| X                        | zamezeno/drženo      |           |             |   |          |      |           |
| -                        | nezamezeno/nedrženo  |           |             |   |          |      |           |

| <b>LTBeamN</b>  |                   |                             |
|---|-------------------|-----------------------------|
| v 1.0.1   |                   |                             |
| <b>Kombinace</b>  | NK_MSÚ_sníh23 - L |                             |
| <b>Vypočítané hodnoty</b>                                     |                   |                             |
| $\mu_{cr}$  | 3,909             | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 1225,2 kNm        | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                   |                             |
| Posun ve směru osy y  |                   |                             |
| -   |                   |                             |
| +   |                   |                             |
|   |                   |                             |
| Natočení kolem osy z  |                   |                             |
| -   |                   |                             |
| +   |                   |                             |
|   |                   |                             |
| Natočení kolem osy x  |                   |                             |
| -   |                   |                             |
| +   |                   |                             |
|   |                   |                             |
| Deplanace   |                   |                             |
| -   |                   |                             |
| +   |                   |                             |
|   |                   |                             |
| <b>Poznámka</b>   |                   |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                   |                             |

## 2.1.5. NÁVRH A POSOUZENÍ SLOUPU - VARIANTA A

$$l := 6000 \text{ mm}$$

### Materiál

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

### Schéma



### Průřez

HEA550

$$A := 21180 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} := 4622 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$h := 540 \text{ mm}$$

$$A_{v,z} := 8372 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 111900 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$b := 300 \text{ mm}$$

$$t_w := 12.5 \text{ mm}$$

$$I_z := 10820 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$r := 27 \text{ mm}$$

$$t_f := 24 \text{ mm}$$

### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

### Vstupní hodnoty vnitřních sil a kritických momentů

NK\_MSÚ\_sníh8 - LP

$$N_{Ed,max} := 330.49 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed,N} := 119.21 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{cr,N} := 6666 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

NK\_MSÚ\_vítr\_B9 - LL

$$V_{Ed,max} := 120.03 \text{ kN}$$

NK\_MSÚ\_vítr\_B9 - LL

$$M_{y,Ed,max} := 580.35 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{Ed,M} := 52.27 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} := 4132.2 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

### Klasifikace průřezů

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$t_w = 12.5 \text{ mm}$$

$$r = 27 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

#### Pásnice

$$c := \frac{b - t_w - 2 \cdot r}{2} = 116.75 \text{ mm} \quad t := t_f = 24 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 4.9 < 9 \varepsilon = 9 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

#### Stojna

$$c := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 438 \text{ mm} \quad t := t_w = 12.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 35 < 72 \varepsilon = 72 \rightarrow \text{ohýbaná část: třída 1}$$

$$\frac{c}{t} = 35 < 38 \varepsilon = 38 \rightarrow \text{tlačená část: třída 2}$$

$$N_{Ed,max} = 330.49 \text{ kN}$$

$$t_w = 12.5 \text{ mm}$$

$$z := \frac{N_{Ed,max}}{t_w \cdot f_{y,d}} = 112.5 \text{ mm}$$

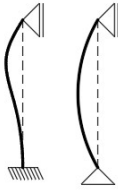
$$0.5 < \alpha := \frac{c+z}{2c} = 0.628 < 1$$

$$c = 438 \text{ mm}$$

$$t = 12.5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$\frac{c}{t} = 35 < \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 55.2 \rightarrow \text{tlačená a ohýbaná část: třída 1}$$



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

$$I_y = (1.119 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$

$$A = 21180 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha_z := 0.34 \quad (\text{křivka b})$$

$$A = 21180 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed,max} = 330.49 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 3310.5 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} = 4132.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl,y} = (4.622 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT,0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

$$(\text{křivka klopení b})$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl,y} = (4.622 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Ed,max} = 580.35 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_{v,z} = 8372 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed,max} = 120.03 \text{ kN}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr,y} := 0.7 l = 4.2 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := l = 6 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = 131477.23 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = 6229.37 \text{ kN} < N_{cr,y} = 131477.23 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{cr,z} = 6229.365 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující kritická síla})$$

$$\lambda_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 0.894$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 1.017$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 0.665 < 1$$

$$N_{b,Rd} := \chi_z \cdot A \cdot f_{y,d} = 3310.5 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,max}}{N_{b,Rd}} = 0.1 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na maximální ohyb

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr,M}} = 0.263$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.503$$

$$\chi_{LT,M} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.052 \stackrel{?}{<} 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 14.473$$

$$\rightarrow \chi_{LT,M} := 1$$

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT,M} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = (1.086 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.534 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_{y,d}}{\sqrt{3}} = 1135.9 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} := V_{pl,Rd} = 1135.89 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{c,Rd}} = 0.106 < 0.5 < 1$$

vyhovuje

→ lze zanedbat vliv posouvací síly na únosnost v ohybu

## Posouzení na kombinaci ohybu a tlaku

$$N_{cr,y} = 131477 \text{ kN}$$

$$A = 21180 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha_y = 0.21 \quad (\text{křivka a})$$

$$W_{pl,y} = (4.622 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT,0} = 0.4$$

$$\beta = 0.75$$

$$\alpha_{LT} = 0.34$$

$$(\text{křivka klopení b})$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$A = (2.118 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{cr,z} = 6229.4 \text{ kN}$$

$$\alpha_z = 0.49 \quad (\text{křivka c})$$

$$A = 21180 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl,y} = (4.622 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$\lambda_y = 0.195$$

$$N_{Ed,1} = 330.49 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 1.001$$

$$N_{Rk} = 4977.3 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$N_{Ed,1} = 330.49 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed,1} = 119.21 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} = 4977.3 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 1086.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_z = 0.604$$

$$\chi_y = 1.001$$

$$\chi_{LT,1} = 1$$

### Dopočet $\chi_{LT,N}$

$$\lambda_y := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = 0.195$$

$$\phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2) = 0.518$$

$$\chi_y := \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 1.001 < 1$$

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr,N}} = 0.163$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.47$$

$$\chi_{LT,N} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.09 \quad ? < 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 37.665$$

$$\rightarrow \chi_{LT,N} := 1$$

### Dopočet $\chi_z$

$$\lambda_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 0.894$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 1.07$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 0.604 < 1$$

### Vstupní hodnoty

$$N_{Ed,1} := N_{Ed,max} = 330.49 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,2} := N_{Ed,M} = 52.27 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 4977.3 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 1.001 \quad \chi_z = 0.604$$

$$\lambda_y = 0.195 \quad \lambda_z = 0.894$$

$$M_{y,Ed,1} := M_{y,Ed,N} = 119.21 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y,Ed,2} := M_{y,Ed,max} = 580.35 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y,Rk} := W_{pl,y} \cdot f_y = (1.09 \cdot 10^3) \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_{LT,1} := \chi_{LT,N} = 1$$

$$\chi_{LT,2} := \chi_{LT,M} = 1$$

### Posudek 1

$$C_{my} := 0.9$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.9 \quad ? < C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.948$$

$$\rightarrow k_{yy,1} := 0.9$$

$$k_{zy,1} := 0.6 \cdot k_{yy,1} = 0.54$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy,1} \cdot \frac{M_{y,Ed,1}}{\chi_{LT,1} \cdot M_{y,Rk}} = 0.165 < 1$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy,1} \cdot \frac{M_{y,Ed,1}}{\chi_{LT,1} \cdot M_{y,Rk}} = 0.169 < 1$$

vyhovuje



$$\lambda_y = 0.195$$

$$N_{Ed.2} = 52.27 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 1.001$$

$$N_{Rk} = 4977.3 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$N_{Ed.2} = 52.27 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.2} = 580.35 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{Rk} = 4977.3 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} = 1086.17 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\chi_z = 0.604$$

$$\chi_y = 1.001$$

$$\chi_{LT.2} = 1$$

$$l = 6 \text{ m}$$

### Posudek 2

$$C_{my} := 0.9$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.9 \quad ? < C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.908$$

$$\rightarrow k_{yy.2} := 0.9$$

$$k_{zy.2} := 0.6 \cdot k_{yy.2} = 0.54$$

$$\frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\chi_{LT.2} \cdot M_{y.Rk}} = 0.491 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.2}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\chi_{LT.2} \cdot M_{y.Rk}} = 0.306 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení průhybu

$$w_{scia} := 18.7 \text{ mm} < \frac{l}{300} = 20 \text{ mm}$$

vyhovuje

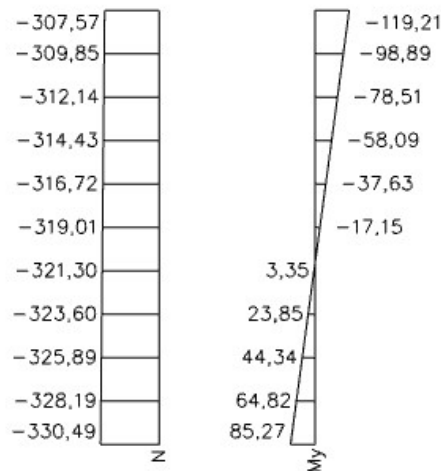
NÁVRH: profil HEA550

### Výstupy ze SCIA

NK\_MSÚ\_sníh8 - LP

N [kN]

M<sub>y</sub> [kNm]

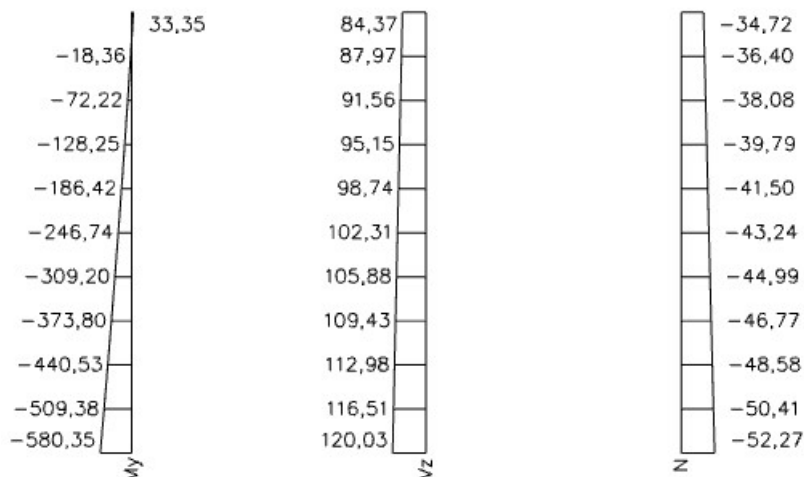


NK\_MSÚ\_vítr\_B9 - LL

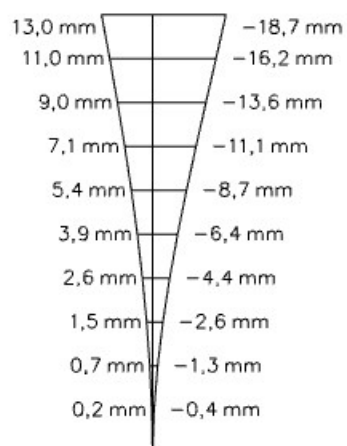
M<sub>y</sub> [kNm]

V<sub>z</sub> [kN]

N [kN]



## Obálka $u_z$ [mm]



## Výstupy z LTBeamN

| <b>LTBeamN</b>           |                      |           |              |     |          |      |           |
|--------------------------|----------------------|-----------|--------------|-----|----------|------|-----------|
| v 1.0.1                  |                      |           |              |     |          |      |           |
| <b>Vstupní data</b>      |                      |           |              |     |          |      |           |
| Délka                    | 6000 mm              |           |              |     |          |      |           |
| Profil                   | HEA 550              |           |              |     |          |      |           |
| <b>Okrajové podmínky</b> |                      |           |              |     |          |      |           |
| Typ                      | $x_1$ [m]            | $x_2$ [m] | Poloha       | $v$ | $\theta$ | $v'$ | $\theta'$ |
| spojitá                  | 0                    | 6         | vnější hrana | X   | -        | -    | -         |
| bodová                   | 0                    | 0         | osa          | X   | X        | -    | -         |
| bodová                   | 6                    | 6         | osa          | X   | X        | -    | -         |
| <b>Legenda</b>           |                      |           |              |     |          |      |           |
| $x_1$                    | počátek podmínky     |           |              |     |          |      |           |
| $x_2$                    | konec podmínky       |           |              |     |          |      |           |
| $v$                      | posun ve směru osy y |           |              |     |          |      |           |
| $\theta$                 | natočení kolem osy x |           |              |     |          |      |           |
| $v'$                     | natočení kolem osy z |           |              |     |          |      |           |
| $\theta'$                | deplanace průřezu    |           |              |     |          |      |           |
| <b>X</b>                 | zamezeno/drženo      |           |              |     |          |      |           |
| -                        | nezamezeno/nedrženo  |           |              |     |          |      |           |

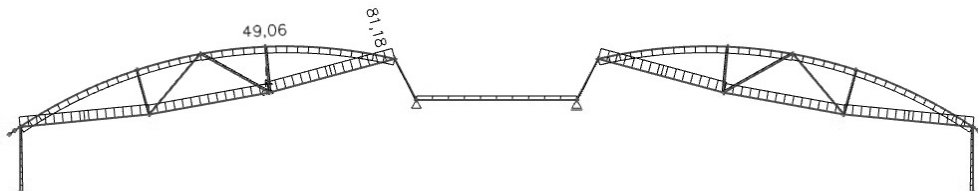
| <b>LTBeamN</b><br>v 1.0.1                                     |                          |                             |
|---|--------------------------|-----------------------------|
| <b>Kombinace</b>  | <b>NK_MSÚ_sníh8 - LP</b> |                             |
| <b>Vypočítané hodnoty</b>                                     |                          |                             |
| $\mu_{cr}$  | 55,92                    | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 6666 kNm                 | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                          |                             |
| Posun ve směru osy y  |                          |                             |
|   |                          |                             |
| Natočení kolem osy z  |                          |                             |
|   |                          |                             |
| Natočení kolem osy x  |                          |                             |
|   |                          |                             |
| Deplanace průřezu   |                          |                             |
|   |                          |                             |
| <b>Poznámka</b>   |                          |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                          |                             |

| <b>LTBeamN</b><br>v 1.0.1                                     |                            |                             |
|---|----------------------------|-----------------------------|
| <b>Kombinace</b>  | <b>NK_MSÚ_vítr_B9 - LL</b> |                             |
| <b>Vypočtené hodnoty</b>                                      |                            |                             |
| $\mu_{cr}$  | 7,12                       | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 4132,2 kNm                 | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                            |                             |
| Posun ve směru osy y  |                            |                             |
|   |                            |                             |
| Natočení kolem osy z  |                            |                             |
|   |                            |                             |
| Natočení kolem osy x  |                            |                             |
|   |                            |                             |
| Deplanace   |                            |                             |
|   |                            |                             |
| <b>Poznámka</b>   |                            |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                            |                             |

## 2.2.1. NÁVRH TÁHLA A PŘEDPĚTÍ - VARIANTA B

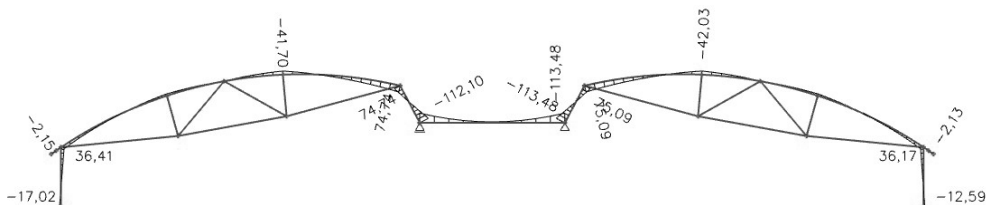
Předpětí táhla bylo stanoveno tak, aby v co největší míře kombinací nedošlo k tahové deaktivaci táhla a zároveň aby vliv předpětí na konstrukci přibližně vyrovnával moment ve vetknutí způsobený vlastní tíhou konstrukce společně s ostatním stálým zatížením.

Stav předpětí - průběh normálových sil [kN]  
(předpětí s vlastní tíhou nosné konstrukce)



$$F_{\text{předpínací}} := 81 \text{ kN} \quad \dots \text{předpínací síla}$$

Vliv přepětí - průběh momentových sil [kNm]  
(předpětí s vlastní tíhou nosné konstrukce a ostatním stálým zatížením)



$$M_{\text{max}} := 17,02 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \dots \text{maximální moment ve vetknutí od vlastní tíhy a ostatního stálého zatížení (bez předpokládaného zatížení technologiemi)}$$

### NÁVRH A POSOUZENÍ TÁHLA

#### Materiál

ocel S520

$$f_y := 520 \text{ MPa}$$

$$f_u := 720 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

| Tragfähigkeiten, System- und lieferbare Stablängen; Material: Stahl Festigkeitsklasse S355 (Ø d <sub>s</sub> 10-12) bzw. S460/S470/S520/ |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| System - Ø d <sub>s</sub> [mm]   | 10   | 12    | 16    | 20    | 24    | 27    | 30    | 36    | 42    | 48    | 52    | 60     |
| Bemessungswerte Tragfähigkeit  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Tragfähigkeit F <sub>t,R,d</sub> [kN]  | 21,3 | 30,94 | 81,22 | 126,9 | 182,7 | 238,1 | 290,6 | 423,4 | 581,1 | 763,7 | 911,3 | 1224,5 |
| Lieferbare minimale Systemlänge L [mm]   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| walzblank, feuerverz.  | 250  | 310   | 360   | 440   | 520   | 560   | 600   | 700   | 810   | 940   | 990   | 1160   |
| Lieferbare maximale Systemlänge L mit einem Stab [mm]  |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| walzblank, feuerverz.  | 6060 | 6070  | 12080 | 12100 | 12120 | 12140 | 12140 | 12170 | 12220 | 12260 | 12270 | 12320  |
| Lieferbare maximale Stablänge [mm]   |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| walzblank, feuerverz.  | 6000 |       |       |       |       |       |       | 12000 |       |       |       |        |

Volba průměru: Ø 42

$$N_{\text{Ed,max}} := 460,30 \text{ kN} < N_{\text{Rd,42}} := 581,1 \text{ kN}$$

vyhovuje

NÁVRH: táhlo Ø 42 S520

NK\_MSÚ\_sníh22

## 2.2.2. NÁVRH A POSOUZENÍ OBLOUKOVÉ ČÁSTI - VARIANTA B

$$l := 36180 \text{ mm}$$

$$l_p := 34600 \text{ mm}$$

### Materiál

ocel S235

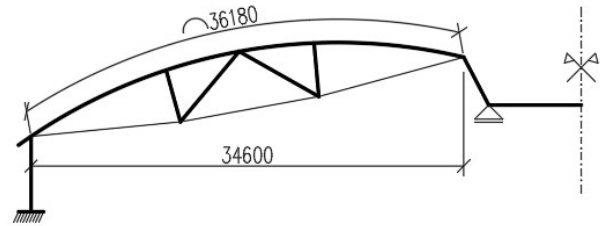
$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

### Schéma



### Průřez

|                       |                                |   |
|-----------------------|--------------------------------|---|
| HEA260                | $A := 8682 \text{ mm}^2$       | $W_{pl,y} := 919.8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ |
| $h := 250 \text{ mm}$ | $A_{v,z} := 2876 \text{ mm}^2$ | $I_y := 10450 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$      |
| $b := 260 \text{ mm}$ | $t_w := 7.5 \text{ mm}$        | $I_z := 3668 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$       |
| $r := 24 \text{ mm}$  | $t_f := 12.5 \text{ mm}$       |   |

### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

### Vstupní hodnoty vnitřních sil a kritických momentů

NK\_MSÚ\_sníh22 - LP

$$N_{Ed,max} := 581.43 \text{ kN} \quad M_{y,Ed,N} := 54.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{cr,N} := 881.75 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

S14

$$N_{min} := 321.49 \text{ kN} \quad (\text{stabilitní 2D výpočet SCIA})$$

NK\_MSÚ\_vítr\_A22 - LL

$$V_{Ed,max} := 45.10 \text{ kN}$$

NK\_MSÚ\_vítr\_B12 - LL

$$M_{y,Ed,max} := 134.7 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{Ed,M} := 69.10 \text{ kN} \quad (\text{tah})$$

$$M_{cr,M} := 2361.3 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

### Klasifikace průřezů

#### Pásnice

$$b = 260 \text{ mm}$$

$$t_w = 7.5 \text{ mm}$$

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

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := \frac{b - t_w - 2 \cdot r}{2} = 102.25 \text{ mm} \quad t := t_f = 12.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 8.2 < 9 \varepsilon = 9 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

#### Stojna

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$t_f = 12.5 \text{ mm}$$

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

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 177 \text{ mm} \quad t := t_w = 7.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 23.6 < 72 \varepsilon = 72 \rightarrow \text{ohýbaná část: třída 1}$$

$$\frac{c}{t} = 23.6 < 33 \varepsilon = 33 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

$$N_{Ed,max} = 581.43 \text{ kN}$$

$$t_w = 7.5 \text{ mm}$$

$$z := \frac{N_{Ed,max}}{t_w \cdot f_{y,d}} = 329.9 \text{ mm}$$

$$0.5 < \alpha := \frac{c+z}{2c} = 1.432 > 1 \rightarrow \alpha := 1$$

$$c = 177 \text{ mm}$$

$$t = 7.5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$\frac{c}{t} = 23.6 < \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 33 \rightarrow \text{jen tlačená část: třída 1}$$

$$N_{min} = 321.49 \text{ kN}$$

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

$$I_y = (1.045 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

$$A = 8682 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha_z := 0.49 \quad (\text{křivka c})$$

$$A = 8682 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed,max} = 581.43 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 1116.1 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} = 2361.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl,y} = 919800 \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT,0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

$$(\text{křivka klopení b})$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl,y} = 919800 \text{ mm}^3$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Ed,max} = 134.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_{v,z} = 2876 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed,max} = 45.1 \text{ kN}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$f_{cr,y} := 8 \quad (\text{součinitel kritického zatížení, stabilitní 2D výpočet SCIA})$$

$$N_{cr,y} := f_{cr,y} \cdot N_{min} = 2571.92 \text{ kN}$$

$$L_{cr,y} := \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_y}{N_{cr,y}}} = 9.177 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := 6030 \text{ mm} \quad (\text{oblouková vzdálenost vzpěr})$$

$$N_{cr,z} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = 2090.81 \text{ kN} < N_{cr,y} = 2571.92 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{cr,z} = 2090.806 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující kritická síla})$$

$$\lambda_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 0.988$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 1.181$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 0.547 < 1$$

$$N_{b,Rd} := \chi_z \cdot A \cdot f_{y,d} = 1116.1 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,max}}{N_{b,Rd}} = 0.521 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na maximální ohyb

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr,M}} = 0.092$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.451$$

$$\chi_{LT,M} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.118 \stackrel{?}{<} 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 119.338$$

$$\rightarrow \chi_{LT,M} := 1$$

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT,M} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = 216.153 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.623 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_{y,d}}{\sqrt{3}} = 390.2 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} := V_{pl,Rd} = 390.21 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{c,Rd}} = 0.116 < 0.5 < 1$$

vyhovuje

→ lze zanedbat vliv posouvací síly na únosnost v ohybu

$$M_{cr.N} = 881.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl.y} = 919800 \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT.0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

(křivka klopení b)

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$A = 8682 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{cr.z} = 2090.8 \text{ kN}$$

$$\alpha_y := 0.34 \quad (\text{křivka b})$$

$$A = 8682 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl.y} = (9.198 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\lambda_y = 0.891$$

$$N_{Ed.1} = 581.43 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.667$$

$$N_{Rk} = 2040.27 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$N_{Ed.1} = 581.43 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.1} = 54.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} = 2040.27 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} = 216.153 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_z = 0.547$$

$$\chi_y = 0.667$$

$$\chi_{LT.1} = 1$$

$$A = 8682 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1$$

$$N_{Ed.M} = 69.1 \text{ kN}$$

$$h_w := c = 177 \text{ mm}$$

$$t_w = 7.5 \text{ mm}$$

## Posouzení na kombinaci ohybu a tlaku

Dopočet  $\chi_{LT.N}$

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{M_{cr.N}} = 0.245$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.496$$

$$\chi_{LT.N} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.059 \quad ? < 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 16.641$$

$$\rightarrow \chi_{LT.N} := 1$$

Dopočet  $\chi_y$

$$\lambda_y := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.y}}} = 0.891$$

$$\phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2) = 1.014$$

$$\chi_y := \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0.667 < 1$$

Vstupní hodnoty

$$N_{Ed.1} := N_{Ed.max} = 581.43 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 2040.27 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.667 \quad \chi_z = 0.547$$

$$\lambda_y = 0.891 \quad \lambda_z = 0.988$$

$$M_{y.Ed.1} := M_{y.Ed.N} = 54.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 216.15 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_{LT.1} := \chi_{LT.N} = 1$$

Posudek

$$C_{my} := 1$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 1.3 \quad ? < C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 1.342$$

$$\rightarrow k_{yy.1} := 1.30$$

$$k_{zy.1} := 0.6 \cdot k_{yy.1} = 0.78$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.753 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.716 < 1$$

vyhovuje

Posouzení na kombinaci maximálního momentu a tahu

$$N_{pl.Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2040.27 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed.M}}{N_{pl.Rd}} = 0.034 < 1$$

vyhovuje

$$0.25 \cdot N_{pl.Rd} = 510.068 \text{ kN} > N_{Ed.M} = 69.1 \text{ kN}$$

$$\frac{0.5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 155.981 \text{ kN} > N_{Ed.M} = 69.1 \text{ kN}$$

→ není třeba posuzovat kombinaci ohybu a tahu

$$l_p = 34.6 \text{ m}$$

**Posouzení průhybu**

$$w_{scia} := 89.0 \text{ mm} < \frac{l_p}{250} = 138 \text{ mm}$$

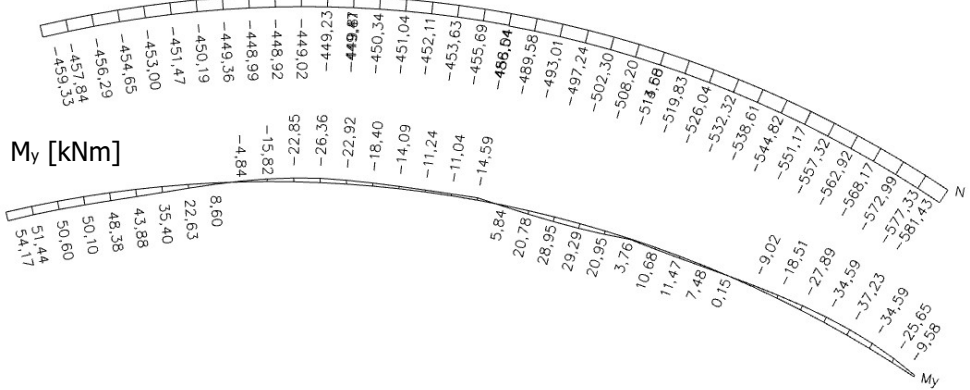
vyhovuje

**NÁVRH: profil HEA260**

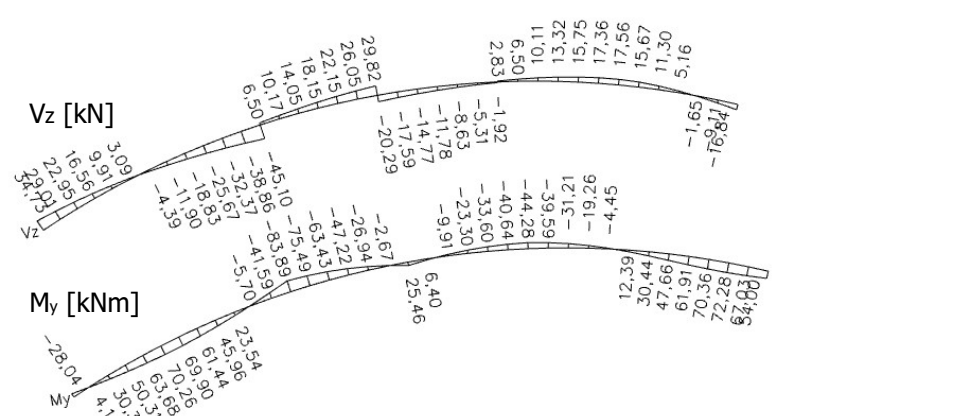
**Výstupy ze SCIA**

**NK\_MSÚ\_sníh22 - LP**

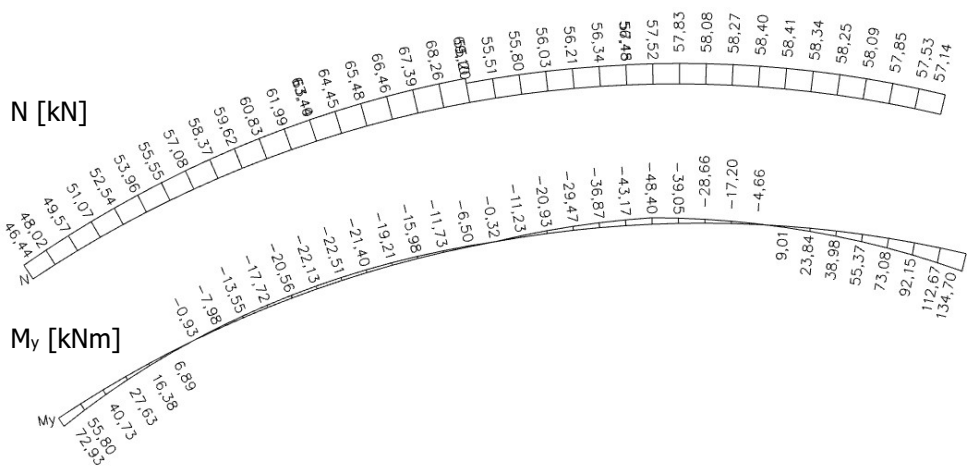
N [kN]



**NK\_MSÚ\_vítr\_A22 - LL**

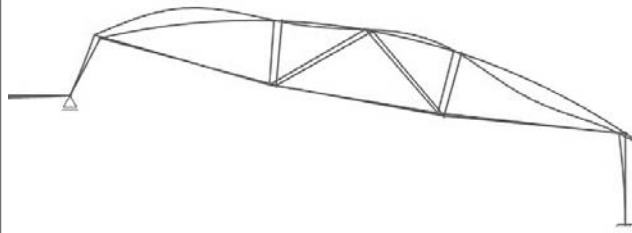


**NK\_MSÚ\_vítr\_B12 - LL**

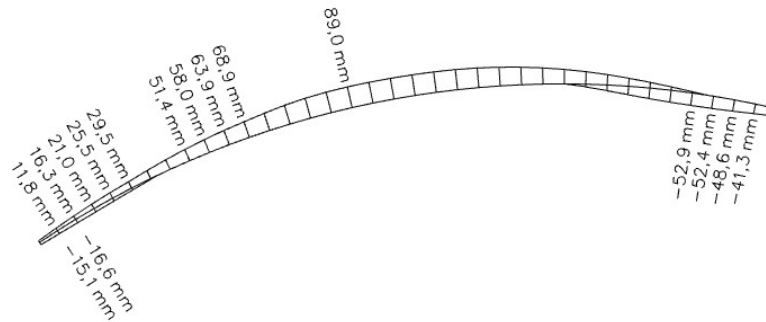




Deformovaná konstrukce  
Stabilitní výpočet - S14



Obálka  $u_z$  [mm]



Výstupy z LTBeamN

| <b>LTBeamN</b>           |                      |           |             |   |          |      |           |
|--------------------------|----------------------|-----------|-------------|---|----------|------|-----------|
| v 1.0.1                  |                      |           |             |   |          |      |           |
| <b>Vstupní data</b>      |                      |           |             |   |          |      |           |
| Délka                    | 36180 mm             |           |             |   |          |      |           |
| Profil                   | HEA 260              |           |             |   |          |      |           |
| <b>Okrajové podmínky</b> |                      |           |             |   |          |      |           |
| Typ                      | $x_1$ [m]            | $x_2$ [m] | Poloha      | v | $\theta$ | $v'$ | $\theta'$ |
| spojitá                  | 0                    | 36,18     | horní hrana | X | -        | -    | -         |
| bodová                   | 0                    | 0         | osa         | X | X        | -    | -         |
| bodová                   | 6,03                 | 6,03      | osa         | X | -        | -    | -         |
| bodová                   | 12,06                | 12,06     | osa         | X | -        | -    | -         |
| bodová                   | 18,09                | 18,09     | osa         | X | -        | -    | -         |
| bodová                   | 24,12                | 24,12     | osa         | X | -        | -    | -         |
| bodová                   | 30,15                | 30,15     | osa         | X | -        | -    | -         |
| bodová                   | 36,18                | 36,18     | osa         | X | X        | -    | -         |
| <b>Legenda</b>           |                      |           |             |   |          |      |           |
| $x_1$                    | počátek podmínky     |           |             |   |          |      |           |
| $x_2$                    | konec podmínky       |           |             |   |          |      |           |
| v                        | posun ve směru osy y |           |             |   |          |      |           |
| $\theta$                 | natočení kolem osy x |           |             |   |          |      |           |
| $v'$                     | natočení kolem osy z |           |             |   |          |      |           |
| $\theta'$                | deplanace průřezu    |           |             |   |          |      |           |
| X                        | zamezeno/drženo      |           |             |   |          |      |           |
| -                        | nezamezeno/nedrženo  |           |             |   |          |      |           |

| <b>LTBeamN</b><br>v 1.0.1                                     |                           |                             |
|---|---------------------------|-----------------------------|
| <b>Kombinace</b>  | <b>NK_MSÚ_sníh22 - LP</b> |                             |
| <b>Vypočtené hodnoty</b>                                      |                           |                             |
| $\mu_{cr}$  | 16,28                     | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 881,75 kNm                | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                           |                             |
| Posun ve směru osy y  |                           |                             |
|   |                           |                             |
| Natočení kolem osy z  |                           |                             |
|   |                           |                             |
| Natočení kolem osy x  |                           |                             |
|   |                           |                             |
| Deplanace   |                           |                             |
|   |                           |                             |
| <b>Poznámka</b>   |                           |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                           |                             |

| <b>LTBeamN</b><br>v 1.0.1                                     |                             |                             |
|---|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Kombinace</b>  | <b>NK_MSÚ_vítr_B12 - LL</b> |                             |
| <b>Vypočítané hodnoty</b>                                     |                             |                             |
| $\mu_{cr}$  | 17,53                       | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 2361,3 kNm                  | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                             |                             |
| Posun ve směru osy y  |                             |                             |
|   |                             |                             |
| Natočení kolem osy z  |                             |                             |
|   |                             |                             |
| Natočení kolem osy x  |                             |                             |
|   |                             |                             |
| Deplanace   |                             |                             |
|   |                             |                             |
| <b>Poznámka</b>   |                             |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                             |                             |

## 2.2.3. NÁVRH A POSOUZENÍ ŠIKMÉ ČÁSTI - VARIANTA B

$$l := 4294 \text{ mm}$$

### Materiál

ocel S235

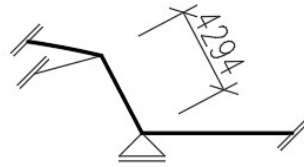
$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

### Schéma



### Průřez

HEA300

$$A := 11250 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} := 1383 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$h := 290 \text{ mm}$$

$$A_{v,z} := 3728 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 18260 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$b := 300 \text{ mm}$$

$$t_w := 8.5 \text{ mm}$$

$$I_z := 6310 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$r := 27 \text{ mm}$$

$$t_f := 14 \text{ mm}$$

### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

### Vstupní hodnoty vnitřních sil a kritických momentů

NK\_MSÚ\_sníh7 - PL

$$N_{Ed,max} := 244.92 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed,N} := 290.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{cr,N} := 2258.2 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

NK\_MSÚ\_sníh22 - LL

$$V_{Ed,max} := 83.21 \text{ kN}$$

NK\_MSÚ\_sníh22 - LL

$$M_{y,Ed,max} := 306.77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed,M} := 242.73 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} := 2318.3 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

### Klasifikace průřezů

#### Pásnice

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$t_w = 8.5 \text{ mm}$$

$$r = 27 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := \frac{b - t_w - 2 \cdot r}{2} = 118.75 \text{ mm} \quad t := t_f = 14 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 8.5 < 9 \varepsilon = 9 \quad \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

#### Stojna

$$h = 290 \text{ mm}$$

$$t_f = 14 \text{ mm}$$

$$r = 27 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 208 \text{ mm} \quad t := t_w = 8.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 24.5 < 72 \varepsilon = 72 \quad \rightarrow \text{ohýbaná část: třída 1}$$

$$\frac{c}{t} = 24.5 < 33 \varepsilon = 33 \quad \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

$$N_{Ed,max} = 244.92 \text{ kN}$$

$$t_w = 8.5 \text{ mm}$$

$$z := \frac{N_{Ed,max}}{t_w \cdot f_{y,d}} = 122.6 \text{ mm}$$

$$0.5 < \alpha := \frac{c+z}{2c} = 0.795 < 1$$

$$c = 208 \text{ mm}$$

$$t = 8.5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$\frac{c}{t} = 24.5 < \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 42.4 \quad \rightarrow \text{tlačená a ohýbaná část: třída 1}$$

$$l = 4.294 \text{ m}$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$
$$I_z = (6.31 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$
$$I_y = (1.826 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

$$A = 11250 \text{ mm}^2$$
$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha_z := 0.49 \quad (\text{křivka c})$$

$$A = 11250 \text{ mm}^2$$
$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed,max} = 244.92 \text{ kN}$$
$$N_{b,Rd} = 2059.8 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} = 2318.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$
$$W_{pl,y} = (1.383 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$
$$\lambda_{LT,0} := 0.4$$
$$\beta := 0.75$$
$$\alpha_{LT} := 0.34$$
$$(\text{křivka klopení b})$$
$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl,y} = (1.383 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$
$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$
$$M_{y,Ed,max} = 306.77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_{v,z} = 3728 \text{ mm}^2$$
$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed,max} = 83.21 \text{ kN}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr,y} := l = 4.294 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := l = 4.294 \text{ m}$$

$$N_{cr,z} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = 7093 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = 20526 \text{ kN} > N_{cr,z} = 7093 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{cr,z} = 7093 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující kritická síla})$$

$$\lambda_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 0.611$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 0.787$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 0.779 < 1$$

$$N_{b,Rd} := \chi_z \cdot A \cdot f_{y,d} = 2059.8 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,max}}{N_{b,Rd}} = 0.119 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na maximální ohyb

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr,M}} = 0.14$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.463$$

$$\chi_{LT,M} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.099 \stackrel{?}{<} 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 50.881$$

$$\rightarrow \chi_{LT,M} := 1$$

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT,M} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = 325.005 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.944 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_{y,d}}{\sqrt{3}} = 505.8 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} := V_{pl,Rd} = 505.81 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{c,Rd}} = 0.165 < 0.5 < 1$$

vyhovuje

$\rightarrow$  lze zanedbat vliv posouvací síly na únosnost v ohybu

$$M_{cr.N} = 2258.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl.y} = (1.383 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT.0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

(křivka klopení b)

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$A = 11250 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{cr.z} = 7092.9 \text{ kN}$$

$$\alpha_y := 0.34 \quad (\text{křivka b})$$

$$A = (1.125 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl.y} = (1.383 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\lambda_y = 0.359$$

$$N_{Ed.1} = 244.92 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.942$$

$$N_{Rk} = 2643.75 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$N_{Ed.1} = 244.92 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.1} = 290.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} = 2643.75 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} = 325.005 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_z = 0.779$$

$$\chi_y = 0.942$$

$$\chi_{LT.1} = 1$$

$$\lambda_y = 0.359$$

$$N_{Ed.2} = 242.73 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.942$$

$$N_{Rk} = 2643.75 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

## Posouzení na kombinaci ohybu a tlaku

Dopočet  $\chi_{LT.N}$

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{M_{cr.N}} = 0.144$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.464$$

$$\chi_{LT.N} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.097 \quad \stackrel{?}{<} \quad 1 \quad < \quad \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 48.277$$

$$\rightarrow \chi_{LT.N} := 1$$

Dopočet  $\chi_y$

$$\lambda_y := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.y}}} = 0.359$$

$$\phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2) = 0.591$$

$$\chi_y := \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0.942 \quad < \quad 1$$

Vstupní hodnoty

$$N_{Ed.1} := N_{Ed.max} = 244.92 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.2} := N_{Ed.M} = 242.73 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 2643.75 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.942 \quad \chi_z = 0.779$$

$$\lambda_y = 0.359 \quad \lambda_z = 0.611$$

$$M_{y.Ed.1} := M_{y.Ed.N} = 290.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Ed.2} := M_{y.Ed.max} = 306.77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 325.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_{LT.1} := \chi_{LT.N} = 1$$

$$\chi_{LT.2} := \chi_{LT.M} = 1$$

Posudek 1

$$C_{my} := 0.9$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.914 \quad \stackrel{?}{<} \quad C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.971$$

$$\rightarrow k_{yy.1} := 0.914$$

$$k_{zy.1} := 0.6 \cdot k_{yy.1}$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.915 \quad < \quad 1$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.609 \quad < \quad 1$$

vyhovuje

Posudek 2

$$C_{my} := 0.9$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.914 \quad \stackrel{?}{<} \quad C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.97$$

$$\rightarrow k_{yy.2} := 0.914$$

$$N_{Ed.2} = 242.73 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.2} = 306.77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} = 2643.75 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} = 325.005 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_z = 0.779$$

$$\chi_y = 0.942$$

$$\chi_{LT.2} = 1$$

$$k_{yy.2} = 0.914$$

$$k_{zy.2} := 0.6 \cdot k_{yy.2} = 0.548$$

$$\frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\chi_{LT.2} \cdot M_{y.Rk}} = 0.96 < 1$$

$$\gamma_{M1}$$

$$\frac{N_{Ed.2}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\chi_{LT.2} \cdot M_{y.Rk}} = 0.635 < 1$$

$$\gamma_{M1}$$

vyhovuje

### Posouzení průhybu

$$l_c := 37.6 \text{ m}$$

$$w_{scia} := 89 \text{ mm} < \frac{l_c}{250} = 150 \text{ mm}$$

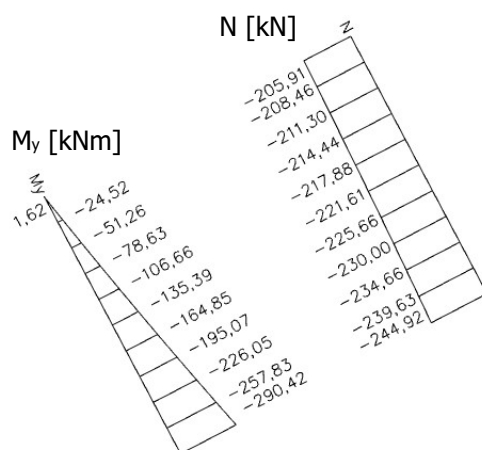
vyhovuje

Deformace byly ověřeny pro celé pole (rozpětí odpovídající oblouku s šikmou částí) oproti samostatnému posudku MSÚ.

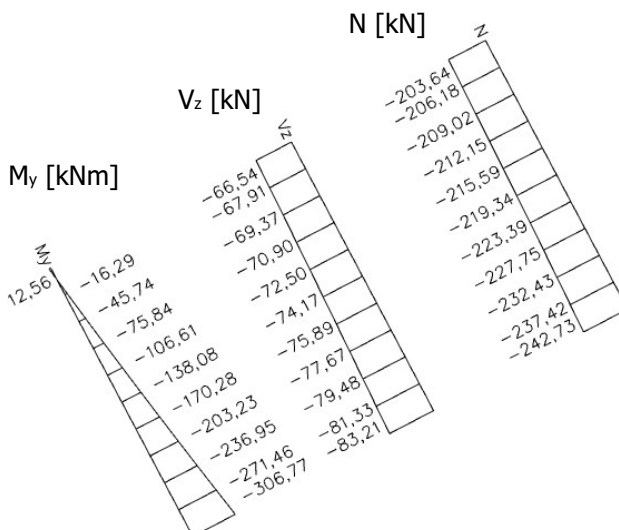
NÁVRH: profil HEA300

### Výstupy ze SCIA

NK\_MSÚ\_sníh7 - PL



NK\_MSÚ\_sníh22 - LL



## Výstupy z LTBeamN

| <b>LTBeamN</b><br>v 1.0.1 |                      |           |             |   |          |      |           |
|---------------------------|----------------------|-----------|-------------|---|----------|------|-----------|
| <b>Vstupní data</b>       |                      |           |             |   |          |      |           |
| Délka                     | 4294 mm              |           |             |   |          |      |           |
| Profil                    | HEA 300              |           |             |   |          |      |           |
| <b>Okrajové podmínky</b>  |                      |           |             |   |          |      |           |
| Typ                       | $x_1$ [m]            | $x_2$ [m] | Poloha      | v | $\theta$ | $v'$ | $\theta'$ |
| spojitá                   | 0                    | 4,294     | horní hrana | X | -        | -    | -         |
| bodová                    | 0                    | 0         | osa         | X | X        | -    | -         |
| bodová                    | 4,294                | 4,294     | osa         | X | X        | -    | -         |
| <b>Legenda</b>            |                      |           |             |   |          |      |           |
| $x_1$                     | počátek podmínky     |           |             |   |          |      |           |
| $x_2$                     | konec podmínky       |           |             |   |          |      |           |
| v                         | posun ve směru osy y |           |             |   |          |      |           |
| $\theta$                  | natočení kolem osy x |           |             |   |          |      |           |
| $v'$                      | natočení kolem osy z |           |             |   |          |      |           |
| $\theta'$                 | deplanace průřezu    |           |             |   |          |      |           |
| X                         | zamezeno/drženo      |           |             |   |          |      |           |
| -                         | nezamezeno/nedrženo  |           |             |   |          |      |           |

| <b>LTBeamN</b><br>v 1.0.1                                     |                   |                             |
|---|-------------------|-----------------------------|
| <b>Kombinace</b>  | NK_MSÚ_sníh7 - PL |                             |
| <b>Vypočítané hodnoty</b>                                     |                   |                             |
| $\mu_{cr}$  | 7,776             | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 2258,2 kNm        | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                   |                             |
| Posun ve směru osy y  |                   |                             |
|   |                   |                             |
| Natočení kolem osy z  |                   |                             |
|   |                   |                             |
| Natočení kolem osy x  |                   |                             |
|   |                   |                             |
| Deplanace   |                   |                             |
|   |                   |                             |
| <b>Poznámka</b>   |                   |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                   |                             |

# LTBeamN

v 1.0.1

|   |                    |                             |
|---|--------------------|-----------------------------|
| <b>Kombinace</b>  | NK_MSÚ_sníh22 - LL |                             |
| <b>Vypočtené hodnoty</b>                                      |                    |                             |
| $\mu_{cr}$  | 7,557              | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 2318,3 kNm         | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                    |                             |
| Posun ve směru osy y  |                    |                             |
|   |                    |                             |
| Natočení kolem osy z  |                    |                             |
|   |                    |                             |
| Natočení kolem osy x  |                    |                             |
|   |                    |                             |
| Deplanace   |                    |                             |
|   |                    |                             |
| <b>Legenda</b>  |                    |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                    |                             |



## 2.2.4. NÁVRH A POSOUZENÍ ROVNÉ ČÁSTI - VARIANTA B

$$l := 14800 \text{ mm}$$

### Materiál

ocel S235

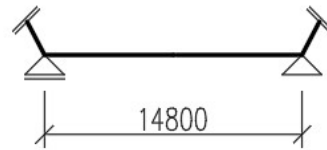
$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

### Schéma



### Průřez

IPE450

$$A := 9882 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl.y} := 1702 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$h := 450 \text{ mm}$$

$$A_{v.z} := 5085 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 33740 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$b := 190 \text{ mm}$$

$$t_w := 9.4 \text{ mm}$$

$$I_z := 1676 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$r := 21 \text{ mm}$$

$$t_f := 14.6 \text{ mm}$$

### Návrhová pevnost

$$f_{y.d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

### Vstupní hodnoty vnitřních sil a kritických momentů

NK\_MSÚ\_sníh6 - P

$$N_{Ed.max.1} := 50.11 \text{ kN (tlak)}$$

$$M_{y.Ed.N.1} := 239.02 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

NK\_MSÚ\_vítr\_B11 - P

$$N_{Ed.max.2} := 74.50 \text{ kN (tah)}$$

$$M_{y.Ed.N.2} := 138.36 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

NK\_MSÚ\_sníh22 - L

$$V_{Ed.max} := 131.08 \text{ kN}$$

NK\_MSÚ\_sníh22 - L

$$M_{y.Ed.max} := 306.77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed.M} := 38.56 \text{ kN (tlak)}$$

$$M_{cr.M} := 1214 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

### Klasifikace průřezů

#### Pásnice

$$b = 190 \text{ mm}$$

$$t_w = 9.4 \text{ mm}$$

$$r = 21 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := \frac{b - t_w - 2 \cdot r}{2} = 69.3 \text{ mm}$$

$$t := t_f = 14.6 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 4.7 < 9 \varepsilon = 9 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

#### Stojna

$$h = 450 \text{ mm}$$

$$t_f = 14.6 \text{ mm}$$

$$r = 21 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 378.8 \text{ mm} \quad t := t_w = 9.4 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 40.3 < 72 \varepsilon = 72 \rightarrow \text{ohýbaná část: třída 1}$$

$$\frac{c}{t} = 40.3 < 42 \varepsilon = 42 \rightarrow \text{tlačená část: třída 3 (nerozhoduje, v kombinacích vždy tlak s ohybem viz níže)}$$

$$N_{Ed.max.1} = 50.11 \text{ kN}$$

$$t_w = 9.4 \text{ mm}$$

$$z := \frac{N_{Ed.max.1}}{t_w \cdot f_{y.d}} = 22.7 \text{ mm}$$

$$0.5 < \alpha := \frac{c+z}{2c} = 0.53 < 1$$

$$c = 378.8 \text{ mm}$$

$$t = 9.4 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$\frac{c}{t} = 40.3 < \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 67.2 \rightarrow \text{tlačená a ohýbaná část: třída 1}$$

$$l = 14.8 \text{ m}$$



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

$$I_y = (3.374 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

$$I_z = (1.676 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$A = 9882 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha_z = 0.34 \quad (\text{křivka b})$$

$$A = 9882 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed,max.1} = 50.11 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 526.1 \text{ kN}$$

$$A = 9882 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1$$

$$N_{Ed,max.2} = 74.5 \text{ kN}$$

$$h_w = c = 378.8 \text{ mm}$$

$$t_w = 9.4 \text{ mm}$$

$$M_{cr,M} = 1214 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl,y} = 1702000 \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT,0} = 0.4$$

$$\beta = 0.75$$

$$\alpha_{LT} = 0.34$$

$$(\text{křivka klopení b})$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl,y} = 1702000 \text{ mm}^3$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Ed,max} = 306.77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr,y} := l = 14.8 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := 0.5 \cdot l = 7.4 \text{ m} \quad (\text{v polovině vodorovná vpěra})$$

$$N_{cr,y} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = 3192.572 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = 634.351 \text{ kN} < N_{cr,y} = 3192.572 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{cr,z} = 634.351 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující kritická síla})$$

$$\lambda_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 1.913$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 2.622$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 0.227 < 1$$

$$N_{b,Rd} := \chi_z \cdot A \cdot f_{y,d} = 526.1 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,max.1}}{N_{b,Rd}} = 0.095 < 1$$

vyhovuje

$\rightarrow$  kombinace s maximálním tlakem nerozhoduje  
(minimální účinek maximálního tlaku na únosnost, moment přibližně o čtvrtinu menší než posuzované maximum)

### Posouzení na maximální tah a interakce s momentem

$$N_{pl,Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2322.27 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,max.2}}{N_{pl,Rd}} = 0.032 < 1$$

vyhovuje

$$0.25 \cdot N_{pl,Rd} = 580.568 \text{ kN} > N_{Ed,max.2} = 74.5 \text{ kN}$$

$$\frac{0.5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 418.385 \text{ kN} > N_{Ed,max.2} = 74.5 \text{ kN}$$

$\rightarrow$  není třeba posuzovat kombinaci ohybu a tahu

### Posouzení na maximální ohyb

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr,M}} = 0.329$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.529$$

$$\chi_{LT,M} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.027 \stackrel{?}{<} 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 9.213$$

$$\rightarrow \chi_{LT,M} := 1$$

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT,M} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = 399.97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.77 < 1$$

vyhovuje

$$A_{v.z} = 5085 \text{ mm}^2$$

$$f_{y.d} = 235 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed.max} = 131.08 \text{ kN}$$

$$A = 9882 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{cr.y} = 3192.6 \text{ kN}$$

$$\alpha_y = 0.21 \quad (\text{křivka a})$$

$$A = 9882 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl.y} = 1702000 \text{ mm}^3$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$\lambda_y = 0.853$$

$$N_{Ed.1} = 38.56 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.764$$

$$N_{Rk} = 2322.27 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$N_{Ed.1} = 38.56 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.1} = 306.77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} = 2322.27 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} = 399.97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_z = 0.227$$

$$\chi_y = 0.764$$

$$\chi_{LT.1} = 1$$

$$l = 14.8 \text{ m}$$

### Posouzení na smyk

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{v.z} \cdot f_{y.d}}{\sqrt{3}} = 689.9 \text{ kN}$$

$$V_{c.Rd} := V_{pl.Rd} = 689.92 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed.max}}{V_{c.Rd}} = 0.19 < 0.5 < 1$$

vyhovuje

→ lze zanedbat vliv posouvací síly na únosnost v ohybu

### Posouzení na kombinaci ohybu a tlaku

Dopočet  $\chi_y$

$$\lambda_y := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.y}}} = 0.853$$

$$\phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2) = 0.932$$

$$\chi_y := \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0.764 < 1$$

Vstupní hodnoty

$$N_{Ed.1} := N_{Ed.M} = 38.56 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.1} := M_{y.Ed.max} = 306.77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 2322.27 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 399.97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_y = 0.764 \quad \lambda_y = 0.853$$

$$\chi_{LT.1} := \chi_{LT.M} = 1$$

$$\chi_z = 0.227 \quad \lambda_z = 1.913$$

Posudek

$$C_{my} := 0.483$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.49 \quad \stackrel{?}{<} \quad C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.491$$

$$\rightarrow k_{yy.1} := 0.49$$

$$k_{zy.1} := 0.6 \cdot k_{yy.1} = 0.294$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.398 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.299 < 1$$

vyhovuje

Posouzení průhybu

$$w_{scia} := 34.8 \text{ mm} < \frac{l}{250} = 59 \text{ mm}$$

vyhovuje

NÁVRH: profil IPE450

### Výstupy ze SCIA

NK\_MSÚ\_sníh6 - P

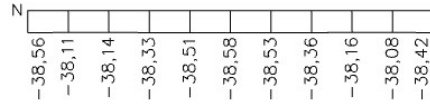
N [kN]



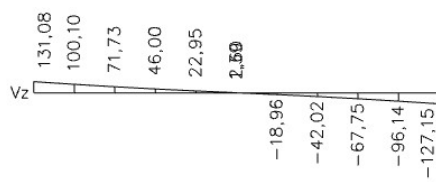
My [kNm]

NK\_MSÚ\_sníh22 - L

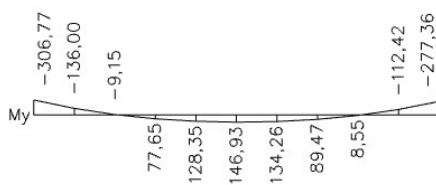
N [kN]



Vz [kN]

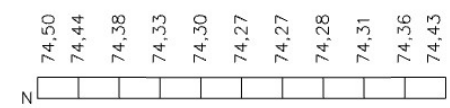


My [kNm]

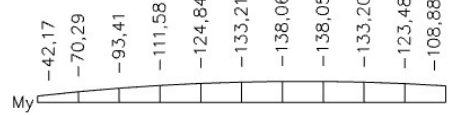


NK\_MSÚ\_vítr\_B11 - P

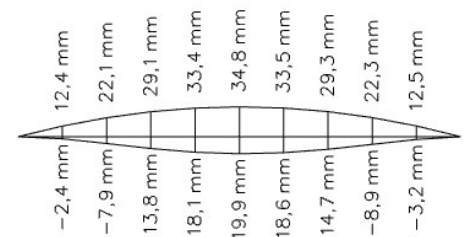
N [kN]



My [kNm]

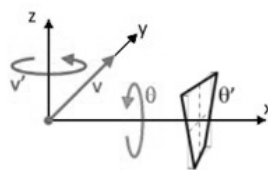


Obálka uz [mm]



### Výstupy z LTBeamN

| <b>LTBeamN</b>           |                      |                    |             |   |   |    |    |
|--------------------------|----------------------|--------------------|-------------|---|---|----|----|
| v 1.0.1                  |                      |                    |             |   |   |    |    |
| <b>Vstupní data</b>      |                      |                    |             |   |   |    |    |
| Délka                    | 14800 mm             |                    |             |   |   |    |    |
| Profil                   | IPE 450              |                    |             |   |   |    |    |
| <b>Okrajové podmínky</b> |                      |                    |             |   |   |    |    |
| Typ                      | x <sub>1</sub> [m]   | x <sub>2</sub> [m] | Poloha      | v | θ | v' | θ' |
| spojitá                  | 0                    | 14,8               | horní hrana | X | - | -  | -  |
| bodová                   | 0                    | 0                  | osa         | X | X | -  | -  |
| bodová                   | 7,4                  | 7,4                | osa         | X | - | -  | -  |
| bodová                   | 14,8                 | 14,8               | osa         | X | X | -  | -  |
| <b>Legenda</b>           |                      |                    |             |   |   |    |    |
| x <sub>1</sub>           | počátek podmínky     |                    |             |   |   |    |    |
| x <sub>2</sub>           | konec podmínky       |                    |             |   |   |    |    |
| v                        | posun ve směru osy y |                    |             |   |   |    |    |
| θ                        | natočení kolem osy x |                    |             |   |   |    |    |
| v'                       | natočení kolem osy z |                    |             |   |   |    |    |
| θ'                       | deplanace průřezu    |                    |             |   |   |    |    |
| X                        | zamezeno/drženo      |                    |             |   |   |    |    |
| -                        | nezamezeno/nedrženo  |                    |             |   |   |    |    |



# LTBeamN

v 1.0.1

**Kombinace** NK\_MSÚ\_sníh22 - L

## Vypočítané hodnoty

|            |          |                             |
|------------|----------|-----------------------------|
| $\mu_{cr}$ | 3,957    | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$   | 1214 kNm | kritický moment             |

## Grafické výstupy

Posun ve směru osy v



Natočení kolem osy z



Natočení kolem osy x



Deplanace



## Poznámka

Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení.

## 2.2.5. NÁVRH A POSOUZENÍ SLOUPU - VARIANTA B

$$l := 6000 \text{ mm}$$

### Materiál

ocel S235

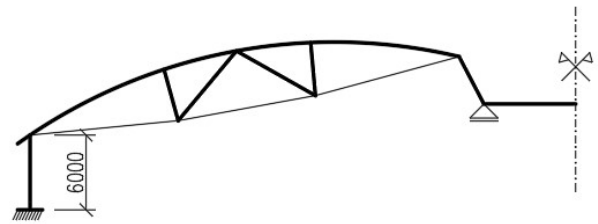
$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

### Schéma



### Průřez

HEA450

$$A := 17800 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} := 3216 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$h := 440 \text{ mm}$$

$$A_{v,z} := 6578 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 63720 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$b := 300 \text{ mm}$$

$$t_w := 11.5 \text{ mm}$$

$$I_z := 9465 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$r := 27 \text{ mm}$$

$$t_f := 21 \text{ mm}$$

### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

### Vstupní hodnoty vnitřních sil a kritických momentů

NK\_MSÚ\_sníh8 - PP

$$N_{Ed,max} := 222.54 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed,N} := 62.67 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{cr,N} := 37405 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

NK\_MSÚ\_vítr\_B9 - LL

$$V_{Ed,max} := 89.37 \text{ kN}$$

NK\_MSÚ\_vítr\_B9 - LL

$$M_{y,Ed,max} := 391.23 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{Ed,M} := 46.58 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} := 3157.5 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

### Klasifikace průřezů

#### Pásnice

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$t_w = 11.5 \text{ mm}$$

$$r = 27 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := \frac{b - t_w - 2 \cdot r}{2} = 117.25 \text{ mm} \quad t := t_f = 21 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 5.6 < 9 \quad \varepsilon = 9 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

#### Stojna

$$h = 440 \text{ mm}$$

$$t_f = 21 \text{ mm}$$

$$r = 27 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 344 \text{ mm} \quad t := t_w = 11.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 29.9 < 72 \quad \varepsilon = 72 \rightarrow \text{ohýbaná část: třída 1}$$

$$\frac{c}{t} = 29.9 < 33 \quad \varepsilon = 33 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

$$N_{Ed,max} = 222.54 \text{ kN}$$

$$t_w = 11.5 \text{ mm}$$

$$z := \frac{N_{Ed,max}}{t_w \cdot f_{y,d}} = 82.3 \text{ mm}$$

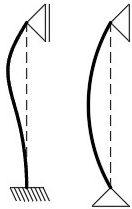
$$0.5 < \alpha := \frac{c+z}{2c} = 0.62 < 1$$

$$c = 344 \text{ mm}$$

$$t = 11.5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$\frac{c}{t} = 29.9 < \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 56.1 \rightarrow \text{tlačená a ohýbaná část: třída 1}$$



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

$$I_y = (6.372 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

$$A = 17800 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha_z := 0.34 \quad (\text{křivka b})$$

$$A = 17800 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed,max} = 222.54 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 2829.7 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} = 3157.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl,y} = (3.216 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT,0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

$$(\text{křivka klopení b})$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl,y} = (3.216 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Ed,max} = 391.23 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_{v,z} = 6578 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed,max} = 89.37 \text{ kN}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr,y} := 0.7 l = 4.2 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := l = 6 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = 74867.999 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = 5449 \text{ kN} < N_{cr,y} = 74868 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{cr,z} = 5449 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující kritická síla})$$

$$\lambda_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 0.876$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 0.999$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 0.676 < 1$$

$$N_{b,Rd} := \chi_z \cdot A \cdot f_{y,d} = 2829.7 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,max}}{N_{b,Rd}} = 0.079 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na maximální ohyb

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr,M}} = 0.239$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.494$$

$$\chi_{LT,M} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.061 \stackrel{?}{<} 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 17.455$$

$$\rightarrow \chi_{LT,M} := 1$$

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT,M} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = 755.76 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.518 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_{y,d}}{\sqrt{3}} = 892.5 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} := V_{pl,Rd} = 892.49 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{c,Rd}} = 0.1 < 0.5 < 1$$

vyhovuje

→ lze zanedbat vliv posouvací síly na únosnost v ohybu

## Posouzení na kombinaci ohybu a tlaku

Dopočet  $\chi_{LT.N}$

$$\lambda_y := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.y}}} = 0.236$$

$$\phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2) = 0.532$$

$$\chi_y := \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0.992 < 1$$

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{M_{cr.N}} = 0.02$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.436$$

$$\chi_{LT.N} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.148 \quad ? < 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 2.45 \cdot 10^3$$

$$\rightarrow \chi_{LT.N} := 1$$

Dopočet  $\chi_z$

$$\lambda_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.z}}} = 0.876$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 1.049$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 0.615 < 1$$

Vstupní hodnoty

$$A = (1.78 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl.y} = (3.216 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$N_{Ed.1} := N_{Ed.max} = 222.54 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.2} := N_{Ed.M} = 46.58 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 4183 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.992 \quad \chi_z = 0.615$$

$$\lambda_y = 0.236 \quad \lambda_z = 0.876$$

$$M_{y.Ed.1} := M_{y.Ed.N} = 62.67 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Ed.2} := M_{y.Ed.max} = 391.23 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 755.76 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_{LT.1} := \chi_{LT.N} = 1$$

$$\chi_{LT.2} := \chi_{LT.M} = 1$$

Posudek 1

$$C_{my} := 0.9$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.902 \quad ? < C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.939$$

$$\rightarrow k_{yy.1} := 0.902$$

$$k_{zy.1} := 0.6 \cdot k_{yy.1} = 0.541$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.128 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.131 < 1$$

vyhovuje

$$N_{cr.y} = 74868 \text{ kN}$$

$$A = 17800 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha_y := 0.21 \quad (\text{křivka a})$$

$$W_{pl.y} = (3.216 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT.0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

$$(\text{křivka klopení b})$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$A = (1.78 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{cr.z} = 5449.3 \text{ kN}$$

$$\alpha_z := 0.49 \quad (\text{křivka c})$$

$$A = (1.78 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl.y} = (3.216 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\lambda_y = 0.236$$

$$N_{Ed.1} = 222.54 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.992$$

$$N_{Rk} = 4183 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$N_{Ed.1} = 222.54 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.1} = 62.67 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} = 4183 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} = 755.76 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_z = 0.615$$

$$\chi_y = 0.992$$

$$\chi_{LT.1} = 1$$



$$\lambda_y = 0.236$$

$$N_{Ed.2} = 46.58 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.992$$

$$N_{Rk} = 4183 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$N_{Ed.2} = 46.58 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.2} = 391.23 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} = 4183 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} = 755.76 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_z = 0.615$$

$$\chi_y = 0.992$$

$$\chi_{LT.2} = 1$$

$$l = 6 \text{ m}$$

### Posudek 2

$$C_{my} := 0.9$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.9 \quad \lesssim \quad C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.908$$

$$\rightarrow k_{yy.2} := 0.9$$

$$k_{zy.2} := 0.6 \cdot k_{yy.1} = 0.541$$

$$\frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\chi_{LT.2} \cdot M_{y.Rk}} = 0.477 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.2}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\chi_{LT.2} \cdot M_{y.Rk}} = 0.298 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení průhybu

$$w_{scia} := 19.3 \text{ mm} < \frac{l}{300} = 20 \text{ mm}$$

vyhovuje

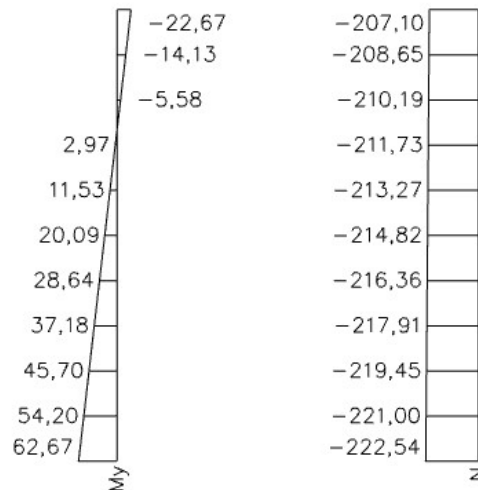
NÁVRH: profil HEA450

### Výstupy ze SCIA

#### NK\_MSÚ\_sníh8 - PP

$M_y$  [kNm]

$N$  [kN]

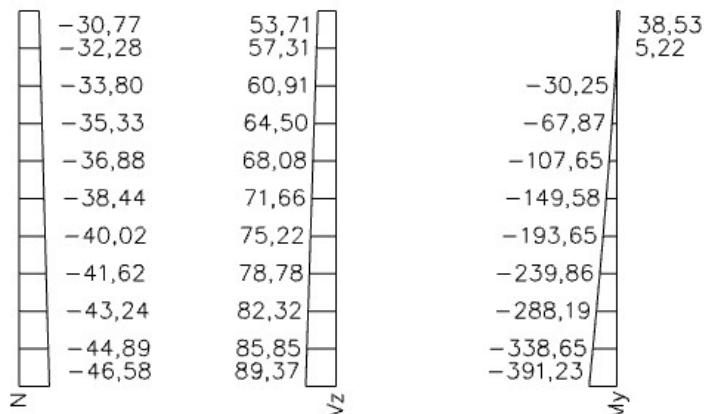


#### NK\_MSÚ\_vítr\_B9 - LL

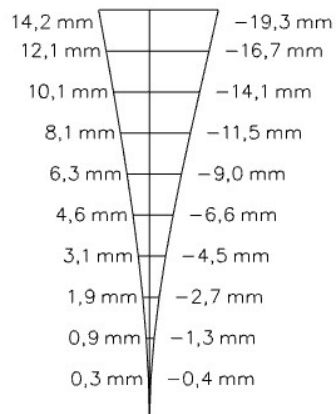
$N$  [kN]

$V_z$  [kN]

$M_y$  [kNm]

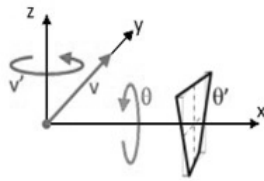


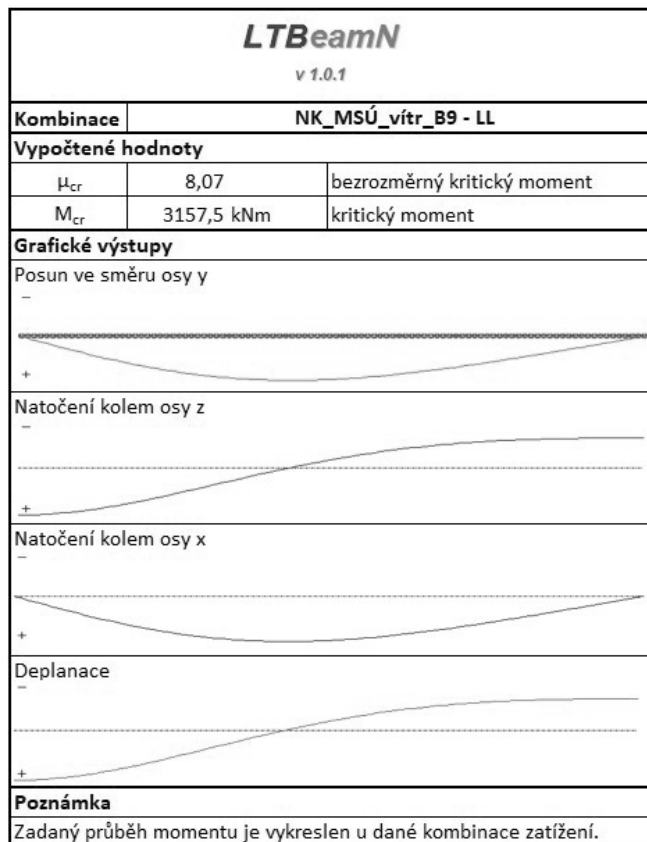
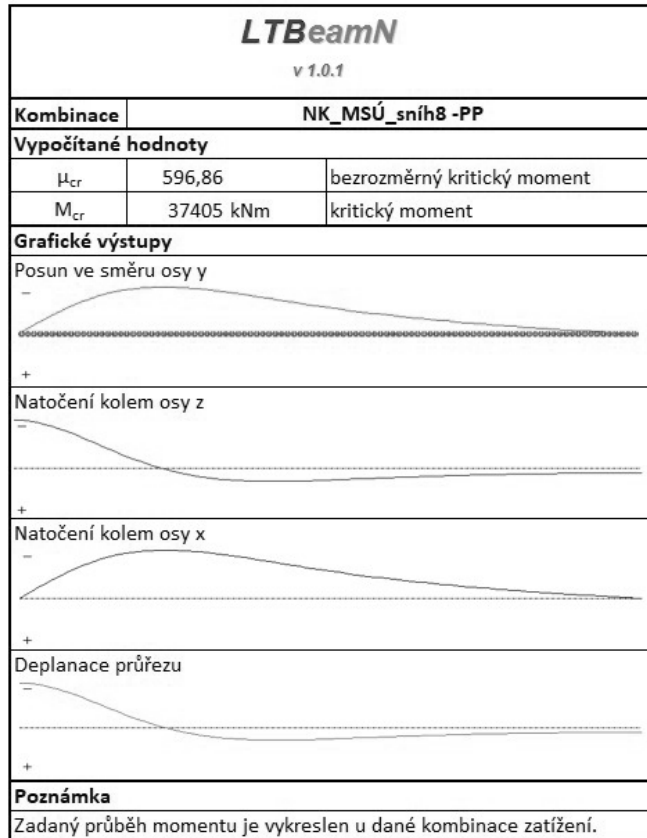
### Obálka $u_z$ [mm]



### Výstupy z LTBeamN

| <b>LTBeamN</b>           |                      |           |              |   |          |      |           |
|--------------------------|----------------------|-----------|--------------|---|----------|------|-----------|
| v 1.0.1                  |                      |           |              |   |          |      |           |
| <b>Vstupní data</b>      |                      |           |              |   |          |      |           |
| Délka                    | 6000 mm              |           |              |   |          |      |           |
| Profil                   | HEA 450              |           |              |   |          |      |           |
| <b>Okrajové podmínky</b> |                      |           |              |   |          |      |           |
| Typ                      | $x_1$ [m]            | $x_2$ [m] | Poloha       | v | $\theta$ | $v'$ | $\theta'$ |
| spojitá                  | 0                    | 6         | vnější hrana | X | -        | -    | -         |
| bodová                   | 0                    | 0         | osa          | X | X        | -    | -         |
| bodová                   | 6                    | 6         | osa          | X | X        | -    | -         |
| <b>Legenda</b>           |                      |           |              |   |          |      |           |
| $x_1$                    | počátek podmínky     |           |              |   |          |      |           |
| $x_2$                    | konec podmínky       |           |              |   |          |      |           |
| v                        | posun ve směru osy y |           |              |   |          |      |           |
| $\theta$                 | natočení kolem osy x |           |              |   |          |      |           |
| $v'$                     | natočení kolem osy z |           |              |   |          |      |           |
| $\theta'$                | deplanace průřezu    |           |              |   |          |      |           |
| X                        | zamezeno/drženo      |           |              |   |          |      |           |
| -                        | nezamezeno/nedrženo  |           |              |   |          |      |           |





## 2.2.6. NÁVRH A POSOUZENÍ VÝPLETU VAZBY - VARIANTA B

### Materiál

ocel S235

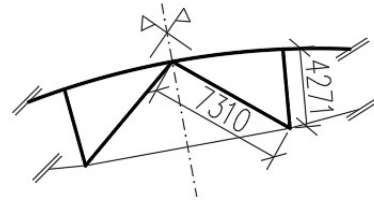
$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{m.0} := 1$$

### Schéma



### Návrhová pevnost

$$f_{y.d} := \frac{f_y}{\gamma_{m.0}} = 235 \text{ MPa}$$

### DIAGONÁLY

$$l_d := 7310 \text{ mm}$$

### Průřez

$$\text{TR } 88.9 \times 7.1$$

$$d := 88.9 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \text{ (ocel S235)}$$

$$t := 7.1 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = 12.521 < 50 \varepsilon^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

### Průřezové charakteristiky

$$A := \pi \cdot t \cdot (d - t) = 1825 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl} := \frac{d^3}{6} \cdot \left( 1 - \left( 1 - \frac{2 \cdot t}{d} \right)^3 \right) = 47627 \text{ mm}^3$$

$$I := \frac{\pi}{4} \cdot \left( \left( \frac{d}{2} \right)^4 - \left( \frac{d-t}{2} \right)^4 \right) = 1537580 \text{ mm}^4$$

### Maximální vnitřní síly ze SCIA

$$N_{c.Ed} := 48.96 \text{ kN}$$

$$N_{t.Ed} := 72.72 \text{ kN}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr} := l_d = 7.31 \text{ m}$$

$$N_{cr} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{L_{cr}^2} = 59.638 \text{ kN}$$

$$\lambda := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = 2.681$$

$$\phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda - 0.2) + \lambda^2) = 4.703$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = 0.117 < 1$$

$$N_{b.Rd} := \chi \cdot A \cdot f_{y.d} = 50.054 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd}} = 0.978 < 1$$

vyhovuje

NK\_MSÚ\_sníh16 - LPL  
NK\_MSÚ\_vítr\_A22 - LLL

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

$$I = (1.538 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$A = 1825 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$\alpha := 0.49$  (křivka c)  
(tvarované za studena)

$$A = 1825 \text{ mm}^2$$

$$f_{y.d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{c.Ed} = 48.96 \text{ kN}$$

$$A = 1825 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{t.Ed} = 72.72 \text{ kN}$$

### Posouzení na maximální tah

$$N_{pl.Rd} := A \cdot f_{y,d} = 428.775 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t.Ed}}{N_{pl.Rd}} = 0.17 < 1$$

vyhovuje

NÁVRH: diagonála TR 88.9x7.1

### VZPĚRY

$$l_v := 4271 \text{ mm}$$

### Průřez

$$\text{TR 88.9x3.2} \quad d := 88.9 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \text{ (ocel S235)} \quad t := 3.2 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = 27.781 < 50 \quad \varepsilon^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

### Průřezové charakteristiky

$$A := \pi \cdot t \cdot (d - t) = 862 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl} := \frac{d^3}{6} \cdot \left( 1 - \left( 1 - \frac{2 \cdot t}{d} \right)^3 \right) = 23513 \text{ mm}^3$$

$$I := \frac{\pi}{4} \cdot \left( \left( \frac{d}{2} \right)^4 - \left( \frac{d}{2} - t \right)^4 \right) = 792059 \text{ mm}^4$$

### Maximální vnitřní síly ze SCIA

$$N_{c.Ed} := 55.74 \text{ kN}$$

$$N_{t.Ed} := 7.83 \text{ kN}$$

NK\_MSÚ\_vítr\_A22 - LLL

NK\_MSÚ\_sníh16 - LPL

### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr} := l_v = 4.271 \text{ m}$$

$$N_{cr} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{L_{cr}^2} = 89.995 \text{ kN}$$

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

$$I = (7.921 \cdot 10^5) \text{ mm}^4$$

$$A = 862 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\lambda := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = 1.5$$

$\alpha := 0.49$  (křivka c)  
(tvarované za studena)

$$\phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda - 0.2) + \lambda^2) = 1.943$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = 0.315 < 1$$

$$A = 862 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{c.Ed} = 55.74 \text{ kN}$$

$$N_{b.Rd} := \chi \cdot A \cdot f_{y,d} = 63.688 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd}} = 0.88 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na maximální tah

$$N_{pl.Rd} := A \cdot f_{y,d} = 202.464 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t.Ed}}{N_{pl.Rd}} = 0.039 < 1$$

vyhovuje

NÁVRH: vzpěra TR 88.9x3,2

$$N_{t.Ed} = 7.83 \text{ kN}$$

## 2.3. VÝBĚR VARIANTY PRO CELKOVÝ NÁVRH

### VARIANTA A



### VARIANTA B



### POROVNÁNÍ PROFILŮ

|                | <u>VARIANTA A</u> | <u>VARIANTA B</u> |
|----------------|-------------------|-------------------|
| SLOUP          | HEA 550           | HEA 450           |
| OBLOUKOVÁ ČÁST | HEA 340           | HEA 260           |
| ŠIKMÁ ČÁST     | HEA 340           | HEA 300           |
| ROVNÁ ČÁST     | IPE 450           | IPE 450           |
| VZPĚRA         | -                 | TR 88.9/3,2       |
| DIAGONÁLA      | -                 | TR 88.9/7,1       |
| TÁHLO          | M42               | M42               |

### KOMENTÁŘ

Porovnání profilů ukazuje, že profily Varianty B jsou menší, ale zároveň je provedení této varianty výrazně pracnější a náchylnější k problémům vzniklým nepřesnou montáží.

Pro variantu A je počítáno s předpětím, které zajišťuje tah v táhlech pro všechny kombinace zatížení působící na 2D model a přitom způsobuje rovnocenné momenty ve vetknutí jako varianta B, kde k deaktivaci táhel dochází.

Pro celkový návrh je vybrána varianta A, která je montážně a konstrukčně jednodušší a jejíž táhla jsou v typické vazbě stále aktivována.

## 2.4.1. POSOUZENÍ HLAVNÍ VAZBY JAKO SOUČÁST PŘÍČNÉHO ZTUŽIDLA

Pro další rozpracování byla vybrána varianta A. Stejným normovými postupy byly všechny prvky ověřeny ještě jako součást příčného ztužidla konstrukce.

### TÁHLO

Táhlo Detan M42 S520 jako součást příčného ztužidla nevyhoví. Navrženo táhlo Detan M48 S520. Předpětí je upraveno tak, aby se chování konstrukce měnilo v co nejmenší míře.

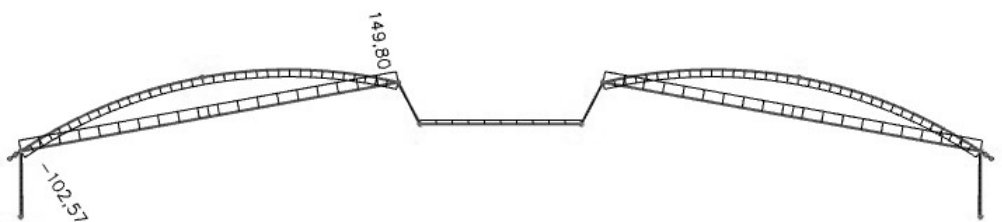
Hlavní vazba mimo ztužidlo

$$N_{Ed,max.42} := 569.99 \text{ kN} > N_{Rd,42} := 581.1 \text{ kN} \text{ pro ztužidlo nedostatečné}$$

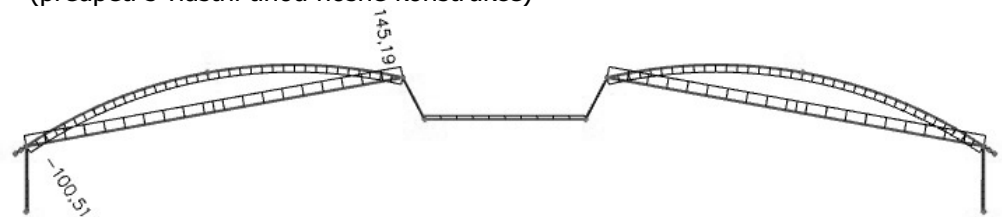
Hlavní vazba součástí ztužidla

$$N_{Ed,max.48} := 612.32 \text{ kN} > N_{Rd,48} := 763.7 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

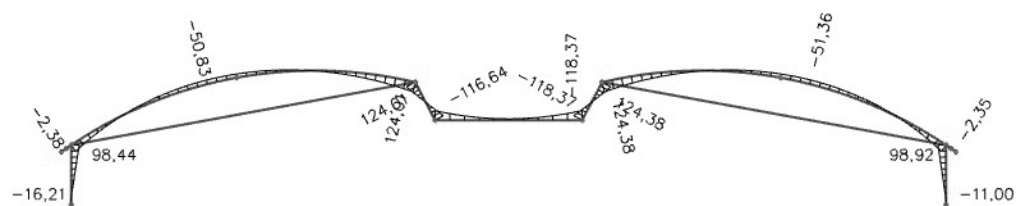
Původní stav předpětí - průběh normálových sil [kN]  
(předpětí s vlastní tíhou nosné konstrukce)



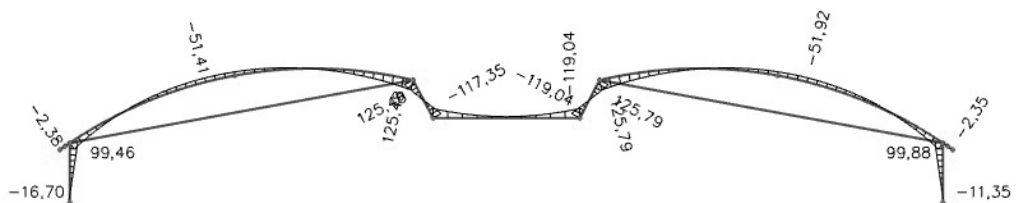
Nový stav předpětí - průběh normálových sil [kN]  
(předpětí s vlastní tíhou nosné konstrukce)



Původní vliv přepětí - průběh momentových sil [kNm]  
(předpětí s vlastní tíhou nosné konstrukce a ostatním stálým zatížením)



Nový vliv přepětí - průběh momentových sil [kNm]  
(předpětí s vlastní tíhou nosné konstrukce a ostatním stálým zatížením)



NK\_MSÚ\_sníh22 2D

NK\_MSÚ\_sníh22 3D

## SLOUP

|                   |   |               |
|-------------------|---|---------------|
| NK_MSÚ_vítr_B9 2D | Rozhodující posudek na ohyb<br>$M_{y.Ed.max} := 580.35 \text{ kN} \cdot \text{m}$ | Využití: 0.53 |
| NK_MSÚ_vítr_B9 3D | $M_{y.Ed.max} := 617.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$                                | Využití: 0.57 |

vyhovuje

Deformace ve 2D omezeny přísným limitem, ve 3D limit mírně přesáhnut, ale lze bezpečně uvažovat limit menší (odpovídající stavební řešení).

|                    |   |  |
|--------------------|---|--|
| $l := 6 \text{ m}$ | $w_{scia.2d} := 18.7 \text{ mm}$<br>$w_{scia.3d} := 20.9 \text{ mm} < w := \frac{l}{250} = 24 \text{ mm}$ |  |
|--------------------|---|--|

vyhovuje

## OBLOUK

|                  |   |               |
|------------------|---|---------------|
| NK_MSÚ_sníh22 2D | Rozhodující posudek kombinace N+M<br>$N_{Ed.max} := 710.93 \text{ kN}$ $M_{y.Ed.N} := 117.19 \text{ kN} \cdot \text{m}$ | Využití: 0.85 |
| NK_MSÚ_sníh22 3D | $N_{Ed.max} := 720.98 \text{ kN}$ $M_{y.Ed.N} := 90.83 \text{ kN} \cdot \text{m}$                                       | Využití: 0.77 |

vyhovuje

## ŠIKMÁ ČÁST

|                  |   |               |
|------------------|---|---------------|
| NK_MSÚ_sníh23 2D | Rozhodující posudek kombinace N+M<br>$M_{y.Ed.max} := 313.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $N_{Ed.M} := 238.46 \text{ kN}$ | Využití: 0.73 |
| NK_MSÚ_sníh23 3D | $M_{y.Ed.max} := 323.48 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $N_{Ed.M} := 239.89 \text{ kN}$                                      | Využití: 0.76 |

vyhovuje

## ROVNÁ ČÁST

|                  |   |               |
|------------------|---|---------------|
| NK_MSÚ_sníh23 2D | Rozhodující posudek na ohyb<br>$M_{y.Ed.max} := 313.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$ | Využití: 0.78 |
| NK_MSÚ_sníh23 3D | $M_{y.Ed.max} := 323.49 \text{ kN} \cdot \text{m}$                                | Využití: 0.81 |

vyhovuje

## ZÁVĚR

Hlavní vazba s táhlem Detan M48 S520 bezpečně vyhoví jako součást ztužidla. Konstrukce se chová s větším táhlem téměř stejně a deformace konstrukce splňují stanovené požadavky.



## 2.4.2. NÁVRH A POSOUZENÍ DIAGONÁL A VZPĚR PŘÍČNÉHO ZTUŽIDLA

### Materiál

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

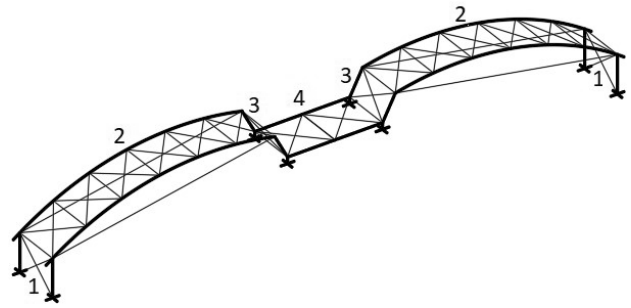
$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{m,0} := 1$$

### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{m,0}} = 235 \text{ MPa}$$

### Schéma



### DIAGONÁLY V ROVINĚ STĚNY (1)

$$l_d := 9605 \text{ mm}$$

### Průřez

$$\text{TR } 139.7 \times 7.1$$

$$d := 139.7 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \text{ (ocel S235)}$$

$$t := 7.1 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = 19.676 < 50 \varepsilon^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

### Průřezové charakteristiky

$$A := \pi \cdot t \cdot (d - t) = 2958 \text{ mm}^2$$

$$I := \frac{\pi}{4} \cdot \left( \left( \frac{d}{2} \right)^4 - \left( \frac{d}{2} - t \right)^4 \right) = 6519168 \text{ mm}^4$$

$$i := \sqrt{\frac{I}{A}} = 46.95 \text{ mm}$$

### Maximální vnitřní síly ze SCIA

$$N_{c.Ed} := 105.92 \text{ kN}$$

$$N_{t.Ed} := 91.33 \text{ kN}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr} := l_d = 9605 \text{ mm}$$

$$N_{cr} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{L_{cr}^2} = 146.459 \text{ kN}$$

$$\lambda := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = 2.178$$

$$\phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda - 0.2) + \lambda^2) = 3.358$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = 0.169 < 1$$

$$N_{b.Rd} := \chi \cdot A \cdot f_{y,d} = 117.557 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd}} = 0.901 < 1$$

NK\_MSÚ\_vítr\_B8

NK\_MSÚ\_vítr\_A23

$$l_d = 9605 \text{ mm}$$

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

$$I = (6.519 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$A = 2958 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha := 0.49 \text{ (křivka c)}$$

(tvarované za studena)

$$A = 2958 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{c.Ed} = 105.92 \text{ kN}$$

vyhovuje

$$A = 2958 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{t.Ed} = 91.33 \text{ kN}$$

$$L_{cr} = 9605 \text{ mm}$$

$$i = 46.95 \text{ mm}$$

NK\_MSÚ\_vítr\_A19  
NK\_MSÚ\_vítr\_B8

$$l_d = 9621 \text{ mm}$$

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

$$I = (3.943 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$A = 2136 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$\alpha := 0.49$  (křivka c)  
(tvarované za studena)

$$A = 2136 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{c.Ed} = 67.11 \text{ kN}$$

### Posouzení na maximální tah

$$N_{pl.Rd} := A \cdot f_{y,d} = 695.056 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t.Ed}}{N_{pl.Rd}} = 0.131 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení štíhlosti prutu

$$\lambda_i := \frac{L_{cr}}{i} = 204.59 < 250$$

vyhovuje

NÁVRH: diagonála TR 139.7x7.1

## DIAGONÁLY VE STŘEŠNÍ ROVINĚ - OBLOUKOVÁ ČÁST (2)

$$l_d := 9621 \text{ mm}$$

### Průřez

$$\text{TR 127x5.6} \quad d := 127 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \text{ (ocel S235)} \quad t := 5.6 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = 22.679 < 50 \varepsilon^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

### Průřezové charakteristiky

$$A := \pi \cdot t \cdot (d - t) = 2136 \text{ mm}^2$$

$$I := \frac{\pi}{4} \cdot \left( \left( \frac{d}{2} \right)^4 - \left( \frac{d-t}{2} \right)^4 \right) = 3943003 \text{ mm}^4$$

$$i := \sqrt{\frac{I}{A}} = 42.97 \text{ mm}$$

### Maximální vnitřní síly ze SCIA

$$N_{c.Ed} := 67.11 \text{ kN}$$

$$N_{t.Ed} := 84.80 \text{ kN}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr} := l_d = 9.621 \text{ m}$$

$$N_{cr} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{L_{cr}^2} = 88.289 \text{ kN}$$

$$\lambda := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = 2.384$$

$$\phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda - 0.2) + \lambda^2) = 3.878$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = 0.144 < 1$$

$$N_{b.Rd} := \chi \cdot A \cdot f_{y,d} = 72.368 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd}} = 0.927 < 1$$

vyhovuje

$$A = 2136 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{t.Ed} = 84.8 \text{ kN}$$

$$L_{cr} = 9621 \text{ mm}$$

$$i = 42.97 \text{ mm}$$

### Posouzení na maximální tah

$$N_{pl.Rd} := A \cdot f_{y,d} = 501.908 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t.Ed}}{N_{pl.Rd}} = 0.169 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení štíhlosti prutu

$$\lambda_i := \frac{L_{cr}}{i} = 223.92 < 250$$

vyhovuje

NÁVRH: diagonála TR 127x5.6

## DIAGONÁLY VE STŘEŠNÍ ROVINĚ - ŠIKMÁ ČÁST (3)

$$l_d := 8642 \text{ mm}$$

### Průřez

$$\text{TR 152.4x4} \quad d := 152.4 \text{ mm}$$

$$(\text{ocel S235}) \quad t := 4 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = 38.1 < 50 \varepsilon^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

### Průřezové charakteristiky

$$A := \pi \cdot t \cdot (d - t) = 1865 \text{ mm}^2$$

$$I := \frac{\pi}{4} \cdot \left( \left( \frac{d}{2} \right)^4 - \left( \frac{d-t}{2} \right)^4 \right) = 5137324 \text{ mm}^4$$

$$i := \sqrt{\frac{I}{A}} = 52.49 \text{ mm}$$

### Maximální vnitřní síly ze SCIA

$$N_{c.Ed} := 96.37 \text{ kN}$$

$$N_{t.Ed} := 82.43 \text{ kN}$$

NK\_MSÚ\_vítr\_B10  
NK\_MSÚ\_vítr\_B9

### Posouzení na maximální tlak

$$l_d = 8642 \text{ mm}$$

$$L_{cr} := l_d = 8.642 \text{ m}$$

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

$$I = (5.137 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$N_{cr} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{L_{cr}^2} = 142.57 \text{ kN}$$

$$A = 1865 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\lambda := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = 1.753$$

$\alpha := 0.49$  (křivka c)  
(tvarované za studena)

$$\phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda - 0.2) + \lambda^2) = 2.417$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = 0.245 < 1$$

$$A = 1865 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{b.Rd} := \chi \cdot A \cdot f_{y,d} = 107.362 \text{ kN}$$

$$N_{c.Ed} = 96.37 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd}} = 0.9 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na maximální tah

$$A = 1865 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{t.Ed} = 82.43 \text{ kN}$$

$$N_{pl.Rd} := A \cdot f_{y,d} = 438.24 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t.Ed}}{N_{pl.Rd}} = 0.188 < 1$$

vyhovuje

$$L_{cr} = 8642 \text{ mm}$$

$$i = 52.49 \text{ mm}$$

### Posouzení štíhlosti prutu

$$\lambda_i := \frac{L_{cr}}{i} = 164.65 < 250$$

vyhovuje

NÁVRH: diagonála TR 152.4x4

### DIAGONÁLY VE STŘEŠNÍ ROVINĚ - ROVNÁ ČÁST (4)

$$l_d := 10536 \text{ mm}$$

#### Průřez

$$\text{TR 127x3.2} \quad d := 127 \text{ mm}$$

$$\text{(ocel S235)} \quad t := 3.2 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = 39.688 < 50 \varepsilon^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

#### Průřezové charakteristiky

$$A := \pi \cdot t \cdot (d - t) = 1245 \text{ mm}^2$$

$$I := \frac{\pi}{4} \cdot \left( \left( \frac{d}{2} \right)^4 - \left( \frac{d-t}{2} \right)^4 \right) = 2385953 \text{ mm}^4$$

$$i := \sqrt{\frac{I}{A}} = 43.78 \text{ mm}$$

#### Maximální vnitřní síly ze SCIA

$$N_{c.Ed} := 31.61 \text{ kN}$$

$$N_{t.Ed} := 26.30 \text{ kN}$$

NK\_MSÚ\_teplota\_B8  
NK\_MSÚ\_vítr\_B11

#### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr} := l_d = 10.536 \text{ m}$$

$$N_{cr} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{L_{cr}^2} = 44.548 \text{ kN}$$

$$l_d = 10536 \text{ mm}$$

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

$$I = (2.386 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$A = 1245 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\lambda := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = 2.562$$

$$\phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda - 0.2) + \lambda^2) = 4.361$$

$\alpha := 0.49$  (křivka c)  
(tvarované za studena)

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = 0.127 < 1$$

$$N_{b.Rd} := \chi \cdot A \cdot f_{y,d} = 37.065 \text{ kN}$$

$$A = 1245 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{c.Ed} = 31.61 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd}} = 0.853 < 1$$

vyhovuje

#### Posouzení na maximální tah

$$N_{pl.Rd} := A \cdot f_{y,d} = 292.475 \text{ kN}$$

$$A = 1245 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{t.Ed} = 26.3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t.Ed}}{N_{pl.Rd}} = 0.09 < 1$$

vyhovuje

#### Posouzení štíhlosti prutu

$$\lambda_i := \frac{L_{cr}}{i} = 240.63 < 250$$

vyhovuje

NÁVRH: diagonála TR 127x3.2

$$L_{cr} = 10536 \text{ mm}$$

$$i = 43.78 \text{ mm}$$

## VZPĚRY V ROVINĚ STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ (2-4)

$$l_v := 7500 \text{ mm}$$

### Průřez

$$\text{TR } 101.6 \times 3.2 \quad d := 101.6 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \text{ (ocel S235)} \quad t := 3.2 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = 31.75 < 50 \varepsilon^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

### Průřezové charakteristiky

$$A := \pi \cdot t \cdot (d - t) = 989 \text{ mm}^2$$

$$I := \frac{\pi}{4} \cdot \left( \left( \frac{d}{2} \right)^4 - \left( \frac{d-t}{2} \right)^4 \right) = 1198545 \text{ mm}^4$$

$$i := \sqrt{\frac{I}{A}} = 34.81 \text{ mm}$$

### Maximální vnitřní síly ze SCIA

$$N_{c.Ed} := 32.26 \text{ kN}$$

$$N_{t.Ed} := 39.72 \text{ kN}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr} := l_v = 7.5 \text{ m}$$

$$N_{cr} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{L_{cr}^2} = 44.162 \text{ kN}$$

$$\lambda := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = 2.294$$

$$\phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda - 0.2) + \lambda^2) = 3.645$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = 0.154 < 1$$

$$N_{b.Rd} := \chi \cdot A \cdot f_{y.d} = 35.888 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd}} = 0.9 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na maximální tah

$$N_{pl.Rd} := A \cdot f_{y.d} = 232.468 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t.Ed}}{N_{pl.Rd}} = 0.171 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení štíhlosti prutu

$$\lambda_i := \frac{L_{cr}}{i} = 215.47 < 250$$

vyhovuje

NÁVRH: vzpěra TR 101.6x3.2

NK\_MSÚ\_vítr\_B10

NK\_MSÚ\_teplota\_B5

$$l_v = 7500 \text{ mm}$$

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

$$I = (1.199 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$A = 989 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 0.49 \text{ (křivka c)}$$

(tvarované za studena)

$$A = 989 \text{ mm}^2$$

$$f_{y.d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{c.Ed} = 32.26 \text{ kN}$$

$$A = 989 \text{ mm}^2$$

$$f_{y.d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{t.Ed} = 39.72 \text{ kN}$$

$$L_{cr} = 7500 \text{ mm}$$

$$i = 34.81 \text{ mm}$$

## 2.5.1. NÁVRH A POSOUZENÍ OBLOUKOVÉ ČÁSTI - KRAJNÍ VAZBA

$$l := 36180 \text{ mm}$$

$$l_p := 6030 \text{ mm}$$

### Materiál

ocel S235

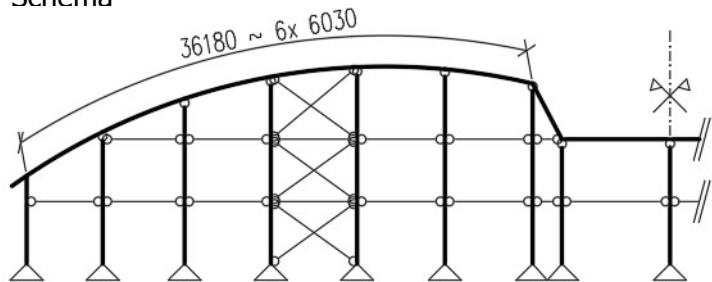
$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

### Schéma



### Průřez

|                       |                                |   |
|-----------------------|--------------------------------|---|
| HEA140                | $A := 3142 \text{ mm}^2$       | $W_{pl,y} := 173.5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ |
| $h := 133 \text{ mm}$ | $A_{v,z} := 1012 \text{ mm}^2$ | $I_y := 1033 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$       |
| $b := 140 \text{ mm}$ | $t_w := 5.5 \text{ mm}$        | $I_z := 389.3 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$      |
| $r := 12 \text{ mm}$  | $t_f := 8.5 \text{ mm}$        |   |

### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

### Vstupní hodnoty vnitřních sil a kritických momentů

NK\_MSÚ\_teplota\_B6 - PZP

$$N_{Ed,max} := 67.29 \text{ kN} \quad M_{y,Ed,N} := 10.11 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

NK\_MSÚ\_sníh22 - PZP

$$M_{cr,N} := 354.2 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

NK\_MSÚ\_sníh22 - PZP

$$V_{Ed,max} := 34.48 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed,max} := 32.18 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{Ed,M} := 16.45 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} := 397.31 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

### Klasifikace průřezů

#### Pásnice

$$b = 140 \text{ mm}$$

$$t_w = 5.5 \text{ mm}$$

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

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := \frac{b - t_w - 2 \cdot r}{2} = 55.25 \text{ mm} \quad t := t_f = 8.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 6.5 < 9 \quad \varepsilon = 9 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

#### Stojna

$$h = 133 \text{ mm}$$

$$t_f = 8.5 \text{ mm}$$

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

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 92 \text{ mm} \quad t := t_w = 5.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 16.7 < 72 \quad \varepsilon = 72 \rightarrow \text{ohýbaná část: třída 1}$$

$$\frac{c}{t} = 16.7 < 33 \quad \varepsilon = 33 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

$$z := \frac{N_{Ed,max}}{t_w \cdot f_{y,d}} = 52.1 \text{ mm}$$

$$0.5 < \alpha := \frac{c+z}{2c} = 0.783 < 1$$

$$c = 92 \text{ mm}$$

$$t = 5.5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$\frac{c}{t} = 16.7 < \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 43.1 \rightarrow \text{tlačená a ohýbaná část: třída 1}$$

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

$$I_y = (1.033 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$I_z = (3.893 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$A = 3142 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha_z = 0.49 \quad (\text{křivka c})$$

$$A = 3142 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed,max} = 67.29 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 169.3 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} = 397.31 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl,y} = (173.5 \cdot 10^3) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT,0} = 0.4$$

$$\beta = 0.75$$

$$\alpha_{LT} = 0.34$$

$$(\text{křivka klopení b})$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl,y} = (173.5 \cdot 10^3) \text{ mm}^3$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Ed,max} = 32.18 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_{v,z} = 1012 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed,max} = 34.48 \text{ kN}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr,y} := 6030 \text{ mm} \quad (\sim \text{oblouková vzdálenost sloupů})$$

$$L_{cr,z} := 6030 \text{ mm} \quad (\sim \text{oblouková vzdálenost vzpěr})$$

$$N_{cr,y} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = 588.823 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = 221.906 \text{ kN} < N_{cr,y} = 588.823 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{cr,z} = 221.906 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující kritická síla})$$

$$\lambda_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 1.824$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 2.562$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 0.229 < 1$$

$$N_{b,Rd} := \chi_z \cdot A \cdot f_{y,d} = 169.3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,max}}{N_{b,Rd}} = 0.397 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na maximální ohyb

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr,M}} = 0.103$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.453$$

$$\chi_{LT,M} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.114 \quad ? < 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 94.956$$

$$\rightarrow \chi_{LT,M} := 1$$

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT,M} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = 40.773 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.789 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_{y,d}}{\sqrt{3}} = 137.3 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} := V_{pl,Rd} = 137.31 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{c,Rd}} = 0.251 < 0.5 < 1$$

vyhovuje

→ lze zanedbat vliv posouvací síly na únosnost v ohybu

$$M_{cr.N} = 354.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl.y} = (1.735 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT.0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

(křivka klopení b)

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$A = 3142 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{cr.z} = 221.9 \text{ kN}$$

$$\alpha_y := 0.34 \quad (\text{křivka b})$$

$$A = 3142 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl.y} = (1.735 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\lambda_y = 1.12$$

$$N_{Ed.1} = 67.29 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.523$$

$$N_{Rk} = 738.37 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$N_{Ed.1} = 67.29 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.1} = 10.11 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} = 738.37 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} = 40.773 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_z = 0.229$$

$$\chi_y = 0.523$$

$$\chi_{LT.1} = 1$$

$$\lambda_y = 1.12$$

$$N_{Ed.2} = 16.45 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.523$$

$$N_{Rk} = 738.37 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

## Posouzení na kombinaci ohybu a tlaku

Dopočet  $\chi_{LT.N}$

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{M_{cr.N}} = 0.115$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.457$$

$$\chi_{LT.N} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.109 \quad ? < 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 75.468$$

$$\rightarrow \chi_{LT.N} := 1$$

Dopočet  $\chi_y$

$$\lambda_y := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.y}}} = 1.12$$

$$\phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2) = 1.283$$

$$\chi_y := \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0.523 < 1$$

Vstupní hodnoty

$$N_{Ed.1} := N_{Ed.max} = 67.29 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.2} := N_{Ed.M} = 16.45 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 738.37 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.523 \quad \chi_z = 0.229$$

$$\lambda_y = 1.12 \quad \lambda_z = 1.824$$

$$M_{y.Ed.1} := M_{y.Ed.N} = 10.11 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Ed.2} := M_{y.Ed.max} = 32.18 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 40.77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_{LT.1} := \chi_{LT.N} = 1$$

$$\chi_{LT.2} := \chi_{LT.M} = 1$$

Posudek 1

$$C_{my} := 0.57$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.661 \quad ? < C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.649$$

$$\rightarrow k_{yy.1} := 0.649$$

$$k_{zy.1} := 0.6 \quad k_{yy.1} = 0.389$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.335 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.494 < 1$$

vyhovuje

Posudek 2

$$C_{my} := 0.59$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.613 \quad ? < C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.61$$

$$\rightarrow k_{yy.2} := 0.61$$



$$k_{yy,2} = 0.61$$

$$N_{Ed,2} = 16.45 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed,2} = 32.18 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{Rk} = 738.37 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 40.773 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\chi_z = 0.229$$

$$\chi_y = 0.523$$

$$\chi_{LT,2} = 1$$

$$k_{zy,2} := 0.6 \cdot k_{yy,2} = 0.366$$

$$\frac{N_{Ed,2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy,2} \cdot \frac{M_{y,Ed,2}}{\chi_{LT,2} \cdot M_{y,Rk}} = 0.524 < 1$$

$$\frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy,2} \cdot \frac{M_{y,Ed,2}}{\chi_{LT,2} \cdot M_{y,Rk}} = 0.386 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení průhybu

$$l_p = 6.03 \text{ m}$$

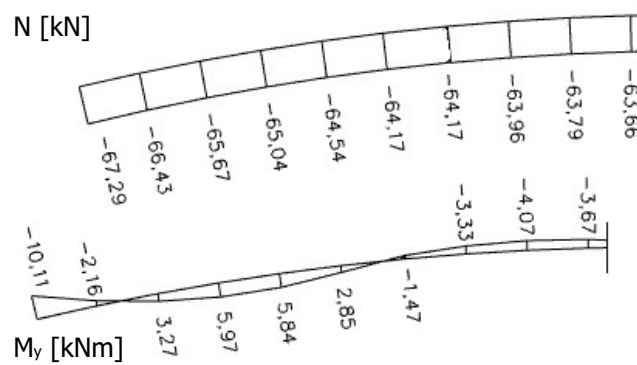
$$w_{scia} := 22.8 \text{ mm} < \frac{l_p}{250} = 24 \text{ mm}$$

vyhovuje

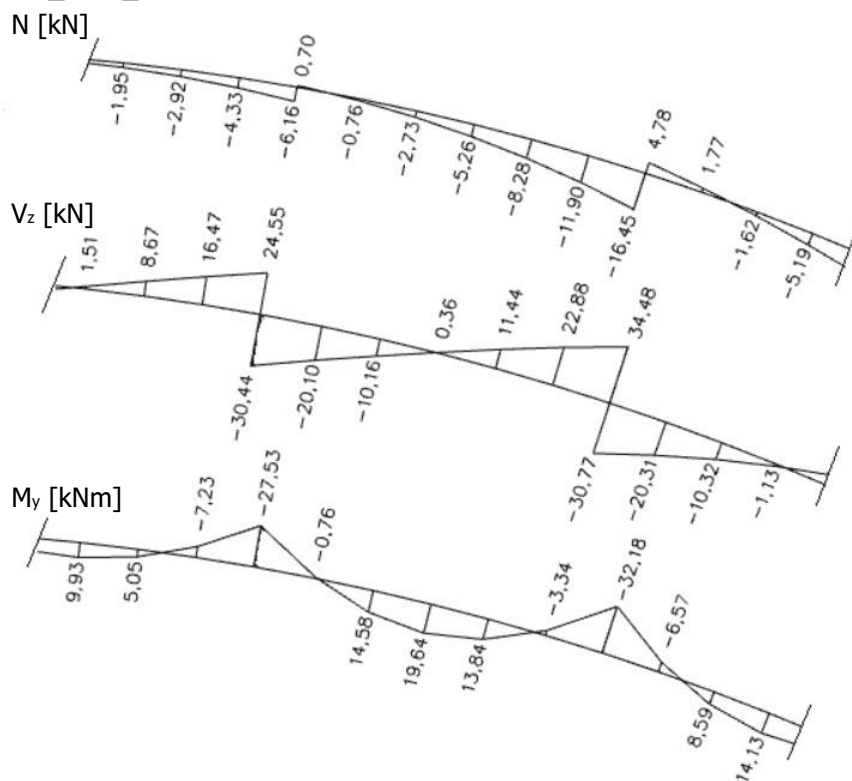
NÁVRH: profil HEA140

### Výstupy ze SCIA

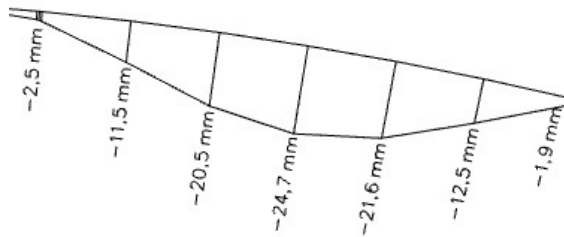
NK\_MSÚ\_teplota\_B6 - PZP



NK\_MSÚ\_sníh22 - PZP



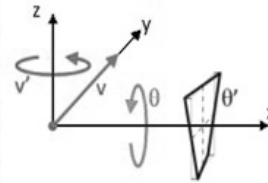
## Maximální deformace - krajní část



Pozn.:  
 Vykresleny celkové deformace, kde je zahrnut i pokles podpor -2,5 mm a -1,9 mm.  
 Hodnota pro posouzení:  
 $24,7 - 1,9 = 22,8 \text{ mm}$

## Výstupy z LTBeamN

| LTBeamN                  |                      |           |                               |   |          |      |           |
|--------------------------|----------------------|-----------|-------------------------------|---|----------|------|-----------|
| v 1.0.1                  |                      |           |                               |   |          |      |           |
| <b>Vstupní data</b>      |                      |           |                               |   |          |      |           |
| Délka                    | 6030 mm              |           | Pozn.: délka posuzované části |   |          |      |           |
| Profil                   | HEA 140              |           |                               |   |          |      |           |
| <b>Okrajové podmínky</b> |                      |           |                               |   |          |      |           |
| Typ                      | $x_1$ [m]            | $x_2$ [m] | Poloha                        | v | $\theta$ | $v'$ | $\theta'$ |
| spojitá                  | 0                    | 6,03      | horní hrana                   | X | -        | -    | -         |
| bodová                   | 0                    | 0         | osa                           | X | X        | -    | -         |
| bodová                   | 6,03                 | 6,03      | osa                           | X | X        | -    | -         |
| <b>Legenda</b>           |                      |           |                               |   |          |      |           |
| $x_1$                    | počátek podmínky     |           |                               |   |          |      |           |
| $x_2$                    | konec podmínky       |           |                               |   |          |      |           |
| v                        | posun ve směru osy y |           |                               |   |          |      |           |
| $\theta$                 | natočení kolem osy x |           |                               |   |          |      |           |
| $v'$                     | natočení kolem osy z |           |                               |   |          |      |           |
| $\theta'$                | deplanace průřezu    |           |                               |   |          |      |           |
| X                        | zamezeno/drženo      |           |                               |   |          |      |           |
| -                        | nezamezeno/nedrženo  |           |                               |   |          |      |           |



| LTBeamN   |                         |                             |
|---|-------------------------|-----------------------------|
| v 1.0.1   |                         |                             |
| <b>Kombinace</b>  | NK_MSÚ_teplota_B6 - PZP |                             |
| <b>Vypočítané hodnoty</b>                                     |                         |                             |
| $\mu_{cr}$  | 35,03                   | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 354,2 kNm               | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                         |                             |
| Posun ve směru osy y  |                         |                             |
| Natočení kolem osy z  |                         |                             |
| Natočení kolem osy x  |                         |                             |
| Deplanace   |                         |                             |
| <b>Poznámka</b>   |                         |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                         |                             |

| <b>LTBeamN</b><br>v 1.0.1                                     |                            |                             |
|---|----------------------------|-----------------------------|
| <b>Kombinace</b>  | <b>NK_MSÚ_sníh22 - PZP</b> |                             |
| <b>Vypočtené hodnoty</b>                                      |                            |                             |
| $H_{cr}$  | 12,35                      | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 397,31 kNm                 | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                            |                             |
| Posun ve směru osy y  |                            |                             |
|   |                            |                             |
| Natočení kolem osy z  |                            |                             |
|   |                            |                             |
| Natočení kolem osy x  |                            |                             |
|   |                            |                             |
| Deplanace   |                            |                             |
|   |                            |                             |
| <b>Poznámka</b>   |                            |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                            |                             |

## 2.5.2. NÁVRH A POSOUZENÍ ŠIKMÉ ČÁSTI - KRAJNÍ VAZBA

$$l := 4295 \text{ mm}$$

### Materiál

ocel S235

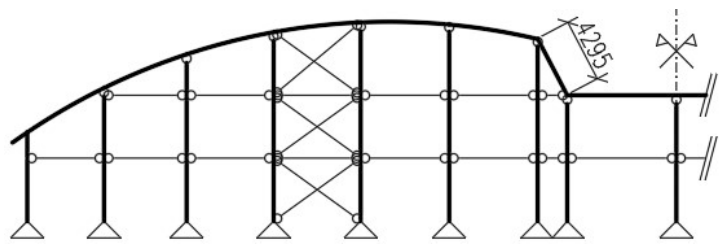
$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

### Schéma



### Průřez

HEA140

$$A := 3142 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} := 173.5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$h := 133 \text{ mm}$$

$$A_{v,z} := 1012 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 1033 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$b := 140 \text{ mm}$$

$$t_w := 5.5 \text{ mm}$$

$$I_z := 389.3 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$r := 12 \text{ mm}$$

$$t_f := 8.5 \text{ mm}$$

### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

### Vstupní hodnoty vnitřních sil a kritických momentů

NK\_MSÚ\_teplota\_B5 - PPP

$$N_{Ed,max} := 141.02 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed,N} := 5.02 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{cr,N} := 255.9 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

NK\_MSÚ\_vítr\_A22 - PPP

$$V_{Ed,max} := 14.53 \text{ kN}$$

NK\_MSÚ\_sníh23 - PZL

$$M_{y,Ed,max} := 19.34 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{Ed,M} := 27.97 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} := 141.37 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

### Klasifikace průřezů

Pásnice

$$c := \frac{b - t_w - 2 \cdot r}{2} = 55.25 \text{ mm} \quad t := t_f = 8.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 6.5 < 9 \quad \varepsilon = 9 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

$$b = 140 \text{ mm}$$

$$t_w = 5.5 \text{ mm}$$

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

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

Stojna

$$c := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 92 \text{ mm} \quad t := t_w = 5.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 16.7 < 72 \quad \varepsilon = 72 \rightarrow \text{ohýbaná část: třída 1}$$

$$\frac{c}{t} = 16.7 < 33 \quad \varepsilon = 33 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

$$h = 133 \text{ mm}$$

$$t_f = 8.5 \text{ mm}$$

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

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$N_{Ed,max} = 141.02 \text{ kN}$$

$$t_w = 5.5 \text{ mm}$$

$$z := \frac{N_{Ed,max}}{t_w \cdot f_{y,d}} = 109.1 \text{ mm}$$

$$0.5 < \alpha := \frac{c+z}{2c} = 1.093 \stackrel{?}{<} 1 \rightarrow \alpha := 1$$

$$c = 92 \text{ mm}$$

$$t = 5.5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$\frac{c}{t} = 16.7 < \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 33 \rightarrow \text{jen tlačená část: třída 1}$$

$$l = 4.295 \text{ m}$$

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

$$I_y = (1.033 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$I_z = (3.893 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$A = 3142 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha_z = 0.49 \quad (\text{křivka c})$$

$$A = 3142 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed,max} = 141.02 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 287.3 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} = 141.37 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl,y} = (173.5 \cdot 10^3) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT,0} = 0.4$$

$$\beta = 0.75$$

$$\alpha_{LT} = 0.34$$

$$(\text{křivka klopení b})$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl,y} = (173.5 \cdot 10^3) \text{ mm}^3$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Ed,max} = 19.34 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_{v,z} = 1012 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed,max} = 14.53 \text{ kN}$$

$$A = 3142 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1$$

$$N_{Ed,M} = 27.97 \text{ kN}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr,y} := l = 4.295 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := l = 4.295 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = 1160.628 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = 437.398 \text{ kN} < N_{cr,y} = 1160.628 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{cr,z} = 437.398 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující kritická síla})$$

$$\lambda_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 1.299$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 1.613$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 0.389 < 1$$

$$N_{b,Rd} := \chi_z \cdot A \cdot f_{y,d} = 287.3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,max}}{N_{b,Rd}} = 0.491 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na maximální ohyb

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr,M}} = 0.288$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.512$$

$$\chi_{LT,M} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.042 \stackrel{?}{<} 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 12.022$$

$$\rightarrow \chi_{LT,M} := 1$$

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT,M} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = 40.773 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.474 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_{y,d}}{\sqrt{3}} = 137.3 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} := V_{pl,Rd} = 137.31 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{c,Rd}} = 0.106 < 0.5 < 1$$

vyhovuje

→ lze zanedbat vliv posouvající síly na únosnost v ohybu

### Posouzení na maximální tah a interakce s momentem

$$N_{pl,Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 738.37 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,M}}{N_{pl,Rd}} = 0.038 < 1$$

$$0.25 \cdot N_{pl,Rd} = 184.593 \text{ kN} > N_{Ed,M} = 27.97 \text{ kN}$$

vyhovuje

$$h_w := c = 92 \text{ mm}$$

$$t_w = 5.5 \text{ mm}$$

$$M_{cr.N} = 255.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl.y} = (1.735 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT.0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

(křivka klopení b)

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$A = (3.142 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{cr.z} = 437.4 \text{ kN}$$

$$\alpha_y := 0.34 \quad (\text{křivka b})$$

$$A = 3142 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl.y} = (1.735 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\lambda_y = 0.798$$

$$N_{Ed.1} = 141.02 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.726$$

$$N_{Rk} = 738.37 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$N_{Ed.1} = 141.02 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.1} = 5.02 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} = 738.37 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} = 40.773 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_z = 0.389$$

$$\chi_y = 0.726$$

$$\chi_{LT.1} = 1$$

$$l = 4.295 \text{ m}$$

$$\frac{0.5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 59.455 \text{ kN} > N_{Ed.M} = 27.97 \text{ kN}$$

→ není třeba posuzovat kombinaci ohybu a tahu

### Posouzení na kombinaci ohybu a tlaku

Dopočet  $\chi_{LT.N}$

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{M_{cr.N}} = 0.159$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.469$$

$$\chi_{LT.N} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.091 \quad ? < 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 39.392$$

$$\rightarrow \chi_{LT.N} := 1$$

Dopočet  $\chi_y$

$$\lambda_y := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.y}}} = 0.798$$

$$\phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2) = 0.92$$

$$\chi_y := \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0.726 < 1$$

Vstupní hodnoty

$$N_{Ed.1} := N_{Ed.max} = 141.02 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 738.37 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.726 \quad \chi_z = 0.389$$

$$\lambda_y = 0.798 \quad \lambda_z = 1.299$$

$$M_{y.Ed.1} := M_{y.Ed.N} = 5.02 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 40.77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_{LT.1} := \chi_{LT.N} = 1$$

Posudek

$$C_{my} := 0.816$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.944 \quad ? < C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.988$$

$$\rightarrow k_{yy.1} := 0.944$$

$$k_{zy.1} := 0.6 \cdot k_{yy.1} = 0.566$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.379 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.561 < 1$$

vyhovuje

Posouzení průhybu

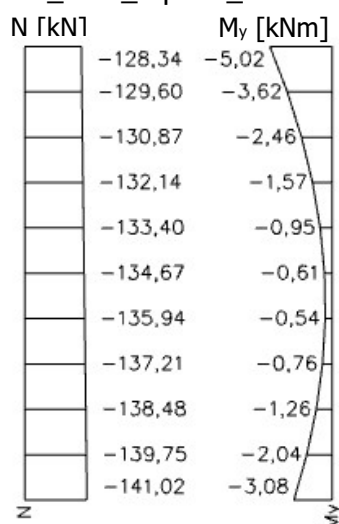
$$w_{scia} := 8.7 \text{ mm} < \frac{l}{250} = 17 \text{ mm}$$

vyhovuje

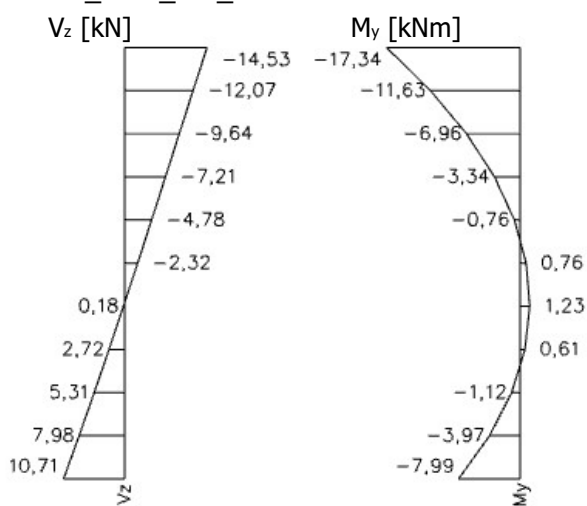
NÁVRH: profil HEA140

## Výstupy ze SCIA

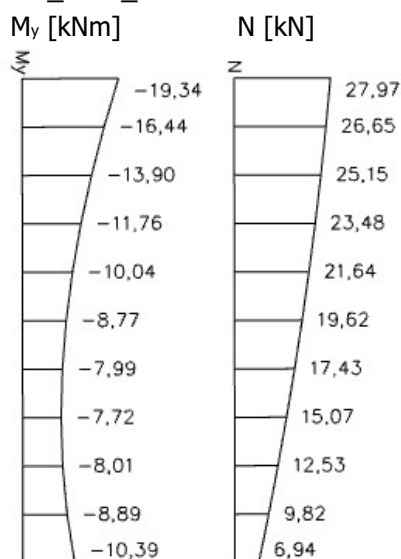
### NK\_MSÚ\_teplota\_B5 - PPP



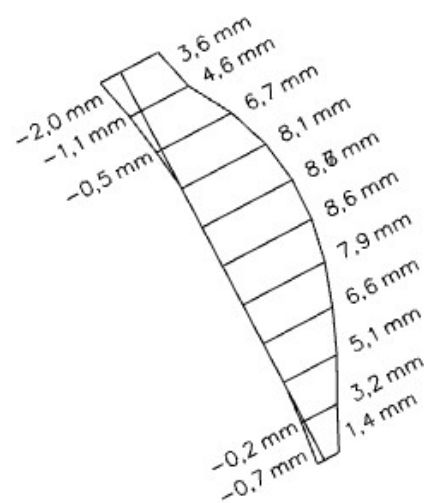
### NK\_MSÚ\_vítr\_A22 - PPP



### NK\_MSÚ\_sníh23 - PZL

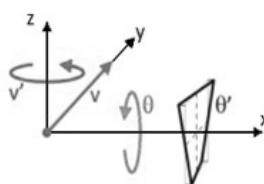


### Maximální deformace



## Výstupy z LTBeamN

| <b>LTBeamN</b>           |                      |           |             |   |          |      |           |
|--------------------------|----------------------|-----------|-------------|---|----------|------|-----------|
| v 1.0.1                  |                      |           |             |   |          |      |           |
| <b>Vstupní data</b>      |                      |           |             |   |          |      |           |
| Délka                    | 4294 mm              |           |             |   |          |      |           |
| Profil                   | HEA 140              |           |             |   |          |      |           |
| <b>Okrajové podmínky</b> |                      |           |             |   |          |      |           |
| Typ                      | $x_1$ [m]            | $x_2$ [m] | Poloha      | v | $\theta$ | $v'$ | $\theta'$ |
| spojitá                  | 0                    | 4,294     | horní hrana | X | -        | -    | -         |
| bodová                   | 0                    | 0         | osa         | X | X        | -    | -         |
| bodová                   | 4,294                | 4,294     | osa         | X | X        | -    | -         |
| <b>Legenda</b>           |                      |           |             |   |          |      |           |
| $x_1$                    | počátek podmínky     |           |             |   |          |      |           |
| $x_2$                    | konec podmínky       |           |             |   |          |      |           |
| v                        | posun ve směru osy y |           |             |   |          |      |           |
| $\theta$                 | natočení kolem osy x |           |             |   |          |      |           |
| $v'$                     | natočení kolem osy z |           |             |   |          |      |           |
| $\theta'$                | deplanace průřezu    |           |             |   |          |      |           |
| X                        | zamezeno/drženo      |           |             |   |          |      |           |
| -                        | nezamezeno/nedrženo  |           |             |   |          |      |           |



| <b>LTBeamN</b>  |                                |                             |
|---|--------------------------------|-----------------------------|
| v 1.0.1   |                                |                             |
| <b>Kombinace</b>  | <b>NK_MSÚ_tepłota_B5 - PPP</b> |                             |
| <b>Vypočítané hodnoty</b>                                     |                                |                             |
| $\mu_{cr}$  | 50,98                          | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 255,9 kNm                      | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                                |                             |
| Posun ve směru osy y  |                                |                             |
|   |                                |                             |
| Natočení kolem osy z  |                                |                             |
|   |                                |                             |
| Natočení kolem osy x  |                                |                             |
|   |                                |                             |
| Deplanace   |                                |                             |
|   |                                |                             |
| <b>Poznámka</b>   |                                |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                                |                             |

| <b>LTBeamN</b>  |                            |                             |
|---|----------------------------|-----------------------------|
| v 1.0.1   |                            |                             |
| <b>Kombinace</b>  | <b>NK_MSÚ_sníh23 - PZL</b> |                             |
| <b>Vypočtené hodnoty</b>                                      |                            |                             |
| $\mu_{cr}$  | 7,31                       | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 141,37 kNm                 | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                            |                             |
| Posun ve směru osy y  |                            |                             |
|   |                            |                             |
| Natočení kolem osy z  |                            |                             |
|   |                            |                             |
| Natočení kolem osy x  |                            |                             |
|   |                            |                             |
| Deplanace   |                            |                             |
|   |                            |                             |
| <b>Legenda</b>  |                            |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                            |                             |



## 2.5.3. NÁVRH A POSOUZENÍ ROVNÉ ČÁSTI - KRAJNÍ VAZBA

$$l := 14800 \text{ mm}$$

$$l_p := \frac{l}{2} = 7400 \text{ mm}$$

### Materiál

ocel S235

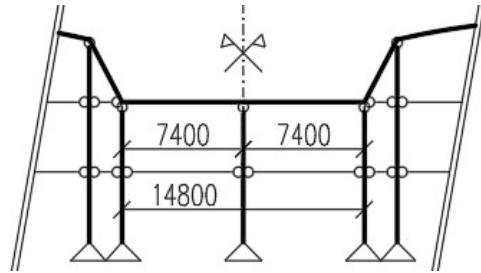
$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

### Schéma



### Průřez

|                       |                                |   |
|-----------------------|--------------------------------|---|
| IPE240                | $A := 3912 \text{ mm}^2$       | $W_{pl.y} := 366.6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ |
| $h := 240 \text{ mm}$ | $A_{v.z} := 1914 \text{ mm}^2$ | $I_y := 3892 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$       |
| $b := 120 \text{ mm}$ | $t_w := 6.2 \text{ mm}$        | $I_z := 283.6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$      |
| $r := 15 \text{ mm}$  | $t_f := 9.8 \text{ mm}$        |   |

### Návrhová pevnost

$$f_{y.d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

### Vstupní hodnoty vnitřních sil a kritických momentů

NK\_MSÚ\_teplota\_B8 - LP

$$N_{Ed.max} := 79.62 \text{ kN} \quad M_{y.Ed.N} := 4.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{cr.N} := 213.51 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

NK\_MSÚ\_sníh8 - LZ

$$V_{Ed.max} := 41.41 \text{ kN}$$

NK\_MSÚ\_sníh8 - LZ

$$M_{y.Ed.max} := 62.93 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{Ed.M} := 11.77 \text{ kN}$$

$$M_{cr.M} := 271.14 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

### Klasifikace průřezů

#### Pásnice

$$b = 120 \text{ mm}$$

$$t_w = 6.2 \text{ mm}$$

$$r = 15 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := \frac{b - t_w - 2 \cdot r}{2} = 41.9 \text{ mm} \quad t := t_f = 9.8 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 4.3 < 9 \varepsilon = 9 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

#### Stojna

$$h = 240 \text{ mm}$$

$$t_f = 9.8 \text{ mm}$$

$$r = 15 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 190.4 \text{ mm} \quad t := t_w = 6.2 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 30.7 < 72 \varepsilon = 72 \rightarrow \text{ohýbaná část: třída 1}$$

$$\frac{c}{t} = 30.7 < 33 \varepsilon = 33 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

$$N_{Ed.max} = 79.62 \text{ kN}$$

$$t_w = 6.2 \text{ mm}$$

$$z := \frac{N_{Ed.max}}{t_w \cdot f_{y.d}} = 54.6 \text{ mm}$$

$$0.5 < \alpha := \frac{c + z}{2c} = 0.644 < 1$$

$$c = 190.4 \text{ mm}$$

$$t = 6.2 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$\frac{c}{t} = 30.7 < \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 53.8 \rightarrow \text{tlačená a ohýbaná část: třída 1}$$

$$l_p = 7.4 \text{ m}$$

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

$$I_y = (3.892 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$I_z = (2.836 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$A = 3912 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha_z = 0.34 \quad (\text{křivka b})$$

$$A = 3912 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed,max} = 79.62 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 95.8 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} = 271.14 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl,y} = (366.6 \cdot 10^3) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT,0} = 0.4$$

$$\beta = 0.75$$

$$\alpha_{LT} = 0.34$$

$$(\text{křivka klopení b})$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl,y} = (366.6 \cdot 10^3) \text{ mm}^3$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Ed,max} = 62.93 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_{v,z} = (1.914 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed,max} = 41.41 \text{ kN}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr,y} := l_p = 7.4 \text{ m} \quad (\text{vzdálenost sloupů})$$

$$L_{cr,z} := l_p = 7.4 \text{ m} \quad (\text{vzdálenost vodorovných vzpěr})$$

$$N_{cr,y} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = 1473.087 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = 107.34 \text{ kN} < N_{cr,y} = 1473.087 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{cr,z} = 107.34 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující kritická síla})$$

$$\lambda_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 2.927$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 5.246$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 0.104 < 1$$

$$N_{b,Rd} := \chi_z \cdot A \cdot f_{y,d} = 95.8 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,max}}{N_{b,Rd}} = 0.831 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na maximální ohyb

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr,M}} = 0.318$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.524$$

$$\chi_{LT,M} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.031 \stackrel{?}{<} 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 9.905$$

$$\rightarrow \chi_{LT,M} := 1$$

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT,M} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = 86.151 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.73 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_{y,d}}{\sqrt{3}} = 259.7 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} := V_{pl,Rd} = 259.69 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{c,Rd}} = 0.159 < 0.5 < 1$$

vyhovuje

→ lze zanedbat vliv posouvací síly na únosnost v ohybu

## Posouzení na kombinaci ohybu a tlaku

Dopočet  $\chi_{LT.N}$

$$M_{cr.N} = 213.51 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl.y} = (3.666 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT.0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

(křivka klopení b)

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{M_{cr.N}} = 0.403$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.562$$

$$\chi_{LT.N} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 0.999 \quad ? < 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 6.142$$

$$\rightarrow \chi_{LT.N} := 0.999$$

Dopočet  $\chi_y$

$$A = 3912 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{cr.y} = 1473.1 \text{ kN}$$

$$\alpha_y = 0.21 \quad (\text{křivka a})$$

$$\lambda_y := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.y}}} = 0.79$$

$$\phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2) = 0.874$$

$$\chi_y := \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0.801 < 1$$

Vstupní hodnoty

$$A = 3912 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl.y} = (3.666 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$N_{Ed.1} := N_{Ed.max} = 79.62 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.2} := N_{Ed.M} = 11.77 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 919.32 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.801 \quad \chi_z = 0.104$$

$$\lambda_y = 0.79 \quad \lambda_z = 2.927$$

$$M_{y.Ed.1} := M_{y.Ed.N} = 4.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Ed.2} := M_{y.Ed.max} = 62.93 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 86.15 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_{LT.1} := \chi_{LT.N} = 0.999$$

$$\chi_{LT.2} := \chi_{LT.M} = 1$$

$$\lambda_y = 0.79$$

$$N_{Ed.1} = 79.62 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.801$$

$$N_{Rk} = 919.32 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

Posudek 1

$$C_{my} := 0.827$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.88 \quad ? < C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.899$$

$$\rightarrow k_{yy.1} := 0.88$$

$$C_{mLT} := 0.827$$

$$\lambda_z = 2.927 > 0.4$$

$$1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_z}{(C_{mLT} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} = 0.578 \quad ? < 1 - \frac{0.1}{(C_{mLT} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} = 0.856$$

$$\rightarrow k_{zy.1} := 0.556$$

$$\lambda_z = 2.927$$

$$N_{Ed.1} = 79.62 \text{ kN}$$

$$\chi_z = 0.104$$

$$N_{Rk} = 919.32 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$N_{Ed.1} = 79.62 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.1} = 4.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} = 919.32 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} = 86.151 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_z = 0.104$$

$$\chi_y = 0.801$$

$$\chi_{LT.1} = 0.999$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.151 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.858 < 1$$

vyhovuje

Posudek 2

$\lambda_y = 0.79$   
 $N_{Ed.2} = 11.77 \text{ kN}$   
 $\chi_y = 0.801$   
 $N_{Rk} = 919.32 \text{ kN}$   
 $\gamma_{M1} = 1$

$C_{my} := 0.576$   
 $C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.581 < C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0.583$   
 $\rightarrow k_{yy.2} := 0.581$

$k_{zy.2} := 0.6 \cdot k_{yy.2} = 0.349$

$N_{Ed.2} = 11.77 \text{ kN}$   
 $M_{y.Ed.2} = 62.93 \text{ kN} \cdot \text{m}$   
 $N_{Rk} = 919.32 \text{ kN}$   
 $M_{y.Rk} = 86.151 \text{ kN} \cdot \text{m}$   
 $\chi_z = 0.104$   
 $\chi_y = 0.801$   
 $\chi_{LT.2} = 1$

$\frac{\frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\chi_{LT.2} \cdot M_{y.Rk}}}{\gamma_{M1}} = 0.44 < 1$

$\frac{\frac{N_{Ed.2}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\chi_{LT.2} \cdot M_{y.Rk}}}{\gamma_{M1}} = 0.378 < 1$

vyhovuje

Psouzení průhybu

$l_p = 7400 \text{ mm}$

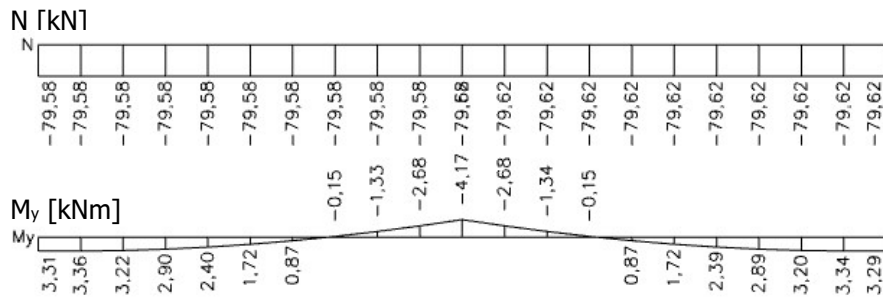
$w_{scia} := 14.8 \text{ mm} < \frac{l}{250} = 59 \text{ mm}$

vyhovuje

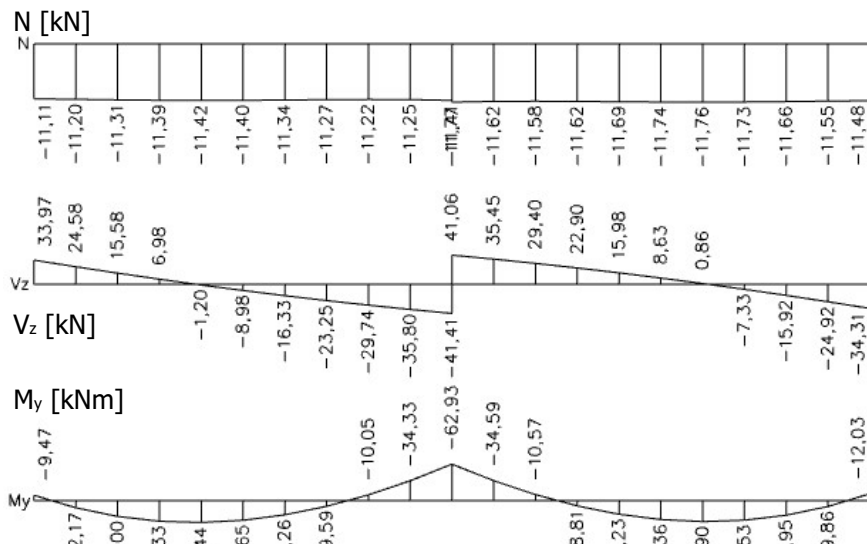
NÁVRH: profil IPE240

Výstupy ze SCIA

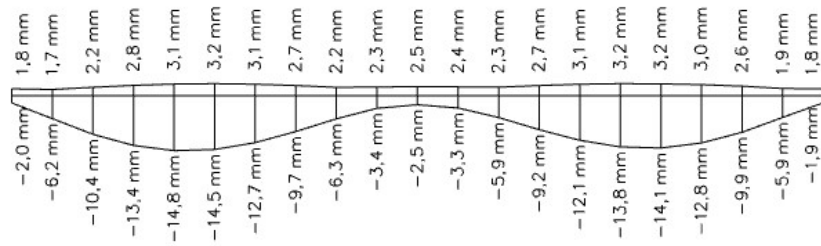
NK\_MSÚ\_teploata\_B8 - LP



NK\_MSÚ\_sníh8 - LZ



## Obálka celkových deformací $u_z$



## Výstupy z LTBeamN

| <b>LTBeamN</b><br>v 1.0.1 |                      |                               |             |     |          |      |           |
|---------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------|-----|----------|------|-----------|
| <b>Vstupní data</b>       |                      |                               |             |     |          |      |           |
| Délka                     | 7400 mm              | Pozn.: délka posuzované části |             |     |          |      |           |
| Profil                    | IPE 240              |                               |             |     |          |      |           |
| <b>Okrajové podmínky</b>  |                      |                               |             |     |          |      |           |
| Typ                       | $x_1$ [m]            | $x_2$ [m]                     | Poloha      | $v$ | $\theta$ | $v'$ | $\theta'$ |
| spojitá                   | 0                    | 7,4                           | horní hrana | X   | -        | -    | -         |
| bodová                    | 0                    | 0                             | osa         | X   | X        | -    | -         |
| bodová                    | 7,4                  | 7,4                           | osa         | X   | X        | -    | -         |
| <b>Legenda</b>            |                      |                               |             |     |          |      |           |
| $x_1$                     | počátek podmínky     |                               |             |     |          |      |           |
| $x_2$                     | konec podmínky       |                               |             |     |          |      |           |
| $v$                       | posun ve směru osy y |                               |             |     |          |      |           |
| $\theta$                  | natočení kolem osy x |                               |             |     |          |      |           |
| $v'$                      | natočení kolem osy z |                               |             |     |          |      |           |
| $\theta'$                 | deplanace průřezu    |                               |             |     |          |      |           |
| X                         | zamezeno/drženo      |                               |             |     |          |      |           |
| -                         | nezamezeno/nedrženo  |                               |             |     |          |      |           |

| <b>LTBeamN</b><br>v 1.0.1                                     |                        |                             |
|---|------------------------|-----------------------------|
| <b>Kombinace</b>  | NK_MSÚ_teplota_B8 - LP |                             |
| <b>Vypočítané hodnoty</b>                                     |                        |                             |
| $\mu_{cr}$  | 51,2                   | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 213,51 kNm             | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                        |                             |
| Posun ve směru osy y  |                        |                             |
|   |                        |                             |
| Natočení kolem osy z  |                        |                             |
|   |                        |                             |
| Natočení kolem osy x  |                        |                             |
|   |                        |                             |
| Deplanace   |                        |                             |
|   |                        |                             |
| <b>Poznámka</b>   |                        |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                        |                             |

# LTBeamN

v 1.0.1

**Kombinace** NK\_MSÚ\_sníh8 - LZ

## Vypočítané hodnoty

|            |            |                             |
|------------|------------|-----------------------------|
| $\mu_{cr}$ | 4,309      | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$   | 271,14 kNm | kritický moment             |

## Grafické výstupy

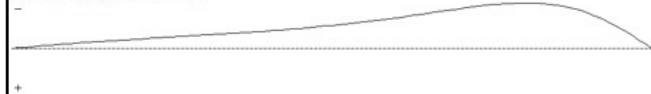
Posun ve směru osy y



Natočení kolem osy z



Natočení kolem osy x



Deplanace



## Poznámka

Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení.

## 2.5.4. NÁVRH A POSOUZENÍ ROHOVÉHO SLOUPU - KRAJNÍ VAZBA

$$l := 6000 \text{ mm}$$

### Materiál

ocel S235

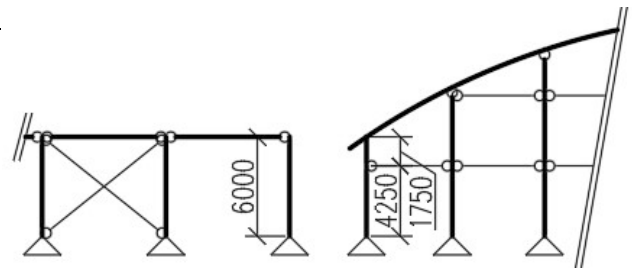
$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

### Schéma



### Průřez

HEA200

$$A := 5383 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} := 429.5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$h := 190 \text{ mm}$$

$$A_{v,z} := 1808 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,z} := 203.8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$b := 200 \text{ mm}$$

$$t_w := 6.5 \text{ mm}$$

$$I_y := 3692 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$r := 18 \text{ mm}$$

$$t_f := 10 \text{ mm}$$

$$I_z := 1336 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

### Vstupní hodnoty vnitřních sil a kritických momentů

NK\_MSÚ\_sníh8 - PZP

$$N_{Ed,max} := 65.57 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed,max} := 18.66 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z,Ed,N} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{cr,N} := 1309.1 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

(kombinace nevyvolává ohyb kolem osy z)

NK\_MSÚ\_vítr\_B12 - PZL

$$V_{z,Ed,max} := 14.32 \text{ kN}$$

NK\_MSÚ\_vítr\_A14 - PPL

$$V_{y,Ed,max} := 10.94 \text{ kN}$$

NK\_MSÚ\_vítr\_A14 - PPL

$$M_{z,Ed,max} := 16.56 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y,Ed,M} := 10.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed,M} := 44.34 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} := 728.95 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

### Klasifikace průřezů

#### Pásnice

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$t_w = 6.5 \text{ mm}$$

$$r = 18 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := \frac{b - t_w - 2 \cdot r}{2} = 78.75 \text{ mm}$$

$$t := t_f = 10 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 7.9 < 9 \varepsilon = 9 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

→ tlačená a ohýbaná část uvažována jako 1. třída

#### Stojna

$$h = 190 \text{ mm}$$

$$t_f = 10 \text{ mm}$$

$$r = 18 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 134 \text{ mm}$$

$$t := t_w = 6.5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 20.6 < 72 \varepsilon = 72 \rightarrow \text{ohýbaná část: třída 1}$$

$$\frac{c}{t} = 20.6 < 33 \varepsilon = 33 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

$$N_{Ed,max} = 65.57 \text{ kN}$$

$$t_w = 6.5 \text{ mm}$$

$$z := \frac{N_{Ed,max}}{t_w \cdot f_{y,d}} = 42.9 \text{ mm}$$

$$0.5 < \alpha := \frac{c+z}{2c} = 0.66 < 1$$

$$c = 134 \text{ mm}$$

$$t = 6.5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$\frac{c}{t} = 20.6 < \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 52.2 \rightarrow \text{tlačená a ohýbaná část: třída 1}$$

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

$$I_y = (3.692 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$I_z = (1.336 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$A = 5383 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha_z = 0.49 \quad (\text{křivka c})$$

$$A = 5383 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed,max} = 65.57 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 501.3 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} = 728.95 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl,y} = (429.5 \cdot 10^3) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT,0} = 0.4$$

$$\beta = 0.75$$

$$\alpha_{LT} = 0.34$$

$$(\text{křivka klopení b})$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl,y} = (429.5 \cdot 10^3) \text{ mm}^3$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Ed,max} = 18.66 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z,Ed,max} = 16.56 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_f = 10 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$A_{v,z} = 1808 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr,y} := 4.25 \text{ m} \quad (\text{dáno rastrem čelní stěny})$$

$$L_{cr,z} := l = 6 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = 4236.458 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = 769.171 \text{ kN} < N_{cr,y} = 4236.458 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{cr,z} = 769.171 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující kritická síla})$$

$$\lambda_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 1.282$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 1.588$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 0.396 < 1$$

$$N_{b,Rd} := \chi_z \cdot A \cdot f_{y,d} = 501.3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,max}}{N_{b,Rd}} = 0.131 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na maximální ohyb

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr,M}} = 0.138$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.463$$

$$\chi_{LT,M} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.099 \stackrel{?}{<} 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 52.16$$

$$\rightarrow \chi_{LT,M} := 1$$

$$M_{y,b,Rd} := \chi_{LT,M} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = 100.933 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{y,b,Rd}} = 0.185 < 1$$

vyhovuje

$$M_{z,b,Rd} := W_{pl,z} \cdot f_{y,d} = 47.893 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{z,Ed,max}}{M_{z,b,Rd}} = 0.346 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na smyk

$$A_{v,y} := 2 \cdot t_f \cdot b = 4000 \text{ mm}^2 > A_{v,z} = 1808 \text{ mm}^2$$

$$V_{y,Ed,max} = 10.94 \text{ kN} < V_{z,Ed,max} = 14.32 \text{ kN}$$

→ lze posoudit jen smyk ve směru z

$$V_{z,pl,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_{y,d}}{\sqrt{3}} = 245.3 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} := V_{z,pl,Rd} = 245.3 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed,max}}{V_{c,Rd}} = 0.058 < 0.5 < 1$$

vyhovuje

→ lze zanedbat vliv posouvací síly na únosnost v ohybu



$$W_{pl.y} = (4.295 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT.0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

(křivka klopení b)

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{cr.y} = 4236 \text{ kN}$$

$$A = 5383 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha_y := 0.34 \quad (\text{křivka b})$$

$$A = 5383 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl.y} = (4.295 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\lambda_y = 0.546$$

$$N_{Ed.1} = 65.57 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.863$$

$$N_{Rk} = 1265.005 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

## Posouzení na kombinaci ohybu a tlaku

Dopočet  $\chi_{LT.N}$

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{M_{cr.N}} = 0.077$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.447$$

$$\chi_{LT.N} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1.124 \quad \stackrel{?}{<} 1 \quad < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 168.222$$

$$\rightarrow \chi_{LT.N} := 1$$

Dopočet  $\chi_y$

$$\lambda_y := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.y}}} = 0.546$$

$$\phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2) = 0.708$$

$$\chi_y := \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0.863 < 1$$

Vstupní hodnoty

$$N_{Ed.1} := N_{Ed.max} = 65.57 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.1} := M_{y.Ed.max} = 18.66 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z.Ed.1} := M_{z.Ed.N} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 1265.005 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.2} := N_{Ed.M} = 44.34 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.2} := M_{y.Ed.M} = 10.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z.Ed.2} := M_{z.Ed.max} = 16.56 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 100.93 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z.Rk} := W_{pl.z} \cdot f_y = 47.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_y = 0.863 \quad \chi_z = 0.396$$

$$\lambda_y = 0.546 \quad \lambda_z = 1.282$$

$$\chi_{LT.1} := \chi_{LT.N} = 1$$

$$\chi_{LT.2} := \chi_{LT.M} = 1$$

Posudek 1

$$C_{my} := 0.9$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.919 \quad \stackrel{?}{<} C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.943$$

$$\rightarrow k_{yy.1} := 0.919$$

$$k_{zy.1} := 0.6 \cdot k_{yy.1} = 0.551$$

$$C_{mz} := 0.9$$

$$C_{mz} \cdot \left( 1 + (2 \lambda_z - 0.6) \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) = 1.131 \quad \stackrel{?}{<} C_{mz} \cdot \left( 1 + 1.4 \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) = 1.065$$

$$\rightarrow k_{zz.1} := 1.065$$

$$k_{yz.1} := 0.6 \cdot k_{zz.1} = 0.639$$

$$\begin{aligned}
N_{Ed.1} &= 65.57 \text{ kN} \\
M_{y.Ed.1} &= 18.66 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
M_{z.Ed.1} &= 0 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
N_{Rk} &= 1265.01 \text{ kN} \\
M_{y.Rk} &= 100.93 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
M_{z.Rk} &= 47.89 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
\chi_z &= 0.396 \\
\chi_y &= 0.863 \\
\chi_{LT.1} &= 1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\lambda_y &= 0.546 \\
N_{Ed.2} &= 44.34 \text{ kN} \\
\chi_y &= 0.863 \\
N_{Rk} &= 1265.005 \text{ kN} \\
\gamma_{M1} &= 1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
N_{Ed.2} &= 44.34 \text{ kN} \\
M_{y.Ed.2} &= 10.03 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
M_{z.Ed.2} &= 16.56 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
N_{Rk} &= 1265.01 \text{ kN} \\
M_{y.Rk} &= 100.93 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
M_{z.Rk} &= 47.89 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
\chi_z &= 0.396 \\
\chi_y &= 0.863 \\
\chi_{LT.2} &= 1
\end{aligned}$$

$$l = 6 \text{ m}$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} + k_{yz.1} \cdot \frac{M_{z.Ed.1}}{M_{z.Rk}} = 0.23 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\gamma_{M1}} + k_{yy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\gamma_{M1}} + k_{yz.1} \cdot \frac{M_{z.Ed.1}}{\gamma_{M1}} = 0.23 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} + k_{zz.1} \cdot \frac{M_{z.Ed.1}}{M_{z.Rk}} = 0.23 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\gamma_{M1}} + k_{zy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\gamma_{M1}} + k_{zz.1} \cdot \frac{M_{z.Ed.1}}{\gamma_{M1}} = 0.23 < 1$$

vyhovuje

### Posudek 2

$$C_{my} := 0.9$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.913 \stackrel{?}{<} C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.929$$

$$\rightarrow k_{yy.2} := 0.913$$

$$k_{zy.2} := 0.6 \cdot k_{yy.2} = 0.548$$

$$C_{mz} := 0.9$$

$$C_{mz} \cdot \left( 1 + (2 \lambda_z - 0.6) \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) = 1.056 \stackrel{?}{<} C_{mz} \cdot \left( 1 + 1.4 \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) = 1.011$$

$$\rightarrow k_{zz.2} := 1.056$$

$$k_{yz.2} := 0.6 \cdot k_{zz.2} = 0.634$$

$$\frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\chi_{LT.2} \cdot M_{y.Rk}} + k_{yz.2} \cdot \frac{M_{z.Ed.2}}{M_{z.Rk}} = 0.35 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.2}}{\gamma_{M1}} + k_{yy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\gamma_{M1}} + k_{yz.2} \cdot \frac{M_{z.Ed.2}}{\gamma_{M1}} = 0.35 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.2}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\chi_{LT.2} \cdot M_{y.Rk}} + k_{zz.2} \cdot \frac{M_{z.Ed.2}}{M_{z.Rk}} = 0.508 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.2}}{\gamma_{M1}} + k_{zy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\gamma_{M1}} + k_{zz.2} \cdot \frac{M_{z.Ed.2}}{\gamma_{M1}} = 0.508 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení průhybu

$$w_{scia} := 16.2 \text{ mm} < \frac{l}{300} = 20 \text{ mm}$$

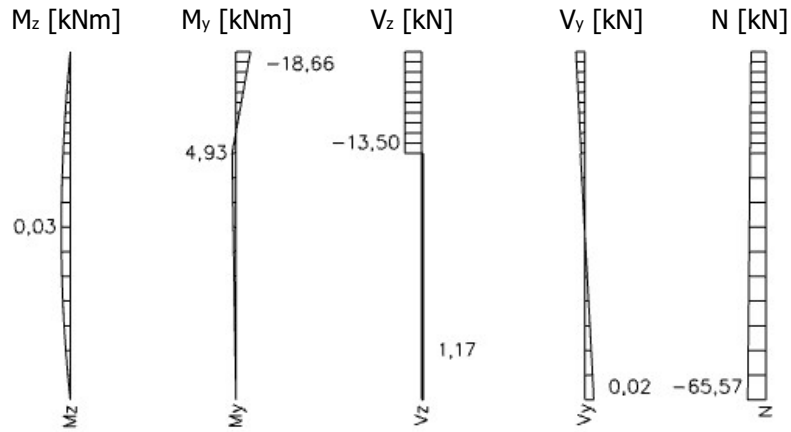
vyhovuje

Prvek navržen na průhyb ve směru osy y.  
Větší profil se uplatní z konstrukčního hlediska.

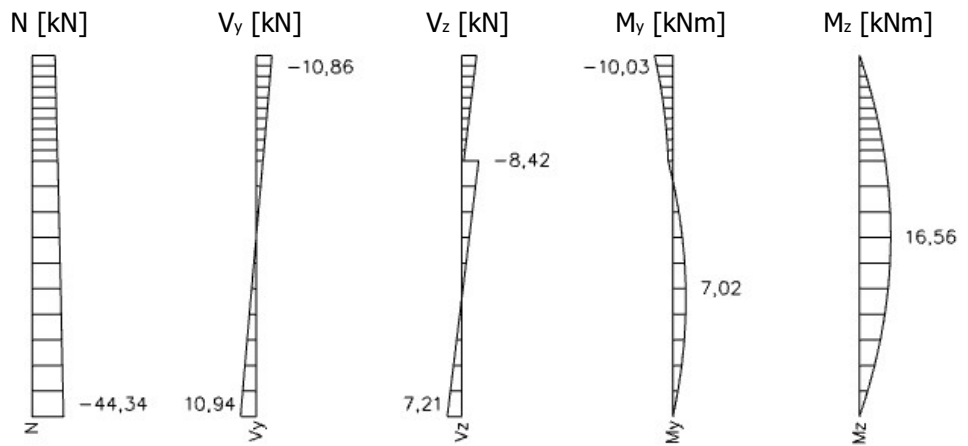
NÁVRH: profil HEA200

Výstupy ze SCIA

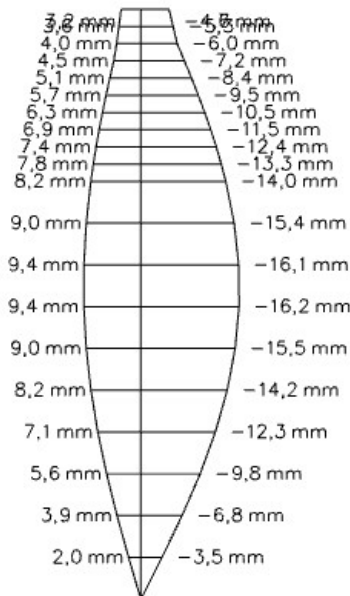
NK\_MSÚ\_sníh8 - PZP



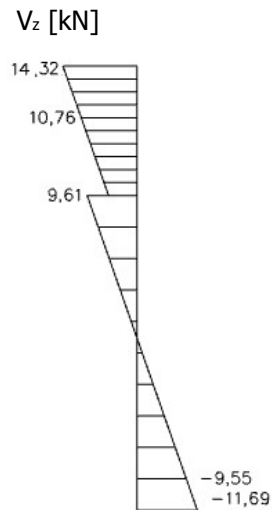
NK\_MSÚ\_vítr\_A14 - PPL



Obálka deformací ve směru osy y

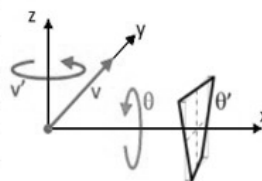


NK\_MSÚ\_vítr\_B12 - PZL



## Výstupy z LTBeamN

| <b>LTBeamN</b>           |                      |           |              |   |          |      |           |
|--------------------------|----------------------|-----------|--------------|---|----------|------|-----------|
| v 1.0.1                  |                      |           |              |   |          |      |           |
| <b>Vstupní data</b>      |                      |           |              |   |          |      |           |
| Délka                    | 6000 mm              |           |              |   |          |      |           |
| Profil                   | HEA 200              |           |              |   |          |      |           |
| <b>Okrajové podmínky</b> |                      |           |              |   |          |      |           |
| Typ                      | $x_1$ [m]            | $x_2$ [m] | Poloha       | v | $\theta$ | $v'$ | $\theta'$ |
| spojitá                  | 0                    | 6         | vnější hrana | X | -        | -    | -         |
| bodová                   | 0                    | 0         | osa          | X | X        | -    | -         |
| bodová                   | 6                    | 6         | osa          | X | X        | -    | -         |
| <b>Legenda</b>           |                      |           |              |   |          |      |           |
| $x_1$                    | počátek podmínky     |           |              |   |          |      |           |
| $x_2$                    | konec podmínky       |           |              |   |          |      |           |
| v                        | posun ve směru osy y |           |              |   |          |      |           |
| $\theta$                 | natočení kolem osy x |           |              |   |          |      |           |
| $v'$                     | natočení kolem osy z |           |              |   |          |      |           |
| $\theta'$                | deplanace průřezu    |           |              |   |          |      |           |
| X                        | zamezeno/drženo      |           |              |   |          |      |           |
| -                        | nezamezeno/nedrženo  |           |              |   |          |      |           |



| <b>LTBeamN</b>  |                    |                             |
|---|--------------------|-----------------------------|
| v 1.0.1   |                    |                             |
| <b>Kombinace</b>  | NK_MSÚ_sníh8 - PZP |                             |
| <b>Vypočítané hodnoty</b>                                     |                    |                             |
| $\mu_{cr}$  | 70,16              | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 1309,1 kNm         | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                    |                             |
| Posun ve směru osy y  |                    |                             |
|   |                    |                             |
| Natočení kolem osy z  |                    |                             |
|   |                    |                             |
| Natočení kolem osy x  |                    |                             |
|   |                    |                             |
| Deplanace průřezu   |                    |                             |
|   |                    |                             |
| <b>Poznámka</b>   |                    |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                    |                             |

# LTBeamN

v 1.0.1

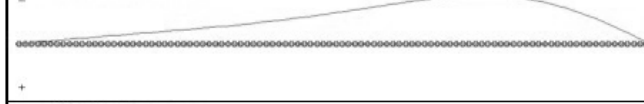
**Kombinace** NK\_MSÚ\_vítr\_A14 - PPL

## Vypočtené hodnoty

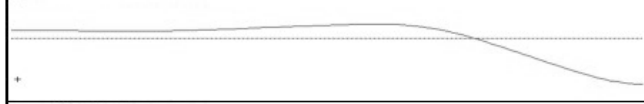
|            |            |                             |
|------------|------------|-----------------------------|
| $\mu_{cr}$ | 72,68      | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$   | 728,95 kNm | kritický moment             |

## Grafické výstupy

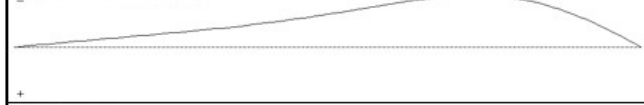
Posun ve směru osy y



Natočení kolem osy z



Natočení kolem osy x



Deplanace



## Poznámka

Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení.

## 2.5.5. NÁVRH A POSOUZENÍ SLOUPU POD OBLOUKOVOU ČÁSTÍ - KRAJNÍ VAZBA

$$l := 13.425 \text{ m}$$

### Materiál

ocel S235

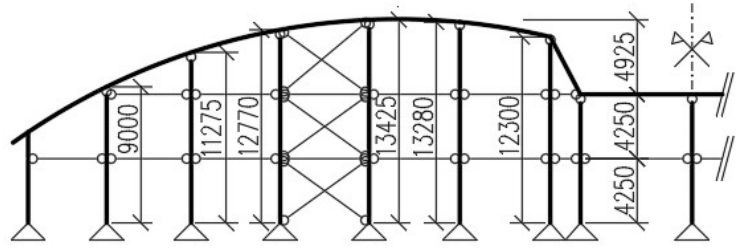
$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

### Schéma



### Průřez

IPE360

$$h := 360 \text{ mm}$$

$$b := 170 \text{ mm}$$

$$r := 18 \text{ mm}$$

$$A := 7273 \text{ mm}^2$$

$$A_{v.z} := 3514 \text{ mm}^2$$

$$t_w := 8 \text{ mm}$$

$$t_f := 12.7 \text{ mm}$$

$$W_{pl.y} := 1019 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_y := 16270 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_z := 1043 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$i_y := 150 \text{ mm}$$

$$i_z := 37.9 \text{ mm}$$

### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

### Vstupní hodnoty vnitřních sil a kritických momentů

NK\_MSÚ\_teplota\_A24 - LZL

$$N_{Ed,max} := 159.13 \text{ kN} \quad M_{y,Ed,N} := 75.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{cr,N} := 366.15 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

NK\_MSÚ\_vítr\_A19 - LZL

$$V_{Ed,max} := 37.18 \text{ kN}$$

NK\_MSÚ\_vítr\_A19 - LZL

$$M_{y,Ed,max} := 124.01 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{Ed,M} := 124.22 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} := 366.12 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

### Klasifikace průřezů

#### Pásnice

$$c := \frac{b - t_w - 2 \cdot r}{2} = 63 \text{ mm} \quad t := t_f = 12.7 \text{ mm}$$

$$b = 170 \text{ mm}$$

$$t_w = 8 \text{ mm}$$

$$r = 18 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$\frac{c}{t} = 5 < 9 \quad \varepsilon = 9 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

#### Stojna

$$c := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 298.6 \text{ mm} \quad t := t_w = 8 \text{ mm}$$

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

$$t_f = 12.7 \text{ mm}$$

$$r = 18 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$\frac{c}{t} = 37.3 < 72 \quad \varepsilon = 72 \rightarrow \text{ohýbaná část: třída 1}$$

$$\frac{c}{t} = 37.3 < 38 \quad \varepsilon = 38 \rightarrow \text{tlačená část: třída 2 (nerozhoduje)}$$

$$N_{Ed,max} = 159.13 \text{ kN}$$

$$t_w = 8 \text{ mm}$$

$$z := \frac{N_{Ed,max}}{t_w \cdot f_{y,d}} = 84.6 \text{ mm}$$

$$0.5 < \alpha := \frac{c+z}{2c} = 0.642 < 1$$

$$c = 298.6 \text{ mm}$$

$$t = 8 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$\frac{c}{t} = 37.3 < \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 53.9 \rightarrow \text{tlačená a ohýbaná část: třída 1}$$

$$l = 13.425 \text{ m}$$



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

$$I_y = (1.627 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

$$I_z = (1.043 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$A = 7273 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha_z := 0.34 \quad (\text{křivka b})$$

$$A = 7273 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed,max} = 159.13 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 663.4 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} = 366.12 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl,y} = (1.019 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT,0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.49$$

$$(\text{křivka klopení c})$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl,y} = (1.019 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Ed,max} = 124.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_{v,z} = 3514 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed,max} = 37.18 \text{ kN}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr,y} := l = 13.425 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := l - 8.5 \text{ m} = 4.925 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = 1871.018 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = 891.232 \text{ kN} < N_{cr,y} = 1871.018 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{cr,z} = 891.232 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující kritická síla})$$

$$\lambda_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 1.385$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 1.66$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 0.388 < 1$$

$$N_{b,Rd} := \chi_z \cdot A \cdot f_{y,d} = 663.4 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,max}}{N_{b,Rd}} = 0.24 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na maximální ohyb

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr,M}} = 0.654$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.723$$

$$\chi_{LT,M} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 0.854 \stackrel{?}{<} 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 2.338$$

$$\rightarrow \chi_{LT,M} := 0.854$$

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT,M} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = 204.503 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{b,Rd}} = 0.606 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_{y,d}}{\sqrt{3}} = 476.8 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} := V_{pl,Rd} = 476.77 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{c,Rd}} = 0.078 < 0.5 < 1$$

vyhovuje

$\rightarrow$  lze zanedbat vliv posouvací síly na únosnost v ohybu

## Posouzení na kombinaci ohybu a tlaku

$$M_{cr.N} = 366.15 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl.y} = (1.019 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT.0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.49$$

(křivka klopení c)

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$A = 7273 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{cr.y} = 1871 \text{ kN}$$

$$\alpha_y := 0.21 \quad (\text{křivka a})$$

$$A = 7273 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl.y} = (1.019 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\lambda_y = 0.956$$

$$N_{Ed.1} = 159.13 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.696$$

$$N_{Rk} = 1709.155 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$\lambda_z = 1.385$$

$$N_{Ed.1} = 159.13 \text{ kN}$$

$$\chi_z = 0.388$$

$$N_{Rk} = 1709.155 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$N_{Ed.1} = 159.13 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.1} = 75.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} = 1709.155 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} = 239.465 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_z = 0.388$$

$$\chi_y = 0.696$$

$$\chi_{LT.1} = 0.854$$

### Dopočet $\chi_{LT.N}$

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{M_{cr.N}} = 0.654$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT.0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.723$$

$$\chi_{LT.N} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 0.854 \quad ? < 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 2.338$$

$$\rightarrow \chi_{LT.N} := 0.854$$

### Dopočet $\chi_y$

$$\lambda_y := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.y}}} = 0.956$$

$$\phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2) = 1.036$$

$$\chi_y := \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0.696 < 1$$

### Vstupní hodnoty

$$N_{Ed.1} := N_{Ed.max} = 159.13 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.2} := N_{Ed.M} = 124.22 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 1709.155 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.696 \quad \chi_z = 0.388$$

$$\lambda_y = 0.956 \quad \lambda_z = 1.385$$

$$M_{y.Ed.1} := M_{y.Ed.N} = 75.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Ed.2} := M_{y.Ed.max} = 124.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 239.47 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_{LT.1} := \chi_{LT.N} = 0.854$$

$$\chi_{LT.2} := \chi_{LT.M} = 0.854$$

### Posudek 1

$$C_{my} := 0.95$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 1.046 \quad ? < C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 1.052$$

$$\rightarrow k_{yy.1} := 1.046$$

$$C_{mLT} := 1$$

$$\lambda_z = 1.385 > 0.4$$

$$1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_z}{(C_{mLT} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} = 0.956 \quad ? < 1 - \frac{0.1}{(C_{mLT} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} = 0.968$$

$$\rightarrow k_{zy.1} := 0.956$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.518 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.1} \cdot \frac{M_{y.Ed.1}}{\chi_{LT.1} \cdot M_{y.Rk}} = 0.591 < 1$$

vyhovuje



$$\lambda_y = 0.956$$

$$N_{Ed.2} = 124.22 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.696$$

$$N_{Rk} = 1709.155 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$\lambda_z = 1.385$$

$$N_{Ed.2} = 124.22 \text{ kN}$$

$$\chi_z = 0.388$$

$$N_{Rk} = 1709.155 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$N_{Ed.2} = 124.22 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed.2} = 124.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} = 1709.155 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rk} = 239.465 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_z = 0.388$$

$$\chi_y = 0.696$$

$$\chi_{LT.1} = 0.854$$

## Posudek 2

$$C_{my} := 0.95$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 1.025 \stackrel{?}{<} C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 1.029$$

$$\rightarrow k_{yy.2} := 1.025$$

$$C_{mLT} := 1$$

$$\lambda_z = 1.385 > 0.4$$

$$1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_z}{(C_{mLT} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} = 0.965 \stackrel{?}{<} 1 - \frac{0.1}{(C_{mLT} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed.2}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} = 0.975$$

$$\rightarrow k_{zy.2} := 0.965$$

$$\frac{N_{Ed.2}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\chi_{LT.2} \cdot M_{y.Rk}} = 0.726 < 1$$

$$\frac{N_{Ed.2}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy.2} \cdot \frac{M_{y.Ed.2}}{\chi_{LT.2} \cdot M_{y.Rk}} = 0.772 < 1$$

vyhovuje

## Posouzení štíhlosti prutu

$$\lambda_{i.y} := \frac{L_{cr.y}}{i_y} = 89.5 < 180$$

$$\lambda_{i.z} := \frac{L_{cr.z}}{i_z} = 129.95 < 180$$

vyhovuje

## Posouzení průhybu

$$l = 13.425 \text{ m}$$

$$w_{scia} := 44.4 \text{ mm} < \frac{l}{300} = 45 \text{ mm}$$

vyhovuje

NÁVRH: profil IPE360

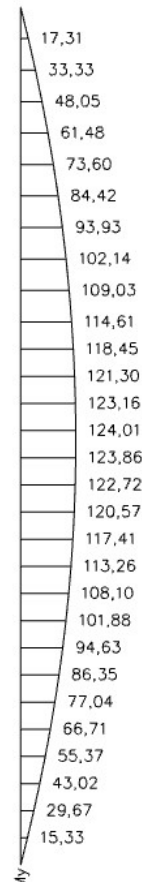
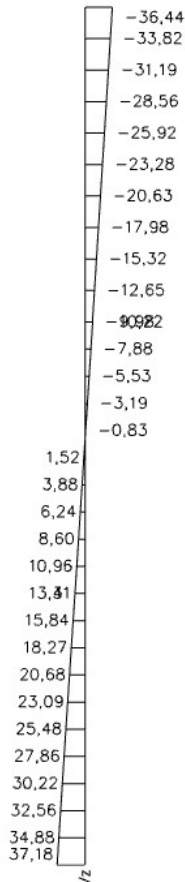
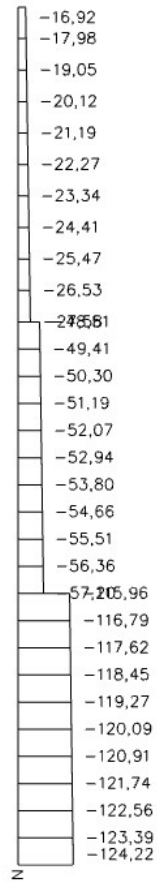
Výstupy ze SCIA

NK\_MSÚ\_vítr\_A19 - LZL

N [kN]

V<sub>z</sub> [kN]

M<sub>y</sub> [kNm]



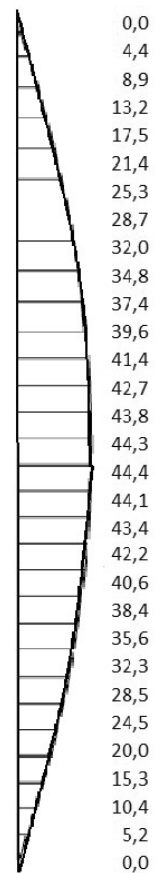
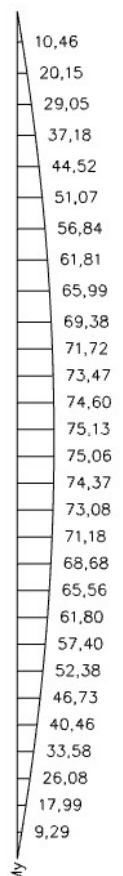
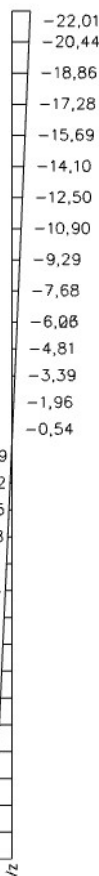
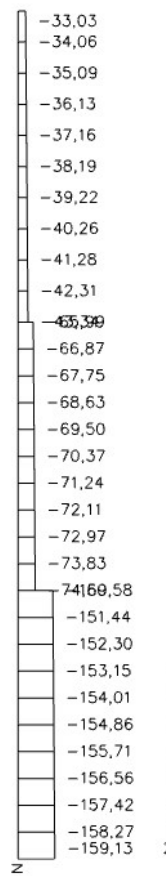
NK\_MSÚ\_teplota\_A24 - LZL

N [kN]

V<sub>z</sub> [kN]

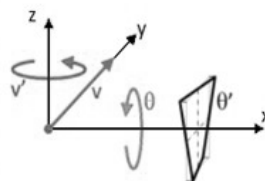
M<sub>y</sub> [kNm]

Maximální relativní deformace u<sub>z</sub> [mm]



## Výstupy z LTBeamN

| <b>LTBeamN</b>           |                      |           |              |   |          |      |           |
|--------------------------|----------------------|-----------|--------------|---|----------|------|-----------|
| v 1.0.1                  |                      |           |              |   |          |      |           |
| <b>Vstupní data</b>      |                      |           |              |   |          |      |           |
| Délka                    | 13425 mm             |           |              |   |          |      |           |
| Profil                   | IPE 360              |           |              |   |          |      |           |
| <b>Okrajové podmínky</b> |                      |           |              |   |          |      |           |
| Typ                      | $x_1$ [m]            | $x_2$ [m] | Poloha       | v | $\theta$ | $v'$ | $\theta'$ |
| spojitá                  | 0                    | 13,425    | vnější hrana | X | -        | -    | -         |
| bodová                   | 0                    | 0         | osa          | X | X        | -    | -         |
| bodová                   | 4,25                 | 4,25      | osa          | X | -        | -    | -         |
| bodová                   | 8,5                  | 8,5       | osa          | X | -        | -    | -         |
| bodová                   | 13,425               | 13,425    | osa          | X | X        | -    | -         |
| <b>Legenda</b>           |                      |           |              |   |          |      |           |
| $x_1$                    | počátek podmínky     |           |              |   |          |      |           |
| $x_2$                    | konec podmínky       |           |              |   |          |      |           |
| v                        | posun ve směru osy y |           |              |   |          |      |           |
| $\theta$                 | natočení kolem osy x |           |              |   |          |      |           |
| $v'$                     | natočení kolem osy z |           |              |   |          |      |           |
| $\theta'$                | deplanace průřezu    |           |              |   |          |      |           |
| X                        | zamezeno/drženo      |           |              |   |          |      |           |
| -                        | nezamezeno/nedrženo  |           |              |   |          |      |           |



| <b>LTBeamN</b>  |                           |                             |
|---|---------------------------|-----------------------------|
| v 1.0.1   |                           |                             |
| <b>Kombinace</b>  | NK_MSÚ_teploata_A24 - LZL |                             |
| <b>Vypočítané hodnoty</b>                                     |                           |                             |
| $\mu_{cr}$  | 4,884                     | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 366,15 kNm                | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                           |                             |
| Posun ve směru osy y  |                           |                             |
|   |                           |                             |
| Natočení kolem osy z  |                           |                             |
|   |                           |                             |
| Natočení kolem osy x  |                           |                             |
|   |                           |                             |
| Deplanace průřezu   |                           |                             |
|   |                           |                             |
| <b>Poznámka</b>   |                           |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                           |                             |

# LTBeamN

v 1.0.1

**Kombinace** NK\_MSÚ\_vítr\_B9 - LL

## Vypočtené hodnoty

|            |            |                             |
|------------|------------|-----------------------------|
| $\mu_{cr}$ | 2,958      | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$   | 366,12 kNm | kritický moment             |

## Grafické výstupy

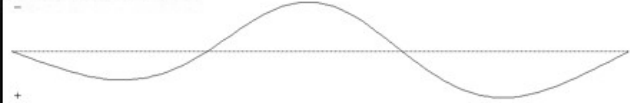
Posun ve směru osy y



Natočení kolem osy z



Natočení kolem osy x



Deplanace



## Poznámka

Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení.

## 2.5.6. NÁVRH A POSOUZENÍ SLOUPU POD ROVNOU ČÁSTÍ - KRAJNÍ VAZBA

$$l := 8.5 \text{ m}$$

### Materiál

ocel S235

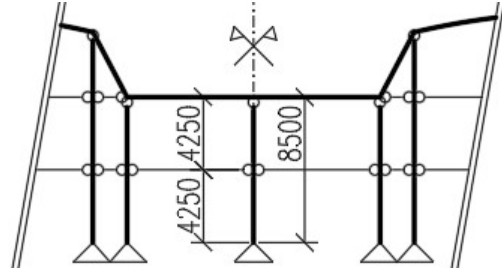
$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

### Schéma



### Průřez

IPE270

$$A := 4595 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} := 428.9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$h := 270 \text{ mm}$$

$$A_{v,z} := 2214 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 5790 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$b := 135 \text{ mm}$$

$$t_w := 6.6 \text{ mm}$$

$$I_z := 419.9 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$r := 15 \text{ mm}$$

$$t_f := 10.2 \text{ mm}$$

$$i_y := 112 \text{ mm}$$

$$i_z := 30.2 \text{ mm}$$

### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

### Vstupní hodnoty vnitřních sil a kritických momentů

NK\_MSÚ\_teplota\_B5 - LP

$$N_{Ed,max} := 150.12 \text{ kN (tlak)} \quad (\text{kombinace nevyvolává moment})$$

NK\_MSÚ\_vítr\_B10 - PP

$$V_{Ed,max} := 24.85 \text{ kN}$$

NK\_MSÚ\_vítr\_A14 - PZ

$$M_{y,Ed,max.1} := 38.85 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{Ed,M} := 43.51 \text{ kN (tlak)}$$

$$M_{cr,M} := 148.04 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kritický moment, LTbeamN})$$

NK\_MSÚ\_vítr\_B10 - PP

$$M_{y,Ed,max.2} := 52.59 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad N_{Ed,M} := 25.43 \text{ kN (tah)}$$

(tlačená pásnice držena pláštěm → nedojde ke klopení)

### Klasifikace průřezů

#### Pásnice

$$b = 135 \text{ mm}$$

$$t_w = 6.6 \text{ mm}$$

$$r = 15 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := \frac{b - t_w - 2 \cdot r}{2} = 49.2 \text{ mm} \quad t := t_f = 10.2 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 4.8 < 9 \varepsilon = 9 \rightarrow \text{tlačená část: třída 1}$$

#### Stojna

$$h = 270 \text{ mm}$$

$$t_f = 10.2 \text{ mm}$$

$$r = 15 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$c := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 219.6 \text{ mm} \quad t := t_w = 6.6 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t} = 33.3 < 72 \varepsilon = 72 \rightarrow \text{ohýbaná část: třída 1}$$

$$\frac{c}{t} = 33.3 < 38 \varepsilon = 38 \rightarrow \text{tlačená část: třída 2}$$

$$N_{Ed,max} = 150.12 \text{ kN}$$

$$t_w = 6.6 \text{ mm}$$

$$z := \frac{N_{Ed,max}}{t_w \cdot f_{y,d}} = 96.8 \text{ mm}$$

$$0.5 < \alpha := \frac{c+z}{2c} = 0.72 < 1$$

$$c = 219.6 \text{ mm}$$

$$t = 6.6 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \quad (\text{S235})$$

$$\frac{c}{t} = 33.3 < \frac{396 \varepsilon}{13 \alpha - 1} = 47.3 \rightarrow \text{tlačená a ohýbaná část: třída 1}$$

$$l = 8.5 \text{ m}$$

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

$$I_y = (5.79 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$$

$$I_z = (4.199 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$A = 4595 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha_z = 0.34 \quad (\text{křivka b})$$

$$A = 4595 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed,max} = 150.12 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 370.7 \text{ kN}$$

$$M_{cr,M} = 148.04 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl,y} = (428.9 \cdot 10^3) \text{ mm}^3$$

$$\lambda_{LT,0} = 0.4$$

$$\beta = 0.75$$

$$\alpha_{LT} = 0.49$$

$$(\text{křivka klopení c})$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl,y} = (428.9 \cdot 10^3) \text{ mm}^3$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Ed,max,1} = 38.85 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y,Ed,max,2} = 52.59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_{v,z} = 2214 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed,max} = 24.85 \text{ kN}$$

### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr,y} := l = 8.5 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := \frac{l}{2} = 4.25 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = 1660.962 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = 481.822 \text{ kN} < N_{cr,y} = 1660.962 \text{ kN}$$

$$\rightarrow N_{cr,z} = 481.822 \text{ kN} \quad (\text{rozhodující kritická síla})$$

$$\lambda_z := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 1.497$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 1.841$$

$$\chi_z := \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = 0.343 < 1$$

$$N_{b,Rd} := \chi_z \cdot A \cdot f_{y,d} = 370.7 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,max}}{N_{b,Rd}} = 0.405 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na maximální ohyb

$$\lambda_{LT} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr,M}} = 0.681$$

$$\phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2) = 0.743$$

$$\chi_{LT,M} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 0.837 \quad ? < 1 < \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 2.157$$

$$\rightarrow \chi_{LT,M} := 0.837$$

$$M_{b,Rd,1} := \chi_{LT,M} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = 84.362 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max,1}}{M_{b,Rd,1}} = 0.461 < 1$$

vyhovuje

$$M_{b,Rd,2} := W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = 100.792 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max,2}}{M_{b,Rd,2}} = 0.522 < 1$$

vyhovuje

### Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_{y,d}}{\sqrt{3}} = 300.4 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} := V_{pl,Rd} = 300.39 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{c,Rd}} = 0.083 < 0.5 < 1$$

vyhovuje

→ lze zanedbat vliv posouvací síly na únosnost v ohybu

$$A = (4.595 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{cr,y} = 1661 \text{ kN}$$

$$\alpha_y = 0.21 \quad (\text{křivka a})$$

$$A = 4595 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$W_{pl,y} = (4.289 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$\lambda_y = 0.806$$

$$N_{Ed,1} = 25.43 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.792$$

$$N_{Rk} = 1079.825 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$\lambda_z = 1.497$$

$$N_{Ed,1} = 25.43 \text{ kN}$$

$$\chi_z = 0.343$$

$$N_{Rk} = 1079.825 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

$$N_{Ed,1} = 25.43 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed,1} = 38.85 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rk} = 1079.825 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 100.792 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_z = 0.343$$

$$\chi_y = 0.792$$

$$\chi_{LT,1} = 0.837$$

$$l = 8.5 \text{ m}$$

## Posouzení na kombinaci ohybu a tlaku

Dopočet  $\chi_y$

$$\lambda_y := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = 0.806$$

$$\phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2) = 0.889$$

$$\chi_y := \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = 0.792 < 1$$

Vstupní hodnoty

$$N_{Ed,1} := N_{Ed,M} = 25.43 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 1079.825 \text{ kN}$$

$$\chi_y = 0.792 \quad \chi_z = 0.343$$

$$\lambda_y = 0.806 \quad \lambda_z = 1.497$$

$$M_{y,Ed,1} := M_{y,Ed,max,1} = 38.85 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y,Rk} := W_{pl,y} \cdot f_y = 100.79 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_{LT,1} := \chi_{LT,M} = 0.837$$

Posudek

$$C_{my} := 0.95$$

$$C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.967 \stackrel{?}{<} C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) = 0.973$$

$$\rightarrow k_{yy,1} := 0.967$$

$$C_{mLT} := 1$$

$$\lambda_z = 1.497 > 0.4$$

$$1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_z}{(C_{mLT} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} = 0.986 \stackrel{?}{<} 1 - \frac{0.1}{(C_{mLT} - 0.25)} \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} = 0.991$$

$$\rightarrow k_{zy,1} := 0.986$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy,1} \cdot \frac{M_{y,Ed,1}}{\chi_{LT,1} \cdot M_{y,Rk}} = 0.475 < 1$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy,1} \cdot \frac{M_{y,Ed,1}}{\chi_{LT,1} \cdot M_{y,Rk}} = 0.523 < 1$$

vyhovuje

Posouzení štíhlosti prutu

$$\lambda_{i,y} := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 75.89 < 180$$

$$\lambda_{i,z} := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 140.73 < 180$$

vyhovuje

Posouzení průhybu

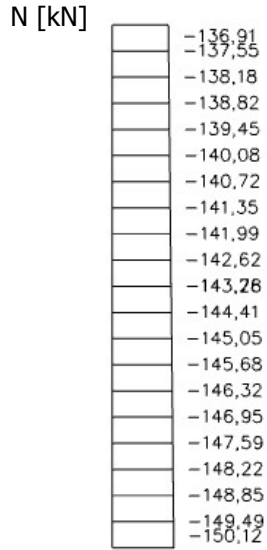
$$w_{sclia} := 23.6 \text{ mm} < \frac{l}{300} = 28 \text{ mm}$$

vyhovuje

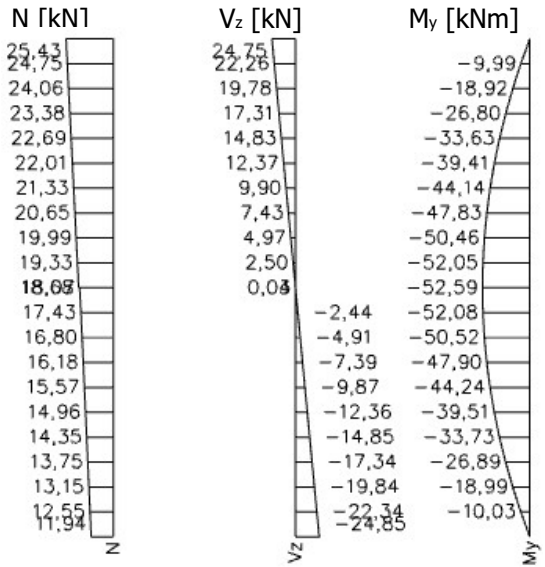
NÁVRH: profil IPE270

Výstupy ze SCIA

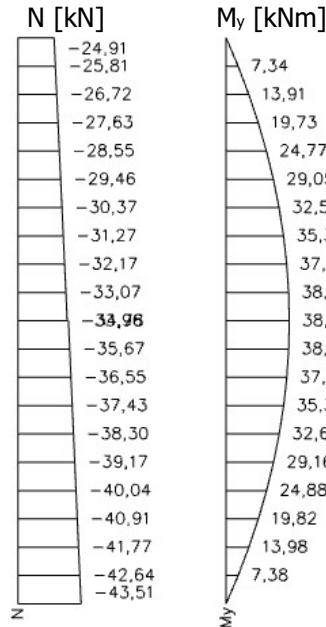
NK\_MSÚ\_teplota\_B5 - LP



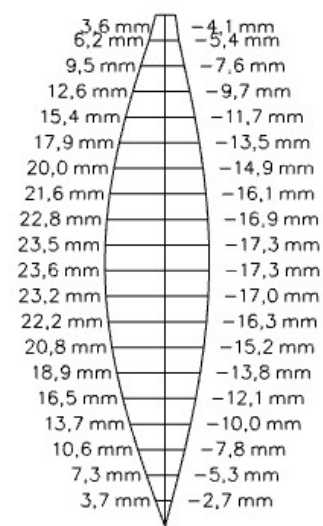
NK\_MSÚ\_vítr\_B10 - PP



NK\_MSÚ\_vítr\_A14 - PZ



Obálka celkových deformací uz





## Výstupy z LTBeamN

| <b>LTBeamN</b>           |                      |           |              |   |          |      |           |
|--------------------------|----------------------|-----------|--------------|---|----------|------|-----------|
| v 1.0.1                  |                      |           |              |   |          |      |           |
| <b>Vstupní data</b>      |                      |           |              |   |          |      |           |
| Délka                    | 8500 mm              |           |              |   |          |      |           |
| Profil                   | IPE 270              |           |              |   |          |      |           |
| <b>Okrajové podmínky</b> |                      |           |              |   |          |      |           |
| Typ                      | $x_1$ [m]            | $x_2$ [m] | Poloha       | v | $\theta$ | $v'$ | $\theta'$ |
| spojitá                  | 0                    | 8,5       | vnější hrana | X | -        | -    | -         |
| bodová                   | 0                    | 0         | osa          | X | X        | -    | -         |
| bodová                   | 4,25                 | 4,25      | osa          | X | -        | -    | -         |
| bodová                   | 8,5                  | 8,5       | osa          | X | X        | -    | -         |
| <b>Legenda</b>           |                      |           |              |   |          |      |           |
| $x_1$                    | počátek podmínky     |           |              |   |          |      |           |
| $x_2$                    | konec podmínky       |           |              |   |          |      |           |
| v                        | posun ve směru osy y |           |              |   |          |      |           |
| $\theta$                 | natočení kolem osy x |           |              |   |          |      |           |
| $v'$                     | natočení kolem osy z |           |              |   |          |      |           |
| $\theta'$                | deplanace průřezu    |           |              |   |          |      |           |
| X                        | zamezeno/drženo      |           |              |   |          |      |           |
| -                        | nezamezeno/nedrženo  |           |              |   |          |      |           |

| <b>LTBeamN</b>  |                             |                             |
|---|-----------------------------|-----------------------------|
| v 1.0.1   |                             |                             |
| <b>Kombinace</b>  | <b>NK_MSÚ_vítr_A14 - PZ</b> |                             |
| <b>Vypočítané hodnoty</b>                                     |                             |                             |
| $\mu_{cr}$  | 3,811                       | bezrozměrný kritický moment |
| $M_{cr}$  | 148,04 kNm                  | kritický moment             |
| <b>Grafické výstupy</b>                                       |                             |                             |
| Posun ve směru osy y  |                             |                             |
|   |                             |                             |
| Natočení kolem osy z  |                             |                             |
|   |                             |                             |
| Natočení kolem osy x  |                             |                             |
|   |                             |                             |
| Deplanace průřezu   |                             |                             |
|   |                             |                             |
| <b>Poznámka</b>   |                             |                             |
| Zadaný průběh momentu je vykreslen u dané kombinace zatížení. |                             |                             |

## 2.5.7. NÁVRH A POSOUZENÍ ZTUŽUJÍCÍCH PRVKŮ - KRAJNÍ VAZBA

### Materiál

ocel S235

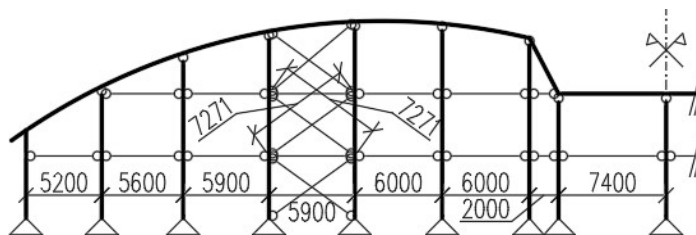
$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{m,0} := 1$$

### Schéma



### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{m,0}} = 235 \text{ MPa}$$

### DIAGONÁLY

$$l_d := 7271 \text{ mm}$$

#### Průřez

$$\text{TR } 139.7 \times 4$$

$$d := 139.7 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \text{ (ocel S235)}$$

$$t := 4 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = 34.925 < 50 \varepsilon^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

#### Průřezové charakteristiky

$$A := \pi \cdot t \cdot (d - t) = 1705 \text{ mm}^2$$

$$I := \frac{\pi}{4} \cdot \left( \left( \frac{d}{2} \right)^4 - \left( \frac{d-t}{2} \right)^4 \right) = 3928589 \text{ mm}^4$$

$$i := \sqrt{\frac{I}{A}} = 48 \text{ mm}$$

#### Maximální vnitřní síly ze SCIA

$$N_{c.Ed} := 104.37 \text{ kN}$$

$$N_{t.Ed} := 78.87 \text{ kN}$$

NK\_MSÚ\_teplota\_B6

NK\_MSÚ\_teplota\_A21

#### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr} := l_d = 7.271 \text{ m}$$

$$N_{cr} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{L_{cr}^2} = 154.017 \text{ kN}$$

$$l_d = 7271 \text{ mm}$$

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

$$I = (3.929 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$A = 1705 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha := 0.49 \text{ (křivka c)}$$

(tvarované za studena)

$$\lambda := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = 1.613$$

$$\phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda - 0.2) + \lambda^2) = 2.147$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = 0.281 < 1$$

$$A = 1705 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{b,Rd} := \chi \cdot A \cdot f_{y,d} = 112.43 \text{ kN}$$

$$N_{c.Ed} = 104.37 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c.Ed}}{N_{b,Rd}} = 0.928 < 1$$

vyhovuje

#### Posouzení na maximální tah

$$A = 1705 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{pl,Rd} := A \cdot f_{y,d} = 400.735 \text{ kN}$$

$$N_{t.Ed} = 78.87 \text{ kN}$$

$$N_{pl.Rd} = 400.735 \text{ kN}$$

$$L_{cr} = 7271 \text{ mm}$$

$$i = 48 \text{ mm}$$

NK\_MSÚ\_vítr\_B11  
NK\_MSÚ\_teplo\_B6

$$l_v = 7400 \text{ mm}$$

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

$$I = (9.634 \cdot 10^5) \text{ mm}^4$$

$$A = 1067 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 0.49 \text{ (křivka c)}$$

$$\text{(tvarované za studena)}$$

$$A = 1067 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{c.Ed} = 27.43 \text{ kN}$$

$$A = 1067 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{t.Ed} = 31.7 \text{ kN}$$

$$l_v = 7400 \text{ mm}$$

$$i = 30.05 \text{ mm}$$

$$\frac{N_{t.Ed}}{N_{pl.Rd}} = 0.197 < 1$$

vyhovuje

#### Posouzení štíhlosti prutu

$$\lambda_i := \frac{L_{cr}}{i} = 151.49 < 250$$

vyhovuje

NÁVRH: diagonála TR 139.7x4

#### VZPĚRY

$$l_v := 7400 \text{ mm} \text{ (maximální délka vzpěr)}$$

#### Průřez

$$\text{TR 88.9x4} \quad d := 88.9 \text{ mm}$$

$$\varepsilon := 1 \text{ (ocel S235)} \quad t := 4 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = 22.225 < 50 \varepsilon^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

#### Průřezové charakteristiky

$$A := \pi \cdot t \cdot (d - t) = 1067 \text{ mm}^2$$

$$I := \frac{\pi}{4} \cdot \left( \left( \frac{d}{2} \right)^4 - \left( \frac{d-t}{2} \right)^4 \right) = 963398 \text{ mm}^4$$

$$i := \sqrt{\frac{I}{A}} = 30.05 \text{ mm}$$

#### Maximální vnitřní síly ze SCIA

$$N_{c.Ed} := 27.43 \text{ kN}$$

$$N_{t.Ed} := 31.70 \text{ kN}$$

#### Posouzení na maximální tlak

$$L_{cr,N} := l_v = 7.4 \text{ m}$$

$$N_{cr} := \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{L_{cr,N}^2} = 36.464 \text{ kN}$$

$$\lambda := \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = 2.622$$

$$\phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda - 0.2) + \lambda^2) = 4.531$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = 0.122 < 1$$

$$N_{b.Rd} := \chi \cdot A \cdot f_{y,d} = 30.475 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd}} = 0.9 < 1$$

vyhovuje

#### Posouzení na maximální tah

$$N_{pl.Rd} := A \cdot f_{y,d} = 250.718 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t.Ed}}{N_{pl.Rd}} = 0.126 < 1$$

vyhovuje

#### Posouzení štíhlosti prutu

$$L_{cr,max} := l_v = 7.4 \text{ m}$$

$$\lambda_i := \frac{L_{cr}}{i} = 241.96 < 250$$

vyhovuje

NÁVRH: vzpěra TR 88.9x4

### 3.1. NÁVRH A POSOUZENÍ VETKNUTÉ PATKY

#### Materiály

ocel S235

$$\begin{aligned} f_y &:= 235 \text{ MPa} & \gamma_{M0} &:= 1 \\ f_u &:= 360 \text{ MPa} & \gamma_{M2} &:= 1.25 \\ E &:= 210 \text{ GPa} \end{aligned}$$

beton C16/20

$$\begin{aligned} f_{ck} &:= 16 \text{ MPa} \\ f_{tk} &:= 1.3 \text{ MPa} \\ \gamma_c &:= 1.5 \end{aligned}$$

#### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa} \qquad f_{td} := \frac{f_{tk}}{\gamma_c} = 0.87 \text{ MPa}$$

#### Reakce rozhodujících kombinací v místě vetknuté patky

NK\_MSÚ\_vítr\_B9 - LZL

$$\begin{aligned} M_{Ed,1} &:= 618.16 \text{ kN} \cdot \text{m} & V_{Ed,1} &:= 127.81 \text{ kN} & V_{y,Ed,1} &:= 69.70 \text{ kN} \\ N_{Ed,1} &:= -61.53 \text{ kN} \text{ (tah)} \end{aligned}$$

NK\_MSÚ\_sníh17 - PPL

$$\begin{aligned} M_{Ed,2} &:= 493.14 \text{ kN} \cdot \text{m} & V_{Ed,2} &:= 88.62 \text{ kN} & V_{y,Ed,2} &:= 31.40 \text{ kN} \\ N_{Ed,2} &:= 336.42 \text{ kN} \text{ (tlak)} \end{aligned}$$

#### Geometrie

Ocelová patka

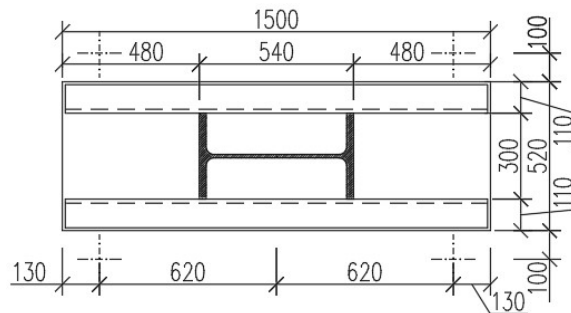
$$\begin{aligned} a &:= 1500 \text{ mm} \\ b &:= 520 \text{ mm} \\ t_p &:= 30 \text{ mm} \\ r_t &:= 620 \text{ mm} \end{aligned}$$

Podlití ocelové patky

$$0.1 \cdot \min(a, b) = 52 \text{ mm} \rightarrow \text{podlití volíme: } t_{\text{podlití}} := 60 \text{ mm}$$

Betonová patka

$$\begin{aligned} a_c &:= 3000 \text{ mm} \\ b_c &:= 3000 \text{ mm} \\ h_c &:= 1000 \text{ mm} \end{aligned}$$



#### Výpočet návrhových sil

Započítatelné rozměry betonové patky

$$a_1 := \min(a_c, 3 \cdot a, a + h_c) = 2500 \text{ mm}$$

$$b_1 := \min(b_c, 3 \cdot b, b + h_c) = 1520 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j := \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = 2.207$$

Návrhová pevnost betonu

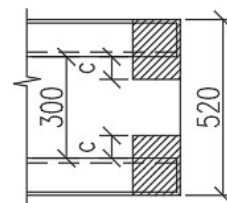
$$f_{jd} := \frac{\beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 15.696 \text{ MPa}$$

Přesah desky

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{y,d}}{3 \cdot f_{jd}}} = 67 \text{ mm}$$

Účinná šířka patního plechu

$$b_{eff} := b - b_H + 2c = 354.04 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned} a &= 1.5 \text{ m} & a_c &= 3 \text{ m} \\ b &= 0.52 \text{ m} & b_c &= 3 \text{ m} \\ & & h_c &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\beta_j := \frac{2}{3}$$

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 16 \text{ MPa} \\ \gamma_c &= 1.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_p &= 30 \text{ mm} \\ f_{y,d} &= 235 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= 520 \text{ mm} \\ b_H &= 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_{Ed,1} = 618.16 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{Ed,1} = -61.53 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,2} = 493.14 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{Ed,2} = 336.42 \text{ kN}$$

$$b_{eff} = 354 \text{ mm}$$

$$f_{jd} = 15.7 \text{ MPa}$$

$$r_t = 620 \text{ mm}$$

$$a = 1500 \text{ mm}$$

$$N_{Ed,1} = -61.53 \text{ kN}$$

$$e_1 = -10.046 \text{ m}$$

$$N_{Ed,2} = 336.42 \text{ kN}$$

$$e_2 = 1.466 \text{ m}$$

Pozn.:  
pouze kořeny dávající smysl

$$b_{eff} = 354 \text{ mm}$$

$$f_{jd} = 15.7 \text{ MPa}$$

$$x_1 = 78.43 \text{ mm}$$

$$x_2 = 95.5 \text{ mm}$$

$$t_p = 30 \text{ mm}$$

$$b = 520 \text{ mm}$$

$$A_p = 15600 \text{ mm}^2$$

$$A_U = 7730 \text{ mm}^2$$

$$t_p = 30 \text{ mm}$$

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

$$A = 31060 \text{ mm}^2$$

$$b = 520 \text{ mm}$$

$$z_T = 109.57 \text{ mm}$$

$$I_{U,y} = (1.284 \cdot 10^4) \text{ mm}^4$$

$$a = 1500 \text{ mm}$$

$$h_H := 540 \text{ mm}$$

$$r_t = 620 \text{ mm}$$

Excentricita působišťe  $N_{Ed}$

$$e_1 := \frac{M_{Ed,1}}{N_{Ed,1}} = -10.046 \text{ m}$$

$$e_2 := \frac{M_{Ed,2}}{N_{Ed,2}} = 1.466 \text{ m}$$

Rovnice pro stanovení délky tlačené oblasti

$$N_{Ed} \cdot (e + r_t) = N_c \cdot \left( r_t + \frac{a}{2} - \frac{x}{2} \right) \quad N_c = b_{eff} \cdot x \cdot f_{jd}$$

$$b_{eff} \cdot f_{jd} \cdot x^2 - b_{eff} \cdot f_{jd} \cdot (2 \cdot r_t + a) \cdot x + 2 \cdot N_{Ed} \cdot (e + r_t) = 0$$

$$a_k \cdot x^2 + b_k \cdot x + c_k = 0$$

Výpočet délky tlačené oblasti přes diskriminant

$$a_k := b_{eff} \cdot f_{jd} = 5557 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$

$$b_k := -b_{eff} \cdot f_{jd} \cdot (2 \cdot r_t + a) = -15226 \text{ kN}$$

$$c_{k,1} := 2 \cdot N_{Ed,1} \cdot (e_1 + r_t) = 1160 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

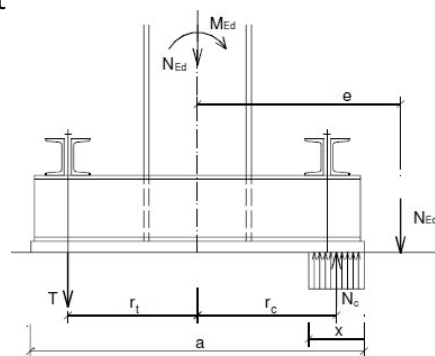
$$c_{k,2} := 2 \cdot N_{Ed,2} \cdot (e_2 + r_t) = 1403 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$D_1 := b_k^2 - 4 \cdot a_k \cdot c_{k,1} = (2.06 \cdot 10^8) \text{ kN}^2$$

$$D_2 := b_k^2 - 4 \cdot a_k \cdot c_{k,2} = (2.006 \cdot 10^8) \text{ kN}^2$$

$$x_1 := \frac{-b_k - \sqrt{D_1}}{2 \cdot a_k} = 78.432 \text{ mm}$$

$$x_2 := \frac{-b_k - \sqrt{D_2}}{2 \cdot a_k} = 95.503 \text{ mm}$$



Síla do kotevních šroubů a betonu

$$N_{c,1} := b_{eff} \cdot x_1 \cdot f_{jd} = 435.842 \text{ kN}$$

$$N_{c,2} := b_{eff} \cdot x_2 \cdot f_{jd} = 530.702 \text{ kN}$$

$$T_1 := N_{c,1} - N_{Ed,1} = 497.372 \text{ kN}$$

$$T_2 := N_{c,2} - N_{Ed,2} = 194.282 \text{ kN}$$

Posouzení průřezu patky

Patní plech - 30 x 520 mm

$$A_p := t_p \cdot b = 15600 \text{ mm}^2$$

Výztuhy 2x U350

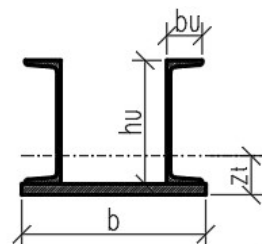
$$A_U := 7730 \text{ mm}^2$$

$$h_U := 350 \text{ mm}$$

$$I_{U,y} := 12840 \text{ mm}^4$$

$$b_U := 100 \text{ mm}$$

$$A_{U,vz} := 5084 \text{ mm}^2$$



Svařený průřez

$$A := A_p + 2 \cdot A_U = 31060 \text{ mm}^2$$

$$z_T := \frac{A_p \cdot \frac{t_p}{2} + 2 \cdot A_U \cdot \left( \frac{h_U}{2} + t_p \right)}{A} = 109.57 \text{ mm}$$

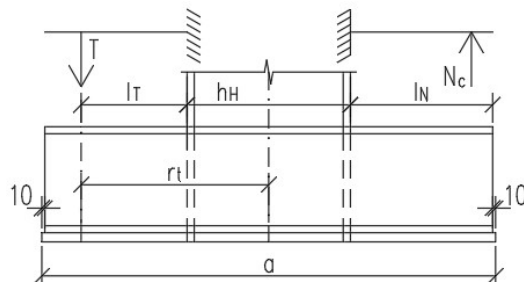
$$I_y := \frac{1}{12} \cdot b \cdot t_p^3 + A_p \cdot \left( z_T - \frac{t_p}{2} \right)^2 + 2 \cdot I_{U,y} + 2 \cdot A_U \cdot \left( \frac{h_U}{2} + t_p - z_T \right)^2$$

$$I_y = (2.815 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

Návrhové síly

$$l_N := \frac{a}{2} - \frac{h_H}{2} - 10 \text{ mm} = 470 \text{ mm}$$

$$l_T := r_t - \frac{h_H}{2} = 350 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned}
N_{c.1} &= 435.84 \text{ kN} \\
N_{c.2} &= 530.7 \text{ kN} \\
l_N &= 470 \text{ mm} \\
x_1 &= 78.432 \text{ mm} \\
x_2 &= 95.503 \text{ mm} \\
T_1 &= 497.37 \text{ kN} \\
T_2 &= 194.28 \text{ kN} \\
l_T &= 350 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_y &= (2.815 \cdot 10^8) \text{ mm}^4 \\
h_U &= 350 \text{ mm} \\
t_p &= 30 \text{ mm} \\
z_T &= 109.57 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{y.d} &= 235 \text{ MPa} \\
M_{max} &= 224.088 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
W_{y.h} &= (1.041 \cdot 10^6) \text{ mm}^3 \\
V_{max} &= 530.7 \text{ kN} \\
A_{U.vz} &= 5084 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$a = 1500 \text{ mm}$$

$$n = 4$$

$$a_{we} = 5 \text{ mm}$$

$$l_{we} = 1480 \text{ mm}$$

$$A_p = 15600 \text{ mm}^2$$

$$z_T = 109.57 \text{ mm}$$

$$t_p = 30 \text{ mm}$$

$$\beta_w = 0.8$$

$$M_{c.1} := N_{c.1} \cdot \left( l_N - \frac{x_1}{2} \right) = 187.75 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad V_{c.1} := N_{c.1} = 435.84 \text{ kN}$$

$$M_{c.2} := N_{c.2} \cdot \left( l_N - \frac{x_2}{2} \right) = 224.09 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad V_{c.2} := N_{c.2} = 530.7 \text{ kN}$$

$$M_{t.1} := T_1 \cdot l_T = 174.08 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad V_{t.1} := T_1 = 497.37 \text{ kN}$$

$$M_{t.2} := T_2 \cdot l_T = 68 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad V_{t.2} := T_2 = 194.28 \text{ kN}$$

$$M_{max} := \max(M_{c.1}, M_{c.2}, M_{t.1}, M_{t.2}) = 224.09 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{max} := \max(V_{c.1}, V_{c.2}, V_{t.1}, V_{t.2}) = 530.7 \text{ kN}$$

Pružný průřezový modul

$$W_{y.h} := \frac{I_y}{h_U + t_p - z_T} = 1041 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \dots \text{ k horním vláknům}$$

$$W_{y.d} := \frac{I_y}{z_T} = 2569 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \dots \text{ k dolním vláknům - nerozhoduje}$$

Maximální napětí

$$\sigma_{h.max} := \frac{M_{max}}{W_{y.h}} = 215.27 \text{ MPa} < f_{y.d} = 235 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\tau_{max} := \frac{V_{max}}{2 \cdot A_{U.vz}} = 52.193 \text{ MPa} < \frac{f_{y.d}}{\sqrt{3}} = 135.677 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\tau_{max} = 52.193 \text{ MPa} < 0.5 \cdot \frac{f_{y.d}}{\sqrt{3}} = 67.839 \text{ MPa}$$

→ není třeba posuzovat na kombinaci M + N

Návrh: patní plech P30 + 2x U350

Připojení podélných výztuh k patnímu plechu

$$\begin{aligned}
N_{Ed.1} &= -61.53 \text{ kN} & N_{Ed.2} &= 336.42 \text{ kN} \\
V_{Ed.1} &= 127.81 \text{ kN} & V_{Ed.2} &= 88.62 \text{ kN} \\
M_{Ed.1} &= 618.16 \text{ kN} \cdot \text{m} & M_{Ed.2} &= 493.14 \text{ kN} \cdot \text{m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_{c.1} &= 435.842 \text{ kN} & V_{c.2} &= 530.702 \text{ kN} \\
V_{t.1} &= 497.372 \text{ kN} & V_{t.2} &= 194.282 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_1 &:= \max(V_{c.1}, V_{t.1}) & V_2 &:= \max(V_{c.2}, V_{t.2}) \\
V_1 &= 497.372 \text{ kN} & V_2 &= 530.702 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Svar

$$a_{we} := 5 \text{ mm}$$

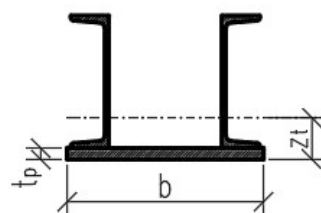
$$l_{we} := a - 20 \text{ mm} = 1480 \text{ mm} \dots \text{ délka jednoho svaru}$$

$$n := 4 \dots \text{ počet svarů}$$

$$A_{we} := n \cdot a_{we} \cdot l_{we} = 29600 \text{ mm}^2$$

$$I_{we} := \frac{1}{12} \cdot n \cdot a_{we} \cdot l_{we}^3 = 5403 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$S_{f.y} := A_p \cdot \left( z_T - \frac{t_p}{2} \right) = (1.475 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$



$$V_{Ed.1} = 127.81 \text{ kN}$$

$$A_{we} = 29600 \text{ mm}^2$$

$$V_1 = 497.37 \text{ kN}$$

$$S_{f.y} = (1.475 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$I_y = (2.815 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

$$n = 4 \quad a_{we} = 5 \text{ mm}$$

$$a = 1500 \text{ mm}$$

$$x_1 = 78.43 \text{ mm}$$

$$N_{Ed.1} = -61.53 \text{ kN}$$

$$M_{Ed.1} = 618.16 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_{we} = (5.403 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$

$$\beta_w = 0.8$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

$$V_{Ed.2} = 88.62 \text{ kN}$$

$$V_2 = 530.7 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.2} = 336.42 \text{ kN}$$

$$M_{Ed.2} = 493.14 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$x_2 = 95.5 \text{ mm}$$

$$V_{Ed.1} = 127.81 \text{ kN}$$

$$A_{we} = 29600 \text{ mm}^2$$

$$a = 1500 \text{ mm}$$

$$x_1 = 78.43 \text{ mm}$$

$$N_{Ed.1} = -61.53 \text{ kN}$$

$$M_{Ed.1} = 618.16 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_{we} = (5.403 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$

$$\beta_w = 0.8$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

$$V_{Ed.2} = 88.62 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.2} = 336.42 \text{ kN}$$

$$M_{Ed.2} = 493.14 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$x_2 = 95.5 \text{ mm}$$

### Řez 1-1 - s vlivem podélného smyku

#### Kombinace 1

$$\tau_{//.1} := \frac{V_{Ed.1}}{A_{we}} + \frac{V_1 \cdot S_{f.y}}{I_y \cdot n \cdot a_{we}} = 134.65 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we.1} := \frac{N_{Ed.1}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed.1}}{I_{we}} \cdot \left( \frac{a}{2} - x_1 \right) = 74.76 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp.1} := \frac{\sigma_{we.1}}{\sqrt{2}} = 52.86 \text{ MPa} \quad \tau_{\perp.1} := \sigma_{\perp.1} = 52.86 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp.1}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp.1}^2 + \tau_{//.1}^2)} = 256.06 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

#### Kombinace 2

$$\tau_{//.2} := \frac{V_{Ed.2}}{A_{we}} + \frac{V_2 \cdot S_{f.y}}{I_y \cdot n \cdot a_{we}} = 142.06 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we.2} := \frac{N_{Ed.2}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed.2}}{I_{we}} \cdot \left( \frac{a}{2} - x_2 \right) = 71.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp.2} := \frac{\sigma_{we.2}}{\sqrt{2}} = 50.28 \text{ MPa} \quad \tau_{\perp.2} := \sigma_{\perp.2} = 50.28 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp.2}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp.2}^2 + \tau_{//.2}^2)} = 265.81 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

vyhovuje

vyhovuje

### Řez 2-2 - s maximálním vlivem momentu

#### Kombinace 1

$$\tau_{//.1} := \frac{V_{Ed.1}}{A_{we}} + 0 = 4.32 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we.1} := \frac{N_{Ed.1}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed.1}}{I_{we}} \cdot \left( \frac{a}{2} - 10 \text{ mm} \right) = 82.59 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp.1} := \frac{\sigma_{we.1}}{\sqrt{2}} = 58.4 \text{ MPa} \quad \tau_{\perp.1} := \sigma_{\perp.1} = 58.4 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp.1}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp.1}^2 + \tau_{//.1}^2)} = 117.03 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

#### Kombinace 2

$$\tau_{//.2} := \frac{V_{Ed.2}}{A_{we}} + 0 = 2.99 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we.2} := \frac{N_{Ed.2}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed.2}}{I_{we}} \cdot \left( \frac{a}{2} - 10 \text{ mm} \right) = 78.91 \text{ MPa}$$

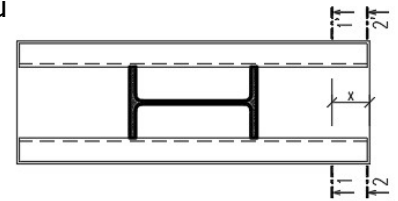
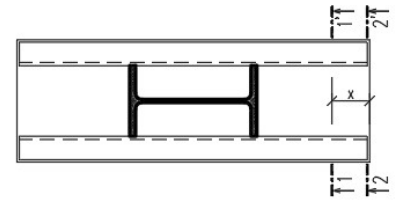
$$\sigma_{\perp.2} := \frac{\sigma_{we.2}}{\sqrt{2}} = 55.8 \text{ MPa} \quad \tau_{\perp.2} := \sigma_{\perp.2} = 55.8 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp.2}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp.2}^2 + \tau_{//.2}^2)} = 111.71 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

vyhovuje

vyhovuje

Návrh: koutový svar  $a_w = 5 \text{ mm}$



$$T_1 = 497.37 \text{ kN}$$

$$T_2 = 194.28 \text{ kN}$$

### Návrh kotevních šroubů

Maximální tah na dvojici kotev

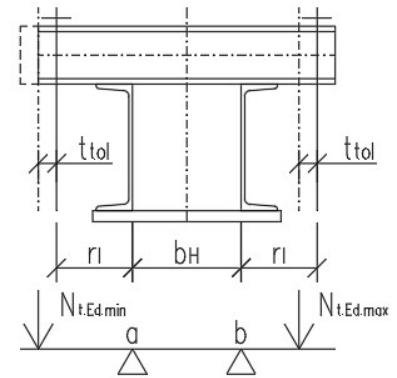
$$T_{max} := \max(T_1, T_2) = 497.372 \text{ kN}$$

$$T_n := \frac{T_{max}}{2} = 248.686 \text{ kN}$$

Tah na jednu kotvu

$$r_l := 210 \text{ mm}$$

$$t_{tol} := 50 \text{ mm} \quad \text{.. tolerance při provádění}$$

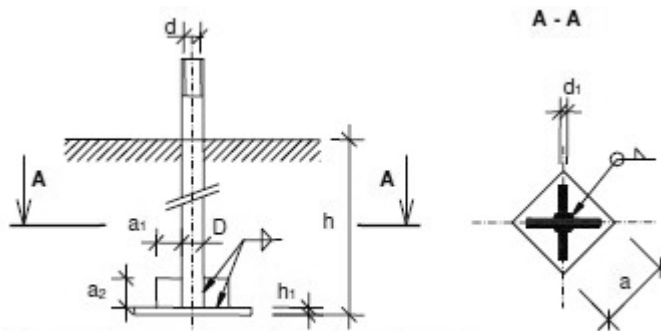


$$b_H = 300 \text{ mm}$$

$$N_{t.Ed.max} := \frac{T_n \cdot (r_l + t_{tol}) + T_n \cdot (r_l + t_{tol} + b_H)}{2 \cdot r_l + b_H} = 283.226 \text{ kN}$$

$$N_{t.Ed.min} := T_{max} - N_{t.Ed.max} = 214.146 \text{ kN}$$

Únosnost kotevního šroubu s kotevní hlavou



Obr. 1.47 Zabetonované šrouby s kotevní hlavou

Tab. 1.32 Zabetonované šrouby s kotevní hlavou - ocel S235, beton třídy C12/15

| Šroub   | Průměr | Návrhová             | Min.   | Kotevní hlava |         |        |                     |                     |
|---------|--------|----------------------|--------|---------------|---------|--------|---------------------|---------------------|
|         | dříku  |                      |        | únosnost      | hloubka | a [mm] | h <sub>1</sub> [mm] | a <sub>1</sub> [mm] |
|         | D [mm] | F <sub>Rd</sub> [kN] | h [mm] |               |         |        |                     |                     |
| M 30    | 32     | 123.60               | 340    | 95            | 10      | 40     | 50                  | 6                   |
| M 36x3  | 40     | 190.58               | 420    | 115           | 12      | 40     | 50                  | 8                   |
| M 42x3  | 45     | 250.95               | 490    | 135           | 15      | 40     | 50                  |                     |
| M 48x3  | 50     | 333.77               | 590    | 155           | 15      | 50     | 60                  |                     |
| M 56x4  | 60     | 446.13               | 650    | 180           | 20      | 60     | 70                  |                     |
| M 64x4  | 70     | 593.24               | 740    | 200           | 20      | 70     | 80                  |                     |
| M 72x4  | 80     | 761.16               | 840    | 230           | 25      | 90     | 110                 |                     |
| M 80x4  | 90     | 950.10               | 930    | 255           | 30      | 90     | 110                 | 10                  |
| M 90x4  | 100    | 1215.61              | 1070   | 290           | 30      | 110    | 130                 |                     |
| M 100x4 | 110    | 1514.00              | 1210   | 320           | 35      | 120    | 140                 |                     |

Pro skupinu nebo řadu šroubů je třeba hloubku kotvení zvětšit.

$$\text{Hloubka zabetonování v tab. 1.32 byla vypočtena ze vztahu } h \geq \frac{0,2F}{\pi D f_{td}}$$

Posouzení jednoho šroubu M48x3

$$D := 50 \text{ mm}$$

$$F_{Rd.1} := 333.77 \text{ kN} > N_{t.Ed.max} = 283.23 \text{ kN}$$

vyhovuje

Hloubka kotvení

Tabulka stanovená pro nižší třídu betonu

→ lze snížit minimální hloubku kotvení

$$f_{td} = 0.87 \text{ MPa}$$

$$h_{min} := \frac{0.2 \cdot F_{Rd.1}}{\pi \cdot D \cdot f_{td}} = 490.3 \text{ mm} \rightarrow h := 550 \text{ mm}$$



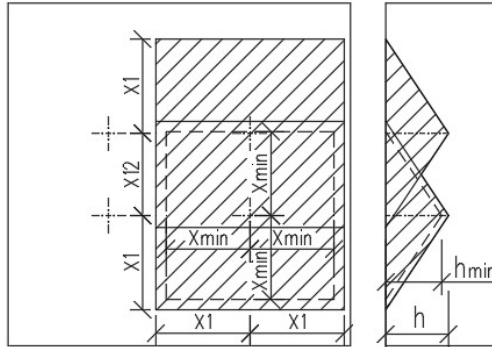
$$h_{min} = 490.3 \text{ mm}$$

### Zjednodušené ověření vzájemného vlivu kotev

Minimální plocha základny jehlanu vzniklého předpokládaným vytržením betonu pro jednu kotvu

$$x_{min} := 1.5 h_{min} = 735.5 \text{ mm}$$

$$A_{F.Rd.min} := (2 x_{min})^2 = 2163980 \text{ mm}^2$$



$$h = 550 \text{ mm}$$

$$r_l = 210 \text{ mm}$$

$$b_H = 300 \text{ mm}$$

Plocha bránící vytržení betonu dvojicí kotev

$$x_1 := 1.5 h = 825 \text{ mm}$$

$$x_{12} := 2 \cdot r_l + b_H = 720 \text{ mm}$$

$$A_{F.Rd.12} := (x_1 + x_{12} + x_1) \cdot 2 x_1 = 3910500 \text{ mm}^2$$

Únosnost kotvy na  $m^2$  plochy bránící vytržení betonu

$$F_{Rd.1} = 333.77 \text{ kN}$$

$$A_{F.Rd.min} = 2.164 \text{ m}^2$$

$$f_1 := \frac{F_{Rd.1}}{A_{F.Rd.min}} = 154.24 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Únosnost dvojice kotev v tahu

$$f_1 = 154.24 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$A_{F.Rd.12} = 3910500 \text{ mm}^2$$

$$F_{Rd.12} := f_1 \cdot A_{F.Rd.12} = 603.152 \text{ kN}$$

$$F_{Rd.12} = 603.152 \text{ kN} > T_{max} = 497.37 \text{ kN}$$

(rezerva 100 kN z důvodu zjednodušeného postupu) **vyhovuje**

**Návrh: 4x kotevní šroub M48x3 S235**

- kotevní hlava 155x155x15 mm, výztuhy 50x60x8 mm

- hloubka zabetonování 550 mm

### Kotevní příčník

Návrhové síly

$$M_{a.d} := N_{t.Ed.min} \cdot (r_l + t_{tol}) = 55.678 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{a.d} := N_{t.Ed.min} = 214.146 \text{ kN}$$

$$M_{b.d} := N_{t.Ed.max} \cdot (r_l - t_{tol}) = 45.316 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

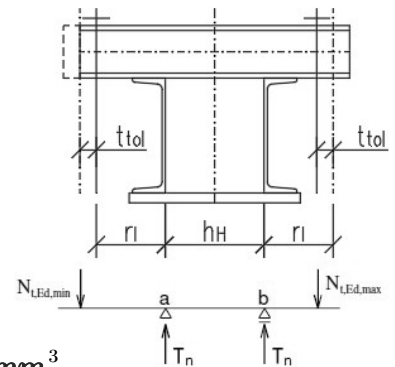
$$V_{b.d} := N_{t.Ed.max} = 283.226 \text{ kN}$$

$$N_{t.Ed.min} = 214.15 \text{ kN}$$

$$N_{t.Ed.max} = 283.23 \text{ kN}$$

$$r_l = 210 \text{ mm}$$

$$t_{tol} = 50 \text{ mm}$$



Průřez: 2x U 160

$$W_{2U.pl.y} := 2 \cdot 138 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 = (2.76 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$A_{2U.v.z} := 2 \cdot 1260 \cdot \text{mm}^2 = 2520 \text{ mm}^2$$

$$t_{2U.w} := 2 \cdot 7.5 \text{ mm} = 15 \text{ mm}$$

třída průřezu 1

Posouzení na smyk

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{2U.v.z} \cdot f_{y.d}}{\sqrt{3}} = 341.907 \text{ kN}$$

$$V_{max.d} := \max(V_{a.d}, V_{b.d}) = 283.226 \text{ kN}$$

$$A_{2U.v.z} = 2520 \text{ mm}^2$$

$$f_{y.d} = 235 \text{ MPa}$$

$$V_{a.d} = 214.15 \text{ kN}$$

$$V_{b.d} = 283.23 \text{ kN}$$

$$0.5 < \frac{V_{max.d}}{V_{pl.Rd}} = 0.828 < 1$$

vyhovuje, velký smyk

→ posouzení na kombinaci M+V

$$V_{a.d} = 214.15 \text{ kN}$$

$$V_{pl.Rd} = 341.91 \text{ kN}$$

$$W_{2U.pl.y} = (2.76 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$A_{2U.v.z} = 2520 \text{ mm}^2$$

$$t_{2U.w} = 15 \text{ mm}$$

$$V_{b.d} = 283.23 \text{ kN}$$

$$M_{a.d} = 55.68 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{a.V.Rd} = 63.27 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{b.d} = 45.32 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{b.V.Rd} = 54.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed.1} = 127.81 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.2} = 88.62 \text{ kN}$$

$$V_{z.Ed.max} = 127.81 \text{ kN}$$

$$b_{sz} = 120 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 16 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1.5$$

$$A_{sz.v.z} = 1096 \text{ mm}^2$$

$$f_{y.d} = 235 \text{ MPa}$$

$$A_{sz.v.y} = 2640 \text{ mm}^2$$

$$V_{z.Ed.max} = 127.81 \text{ kN}$$

$$V_{z.pl.Rd} = 148.702 \text{ kN}$$

$$V_{y.Ed.max} = 69.7 \text{ kN}$$

$$V_{y.pl.Rd} = 358.188 \text{ kN}$$

Posouzení na kombinaci M+V

$$\rho_a := \left( \frac{2 \cdot V_{a.d}}{V_{pl.Rd}} - 1 \right)^2 = 0.064$$

$$M_{a.V.Rd} := \left( W_{2U.pl.y} - \frac{\rho_a \cdot A_{2U.v.z}^2}{4 \cdot t_{2U.w}} \right) \cdot f_{y.d} = 63.272 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\rho_b := \left( \frac{2 \cdot V_{b.d}}{V_{pl.Rd}} - 1 \right)^2 = 0.431$$

$$M_{b.V.Rd} := \left( W_{2U.pl.y} - \frac{\rho_b \cdot A_{2U.v.z}^2}{4 \cdot t_{2U.w}} \right) \cdot f_{y.d} = 54.132 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{a.d}}{M_{a.V.Rd}} = 0.88 < 1$$

$$\frac{M_{b.d}}{M_{b.V.Rd}} = 0.837 < 1 \quad \text{vyhovuje}$$

Návrh: 2x U160

Návrh smykové zarážky

Návrhová síla

$$V_{z.Ed.max} := \max(V_{Ed.1}, V_{Ed.2}) = 127.81 \text{ kN}$$

$$V_{y.Ed.max} := \max(V_{y.Ed.1}, V_{y.Ed.2}) = 69.7 \text{ kN}$$

Průřez: HEB 120

$$h_{sz} := 120 \text{ mm} \quad t_{sz.w} := 6.5 \text{ mm} \quad r_{sz} := 12 \text{ mm}$$

$$b_{sz} := 120 \text{ mm} \quad t_{sz.f} := 11 \text{ mm} \quad d_{sz} := 74 \text{ mm}$$

$$A_{sz.v.z} := 1096 \text{ mm}^2 \quad W_{sz.pl.y} := 165.2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{sz.v.y} := 2 \cdot b_{sz} \cdot t_{sz.f} = 2640 \text{ mm}^2 \quad W_{sz.pl.z} := 80.97 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Hloubka zarážky

$$b_{sz} = 120 \text{ mm} = h_{sz} = 120 \text{ mm}$$

$$V_{z.Ed.max} = 127.81 \text{ kN} > V_{y.Ed.max} = 69.7 \text{ kN}$$

→ rozhoduje směr osy z

$$h_z > \frac{V_{z.Ed.max}}{b_{sz} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = 99.9 \text{ mm} \rightarrow h_z := 100 \text{ mm}$$

Posouzení na smyk

$$V_{z.pl.Rd} := \frac{A_{sz.v.z} \cdot f_{y.d}}{\sqrt{3}} = 148.7 \text{ kN}$$

$$V_{y.pl.Rd} := \frac{A_{sz.v.y} \cdot f_{y.d}}{\sqrt{3}} = 358.19 \text{ kN}$$

$$0.5 < \frac{V_{z.Ed.max}}{V_{z.pl.Rd}} = 0.86 < 1$$

vyhovuje, velký smyk  
→ posouzení na kombinaci M+V

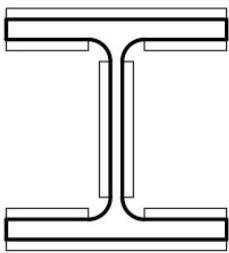
$$\frac{V_{y.Ed.max}}{V_{y.pl.Rd}} = 0.195 < 0.5 < 1$$

vyhovuje, malý smyk

$$\begin{aligned}
 h_z &= 100 \text{ mm} \\
 t_{\text{podlití}} &= 60 \text{ mm} \\
 V_{z.Ed.max} &= 127.81 \text{ kN} \\
 V_{y.pl.Rd} &= 358.188 \text{ kN} \\
 W_{sz.pl.y} &= 165200 \text{ mm}^3 \\
 A_{sz.v.z} &= 1096 \text{ mm}^2 \\
 t_{sz.w} &= 6.5 \text{ mm} \\
 W_{sz.pl.z} &= 80970 \text{ mm}^3 \\
 e &= 110 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

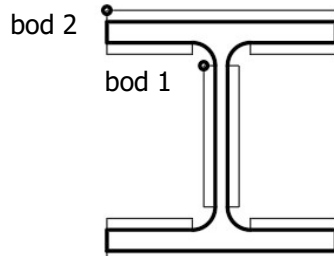
$$\begin{aligned}
 b_{sz} &= 120 \text{ mm} \\
 h_{sz} &= 120 \text{ mm} \\
 t_{sz.w} &= 6.5 \text{ mm} \\
 t_{sz.f} &= 11 \text{ mm} \\
 r_{sz} &= 12 \text{ mm} \\
 d_{sz} &= 74 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

uvažovaný svarový průřez



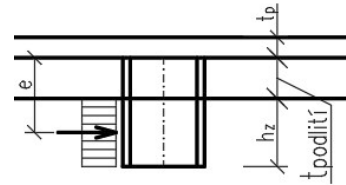
$$\begin{aligned}
 a_w &= 6 \text{ mm} \\
 b_{sz} &= 120 \text{ mm} \\
 b_2 &= 44.75 \text{ mm} \\
 h_{sz} &= 120 \text{ mm} \\
 t_{sz.w} &= 6.5 \text{ mm} \\
 t_{sz.f} &= 11 \text{ mm} \\
 r_{sz} &= 0.012 \text{ m} \\
 d_{sz} &= 74 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{z.Ed.max} &= 127.81 \text{ kN} \\
 V_{y.Ed.max} &= 69.7 \text{ kN} \\
 e &= 110 \text{ mm} \\
 I_{w.y} &= (8.401 \cdot 10^6) \text{ mm}^4 \\
 I_{w.z} &= (3.465 \cdot 10^6) \text{ mm}^4 \\
 \text{Posuzované body} &
 \end{aligned}$$



Posouzení na kombinaci M+V

$$\begin{aligned}
 e &:= \frac{h_z}{2} + t_{\text{podlití}} = 110 \text{ mm} \\
 \rho &:= \left( \frac{2 \cdot V_{z.Ed.max}}{V_{y.pl.Rd}} - 1 \right)^2 = 0.082
 \end{aligned}$$



$$M_{y.V.Rd} := \left( W_{sz.pl.y} - \frac{\rho \cdot A_{sz.v.z}^2}{4 \cdot t_{sz.w}} \right) \cdot f_{y.d} = 37.932 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z.V.Rd} := W_{sz.pl.z} \cdot f_{y.d} = 19.028 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{V_{z.Ed.max} \cdot e}{M_{y.V.Rd}} + \frac{V_{y.Ed.max} \cdot e}{M_{z.V.Rd}} = 0.774 < 1$$

vyhovuje  
Návrh: HEB 120

Svarový přípoj zarážky k patnímu plechu

$$a_w := 6 \text{ mm}$$

$$I_{w.y.1} := 2 \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot b_{sz} \cdot a_w^3 + b_{sz} \cdot a_w \cdot \left( \frac{h_{sz}}{2} + \frac{a_w}{2} \right)^2 \right) = (5.72 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$b_2 := \frac{b_{sz}}{2} - \frac{t_{sz.w}}{2} - r_{sz} = 44.75 \text{ mm}$$

$$I_{w.y.2} := 4 \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot b_2 \cdot a_w^3 + b_2 \cdot a_w \cdot \left( \frac{h_{sz}}{2} - t_{sz.f} - \frac{a_w}{2} \right)^2 \right) = (2.276 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^4$$

$$I_{w.y.3} := 2 \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot a_w \cdot d_{sz}^3 \right) = (4.052 \cdot 10^5) \text{ mm}^4$$

$$I_{w.y} := I_{w.y.1} + I_{w.y.2} + I_{w.y.3} = (8.40071 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$I_{w.z.1} := 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot b_{sz}^3 \cdot a_w = (1.728 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$I_{w.z.2} := 4 \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot b_2^3 \cdot a_w + b_2 \cdot a_w \cdot \left( \frac{b_2}{2} + r_{sz} + \frac{t_{sz.w}}{2} \right)^2 \right)$$

$$I_{w.z.3} := 2 \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot a_w^3 \cdot d_{sz} + a_w \cdot d_{sz} \cdot \left( \frac{a_w + t_{sz.w}}{2} \right)^2 \right) = (3.735 \cdot 10^4) \text{ mm}^4$$

$$I_{w.z} := I_{w.z.1} + I_{w.z.2} + I_{w.z.3} = (3.46498 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

Posouzení v bodě 1

$$\tau_{//1} := \frac{V_{z.Ed.max}}{2 \cdot a_w \cdot d_{sz}} = 143.93 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp 1} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left( \frac{V_{z.Ed.max} \cdot e}{I_{w.y}} + \frac{V_{y.Ed.max} \cdot e}{I_{w.z}} \right) = 58.26 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp 1} := \sigma_{\perp 1} = 58.258 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp 1}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp 1}^2 + \tau_{//1}^2)} = 275.18 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp 1} = 58.26 \text{ MPa} < \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259.2 \text{ MPa}$$

vyhovuje

$$V_{z.Ed.max} = 127.81 \text{ kN}$$

$$V_{y.Ed.max} = 69.7 \text{ kN}$$

$$e = 110 \text{ mm}$$

$$I_{w.y} = (8.401 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$I_{w.z} = (3.465 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

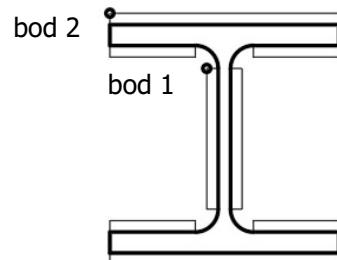
$$a_w = 6 \text{ mm}$$

$$b_{sz} = 120 \text{ mm}$$

$$h_{sz} = 120 \text{ mm}$$

$$b_2 = 44.75 \text{ mm}$$

Posuzované body



Posouzení v bodě 2

$$\tau_{//2} := \frac{V_{y.Ed.max}}{2 \cdot a_w \cdot b_{sz} + 4 \cdot a_w \cdot b_2} = 27.72 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp 2} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left( \frac{V_{y.Ed.max} \cdot e}{\frac{I_{w.z}}{0.5 \cdot b_{sz}}} + \frac{V_{z.Ed.max} \cdot e}{\frac{I_{w.y}}{0.5 \cdot h_{sz} + a_w}} \right) = 171.98 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp 2} := \sigma_{\perp 2} = 171.981 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp 2}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp 2}^2 + \tau_{//2}^2)} = 347.3 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp 2} = 171.98 \text{ MPa} < \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259.2 \text{ MPa}$$

vyhovuje

Návrh: koutový svar  $a_w=6 \text{ mm}$

## 3.2. NÁVRH A POSOUZENÍ RÁMOVÉHO ROHU

### Materiál

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

### Maximální vnitřní síly v místě spoje

NK\_MSÚ\_vítr\_B12

$$N_{Ed,d} := 48.99 \text{ kN (tah)}$$

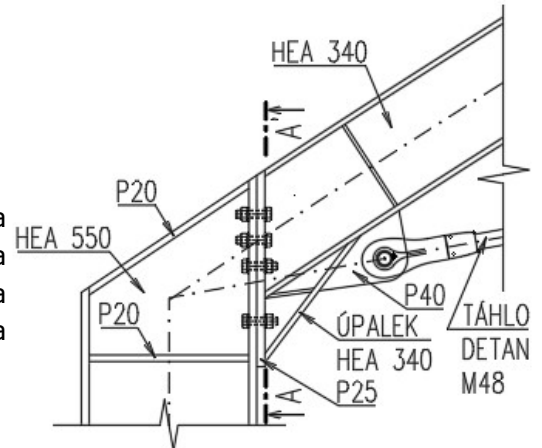
$$V_{Ed,d} := 59.49 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,d} := 176.06 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

(tah dolní vlákna)

### Schéma

4. řada  
3. řada  
2. řada  
1. řada



NK\_MSÚ\_sníh\_18

$$N_{Ed,h} := 0.9 \text{ kN (tlak)}$$

$$V_{Ed,h} := 241.78 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,h} := 131.26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

(tah horní vlákna)

### NÁVRH A POSOUZENÍ SVARU

#### Svary pásnic profilu a náběhu

Navrženy tupé svary s plně provařeným kořenem.

NÁVRH: tupý svar

#### Svar stojiny

$$\text{HEA340 } h := 330 \text{ mm} \quad t_w := 9.5 \text{ mm} \quad t_f := 16.5 \text{ mm}$$

Návrh svaru na plnou únosnost stojiny

$$a_{w,s} > \frac{t_w}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \sqrt{2} \cdot \gamma_{M2}}{f_u} = 4.4 \text{ mm} \rightarrow a_{w,s} := 5 \text{ mm}$$

NÁVRH: oboustranný koutový svar  $a_{w,s} = 5 \text{ mm}$

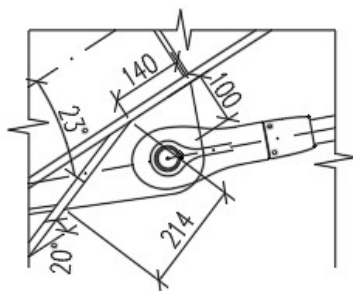
$$\beta_w := 0.8$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$



#### Svar styčnickového plechu

$$N_{Ed,t} := 612.32 \text{ kN} \quad \dots \text{ maximální tah v táhle}$$

$$\delta := 23^\circ \quad \dots \text{ úhel mezi osou táhla a oblouku}$$

$$r := 100 \text{ mm} \quad \dots \text{ rameno mezi čepem a obloukem}$$

$$\alpha := 20^\circ$$

$$l_{w,t,1} := 214 \text{ mm}$$

$$l_{w,t,2} := 140 \text{ mm} \quad l_{w,t,y} := l_{w,t,1} \cdot \cos(\alpha) + l_{w,t,2} = 341 \text{ mm}$$

$$N_x := N_{Ed,t} \cdot \cos(\delta) = 563.64 \text{ kN}$$

$$N_y := N_{Ed,t} \cdot \sin(\delta) = 239.25 \text{ kN}$$

$$a_{w,t} := 9 \text{ mm}$$

$$A_{w,t,y} := 2 \cdot l_{w,t,y} \cdot a_{w,t} = 6140 \text{ mm}^2$$

$$W_{w,t,y} := 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a_{w,t} \cdot l_{w,t,y}^2 = 349036 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{\perp} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left( \frac{N_x \cdot r}{W_{w,t,y}} + \frac{N_y}{A_{w,t,y}} \right) = 141.74 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} := \sigma_{\perp} = 141.742 \text{ MPa}$$

$$l_{w,t,y} = 341 \text{ mm}$$

$$A_{w,t,y} = 6140 \text{ mm}^2$$

$$W_{w,t,y} = 349036 \text{ mm}^3$$

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

$$N_x = 563.64 \text{ kN}$$

$$N_y = 239.25 \text{ kN}$$

$$N_y = 239.25 \text{ kN}$$

$$A_{w.t.y} = 6140 \text{ mm}^2$$

$$\beta_w := 0.8$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

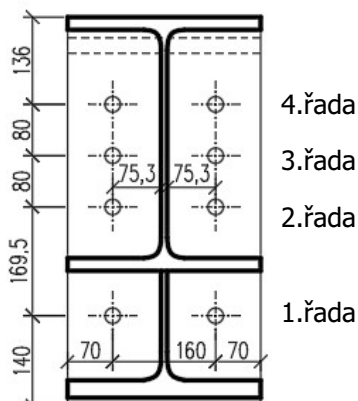
$$\gamma_{M2} = 1.25$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_x}{A_{w.t.y}} = 91.803 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 325.03 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 141.74 \text{ MPa} < \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259.2 \text{ MPa}$$

NÁVRH: oboustranný koutový svar  $a_{w.t} = 9 \text{ mm}$



$$\alpha_v := 0.6$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2$$

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$e_2 = 70 \text{ mm}$$

$$p_2 = 160 \text{ mm}$$

$$e_1 = 136 \text{ mm}$$

$$p_1 = 80 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

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

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

### VÝPOČET ÚNOSNOSTI ŘAD ŠROUBŮ

#### Únosnost jednoho šroubu

|                             |                           |                         |                        |
|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| M24 8.8                     | $d := 24 \text{ mm}$      | $e_1 := 136 \text{ mm}$ | $t_H := 24 \text{ mm}$ |
| $f_{ub} := 800 \text{ MPa}$ | $d_0 := 26 \text{ mm}$    | $e_2 := 70 \text{ mm}$  | $t_p := 25 \text{ mm}$ |
|                             | $A_s := 353 \text{ mm}^2$ | $p_1 := 80 \text{ mm}$  |                        |
|                             |                           | $p_2 := 160 \text{ mm}$ |                        |

#### Prostá únosnost v tahu

$$F_{t.Rd} := \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 203.33 \text{ kN}$$

#### Únosnost ve stříhu

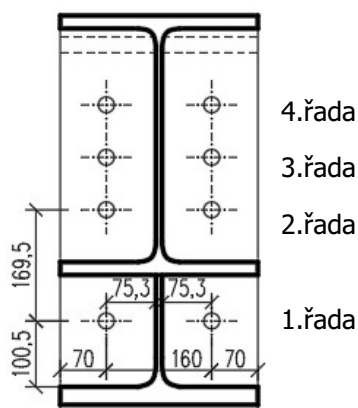
$$F_{v.Rd} := \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 135.55 \text{ kN}$$

#### Únosnost v otláčení

$$k_{1.k} := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5 \quad k_{1.v} := \min\left(1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$\alpha_{b.k} := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 1 \quad \alpha_{b.v} := \min\left(\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.776$$

$$F_{b.Rd} := \frac{k_{1.v} \cdot \alpha_{b.v} \cdot f_u \cdot d \cdot t_H}{\gamma_{M2}} = 321.67 \text{ kN}$$



$$e = 70 \text{ mm}$$

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

$$m = 69.64 \text{ mm}$$

$$p = 169.5 \text{ mm}$$

$$\alpha = 5.4$$

#### Řada šroubů sousedící s výztuhou - 1. řada

$$e := 70 \text{ mm}$$

$$p := 169.5 \text{ mm}$$

$$a_2 := a_{w.s} = 5 \text{ mm} \quad (\text{koutový svar u stojny})$$

$$c_2 := 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 5.7 \text{ mm}$$

$$m_1 := 75.3 \text{ mm} \quad m := m_1 - c_2 = 69.643 \text{ mm}$$

$$m_2 := 100.5 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m + e} = 0.5 \quad \lambda_2 := \frac{m_2}{m + e} = 0.72$$

$$\rightarrow \alpha := 5.4$$

$$n := \min(e, 1.25 m) = 70 \text{ mm}$$

$$t_{fc} := t_H = 24 \text{ mm}$$

$$l_{eff.cp} := \min(2 \pi \cdot m, \pi \cdot m + p) = 388.3 \text{ mm}$$

$$l_{eff.nc} := \min(\alpha \cdot m, 0.5 p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 e)) = 277.8 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = 388.29 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} = 277.787 \text{ mm}$$

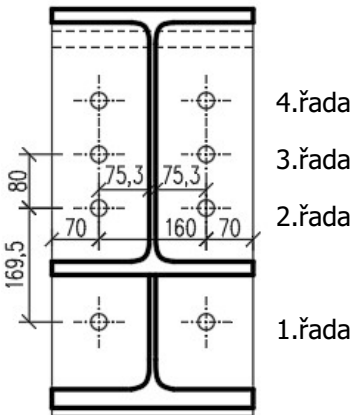
$$t_{fc} = 24 \text{ mm}$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$m = 69.64 \text{ mm}$$

$$F_{t,Rd} = 203.328 \text{ kN}$$

$$n = 70 \text{ mm}$$



$$e = 70 \text{ mm}$$

$$m = 69.64 \text{ mm}$$

$$p = 80 \text{ mm}$$

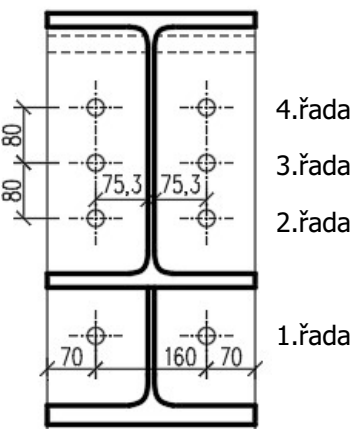
$$t_{fc} = 24 \text{ mm}$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$m = 69.64 \text{ mm}$$

$$F_{t,Rd} = 203.328 \text{ kN}$$

$$n = 70 \text{ mm}$$



$$e = 70 \text{ mm}$$

$$m = 69.64 \text{ mm}$$

$$p = 80 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} := \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = 277.8 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} := l_{eff,nc} = 277.8 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 9.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 9.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{t,a,Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = 539.91 \text{ kN}$$

$$F_{t,b,Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m + n} = 338.48 \text{ kN}$$

$$F_{t,c,Rd} := 2 \cdot F_{t,Rd} = 406.66 \text{ kN}$$

$$F_{t,1,Rd} := \min(F_{t,a,Rd}, F_{t,b,Rd}, F_{t,c,Rd}) = 338.48 \text{ kN}$$

### Jiná vnitřní řada šroubů - 2. řada

$$e := 70 \text{ mm}$$

$$p := 80 \text{ mm}$$

$$a_2 := a_{w,s} = 5 \text{ mm} \quad (\text{koutový svar u stojiny})$$

$$c_2 := 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 5.657 \text{ mm}$$

$$m_l := 75.3 \text{ mm} \quad m := m_l - c_2 = 69.643 \text{ mm}$$

$$m_2 := p = 80 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 m) = 70 \text{ mm}$$

$$t_{fc} := t_H = 24 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} := \min(2 \pi \cdot m, 2 p) = 160 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} := \min(4 \cdot m + 1.25 e, p) = 80 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} := \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = 80 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} := l_{eff,nc} = 80 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 2.707 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 2.707 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{t,a,Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = 155.49 \text{ kN}$$

$$F_{t,b,Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m + n} = 242.62 \text{ kN}$$

$$F_{t,c,Rd} := 2 \cdot F_{t,Rd} = 406.66 \text{ kN}$$

$$F_{t,2,Rd} := \min(F_{t,a,Rd}, F_{t,b,Rd}, F_{t,c,Rd}) = 155.49 \text{ kN}$$

### Jiná vnitřní řada šroubů - 3. řada

$$e := 70 \text{ mm}$$

$$p := 80 \text{ mm}$$

$$a_2 := a_{w,s} = 5 \text{ mm} \quad (\text{koutový svar u stojiny})$$

$$c_2 := 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 5.657 \text{ mm}$$

$$m_l := 75.3 \text{ mm} \quad m := m_l - c_2 = 69.643 \text{ mm}$$

$$m_2 := p = 80 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 m) = 70 \text{ mm}$$

$$t_{fc} := t_H = 24 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} := \min(2 \pi \cdot m, 2 p) = 160 \text{ mm}$$

$$l_{eff,op} := \min(4 m + 1.25 e, p) = 80 \text{ mm}$$

$$l_{eff.cp} = 160 \text{ mm}$$

$$l_{eff.nc} = 80 \text{ mm}$$

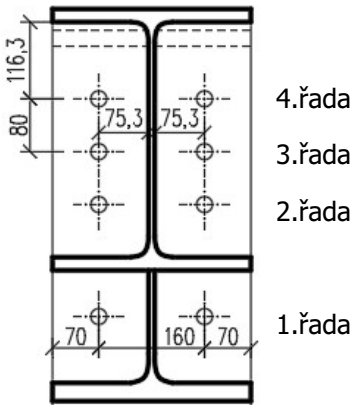
$$t_{fc} = 24 \text{ mm}$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$m = 69.64 \text{ mm}$$

$$F_{t.Rd} = 203.328 \text{ kN}$$

$$n = 70 \text{ mm}$$



4.řada

3.řada

2.řada

1.řada

$$e = 70 \text{ mm}$$

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

$$m = 69.64 \text{ mm}$$

$$p = 80 \text{ mm}$$

$$\alpha = 5.3$$

$$t_{fc} = 24 \text{ mm}$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$m = 69.64 \text{ mm}$$

$$F_{t.Rd} = 203.328 \text{ kN}$$

$$n = 70 \text{ mm}$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$F_{t.1.Rd} = 338.5 \text{ kN}$$

$$F_{t.2.Rd} = 155.5 \text{ kN}$$

$$F_{t.3.Rd} = 155.5 \text{ kN}$$

$$F_{t.4.Rd} = 313.4 \text{ kN}$$

$$l_{eff.1} := \min(l_{eff.cp}, l_{eff.op}) = 80 \text{ mm}$$

$$l_{eff.2} := l_{eff.op} = 80 \text{ mm}$$

$$M_{pl.1.Rd} := 0.25 \cdot l_{eff.1} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 2.707 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.2.Rd} := 0.25 \cdot l_{eff.2} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 2.707 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{t.a.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.1.Rd}}{m} = 155.49 \text{ kN}$$

$$F_{t.b.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.2.Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t.Rd}}{m + n} = 242.62 \text{ kN}$$

$$F_{t.c.Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 406.66 \text{ kN}$$

$$F_{t.3.Rd} := \min(F_{t.a.Rd}, F_{t.b.Rd}, F_{t.c.Rd}) = 155.49 \text{ kN}$$

#### Řada šroubů sousedící s výztuhou - 4. řada

$$e := 70 \text{ mm}$$

$$p := 80 \text{ mm}$$

tupý svar u horní pásnice

$$a_2 := a_{w.s} = 5 \text{ mm} \quad (\text{koutový svar u stojiny})$$

$$c_2 := 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 5.657 \text{ mm}$$

$$m_1 := 75.3 \text{ mm} \quad m := m_1 - c_2 = 69.643 \text{ mm}$$

$$m_2 := 116.3 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m + e} = 0.5 \quad \lambda_2 := \frac{m_2}{m + e} = 0.83$$

$$\rightarrow \alpha := 5.3$$

$$n := \min(e, 1.25 m) = 70 \text{ mm}$$

$$t_{fc} := t_H = 24 \text{ mm}$$

$$l_{eff.cp} := \min(2 \pi \cdot m, \pi \cdot m + p) = 298.8 \text{ mm}$$

$$l_{eff.nc} := \min(\alpha \cdot m, 0.5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 e)) = 226.1 \text{ mm}$$

$$l_{eff.1} := \min(l_{eff.cp}, l_{eff.nc}) = 226.1 \text{ mm}$$

$$l_{eff.2} := l_{eff.nc} = 226.1 \text{ mm}$$

$$M_{pl.1.Rd} := 0.25 \cdot l_{eff.1} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 7.65 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.2.Rd} := 0.25 \cdot l_{eff.2} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 7.65 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{t.a.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.1.Rd}}{m} = 439.4 \text{ kN}$$

$$F_{t.b.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.2.Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t.Rd}}{m + n} = 313.42 \text{ kN}$$

$$F_{t.c.Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 406.66 \text{ kN}$$

$$F_{t.4.Rd} := \min(F_{t.a.Rd}, F_{t.b.Rd}, F_{t.c.Rd}) = 313.417 \text{ kN}$$

#### POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI PÁSNICE PŘÍČLE

HEA340

$$h := 330 \text{ mm}$$

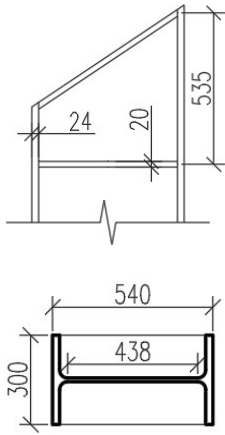
$$t_f = 16.5 \text{ mm}$$

$$W_{pl.y} := 1850 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$F_{c.fb.Rd} := \frac{W_{pl.y} \cdot f_{y,d}}{(h - t_f)} = 1386.76 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_{t.i.Rd} := F_{t.1.Rd} + F_{t.2.Rd} + F_{t.3.Rd} + F_{t.4.Rd} = 962.877 \text{ kN}$$





$$b = 300 \text{ mm}$$

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

$$d_s = 535 \text{ mm}$$

$$b_{st} = 300 \text{ mm}$$

$$t_{st} = 20 \text{ mm}$$

$$M_{pl.fc.Rd} = 10.15 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{wp.add.Rd.1} = 75.9 \text{ kN}$$

$$A_{v.H} = 8372 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1$$

$$F_{c.fb.Rd} = 1386.76 \text{ kN} > \Sigma F_{t.i.Rd} = 962.88 \text{ kN}$$

vyhovuje, není třeba redukovat spodní řady tažených sloupů

### POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI STĚNY SLOUPU VE SMYKU

HEA550

$$b := 300 \text{ mm} \quad A_{v.H} := 8372 \text{ mm}^2 \quad d_s := 535 \text{ mm}$$

$$d := 438 \text{ mm} \quad \varepsilon := 1 \quad (S235) \quad b_{st} := b = 300 \text{ mm}$$

$$t_w := 12.5 \text{ mm} \quad t_{st} := 20 \text{ mm}$$

$$t_f := 24 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t_w} = 35.04 < 69 \quad \varepsilon = 69 \rightarrow 1. \text{ třída průřezu}$$

$$M_{pl.fc.Rd} := \frac{1}{4} \cdot b \cdot t_f^2 \cdot f_{y.d} = 10.152 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{wp.add.Rd.1} := \frac{4 \cdot M_{pl.fc.Rd}}{d_s} = 75.9 \text{ kN}$$

$$M_{pl.st.Rd} := \frac{1}{4} \cdot b_{st} \cdot t_{st}^2 \cdot f_{y.d} = 7.05 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{wp.add.Rd.2} := \frac{2 \cdot M_{pl.fc.Rd} + 2 \cdot M_{pl.st.Rd}}{d_s} = 64.307 \text{ kN}$$

$$V_{wp.add.Rd} := \min(V_{wp.add.Rd.1}, V_{wp.add.Rd.2}) = 64.31 \text{ kN}$$

$$V_{wp.Rd} := \frac{0.9 \cdot f_y \cdot A_{v.H}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} + V_{wp.add.Rd} = 1086.61 \text{ kN}$$

$$V_{wp.Rd} = 1086.61 \text{ kN} > \Sigma F_{t.i.Rd} = 962.88 \text{ kN}$$

vyhovuje

### ROZDĚLENÍ SIL, MOMENTOVÉ A SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI S POSOUZENÍM

$$F_{t.1.Rd} = 338.481 \text{ kN} < 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 386.323 \text{ kN}$$

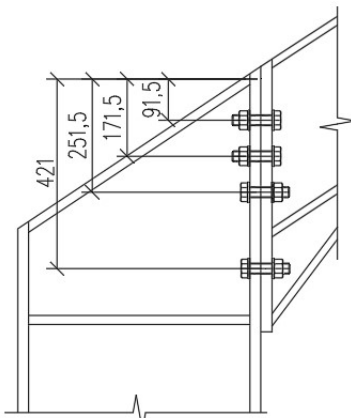
$$F_{t.2.Rd} = 155.49 \text{ kN} < 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 386.323 \text{ kN}$$

$$F_{t.3.Rd} = 155.49 \text{ kN} < 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 386.323 \text{ kN}$$

$$F_{t.4.Rd} = 313.417 \text{ kN} < 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 386.323 \text{ kN}$$

vyhovuje, lze síly plasticky rozdělit

Vzhledem k taženým dolním vláknům příčle



$$F_{v.Rd} = 135.55 \text{ kN}$$

$$F_{b.Rd} = 321.67 \text{ kN}$$

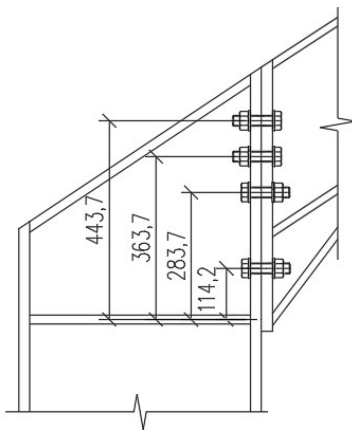
| Řada | Únosnost řady                     | Únosnost řady                     | Rameno                        |
|------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 4.   | $F_{t.4.Rd} = 313.417 \text{ kN}$ | Využita na smyk                   | $r_{d.4} := 91.5 \text{ mm}$  |
| 3.   | $F_{t.3.Rd} = 155.49 \text{ kN}$  | $F_{t.3.Rd} = 155.49 \text{ kN}$  | $r_{d.3} := 171.5 \text{ mm}$ |
| 2.   | $F_{t.2.Rd} = 155.49 \text{ kN}$  | $F_{t.2.Rd} = 155.49 \text{ kN}$  | $r_{d.2} := 251.5 \text{ mm}$ |
| 1.   | $F_{t.1.Rd} = 338.481 \text{ kN}$ | $F_{t.1.Rd} = 338.481 \text{ kN}$ | $r_{d.1} := 421 \text{ mm}$   |

$$M_{Rd.d} := F_{t.1.Rd} \cdot r_{d.1} + F_{t.2.Rd} \cdot r_{d.2} + F_{t.3.Rd} \cdot r_{d.3} = 208.273 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.d} = 176.06 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{Rd.d} = 208.273 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min(F_{v.Rd}, F_{b.Rd}) = 271.104 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.d} = 59.49 \text{ kN} < V_{Rd} = 271.104 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$



$$F_{v.Rd} = 135.55 \text{ kN}$$

$$F_{b.Rd} = 321.67 \text{ kN}$$

$$F_{t.1.Rd} = 338.481 \text{ kN}$$

$$F_{t.2.Rd} = 155.49 \text{ kN}$$

$$F_{t.3.Rd} = 155.49 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.d} = 48.99 \text{ kN}$$

$$M_{Ed.d} = 176.06 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd.d} = 208.273 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$f_{y.d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{Ed.h} = 0.9 \text{ kN}$$

### Vzhledem k taženým horním vláknům příčle

| Řada | Únosnost řady                     | Únosnost řady                     | Ramena                        |
|------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 4.   | $F_{t.4.Rd} = 313.417 \text{ kN}$ | $F_{t.4.Rd} = 313.417 \text{ kN}$ | $r_{d.4} := 443.7 \text{ mm}$ |
| 3.   | $F_{t.3.Rd} = 155.49 \text{ kN}$  | $F_{t.3.Rd} = 155.49 \text{ kN}$  | $r_{d.3} := 363.7 \text{ mm}$ |
| 2.   | $F_{t.2.Rd} = 155.49 \text{ kN}$  | $F_{t.2.Rd} = 155.49 \text{ kN}$  | $r_{d.2} := 283.7 \text{ mm}$ |
| 1.   | $F_{t.1.Rd} = 338.481 \text{ kN}$ | Využita na smyk                   | $r_{d.1} := 114.2 \text{ mm}$ |

$$M_{Rd.h} := F_{t.2.Rd} \cdot r_{d.2} + F_{t.3.Rd} \cdot r_{d.3} + F_{t.4.Rd} \cdot r_{d.4} = 239.727 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.h} = 131.26 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{Rd.h} = 239.727 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min(F_{v.Rd}, F_{b.Rd}) = 271.104 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.h} = 241.78 \text{ kN} < V_{Rd} = 271.104 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

### OVĚŘENÍ VLIVU NORMÁLOVÉ SÍLY

#### Osový tah + tažená dolní vlákna příčle

$$N_{pl.Rd.t} := F_{t.1.Rd} + F_{t.2.Rd} + F_{t.3.Rd} = 649.46 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed.d}}{N_{pl.Rd.t}} = 0.075 > 0.05$$

→ nutné posoudit kombinaci s momentem

$$\frac{M_{Ed.d}}{M_{Rd.d}} + \frac{N_{Ed.d}}{N_{pl.Rd.t}} = 0.921 < 1 \quad \text{vyhovuje}$$

#### Osový tlak + tažená horní vlákna příčle

HEA340

$$A := 13350 \text{ mm}^2$$

$$N_{pl.Rd.c} := A \cdot f_{y.d} = 3137.25 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed.h}}{N_{pl.Rd.c}} = 0.0003 < 0.05$$

→ není třeba posuzovat kombinaci s momentem  
vyhovuje

**NÁVRH: 8 x M24 8.8**

### 3.3. NÁVRH A POSOUZENÍ MOMENTOVÉHO PŘÍPOJE MEZI PROFILY HEA

#### Materiál

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

#### Schéma

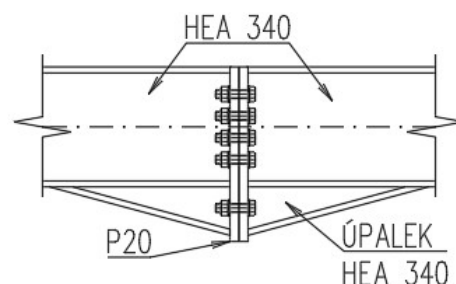
5. řada

4. řada

3. řada

2. řada

1. řada



#### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

#### Maximální vnitřní síly v místě spoje

NK\_MSÚ\_sníh22 - PPP

$$N_{Ed,max} := 660.07 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$

$$V_{Ed,N} := 21.38 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,N} := 68.94 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{tah dolní vlákna})$$

NK\_MSÚ\_vítr\_B11 - PZL

$$N_{Ed,d} := 74.37 \text{ kN} \quad (\text{tah})$$

$$V_{Ed,d} := 35.4 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,d} := 156.77 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{tah dolní vlákna})$$

NK\_MSÚ\_vítr\_B7 - LZL

$$N_{Ed,h} := 30.47 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$

$$V_{Ed,h} := 5.32 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,h} := 165.33 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{tah horní vlákna})$$

#### NÁVRH A POSOUZENÍ SVARU

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

#### Svar horní a dolní pásnice

Navržen tupý svar s plně provařeným kořenem.

NÁVRH: tupý svar

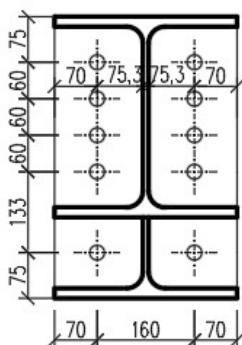
#### Svar stojiny

$$\text{HEA340} \quad h := 330 \text{ mm} \quad t_w := 9.5 \text{ mm} \quad t_f := 16.5 \text{ mm}$$

Návrh svaru na plnou únosnost stojiny

$$a_{w,s} > \frac{t_w}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \sqrt{2} \cdot \gamma_{M2}}{f_u} = 4.4 \text{ mm} \rightarrow a_{w,s} := 5 \text{ mm}$$

NÁVRH: oboustranný koutový svar  $a_{w,s} = 5 \text{ mm}$



5. řada

4. řada

3. řada

2. řada

1. řada

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_v := 0.6$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

#### VÝPOČET ÚNOSNOSTI ŘAD ŠROUBŮ

#### Únosnost jednoho šroubu

$$\text{M24 8.8}$$

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

$$e_1 := 75 \text{ mm}$$

$$t := 20 \text{ mm}$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$d_0 := 26 \text{ mm}$$

$$e_2 := 70 \text{ mm}$$

$$A_s := 353 \text{ mm}^2$$

$$p_1 := 60 \text{ mm}$$

$$p_2 := 160 \text{ mm}$$

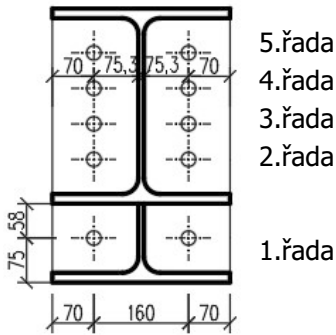
Prostá únosnost v tahu

$$F_{t,Rd} := \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 203.33 \text{ kN}$$

Únosnost ve stříhu

$$F_{v,Rd} := \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = ? \text{ kN}$$

$d_0 = 26 \text{ mm}$   
 $e_2 = 70 \text{ mm}$   
 $p_2 = 160 \text{ mm}$   
 $e_1 = 75 \text{ mm}$   
 $p_1 = 60 \text{ mm}$   
 $f_{ub} = 800 \text{ MPa}$   
 $f_u = 360 \text{ MPa}$   
 $d = 24 \text{ mm}$   
 $t = 20 \text{ mm}$



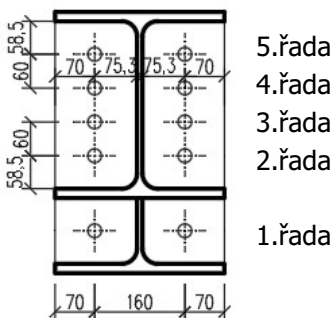
$e = 70 \text{ mm}$   
 $t = 20 \text{ mm}$   
 $m = 69.64 \text{ mm}$

$\alpha = 6$

$t_{fc} = 20 \text{ mm}$   
 $f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$

$m = 69.64 \text{ mm}$

$F_{t,Rd} = 203.328 \text{ kN}$   
 $n = 70 \text{ mm}$



Únosnost v otláčení

$$k_{1,k} := \min \left( 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right) = 2.5 \quad k_{1,v} := \min \left( 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right) = 2.5$$

$$\alpha_{b,k} := \min \left( \frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1 \right) = 0.962 \quad \alpha_{b,v} := \min \left( \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1 \right) = 0.519$$

$$F_{b,Rd} := \frac{k_{1,v} \cdot \alpha_{b,v} \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 179.45 \text{ kN}$$

Řada šroubů sousedící s výztuhou - 1. řada

$t = 20 \text{ mm}$  (tloušťka čelních plechů)

$e := 70 \text{ mm}$

$a_2 := a_{w,s} = 5 \text{ mm}$  (koutový svar u stojny)

$c_2 := 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 5.7 \text{ mm}$

$m_l := 75.3 \text{ mm}$        $m := m_l - c_2 = 69.643 \text{ mm}$

$m_{l,2} := 58 \text{ mm}$        $m_2 := m_{l,2} = 58 \text{ mm}$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m+e} = 0.5 \quad \lambda_2 := \frac{m_2}{m+e} = 0.42$$

→  $\alpha := 6$

$n := \min(e, 1.25 m) = 70 \text{ mm}$

$t_{fc} := t = 20 \text{ mm}$

$l_{eff,cp} := \min(2 \pi \cdot m) = 437.6 \text{ mm}$

$l_{eff,nc} := \min(\alpha \cdot m) = 417.9 \text{ mm}$

$l_{eff,1} := \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = 417.9 \text{ mm}$

$l_{eff,2} := l_{eff,nc} = 417.9 \text{ mm}$

$M_{pl,1,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 9.82 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$M_{pl,2,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 9.82 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$F_{t,a,Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = 564 \text{ kN}$$

$$F_{t,b,Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m+n} = 344.49 \text{ kN}$$

$F_{t,c,Rd} := 2 \cdot F_{t,Rd} = 406.66 \text{ kN}$

$F_{t,1,Rd} := \min(F_{t,a,Rd}, F_{t,b,Rd}, F_{t,c,Rd}) = 344.49 \text{ kN}$

Řada šroubů sousedící s výztuhou - 2. řada

$t = 20 \text{ mm}$  (tloušťka čelních plechů)

$e = 70 \text{ mm}$

$p := 60 \text{ mm}$

$a_2 := a_{w,s} = 5 \text{ mm}$  (koutový svar u stojny)

$c_2 := 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 5.7 \text{ mm}$

$m_l := 75.3 \text{ mm}$        $m := m_l - c_2 = 69.643 \text{ mm}$

$m_{l,2} := 58.5 \text{ mm}$        $m_2 := m_{l,2} = 58.5 \text{ mm}$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m+e} = 0.5 \quad \lambda_2 := \frac{m_2}{m+e} = 0.42$$

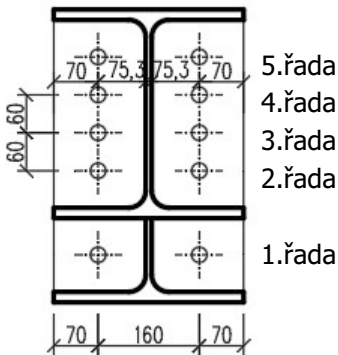
→  $\alpha := 6$

$$\begin{aligned}
 e &= 70 \text{ mm} \\
 t &= 20 \text{ mm} \\
 m &= 69.64 \text{ mm} \\
 p &= 60 \text{ mm} \\
 \alpha &= 6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{fc} &= 20 \text{ mm} \\
 f_{y,d} &= 235 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$m = 69.64 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 F_{t,Rd} &= 203.328 \text{ kN} \\
 n &= 70 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 e &= 70 \text{ mm} \\
 m &= 69.64 \text{ mm} \\
 p &= 60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{fc} &= 20 \text{ mm} \\
 f_{y,d} &= 235 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$m = 69.64 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 F_{t,Rd} &= 203.328 \text{ kN} \\
 n &= 70 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$n := \min(e, 1.25 \text{ m}) = 70 \text{ mm}$$

$$t_{fc} := t = 20 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} := \min(2 \pi \cdot m, \pi \cdot m + p) = 278.8 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} := \min(\alpha \cdot m, 0.5 p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 e)) = 264.8 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} := \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = 264.8 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} := l_{eff,nc} = 264.8 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 6.223 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 6.223 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{t,a,Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = 357.44 \text{ kN}$$

$$F_{t,b,Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m + n} = 292.98 \text{ kN}$$

$$F_{t,c,Rd} := 2 \cdot F_{t,Rd} = 406.66 \text{ kN}$$

$$F_{t,2,Rd} := \min(F_{t,a,Rd}, F_{t,b,Rd}, F_{t,c,Rd}) = 292.98 \text{ kN}$$

### Jiná vnitřní řada šroubů - 3. řada

$$e = 70 \text{ mm}$$

$$p = 60 \text{ mm}$$

$$a_2 := a_{w,s} = 5 \text{ mm} \quad (\text{koutový svar u stojiny})$$

$$c_2 := 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 5.657 \text{ mm}$$

$$m_l := 75.3 \text{ mm} \quad m := m_l - c_2 = 69.643 \text{ mm}$$

$$m_2 := p = 60 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 \text{ m}) = 70 \text{ mm}$$

$$t_{fc} := t = 20 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} := \min(2 \pi \cdot m, 2 p) = 120 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} := \min(4 \cdot m + 1.25 e, p) = 60 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} := \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = 60 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} := l_{eff,nc} = 60 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 1.41 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 1.41 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{t,a,Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = 80.98 \text{ kN}$$

$$F_{t,b,Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m + n} = 224.04 \text{ kN}$$

$$F_{t,c,Rd} := 2 \cdot F_{t,Rd} = 406.66 \text{ kN}$$

$$F_{t,3,Rd} := \min(F_{t,a,Rd}, F_{t,b,Rd}, F_{t,c,Rd}) = 80.984 \text{ kN}$$

### Vnitřní řada šroubů - 4. řada

4. řada šroubů má stejné parametry jako 3. řada šroubů  
→ únosnost řady stejná jako u 3. řady

$$F_{t,4,Rd} := F_{t,3,Rd} = 80.984 \text{ kN}$$

### Řada šroubů sousedící s výztuhou - 5. řada

5. řada šroubů má stejné parametry jako 2. řada šroubů  
→ únosnost řady stejná jako u 2. řady

$$F_{t.5.Rd} := F_{t.2.Rd} = 292.98 \text{ kN}$$

### POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI PÁSNICE PŘÍČLE

HEA340

$$h := 330 \text{ mm}$$

$$t_f = 16.5 \text{ mm}$$

$$W_{pl.y} := 1850 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$F_{c.fb.Rd} := \frac{W_{pl.y} \cdot f_{y.d}}{(h - t_f)} = 1386.76 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_{t.i.Rd} := F_{t.1.Rd} + F_{t.2.Rd} + F_{t.3.Rd} + F_{t.4.Rd} + F_{t.5.Rd} = 1092.415 \text{ kN}$$

$$F_{c.fb.Rd} = 1386.76 \text{ kN} > \Sigma F_{t.i.Rd} = 1092.41 \text{ kN}$$

vyhovuje, není třeba redukovat spodní řady tažených sloupů

### ROZDĚLENÍ SIL, MOMENTOVÉ A SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI S POSOUZENÍM

$$F_{t.1.Rd} = 344.487 \text{ kN} < 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 386.323 \text{ kN}$$

$$F_{t.2.Rd} = 292.98 \text{ kN} < 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 386.323 \text{ kN}$$

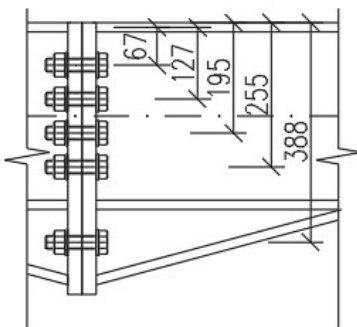
$$F_{t.3.Rd} = 80.984 \text{ kN} < 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 386.323 \text{ kN}$$

$$F_{t.4.Rd} = 80.984 \text{ kN} < 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 386.323 \text{ kN}$$

$$F_{t.5.Rd} = 292.98 \text{ kN} < 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 386.323 \text{ kN}$$

vyhovuje, lze síly plasticky rozdělit

### Vzhledem k taženým dolním vláknům příčle



| Řada | Únosnost řady                     | Únosnost řady                     | Rameno                      |
|------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 5.   | $F_{t.5.Rd} = 292.98 \text{ kN}$  | Využita na smyk                   | $r_{d.5} := 67 \text{ mm}$  |
| 4.   | $F_{t.4.Rd} = 80.984 \text{ kN}$  | $F_{t.4.Rd} = 80.984 \text{ kN}$  | $r_{d.4} := 127 \text{ mm}$ |
| 3.   | $F_{t.3.Rd} = 80.984 \text{ kN}$  | $F_{t.3.Rd} = 80.984 \text{ kN}$  | $r_{d.3} := 195 \text{ mm}$ |
| 2.   | $F_{t.2.Rd} = 292.98 \text{ kN}$  | $F_{t.2.Rd} = 292.98 \text{ kN}$  | $r_{d.2} := 255 \text{ mm}$ |
| 1.   | $F_{t.1.Rd} = 344.487 \text{ kN}$ | $F_{t.1.Rd} = 344.487 \text{ kN}$ | $r_{d.1} := 388 \text{ mm}$ |

$$M_{Rd.d} := F_{t.1.Rd} \cdot r_{d.1} + F_{t.2.Rd} \cdot r_{d.2} + F_{t.3.Rd} \cdot r_{d.3} + F_{t.4.Rd} \cdot r_{d.4} = 234.448 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

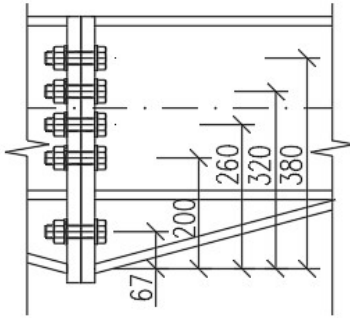
$$M_{Ed.d} = 156.77 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{Rd.d} = 234.448 \text{ kN} \cdot \text{m} \text{ vyhovuje}$$

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min(F_{v.Rd}, F_{b.Rd}) = 271.104 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.d} = 35.4 \text{ kN} < V_{Rd} = 271.104 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

$$F_{v.Rd} = 135.55 \text{ kN}$$

$$F_{b.Rd} = 179.45 \text{ kN}$$



$$F_{v.Rd} = 135.55 \text{ kN}$$

$$F_{b.Rd} = 179.45 \text{ kN}$$

### Vzhledem k taženým horním vláknům přičle

| Řada | Únosnost řady                     | Únosnost řady                    | Ramena                      |
|------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 5.   | $F_{t.5.Rd} = 292.98 \text{ kN}$  | $F_{t.5.Rd} = 292.98 \text{ kN}$ | $r_{d.5} := 380 \text{ mm}$ |
| 4.   | $F_{t.4.Rd} = 80.984 \text{ kN}$  | $F_{t.4.Rd} = 80.984 \text{ kN}$ | $r_{d.4} := 320 \text{ mm}$ |
| 3.   | $F_{t.3.Rd} = 80.984 \text{ kN}$  | $F_{t.3.Rd} = 80.984 \text{ kN}$ | $r_{d.3} := 260 \text{ mm}$ |
| 2.   | $F_{t.2.Rd} = 292.98 \text{ kN}$  | $F_{t.2.Rd} = 292.98 \text{ kN}$ | $r_{d.2} := 200 \text{ mm}$ |
| 1.   | $F_{t.1.Rd} = 344.487 \text{ kN}$ | Využita na smyk                  | $r_{d.1} := 67 \text{ mm}$  |

$$M_{Rd.h} := F_{t.2.Rd} \cdot r_{d.2} + F_{t.3.Rd} \cdot r_{d.3} + F_{t.4.Rd} \cdot r_{d.4} + F_{t.5.Rd} \cdot r_{d.5} = 216.899 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.h} = 165.33 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{Rd.h} = 216.899 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min(F_{v.Rd}, F_{b.Rd}) = 271.104 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.h} = 5.32 \text{ kN} < V_{Rd} = 271.104 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

### OVĚŘENÍ VLIVU NORMÁLOVÉ SÍLY

#### Osový tlak + tažená dolní vlákna přičle

HEA340

$$A := 13350 \text{ mm}^2$$

$$f_{y.d} = 235 \text{ MPa}$$

$$N_{pl.Rd.c} := A \cdot f_{y.d} = 3137.25 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.max} = 660.07 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed.max}}{N_{pl.Rd.c}} = 0.21 > 0.05$$

→ nutné posoudit kombinaci s momentem

$$M_{Ed.N} = 68.94 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd.d} = 234.448 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.N}}{M_{Rd.d}} + \frac{N_{Ed.max}}{N_{pl.Rd.c}} = 0.504 < 1 \quad \text{vyhovuje}$$

$$F_{t.1.Rd} = 344.487 \text{ kN}$$

$$F_{t.2.Rd} = 292.98 \text{ kN}$$

$$F_{t.3.Rd} = 80.984 \text{ kN}$$

$$F_{t.4.Rd} = 80.984 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.d} = 74.37 \text{ kN}$$

#### Osový tah + tažená dolní vlákna přičle

$$N_{pl.Rd.t} := F_{t.1.Rd} + F_{t.2.Rd} + F_{t.3.Rd} + F_{t.4.Rd} = 799.435 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed.d}}{N_{pl.Rd.t}} = 0.093 > 0.05$$

→ nutné posoudit kombinaci s momentem

$$M_{Ed.d} = 156.77 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd.d} = 234.448 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{Ed.d}}{M_{Rd.d}} + \frac{N_{Ed.d}}{N_{pl.Rd.t}} = 0.762 < 1 \quad \text{vyhovuje}$$

#### Osový tlak + tažená horní vlákna přičle

$$N_{Ed.h} = 30.47 \text{ kN}$$

$$N_{pl.Rd.c} = 3137.25 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed.h}}{N_{pl.Rd.c}} = 0.01 < 0.05$$

→ není třeba posuzovat kombinaci s momentem  
vyhovuje

**NÁVRH: 10 x M24 8.8**

### 3.4. NÁVRH A POSOUZENÍ MOMENTOVÉHO PŘÍPOJE MEZI PROFILY IPE

#### Materiál

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

#### Schéma

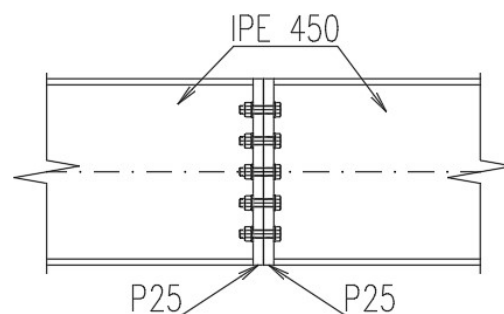
5. řada

4. řada

3. řada

2. řada

1. řada



#### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

#### Maximální vnitřní síly v místě spoje

$$N_{Ed,h} := 112.59 \text{ kN (tah)} \quad V_{Ed,h} := 2.01 \text{ kN}$$

Pozn.: symetrické provedení  
→ není potřeba posuzovat  
momenty k oběma vláknům

$$M_{Ed,h} := 133.21 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

(tah horní vlákna)

$$N_{Ed,v} := 52.02 \text{ kN (tlak)} \quad V_{Ed,v} := 84.04 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,v} := 51.15 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

(tah horní vlákna)

NK\_MSÚ\_vítr\_B9 - LPL

NK\_MSÚ\_sníh22 - LPL

#### NÁVRH A POSOUZENÍ SVARU

##### Svar horní a dolní pásnice

Navržen tupý svar s plně provařeným kořenem.

NÁVRH: tupý svar

##### Svar stojiny

IPE450  $h := 450 \text{ mm}$   $t_w := 9.4 \text{ mm}$

Návrh svaru na plnou únosnost stojiny

$$a_{w,s} > \frac{t_w}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \sqrt{2} \cdot \gamma_{M2}}{f_u} = 4.3 \text{ mm} \rightarrow a_{w,s} := 5 \text{ mm}$$

NÁVRH: oboustranný koutový svar  $a_{w,s} = 5 \text{ mm}$

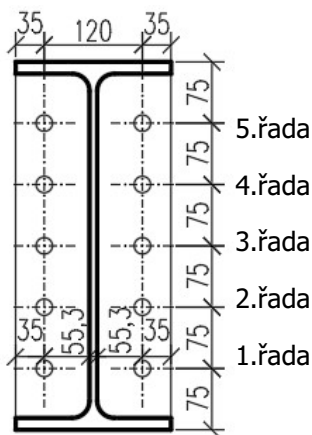
$$\beta_w := 0.8$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$



$$\alpha_v := 0.6$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

$$d_0 = 22 \text{ mm}$$

$$e_2 = 35 \text{ mm}$$

$$p_2 = 120 \text{ mm}$$

$$e_1 = 75 \text{ mm}$$

$$p_1 = 75 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$t = 25 \text{ mm}$$

#### VÝPOČET ÚNOSNOSTI ŘAD ŠROUBŮ

##### Únosnost jednoho šroubu

M20 8.8

$$d := 20 \text{ mm}$$

$$e_1 := 75 \text{ mm}$$

$$t := 25 \text{ mm}$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$d_0 := 22 \text{ mm}$$

$$e_2 := 35 \text{ mm}$$

$$A_s := 245 \text{ mm}^2$$

$$p_1 := 75 \text{ mm}$$

$$p_2 := 120 \text{ mm}$$

##### Prostá únosnost v tahu

$$F_{t,Rd} := \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 141.12 \text{ kN}$$

##### Únosnost ve stříhu

$$F_{v,Rd} := \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 94.08 \text{ kN}$$

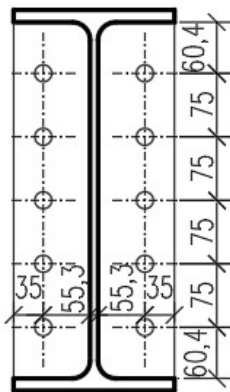
##### Únosnost v otláčení

$$k_{1,k} := \min \left( 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right) = 2.5 \quad k_{1,v} := \min \left( 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right) = 2.5$$

$$\alpha_{b,k} := \min \left( \frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1 \right) = 1 \quad \alpha_{b,v} := \min \left( \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1 \right) = 0.886$$

$$F_{b,Rd} := \frac{k_{1,v} \cdot \alpha_{b,v} \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 319.09 \text{ kN}$$





5.řada  
4.řada  
3.řada  
2.řada  
1.řada

$$e = 35 \text{ mm}$$

$$t = 25 \text{ mm}$$

$$m = 49.64 \text{ mm}$$

$$\alpha = 4.95$$

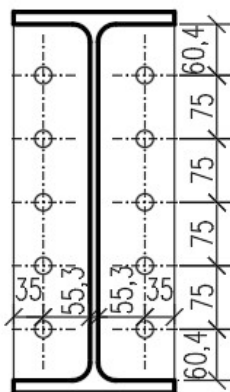
$$t_{fc} = 25 \text{ mm}$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$m = 49.64 \text{ mm}$$

$$F_{t,Rd} = 141.12 \text{ kN}$$

$$n = 35 \text{ mm}$$



5.řada  
4.řada  
3.řada  
2.řada  
1.řada

$$e = 35 \text{ mm}$$

$$m = 69.64 \text{ mm}$$

$$p = 75 \text{ mm}$$

$$t_{fc} = 25 \text{ mm}$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$m = 69.64 \text{ mm}$$

$$F_{t,Rd} = 141.12 \text{ kN}$$

$$n = 35 \text{ mm}$$

### Řada šroubů sousedící s výztuhou - 1. řada

$$t = 25 \text{ mm} \quad (\text{tloušťka čelních plechů})$$

$$e := 35 \text{ mm}$$

$$p := 75 \text{ mm}$$

$$a_2 := a_{w.s} = 5 \text{ mm} \quad (\text{koutový svar u stojny})$$

$$c_2 := 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 5.7 \text{ mm}$$

$$m_l := 55.3 \text{ mm}$$

$$m := m_l - c_2 = 49.643 \text{ mm}$$

$$m_{l,2} := 60.4 \text{ mm}$$

$$m_2 := m_{l,2} = 60.4 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m+e} = 0.59$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m+e} = 0.71$$

$$\rightarrow \alpha := 4.95$$

$$n := \min(e, 1.25 m) = 35 \text{ mm}$$

$$t_{fc} := t = 25 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} := \min(2 \pi \cdot m, \pi \cdot m + p) = 231 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} := \min(\alpha \cdot m, 0.5 p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 e)) = 162.1 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} := \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = 162.1 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} := l_{eff,nc} = 162.1 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 5.951 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 5.951 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{t,a,Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = 479.51 \text{ kN}$$

$$F_{t,b,Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m+n} = 257.32 \text{ kN}$$

$$F_{t,c,Rd} := 2 \cdot F_{t,Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t,1,Rd} := \min(F_{t,a,Rd}, F_{t,b,Rd}, F_{t,c,Rd}) = 257.32 \text{ kN}$$

### Vnitřní řada šroubů - 2. řada

$$e = 35 \text{ mm}$$

$$p = 75 \text{ mm}$$

$$a_2 := a_{w.s} = 5 \text{ mm} \quad (\text{koutový svar u stojny})$$

$$c_2 := 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 5.657 \text{ mm}$$

$$m_l := 75.3 \text{ mm}$$

$$m := m_l - c_2 = 69.643 \text{ mm}$$

$$m_2 := p = 75 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 m) = 35 \text{ mm}$$

$$t_{fc} := t = 25 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} := \min(2 \pi \cdot m, 2 p) = 150 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} := \min(4 \cdot m + 1.25 e, p) = 75 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} := \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = 75 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} := l_{eff,nc} = 75 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 2.754 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 2.754 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

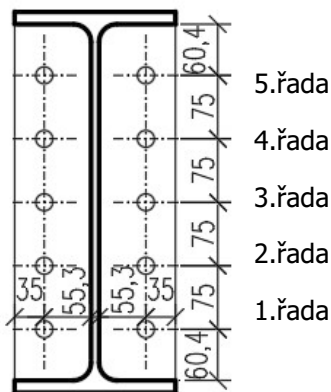
$$F_{t,a,Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = 158.17 \text{ kN}$$

$$F_{t,b,Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m+n} = 147.04 \text{ kN}$$

$$F_{t.Rd} = 141.12 \text{ kN}$$

$$F_{t.a.Rd} = 158.172 \text{ kN}$$

$$F_{t.b.Rd} = 147.035 \text{ kN}$$



$$f_{y.d} = 235 \text{ MPa}$$

$$F_{t.1.Rd} = 257.3 \text{ kN}$$

$$F_{t.2.Rd} = 147 \text{ kN}$$

$$F_{t.3.Rd} = 147 \text{ kN}$$

$$F_{t.4.Rd} = 147 \text{ kN}$$

$$F_{t.c.Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t.2.Rd} := \min(F_{t.a.Rd}, F_{t.b.Rd}, F_{t.c.Rd}) = 147.035 \text{ kN}$$

### Vnitřní řada šroubů - 3. a 4. řada

3. a 4. řada šroubů má stejné parametry jako 2. řada šroubů  
→ únosnost řady je stejná jako u 2. řady

$$F_{t.3.Rd} := F_{t.2.Rd} = 147.035 \text{ kN}$$

$$F_{t.4.Rd} := F_{t.2.Rd} = 147.035 \text{ kN}$$

### Řada šroubů sousedící s výztuhou - 5. řada

5. řada šroubů má stejné parametry jako 1. řada šroubů  
→ únosnost řady stejná jako u 1. řady

$$F_{t.5.Rd} := F_{t.1.Rd} = 257.322 \text{ kN}$$

### POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI PÁSNICE PŘÍČLE

IPE450

$$h := 450 \text{ mm}$$

$$t_f := 14.6 \text{ mm}$$

$$W_{pl.y} := 1850 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$F_{c.fb.Rd} := \frac{W_{pl.y} \cdot f_{y.d}}{(h - t_f)} = 998.51 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_{t.i.Rd} := F_{t.1.Rd} + F_{t.2.Rd} + F_{t.3.Rd} + F_{t.4.Rd} + F_{t.5.Rd} = 955.75 \text{ kN}$$

$$F_{c.fb.Rd} = 998.51 \text{ kN} > \Sigma F_{t.i.Rd} = 955.75 \text{ kN}$$

vyhovuje, není třeba redukovat spodní řady tažených sloupů

### ROZDĚLENÍ SIL, MOMENTOVÉ A SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI S POSOUZENÍM

$$F_{t.1.Rd} = 257.322 \text{ kN} < 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 268.128 \text{ kN}$$

$$F_{t.2.Rd} = 147.035 \text{ kN} < 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 268.128 \text{ kN}$$

$$F_{t.3.Rd} = 147.035 \text{ kN} < 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 268.128 \text{ kN}$$

$$F_{t.4.Rd} = 147.035 \text{ kN} < 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 268.128 \text{ kN}$$

$$F_{t.5.Rd} = 257.322 \text{ kN} < 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 268.128 \text{ kN}$$

vyhovuje, lze síly plasticky rozdělit

### Rozdělení sil

| Řada | Únosnost řady                     | Únosnost řady                     | Rameno                      |
|------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 5.   | $F_{t.5.Rd} = 257.322 \text{ kN}$ | $F_{t.5.Rd} = 257.322 \text{ kN}$ | $r_{d.5} := 375 \text{ mm}$ |
| 4.   | $F_{t.4.Rd} = 147.035 \text{ kN}$ | $F_{t.4.Rd} = 147.035 \text{ kN}$ | $r_{d.4} := 300 \text{ mm}$ |
| 3.   | $F_{t.3.Rd} = 147.035 \text{ kN}$ | $F_{t.3.Rd} = 147.035 \text{ kN}$ | $r_{d.3} := 225 \text{ mm}$ |
| 2.   | $F_{t.2.Rd} = 147.035 \text{ kN}$ | $F_{t.2.Rd} = 147.035 \text{ kN}$ | $r_{d.2} := 150 \text{ mm}$ |
| 1.   | $F_{t.1.Rd} = 257.322 \text{ kN}$ | Využita na smyk                   | $r_{d.1} := 75 \text{ mm}$  |

$$M_{Rd.h} := F_{t.2.Rd} \cdot r_{d.2} + F_{t.3.Rd} \cdot r_{d.3} + F_{t.4.Rd} \cdot r_{d.4} + F_{t.5.Rd} \cdot r_{d.5} = 195.745 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

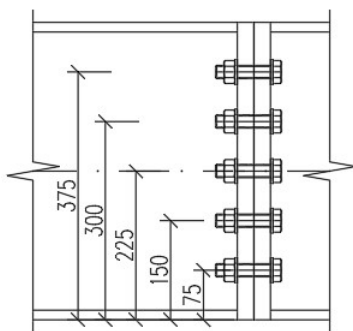
$$M_{Ed.h} = 133.21 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{Rd.h} = 195.745 \text{ kN} \cdot \text{m} \text{ vyhovuje}$$

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min(F_{v.Rd}, F_{b.Rd}) = 188.16 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.V} = 84.04 \text{ kN} < V_{Rd} = 188.16 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

$$F_{v.Rd} = 94.08 \text{ kN}$$

$$F_{b.Rd} = 319.09 \text{ kN}$$



$$F_{t.2.Rd} = 147.035 \text{ kN}$$

$$F_{t.3.Rd} = 147.035 \text{ kN}$$

$$F_{t.4.Rd} = 147.035 \text{ kN}$$

$$F_{t.5.Rd} = 257.322 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.h} = 112.59 \text{ kN}$$

$$M_{Ed.h} = 133.21 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Rd.h} = 195.745 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

## OVĚŘENÍ VLIVU NORMÁLOVÉ SÍLY

### Osový tah + tažená dolní vlákna příčle

$$N_{pl.Rd.t} := F_{t.2.Rd} + F_{t.3.Rd} + F_{t.4.Rd} + F_{t.5.Rd} = 698.428 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed.h}}{N_{pl.Rd.t}} = 0.161 > 0.05$$

→ nutné posoudit kombinaci s momentem

$$\frac{M_{Ed.h}}{M_{Rd.h}} + \frac{N_{Ed.h}}{N_{pl.Rd.t}} = 0.842 < 1$$

vyhovuje

NÁVRH: 10 x M20 8.8

### 3.5. NÁVRH A POSOUZENÍ STŘEDNÍ PODPORY

#### Materiál

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

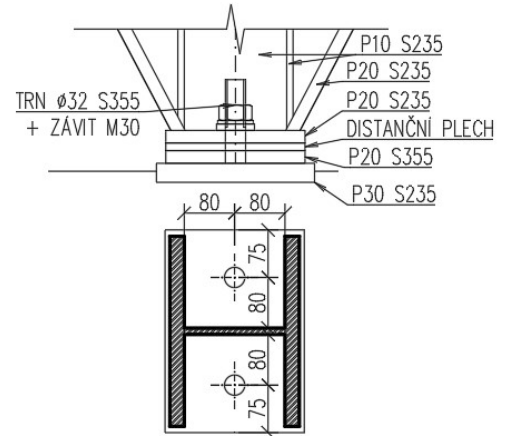
$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

#### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

#### Schéma



#### Maximální vnitřní síly v místě pevného kloubu

NK\_MSÚ\_vítr\_B9 - PZLZ

$$R_{x,z} := 10.81 \text{ kN} \quad R_{y,z} := 87.64 \text{ kN} \quad R_{z,max} := 117.08 \text{ kN} \quad (\text{tah})$$

NK\_MSÚ\_vítr\_A22 - PZLP

$$R_{x,max} := 62.62 \text{ kN} \quad R_{y,x} := 44.67 \text{ kN} \quad R_{z,x} := 230.50 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$

NK\_MSÚ\_vítr\_B8 - PZLP

$$R_{x,y} := 48.61 \text{ kN} \quad R_{y,max} := 100.47 \text{ kN} \quad R_{z,y} := 55.79 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$

#### Maximální smykové síly

$$F_{Ed.xy,1} := \sqrt{(R_{x,z}^2 + R_{y,z}^2)} = 88.304 \text{ kN}$$

$$F_{Ed.xy,2} := \sqrt{(R_{x,max}^2 + R_{y,x}^2)} = 76.92 \text{ kN}$$

$$F_{Ed.xy,3} := \sqrt{(R_{x,y}^2 + R_{y,max}^2)} = 111.612 \text{ kN}$$

$$F_{Ed.xy,max} := \max(F_{Ed.xy,1}, F_{Ed.xy,2}, F_{Ed.xy,3}) = 111.612 \text{ kN}$$

#### Únosnost trn ø 32 mm S355 s vnějším závitem M30

$$f_{ub} := 490 \text{ MPa} \quad e_1 := 75 \text{ mm} \quad t := 20 \text{ mm}$$

$$d := 32 \text{ mm} \quad e_2 := 75 \text{ mm}$$

$$d_0 := 35 \text{ mm}$$

$$A_{s,z} := 561 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{ plocha v místě závitu M30}$$

$$A_{s,d} := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 804 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{ plocha v místě dříku (\text{ø} 32 \text{ mm})}$$

#### Únosnost v tahu - v místě závitu

$$F_{t,Rd} := \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_{s,z}}{\gamma_{M2}} = 197.92 \text{ kN}$$

#### Únosnost ve střihu - v místě dříku

$$t_p := 40 \text{ mm} \quad \dots \text{ maximální uvažovaná tloušťka distančního plechu}$$

$$\beta_p := \frac{9 d}{8 d + 3 t_p} = 0.766$$

$$F_{v,Rd} := \beta_p \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_{s,d}}{\gamma_{M2}} = 144.89 \text{ kN}$$

$$\alpha_v := 0.6$$

$$e_2 = 75 \text{ mm}$$

$$d_0 = 35 \text{ mm}$$

plech S235

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1$$

$$F_{t.Rd} = 197.921 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rd} = 144.888 \text{ kN}$$

$$F_{b.Rd} = 329.143 \text{ kN}$$

$$F_{Ed.xy.max} = 111.612 \text{ kN}$$

$$F_{Ed.xy.1} = 88.304 \text{ kN}$$

$$R_{z.max} = 117.08 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

$$\alpha_b := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.714$$

$$F_{b.Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 329.14 \text{ kN}$$

Celková únosnost

$$N_{Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 395.842 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min(F_{v.Rd}, F_{b.Rd}) = 289.8 \text{ kN}$$

Posouzení

$$N_{Rd} = 395.842 \text{ kN} > R_{z.max} = 117.08 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 289.776 \text{ kN} > F_{Ed.xy.max} = 111.612 \text{ kN}$$

vyhovuje

Posouzení kombinací smyku a tahu

$$\frac{F_{Ed.xy.1}}{2 \cdot F_{v.Rd}} + \frac{R_{z.max}}{1.4 \cdot N_{Rd}} = 0.516 < 1$$

vyhovuje

NÁVRH: 2x trn  $\varnothing$  32 mm s vnějším závitem M30  
smyková rovina prochází mimo závit M30

### 3.6. NÁVRH A POSOUZENÍ KLOUBOVÉ PATKY

#### Materiály

ocel S235

beton C16/20

$$f_y := 235 \text{ MPa} \quad \gamma_{M0} := 1$$

$$f_u := 360 \text{ MPa} \quad \gamma_{M2} := 1.25$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$f_{ck} := 16 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c := 1.5$$

#### Návrhová pevnost

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

#### Maximální reakce v místě pevného kloubu

$$R_{x.c.Ed} := 200.73 \text{ kN (tlak)} \quad R_{y.Ed} := 83.7 \text{ kN}$$

$$R_{x.t.Ed} := 138.14 \text{ kN (tah)} \quad R_{z.Ed} := 36 \text{ kN}$$

#### Geometrie

Betonová patka

Patní plech

$$a_c := 1000 \text{ mm} \quad a := 390 \text{ mm}$$

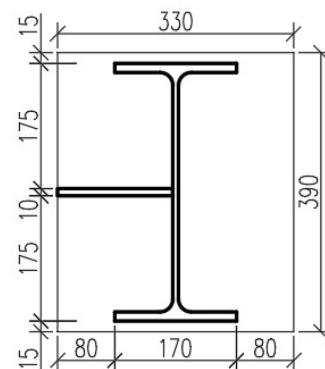
$$b_c := 1000 \text{ mm} \quad b := 330 \text{ mm}$$

$$h_c := 800 \text{ mm} \quad t_p := 25 \text{ mm}$$

Podlití ocelové patky

$$0.1 \cdot \min(a, b) = 33 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \text{podlití volíme: } t_{\text{podlití}} := 40 \text{ mm}$$



#### Výpočet tlakové únosnosti

Započítatelné rozměry betonové patky

$$a_1 := \min(3 \cdot a, a + h_c, a_c) = 1000 \text{ mm}$$

$$b_1 := \min(3 \cdot b, b + h_c, b_c) = 990 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j := \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = 2.774$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} := \frac{\beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 19.723 \text{ MPa}$$

Přesah desky

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{y,d}}{3 \cdot f_{jd}}} = 49.8 \text{ mm}$$

Účinná plocha patního plechu

$$A_{eff} := 72880 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{ určeno graficky dle } c$$

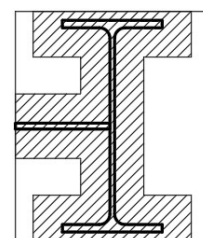
Tlaková únosnost

$$N_{Rd} := A_{eff} \cdot f_{jd} = 1437.388 \text{ kN}$$

#### Posouzení tlakové únosnosti

$$N_{Rd} = 1437.388 \text{ kN} > R_{x.c.Ed} = 200.73 \text{ kN}$$

vyhovuje



$$a = 0.39 \text{ m} \quad a_c = 1 \text{ m}$$

$$b = 0.33 \text{ m} \quad b_c = 1 \text{ m}$$

$$h_c = 0.8 \text{ m}$$

$$\beta_j := \frac{2}{3}$$

$$f_{ck} = 16 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1.5$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$t_p = 25 \text{ mm}$$

$$f_{jd} = 19.72 \text{ MPa}$$

## Návrh smykové zarážky

Návrhová síla

$$V_{z.Ed.max} := R_{z.Ed} = 36 \text{ kN}$$

$$V_{y.Ed.max} := R_{y.Ed} = 83.7 \text{ kN}$$

Průřez: HEB 100

$$h_{sz} := 100 \text{ mm} \quad t_{sz,w} := 6 \text{ mm} \quad r_{sz} := 12 \text{ mm}$$

$$b_{sz} := 100 \text{ mm} \quad t_{sz,f} := 10 \text{ mm} \quad d_{sz} := 56 \text{ mm}$$

$$A_{sz.v.z} := 904 \text{ mm}^2 \quad W_{sz.pl.y} := 104.2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{sz.v.y} := 2 \cdot b_{sz} \cdot t_{sz,f} = 2000 \text{ mm}^2 \quad W_{sz.pl.z} := 51.42 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Hloubka zarážky

$$b_{sz} = 100 \text{ mm} = h_{sz} = 100 \text{ mm}$$

$$V_{z.Ed.max} = 36 \text{ kN} < V_{y.Ed.max} = 83.7 \text{ kN}$$

→ rozhoduje směr osy y

$$h_z > \frac{V_{y.Ed.max}}{h_{sz} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = 78.47 \text{ mm} \rightarrow h_z := 80 \text{ mm}$$

Posouzení na smyk

$$V_{z.pl.Rd} := \frac{A_{sz.v.z} \cdot f_{y,d}}{\sqrt{3}} = 122.65 \text{ kN}$$

$$V_{y.pl.Rd} := \frac{A_{sz.v.y} \cdot f_{y,d}}{\sqrt{3}} = 271.35 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z.Ed.max}}{V_{z.pl.Rd}} = 0.29 < 0.5 < 1 \quad \text{vyhovuje, malý smyk}$$

$$\frac{V_{y.Ed.max}}{V_{y.pl.Rd}} = 0.31 < 0.5 < 1 \quad \text{vyhovuje, malý smyk}$$

Posouzení na ohyb

$$e := \frac{h_z}{2} + t_{podlití} = 80 \text{ mm}$$

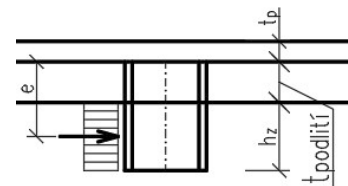
$$M_{pl.Rd.y} := W_{sz.pl.y} \cdot f_{y,d} = 24.487 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.Rd.z} := W_{sz.pl.z} \cdot f_{y,d} = 12.084 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{V_{z.Ed.max} \cdot e}{M_{pl.Rd.y}} + \frac{V_{y.Ed.max} \cdot e}{M_{pl.Rd.z}} = 0.672 < 1$$

vyhovuje

**Návrh: HEB 100**



$$h_{sz} = 100 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 16 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1.5$$

$$A_{sz.v.z} = 904 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$A_{sz.v.y} = 2000 \text{ mm}^2$$

$$V_{z.Ed.max} = 36 \text{ kN}$$

$$V_{z.pl.Rd} = 122.652 \text{ kN}$$

$$V_{y.Ed.max} = 83.7 \text{ kN}$$

$$V_{y.pl.Rd} = 271.355 \text{ kN}$$

$$W_{sz.pl.y} = 104200 \text{ mm}^3$$

$$W_{sz.pl.z} = 51420 \text{ mm}^3$$

$$\beta_w := 0.8$$

$$b_{sz} = 100 \text{ mm}$$

$$h_{sz} = 100 \text{ mm}$$

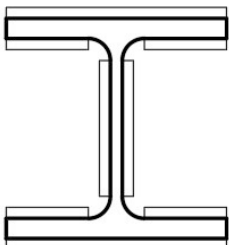
$$t_{sz,w} = 6 \text{ mm}$$

$$t_{sz,f} = 10 \text{ mm}$$

$$r_{sz} = 12 \text{ mm}$$

$$d_{sz} = 56 \text{ mm}$$

uvažovaný svarový průřez



Svarový přípoj zarážky k patnímu plechu

$$a_w := 5 \text{ mm}$$

$$I_{w.y.1} := 2 \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot b_{sz} \cdot a_w^3 + b_{sz} \cdot a_w \cdot \left( \frac{h_{sz}}{2} + \frac{a_w}{2} \right)^2 \right) = (2.758 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

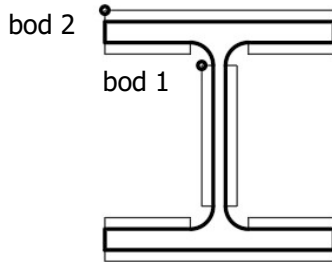
$$b_2 := \frac{b_{sz}}{2} - \frac{t_{sz,w}}{2} - r_{sz} = 35 \text{ mm}$$

$$I_{w.y.2} := 4 \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot b_2 \cdot a_w^3 + b_2 \cdot a_w \cdot \left( \frac{h_{sz}}{2} - t_{sz,f} - \frac{a_w}{2} \right)^2 \right) = (9.858 \cdot 10^{-7}) \text{ m}^4$$

$$\begin{aligned}\beta_w &= 0.8 \\ a_w &= 5 \text{ mm} \\ b_{sz} &= 100 \text{ mm} \\ b_2 &= 35 \text{ mm} \\ h_{sz} &= 100 \text{ mm} \\ t_{sz.w} &= 6 \text{ mm} \\ t_{sz.f} &= 10 \text{ mm} \\ r_{sz} &= 0.012 \text{ m} \\ d_{sz} &= 56 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{z.Ed.max} &= 36 \text{ kN} \\ V_{y.Ed.max} &= 83.7 \text{ kN} \\ e &= 80 \text{ mm} \\ I_{w.y} &= (3.891 \cdot 10^6) \text{ mm}^4 \\ I_{w.z} &= (1.662 \cdot 10^6) \text{ mm}^4\end{aligned}$$

Posuzované body



$$\begin{aligned}V_{z.Ed.max} &= 36 \text{ kN} \\ V_{y.Ed.max} &= 83.7 \text{ kN} \\ e &= 80 \text{ mm} \\ I_{w.y} &= (3.891 \cdot 10^6) \text{ mm}^4 \\ I_{w.z} &= (1.662 \cdot 10^6) \text{ mm}^4 \\ a_w &= 5 \text{ mm} \\ b_{sz} &= 100 \text{ mm} \\ h_{sz} &= 100 \text{ mm} \\ b_2 &= 35 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$I_{w.y.3} := 2 \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot a_w \cdot d_{sz}^3 \right) = (1.463 \cdot 10^5) \text{ mm}^4$$

$$I_{w.y} := I_{w.y.1} + I_{w.y.2} + I_{w.y.3} = (3.89051 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

$$I_{w.z.1} := 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot b_{sz}^3 \cdot a_w = (8.333 \cdot 10^5) \text{ mm}^4$$

$$I_{w.z.2} := 4 \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot b_2^3 \cdot a_w + b_2 \cdot a_w \cdot \left( \frac{b_2}{2} + r_{sz} + \frac{t_{sz.w}}{2} \right)^2 \right)$$

$$I_{w.z.3} := 2 \cdot \left( \frac{1}{12} \cdot a_w^3 \cdot d_{sz} + a_w \cdot d_{sz} \cdot \left( \frac{a_w + t_{sz.w}}{2} \right)^2 \right) = (1.811 \cdot 10^4) \text{ mm}^4$$

$$I_{w.z} := I_{w.z.1} + I_{w.z.2} + I_{w.z.3} = (1.66227 \cdot 10^6) \text{ mm}^4$$

Posouzení v bodě 1

$$\tau_{\parallel 1} := \frac{V_{z.Ed.max}}{2 \cdot a_w \cdot d_{sz}} = 64.29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp 1} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left( \frac{V_{z.Ed.max} \cdot e}{I_{w.y}} + \frac{V_{y.Ed.max} \cdot e}{I_{w.z}} \right) = 37.44 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp 1} := \sigma_{\perp 1} = 37.443 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp 1}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp 1}^2 + \tau_{\parallel 1}^2)} = 134.19 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp 1} = 37.44 \text{ MPa} < \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259.2 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení v bodě 2

$$\tau_{\parallel 2} := \frac{V_{y.Ed.max}}{2 \cdot a_w \cdot b_{sz} + 4 \cdot a_w \cdot b_2} = 49.24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp 2} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left( \frac{V_{y.Ed.max} \cdot e}{I_{w.z}} + \frac{V_{z.Ed.max} \cdot e}{I_{w.y}} \right) = 171.21 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp 2} := \sigma_{\perp 2} = 171.208 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp 2}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp 2}^2 + \tau_{\parallel 2}^2)} = 352.88 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp 2} = 171.21 \text{ MPa} < \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259.2 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Návrh: koutový svar  $a_w=5 \text{ mm}$



## Chemické kotvy HILTI

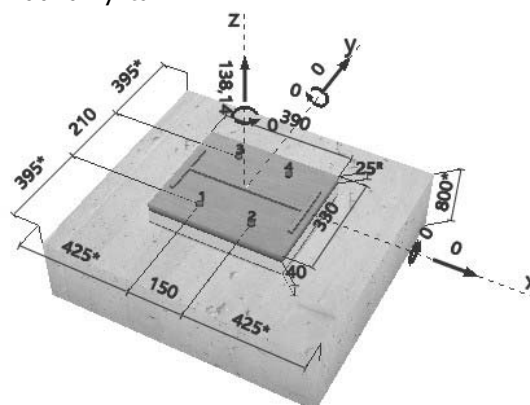
- návrh kotev pouze na tah, smyk přenesen plně smykovou zarážkou
- posudek proveden v programu Hilti PROFIS Anchor

### Vstupní parametry

Typ a velikost kotvy: HIT-HY 200-A + HAS-U 5.8 M20  
 Efektivní kotvení hloubka:  $h_{ef,act} = 270$  mm  
 Materiál: 5.8  
 Posouzení: Návrhová metoda Rozšířený ETAG BOND (EOTA TR 029)  
 Distanční montáž: podlití 40 mm, víceúčelová malta,  $f_{c,Grout} = 30$  MPa  
 Kotevní deska: 390 mm x 330 mm x 25 mm  
 Profil: IPE 360  
 Základní materiál: s trhlinami beton, C16/20,  $f_{c,cube} = 20,00$  N/mm<sup>2</sup>; h = 800 mm  
 Montáž: automaticky čistěný kotevní otvor  
 montážní podmínky: suché  
 Výztuž: žádná výztuž

### Zatížení:

| Kotva  | Tahová síla [kN] |
|--------|------------------|
| 1      | 34.535           |
| 2      | 34.535           |
| 3      | 34.535           |
| 4      | 34.535           |
| celkem | 138.14           |



### Tahové zatížení (EOTA TR 029, bod 5.2.2)

|  | Zatížení [kN]    | Únosnost [kN]    | Využití $\beta_N$ [%] | Stav             |
|--|------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| Porušení oceli*  | 34,535           | 81,667           | 43                    | OK               |
| Kombinované porušení vytažením - vytržením betonového kuželu** | 138,140          | 157,983          | 88                    | OK               |
| Porušení vytržením betonového kuželu**                         | 138,140          | 138,317          | 100                   | OK               |
| Porušení rozštěpením**   | Není k dispozici | Není k dispozici | Není k dispozici      | Není k dispozici |

\* nejnejpříznivější kotva \*\* skupina kotev (kotvy v tahu)

#### 1 Porušení oceli

| $N_{Rk,s}$ [kN] | $\gamma_{M,s}$ | $N_{Rd,s}$ [kN] | $N_{Sd}$ [kN] |
|-----------------|----------------|-----------------|---------------|
| 122,500         | 1,500          | 81,667          | 34,535        |

#### 2 Kombinované porušení vytažením - vytržením betonového kuželu

| $A_{p,N}$ [mm <sup>2</sup> ] | $A_{p,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]      | $\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $S_{cr,Np}$ [mm] | $C_{cr,Np}$ [mm] | $C_{min}$ [mm] |
|------------------------------|-------------------------------------|---|------------------|------------------|----------------|
| 638 584                      | 384 000                             | 18,00                                   | 620              | 310              | 395            |
| $\psi_c$                     | $\tau_{Rk,cr}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | k                                       | $\psi_{g,Np}^0$  | $\psi_{g,Np}$    |                |
| 0,976                        | 8,29                                | 2,300                                   | 1,028            | 1,013            |                |
| $e_{c1,N}$ [mm]              | $\psi_{ec1,Np}$                     | $e_{c2,N}$ [mm]                         | $\psi_{ec2,Np}$  | $\psi_{s,Np}$    | $\psi_{re,Np}$ |
| 0                            | 1,000                               | 0                                       | 1,000            | 1,000            | 1,000          |
| $N_{Rk,p}^0$ [kN]            | $N_{Rk,p}$ [kN]                     | $\gamma_{M,p}$                          | $N_{Rd,p}$ [kN]  | $N_{Sd}$ [kN]    |                |
| 140,703                      | 236,975                             | 1,500                                   | 157,983          | 138,140          |                |

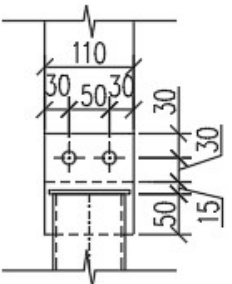
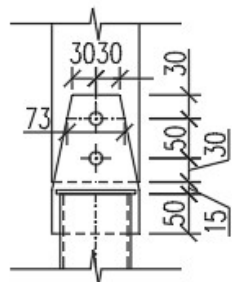
#### 3 Porušení vytržením betonového kuželu

| $A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ] | $A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ] | $C_{cr,N}$ [mm] | $S_{cr,N}$ [mm] |               |               |
|------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|
| 960 000                      | 656 100                        | 405             | 810             |               |               |
| $e_{c1,N}$ [mm]              | $\psi_{ec1,N}$                 | $e_{c2,N}$ [mm] | $\psi_{ec2,N}$  | $\psi_{s,N}$  | $\psi_{re,N}$ |
| 0                            | 1,000                          | 0               | 1,000           | 0,993         | 1,000         |
| $k_1$                        | $N_{Rk,c}^0$ [kN]              | $\gamma_{M,c}$  | $N_{Rd,c}$ [kN] | $N_{Sd}$ [kN] |               |
| 7,200                        | 142,854                        | 1,500           | 138,317         | 138,140       |               |

Návrh: HIT-HY 200-A + 4x HAS-U 5.8 M20 (kotevní hloubka 270 mm)

### 3.7. NÁVRH A POSOUZENÍ STYČNÍKŮ SE ZTUŽIDLY

$$\alpha_v := 0.6$$



$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1$$

#### Materiál

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa} \quad \gamma_{M0} := 1$$

$$f_u := 360 \text{ MPa} \quad \gamma_{M2} := 1.25$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

#### NÁVRH KONCOVKY ZTUŽIDLOVÝCH PRVKŮ - SMYK VE ŠROUBECH

##### Únosnost dvojice šroubů M16

$$\text{M16 8.8} \quad d := 16 \text{ mm} \quad e_1 := 30 \text{ mm} \quad t := 10 \text{ mm}$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa} \quad d_0 := 18 \text{ mm} \quad e_2 := 30 \text{ mm}$$

$$A_s := 157 \text{ mm}^2 \quad p_1 := 50 \text{ mm}$$

$$p_2 := 50 \text{ mm}$$

##### Únosnost ve střihu

$$F_{v.Rd} := \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 60.29 \text{ kN}$$

##### Únosnost v otláčení

$$k_{1.k} := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5 \quad k_{1.v} := \min\left(1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.189$$

$$\alpha_{b.k} := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.556 \quad \alpha_{b.v} := \min\left(\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.676$$

$$k_1 := \min(k_{1.k}, k_{1.v}) = 2.189$$

$$\alpha_b := \min(\alpha_{b.k}, \alpha_{b.v}) = 0.556$$

$$F_{b.Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 56.04 \text{ kN}$$

##### Únosnost dvojice šroubů

$$V_{Rd.16} := 2 \cdot \min(F_{v.Rd}, F_{b.Rd}) = 112.1 \text{ kN}$$

##### Únosnost plechu P10 o minimálních rozměrech

###### Minimální průřez plechu

$$t = 10 \text{ mm}$$

$b_1 := 73 \text{ mm}$  ... minimální šířka plechu v místě jednoho šroubu

$$A_{1.net} := t \cdot (b_1 - d_0) = 550 \text{ mm}^2$$

$b_2 := 110 \text{ mm}$  ... minimální šířka plechu v místě dvou šroubů

$$A_{2.net} := t \cdot (b_2 - 2 \cdot d_0) = 740 \text{ mm}^2$$

$$A_{net} := \min(A_{1.net}, A_{2.net}) = 550 \text{ mm}^2$$

###### Únosnost plechu

$$N_{pl.Rd.16} := A_{net} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 129.25 \text{ kN} \quad > \quad V_{Rd.16} = 112.1 \text{ kN}$$

vyhovuje

##### Únosnost svaru

###### Parametry koutového svaru

$a_w := 3 \text{ mm}$  ... účinná tloušťka svaru

$l_w := 50 \text{ mm}$  ... délka jednoho svaru

$n := 4$  ... počet koutových svarů

$$A_w := n \cdot l_w \cdot a_w = 600 \text{ mm}^2$$

$$V_{Rd.16} = 112.071 \text{ kN}$$

$$A_w = 600 \text{ mm}^2$$

$$\beta_w = 0.8$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

Posouzení koutového svaru

$$\sigma_{\perp} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} := \sigma_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{Rd.16}}{A_w} = 186.785 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 323.52 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

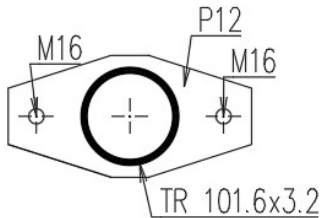
vyhovuje

### Návrh varianty a využití

$$V_{Rd.16} = 112.1 \text{ kN} \quad \dots \text{ únosnost detailu koncovky}$$

Výpočet únosností byl proveden na minimálních uvažovaných rozměrech styčnickových plechů s využitím dvojce šroubů M16. Návrh jednotlivých styčnickových plechů bude vždy splňovat dané minimální rozměry a případné úpravy v rámci geometrie jednotlivých styčnicků budou tyto rozměry respektovat. Koncovku lze využít pro všechny prvky ztužidel, únosnost je dostatečná.

NÁVRH: P10 + 2x M16 + koutový svar  $a_w = 3 \text{ mm}$



### NÁVRH KONCOVKY ZTUŽIDLOVÝCH PRVKŮ - TAH VE ŠROUBECH

#### Maximální tah ve vzpěře

$$N_{Ed} := 39.72 \text{ kN}$$

#### Únosnost svaru

Parametry koutového svaru

$$d_{min} := 101.6 \text{ mm}$$

... minimální průměr trubky pro využití spoje přes čelní desku

$$a_w := 3 \text{ mm}$$

... účinná tloušťka svaru

$$l_w := \pi \cdot d_{min} = 319.186 \text{ mm}$$

... délka svaru

$$A_w := l_w \cdot a_w = 957.557 \text{ mm}^2$$

... plocha svaru

Posouzení koutového svaru

$$\sigma_{\perp} := \frac{N_{Ed}}{A_w} = 41.481 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} := \sigma_{\perp} = 41.481 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 82.96 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 41.48 \text{ MPa} < \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259.2 \text{ MPa}$$

vyhovuje

#### Únosnost šroubů

$$\text{M16 8.8} \quad f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2$$

Prostá únosnost v tahu

$$F_{t.Rd} := \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 90.43 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 180.864 \text{ kN} \quad \dots \text{ únosnost dvojce šroubů v tahu}$$

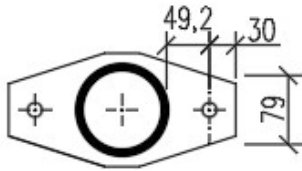
$$A_w = 957.557 \text{ mm}^2$$

$$\beta_w = 0.8$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

$$a_w = 3 \text{ mm}$$



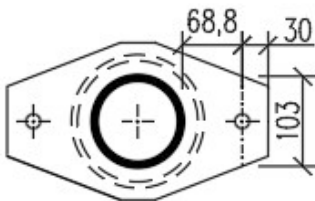
$$e = 30 \text{ mm}$$

$$f_{y,d} := 235 \text{ MPa}$$

$$m = 45.8 \text{ mm}$$

$$F_{t,Rd} = 90.432 \text{ kN}$$

$$a_w = 3 \text{ mm}$$



$$e = 30 \text{ mm}$$

$$f_{y,d} := 235 \text{ MPa}$$

$$m = 65.4 \text{ mm}$$

$$F_{t,Rd} = 90.432 \text{ kN}$$

### Posouzení páčení - menší čelní deska

$$t := 12 \text{ mm}$$

$$e := 30 \text{ mm}$$

$$c := 0.8 \cdot a_w \cdot \sqrt{2} = 3.4 \text{ mm}$$

$$m_l := 49.2 \text{ mm} \quad m := m_l - c = 45.8 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 m) = 30 \text{ mm}$$

$$t_{fc} := t = 12 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} := 79 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} := l_{eff,1} = 79 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 0.67 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 0.67 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{t,a,Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = 58.36 \text{ kN}$$

$$F_{t,b,Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m + n} = 89.21 \text{ kN}$$

$$F_{t,c,Rd} := 2 \cdot F_{t,Rd} = 180.86 \text{ kN}$$

$$F_{t,1,Rd} := \min(F_{t,a,Rd}, F_{t,b,Rd}, F_{t,c,Rd}) = 58.36 \text{ kN}$$

$$F_{t,1,Rd} = 58.36 \text{ kN} > N_{Ed} = 39.72 \text{ kN}$$

vyhovuje

### Posouzení páčení - větší čelní deska

$$t := 12 \text{ mm}$$

$$e := 30 \text{ mm}$$

$$c := 0.8 \cdot a_w \cdot \sqrt{2} = 3.4 \text{ mm}$$

$$m_l := 68.8 \text{ mm} \quad m := m_l - c = 65.4 \text{ mm}$$

$$n := \min(e, 1.25 m) = 30 \text{ mm}$$

$$t_{fc} := t = 12 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} := 103 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} := l_{eff,1} = 103 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 0.87 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl,2,Rd} := 0.25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot f_{y,d} = 0.87 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{t,a,Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = 53.29 \text{ kN}$$

$$F_{t,b,Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m + n} = 75.14 \text{ kN}$$

$$F_{t,c,Rd} := 2 \cdot F_{t,Rd} = 180.86 \text{ kN}$$

$$F_{t,1,Rd} := \min(F_{t,a,Rd}, F_{t,b,Rd}, F_{t,c,Rd}) = 53.29 \text{ kN}$$

$$F_{t,1,Rd} = 53.29 \text{ kN} > N_{Ed} = 39.72 \text{ kN}$$

vyhovuje

NÁVRH: P12 + 2x M16 + koutový svar  $a_w = 3 \text{ mm}$

## POSOUZENÍ TRUBKY PRO PŘIPOJENÍ TŘECH PRVKŮ ZTUŽIDLA

### Vstupní parametry

TR 152.4x10

$d_0 := 152.4 \text{ mm}$

$t_0 := 10 \text{ mm}$

$\varepsilon := 1$

$d_0 = 152.4 \text{ mm}$

$t_0 = 10 \text{ mm}$

$$\frac{d_0}{t_0} = 15.24 < 50 \varepsilon^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

$$W_{0.pl} := \frac{d_0^3}{6} \left( 1 - \left( 1 - \frac{2 t_0}{d_0} \right)^3 \right) = 203111 \text{ mm}^3$$

$$I_0 := \frac{\pi}{4} \cdot \left( \left( \frac{d_0}{2} \right)^4 - \left( \frac{d_0}{2} - t_0 \right)^4 \right) = 11395315 \text{ mm}^4$$

$$A_0 := \pi \cdot t_0 \cdot (d_0 - t_0) = 4474 \text{ mm}^2$$

$$A_{0.v} := \frac{2 \cdot A_0}{\pi} = 2848 \text{ mm}^2$$

$$f_{y0} := f_y = 235 \text{ MPa}$$

NK\_MSÚ\_vítr\_B8

Pozn.: kombinace obsahuje maximální normálové síly v diagonálách, vypsány síly v přípoji na sloup s danou excentricitou v GSS

### Maximální síly působící na trubku v přípoji na sloup

$V_{x.Ed} := 43.32 \text{ kN}$

$M_{x.Ed} := 16.72 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$V_{y.Ed} := 4.11 \text{ kN}$

$M_{z.Ed} := 12.56 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$V_{z.Ed} := 90.33 \text{ kN}$

$N_{Ed} := V_{y.Ed} = 4.11 \text{ kN}$

$$V_{Ed} := \sqrt{V_{x.Ed}^2 + V_{z.Ed}^2} = 100.18 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := \sqrt{M_{x.Ed}^2 + M_{z.Ed}^2} = 20.91 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$A_{0.v} = 2848 \text{ mm}^2$

$f_{y.d} = 235 \text{ MPa}$

$V_{Ed} = 100.18 \text{ kN}$

### Posouzení na smyk

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{0.v} \cdot f_{y.d}}{\sqrt{3}} = 386.4 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl.Rd}} = 0.259 < 0.5 < 1$$

→ lze zanedbat vliv posouvací síly na únosnost v ohybu

vyhovuje

### Posouzení na ohyb

$W_{0.pl} = 203111 \text{ mm}^3$

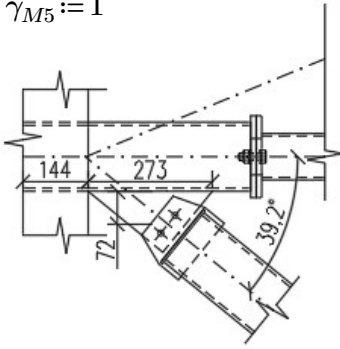
$f_{y.d} = 235 \text{ MPa}$

$M_{Rd} := W_{0.pl} \cdot f_{y.d} = 47.731 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 0.438 < 1$$

vyhovuje

$$\gamma_{M5} := 1$$

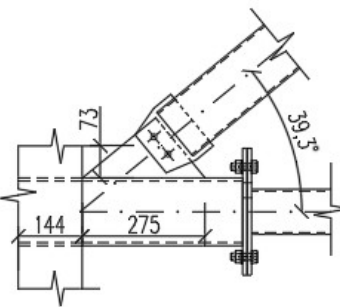


$$\begin{aligned} d_0 &= 152.4 \text{ mm} \\ N_{Ed} &= 4.11 \text{ kN} \\ A_0 &= 4474 \text{ mm}^2 \\ f_{y0} &= 235 \text{ MPa} \\ \gamma_{M5} &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_0 &= 10 \text{ mm} \\ \eta_1 &= 1.791 \end{aligned}$$

$$h_1 = 273 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} N_{1.Ed} &= 106.01 \text{ kN} \\ \theta_1 &= 39.2^\circ \\ r_1 &= 72 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} d_0 &= 152.4 \text{ mm} \\ N_{Ed} &= 4.11 \text{ kN} \\ A_0 &= 4474 \text{ mm}^2 \\ f_{y0} &= 235 \text{ MPa} \\ \gamma_{M5} &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_0 &= 10 \text{ mm} \\ \eta_2 &= 1.804 \end{aligned}$$

$$h_2 = 275 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} N_{2.Ed} &= 84.8 \text{ kN} \\ \theta_2 &= 39.3^\circ \\ r_2 &= 73 \text{ mm} \end{aligned}$$

### Styk s diagonálou v rovině stěny

$$\begin{aligned} h_1 &:= 273 \text{ mm} && \dots \text{ styková délka styčnickového plechu a trubky} \\ t_1 &:= 10 \text{ mm} && \dots \text{ tloušťka styčnickového plechu} \\ r_1 &:= 72 \text{ mm} && \dots \text{ rameno sil od svaru} \\ \theta_1 &:= 39.2^\circ && \dots \text{ úhel mezi diagonálou a vzpěrou} \\ N_{1.Ed} &:= 106.01 \text{ kN} && \dots \text{ maximální síla v diagonále} \end{aligned}$$

$$\eta_1 := \frac{h_1}{d_0} = 1.791 < 4$$

$$\sigma_{1.p.Ed} := \frac{N_{Ed}}{A_0} = 0.919 \text{ MPa}$$

$$n_{1.p} := \frac{\sigma_{1.p.Ed}}{f_{y0} \cdot \gamma_{M5}} = 0.004$$

$$k_{1.p} := 1 - 0.3 n_{1.p} \cdot (1 + n_{1.p}) = 0.999$$

$$N_{1.Rd} := \frac{5 \cdot k_{1.p} \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (1 + 0.25 \cdot \eta_1)}{\gamma_{M5}} = 169.92 \text{ kN}$$

$$M_{ip.1.Rd} := h_1 \cdot N_{1.Rd} = 46.388 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$n_1 := \frac{N_{1.Ed} \cdot \sin(\theta_1)}{N_{1.Rd}} = 0.39 < 1$$

vyhovuje

$$m_1 := \frac{N_{1.Ed} \cdot \cos(\theta_1) \cdot r_1}{M_{ip.1.Rd}} = 0.13 < 1$$

vyhovuje

### Styk s diagonálou v rovině obloukové části

$$\begin{aligned} h_2 &:= 275 \text{ mm} && \dots \text{ styková délka styčnickového plechu a trubky} \\ t_2 &:= 10 \text{ mm} && \dots \text{ tloušťka styčnickového plechu} \\ r_2 &:= 73 \text{ mm} && \dots \text{ rameno sil od svaru} \\ \theta_2 &:= 39.3^\circ && \dots \text{ úhel mezi diagonálou a vzpěrou} \\ N_{2.Ed} &:= 84.80 \text{ kN} && \dots \text{ maximální síla v diagonále} \end{aligned}$$

$$\eta_2 := \frac{h_2}{d_0} = 1.804 < 4$$

$$\sigma_{2.p.Ed} := \frac{N_{Ed}}{A_0} = 0.919 \text{ MPa}$$

$$n_{2.p} := \frac{\sigma_{2.p.Ed}}{f_{y0} \cdot \gamma_{M5}} = 0.004$$

$$k_{2.p} := 1 - 0.3 n_{2.p} \cdot (1 + n_{2.p}) = 0.999$$

$$N_{2.Rd} := \frac{5 \cdot k_{2.p} \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (1 + 0.25 \cdot \eta_2)}{\gamma_{M5}} = 170.305 \text{ kN}$$

$$M_{ip.2.Rd} := h_2 \cdot N_{2.Rd} = 46.834 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$n_2 := \frac{N_{2.Ed} \cdot \sin(\theta_2)}{N_{2.Rd}} = 0.32 < 1$$

vyhovuje

$$m_2 := \frac{N_{2.Ed} \cdot \cos(\theta_2) \cdot r_2}{M_{ip.2.Rd}} = 0.1 < 1$$

vyhovuje

Rovina stěny

$$n_1 = 0.39$$

$$m_1 = 0.13$$

Rovina oblouku

$$n_2 = 0.32$$

$$m_2 = 0.1$$

$$d_0 = 152.4 \text{ mm}$$

$$V_{Ed} = 100.18 \text{ kN}$$

$$A_w = 2472 \text{ mm}^2$$

$$N_{Ed} = 4.11 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 20.91 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_w = 94390 \text{ mm}^3$$

$$\beta_w = 0.8$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

$$N_{1.Ed} = 106.01 \text{ kN}$$

$$\theta_1 = 39.2^\circ$$

$$r_1 = 72 \text{ mm}$$

$$N_{2.Ed} = 84.8 \text{ kN}$$

$$\theta_2 = 39.3^\circ$$

$$r_2 = 73 \text{ mm}$$

$$V_{Ed} = 82.152 \text{ kN}$$

$$A_w = 2184 \text{ mm}^2$$

$$N_{Ed} = 67.001 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 5.91 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_w = 99372 \text{ mm}^3$$

$$\beta_w = 0.8$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

### Kombinace vlivu obou přípojí najednou

Bezpečně uvažován součet využití ve dvou rovinných stykích s trubkou.

$$n_1 + m_1^2 + n_2 + m_2^2 = 0.736 < 1$$

vyhovuje

NÁVRH: TR 152.4x10

### Posouzení svaru ke sloupu

Parametry svaru

$$a_w := 5 \text{ mm}$$

$$W_w := \frac{\pi}{2 \cdot (d_0 + 2 \cdot a_w)} \cdot \left( \left( \frac{d_0}{2} + a_w \right)^4 - \left( \frac{d_0}{2} \right)^4 \right) = 94390 \text{ mm}^3$$

$$A_w := \pi \cdot a_w \cdot (d_0 + a_w) = 2472 \text{ mm}^2$$

Posouzení svaru

$$\tau_{\parallel,1} := \frac{V_{Ed}}{A_w} = 40.52 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,1} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left( \frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{Ed}}{W_w} \right) = 157.83 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp,1} := \sigma_{\perp,1} = 157.834 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{\parallel,1}^2)} = 323.4 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,1} = 157.8 \text{ MPa} < \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259.2 \text{ MPa}$$

vyhovuje

NÁVRH: koutový svar  $a_w = 5 \text{ mm}$

### Posouzení svaru styčnickového plechu k trubce

Parametry svaru

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$l_w := \min(h_1, h_2) = 273 \text{ mm}$$

$$W_w := 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a_w \cdot l_w^2 = 99372 \text{ mm}^3$$

$$A_w := 2 \cdot a_w \cdot l_w = 2184 \text{ mm}^2$$

$$N_{Ed} := \max(N_{1.Ed} \cdot \sin(\theta_1), N_{2.Ed} \cdot \sin(\theta_2)) = 67 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := \max(N_{1.Ed} \cdot \cos(\theta_1), N_{2.Ed} \cdot \cos(\theta_2)) = 82.152 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := \max(N_{1.Ed} \cdot \cos(\theta_1) \cdot r_1, N_{2.Ed} \cdot \cos(\theta_2) \cdot r_2) = 5.915 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Posouzení svaru

$$\tau_{\parallel,1} := \frac{V_{Ed}}{A_w} = 37.62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,1} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left( \frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{Ed}}{W_w} \right) = 63.78 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp,1} := \sigma_{\perp,1} = 63.782 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{\parallel,1}^2)} = 143.2 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,1} = 63.8 \text{ MPa} < \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259.2 \text{ MPa}$$

vyhovuje

NÁVRH: koutový svar  $a_w = 4 \text{ mm}$

## PŘÍLOHA A – VYKRESLENÉ ZATÍŽENÍ

Příloha nejprve obsahuje vykreslené zatížení z 2D modelu hlavní vazby na variantě A. S využitím symetrie konstrukce je zatížení zadáno pouze z jedné strany s cílem výrazného omezení kombinací. Z důvodu asymetrie středních podpor jsou provedeny dva modely, kde se pouze změní střední posuvná podpora za střední pevnou a naopak. U varianty B zatížení zadáno stejně.

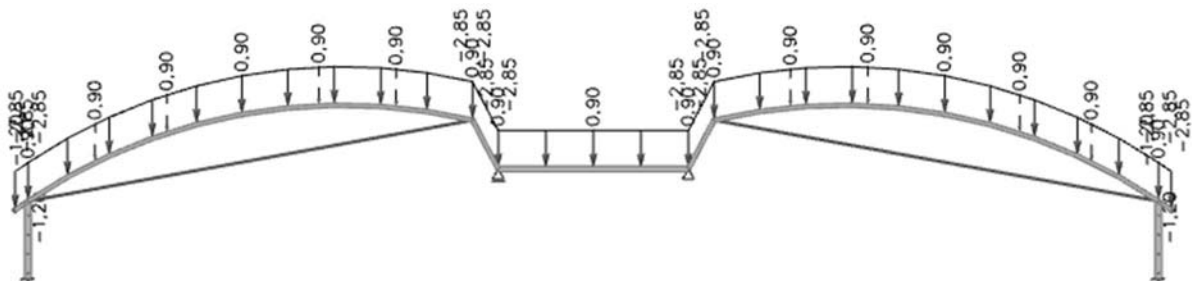
Příloha dále obsahuje vykreslení zatížení na 3D modelu. Pro zachování daného počtu kombinací bylo využíváno čtyř modelů, z důvodu asymetrie středních podpor a ověření vlivu imperfekcí zavedených pomocí náhradních sil.

### 2D MODEL

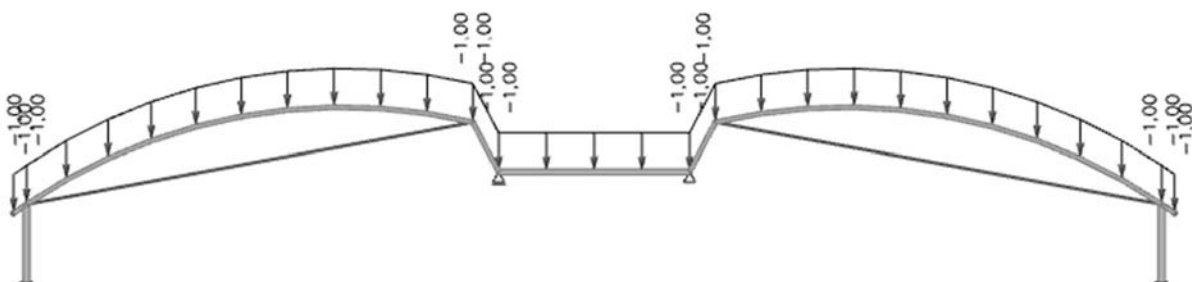
#### ZS1 – vlastní tíha

- započítána softwarem

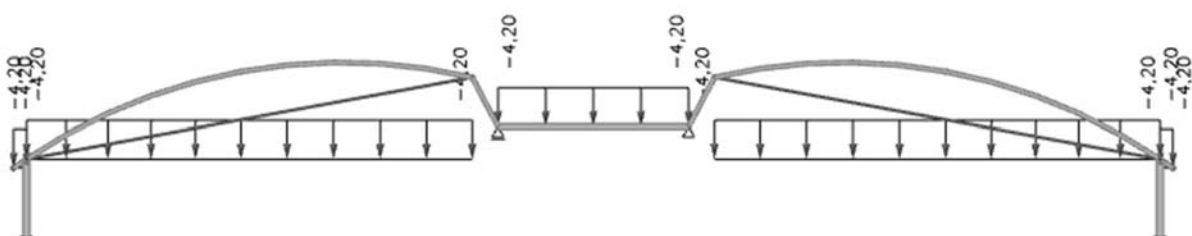
#### ZS2 – ostatní stálé – plášť



#### ZS3 – ostatní stálé – technologie

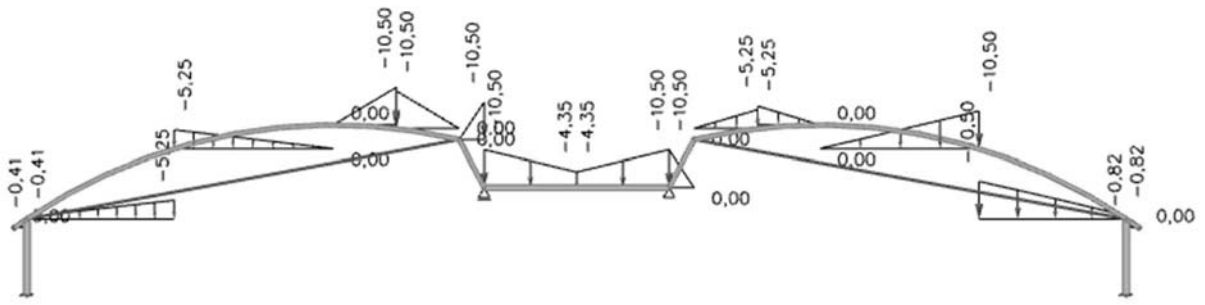


#### ZS4 – sníh 1

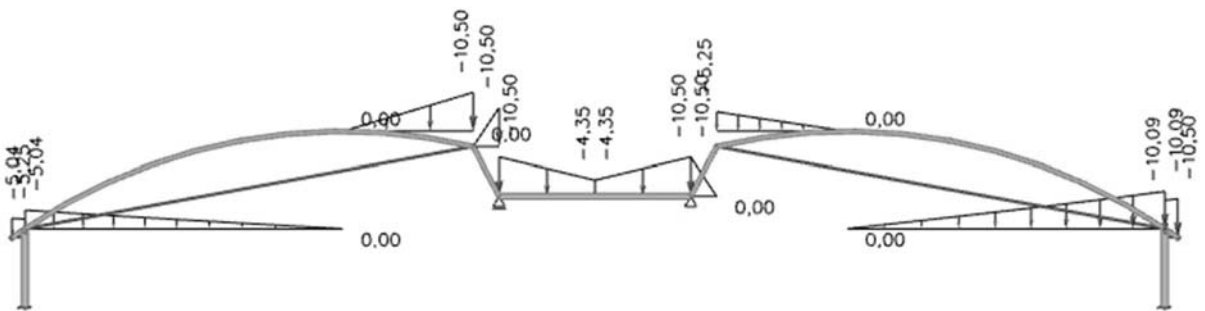




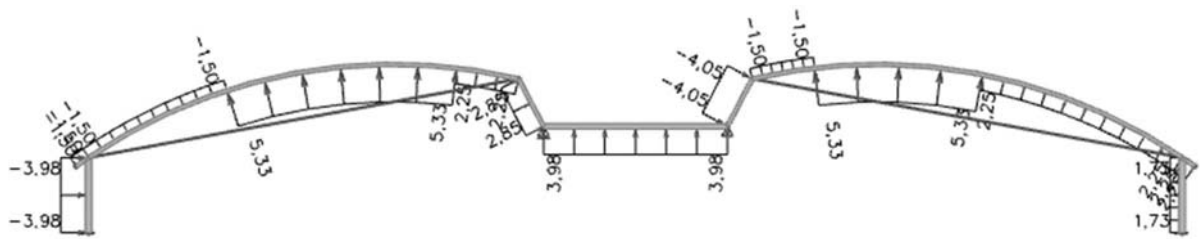
### ZS5 – sních 2



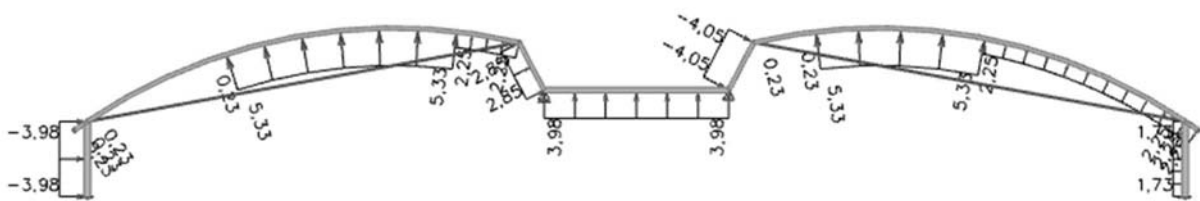
### ZS6 – sních 3



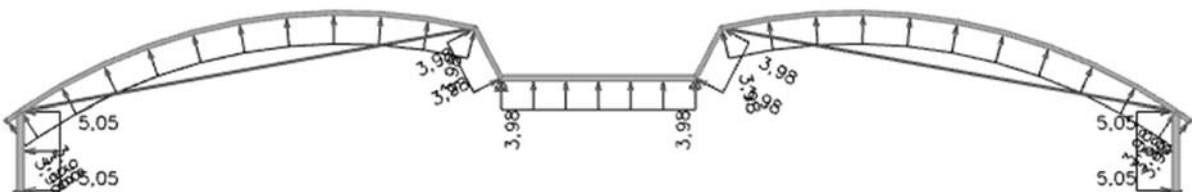
### ZS7 – příčný vítr 1



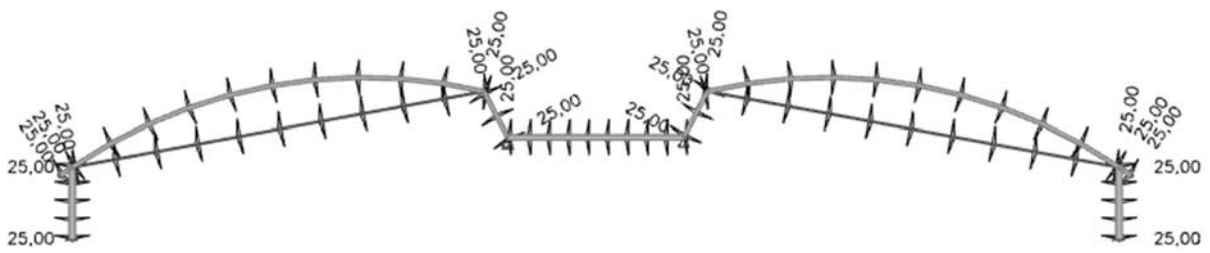
### ZS8 – příčný vítr 2



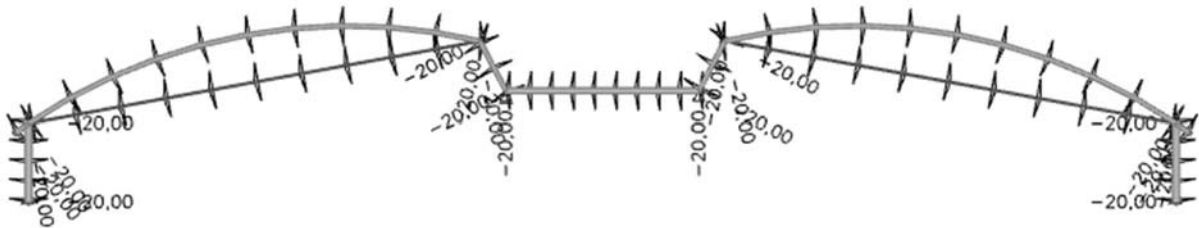
### ZS9 – podélný vítr



## ZS10 – Teplota 1 (+)



## ZS11 – Teplota 2 (-)

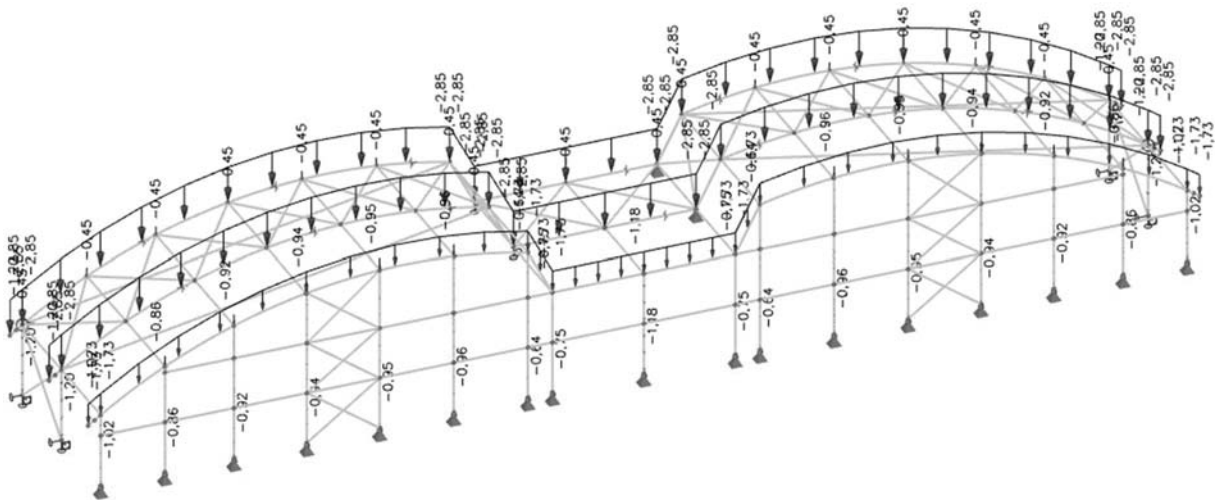


## 3D MODEL

### ZS1 – vlastní tíha

- započítána softwarem

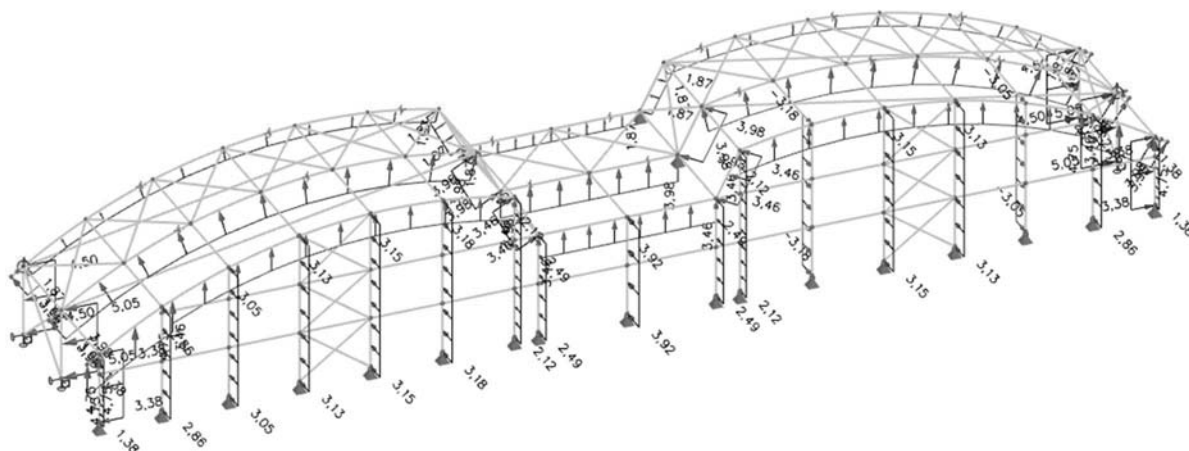
### ZS2 – ostatní stálé – plášť







## ZS9 – podélný vítr



## ZS10 – Teplota 1 (+)

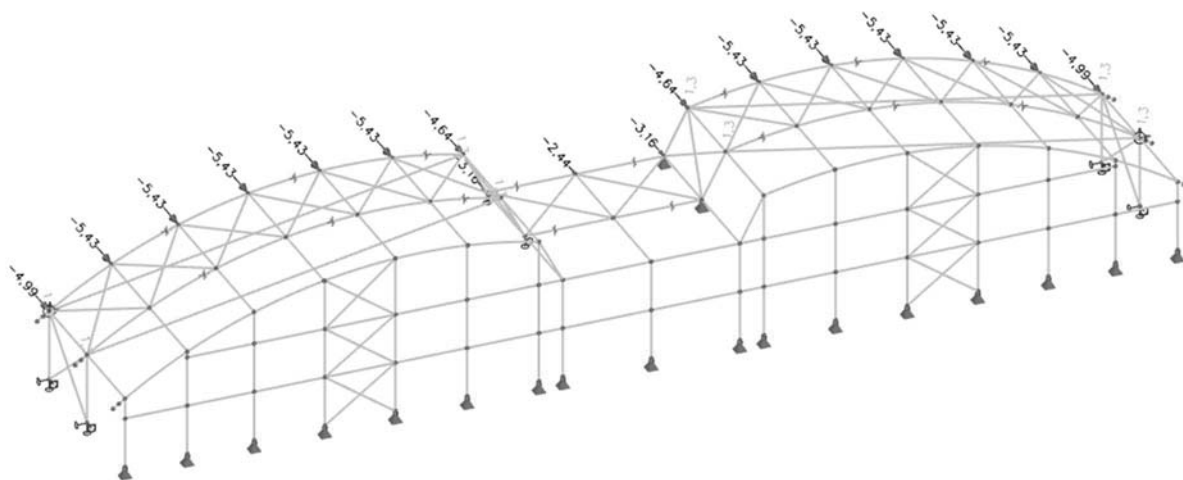
- konstrukce zatížená o + 25 K

## ZS11 – Teplota 2 (-)

- konstrukce zatížená o - 25 K

## ZS11 – Předpětí + imperfekce

- ověřován i opačný směr zavedení náhradních sil od imperfekcí



## PŘÍLOHA B – NELINEÁRNÍ KOMBINACE

Příloha obsahuje výpis všech nelineárních kombinací vytvořených dle vztahu 6.10 normy EN 1990. Výpis je vyexportován z modelu pro konstrukční variantu A. V ostatních modelech jsou všechny kombinace rozšířeny ještě o zatěžovací stav Předpětí a imperfekcí, které bylo nutno doplnit, kvůli odlišnému zadání předpětí (teoretická možnost vzniku tlaku v táhlech) a kvůli doplnění imperfekcí zadaných náhradními silami do 3D modelu ztužidla. Počet kombinací je snížen využitím symetrie geometrie konstrukce a využitím více modelů s ohledem na nesymetrii středních podpor a směr náhradních sil imperfekcí.

| Jméno  | Typ      | Zatěžovací stavy                  | Souč. [-] |
|--|----------|-----------------------------------|-----------|
| <i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *</i> |          |                                   |           |
| NK_MSÚ_snih6   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS4 - Snih 1                      | 1,50      |
| NK_MSÚ_snih7   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS5 - Snih 2                      | 1,50      |
| NK_MSÚ_snih8   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS6 - Snih 3                      | 1,50      |
| NK_MSÚ_snih12  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS4 - Snih 1                      | 1,50      |
|  |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,90      |
| NK_MSÚ_snih13  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS5 - Snih 2                      | 1,50      |
|  |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,90      |
| NK_MSÚ_snih14  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS4 - Snih 1                      | 1,50      |
|  |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,90      |
| NK_MSÚ_snih15  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS6 - Snih 3                      | 1,50      |
|  |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,90      |
| NK_MSÚ_snih16  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS5 - Snih 2                      | 1,50      |
|  |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,90      |
| NK_MSÚ_snih17  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS4 - Snih 1                      | 1,50      |
|  |          | ZS9 - Podelný vítr                | 0,90      |
| NK_MSÚ_snih18  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS6 - Snih 3                      | 1,50      |
|  |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,90      |

| Jméno   | Typ      | Zatěžovací stavy                  | Souč. [-] |
|---|----------|-----------------------------------|-----------|
| <i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S</i> |          |                                   |           |
| NK_MSÚ_sneh19   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|   |          | ZS5 - Snih 2                      | 1,50      |
|   |          | ZS9 - Podelný vítr                | 0,90      |
| NK_MSÚ_sneh20   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|   |          | ZS4 - Snih 1                      | 1,50      |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,90      |
| NK_MSÚ_sneh21   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|   |          | ZS6 - Snih 3                      | 1,50      |
|   |          | ZS9 - Podelný vítr                | 0,90      |
| NK_MSÚ_sneh22   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|   |          | ZS5 - Snih 2                      | 1,50      |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,90      |
| NK_MSÚ_sneh23   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|   |          | ZS6 - Snih 3                      | 1,50      |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,90      |
| NK_MSÚ_sneh24   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|   |          | ZS4 - Snih 1                      | 1,50      |
|   |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,90      |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,90      |
| NK_MSÚ_sneh25   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|   |          | ZS5 - Snih 2                      | 1,50      |
|   |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,90      |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,90      |
| NK_MSÚ_sneh26   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|   |          | ZS4 - Snih 1                      | 1,50      |
|   |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,90      |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,90      |
| NK_MSÚ_sneh27   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|   |          | ZS6 - Snih 3                      | 1,50      |
|   |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,90      |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,90      |
| NK_MSÚ_sneh28   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|   |          | ZS5 - Snih 2                      | 1,50      |
|   |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,90      |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,90      |

| Jméno  | Typ      | Zatěžovací stavy                  | Souč. [-] |
|--|----------|-----------------------------------|-----------|
| <i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *</i> |          |                                   |           |
| NK_MSÚ_sneh29  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS4 - Sníh 1                      | 1,50      |
|  |          | ZS9 - Podelný vítr                | 0,90      |
|  |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,90      |
| NK_MSÚ_sneh30  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS6 - Sníh 3                      | 1,50      |
|  |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,90      |
|  |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,90      |
| NK_MSÚ_sneh31  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS5 - Sníh 2                      | 1,50      |
|  |          | ZS9 - Podelný vítr                | 0,90      |
|  |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,90      |
| NK_MSÚ_sneh32  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS6 - Sníh 3                      | 1,50      |
|  |          | ZS9 - Podelný vítr                | 0,90      |
|  |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,90      |
| NK_MSÚ_vitr_A6   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,50      |
| NK_MSÚ_vitr_A7   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,50      |
| NK_MSÚ_vitr_A11  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS4 - Sníh 1                      | 0,75      |
|  |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,50      |
| NK_MSÚ_vitr_A12  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS5 - Sníh 2                      | 0,75      |
|  |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,50      |
| NK_MSÚ_vitr_A13  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS4 - Sníh 1                      | 0,75      |
|  |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,50      |
| NK_MSÚ_vitr_A14  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS6 - Sníh 3                      | 0,75      |
|  |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,50      |
| NK_MSÚ_vitr_A15  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |          | ZS5 - Sníh 2                      | 0,75      |
|  |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,50      |



| Jméno   | Typ      | Zatěžovací stavy                  | Souč.<br>[-] |
|---|----------|-----------------------------------|--------------|
| <i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S</i> |          |                                   |              |
| NK_MSÚ_vitr_A16   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35         |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|   |          | ZS6 - Sníh 3                      | 0,75         |
|   |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,50         |
| NK_MSÚ_vitr_A17   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35         |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|   |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,50         |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,90         |
| NK_MSÚ_vitr_A18   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35         |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|   |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,50         |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,90         |
| NK_MSÚ_vitr_A19   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35         |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|   |          | ZS4 - Sníh 1                      | 0,75         |
|   |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,50         |
| ZS11 - Teplota 2 (-)  | 0,90     |                                   |              |
| NK_MSÚ_vitr_A20   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35         |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|   |          | ZS5 - Sníh 2                      | 0,75         |
|   |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,50         |
| ZS11 - Teplota 2 (-)  | 0,90     |                                   |              |
| NK_MSÚ_vitr_A21   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35         |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|   |          | ZS4 - Sníh 1                      | 0,75         |
|   |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,50         |
| ZS11 - Teplota 2 (-)  | 0,90     |                                   |              |
| NK_MSÚ_vitr_A22   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35         |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|   |          | ZS6 - Sníh 3                      | 0,75         |
|   |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,50         |
| ZS11 - Teplota 2 (-)  | 0,90     |                                   |              |
| NK_MSÚ_vitr_A23   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35         |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|   |          | ZS5 - Sníh 2                      | 0,75         |
|   |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,50         |
| ZS11 - Teplota 2 (-)  | 0,90     |                                   |              |
| NK_MSÚ_vitr_A24   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35         |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|   |          | ZS6 - Sníh 3                      | 0,75         |
|   |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,50         |
| ZS11 - Teplota 2 (-)  | 0,90     |                                   |              |
| NK_MSÚ_vitr_B4  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,50         |
| NK_MSÚ_vitr_B5  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,50         |

| Jméno   | Typ      | Zatěžovací stavy                  | Souč.<br>[-] |
|---|----------|-----------------------------------|--------------|
| <i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S</i> |          |                                   |              |
| NK_MSÚ_vitr_B6  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |          | ZS9 - Podelný vítr                | 1,50         |
| NK_MSÚ_vitr_B7  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,50         |
|   |          | ZS10 - Teplota 1 (+)              | 0,90         |
| NK_MSÚ_vitr_B8  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,50         |
|   |          | ZS10 - Teplota 1 (+)              | 0,90         |
| NK_MSÚ_vitr_B9  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,50         |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,90         |
| NK_MSÚ_vitr_B10   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |          | ZS9 - Podelný vítr                | 1,50         |
|   |          | ZS10 - Teplota 1 (+)              | 0,90         |
| NK_MSÚ_vitr_B11   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,50         |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,90         |
| NK_MSÚ_vitr_B12   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |          | ZS9 - Podelný vítr                | 1,50         |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,90         |
| NK_MSÚ_teplota_A8   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35         |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,50         |
| NK_MSÚ_teplota_A18  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35         |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|   |          | ZS4 - Sníh 1                      | 0,75         |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,50         |
| NK_MSÚ_teplota_A19  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35         |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|   |          | ZS5 - Sníh 2                      | 0,75         |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,50         |
| NK_MSÚ_teplota_A20  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35         |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|   |          | ZS6 - Sníh 3                      | 0,75         |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,50         |
| NK_MSÚ_teplota_A21  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35         |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|   |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,90         |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,50         |
| NK_MSÚ_teplota_A22  | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|   |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35         |
|   |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|   |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,90         |
|   |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,50         |

| Jméno  | Typ      | Zatěžovací stavy                  | Souč.<br>[-] |
|--|----------|-----------------------------------|--------------|
| <i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *</i> |          |                                   |              |
| NK_MSÚ_teplota_A23   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášt'      | 1,35         |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|  |          | ZS9 - Podelný vítr                | 0,90         |
|  |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,50         |
| NK_MSÚ_teplota_A24   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášt'      | 1,35         |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|  |          | ZS4 - Sníh 1                      | 0,75         |
|  |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,90         |
|  |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,50         |
| NK_MSÚ_teplota_A25   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášt'      | 1,35         |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|  |          | ZS5 - Sníh 2                      | 0,75         |
|  |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,90         |
|  |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,50         |
| NK_MSÚ_teplota_A26   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášt'      | 1,35         |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|  |          | ZS4 - Sníh 1                      | 0,75         |
|  |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,90         |
|  |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,50         |
| NK_MSÚ_teplota_A27   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášt'      | 1,35         |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|  |          | ZS6 - Sníh 3                      | 0,75         |
|  |          | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,90         |
|  |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,50         |
| NK_MSÚ_teplota_A28   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášt'      | 1,35         |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|  |          | ZS5 - Sníh 2                      | 0,75         |
|  |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,90         |
|  |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,50         |
| NK_MSÚ_teplota_A29   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášt'      | 1,35         |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|  |          | ZS4 - Sníh 1                      | 0,75         |
|  |          | ZS9 - Podelný vítr                | 0,90         |
|  |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,50         |
| NK_MSÚ_teplota_A30   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášt'      | 1,35         |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|  |          | ZS6 - Sníh 3                      | 0,75         |
|  |          | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,90         |
|  |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,50         |
| NK_MSÚ_teplota_A31   | Únosnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35         |
|  |          | ZS2 - Ostatní stálé - plášt'      | 1,35         |
|  |          | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35         |
|  |          | ZS5 - Sníh 2                      | 0,75         |
|  |          | ZS9 - Podelný vítr                | 0,90         |
|  |          | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,50         |

| Jméno  | Typ          | Zatěžovací stavy                  | Souč. [-] |
|--|--------------|-----------------------------------|-----------|
| <i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i> |              |                                   |           |
| NK_MSÚ_teplota_A32   | Únosnost     | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |              | ZS6 - Sníh 3                      | 0,75      |
|  |              | ZS9 - Podelný vítr                | 0,90      |
|  |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,50      |
| NK_MSÚ_teplota_B5  | Únosnost     | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |              | ZS10 - Teplota 1 (+)              | 1,50      |
| NK_MSÚ_teplota_B6  | Únosnost     | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |              | ZS7 - Příkladný vítr 1            | 0,90      |
|  |              | ZS10 - Teplota 1 (+)              | 1,50      |
| NK_MSÚ_teplota_B7  | Únosnost     | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |              | ZS8 - Příkladný vítr 2            | 0,90      |
|  |              | ZS10 - Teplota 1 (+)              | 1,50      |
| NK_MSÚ_teplota_B8  | Únosnost     | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,35      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,35      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,35      |
|  |              | ZS9 - Podelný vítr                | 0,90      |
|  |              | ZS10 - Teplota 1 (+)              | 1,50      |
| NK_MSP_sníh6   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00      |
|  |              | ZS4 - Sníh 1                      | 1,00      |
| NK_MSP_sníh7   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00      |
|  |              | ZS5 - Sníh 2                      | 1,00      |
| NK_MSP_sníh8   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00      |
|  |              | ZS6 - Sníh 3                      | 1,00      |
| NK_MSP_sníh12  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00      |
|  |              | ZS4 - Sníh 1                      | 1,00      |
|  |              | ZS7 - Příkladný vítr 1            | 0,60      |
| NK_MSP_sníh13  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00      |
|  |              | ZS5 - Sníh 2                      | 1,00      |
|  |              | ZS7 - Příkladný vítr 1            | 0,60      |
| NK_MSP_sníh14  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00      |
|  |              | ZS4 - Sníh 1                      | 1,00      |
|  |              | ZS8 - Příkladný vítr 2            | 0,60      |

| Jméno   | Typ          | Zatěžovací stavy                  | Souč.<br>[-] |
|---|--------------|-----------------------------------|--------------|
| <i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S</i> |              |                                   |              |
| NK_MSP_snih15   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS6 - Snih 3                      | 1,00         |
|   |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,60         |
| NK_MSP_snih16   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS5 - Snih 2                      | 1,00         |
|   |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,60         |
| NK_MSP_snih17   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS4 - Snih 1                      | 1,00         |
|   |              | ZS9 - Podelný vítr                | 0,60         |
| NK_MSP_snih18   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS6 - Snih 3                      | 1,00         |
|   |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,60         |
| NK_MSP_snih19   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS5 - Snih 2                      | 1,00         |
|   |              | ZS9 - Podelný vítr                | 0,60         |
| NK_MSP_snih20   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS4 - Snih 1                      | 1,00         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60         |
| NK_MSP_snih21   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS6 - Snih 3                      | 1,00         |
|   |              | ZS9 - Podelný vítr                | 0,60         |
| NK_MSP_snih22   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS5 - Snih 2                      | 1,00         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60         |
| NK_MSP_snih23   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS6 - Snih 3                      | 1,00         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60         |
| NK_MSP_snih24   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS4 - Snih 1                      | 1,00         |
|   |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,60         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60         |
| NK_MSP_snih25   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS5 - Snih 2                      | 1,00         |
|   |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,60         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60         |

| Jméno  | Typ          | Zatěžovací stavy                  | Souč.<br>[-] |
|--|--------------|-----------------------------------|--------------|
| <i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *</i> |              |                                   |              |
| NK_MSP_sneh26  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS4 - Sníh 1                      | 1,00         |
|  |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,60         |
|  |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60         |
| NK_MSP_sneh27  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS6 - Sníh 3                      | 1,00         |
|  |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,60         |
|  |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60         |
| NK_MSP_sneh28  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS5 - Sníh 2                      | 1,00         |
|  |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,60         |
|  |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60         |
| NK_MSP_sneh29  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS4 - Sníh 1                      | 1,00         |
|  |              | ZS9 - Podélný vítr                | 0,60         |
|  |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60         |
| NK_MSP_sneh30  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS6 - Sníh 3                      | 1,00         |
|  |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,60         |
|  |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60         |
| NK_MSP_sneh31  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS5 - Sníh 2                      | 1,00         |
|  |              | ZS9 - Podélný vítr                | 0,60         |
|  |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60         |
| NK_MSP_sneh32  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS6 - Sníh 3                      | 1,00         |
|  |              | ZS9 - Podélný vítr                | 0,60         |
|  |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60         |
| NK_MSP_vitr_A6   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,00         |
| NK_MSP_vitr_A7   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,00         |
| NK_MSP_vitr_A11  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS4 - Sníh 1                      | 0,50         |
|  |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,00         |

| Jméno  | Typ          | Zatěžovací stavy                  | Souč. [-] |
|--|--------------|-----------------------------------|-----------|
| <i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *</i> |              |                                   |           |
| NK_MSP_vitr_A12  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00      |
|  |              | ZS5 - Sníh 2                      | 0,50      |
|  |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,00      |
| NK_MSP_vitr_A13  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00      |
|  |              | ZS4 - Sníh 1                      | 0,50      |
|  |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,00      |
| NK_MSP_vitr_A14  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00      |
|  |              | ZS6 - Sníh 3                      | 0,50      |
|  |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,00      |
| NK_MSP_vitr_A15  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00      |
|  |              | ZS5 - Sníh 2                      | 0,50      |
|  |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,00      |
| NK_MSP_vitr_A16  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00      |
|  |              | ZS6 - Sníh 3                      | 0,50      |
|  |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,00      |
| NK_MSP_vitr_A17  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00      |
|  |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,00      |
|  |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60      |
| NK_MSP_vitr_A18  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00      |
|  |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,00      |
|  |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60      |
| NK_MSP_vitr_A19  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00      |
|  |              | ZS4 - Sníh 1                      | 0,50      |
|  |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,00      |
| NK_MSP_vitr_A20  | Použitelnost | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60      |
|  |              | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00      |
|  |              | ZS5 - Sníh 2                      | 0,50      |
| NK_MSP_vitr_A21  | Použitelnost | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,00      |
|  |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60      |
|  |              | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00      |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00      |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00      |
|  |              | ZS4 - Sníh 1                      | 0,50      |
|  |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,00      |
|  |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60      |

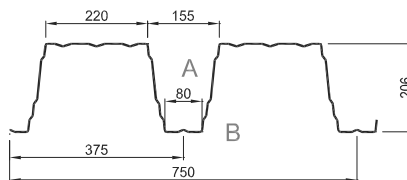
| Jméno   | Typ          | Zatěžovací stavy                  | Souč.<br>[-] |
|---|--------------|-----------------------------------|--------------|
| <i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S</i> |              |                                   |              |
| NK_MSP_vitr_A22   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS6 - Sníh 3                      | 0,50         |
|   |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,00         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60         |
| NK_MSP_vitr_A23   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS5 - Sníh 2                      | 0,50         |
|   |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,00         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60         |
| NK_MSP_vitr_A24   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS6 - Sníh 3                      | 0,50         |
|   |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,00         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60         |
| NK_MSP_vitr_B4  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,00         |
| NK_MSP_vitr_B5  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,00         |
| NK_MSP_vitr_B6  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS9 - Podelný vítr                | 1,00         |
| NK_MSP_vitr_B7  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,00         |
|   |              | ZS10 - Teplota 1 (+)              | 0,60         |
| NK_MSP_vitr_B8  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 1,00         |
|   |              | ZS10 - Teplota 1 (+)              | 0,60         |
| NK_MSP_vitr_B9  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 1,00         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60         |
| NK_MSP_vitr_B10   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS9 - Podelný vítr                | 1,00         |
|   |              | ZS10 - Teplota 1 (+)              | 0,60         |
| NK_MSP_vitr_B12   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS9 - Podelný vítr                | 1,00         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 0,60         |
| NK_MSP_teplota_A8   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,00         |



| Jméno   | Typ          | Zatěžovací stavy                  | Souč.<br>[-] |
|---|--------------|-----------------------------------|--------------|
| <i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S</i> |              |                                   |              |
| NK_MSP_teplota_A18  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS4 - Sníh 1                      | 0,50         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,00         |
| NK_MSP_teplota_A19  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS5 - Sníh 2                      | 0,50         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,00         |
| NK_MSP_teplota_A20  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS6 - Sníh 3                      | 0,50         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,00         |
| NK_MSP_teplota_A21  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,60         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,00         |
| NK_MSP_teplota_A22  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,60         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,00         |
| NK_MSP_teplota_A23  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS9 - Podelný vítr                | 0,60         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,00         |
| NK_MSP_teplota_A24  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS4 - Sníh 1                      | 0,50         |
|   |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,60         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,00         |
| NK_MSP_teplota_A25  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS5 - Sníh 2                      | 0,50         |
|   |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,60         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,00         |
| NK_MSP_teplota_A26  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS4 - Sníh 1                      | 0,50         |
|   |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,60         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,00         |
| NK_MSP_teplota_A27  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|   |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|   |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|   |              | ZS6 - Sníh 3                      | 0,50         |
|   |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,60         |
|   |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,00         |

| Jméno  | Typ          | Zatěžovací stavy                  | Souč.<br>[-] |
|--|--------------|-----------------------------------|--------------|
| <i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *</i> |              |                                   |              |
| NK_MSP_teplota_A28   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS5 - Sníh 2                      | 0,50         |
|  |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,60         |
|  |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,00         |
| NK_MSP_teplota_A29   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS4 - Sníh 1                      | 0,50         |
|  |              | ZS9 - Podelný vítr                | 0,60         |
|  |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,00         |
| NK_MSP_teplota_A30   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS6 - Sníh 3                      | 0,50         |
|  |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,60         |
|  |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,00         |
| NK_MSP_teplota_A31   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS5 - Sníh 2                      | 0,50         |
|  |              | ZS9 - Podelný vítr                | 0,60         |
|  |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,00         |
| NK_MSP_teplota_A32   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS6 - Sníh 3                      | 0,50         |
|  |              | ZS9 - Podelný vítr                | 0,60         |
|  |              | ZS11 - Teplota 2 (-)              | 1,00         |
| NK_MSP_teplota_B5  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS10 - Teplota 1 (+)              | 1,00         |
|  |              |                                   |              |
| NK_MSP_teplota_B6  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,60         |
|  |              | ZS10 - Teplota 1 (+)              | 1,00         |
| NK_MSP_teplota_B6  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS7 - Příčný vítr 1               | 0,60         |
|  |              | ZS10 - Teplota 1 (+)              | 1,00         |
| NK_MSP_teplota_B7  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS8 - Příčný vítr 2               | 0,60         |
|  |              | ZS10 - Teplota 1 (+)              | 1,00         |
| NK_MSP_teplota_B8  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |
|  |              | ZS3 - Ostatní stálé - technologie | 1,00         |
|  |              | ZS9 - Podelný vítr                | 0,60         |
|  |              | ZS10 - Teplota 1 (+)              | 1,00         |
| NK_předpětí  | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
| NK_vliv_předpětí   | Použitelnost | ZS1 - Vlastní tíha                | 1,00         |
|  |              | ZS2 - Ostatní stálé - plášť       | 1,00         |

# TR 206/375 pozitivní



dle ČSN EN 1993-1-3: 2010

$\gamma_{M0} = 1,00$

Deformace = L/200

|                     |                        | Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m <sup>2</sup> ] |       |       |       |       |       |       |      |             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |
|---------------------|------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| t <sub>N</sub> [mm] | g [kg/m <sup>2</sup> ] | Rozpětí [m]  |       |       |       |       |       |       |      | Rozpětí [m] |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |
|                     |                        | 5,00   | 5,25  | 5,50  | 5,75  | 6,00  | 6,25  | 6,50  | 6,75 | 7,00        | 7,25 | 7,50 | 7,75 | 8,00 | 8,25 | 8,50 | 8,75 | 9,00 | 9,25 | 9,50 | 9,75 | 10,00 |      |
| 0,75                | 12,00                  | q <sub>d1</sub>                                    | 4,69  | 4,25  | 3,88  | 3,55  | 3,26  | 3,00  | 2,78 | 2,57        | 2,39 | 2,23 | 2,08 | 1,95 | 1,83 | 1,72 | 1,62 | 1,53 | 1,45 | 1,37 | 1,30 | 1,23  | 1,17 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 1,84  | 1,75  | 1,67  | 1,60  | 1,53  | 1,47  | 1,42 | 1,36        | 1,32 | 1,27 | 1,23 | 1,19 | 1,15 | 1,12 | 1,08 | 1,05 | 1,02 | 1,00 | 0,97 | 0,94  | 0,92 |
|                     |                        | q <sub>k</sub>                                     | 4,05  | 3,50  | 3,05  | 2,67  | 2,35  | 2,08  | 1,85 | 1,65        | 1,48 | 1,33 | 1,20 | 1,09 | 0,99 | 0,90 | 0,83 | 0,76 | 0,70 | 0,64 | 0,59 | 0,55  | 0,51 |
| 0,88                | 14,08                  | q <sub>d1</sub>                                    | 6,00  | 5,44  | 4,96  | 4,54  | 4,17  | 3,84  | 3,55 | 3,29        | 3,06 | 2,85 | 2,67 | 2,50 | 2,34 | 2,20 | 2,08 | 1,96 | 1,85 | 1,75 | 1,66 | 1,58  | 1,50 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 2,72  | 2,59  | 2,48  | 2,37  | 2,27  | 2,18  | 2,09 | 2,02        | 1,95 | 1,88 | 1,82 | 1,76 | 1,70 | 1,65 | 1,60 | 1,56 | 1,51 | 1,47 | 1,43 | 1,40  | 1,36 |
|                     |                        | q <sub>k</sub>                                     | 4,89  | 4,22  | 3,67  | 3,22  | 2,83  | 2,50  | 2,23 | 1,99        | 1,78 | 1,60 | 1,45 | 1,31 | 1,19 | 1,09 | 1,00 | 0,91 | 0,84 | 0,77 | 0,71 | 0,66  | 0,61 |
| 1,00                | 16,00                  | q <sub>d1</sub>                                    | 7,01  | 6,36  | 5,79  | 5,30  | 4,87  | 4,48  | 4,15 | 3,84        | 3,58 | 3,33 | 3,11 | 2,92 | 2,74 | 2,57 | 2,42 | 2,29 | 2,16 | 2,05 | 1,94 | 1,84  | 1,75 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 3,70  | 3,53  | 3,37  | 3,22  | 3,09  | 2,96  | 2,85 | 2,74        | 2,64 | 2,55 | 2,47 | 2,39 | 2,31 | 2,24 | 2,18 | 2,12 | 2,06 | 2,00 | 1,94 | 1,84  | 1,75 |
|                     |                        | q <sub>k</sub>                                     | 5,62  | 4,86  | 4,23  | 3,70  | 3,26  | 2,88  | 2,56 | 2,29        | 2,05 | 1,85 | 1,67 | 1,51 | 1,37 | 1,25 | 1,14 | 1,05 | 0,96 | 0,89 | 0,82 | 0,76  | 0,70 |
| 1,13                | 18,08                  | q <sub>d1</sub>                                    | 8,12  | 7,36  | 6,71  | 6,14  | 5,64  | 5,19  | 4,80 | 4,45        | 4,14 | 3,86 | 3,61 | 3,38 | 3,17 | 2,98 | 2,81 | 2,65 | 2,50 | 2,37 | 2,25 | 2,13  | 2,03 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 4,78  | 4,55  | 4,35  | 4,16  | 3,98  | 3,82  | 3,68 | 3,54        | 3,41 | 3,30 | 3,19 | 3,08 | 2,99 | 2,90 | 2,81 | 2,65 | 2,50 | 2,37 | 2,25 | 2,13  | 2,03 |
|                     |                        | q <sub>k</sub>                                     | 6,40  | 5,53  | 4,81  | 4,21  | 3,70  | 3,27  | 2,91 | 2,60        | 2,33 | 2,10 | 1,90 | 1,72 | 1,56 | 1,42 | 1,30 | 1,19 | 1,10 | 1,01 | 0,93 | 0,86  | 0,80 |
| 1,25                | 20,00                  | q <sub>d1</sub>                                    | 9,26  | 8,40  | 7,65  | 7,00  | 6,43  | 5,93  | 5,48 | 5,08        | 4,72 | 4,40 | 4,12 | 3,85 | 3,62 | 3,40 | 3,20 | 3,02 | 2,86 | 2,71 | 2,56 | 2,43  | 2,31 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 5,89  | 5,61  | 5,35  | 5,12  | 4,91  | 4,71  | 4,53 | 4,36        | 4,21 | 4,06 | 3,93 | 3,80 | 3,62 | 3,40 | 3,20 | 3,02 | 2,86 | 2,71 | 2,56 | 2,43  | 2,31 |
|                     |                        | q <sub>k</sub>                                     | 7,07  | 6,11  | 5,31  | 4,65  | 4,09  | 3,62  | 3,22 | 2,87        | 2,58 | 2,32 | 2,10 | 1,90 | 1,73 | 1,57 | 1,44 | 1,32 | 1,21 | 1,12 | 1,03 | 0,95  | 0,88 |
| 1,50                | 24,00                  | q <sub>d1</sub>                                    | 12,22 | 11,08 | 10,10 | 9,24  | 8,49  | 7,82  | 7,23 | 6,71        | 6,23 | 5,81 | 5,43 | 5,09 | 4,77 | 4,49 | 4,23 | 3,99 | 3,77 | 3,57 | 3,39 | 3,21  | 3,06 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 6,31  | 6,01  | 5,74  | 5,49  | 5,26  | 5,05  | 4,86 | 4,68        | 4,51 | 4,35 | 4,21 | 4,07 | 3,95 | 3,83 | 3,71 | 3,61 | 3,51 | 3,41 | 3,32 | 3,21  | 3,06 |
|                     |                        | q <sub>k</sub>                                     | 8,56  | 7,40  | 6,43  | 5,63  | 4,96  | 4,38  | 3,90 | 3,48        | 3,12 | 2,81 | 2,54 | 2,30 | 2,09 | 1,91 | 1,74 | 1,60 | 1,47 | 1,35 | 1,25 | 1,15  | 1,07 |
| 0,75                | 12,00                  | q <sub>d1</sub>                                    | 3,51  | 3,27  | 3,05  | 2,85  | 2,67  | 2,50  | 2,36 | 2,22        | 2,10 | 1,98 | 1,88 | 1,78 | 1,69 | 1,61 | 1,54 | 1,47 | 1,40 | 1,34 | 1,28 | 1,23  | 1,18 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 2,46  | 2,34  | 2,23  | 2,14  | 2,05  | 1,96  | 1,89 | 1,82        | 1,75 | 1,69 | 1,61 | 1,53 | 1,46 | 1,39 | 1,33 | 1,27 | 1,22 | 1,17 | 1,12 | 1,08  | 1,03 |
|                     |                        | q <sub>k</sub>                                     | 9,77  | 8,44  | 7,34  | 6,42  | 5,65  | 5,00  | 4,45 | 3,97        | 3,56 | 3,20 | 2,89 | 2,62 | 2,38 | 2,17 | 1,99 | 1,82 | 1,67 | 1,54 | 1,42 | 1,32  | 1,22 |
| 0,88                | 14,08                  | q <sub>d1</sub>                                    | 4,78  | 4,43  | 4,13  | 3,85  | 3,60  | 3,38  | 3,17 | 2,99        | 2,82 | 2,66 | 2,52 | 2,39 | 2,27 | 2,15 | 2,05 | 1,95 | 1,86 | 1,78 | 1,70 | 1,63  | 1,56 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 3,63  | 3,46  | 3,30  | 3,16  | 3,03  | 2,88  | 2,71 | 2,56        | 2,42 | 2,30 | 2,18 | 2,07 | 1,97 | 1,88 | 1,79 | 1,71 | 1,64 | 1,57 | 1,50 | 1,44  | 1,38 |
|                     |                        | q <sub>k</sub>                                     | 11,78 | 10,18 | 8,85  | 7,75  | 6,82  | 6,03  | 5,36 | 4,79        | 4,29 | 3,86 | 3,49 | 3,16 | 2,88 | 2,62 | 2,40 | 2,20 | 2,02 | 1,86 | 1,72 | 1,59  | 1,47 |
| 1,00                | 16,00                  | q <sub>d1</sub>                                    | 6,02  | 5,58  | 5,18  | 4,83  | 4,51  | 4,22  | 3,96 | 3,73        | 3,51 | 3,31 | 3,13 | 2,97 | 2,81 | 2,67 | 2,54 | 2,42 | 2,31 | 2,20 | 2,10 | 2,01  | 1,93 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 4,94  | 4,70  | 4,40  | 4,11  | 3,86  | 3,62  | 3,41 | 3,22        | 3,04 | 2,88 | 2,73 | 2,59 | 2,47 | 2,35 | 2,24 | 2,14 | 2,04 | 1,95 | 1,87 | 1,79  | 1,72 |
|                     |                        | q <sub>k</sub>                                     | 13,55 | 11,70 | 10,18 | 8,91  | 7,84  | 6,94  | 6,17 | 5,51        | 4,94 | 4,44 | 4,01 | 3,64 | 3,31 | 3,02 | 2,76 | 2,53 | 2,32 | 2,14 | 1,98 | 1,83  | 1,69 |
| 1,13                | 18,08                  | q <sub>d1</sub>                                    | 7,27  | 6,72  | 6,24  | 5,81  | 5,42  | 5,07  | 4,75 | 4,46        | 4,20 | 3,96 | 3,74 | 3,54 | 3,36 | 3,19 | 3,03 | 2,88 | 2,74 | 2,62 | 2,50 | 2,39  | 2,29 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 6,15  | 5,72  | 5,33  | 4,98  | 4,66  | 4,37  | 4,12 | 3,88        | 3,66 | 3,46 | 3,28 | 3,11 | 2,96 | 2,81 | 2,68 | 2,56 | 2,44 | 2,33 | 2,23 | 2,14  | 2,05 |
|                     |                        | q <sub>k</sub>                                     | 15,41 | 13,31 | 11,58 | 10,13 | 8,92  | 7,89  | 7,01 | 6,26        | 5,62 | 5,05 | 4,57 | 4,14 | 3,76 | 3,43 | 3,14 | 2,87 | 2,64 | 2,43 | 2,25 | 2,08  | 1,93 |
| 1,25                | 20,00                  | q <sub>d1</sub>                                    | 8,46  | 7,81  | 7,24  | 6,74  | 6,28  | 5,87  | 5,50 | 5,16        | 4,85 | 4,57 | 4,32 | 4,08 | 3,87 | 3,67 | 3,48 | 3,31 | 3,16 | 3,01 | 2,87 | 2,74  | 2,62 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 7,19  | 6,67  | 6,21  | 5,80  | 5,43  | 5,09  | 4,78 | 4,51        | 4,25 | 4,02 | 3,80 | 3,61 | 3,42 | 3,26 | 3,10 | 2,96 | 2,82 | 2,69 | 2,58 | 2,47  | 2,36 |
|                     |                        | q <sub>k</sub>                                     | 17,03 | 14,72 | 12,80 | 11,20 | 9,86  | 8,72  | 7,75 | 6,92        | 6,21 | 5,59 | 5,05 | 4,57 | 4,16 | 3,79 | 3,47 | 3,18 | 2,92 | 2,69 | 2,48 | 2,30  | 2,13 |
| 1,50                | 24,00                  | q <sub>d1</sub>                                    | 9,53  | 8,83  | 8,21  | 7,65  | 7,14  | 6,69  | 6,28 | 5,92        | 5,56 | 5,25 | 4,96 | 4,70 | 4,46 | 4,23 | 4,03 | 3,83 | 3,66 | 3,49 | 3,33 | 3,19  | 3,05 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 8,07  | 7,51  | 7,00  | 6,55  | 6,14  | 5,77  | 5,43 | 5,12        | 4,84 | 4,58 | 4,35 | 4,13 | 3,92 | 3,74 | 3,56 | 3,40 | 3,25 | 3,11 | 2,97 | 2,85  | 2,73 |
|                     |                        | q <sub>k</sub>                                     | 20,63 | 17,82 | 15,50 | 13,56 | 11,94 | 10,56 | 9,39 | 8,38        | 7,52 | 6,77 | 6,11 | 5,54 | 5,04 | 4,59 | 4,20 | 3,85 | 3,54 | 3,26 | 3,01 | 2,78  | 2,58 |
| 0,75                | 12,00                  | q <sub>d1</sub>                                    | 4,21  | 3,92  | 3,66  | 3,42  | 3,21  | 3,01  | 2,84 | 2,68        | 2,53 | 2,39 | 2,27 | 2,16 | 2,05 | 1,95 | 1,86 | 1,78 | 1,70 | 1,62 | 1,55 | 1,49  | 1,43 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 2,30  | 2,19  | 2,09  | 2,00  | 1,92  | 1,84  | 1,77 | 1,71        | 1,64 | 1,59 | 1,53 | 1,49 | 1,44 | 1,40 | 1,35 | 1,32 | 1,28 | 1,24 | 1,21 | 1,18  | 1,15 |
|                     |                        | q <sub>k</sub>                                     | 7,71  | 6,66  | 5,79  | 5,07  | 4,46  | 3,95  | 3,51 | 3,13        | 2,81 | 2,53 | 2,28 | 2,07 | 1,88 | 1,72 | 1,57 | 1,44 | 1,32 | 1,22 | 1,12 | 1,04  | 0,96 |
| 0,88                | 14,08                  | q <sub>d1</sub>                                    | 5,75  | 5,34  | 4,97  | 4,64  | 4,35  | 4,08  | 3,84 | 3,61        | 3,41 | 3,23 | 3,05 | 2,90 | 2,75 | 2,62 | 2,49 | 2,38 | 2,27 | 2,17 | 2,07 | 1,99  | 1,90 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 3,40  | 3,24  | 3,09  | 2,96  | 2,84  | 2,72  | 2,62 | 2,52        | 2,43 | 2,35 | 2,27 | 2,20 | 2,13 | 2,06 | 2,00 | 1,95 | 1,89 | 1,84 | 1,79 | 1,74  | 1,67 |
|                     |                        | q <sub>k</sub>                                     | 9,30  | 8,03  | 6,99  | 6,11  | 5,38  | 4,76  | 4,23 | 3,78        | 3,39 | 3,05 | 2,75 | 2,50 | 2,27 | 2,07 | 1,89 | 1,73 | 1,59 | 1,47 | 1,36 | 1,25  | 1,16 |
| 1,00                | 16,00                  | q <sub>d1</sub>                                    | 7,27  | 6,74  | 6,27  | 5,84  | 5,46  | 5,12  | 4,81 | 4,52        | 4,27 | 4,03 | 3,81 | 3,61 | 3,43 | 3,26 | 3,10 | 2,95 | 2,81 | 2,69 | 2,57 | 2,46  | 2,35 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 4,63  | 4,41  | 4,21  | 4,02  | 3,86  | 3,70  | 3,56 | 3,43        | 3,31 | 3,19 | 3,09 | 2,99 | 2,89 | 2,80 | 2,70 | 2,58 | 2,46 | 2,36 | 2,26 | 2,17  | 2,08 |
|                     |                        | q <sub>k</sub>                                     | 10,69 | 9,24  | 8,03  | 7,03  | 6,19  | 5,47  | 4,87 | 4,35        | 3,90 | 3,51 | 3,17 | 2,87 | 2,61 | 2,38 | 2,18 | 2,00 | 1,83 | 1,69 | 1,56 | 1,44  | 1,34 |
| 1,13                | 18,08                  | q <sub>d1</sub>                                    | 8,80  | 8,15  | 7,57  | 7,05  | 6,58  | 6,16  | 5,78 | 5,43        | 5,12 | 4,83 | 4,56 | 4,32 | 4,10 | 3,89 | 3,70 | 3,52 | 3,36 | 3,20 | 3,06 | 2,93  | 2,80 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 5,98  | 5,69  | 5,43  | 5,20  | 4,98  | 4,78  | 4,60 | 4,43        | 4,27 | 4,12 | 3,96 | 3,76 | 3,57 | 3,40 | 3,24 | 3,09 | 2,95 | 2,83 | 2,71 | 2,59  | 2,49 |
|                     |                        | q <sub>k</sub>                                     | 12,16 | 10,50 | 9,14  | 8,00  | 7,04  | 6,23  | 5,53 | 4,94        | 4,43 | 3,99 | 3,60 | 3,27 | 2,97 | 2,71 | 2,48 | 2,27 | 2,09 | 1,92 | 1,77 | 1,64  | 1,52 |
| 1,25                | 20,00                  | q <sub>d1</sub>                                    | 10,26 | 9,49  | 8,81  | 8,20  | 7,65  | 7,15  | 6,70 | 6,30        | 5,93 | 5,59 | 5,28 | 4,99 | 4,73 | 4,49 | 4,27 | 4,06 | 3,87 | 3,69 | 3,52 | 3,37  | 3,22 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 7,36  | 7,01  | 6,69  | 6,40  | 6,13  | 5,89  | 5,66 | 5,43        | 5,13 | 4,85 | 4,59 | 4,36 | 4,14 | 3,94 | 3,75 | 3,58 | 3,42 | 3,27 | 3,13 | 3,00  | 2,87 |
|                     |                        | q <sub>k</sub>                                     | 13,44 | 11,61 | 10,10 | 8,84  | 7,78  | 6,88  | 6,12 | 5,46        | 4,90 | 4,41 | 3,98 | 3,61 | 3,28 | 2,99 | 2,74 | 2,51 | 2,31 | 2,12 | 1,96 | 1,81  | 1,68 |
| 1,50                | 24,00                  | q <sub>d1</sub>                                    | 11,51 | 10,67 | 9,93  | 9,26  | 8,65  | 8,11  | 7,62 | 7,17        | 6,76 | 6,38 | 6,04 | 5,72 | 5,43 | 5,16 | 4,91 | 4,68 | 4,46 | 4,26 | 4,07 | 3,90  | 3,73 |
|                     |                        | q <sub>d2</sub>                                    | 7,89  | 7,51  | 7,17  | 6,86  | 6,58  | 6,31  | 6,07 | 5,84        | 5,64 | 5,44 | 5,23 | 4,97 |      |      |      |      |      |      |      |       |      |

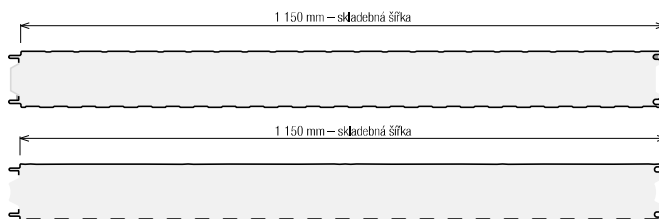
# Tabulky únosnosti

# KS1150 NF/TL

## Stěnový panel KS1150 NF/TL 150

plech vnější/vnitřní 0,6/0,6 mm, profilace M/D, S280GD podle ČSN EN 14509

nestandardní tloušťka vnitřního plechu a profilace D



| TLAK  |                 |                                    |              |             |             |             |             |             |             |   |
|---|-----------------|------------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---|
| systém  | barevná skupina | charakteristické proměnné zatížení |              |             |             |             |             |             |             |   |
|   |                 | 0,25                               | 0,50         | 0,75        | 1,00        | 1,25        | 1,50        | 1,75        | 2,00        | [kN/m <sup>2</sup> ]  |
| prostý nosník<br>▲ — ▲                        | I., II., III.   | 40                                 | 46           | 62          | 76          | 88          | 98          | 108         | 117         | <b>Význam hodnot v tabulce:</b><br>AA min. šířka krajní podpory [mm]<br>X,XX max. rozpon [m]<br>BB min. šířka střední podpory [mm]<br><b>Příklady začlenění odstínu do skupiny:</b><br>I. barevná skupina<br>RAL 1015, 7035, 9002, 9010<br>II. barevná skupina<br>RAL 9006, 9007<br>III. barevná skupina<br>RAL 8004, 3009, 5010, 6020, 7016, 3000<br><b>Přípustná deformace:</b><br>– pro krátkodobé zatížení L/200<br>– pro dlouhodobá zatížení L/100<br>kde L je vzdálenost mezi podporami |
|   |                 | <b>14,30</b>                       | <b>10,56</b> | <b>8,63</b> | <b>7,47</b> | <b>6,68</b> | <b>6,10</b> | <b>5,65</b> | <b>5,28</b> |   |
| spojitý nosník<br>o 2 polích<br>▲ — ▲ — ▲     | I.              | 40                                 | 46           | 62          | 76          | 88          | 98          | 108         | 117         |   |
|   |                 | <b>14,94</b>                       | <b>10,56</b> | <b>8,63</b> | <b>7,47</b> | <b>6,68</b> | <b>6,10</b> | <b>5,65</b> | <b>5,28</b> |   |
|   | II.             | 60                                 | 92           | 124         | 151         | 175         | 197         | 216         | 235         |   |
|   |                 | <b>14,94</b>                       | <b>10,56</b> | <b>8,63</b> | <b>7,47</b> | <b>6,68</b> | <b>6,10</b> | <b>5,65</b> | <b>5,28</b> |   |
|   | III.            | 40                                 | 46           | 62          | 76          | 88          | 98          | 108         | 117         |   |
|   |                 | <b>14,94</b>                       | <b>10,56</b> | <b>8,63</b> | <b>7,47</b> | <b>6,68</b> | <b>6,10</b> | <b>5,65</b> | <b>5,28</b> |   |
| spojitý nosník<br>o 3 polích<br>▲ — ▲ — ▲ — ▲ | I.              | 40                                 | 46           | 62          | 76          | 88          | 98          | 108         | 117         |   |
|   |                 | <b>14,94</b>                       | <b>10,56</b> | <b>8,63</b> | <b>7,47</b> | <b>6,68</b> | <b>6,10</b> | <b>5,65</b> | <b>5,28</b> |   |
|   | II.             | 60                                 | 92           | 124         | 151         | 175         | 197         | 216         | 235         |   |
|   |                 | <b>14,94</b>                       | <b>10,56</b> | <b>8,63</b> | <b>7,47</b> | <b>6,68</b> | <b>6,10</b> | <b>5,65</b> | <b>5,28</b> |   |
|   | III.            | 40                                 | 46           | 62          | 76          | 88          | 98          | 108         | 117         |   |
|   |                 | <b>14,94</b>                       | <b>10,56</b> | <b>8,63</b> | <b>7,47</b> | <b>6,68</b> | <b>6,10</b> | <b>5,65</b> | <b>5,28</b> |   |
| SÁNÍ  |                 |                                    |              |             |             |             |             |             |             |   |
| systém  | barevná skupina | charakteristické proměnné zatížení |              |             |             |             |             |             |             |   |
|   |                 | 0,25                               | 0,50         | 0,75        | 1,00        | 1,25        | 1,50        | 1,75        | 2,00        | [kN/m <sup>2</sup> ]  |
| prostý nosník<br>▲ — ▲                        | I.              | <b>14,89</b>                       | <b>11,14</b> | <b>9,10</b> | <b>7,88</b> | <b>7,05</b> | <b>6,43</b> | <b>5,96</b> | <b>5,57</b> | <b>Význam hodnot v tabulce:</b><br>X,XX max. rozpon [m]<br><b>Příklady začlenění odstínu do skupiny:</b><br>I. barevná skupina<br>RAL 1015, 7035, 9002, 9010<br>II. barevná skupina<br>RAL 9006, 9007<br>III. barevná skupina<br>RAL 8004, 3009, 5010, 6020, 7016, 3000<br><b>Přípustná deformace:</b><br>– pro krátkodobé zatížení L/200<br>– pro dlouhodobá zatížení L/100<br>kde L je vzdálenost mezi podporami  |
|   | II.             | <b>14,30</b>                       | <b>11,14</b> | <b>9,10</b> | <b>7,88</b> | <b>7,05</b> | <b>6,43</b> | <b>5,96</b> | <b>5,57</b> |   |
|   | III.            | <b>12,79</b>                       | <b>10,96</b> | <b>9,10</b> | <b>7,88</b> | <b>7,05</b> | <b>6,43</b> | <b>5,96</b> | <b>5,57</b> |   |
| spojitý nosník<br>o 2 polích<br>▲ — ▲ — ▲     | I.              | <b>13,91</b>                       | <b>10,10</b> | <b>8,44</b> | <b>7,46</b> | <b>6,79</b> | <b>6,31</b> | <b>5,93</b> | <b>5,57</b> |   |
|   | II.             | <b>12,31</b>                       | <b>9,24</b>  | <b>7,89</b> | <b>7,05</b> | <b>6,44</b> | <b>6,00</b> | <b>5,65</b> | <b>5,38</b> |   |
|   | III.            | <b>8,03</b>                        | <b>6,70</b>  | <b>6,04</b> | <b>5,61</b> | <b>5,30</b> | <b>5,05</b> | <b>4,86</b> | <b>4,70</b> |   |
| spojitý nosník<br>o 3 polích<br>▲ — ▲ — ▲ — ▲ | I.              | <b>15,75</b>                       | <b>11,14</b> | <b>9,10</b> | <b>7,88</b> | <b>7,05</b> | <b>6,43</b> | <b>5,96</b> | <b>5,57</b> |   |
|   | II.             | <b>15,01</b>                       | <b>10,73</b> | <b>8,85</b> | <b>7,73</b> | <b>6,98</b> | <b>6,43</b> | <b>5,96</b> | <b>5,57</b> |   |
|   | III.            | <b>11,51</b>                       | <b>8,50</b>  | <b>7,18</b> | <b>6,41</b> | <b>5,88</b> | <b>5,49</b> | <b>5,19</b> | <b>4,94</b> |   |

Minimální šířka krajní podpory je 40 mm, minimální šířka střední podpory je 60 mm, nevyplývá-li z tabulek pro zatížení v tlaku šířka větší.

Pozn.: Uvedené rozpory jsou vypočteny pro případ upevnění panelu ve skrytém spoji pomocí 2 šroubů s roznášecí podložkou Z15 a v místě každé podpory.

Tabulka platí pro běžná proměnná klimatická zatížení (typicky zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4). Pro jiné typy profilací, jiné tloušťky povrchových plechů a pro jiné požadavky zatížení (dlouhodobá zatížení, zatížení stálým teplotním gradientem v chladárnách apod.) kontaktujte technické oddělení pro konkrétní statické posouzení. Výpočty jsou provedeny v souladu s ČSN EN 14509. Hodnoty mezních zatížení uvedené v tabulkách porovnávejte s charakteristickými hodnotami zatížení. Výpočty berou v úvahu vlastní hmotnost panelů. Možné chyby a opomenutí vyhrazeny. Mějte prosím na paměti, že tato tabulka nenahrazuje statický výpočet.

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**

**Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Dvoulodní hokejová hala**

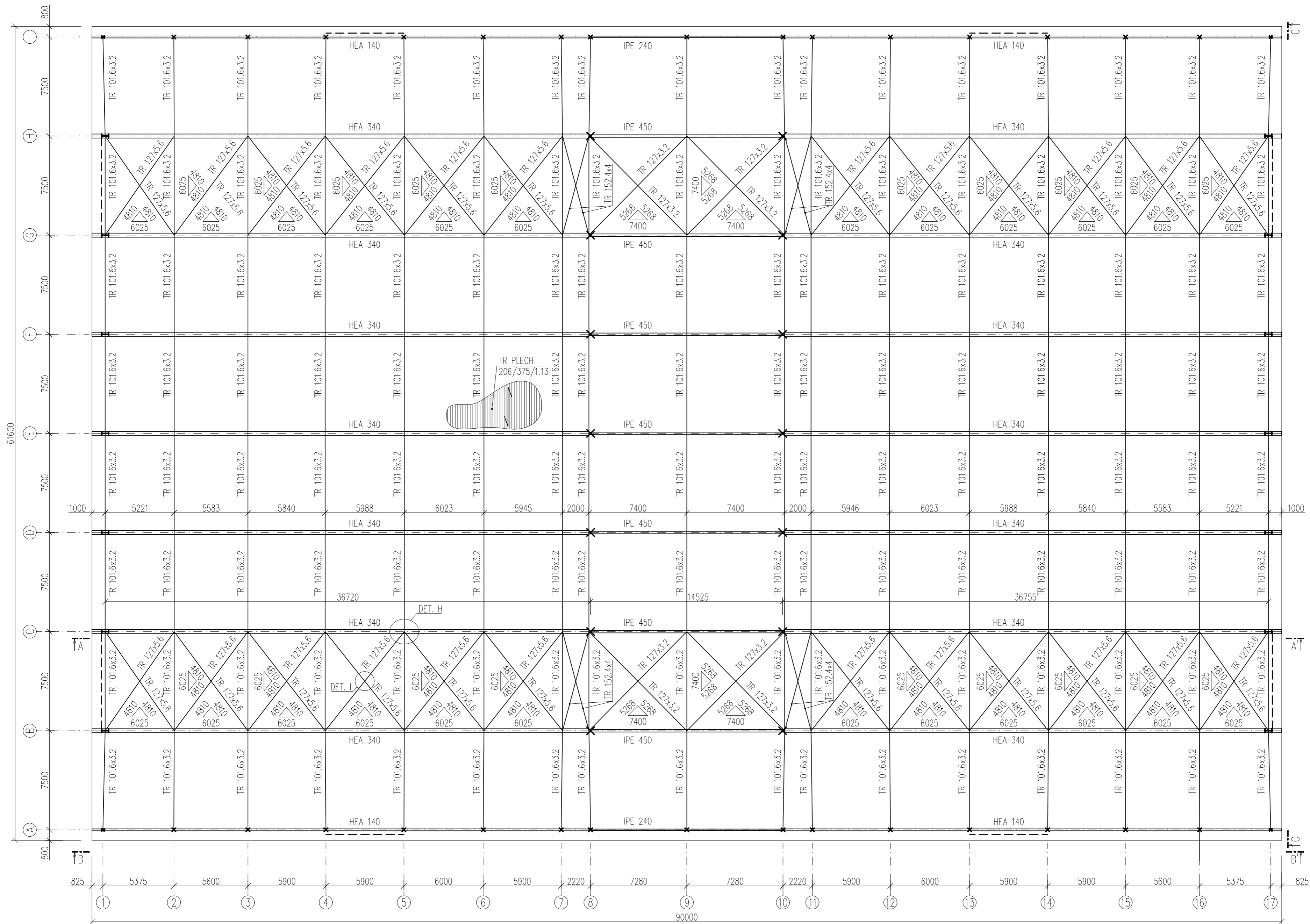
**VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE**

**Radim Hainc**

**2020**

## OBSAH:

|  |                |
|--|----------------|
| VÝKRES č. 1 – PŮDORYS                      | M 1:200        |
| VÝKRES č. 2 – ŘEZ A POHLEDY                | M 1:100        |
| VÝKRES č. 3 – DETAILY A, D, F              | M 1:15, M 1:10 |
| VÝKRES č. 4 – DETAIL B                     | M 1:15         |
| VÝKRES č. 5 – DETAIL C                     | M 1:10, M 1:5  |
| VÝKRES č. 6 – DETAILY E, G                 | M 1:10, M 1:5  |
| VÝKRES č. 7 – DETAILY J, K, L, M           | M 1:10, M 1:5  |
| VÝKRES č. 8 – DETAILY H, I, UKONČENÍ PRUTŮ | M 1:10, M 1:5  |



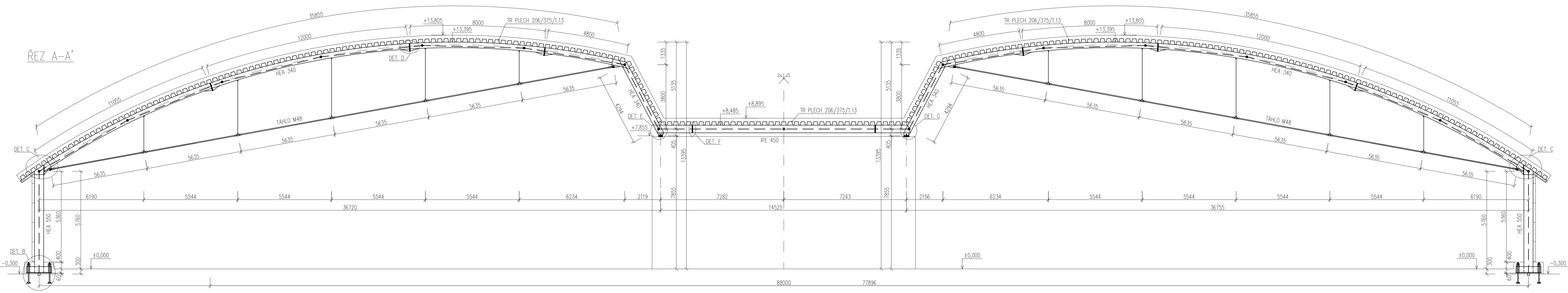
OČEL:  
 S235JR ... VŠECHNY JINAK NEOZNAČENÉ PRVKY  
 S355J2 ... OZNAČENÉ PRVKY DETAILŮ  
 S320GD ... TRAPÉZOVÝ PLECH  
 S520 ... TÁHLA DETAN

BETON:  
 C16/20 ... ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

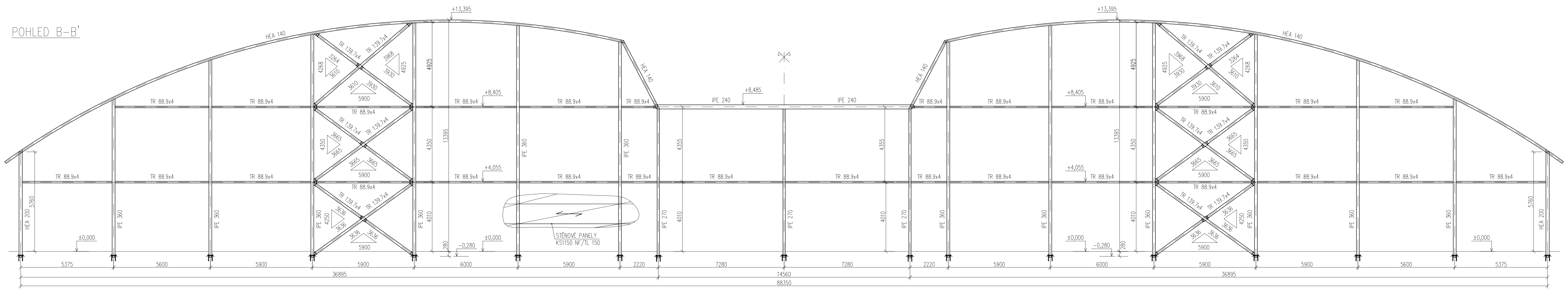
ŠROUBY: 8.8  
 CHEMICKÉ KOTVY: HAS-U 5.8 + HIT-HY 200-A

TRÍDA PŘEVODNÍ: EXC3

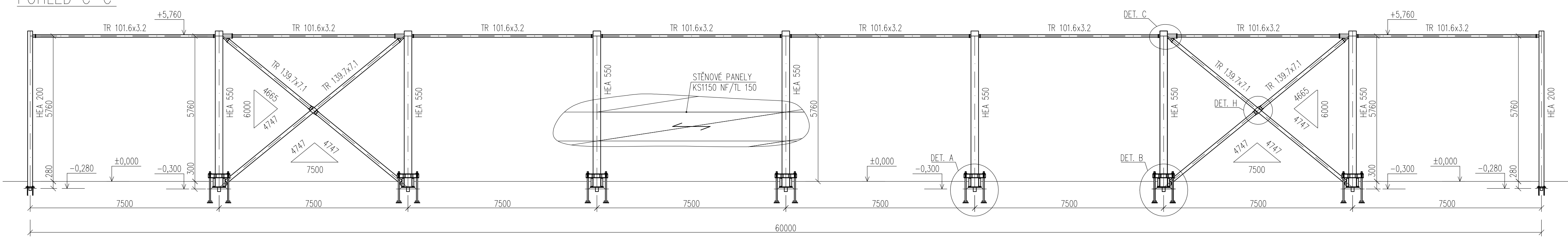
|                                   |                         |                                 |          |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|----------|
| Zpracoval<br><b>RADIM HAINC</b>   | Školní rok<br>2019-2020 | Fakulta stavební<br><b>ČVUT</b> |          |
| Předmět: 134DPM - DIPLOMOVÁ PRÁCE |                         | Datum                           | 1.1.2020 |
| Název: DVOULODNÍ HOKEJOVÁ HALA    |                         | Měřítko                         | 1:200    |
| Část: PŮDORYS                     |                         | Číslo výkresu                   | 1        |



POHLED B-B'



POHLED C-C'



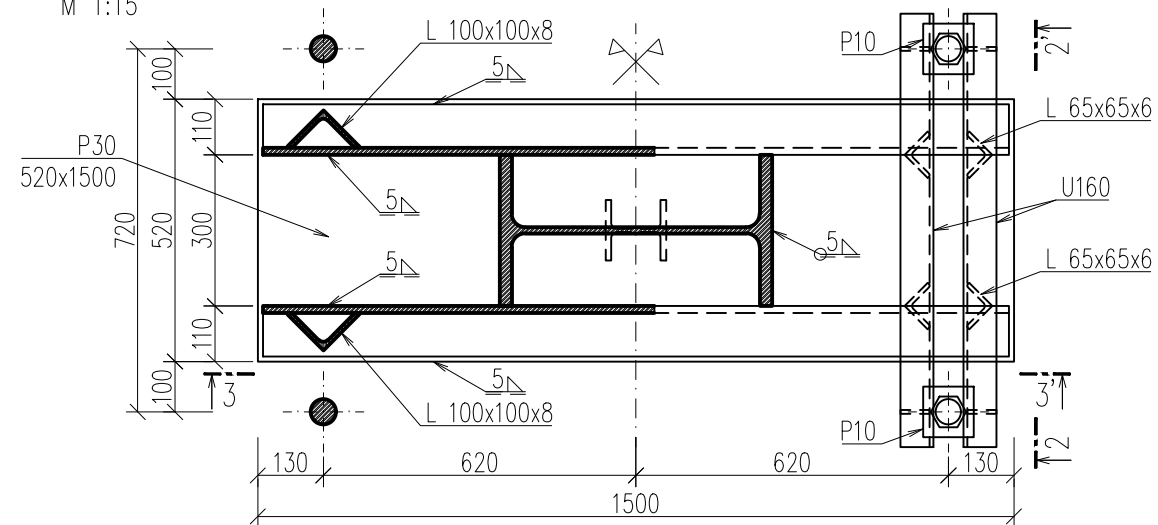
- OCEL:**  
 S235JR ... VŠECHNY JINAK NEOZNAČENÉ PRVKY  
 S355J2 ... OZNAČENÉ PRVKY DETAILŮ  
 S320GD ... TRAPEZOVÝ PLECH  
 S520 ... TAHLLO DETAN
- BETON:**  
 C16/20 ... ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE
- ŠROUBY:** 8.8  
 CHEMICKÉ KOVY: HAS-U 5.8 + HIT-HY 200-A
- TRÍDA PROVEDENÍ:** EXC.3

|   |                                |                                 |
|---|--------------------------------|---------------------------------|
| Zpracoval<br><b>RADIM HAINC</b>             | Skolní rok<br><b>2019-2020</b> | Fakulta stavební<br><b>ČVUT</b> |
| Předmět:<br><b>134DPM - DIPLOMOVÁ PRÁCE</b> |                                | Datum<br><b>1.1.2020</b>        |
| Název:<br><b>DOVOULDNÍ HOKEJOVÁ HALA</b>    |                                | Měřítko<br><b>1:100</b>         |
| Část:<br><b>ŘEZ A POHLEDY</b>               |                                | Číslo výkresu<br><b>2</b>       |

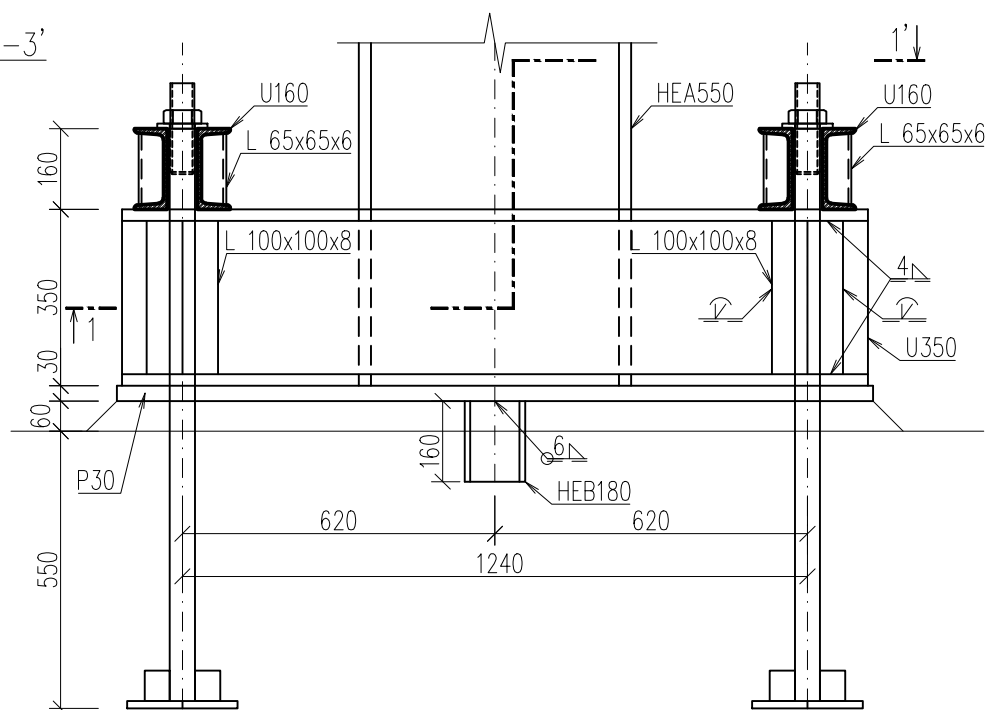


# DETAIL A – VETKNUTÁ PATKA

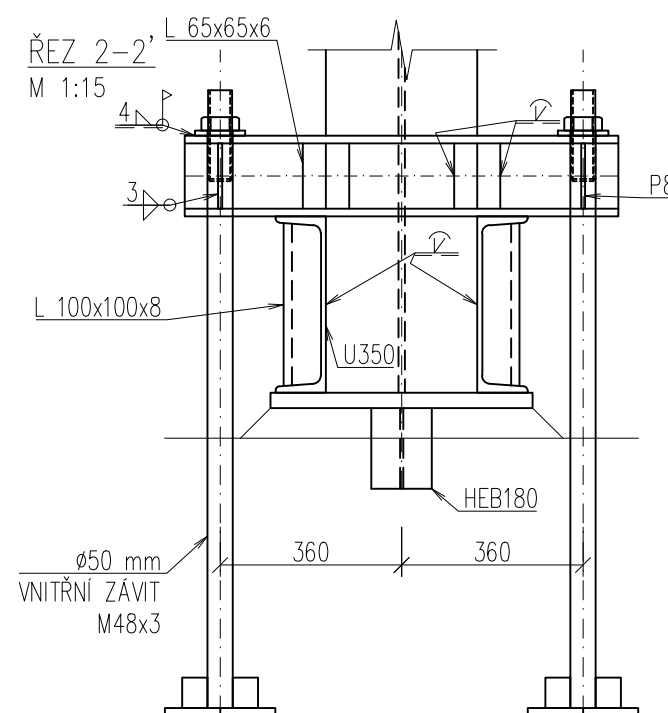
ŘEZ 1-1'  
M 1:15



ŘEZ 3-3'  
M 1:15

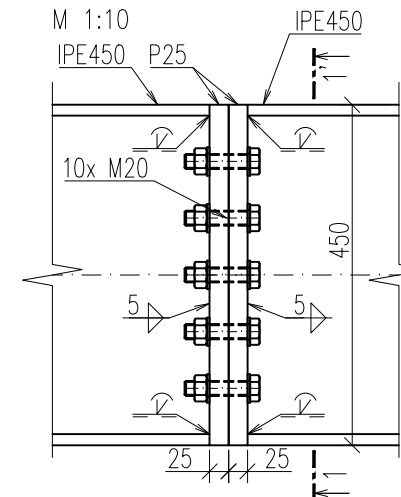


ŘEZ 2-2'  
M 1:15

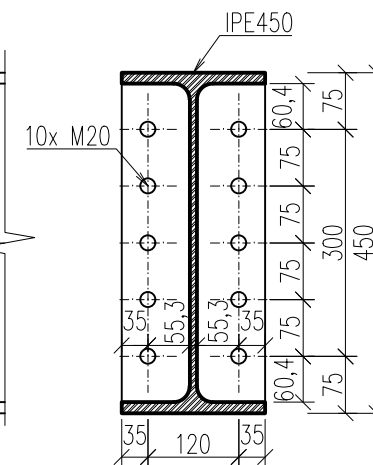


# DETAIL F

BOČNÍ POHLED  
M 1:10

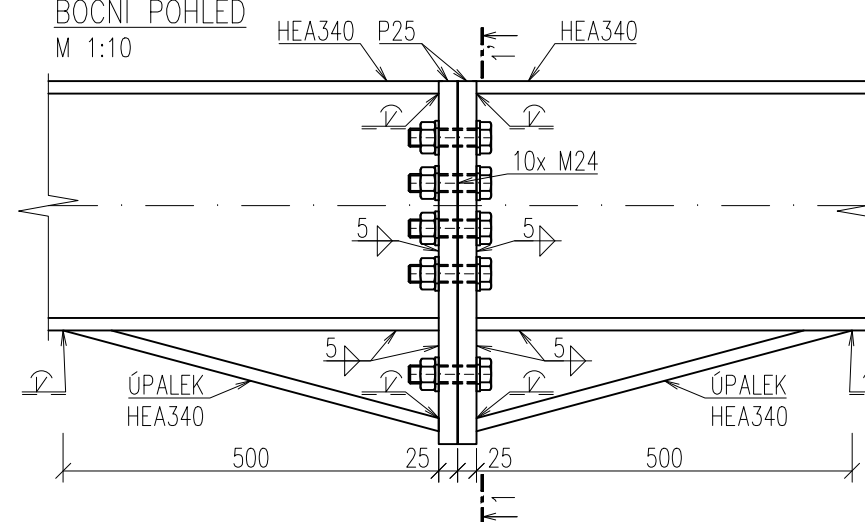


ŘEZ 1-1'  
M 1:10

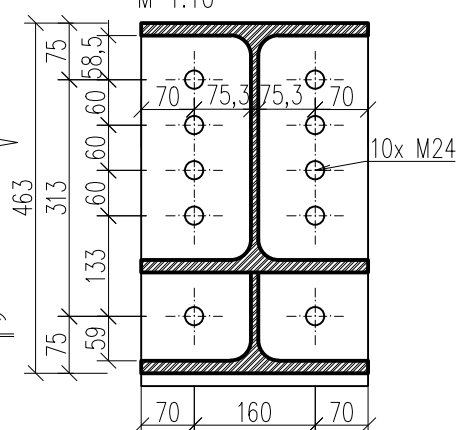


# DETAIL D

BOČNÍ POHLED  
M 1:10



ŘEZ 1-1'  
M 1:10



OCEL:  
S235JR ... VŠECHNY JINAK NEOZNAČENÉ PRVKY  
S355J2 ... OZNAČENÉ PRVKY DETAILŮ  
S320GD ... TRAPÉZOVÝ PLECH  
S520 ... TÁHLA DETAN

BETON:  
C16/20 ... ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

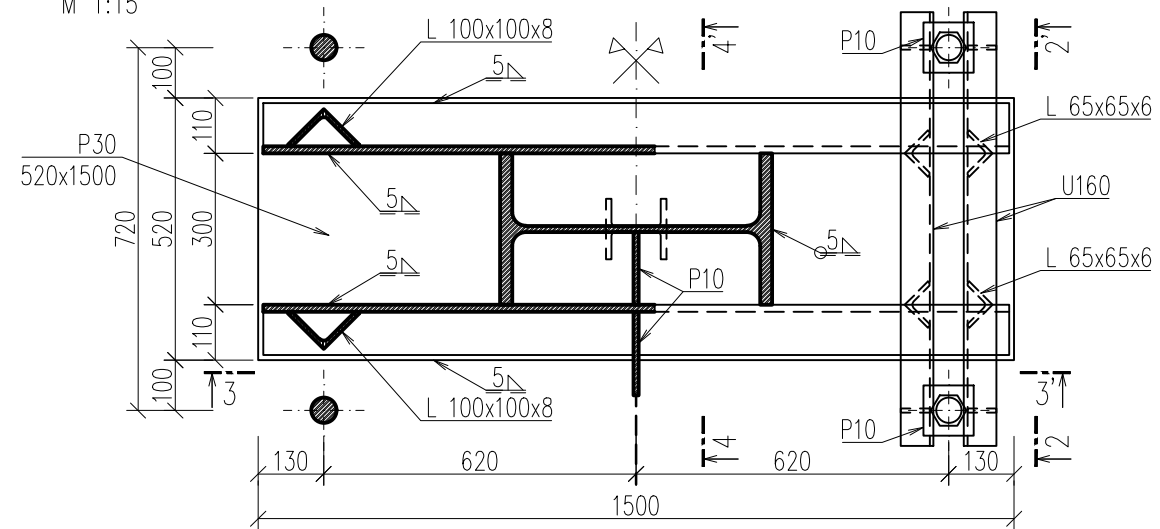
ŠROUBY: 8.8  
CHEMICKÉ KOTVY: HAS-U 5.8 + HIT-HY 200-A

TŘÍDA PROVEDENÍ: EXC3

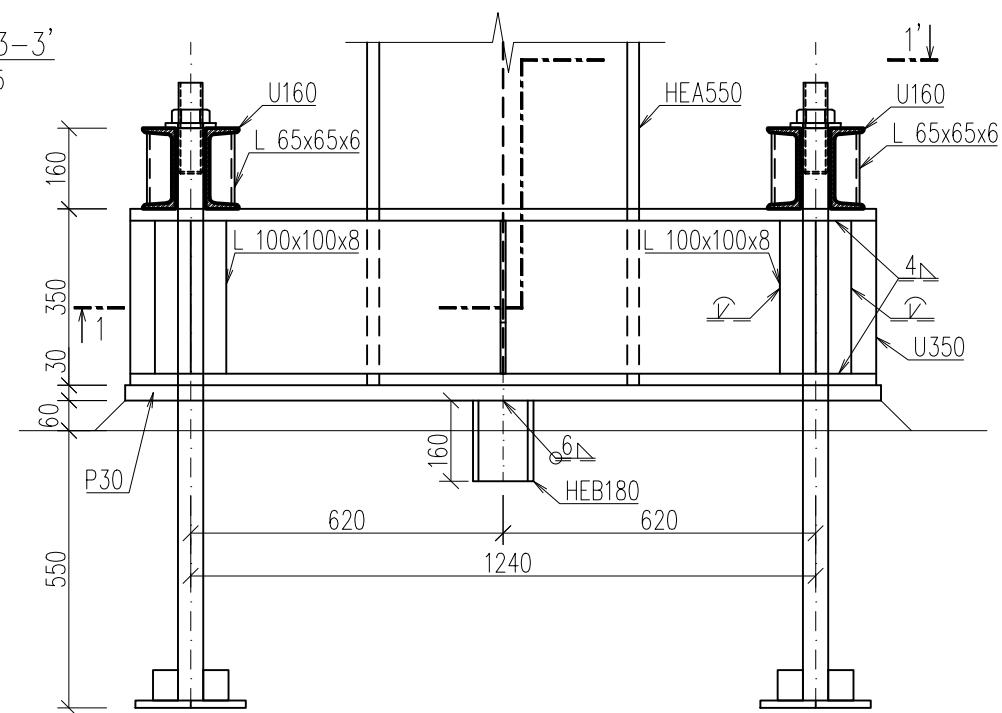
|   |                                |                                 |  |
|---|--------------------------------|---------------------------------|--|
| Zpracoval<br><b>RADIM HAINC</b>             | Školní rok<br><b>2019-2020</b> | Fakulta stavební<br><b>ČVUT</b> |  |
| Předmět:<br><b>134DPM - DIPLOMOVÁ PRÁCE</b> | Datum<br><b>1.1.2020</b>       |                                 |  |
| Název:<br><b>DVOULODNÍ HOKEJOVÁ HALA</b>    | Meřítko<br><b>1:15, 1:10</b>   |                                 |  |
| Část:<br><b>DETAILY A, D, F</b>             | Číslo výkresu<br><b>3</b>      |                                 |  |

# DETAIL B – VETKNUTÁ PATKA S PŘÍČNÝM ZTUŽIDLEM

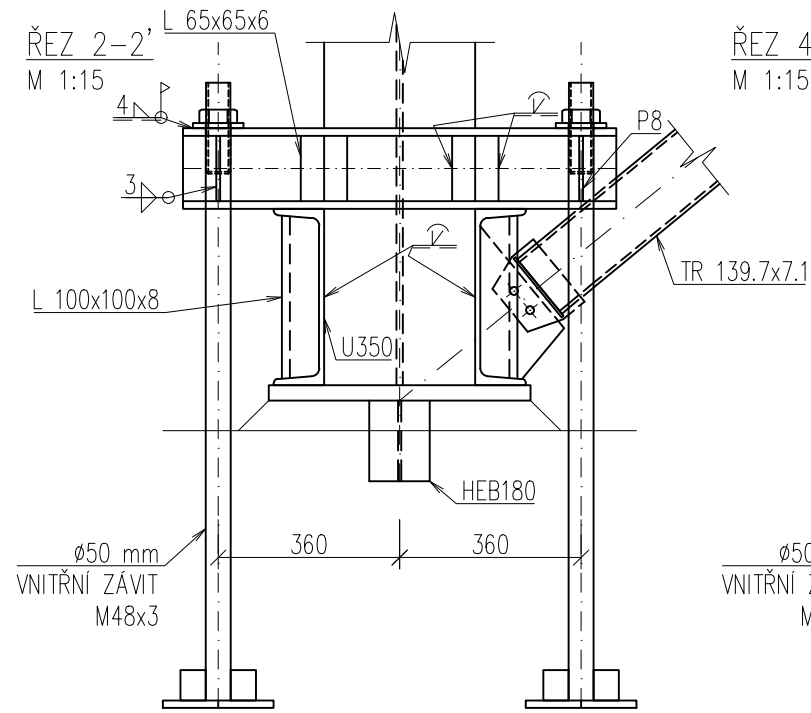
ŘEZ 1-1'  
M 1:15



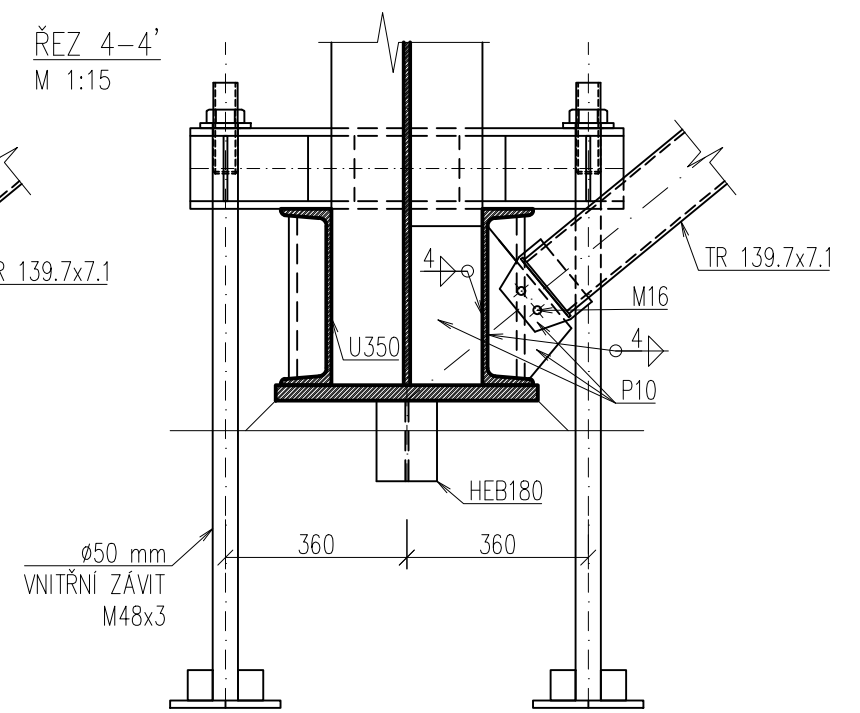
ŘEZ 3-3'  
M 1:15



ŘEZ 2-2'  
M 1:15



ŘEZ 4-4'  
M 1:15

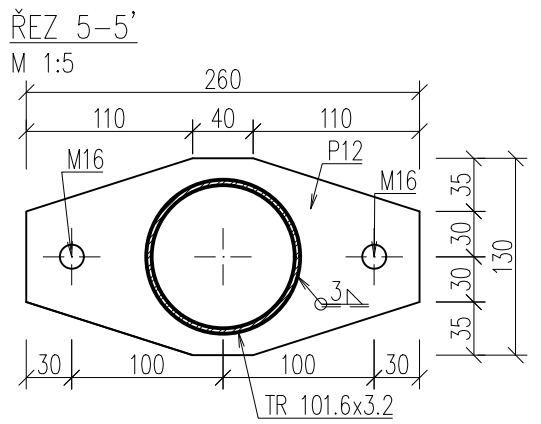
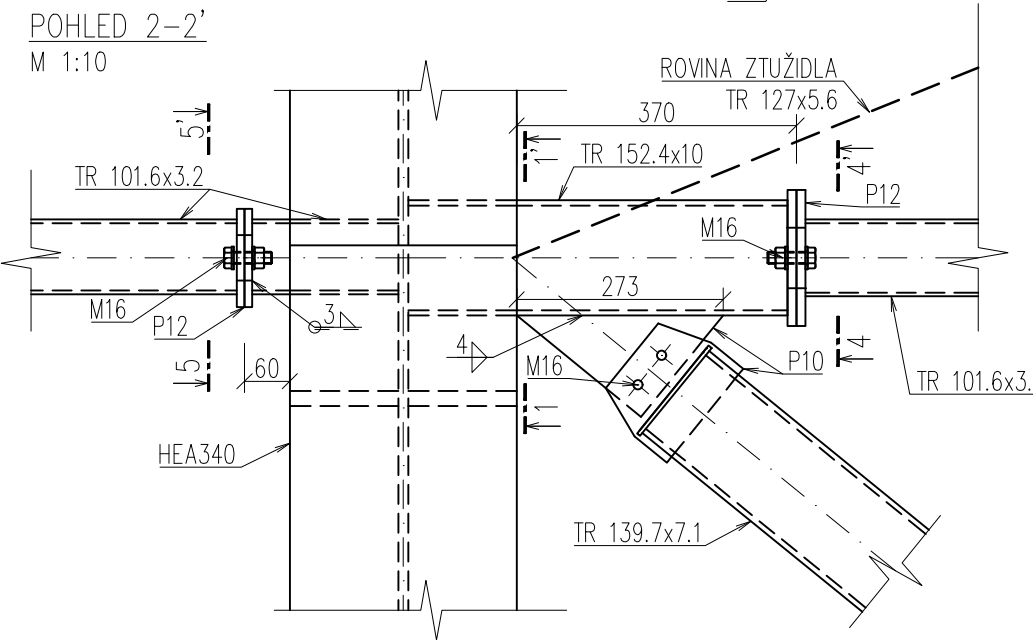
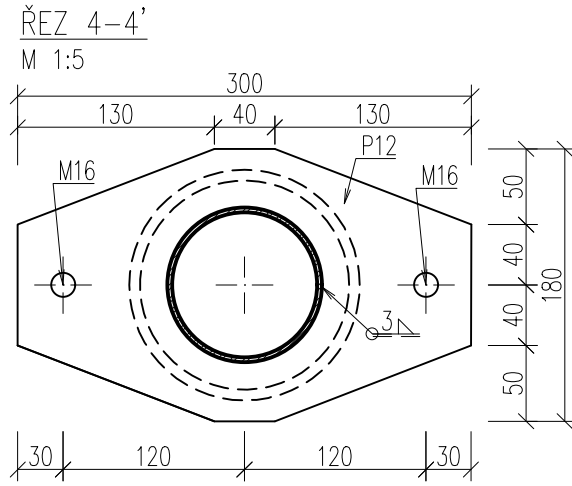
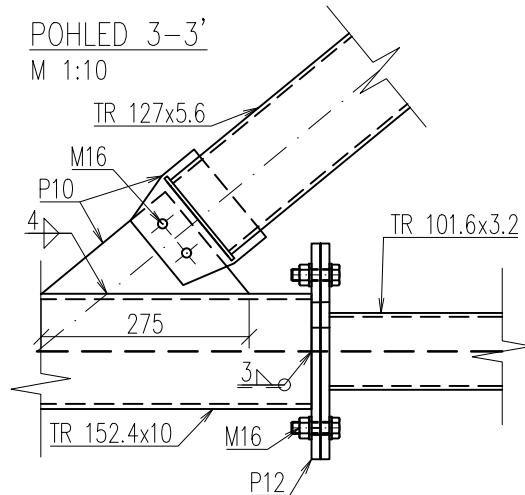
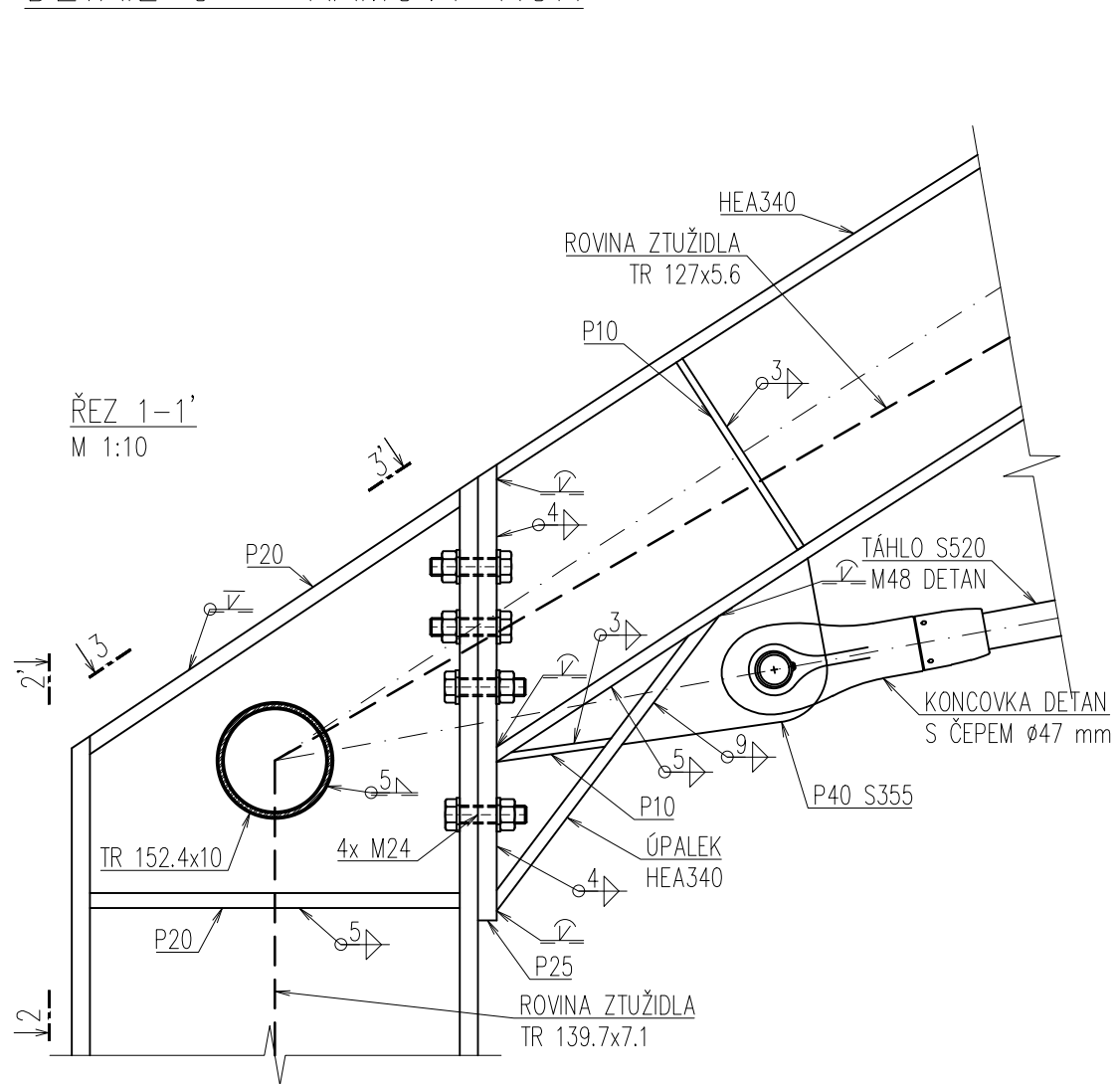


**OCEL:**  
S235JR ... VŠECHNY JINAK NEOZNAČENÉ PRVKY  
S355J2 ... OZNAČENÉ PRVKY DETAILŮ  
S320GD ... TRAPÉZOVÝ PLECH  
S520 ... TÁHLA DETAN

**BETON:**  
C16/20 ... ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE  
  
**ŠROUBY: 8.8**  
CHEMICKÉ KOTVY: HAS-U 5.8 + HIT-HY 200-A  
  
TŘÍDA PROVEDENÍ: EXC3

|                                   |                         |                                 |          |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|----------|
| Zpracoval<br><b>RADIM HAINC</b>   | Školní rok<br>2019-2020 | Fakulta stavební<br><b>ČVUT</b> |          |
| Předmět: 134DPM - DIPLOMOVÁ PRÁCE |                         | Datum                           | 1.1.2020 |
| Název: DVOULODNÍ HOKEJOVÁ HALA    |                         | Meřítko                         | 1:15     |
| Část: <b>DETAIL B</b>             |                         | Číslo výkresu                   | 4        |

# DETAIL C – RÁMOVÝ ROH



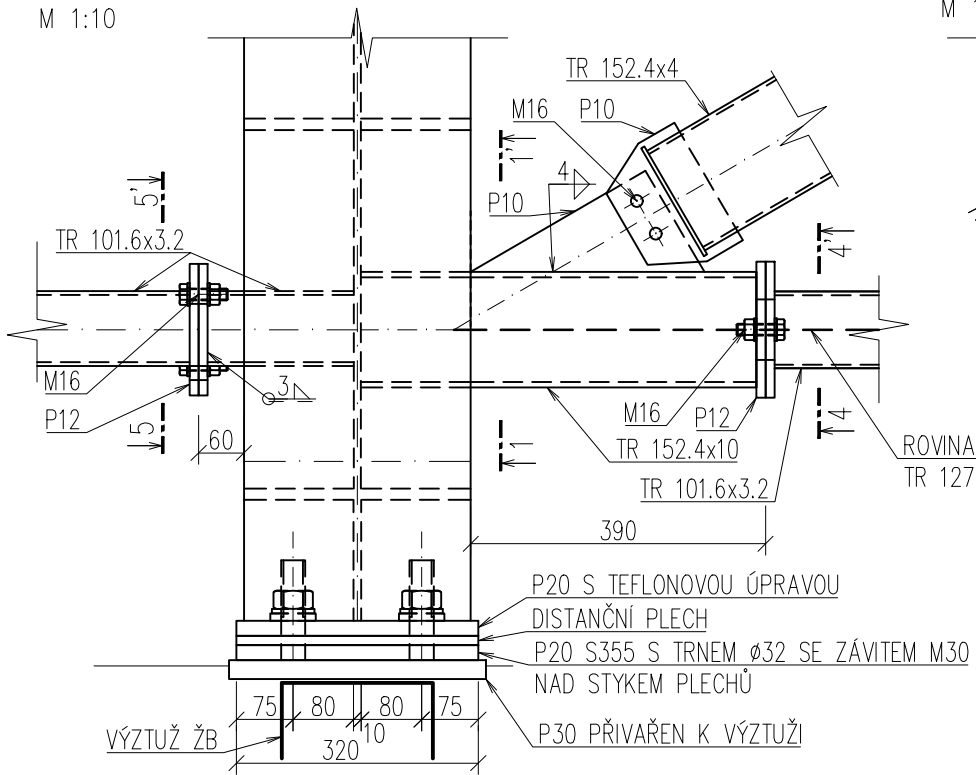
**OCEL:**  
 S235JR ... VŠECHNY JINAK NEOZNAČENÉ PRVKY  
 S355J2 ... OZNAČENÉ PRVKY DETAILŮ  
 S320GD ... TRAPÉZOVÝ PLECH  
 S520 ... TÁHLA DETAN

**BETON:**  
 C16/20 ... ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE  
  
**ŠROUBY:** 8.8  
**CHEMICKÉ KOTVY:** HAS-U 5.8 + HIT-HY 200-A  
  
**TŘÍDA PROVEDENÍ:** EXC3

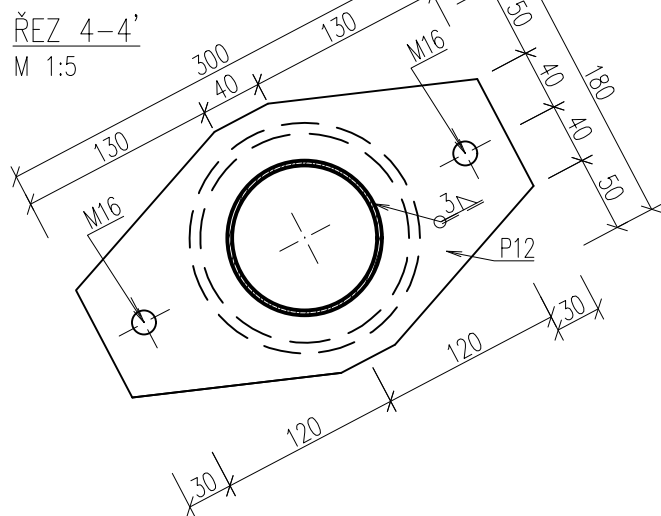
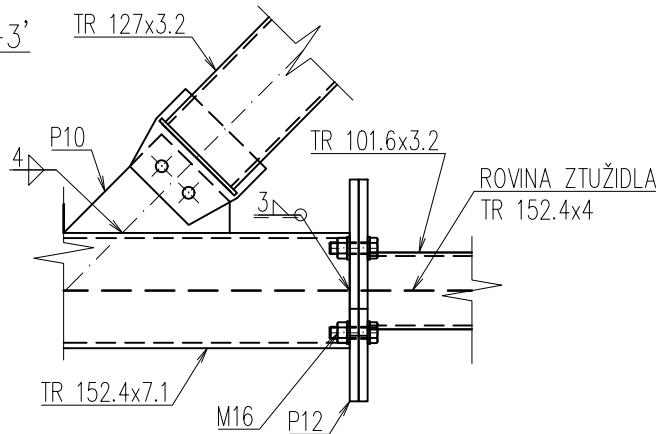
|  |                                |                                 |                  |
|--|--------------------------------|---------------------------------|------------------|
| Zpracoval<br><b>RADIM HAINC</b>          | Školní rok<br><b>2019-2020</b> | Fakulta stavební<br><b>ČVUT</b> |                  |
| Předmět: <b>134DPM - DIPLOMOVÁ PRÁCE</b> |                                | Datum                           | <b>1.1.2020</b>  |
| Název: <b>DVOULODNÍ HOKEJOVÁ HALA</b>    |                                | Meřítko                         | <b>1:10, 1:5</b> |
| Část: <b>DETAIL C</b>                    |                                | Číslo výkresu                   | <b>5</b>         |

# DETAIL E

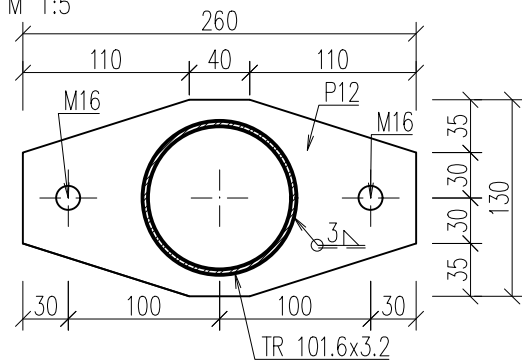
POHLED 2-2'  
M 1:10



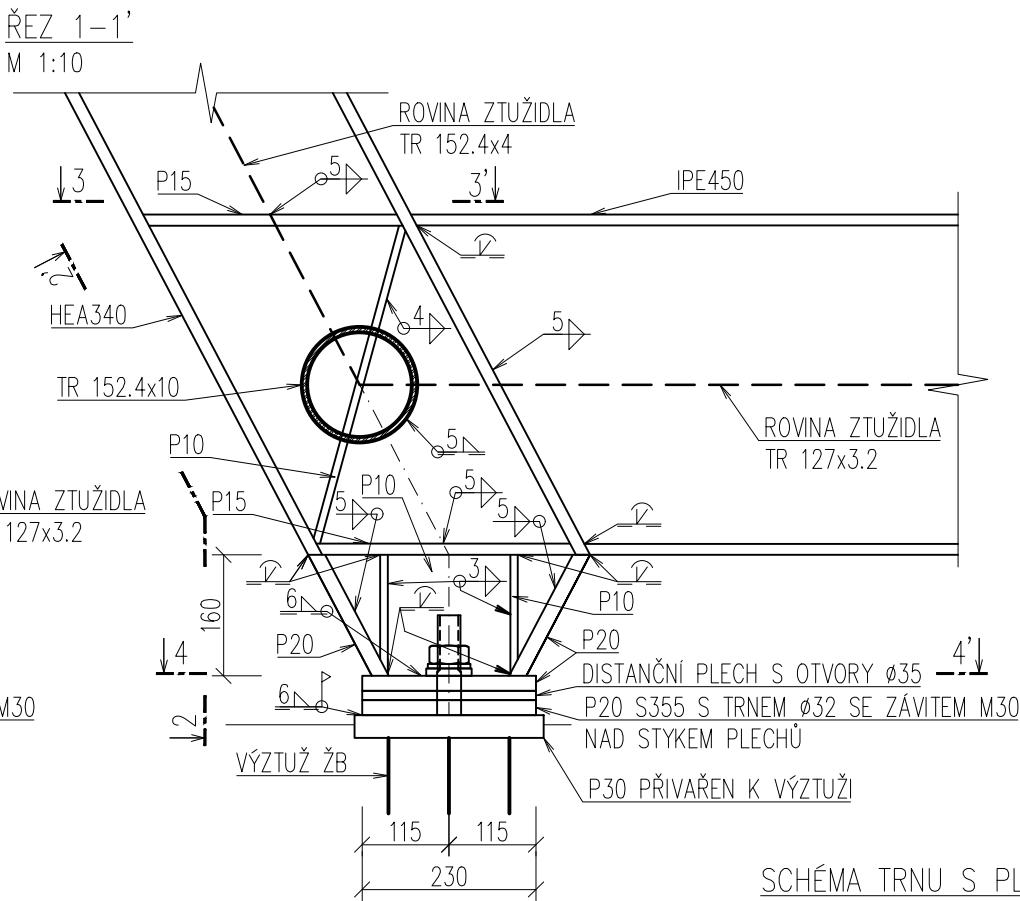
POHLED 3-3'  
M 1:10



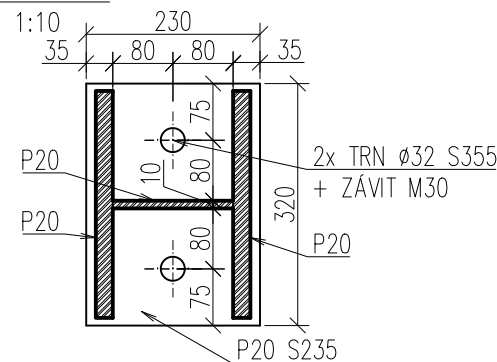
ŘEZ 5-5'  
M 1:5



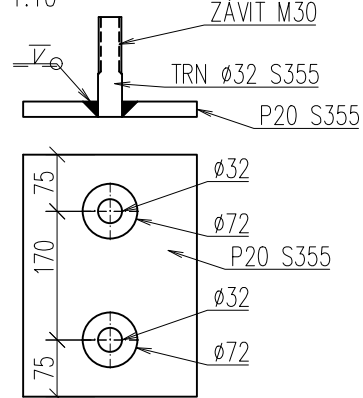
ŘEZ 1-1'  
M 1:10



ŘEZ 4-4'  
M 1:10



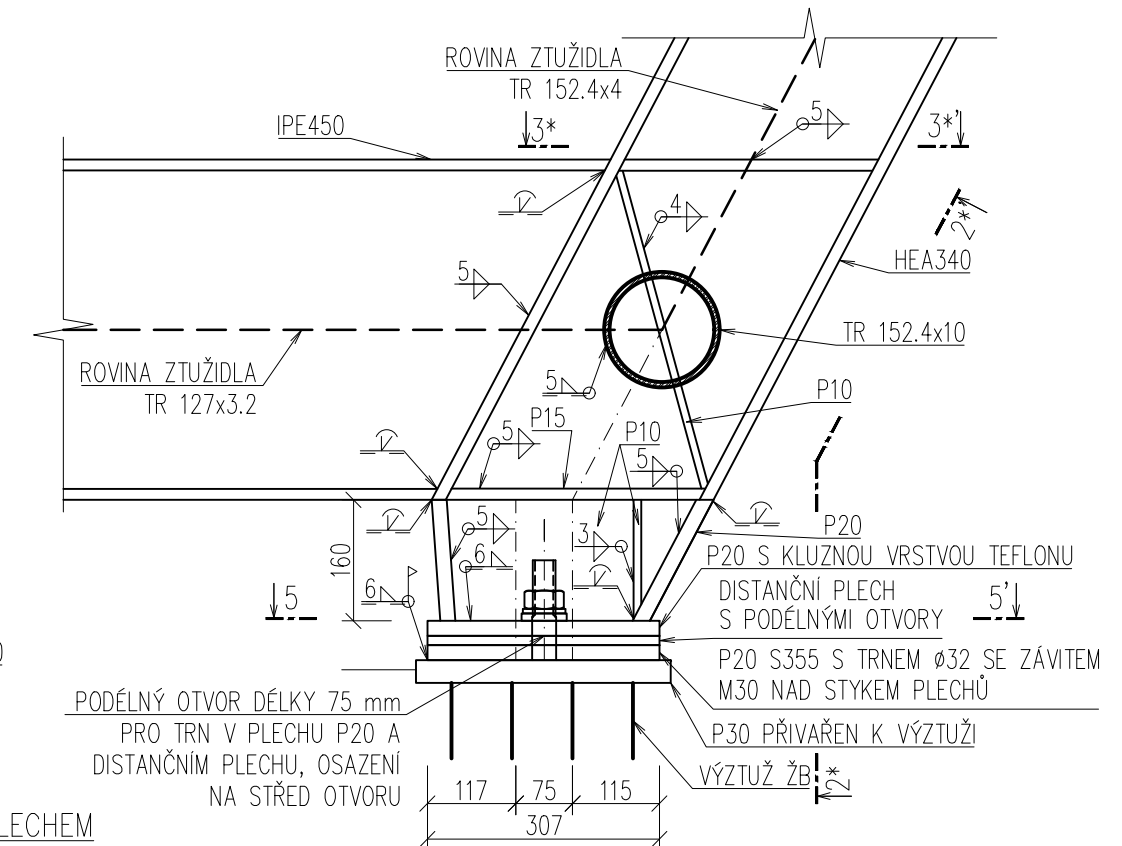
SCHEMA TRNU S PLECHEM  
M 1:10



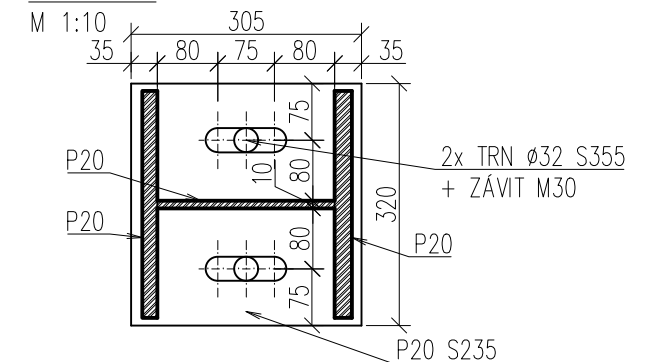
POZN.:  
ŘEZY A POHLEDY OZNAČENY " \* " ODPOVÍDAJÍ  
ZRCADLOVĚ VARIANTÁM U DETAILU E

# DETAIL G

M 1:10



ŘEZ 5-5'  
M 1:10



OCEL:  
S235JR ... VŠECHNY JINAK NEOZNAČENÉ PRVKY  
S355J2 ... OZNAČENÉ PRVKY DETAILŮ  
S320GD ... TRAPÉZOVÝ PLECH  
S520 ... TÁHLA DETAN

BETON:  
C16/20 ... ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

ŠROUBY: 8.8  
CHEMICKÉ KOTVY:  
HAS-U 5.8 + HIT-HY 200-A

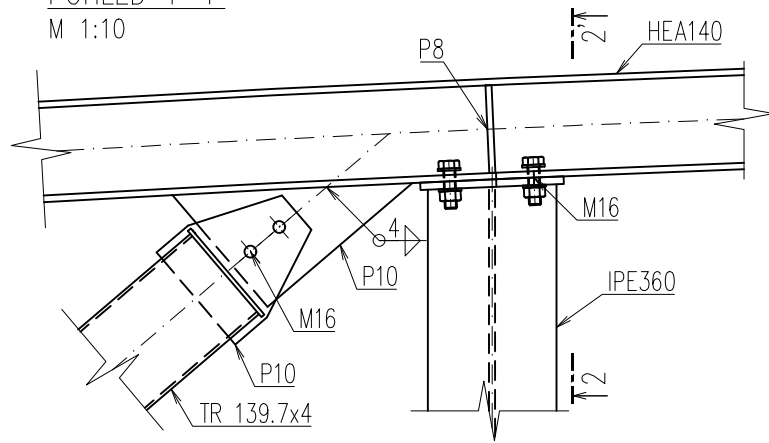
TŘÍDA PŘÍKON: EXC3

|   |                                |                                 |  |
|---|--------------------------------|---------------------------------|--|
| Zpracoval<br><b>RADIM HAINC</b>             | Školní rok<br><b>2019-2020</b> | Fakulta stavební<br><b>ČVUT</b> |  |
| Předmět:<br><b>134DPM - DIPLOMOVÁ PRÁCE</b> | Datum<br><b>1.1.2020</b>       |                                 |  |
| Název:<br><b>DVOULODNÍ HOKEJOVÁ HALA</b>    | Meřítko<br><b>1:10, 1:5</b>    |                                 |  |
| Část:<br><b>DETAILY E, G</b>                | Číslo výkresu<br><b>6</b>      |                                 |  |

### DETAIL M

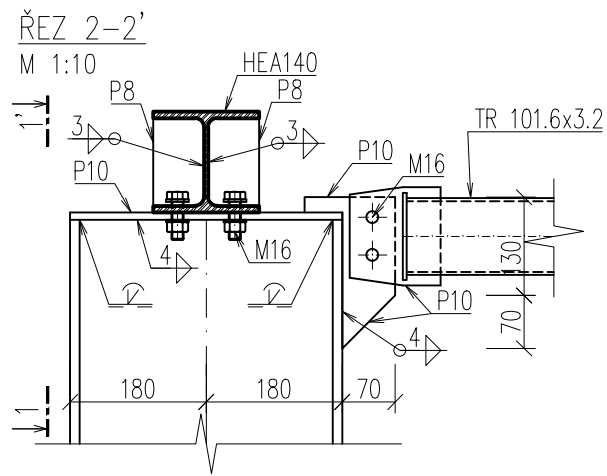
POHLED 1-1'

M 1:10



ŘEZ 2-2'

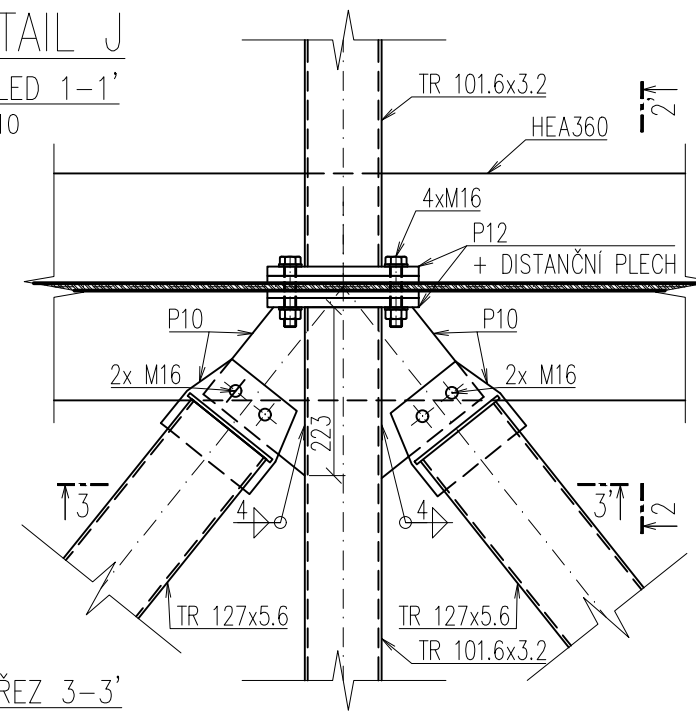
M 1:10



### DETAIL J

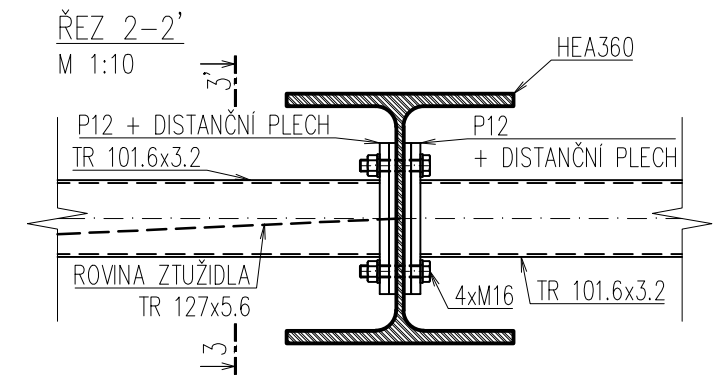
POHLED 1-1'

M 1:10



ŘEZ 2-2'

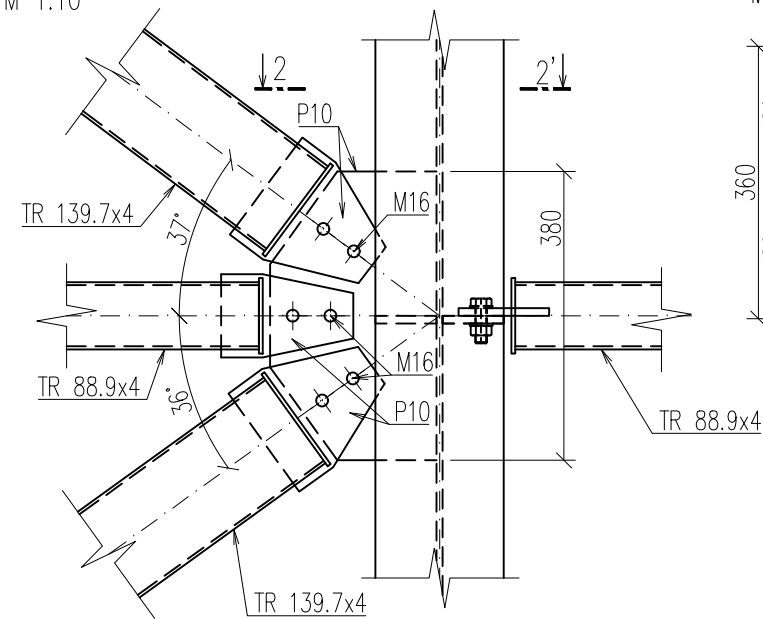
M 1:10



### DETAIL L

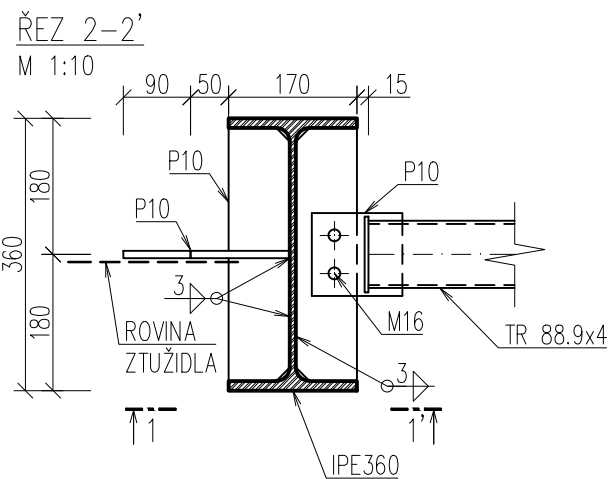
POHLED 1-1'

M 1:10



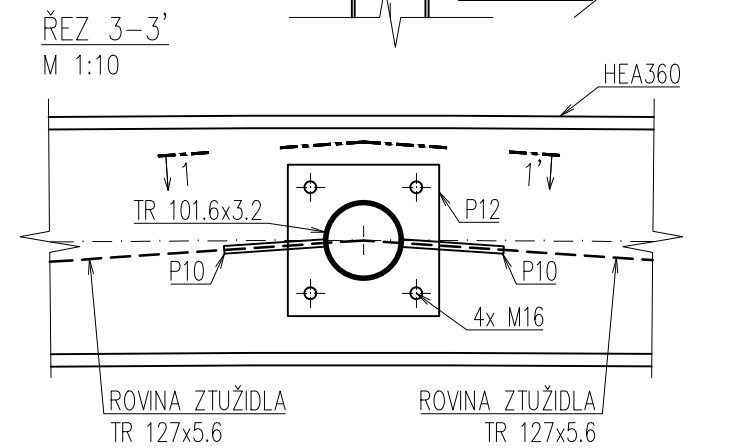
ŘEZ 2-2'

M 1:10



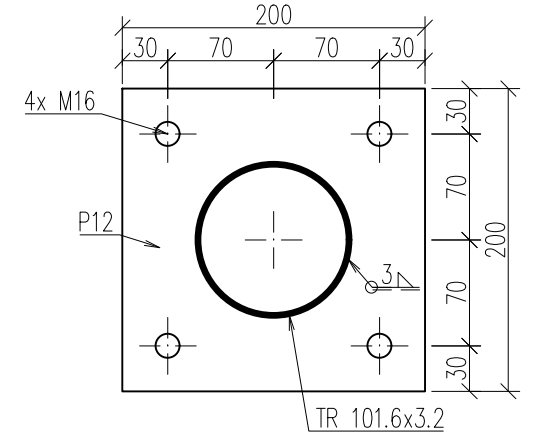
ŘEZ 3-3'

M 1:10



POHLED NA ČELNÍ DESKU

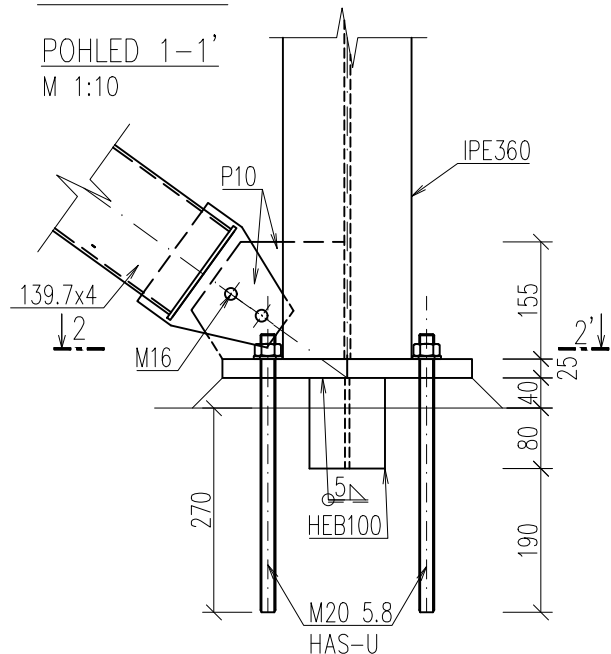
M 1:5



### DETAIL K

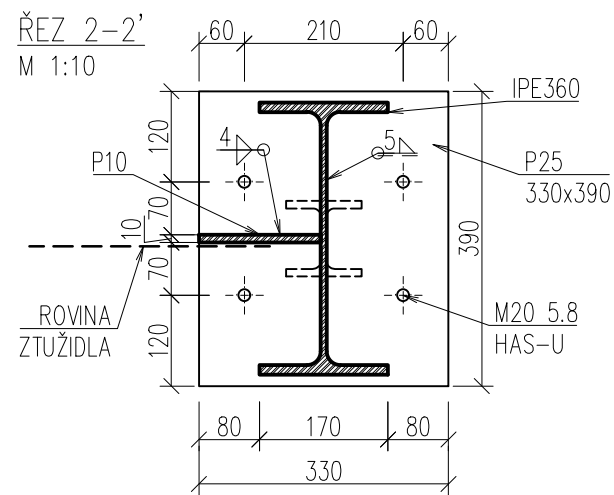
POHLED 1-1'

M 1:10



ŘEZ 2-2'

M 1:10



OCEL:

S235JR ... VŠECHNY JINAK NEOZNAČENÉ PRVKY

S355J2 ... OZNAČENÉ PRVKY DETAILŮ

S320GD ... TRAPÉZOVÝ PLECH

S520 ... TÁHLA DETAN

BETON:

C16/20 ... ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

ŠROUBY: 8.8

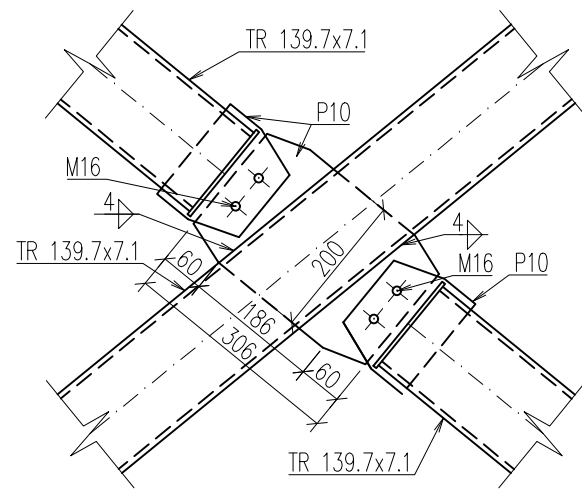
CHEMICKÉ KOTVY:

HAS-U 5.8 + HIT-HY 200-A

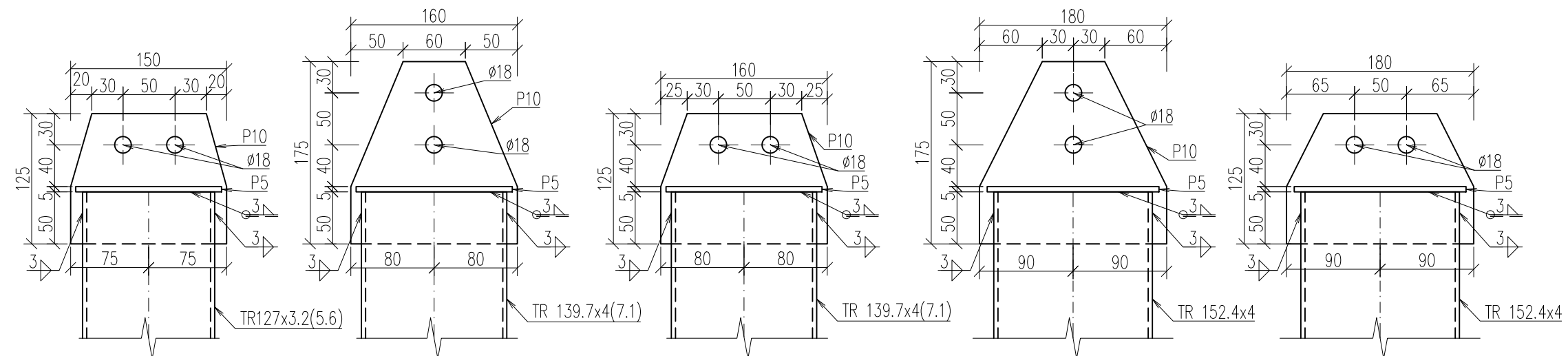
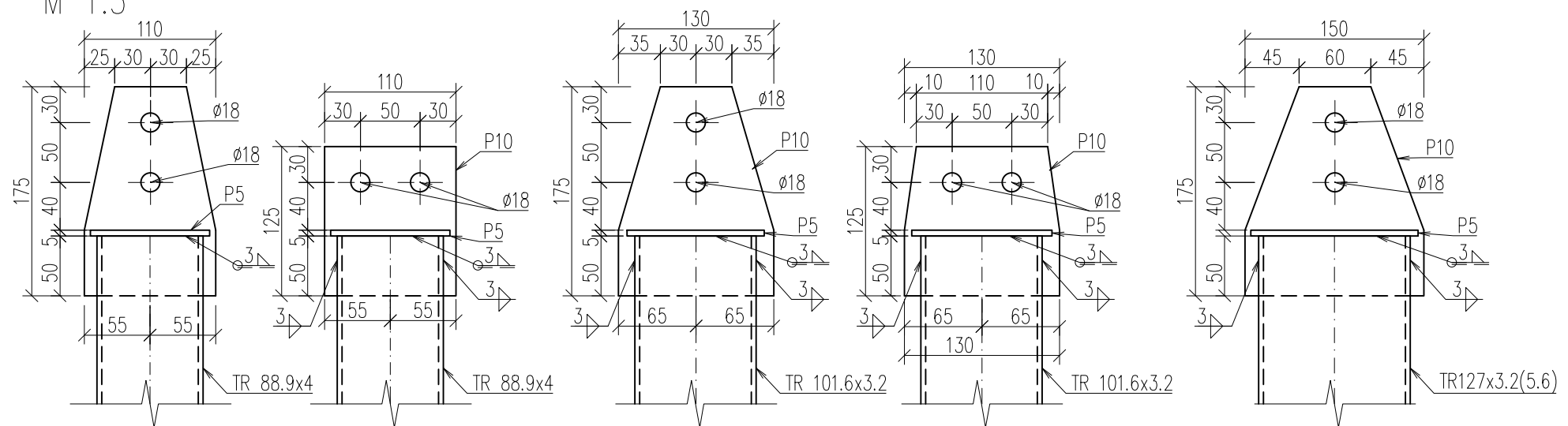
TŘÍDA PROVEDENÍ: EXC3

|  |                                |                                 |  |
|--|--------------------------------|---------------------------------|--|
| Zpracoval<br><b>RADIM HAINC</b>          | Školní rok<br><b>2019-2020</b> | Fakulta stavební<br><b>ČVUT</b> |  |
| Předmět: <b>134DPM - DIPLOMOVÁ PRÁCE</b> |                                |                                 |  |
| Název: <b>DVOULODNÍ HOKEJOVÁ HALA</b>    | Datum                          | <b>1.1.2020</b>                 |  |
| Část: <b>DETAILY J, K, L, M</b>          | Meřítko                        | <b>1:10, 1:5</b>                |  |
|  | Číslo výkresu                  | <b>7</b>                        |  |

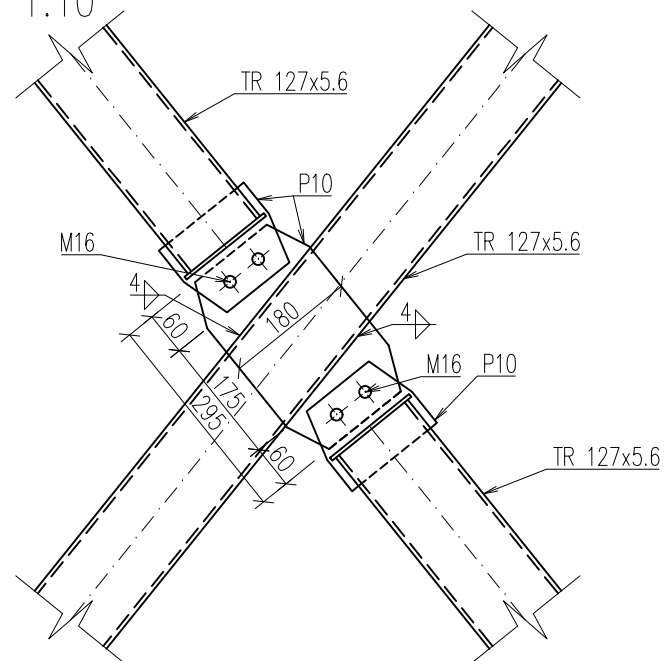
DETAIL H  
M 1:10



DETAILS UKONČENÍ PRUTŮ  
M 1:5



DETAIL I  
M 1:10




OCEL:  
S235JR ... VŠECHNY JINAK NEOZNAČENÉ PRVKY  
S355J2 ... OZNAČENÉ PRVKY DETAILŮ  
S320GD ... TRAPÉZOVÝ PLECH  
S520 ... TÁHLA DETAN

BETON:  
C16/20 ... ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

ŠROUBY: 8.8  
CHEMICKÉ KOTVY:  
HAS-U 5.8 + HIT-HY 200-A

TŘÍDA PŘEVODNÍ: EXC3

|                                    |                         |  |  |
|------------------------------------|-------------------------|--|--|
| Zpracoval<br>RADIM HAINC           | Školní rok<br>2019-2020 | Fakulta stavební<br>ČVUT  |  |
| Předmět: 134DPM - DIPLOMOVÁ PRÁCE  | Datum 1.1.2020          |  |  |
| Název: DVOULODNÍ HOKEJOVÁ HALA     | Meřítko 1:10, 1:5       |  |  |
| Část: DETAILS H, I, UKONČENÍ PRUTŮ | Číslo výkresu 8         |  |  |