

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY  
IN PRAGUE



**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**VÝROBNÍ HALA S ADMINISTRATIVNÍ VESTAVBOU**  
PRODUCTION HALL WITH ADMINISTRATIVE PART

**ÚVODNÍ DOKUMENTY**  
INITIAL DOKUMENTS

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
MASTER'S PROJECT

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**Bc. Martin Křivanec**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. Zdeněk Sokol, Ph.D.**

PRAHA 2017



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Křivanec</u>	Jméno: <u>Martin</u>	Osobní číslo: <u>380756</u>
Zadávající katedra: <u>K134</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Výrobní hala s administrativní vestavbou v Českých Budějovicích  
Název diplomové práce anglicky: Production hall with administrative part in České Budějovice

Pokyny pro vypracování:  
Předmětem diplomové práce je zpracování statického výpočtu výrobní haly s administrativní vestavbou, včetně technické zprávy a výkresové dokumentace (půdorysy, řezy, pohledy a vybrané detaily). Součástí práce bude taktéž předběžný návrh základových konstrukcí. Student dále zpracuje základní tepelně-technické posouzení obvodových konstrukcí.

Seznam doporučené literatury:  
ČSN EN 1990, ČSN EN 1991, ČSN EN 1992, ČSN EN 1993, ČSN EN 1994 ČSN EN 1997

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Zdeněk Sokol, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 6.10.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017  
*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“.*

13.10.2016

Datum převzetí zadání



Podpis studenta(ky)


# SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Martin Křivanec

Název diplomové práce: Výrobní hala s administrativní vestavbou

Základní část: OK podíl: 85 %

Formulace úkolů: Předmětem diplomové práce je zpracování statického výpočtu výrobní haly s administrativní vestavbou, včetně technické zprávy a výkresové dokumentace (půdorysy, řezy, pohledy a vybrané detaily). Součástí práce bude také předběžný návrh základových konstrukcí. Student dále zpracuje základní tepelně-technické posouzení obvodových konstrukcí.

Podpis vedoucího DP: ..... 

Datum: 13/10/2016

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

2. Část: KPS podíl: 15 %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů: opracení osnov, plošky a řezů. Techn. posouzení, detaily osnov, plošky (s okny - okna)

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)

## **ANOTACE**

Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením ocelové konstrukce výrobní haly s administrativním zázemím. Půdorysné rozměry výrobní haly jsou 75,54 x 57,04 m. Administrativní budova má půdorysné rozměry 14,4 x 57,04 m. V prvním patře je umístěno stravovací a hygienické zázemí. Ve druhém patře jsou umístěny kanceláře.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

výrobní hala, ocelová konstrukce, administrativní vestavba

## **ANOTATION**

The bachelor thesis contains design and verification of a steel structure of manufacturing hall and administrative facilities. The landscape dimensions of the hall are 75,54 x 57,04 meters. Administrative building has landscape dimensions 14,40 x 57,4 meters. On the first floor are catering and sanitary facilities. On the second floor are offices.

## **KEY WORDS**

manufacturing hall, steel structure, administration facilities

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Praze dne 20.12.2016

Bc. Martin Křivanec

A solid black rectangular box used to redact the author's signature.

podpis autora

## PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Zdeňku Sokolovi, Ph.D. za odborné vedení, rady a pomoc při vypracovávání mé diplomové práce.

## **OBSAH**

### **Úvodní dokumenty**

- Zadání, specifikace zadání, anotace, čestné prohlášení, poděkování.

### **Technická zpráva**

- Identifikační údaje stavby, údaje o zatížení a stanovení vnitřních sil, konstrukční řešení stavby, výkresová část.

### **Statický posudek**

- Seznam použitých podkladů, cíl práce, výpočet zatížení konstrukce, návrh a posouzení jednotlivých prvků konstrukce, závěr.

### **Přílohy**

- Výstupy ze softwaru použitého při zpracování práce.

### **Výkresová část**



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY  
IN PRAGUE



**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**VÝROBNÍ HALA S ADMINISTRATIVNÍ VESTAVBOU**  
PRODUCTION HALL WITH ADMINISTRATIVE PART

**TECHNICKÁ ZPRÁVA**  
TECHNICAL DOCUMENT

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
MASTER'S PROJECT

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**Bc. Martin Křivanec**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. Zdeněk Sokol, Ph.D.**

PRAHA 2017



**Obsah**

1. Identifikační údaje stavby
2. Charakteristika stavby, popis lokality a konstrukce objektu
3. Údaje o zatížení konstrukce a stanovení vnitřních sil
4. Konstrukční a materiálové řešení stavby
  - 4.1. Základové konstrukce
  - 4.2. Nosné konstrukce
  - 4.3. Konstrukce vnějších stěn
  - 4.4. Podlahové konstrukce
  - 4.5. Stropní konstrukce
  - 4.6. Střešní konstrukce
  - 4.7. Schodiště a výtah
  - 4.8. Okna, dveře, vrata, světlík
5. Doprava a montáž

## **Zjednodušená technická zpráva**

### **1. Identifikační údaje stavby**

Název stavby:	Výrobní hala s administrativní vestavbou
Místo stavby:	průmyslová zóna Rudolfovo, České Budějovice
Charakter stavby:	Novostavba

### **2. Charakteristika stavby, popis lokality a konstrukce objektu**

Podkladem pro návrh byla studie stavby výrobní haly zpracovaná dle požadavků investora.

Záměrem investora je výstavba nové výrobní haly s administrativní a vestavbou a sociálním zázemím v průmyslové zóně u Českých Budějovic. Stavba se skládá ze tří stavebních objektů, kde první stavební objekt SO1 tvoří dvoulodní výrobní hala o rozpětí 56 m (28 m jedna loď) dlouhá 75 m. Výška atiky výrobní haly je +8,000. Nosná konstrukce je tvořena ocelovým rámem ze svařovaných nosníků.

Druhým stavením objektem je administrativní budova, která má v 1.NP umístěno sociální a stravovací zázemí pro zaměstnance a ve 2.NP jsou umístěny kanceláře. Půdorysný rozměr SO2 je 56,8 m x 14 m. Konstrukční systém administrativní budovy je navržen jako ocelový skelet, příčném řezu jako dvoutraktní. Výška administrativní budovy je shodná s výškou haly.

Třetí objekt tvoří pultový přístřešek části zásobování o půdorysných rozměrech 31,8x14 m. Výška rohu ocelového rámu u okapu je +6,200 m.

### **3. Údaje o zatížení konstrukce a stanovení vnitřních sil**

Zatížené konstrukce je uvažováno dle aktuálně platných norem ČSN EN. Kombinace zatížení byly sestaveny dle ČSN EN 1990 ed.2. Výpočet vnitřních sil a deformací byl proveden pomocí programu Scia engineer.

Vlastní tíha konstrukce byla uvažována v souladu s ČSN EN 1991 – 1 – 1. Zatížení sněhem bylo provedeno dle normy ČSN EN 1991-1-3 ed.2 za použití přesnějšího určení zatížení sněhem dle sněhové mapy dostupné na [www.snehovamapa.cz](http://www.snehovamapa.cz). Zatížení větrem je uvažováno dle ČSN EN 1994-1-4 ed.2.

### **4. Konstrukční a materiálové řešení stavby**

#### **4.1. Základové konstrukce**

Základové konstrukce jsou navrženy předběžně před výběrem přesného umístění stavby. Návrh byl proveden pomocí software Fine patky. Jako podklad pro výpočet byl použit hydrogeologický průzkum provedený na přilehlém sousedním pozemku. Základové poměry jsou jednoduché a s ohledem na předběžný návrh konstrukce lze stavbu zařadit do 1. GK. Stavba je tedy posouzena na 1. mezní stav.

Založení objektu je navrženo na základových patkách, výšky 800 mm a 1000 mm. Horní hrana základových patek je na úrovni -0,400 m. Nivelita původního terénu je +0,400 m. Hladina podzemní vody je uvažována -2,800 m.

Mezi základové patky budou osazeny soklové prefa panely, jejichž horní hrana bude na úrovni -0,200 m. Na úroveň těchto prahů budou provedeny štěrkové vrstvy podlahy. Následně budou osazeny parapetní sendvičové prefa panely o tl. 300 mm. Jejich horní hrana je na úrovni +1,000m.

Patky jsou v předběžném návrhu uvažované jako železobetonové z betonu C20/25.

Kotvení bude provedeno lepenými kotvami Hilti HIT po předchozím přesném zaměření a vyznačení polohy sloupů.

#### 4.2. Nosné konstrukce

Nosná konstrukce výrobní haly je tvořena ocelovými dvoukloubovými rámy o rozpětí 56 m. Střední sloup je umístěn do každé druhé vazby. Mezilehlé vazby jsou podepřeny ocelovým průvlakem. Rozteč rámu je navržena 6250 mm. Ocel je použita S235 a S355. Nosná konstrukce střechy je tvořena TR plechem o výšce 150 mm, který musí být při pokládce vystřídán, aby nedocházelo k přitěžování jednotlivých rámu.

Nosná konstrukce vnějšího přístřešku je navržena jako kloubově připojená příčle s kloubově uloženým sloupem. Na ocelových rámech jsou umístěny tenkostěnné vaznice a trapézový plech.

Nosná konstrukce administrativní části, je navržena jako ocelový skelet. Svislé sloupy jsou navrženy z válcovaných profilů HEA. V příčném směru objektu jsou ke sloupům kloubově připojeny stropní a střešní průvlaky o rozpětí 7000 mm. Nosnou konstrukci stropu 1.NP tvoří tenkostěnné stropnice v rozteči 1 m, kloubově připojené ke stropním průvlakům. Na stropnicích je umístěn trapézový plech, sloužící jako ztracené bednění betonové stropní desky. Stropní průvlak je navrženo jako spřažený. Nosná konstrukce střechy je provedena trapézovým plechem na střešních průvlacích. Mezi střešními průvlaky jsou umístěny distanční trubky.

Ztužení objektu haly zajišťují v rovině střechy všech objektů tyčová ztužidla uvažovaná s působením pouze v tahu. Podélné ztužení haly zajišťují tři stěnová ztužidla, každé v jedné podélné ose haly.

Ztužení objektu administrativní budovy zajišťují v každém podlaží čtyři příčná a čtyři podélná příhradová ztužidla.

#### 4.3. Konstrukce vnějších stěn

Konstrukce vnějších stěn je navržena v soklové části z parapetních sendvičových panelů zateplených 120mm EPS. Nad soklovou částí je opláštění provedeno ze sendvičových PIR panelů Kingspan tl. 120 mm. V administrativní části bude před panely a soklovým panelem provedena SDK předstěna.

Posouzení vybraných skladeb vnějšího pláště bylo provedeno pomocí programu Teplo, jehož výstupy jsou v Příloze 1.

#### 4.4. Podlahové konstrukce

Podlahové konstrukce jsou v 1.NP tvořeny štrkovými vrstvami hutněnými po vrstvách na zpevněnou základovou pláň. Celková vrstva štrkových vrstev je 200mm. Před betonáží bude provedeno finální srovnání s přesností +/- 5 mm jednou prosívkou. Hydroizolace bude provedena HDPE folií chráněnou z obou stran geotextilií. V prostoru výrobní haly bude provedena hlazená drátkobetonová deska o tl. 200 mm se vsypem.

V části administrativní budovy je tl. betonové desky snížena na 120 mm a skladba doplněna o EPS tl. 80 mm ukládaném na podkladní betonovou desku. Hydroizolační folie je umístěna pod EPS.

#### 4.5. Stropní konstrukce

Stropní konstrukce je tvořena plechobetonovou deskou uloženou na tenkostěnných stropnicích. Ze spodní části je strop zakryt plechovými podhledy, čímž je vytvořen prostor pro rozvody TZB. Na betonové desce je umístěna kročejová izolace z minerální vlny o tl. 50 mm, dále dvě OSB desky křížem překryté a nášlapná vrstva podlahy (keramická dlažba, vinyl).

#### 4.5. Střešní konstrukce

Střešní konstrukce je tvořena trapézovým plechem ve sklonu 1,2 °, v prostoru administrativní části zakryta ocelovým podhledem. Na trapézovém plechu umístěna parozábrana a tepelná izolace

z minerální vlny o tl. 180 mm. Skladba je překryta hydroizolační folií PVC o tl. 1,5 mm vytaženou na atikové panely.

#### **4.6. Vnitřní příčky**

Vnitřní stěny v administrativní budově jsou navrženy jako lehké sádrokartonové příčky o tl. 160 mm.

#### **4.7. Schodiště a výtah**

Schodiště bude provedeno jako ocelové s dřevnými stupni dle architektonického návrhu. Technické řešení není součástí této dokumentace.

Výtah je navržen jako hydraulický pístový, základové konstrukce budou provedeny dle požadavku konkrétního dodavatele.

#### **4.8. Okna, dveře, vrata, světlík**

V administrativní budově jsou navržena pásová okna o výšce 1500 mm mezi nosnými ocelovými sloupy. Kanceláře a komunikační prostory jsou prosvětleny pomocí střešních bodových světlíků.

Ve střeše haly jsou navrženy dva pásové světlíky o šířce 3 m s větracími klapkami. Světlíky jsou osazeny na samonosné podsady z lakovaného pozinkovaného plechu.

V prostoru haly jsou umístěny dvoje sekční vrata o rozměru 4,5 x 5,0 m a dále dveře o rozměru 1 x 2 m. Nosná konstrukce dveří a vrat je tvořena profily z pozinkovaného plechu tl. 4 mm.

### **5. Doprava a montáž**

Délky jednotlivých ocelových dílů jsou navrženy pro standardní kamionovou dopravu. Montáž bude prováděna za pomoci teleskopických manipulátorů, mobilních autojeřábů, nůžkových a kloubových montážních plošin.

Všichni pracovníci stavby jsou povinni dodržovat veškeré platné předpisy týkající se BOZP. Při montážních pracích ve výšce je nutné používat ochranné sítě, případně osobní zachytávače pádu.



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY  
IN PRAGUE



**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**VÝROBNÍ HALA S ADMINISTRATIVNÍ VESTAVBOU**

PRODUCTION HALL WITH ADMINISTRATIVE PART

**STATICKÝ VÝPOČET**

STATIC CALCULATION

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S PROJECT

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Martin Křivanec**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. Zdeněk Sokol, Ph.D.**

PRAHA 2017

**DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET**  
**ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

**Obsah**

Seznam použitých podkladů, norem a software	4
Cíl práce	5
1. Údaje o stavbě	5
2. Výběr konstrukčního řešení	6
2.1. Zatížení stavby - odhad pro výběr konstrukčního řešení	6
2.1.1. Zatížení stavby - odhad zatížení vlastní tíhou	6
2.1.2. Zatížení stavby - odhad zatížení sněhem	6
2.1.3. Zatížení stavby - odhad zatížení větrem	6
2.2. Kombinace zatížení	7
2.3. Varianta 1 - ocelový dvoukloubový rám z válcovaných profilů	8
2.3.1. Návrh krajních sloupů	9
2.3.2. Návrh příčle	12
2.3.3. Návrh středního sloupu	15
2.3.4. Deformace konstrukce	17
2.4. Varianta 2 - Příhradový vazník se středním sloupem	18
2.4.1. Návrh prutů příhradového vazníku	18
2.4.2. Návrh krajních sloupů	19
2.4.3. Návrh středního sloupu	22
2.4.4. Deformace konstrukce	23
2.5. Porovnání konstrukčních variant	24
3. Zatížení	25
3.1. Zatížení vlastní tíhou	25
3.2. Zatížení užitným zatížením	25
3.3. Zatížení sněhem	26
3.3.1. Zatížení na pultové střeše - přístřešek zásobování	26
3.3.2. Zatížení střechy haly	27
3.3.3. Zatížení sněhovými návějemi	27
3.4. Zatížení větrem	28
3.4.1. Výpočet všeobecných charakteristik	28
3.4.2. Zatížení větrem na stěny	28
3.4.3. Zatížení větrem na ploché střeše	29
3.4.4. Zatížení větrem uvnitř haly	29
3.4.5. Zatížení větrem na přístřešek	29
3.4.6. Zatížení větrem na atice	30
4. Zatěžovací stavy a kombinace zatížení	31
4.1. Zatěžovací stavy	31
4.2. Kombinace zatížení	32
4.3. Obálka vnitřních sil kombinací MSÚ	34
5. Návrh a posouzení	35
5.1. Ocelová konstrukce haly	35
5.1.1. Návrh trapézového plechu	35
5.1.2. Návrh rámu v běžném poli	37
5.1.2.1. Návrh krajních sloupů	39
5.1.2.2. Návrh středního sloupu	44
5.1.2.3. Návrh příčle	46
5.1.2.4. Návrh středního průvliaku	50
5.1.2.5. Posouzení deformací příčné vazby	52

**DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET**  
**ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

5.1.3. Návrh konstrukce vnějšího přístřešku	53
5.1.3.1. Příčle	53
5.1.3.2. Vaznice	54
5.1.3.3. Střešní trapézový plech	55
5.1.3.4. Sloup	56
5.1.4. Návrh sloupu štítové stěny haly	58
5.1.5. Návrh ztužidel haly	61
5.1.5.1. Střešní ztužidla	61
5.1.5.2. Stěnová ztužidla	63
5.2. Ocelová konstrukce administrativní budovy	66
5.2.1. Návrh stropního TR plechu	67
5.2.2. Návrh stropnic	67
5.2.3. Návrh stropního průvlaku	68
5.2.4. Návrh střešního průvlaku	71
5.2.5. Návrh středního sloupu	73
5.2.6. Návrh krajního sloupu	75
5.2.7. Stěnová ztužidla	77
5.2.8. Střešní ztužidla	79
5.2.9. Distanční trubky	80
5.2.10. Střešní ztužidla	81
5.2.11. Výměny pro okna	82
5.3. Základové konstrukce a kotvení	84
Závěr	85

**Seznam použitých podkladů, norem a software**

- ČSN EN 1990 ed. 2 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.  
Praha: ÚNMZ, květen 2016.
- ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. + OPR1 + Z1 + Z2  
Praha: ÚNMZ, březen 2004. + únor 2010 + březen 2010
- ČSN EN 1991-1-3 ed.2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem  
Praha: ÚNMZ, červen 2016.
- ČSN EN 1991-1-4 ed.2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem  
Praha: ÚNMZ, červenec 2013.
- ČSN EN 1993-1-1 ed.2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby  
Praha: ÚNMZ, červenec 2011.
- ČSN EN 1993-1-5 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-5: Boulení stěn  
Praha: ÚNMZ, červenec 2013.
- ČSN EN 1993-1-8 ed.2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků  
Praha: ÚNMZ, červenec 2013.
- ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla  
Praha: ÚNMZ, červenec 2006.
- Mapa zatížení sněhem na zemi [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.snehovamapa.cz>>.
- Informační nástroj acces-steel [online]. Dostupné z WWW: <[http://steel.fsv.cvut.cz/Access\\_Steel\\_CZ/](http://steel.fsv.cvut.cz/Access_Steel_CZ/)>.
- SOKOL, Zdeněk, WALD František. Ocelové konstrukce: Tabulky. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2010, 81 s.
- STUDNIČKA, Jiří. Ocelové konstrukce: Normy. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2008, 55 s.
- VRANÝ, Tomáš, JANDERA, Michal, ELIÁŠOVÁ, Martina. Ocelové konstrukce 2: Cvičení. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2009, 149 s.
- Statické tabulky [online]. [vid. 10/2010]. Dostupné z WWW: <<http://www.cbprofil.cz>>.
- Katalog Voestalpine Z a C profilů [online]. [vid. 10/2010]. Dostupné z WWW: <<http://www.voestalpine.com>>.
- Hilti PROFIS Anchor 2.7.1 [software]. Dostupné z WWW: <<http://www.hilti.cz>>.
- Autocad LT 2014 [software]. Dostupné z WWW: <<http://www.autodesk.cz>>.
- Archicad 17 [software]. Dostupné z WWW: <<http://www.graphisoft.cz>>.
- Microsoft Excel 2010 [software]. Dostupné z WWW: <<http://www.microsoft.cz>>.
- Scia Engineer 16.0 [software]. Dostupné z WWW: <<http://www.scia.net>>.
- FIN EC v5 - Ocelové spoje [software]. Dostupné z WWW: <<http://www.fine.cz>>.
- GEOS 2016 CS - patky [software]. Dostupné z WWW: <<http://www.fine.cz>>.
- LT BeamN 1.0.3 [software]. Dostupné z WWW: <<http://www.cticm.com>>.
- Teplo 2014 EDU [software]. Dostupné z WWW: <<http://www.kcad.cz>>.



### **Cíl práce**

Cílem práce je navrhnout ocelovou konstrukci výrobní haly s administrativní vestavbou. Stavba bude navržena dle norem ČSN EN. Návrh bude obsahovat statický výpočet konstrukce haly včetně předběžného návrhu základových konstrukcí, technickou zprávu a základní výkresovou dokumentaci. Při návrhu bude provedeno tepelně technické posouzení skladeb obvodových konstrukcí.

### **1. Údaje o stavbě, lokalitě a zatížení**

Umístění stavby je navrženo na okraji města České Budějovice, v nově vznikající průmyslové zóně. Pozemek je rovinatý, v okolí stavby bude probíhat zástavba dalších halových staveb obdobné výšky. Konkrétní pozemek stavby není ještě přesně určen, pro předběžný návrh základových konstrukcí bude použit hydrogeologický průzkum provedený při výstavbě nedalekého objektu. Charakteristické zatížení sněhem bylo určeno dle [www.snehovamapa.cz](http://www.snehovamapa.cz). Zatížení větrem je uvažováno pro II větrnou oblast, kategorie terénu III.

Stavba se skládá ze dvou stavebních objektů. První objekt tvoří jednopodlažní výrobní hala o půdorysných rozměrech 10x10 m. Druhý objekt, navazující na výrobní halu a provozně propojený, je dvoupodlažní administrativní budova, kde v prvním nadzemním podlaží je umístěno stravovací a hygienické zázemí, ve druhém nadzemním podlaží se nacházejí kanceláře.

## 2. Výběr konstrukčního řešení nosné konstrukce haly

Nosnou konstrukci haly tvoří ocelová konstrukce o rozponu 56,34 m s mezisloupem. Vzdálenost příčných vazeb je 6,2 m. Výška ocelové konstrukce u rámového rohu je 7,25 m, výška atiky pak 8,00 m. Sklon střechy je navržen na 1,2°.

### 2.1. Zatížení stavby - odhad pro výběr konstrukčního řešení

#### 2.1.1. Zatížení stavby - odhad zatížení vlastní tíhou

	obj. hmotnost	gk [kN/m <sup>2</sup> ]
Nosná ocelová konstrukce:	8000 kg/m <sup>3</sup>	
Składba střechy:		0,7 kN/m <sup>2</sup>
Technologie:		0,3 kN/m <sup>2</sup>
Stěnový plášť:		0,3 kN/m <sup>2</sup>

#### 2.1.2. Zatížení stavby - odhad zatížení sněhem

Místo stavby: České Budějovice

Sněhová oblast: II  $s_k = 1 \text{ kN/m}^2$

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

#### 2.1.3. Zatížení stavby - odhad zatížení větrem

Větrná oblast: II  $v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$

Kategorie terénu: III

Základní rychlost větru:  $v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 25,0 \text{ m/s}$

výška atiky:  $z = 8 \text{ m}$

Střední rychlost větru:  $v_m(z) = c_t(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,71 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 17,7 \text{ m/s}$

Součinitel drsnosti terénu:  $c_t(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0,22 \cdot \ln(8,0/0,3) = 0,71 [-]$

Součinitel terénu:  $k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,19 \cdot (1,0/0,05)^{0,07} = 0,22 [-]$

Součinitel ortografie:  $c_0(z) = 1,0 [-]$

Intenzita turbulence větru:  $I_v(z) = \sigma_v/v_m(z) = 5,38/17,7 = 0,3$

Směrodatná odchylka turb.:  $\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_1 = 0,22 \cdot 25,0 \cdot 1,0 = 5,38$

Součinitel turbulence:  $k_1 = 1,0 [-]$

Maximální dynamický tlak:  $q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z) \cdot 10^{-3} = [1 + 7 \cdot 0,3] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 17,7^2 \cdot 10^{-3} = 0,61 \text{ kN/m}^2$

Součinitel expozice:  $c_e(z) = q_p(z) / q_b = 0,61/0,39 = 1,57 [-]$

Základní dynamický tlak:  $q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 25,0^2 = 0,39 \text{ kN/m}^2$

Zatížení na povrchy:

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe} =$$

**Příčný vítr**

Zatížení na stěny

$$c_{pe,D} = 0,8 [-] \quad w_{e,D} = 0,50 \text{ kN/m}^2$$

$$c_{pe,E} = -0,3 [-] \quad w_{e,E} = -0,20 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení na střeše

$$c_{pe,H} = -0,7 [-] \quad w_{e,H} = -0,43 \text{ kN/m}^2 \quad e = 8 \text{ m} \quad l_H = 4 \text{ m}$$

$$c_{pe,I} = 0,2 [-] \quad w_{e,I} = 0,12 \text{ kN/m}^2$$

$$c_{pe,J} = -0,2 [-] \quad w_{e,J} = -0,12 \text{ kN/m}^2$$

**Podélný vítr**

Zatížení na stěny

$$c_{pe,C} = -0,5 [-] \quad w_{1,D} = -0,31 \text{ kN/m}^2$$

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

Zatížení na střeše

$$c_{pe,1} = 0,2 \quad [-] \quad w_{e,1} = 0,12 \quad \text{kN/m}^2$$

$$c_{pe,2} = -0,2 \quad [-] \quad w_{e,2} = -0,12 \quad \text{kN/m}^2$$

Zatížení větrem uvnitř haly

$$w_i = q_p(z) \cdot c_{pi} =$$

$$c_{pi,1} = 0,2 \quad [-] \quad w_{i,1} = 0,12 \quad \text{kN/m}^2$$

$$c_{pi,2} = -0,3 \quad [-] \quad w_{i,2} = -0,18 \quad \text{kN/m}^2$$

### 2.2. Kombinace zatížení

#### Součinitele spolehlivosti

$\gamma_{Gmax} = 1,35 \quad [-]$	Součinitel stálého nepříznivého zatížení
$\gamma_{Gmin} = 1,0 \quad [-]$	Součinitel stálého příznivého zatížení
$\gamma_Q = 1,35 \quad [-]$	Součinitel nahodilého nepříznivého zatížení
$\psi_{0,s} = 0,5 \quad [-]$	Kombinační součinitel pro zatížení sněhem
$\psi_{0,w} = 0,6 \quad [-]$	Kombinační součinitel pro zatížení větrem
$\gamma_{M0} = 1,0 \quad [-]$	Součinitel spolehlivosti
$\gamma_{M1} = 1,0 \quad [-]$	Součinitel spolehlivosti

#### Kombinace zatížení MSÚ

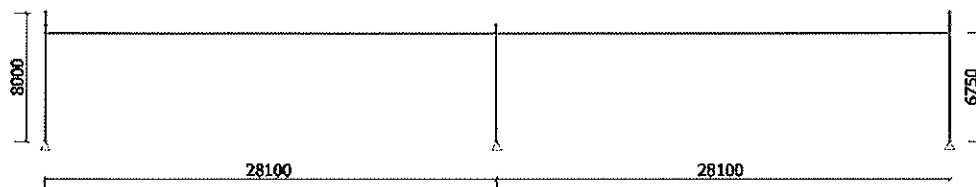
K01	$\gamma_{Gmax} \cdot G + \gamma_Q \cdot S$
K02	$\gamma_{Gmin} \cdot G + \gamma_Q \cdot W$
K03	$\gamma_{Gmax} \cdot G + \gamma_Q \cdot S + \gamma_Q \cdot \psi_{0,w} \cdot W^+$
K04	$\gamma_{Gmax} \cdot G + \gamma_Q \cdot \psi_{0,s} \cdot S + \gamma_Q \cdot W^+$

#### Kombinace zatížení MSP

K51	G
K52	S
K53	G + S
K54	G + W

### 2.3. Varianta 1 - Ocelový dvoukloubový rám z válcovaných profilů

Nosná konstrukce dvoulodní haly je navržena jako dvoukloubová rámová konstrukce z válcovaných nosníků. Celkový rozpon haly je 56,2 m. Zakladové patky jsou v obou směrech uvažovány kloubové. Výška rámového rohu je 7,25 m, výška atiky 8,00 m.



#### Vliv imperfekcí

Pro kombinace, ve kterých jsou veškeré vodorovné síly působící na konstrukci menší než 15% všech svislých sil budou počáteční imperfekce nahrazeny ekvivalentní vodorovnou silou  $H_{eq} = \phi V_{Ed}$ .

$$\phi = \frac{1}{200} \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 1,980 \cdot 10^{-3} [-]$$

- h - výška rámu

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = 0,77$$

- m - počet sloupů v řadě

$$\alpha_m = \sqrt{0,5(1 + \frac{1}{m})} = 0,52$$

#### Vliv 2. řádu

$$\alpha_{CR} = 5,71 [-]$$

- Vypočtený pomocí scia

Zvětšíme všechny vodorovné síly součinitelem 2. řádu:

$$\frac{1}{1 - \frac{1}{\alpha_{CR}}} = 1,2123 [-]$$

### 2.3.1. Návrh krajních sloupů

#### Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = -240,4 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 632,6 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 93,3 \text{ kN}$$

#### Ocel: S 355

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

$$G = 80\,700 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$$

$$\nu = 0,3 \text{ [-]}$$

- Mez kluzu oceli
- Mez pevnosti oceli
- Modul pružnosti
- Modul pružnosti ve smyku
- Součinitel tepelné roztažnosti
- Objemová hmotnost
- Poissonův součinitel

#### Profil: HEB 400

$$G = 155,3 \text{ kg/m}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

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

$$t_w = 13,5 \text{ mm}$$

$$t_f = 24,0 \text{ mm}$$

$$r = 27,0 \text{ mm}$$

$$A = 19,778 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} = 6,998 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$c = 298,0 \text{ mm}$$

$$I_y = 576,805 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{el,y} = 2884,024 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 3231,739 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 170,8 \text{ mm}$$

$$I_z = 108,190 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{el,z} = 721,269 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 1104,036 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 74,0 \text{ mm}$$

$$I_t = 3557,463 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 3817,152 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

- Hmotnost profilu
- Výška průřezu
- Šířka průřezu
- Tloušťka stojiny
- Tloušťka pásnice
- Poloměr přechodu pásnice/stojiny
- Plocha průřezu
- Průřezová plocha stěny ve smyku ve směru osy z
- Výška stojiny
- Moment setrvačnosti kolem osy y
- Pružný modul průřezu k ose y
- Plastický modul průřezu k ose y
- Poloměr setrvačnosti kolem osy y
- Moment setrvačnosti kolem osy z
- Pružný modul průřezu k ose z
- Plastický modul průřezu k ose z
- Poloměr setrvačnosti kolem osy z
- Moment setrvačnosti v prostém kroucení
- Výsečový moment setrvačnosti

#### Klasifikace průřezu:

##### Stojina:

$$c/t_w = 22,07 \text{ [-]}$$

$$c_N = N_{Ed}/(t_w \cdot f_y) = 50,16 \text{ mm}$$

$$\alpha = (c + c_N)/(2 \cdot c) = 0,584 \text{ [-]}$$

$$c/t_w = 22,07 \text{ [-]} < [(396 \cdot \epsilon)/(13 \cdot \alpha - 1)] = 48,9$$

$$\epsilon = \sqrt{235/f_y} = 0,81 \text{ [-]}$$

$$c/t_w = 22,07 \text{ [-]} < [(456 \cdot \epsilon)/(13 \cdot \alpha - 1)] = 56,3$$

- Namáhání tlakem + ohybem
- Štíhlost stěny
- Výška tlačené části stojiny
- Podíl tlačené části stojiny
- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**
- Kritérium pro třídu průřezu 2

$$\sigma_c = -\frac{N_{Ed}}{A} - \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{c}{2} = -176 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = -\frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{c}{2} = 151 \text{ MPa}$$

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

$$\psi = (\sigma_i/\sigma_c) = -0,862 [-]$$

$$c/t_w = 22,07 [-] < [(42 \cdot \epsilon)/(0,67 + 0,33 \cdot \psi)] = 88,6 \quad - \text{Kritérium pro třídu průřezu 3}$$

**Stojina je třídy 1.**

**Pásnice:**

$$c_f = (b - t_w - 2 \cdot r)/2 = 116$$

$$c_f/t_f = 4,84 [-]$$

$$c/t_w = 4,84 < 9 \cdot \epsilon = 7,32$$

$$c/t_w = 4,84 < 10 \cdot \epsilon = 8,14$$

$$c/t_w = 4,84 < 14 \cdot \epsilon = 11,4$$

**Pásnice je třídy 1.**

- Namáhání tlakem

- Polovina šířky pásnice

- Štíhlost stěny

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

- Kritérium pro třídu průřezu 2

- Kritérium pro třídu průřezu 3

**Únosnost průřezu**

**Únosnost ve smyku**

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = 1434,3 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 0,07 < 0,5$$

**Vliv smykové síly na ohybovou únosnost může být zanedbán.**

**Únosnost v prostém tlaku**

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 7021,1 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 240,4 \text{ kN} < 0,25 \cdot N_{pl,Rd} = 1755,3 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 240,4 \text{ kN} < 0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 843,5 \text{ kN}$$

**Vliv normálové síly na ohybovou únosnost může být zanedbán.**

**Únosnost v ohybu**

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 1147,3 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 632,6 \text{ kNm} < M_{pl,y,Ed} = 1147,3 \text{ kNm}$$

**Vzpěr a klopení**

$$\alpha_{CR} = 5,71 [-]$$

- Vypočtený pomocí scia

$$N_{CR,y} = 1372,7 \text{ kN}$$

- Kritická vzpěrná síla

Typ průřezu: Válcovaný průřez

$$\text{Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y:} \quad a \quad \alpha = 0,21 \quad - \text{Součinitel imperfekce}$$

$$\text{Vzpěrnostní křivka kolmo k ose z:} \quad b \quad \alpha = 0,34 \quad - \text{Součinitel imperfekce}$$

$$\text{Křivka klopení:} \quad a \quad \alpha_{LT} = 0,21 \quad - \text{Součinitel imperfekce klopení}$$

$$L_{CR,z} = 6750 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{E/f_y} = 76,4 [-]$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{CR,y}}} = 2,26 [-]$$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2)] + \bar{\lambda}_y^2 = 3,27$$

**DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET**

ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = 0,177$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot \frac{EI_z}{L_{cr,z}^2} = 4921,5 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 1,19 \text{ [-]}$$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2)] + \bar{\lambda}_z^{-2} = 1,38$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = 0,481$$

klopení

$$l_{cr,LT} = 7250 \text{ mm}$$

$$M_{cr} = 1423,0 \text{ kNm}$$

- Vypočteno pomocí LTBeamN

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,90$$

$$\phi_{LT} = 0,5[1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2)] + \bar{\lambda}_{LT}^{-2} = 0,98$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = 0,735$$

$$k_{yy} = c_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \leq c_{my} \left( 1 + (0,8) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right)$$

$$k_{yy} = 1,26 \leq 1,04$$

$$c_{my} = c_{mLT} = 0,9 \text{ [-]}$$

- Uvažováno vybočení s posuvem styčníku

$$k_{yy} = 1,04 \text{ [-]}$$

$$k_{zy} = \left( 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{c_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) \leq \left( 1 - \frac{0,1}{c_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right)$$

$$k_{zy} = 0,99 \leq 0,99$$

$$k_{zy} = 0,99$$

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

$$0,19 + 0,78 = 0,97 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

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

$$0,07 + 0,74 = 0,81 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### 2.3.2. Návrh příčle

##### Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = -137,0 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 880,0 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 251,0 \text{ kN}$$

##### Ocel: S 355

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

$$G = 80\,700 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$$

$$\nu = 0,3 \text{ [-]}$$

- Mez kluzu oceli
- Mez pevnosti oceli
- Modul pružnosti
- Modul pružnosti ve smyku
- Součinitel tepelné roztažnosti
- Objemová hmotnost
- Poissonův součinitel

##### Profil: IPE 600

$$G = 122,4 \text{ kg/m}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$b = 220 \text{ mm}$$

$$t_w = 12,0 \text{ mm}$$

$$t_f = 19,0 \text{ mm}$$

$$r = 24,0 \text{ mm}$$

$$A = 15,598 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} = 8,378 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$c = 514,0 \text{ mm}$$

$$I_y = 920,834 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{el,y} = 3069,447 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 3512,400 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 243,0 \text{ mm}$$

$$I_z = 33,873 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{el,z} = 307,940 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 485,649 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 46,6 \text{ mm}$$

$$I_t = 1654,167 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 2845,527 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

- Hmotnost profilu
- Výška průřezu
- Šířka průřezu
- Tloušťka stojiny
- Tloušťka pásnice
- Poloměr přechodu pásnice/stojiny
- Plocha průřezu
- Průřezová plocha stěny ve smyku ve směru osy z
- Výška stojiny
- Moment setrvačnosti kolem osy y
- Pružný modul průřezu k ose y
- Plastický modul průřezu k ose y
- Poloměr setrvačnosti kolem osy y
- Moment setrvačnosti kolem osy z
- Pružný modul průřezu k ose z
- Plastický modul průřezu k ose z
- Poloměr setrvačnosti kolem osy z
- Moment setrvačnosti v prostém kroucení
- Výsečový moment setrvačnosti

##### Klasifikace průřezu:

###### Stojina:

$$c/t_w = 42,83 \text{ [-]}$$

$$c_N = N_{Ed}/(t_w \cdot f_y) = 32,16 \text{ mm}$$

$$\alpha = (c + c_N)/(2 \cdot c) = 0,531 \text{ [-]}$$

$$c/t_w = 42,83 \text{ [-]} < [(396 \cdot \epsilon)/(13 \cdot \alpha - 1)] = 54,5$$

$$\epsilon = \sqrt{235/f_y} = 0,81 \text{ [-]}$$

$$c/t_w = 42,83 \text{ [-]} < [(456 \cdot \epsilon)/(13 \cdot \alpha - 1)] = 62,8$$

- Namáhání tlakem + ohybem
- Štíhlost stěny
- Výška tlačené části stojiny
- Podíl tlačené části stojiny
- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**
- Kritérium pro třídu průřezu 2

$$\sigma_c = -\frac{N_{Ed}}{A} - \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{c}{2} = -254 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = -\frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{c}{2} = 237 \text{ MPa}$$



## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

$$\psi = (\sigma_v / \sigma_c) = -0,931 [-]$$

$$c/t_w = 42,83 [-] < [(42 \cdot \epsilon) / (0,67 + 0,33 \cdot \psi)] = 94,2 \quad - \text{Kritérium pro třídu průřezu 3}$$

**Stojina je třídy 1.**

**Pásnice:**

$$c_f = (b - t_w - 2 \cdot r) / 2 = 80$$

$$c_f/t_f = 4,21 [-]$$

$$c/t_w = 4,21 < 9 \cdot \epsilon = 7,32$$

$$c/t_w = 4,21 < 10 \cdot \epsilon = 8,14$$

$$c/t_w = 4,21 < 14 \cdot \epsilon = 11,4$$

**Pásnice je třídy 1.**

- Namáhání tlakem

- Polovina šířky pásnice

- Štíhlost stěny

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

- Kritérium pro třídu průřezu 2

- Kritérium pro třídu průřezu 3

### Únosnost průřezu

#### Únosnost ve smyku

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = 1717,2 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 0,15 < 0,5$$

**Vliv smykové síly na ohybovou únosnost může být zanedbán.**

#### Únosnost v prostém tlaku

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 5537,4 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 137,0 \text{ kN} < 0,25 \cdot N_{pl,Rd} = 1384,4 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 137,0 \text{ kN} < 0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 1197,1 \text{ kN}$$

**Vliv normálové síly na ohybovou únosnost může být zanedbán.**

#### Únosnost v ohybu

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 1246,9 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 880,0 \text{ kNm} < M_{pl,y,Ed} = 1246,9 \text{ kNm}$$

#### Vzpěr a klopení

$$\alpha_{CR} = 21,93 [-]$$

- Vypočtený pomocí scia

$$N_{CR,y} = 3004,4 \text{ kN}$$

- Kritická vzpěrná síla

Typ průřezu: Válcovaný průřez

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y: a

$$\alpha = 0,21$$

- Součinitel imperfekce

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose z: b

$$\alpha = 0,34$$

- Součinitel imperfekce

Křivka klopení: b

$$\alpha_{LT} = 0,34$$

- Součinitel imperfekce klopení

$$l_{CR,z} = 4500 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{E/f_y} = 76,4 [-]$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{CR,y}}} = 1,36 [-]$$

$$\phi_y = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 1,54$$

**DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET**

ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = 0,439$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot \frac{EI_z}{L_{cr,z}^2} = 3467,0 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 1,26 [-]$$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2)] + \bar{\lambda}_z^{-2} = 1,48$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = 0,445$$

klopení

$$L_{CR,LT} = 4500 \text{ mm}$$

$$M_{CR} = 3154,0 \text{ kNm}$$

- Vypočteno pomocí LTBeamN

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,63$$

$$\phi_{LT} = 0,5[1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2)] + \bar{\lambda}_{LT}^{-2} = 0,77$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = 0,822$$

$$k_{yy} = c_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \leq c_{my} \left( 1 + (0,8) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,64 \leq 0,63$$

$$c_{my} = c_{mLT} = 0,6 [-]$$

$$k_{yy} = 0,63 [-]$$

$$k_{zy} = \left( 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{c_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) \leq \left( 1 - \frac{0,1}{c_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right)$$

$$k_{zy} = 0,98 \leq 0,98$$

$$k_{zy} = 0,98$$

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

$$0,06 + 0,54 = 0,59 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

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

$$0,06 + 0,84 = 0,90 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Při návrhu příčle nebyl v předběžném návrhu zohledněn maximální moment na příčli u vnitřního sloupu. Konstrukce by bylo nutné v tomto místě opatřit náběhy.

### 2.3.3. Návrh středního sloupu

#### Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = -588,0 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 42,0 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 6,2 \text{ kN}$$

#### Ocel: S 235

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

- Mez kluzu oceli

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

- Mez pevnosti oceli

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti

$$G = 80\,700 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti ve smyku

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

- Součinitel tepelné roztažnosti

$$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$$

- Objemová hmotnost

$$\nu = 0,3 \text{ [-]}$$

- Poissonův součinitel

#### Profil: HEA 300

$$G = 88,3 \text{ kg/m}$$

- Hmotnost profilu

$$h = 290 \text{ mm}$$

- Výška průřezu

$$b = 300$$

- Šířka průřezu

$$t_w = 8,5 \text{ mm}$$

- Tloušťka stojiny

$$t_f = 14,0 \text{ mm}$$

- Tloušťka pásnice

$$r = 27,0 \text{ mm}$$

- Poloměr přechodu pásnice/stojiny

$$A = 11,253 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Plocha průřezu

$$A_{vz} = 3,728 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Průřezová plocha stěny ve smyku ve smru osy z

$$c = 208,0 \text{ mm}$$

- Výška stojiny

$$I_y = 182,635 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti kolem osy y

$$W_{el,y} = 1259,549 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Pružný modul průřezu k ose y

$$W_{pl,y} = 1383,272 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Plastický modul průřezu k ose y

$$i_y = 127,4 \text{ mm}$$

- Poloměr setrvačnosti kolem osy y

$$I_z = 63,096 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti kolem osy z

$$W_{el,z} = 420,637 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Pružný modul průřezu k ose z

$$W_{pl,z} = 641,166 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Plastický modul průřezu k ose z

$$i_z = 74,9 \text{ mm}$$

- Poloměr setrvačnosti kolem osy z

$$I_t = 851,731 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti v prostém kroucení

$$I_w = 1199,772 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

- Výsečový moment setrvačnosti

#### Klasifikace průřezu:

##### Stojina:

$$c/t_w = 24,47 \text{ [-]}$$

- Namáhání tlakem + ohybem

$$c_N = N_{Ed}/(t_w \cdot f_y) = 294,37 \text{ mm}$$

- Štíhlost stěny

$$\alpha = (c + c_N)/(2 \cdot c) = 1,208 \text{ [-]}$$

- Výška tlačené části stojiny

$$c/t_w = 24,47 \text{ [-]} < [(396 \cdot \epsilon)/(13 \cdot \alpha - 1)] = 26,9$$

- Podíl tlačené části stojiny

$$\epsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00 \text{ [-]}$$

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

$$c/t_w = 24,47 \text{ [-]} < [(456 \cdot \epsilon)/(13 \cdot \alpha - 1)] = 31$$

- Kritérium pro třídu průřezu 2

$$\sigma_c = -\frac{N_{Ed}}{A} - \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{c}{2} = -76 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = -\frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{c}{2} = -28 \text{ MPa}$$

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

$$\psi = (\sigma_t / \sigma_c) = 0,372 [-]$$

$$c/t_w = 24,47 [-] < [(42 \cdot \epsilon) / (0,67 + 0,33 \cdot \psi)] = 53 \quad - \text{Kritérium pro třídu průřezu 3}$$

**Stojina je třídy 1.**

**Pásnice:**

$$c_f = (b - t_w - 2 \cdot r) / 2 = 119$$

$$c_f/t_f = 8,48 [-]$$

$$c/t_w = 8,48 < 9 \cdot \epsilon = 9$$

$$c/t_w = 8,48 < 10 \cdot \epsilon = 10$$

$$c/t_w = 8,48 < 14 \cdot \epsilon = 14$$

**Pásnice je třídy 1.**

- Namáhání tlakem

- Polovina šířky pásnice

- Štíhlost stěny

- Kritérium pro třídu průřezu 1 **=> VYHOVUJE**

- Kritérium pro třídu průřezu 2

- Kritérium pro třídu průřezu 3

**Únosnost průřezu**

**Únosnost ve smyku**

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = 505,8 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 0,01 < 0,5$$

**Vliv smykové síly na ohybovou únosnost může být zanedbán.**

**Únosnost v prostém tlaku**

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2644,4 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 588,0 \text{ kN} < 0,25 \cdot N_{pl,Rd} = 661,1 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 588,0 \text{ kN} > 0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 261,7 \text{ kN}$$

**Únosnost v ohybu**

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 325,1 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 42,0 \text{ kNm} < M_{pl,y,Ed} = 325,1 \text{ kNm}$$

**Vzpěr a klopení**

$$\alpha_{CR} = 5,71 [-]$$

$$N_{CR,y} = 3357,5 \text{ kN}$$

Typ průřezu: Válcovaný průřez

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y:

b

$$\alpha = 0,34$$

- Součinitel imperfekce

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose z:

c

$$\alpha = 0,49$$

- Součinitel imperfekce

Křivka klopení:

a

$$\alpha_{LT} = 0,21$$

- Součinitel imperfekce klopení

$$l_{CR,z} = 7250 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{E/f_y} = 93,9 [-]$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{CR,y}}} = 0,89 [-]$$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 1,01$$

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = 0,669$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot \frac{EI_z}{L_{cr,z}^2} = 2487,9 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 1,03 [-]$$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 1,24$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = 0,522$$

klopení

$$l_{cr,LT} = 7250 \text{ mm}$$

$$M_{cr} = 3154,0 \text{ kNm}$$

- Vypočteno pomocí LTBeamN

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,32$$

$$\phi_{LT} = 0,5[1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,56$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = 0,973$$

$$k_{yy} = c_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \leq c_{my} \left( 1 + (0,8) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right)$$

$$k_{yy} = 1,11 \leq 1,14$$

$$c_{my} = c_{mLT} = 0,9 [-]$$

$$k_{yy} = 1,11 [-]$$

$$k_{zy} = \left( 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{c_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) \leq \left( 1 - \frac{0,1}{c_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right)$$

$$k_{zy} = 0,93 \leq 0,93$$

$$k_{zy} = 0,93$$

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

$$0,33 + 0,15 = 0,48 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

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

$$0,43 + 0,12 = 0,55 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### 2.3.4. Deformace konstrukce

Svislé průhyby

$$u_z = 145,0 \text{ mm} = L/193,7$$

Stálé zatížení + sníh

$$u_z = 58,1 \text{ mm} = L/484$$

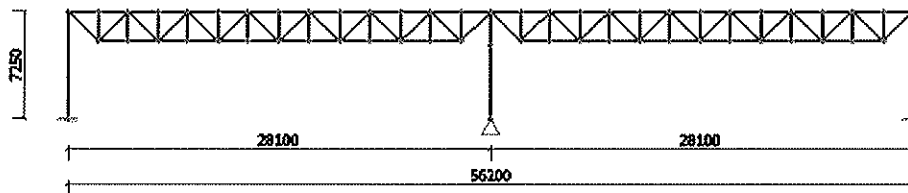
Sníh

Vodorovné průhyby

$$u_z = 19,4 \text{ mm} = h/348$$

2.4. Varianta 2 - Příhradový vazník se středním sloupem

Příčná vazba s příhradovým vazníkem o rozpětí 28,1 a výšce 2m. Příhradový vazník je kloubově uložen na sloupy. Patky krajních sloupů jsou vetknuté v příčném směru haly, střední sloup je uložen kloubově v obou směrech. Spodní pás je ke sloupům připojen kluzně, není proto ve výpočtu uvažován.



2.4.1. Posouzení prutů na MSÚ

Tažené pruty

Prut	$N_{Ed}$ [kN]	Profil	A [mm <sup>2</sup> ]	$A_{net}$ [mm <sup>2</sup> ]	$f_y$ Mpa	$N_{t,Rd}$ [kN]	využití %
DP	903,2	HEA 140	3140	2544	355	1114,7 kN	81,0%
D1	326,7	TR 88,9x4,0	1068	920	355	379,1 kN	86,2%
D3	208,1	TR 88,9x4,0	1068	586	355	379,1 kN	54,9%
D5	106,5	TR 88,9x4,0	1068	453	235	251,0 kN	42,4%
D7	25,59	TR 88,9x4,0	1068	109	235	251,0 kN	10,2%
D8	25,59	TR 88,9x4,0	1068	109	235	251,0 kN	10,2%
D10	106,5	TR 88,9x4,0	1068	453	235	251,0 kN	42,4%
D12	208,1	TR 88,9x4,0	1068	586	355	379,1 kN	54,9%
D14	326,7	TR 88,9x4,0	1068	920	355	379,1 kN	86,2%

Tlačené pruty

Prut	$N_{Ed}$ [kN]	Profil	A [mm <sup>2</sup> ]	$A_{net}$ [mm <sup>2</sup> ]	i [mm]	$f_y$ Mpa	L [mm]	$L_{cr}$ [mm]	$\lambda$ [-]	$\lambda_{rel}$ [-]	$\chi$ [-]	$N_{t,Rd}$ [kN]	využ. %
HP	-885,3	HEB 300	11253	10217	55	355	28100	4700	85,45	1,119	0,244	975,0 kN	91%
D2	-324,5	TR 88,9x14,2	3330	3283	27	235	2833	2125	78,69	0,838	0,421	329,2 kN	99%
D4	-206,2	TR 88,9x10,0	2482	1979	28,2	235	2833	2125	75,35	0,802	0,443	258,6 kN	80%
D6	-104,02	TR 88,9x4,0	1068	925,9	30,1	235	2833	2125	70,59	0,752	0,478	120,0 kN	87%
D9	-104,02	TR 88,9x4,0	1068	925,9	30,1	235	2833	2125	70,59	0,752	0,478	120,0 kN	87%
D11	-206,2	TR 88,9x10,0	2482	1979	28,2	235	2833	2125	75,35	0,802	0,443	258,6 kN	80%
D13	-324,5	TR 88,9x14,2	3330	3283	27	235	2833	2125	78,69	0,838	0,421	329,2 kN	99%

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### 2.4.2 Návrh krajního sloupu

$$N_{Ed} = -248,8 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 142,8 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 42,8 \text{ kN}$$

Ocel: **S 235**

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

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

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

$$G = 80\,700 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$$

$$\nu = 0,3 \text{ [-]}$$

- Mez kluzu oceli
- Mez pevnosti oceli
- Modul pružnosti
- Modul pružnosti ve smyku
- Součinitel tepelné roztažnosti
- Objemová hmotnost
- Poissonův součinitel

Profil: **IPE 450**

$$G = 77,6 \text{ kg/m}$$

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

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

$$t_w = 9,4 \text{ mm}$$

$$t_f = 14,6 \text{ mm}$$

$$r = 21,0 \text{ mm}$$

$$A = 9,882 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} = 5,085 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$c = 378,8 \text{ mm}$$

$$I_y = 337,429 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{el,y} = 1499,685 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 1701,793 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 184,8 \text{ mm}$$

$$I_z = 16,759 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{el,z} = 176,406 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 276,380 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 41,2 \text{ mm}$$

$$I_t = 668,740 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 791,005 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

- Hmotnost profilu
- Výška průřezu
- Šířka průřezu
- Tloušťka stojiny
- Tloušťka pásnice
- Poloměr přechodu pásnice/stojiny
- Plocha průřezu
- Průřezová plocha stěny ve smyku ve směru osy z
- Výška stojiny
- Moment setrvačnosti kolem osy y
- Pružný modul průřezu k ose y
- Plastický modul průřezu k ose y
- Poloměr setrvačnosti kolem osy y
- Moment setrvačnosti kolem osy z
- Pružný modul průřezu k ose z
- Plastický modul průřezu k ose z
- Poloměr setrvačnosti kolem osy z
- Moment setrvačnosti v prostém kroucení
- Výšečový moment setrvačnosti

**Klasifikace průřezu:**

**Stojina:**

$$c/t_w = 40,30 \text{ [-]}$$

$$c_N = N_{Ed}/(t_w \cdot f_y) = 112,63 \text{ mm}$$

$$\alpha = (c + c_N)/(2 \cdot c) = 0,649 \text{ [-]}$$

$$c/t_w = 40,30 \text{ [-]} < [(396 \cdot \epsilon)/(13 \cdot \alpha - 1)] = 53,3$$

$$\epsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00 \text{ [-]}$$

$$c/t_w = 40,30 \text{ [-]} < [(456 \cdot \epsilon)/(13 \cdot \alpha - 1)] = 61,4$$

- Namáhání tlakem + ohybem
- Štíhlost stěny
- Výška tlačené části stojiny
- Podíl tlačené části stojiny
- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**
- Kritérium pro třídu průřezu 2

$$\sigma_C = -\frac{N_{Ed}}{A} - \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{c}{2} = -105 \text{ MPa}$$

$$\sigma_T = -\frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{c}{2} = 55 \text{ MPa}$$

$$\psi = (\sigma_T/\sigma_C) = -0,522 \text{ [-]}$$

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

$$c/t_w = 40,30 [-] < [(42 \cdot \epsilon)/(0,67 + 0,33 \cdot \psi)] = 84,4 \quad - \text{Kritérium pro třídu průřezu 3}$$

**Stojina je třídy 1.**

#### Pásnice:

$$c_f = (b - t_w - 2 \cdot r)/2 = 69,3$$

$$c_f/t_f = 4,75 [-]$$

$$c/t_w = 4,75 < 9 \cdot \epsilon = 9$$

$$c/t_w = 4,75 < 10 \cdot \epsilon = 10$$

$$c/t_w = 4,75 < 14 \cdot \epsilon = 14$$

**Pásnice je třídy 1.**

- Namáhání tlakem

- Polovina šířky pásnice

- Štíhlost stěny

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

- Kritérium pro třídu průřezu 2

- Kritérium pro třídu průřezu 3

#### Únosnost průřezu

##### Únosnost ve smyku

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = 689,9 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 0,06 < 0,5 \quad \text{Vliv smykové síly na ohybovou únosnost může být zanedbán.}$$

##### Únosnost v prostém tlaku

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2\,322,3 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 248,8 \text{ kN} < 0,25 \cdot N_{pl,Rd} = 580,6 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 248,8 \text{ kN} < 0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 464,8 \text{ kN}$$

**Vliv normálové síly na ohybovou únosnost může být zanedbán.**

##### Únosnost v ohybu

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 399,9 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 142,8 \text{ kNm} < M_{pl,y,Ed} = 399,9 \text{ kNm}$$

#### Vzpěr a klopení

Typ průřezu: Válcovaný průřez

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y: a  $\alpha = 0,21$

- Součinitel imperfekce

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose z: b  $\alpha = 0,34$

- Součinitel imperfekce

Křivka klopení: b  $\alpha_{LT} = 0,34$

- Součinitel imperfekce klopení

$$L_{sl} = 7250 \text{ mm}$$

- Systémová délka sloupu

$$L_{cr,y} = 14500 \text{ mm}$$

- Vzpěrná délka y-y

$$L_{cr,z} = 7250 \text{ mm}$$

- Vzpěrná délka z-z

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{E/f_y} = 93,9 [-]$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 78,47 [-]$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 176,05 [-]$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,836 [-]$$



## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1,875 [-]$$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,916$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = 0,77 [-]$$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 2,542$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = 0,23 [-]$$

klopení

$$L_{cr,LT} = 7250 \text{ mm}$$

$$M_{cr} = 1685,1 \text{ kNm}$$

- Vypočteno pomocí LTBeamN

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,49$$

$$\phi_{LT} = 0,5[1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,67$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = 0,890$$

$$k_{yy} = c_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \leq c_{my} \left( 1 + (0,8) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,88 \leq 1$$

$$c_{my} = 0,9 [-]$$

$$c_{mLT} = 0,6 [-]$$

$$k_{yy} = 0,88 [-]$$

$$k_{zy} = \left( 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{c_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) \leq \left( 1 - \frac{0,1}{c_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right)$$

$$k_{zy} = 0,76 \leq 0,87$$

$$k_{zy} = 0,76$$

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

$$0,14 + 0,35 = 0,49 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

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

$$0,46 + 0,3 = 0,76 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### 2.4.3. Návrh středního sloupu

$$N_{Ed} = -536,6 \text{ kN}$$

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

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

Oceľ: **S 235**

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

- Mez kluzu oceli

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

- Mez pevnosti oceli

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti

$$G = 80\,700 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti ve smyku

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

- Součinitel tepelné roztažnosti

$$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$$

- Objemová hmotnost

$$\nu = 0,3 \text{ [-]}$$

- Poissonův součinitel

Profil: **HEA 240**

$$G = 60,3 \text{ kg/m}$$

- Hmotnost profilu

$$h = 230 \text{ mm}$$

- Výška průřezu

$$b = 240$$

- Šířka průřezu

$$t_w = 7,5 \text{ mm}$$

- Tloušťka stojiny

$$t_f = 12,0 \text{ mm}$$

- Tloušťka pásnice

$$r = 21,0 \text{ mm}$$

- Poloměr přechodu pásnice/stojiny

$$A = 7,684 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Plocha průřezu

$$A_{wz} = 2,518 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Průřezová plocha stěny ve smyku ve směru osy z

$$c = 164,0 \text{ mm}$$

- Výška stojiny

$$I_y = 77,632 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti kolem osy y

$$W_{el,y} = 675,058 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Pružný modul průřezu k ose y

$$W_{pl,y} = 744,623 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Plastický modul průřezu k ose y

$$i_y = 100,5 \text{ mm}$$

- Poloměr setrvačnosti kolem osy y

$$I_z = 27,688 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti kolem osy z

$$W_{el,z} = 230,734 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Pružný modul průřezu k ose z

$$W_{pl,z} = 351,692 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Plastický modul průřezu k ose z

$$i_z = 60,0 \text{ mm}$$

- Poloměr setrvačnosti kolem osy z

$$I_t = 415,519 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti v prostém kroucení

$$I_w = 328,486 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

- Výsečový moment setrvačnosti

**Klasifikace průřezu:**

**Stojina:**

- Namáhání tlakem

$$c/t_w = 21,87 \text{ [-]}$$

- Štíhlost stěny

$$c/t_w = 21,87 \text{ [-]} \leq (33 \cdot \epsilon) =$$

33

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

$$\epsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00 \text{ [-]}$$

$$c/t_w = 21,87 \text{ [-]} \leq (38 \cdot \epsilon) =$$

38

- Kritérium pro třídu průřezu 2

$$c/t_w = 21,87 \text{ [-]} \leq (42 \cdot \epsilon) =$$

42

- Kritérium pro třídu průřezu 3

**Stojina je třídy 1.**

**Pásnice:**

- Namáhání tlakem

$$c_f = (b - t_w - 2 \cdot r)/2 = 95,3$$

- Polovina šířky pásnice

$$c_f/t_f = 7,94 \text{ [-]}$$

- Štíhlost stěny

$$c_f/t_w = 7,94 < 9 \cdot \epsilon = 9$$

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

$$c_f/t_w = 7,94 < 10 \cdot \epsilon = 10$$

- Kritérium pro třídu průřezu 2

$$c_f/t_w = 7,94 < 14 \cdot \epsilon = 14$$

- Kritérium pro třídu průřezu 3

**Pásnice je třídy 1.**

**Únosnost průřezu****Únosnost v prostém tlaku**

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 1\,805,6 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = 0,30 < 1,0 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Vzpěr prutu**

Typ průřezu: Válcovaný průřez

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y: b  $\alpha = 0,34$ Vzpěrnostní křivka kolmo k ose z: c  $\alpha = 0,49$  $L_{si} = 7250 \text{ mm}$  $L_{CR,y} = 7250 \text{ mm}$  $L_{CR,z} = 7250 \text{ mm}$  $\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{E/f_y} = 93,9 [-]$ 

$$\lambda_y = \frac{L_{CR,y}}{i_y} = 72,13 [-]$$

$$\lambda_z = \frac{L_{CR,z}}{i_z} = 120,77 [-]$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,768 [-]$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1,286 [-]$$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,891$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = 0,74 [-]$$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 1,593$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = 0,39 [-]$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} = 0,75 < 1,0 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**2.4.4. Deformace konstrukce**

Svislé průhyby

 $u_z = 88,1 \text{ mm} = L/319$ 

Stálé zatížení + sníh

 $u_z = 37,0 \text{ mm} = L/759$ 

Sníh

Vodorovné průhyby

 $u_x = 23,1 \text{ mm} = h/314$

### **2.5. Porovnání konstrukčních variant**

#### **Varianta 1 - Ocelový dvoukloubový rám z válcovaných profilů**

První konstrukční varianta je navržena jako rámová konstrukce s kloubově uloženými patkami.

Výhody:

- + velká světlá výška
- + kloubové uložení patek
- + malá náročnost výroby (nižší cena / kg)
- + jednodušší montáž

Nevýhody:

- vyšší hmotnost (cena) příčné vazby (s přídavkem na náběh u středního sloupu cca 10 000 kg)

#### **Varianta 2 - Příhradový vazník se středním sloupem**

Druhá varianta je příhradový nosník s vetknutými sloupy v rovině příčné vazby.

Výhody:

- + nižší hmotnost př. vazby (cca 8800 kg)
- + vedení technologie příh. Vazníkem
- + menší deformace

Nevýhody:

- vyšší jednotková cena za výrobu OK
- vetknuté základové patky
- snížení světlé výšky haly

#### **Závěr**

S ohledem na výše uvedené vlastnosti konstrukcí, bude zejména s ohledem na zachování maximálního prostoru uvnitř haly a nižší náročnosti na založení stavby vybrána rámová konstrukce haly. Návrh ovšem bude proveden ze svařovaných profilů, čímž bychom měli dosáhnout snížení hmotnosti konstrukce.

### 3. Zatížení stavby

#### 3.1. Zatížení stavby vlastní tíhou - dle ČSN EN 1991-1-1

##### Zatížení stavby vlastní tíhou - ocelová nosná konstrukce

Zatížení vlastní tíhou nosné ocelové konstrukce je generováno automaticky statickým výpočetním programem. Objemová hmotnost oceli je uvažována  $8000 \text{ kg/m}^3$ , čímž je zohledněno přitížení styčníky a spojovacím materiálem.

##### Zatížení stavby vlastní tíhou - střešní plášť

Vrstva	Tloušťka [mm]	Obj. hmotnost [kN/m <sup>3</sup> ]	Zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]
Střešní hydroizolační folie	1,5		0,02
Tepelná izolace - minerální vlna	120	0,25	0,03
Tepelná izolace - minerální vlna	60	1,75	0,11
Nosný trapézový plech 150/280	1,00		0,13
Technologie			0,10
<b>Celkem</b>			<b><math>g_k = 0,39 \text{ kN/m}^2</math></b>

##### Zatížení stavby vlastní tíhou - stěnové panely

Vrstva	Tloušťka [mm]	Obj. hmotnost [kN/m <sup>3</sup> ]	Zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]
Stěnové panely s jádrem z tvrdé izolační pěny	120		0,15
<b>Celkem</b>			<b><math>g_k = 0,15 \text{ kN/m}^2</math></b>

##### Zatížení stavby vlastní tíhou - stropní konstrukce 1.NP adm. vestavby

Vrstva	Tloušťka [mm]	Obj. hmotnost [kN/m <sup>3</sup> ]	Zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]
Nášlapná vrstva	2	25	0,05
2x OSB 18 mm (4PD)	36	7	0,25
Kročejová izolace	50	1	0,05
Plechobetonová deska	72	25	1,80
Podhled včetně instalací	150		0,25
<b>Celkem</b>			<b><math>g_k = 2,40 \text{ kN/m}^2</math></b>

#### 3.2. Zatížení stavby užitným zatížením - dle ČSN EN 1991-1-1

Konstrukce	Zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]
Strop 1.NP - plocha kategorie B	$q_k = 2,50 \text{ kN/m}^2$
Přemístitelné přičky	$q_k = 0,80 \text{ kN/m}^2$
Nepřístupné střechy kategorie H	$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$
Nepřístupné střechy kategorie H	$Q_k = 1,00 \text{ kN/m}^2$

Pozn.: Užitné zatížení na střeše se uvažuje na ploše  $A = 10 \text{ m}^2$ . Musí se provést samostatné posouzení pro plošné zatížení  $q_k$  a soustředěné zatížení  $Q_k$ .

### 3.3. Zatížení stavby sněhem - dle ČSN EN 1991-1-3

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

- Zatížení sněhem na střeše

**Součinitel  $C_e$**  (součinitel expozice)

Typ krajiny: **normální**

$$C_{e0} = 1,00 \text{ [-]}$$

$$l_c = 78,0 \text{ m}$$

- Efektivní délka střechy

$$W = 57,0 \text{ m}$$

- Kratší rozměr obdélníkové střechy

$$L = 90,1 \text{ m}$$

- Delší rozměr obdélníkové střechy

$$C_e = 1,03 \text{ [-]}$$

**pozn.:**

$$l_c = 2W - w^2 / L$$

$$C_e = C_{e0}$$

- pro  $l_c \leq 50 \text{ m}$

$$C_e = 1,25 - (1,25 - C_{e0}) \cdot e^{-(l_c - 50)/200}$$

- pro  $l_c > 50 \text{ m}$

*Otevřený typ krajiny:* rovná plocha bez překážek, otevřená do všech stran, nechráněná nebo jen málo chráněná terénem, vyššími stavbami nebo stromy.

*Normální typ krajiny:* plochy, kde nedochází na stavbách k výraznému přemístění sněhu větrem kvůli okolnímu terénu, jiným stavbám nebo stromům.

*Chráněný typ krajiny:* plochy, kde je uvažovaná stavba výrazně nižší než okolní terén, nebo je stavba obklopena vysokými stromy a/nebo vyššími budovami.

**Součinitel  $C_t$**  (tepelný součinitel)

- jsou uvažovány standardní podmínky bez vlivu prostupu tepla střešním pláštěm.

$$C_t = 1 \text{ [-]}$$

**Součinitel  $s_k$**  (charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi)

Místo stavby:

GPS:

$s_k$  dle NA.4 - Mapa sněhových oblastí na území ČR (Obrázek NA.2):

$$\text{Sněhová oblast: II} \quad s_k = 1 \text{ kN/m}^2$$

$s_k$  dle NA.2.7 - digitální mapa zatížení sněhem [www.snehovamapa.cz](http://www.snehovamapa.cz)

$$s_k = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

Pokud je hodnota  $s_k$  z digitální mapy nižší než  $0,7 \text{ kN/m}^2$ , musí se do výpočtu zavést hodnota  $s_k = 0,7$

**Hodnota  $s_k$  uvažovaná ve výpočtu:**  $s_k = 0,7 \text{ [-]}$

**Součinitel  $\mu_1$**  (tvarový součinitel zatížení sněhem)

#### 3.3.1 Zatížení na pultové střeše - přístřešek zásobování

$$\alpha = 15^\circ$$

- Sklon střechy

Na střeše není bráněno sklouzávání sněhu atikou nebo zachytávači sněhu.

$$\mu_1 = 0,8 \text{ [-]}$$

- Tvarový součinitel zatížení sněhem

$$s_1 = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,58 \text{ kN/m}^2$$

- Zatížení sněhem na střeše

### 3.3.2 Zatížení střechy haly (vícelodní budovy)

$$\alpha_1 = 1,2^\circ$$

- Sklon střechy 1

$$\alpha_2 = 1,2^\circ$$

- Sklon střechy 2

$$\alpha_3 = 1,2^\circ$$

- Sklon střechy 3

$$\alpha_4 = 1,2^\circ$$

- Sklon střechy 4

$$\alpha_{23} = 1,2^\circ$$

- Průměrný sklon

Na střechě je bráněno sklouzávání sněhu atikou nebo zachytávací sněhu.

$$\mu_2(\alpha_1) = 0,8 \quad [-]$$

- Tvarový součinitel zatížení sněhem

$$\mu_2(\alpha_2) = 0,8 \quad [-]$$

- Tvarový součinitel zatížení sněhem

$$\mu_2(\alpha_3) = 0,8 \quad [-]$$

- Tvarový součinitel zatížení sněhem

$$\mu_2(\alpha_4) = 0,8 \quad [-]$$

- Tvarový součinitel zatížení sněhem

$$\mu_3(\alpha_{23}) = 0,8 \quad [-]$$

- Tvarový součinitel zatížení sněhem

$$s_2(\alpha_1) = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,58 \quad \text{kN/m}^2$$

-Zatížení sněhem na střechě ( $\alpha_1$ )

$$s_2(\alpha_2) = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,58 \quad \text{kN/m}^2$$

-Zatížení sněhem na střechě ( $\alpha_2$ )

$$s_2(\alpha_3) = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,58 \quad \text{kN/m}^2$$

-Zatížení sněhem na střechě ( $\alpha_3$ )

$$s_2(\alpha_4) = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,58 \quad \text{kN/m}^2$$

-Zatížení sněhem na střechě ( $\alpha_4$ )

$$s_3(\alpha_{23}) = \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,60 \quad \text{kN/m}^2$$

-Zatížení sněhem na střechě ( $\alpha_{23}$ )

Případ (i)	$s_2(\alpha_1)$	$s_2(\alpha_2)$	$s_2(\alpha_3)$	$s_2(\alpha_4)$
------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Případ (ii)	$s_2(\alpha_1)$		$s_3(\alpha_{23})$	$s_2(\alpha_4)$
-------------	-----------------	--	--------------------	-----------------

### 3.3.3 Zatížení sněhovými návějemi

#### Návěje na výstupky a překážky - návěj u atiky

$$h = 0,45 \quad \text{m}$$

- Výška překážky

$$\gamma = 2,00 \quad \text{kN/m}^2$$

- Objemová tíha sněhu

$$\mu_1 = 0,80 \quad [-]$$

- Tvarový součinitel ve vzdálenosti  $l_s$  od překážky

$$\mu_2 = 1,29 \quad [-]$$

- Tvarový součinitel u překážky  $\mu_2 = \gamma \cdot h / s_k$ ;  $0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0$

$$l_s = 5 \quad \text{m}$$

- Délka návěje ( $0,8 \leq l_s \leq 2,0$ )

$$s_1 = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,58 \quad \text{kN/m}^2$$

- Zatížení sněhem na střechě ve vzdálenosti  $l_s$

$$s_2 = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,93 \quad \text{kN/m}^2$$

- Zatížení sněhem na střechě u překážky

#### Návěje na výstupky a překážky - návěj u světlíku

$$h = 0,80 \quad \text{m}$$

- Výška překážky

$$\gamma = 2,00 \quad \text{kN/m}^2$$

- Objemová tíha sněhu

$$\mu_1 = 0,80 \quad [-]$$

- Tvarový součinitel ve vzdálenosti  $l_s$  od překážky

$$\mu_2 = 2,00 \quad [-]$$

- Tvarový součinitel u překážky  $\mu_2 = \gamma \cdot h / s_k$ ;  $0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0$

$$l_s = 5 \quad \text{m}$$

- Délka návěje ( $0,8 \leq l_s \leq 2,0$ )

$$s_1 = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,58 \quad \text{kN/m}^2$$

- Zatížení sněhem na střechě ve vzdálenosti  $l_s$

$$s_2 = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,45 \quad \text{kN/m}^2$$

- Zatížení sněhem na střechě u překážky

#### Návěje na výstupky a překážky - přístřešek skladování - návěj u přilehlé stěny haly

$$h = 0,50 \quad \text{m}$$

- Výška překážky

$$\gamma = 2,00 \quad \text{kN/m}^2$$

- Objemová tíha sněhu

$$\mu_1 = 0,80 \quad [-]$$

- Tvarový součinitel ve vzdálenosti  $l_s$  od překážky

$$\mu_2 = 1,43 \quad [-]$$

- Tvarový součinitel u překážky  $\mu_2 = \gamma \cdot h / s_k$ ;  $0,8 \leq \mu_2 \leq 2,0$

$$l_s = 5 \quad \text{m}$$

- Délka návěje ( $0,8 \leq l_s \leq 2,0$ )

$$s_1 = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,58 \quad \text{kN/m}^2$$

- Zatížení sněhem na střechě ve vzdálenosti  $l_s$

$$s_2 = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,03 \quad \text{kN/m}^2$$

- Zatížení sněhem na střechě u překážky

### 3.4. Zatížení stavby větrem - dle ČSN EN 1991-1-4

#### 3.4.1 Výpočet všeobecných charakteristik zatížení větrem

$$h = 8 \text{ m}$$

$$b = 57 \text{ m}$$

$$d = 90,3 \text{ m}$$

$v_{b,0}$  - výchozí základní rychlost větru dle mapy větrných oblastí

Větrná oblast: II  $v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$

$v_b$  - základní rychlost větru

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$$

$$c_{dir} = 1,0 \text{ [-]}$$

- Součinitel směru větru

$$c_{season} = 1,0 \text{ [-]}$$

- Součinitel ročního období

$v_m(z)$  - střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 17,7 \text{ m/s}$$

Kategorie terénu: III

$$z_0 = 0,3 \text{ m}$$

- Parametr drsnosti terénu

$$z_{min} = 5 \text{ m}$$

- Minimální výška

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0,71 \text{ [-]}$$

- Součinitel drsnosti terénu (podm.  $z > z_{min}$ )

$$k_1 = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,III})^{0,07} = 0,22$$

- Součinitel terénu

$$c_0(z) = 1,0 \text{ [-]}$$

- Součinitel ortografie

$I_v(z)$  - intenzita turbulence větru

$$I_v(z) = \sigma_v/v_m(z) = 0,305$$

- (podm.  $z > z_{min}$ )

$$\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_1 = 5,38$$

- Směrodatná odchylka turbulence

$$k_1 = 1,0 \text{ [-]}$$

- Součinitel turbulence

$q_p(z)$  - maximální dynamický tlak

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z) \cdot 10^{-3} = 0,61 \text{ kN/m}^2$$

- Maximální dynamický tlak větru

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

- Měrná hmotnost vzduchu

$$c_e(z) = q_p(z) / q_b = 1,57$$

- Součinitel expozice

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 0,39$$

- Základní dynamický tlak větru

#### 3.4.2 Zatížení větrem na stěny

Zatížení větrem rovnoběžně s podélnou stěnou.

$$e_1 = \min \{b; 2h\} = 16 \text{ m}$$

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe} =$$

$$h/d = 0,089 \text{ m}$$

$$c_{pe,1,A} = -1,2 \text{ [-]} \quad l_A = 3,2 \text{ m} \quad w_{e,1,A} = -0,73 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,1,A} = -0,73 \text{ kN/m}^2$$

$$c_{pe,1,B} = -0,8 \text{ [-]} \quad l_B = 12,8 \text{ m} \quad w_{e,1,B} = -0,49 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,1,B} = -0,49 \text{ kN/m}^2$$

$$c_{pe,1,C} = -0,5 \text{ [-]} \quad l_C = 74,3 \text{ m} \quad w_{e,1,C} = -0,31 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,1,C} = -0,31 \text{ kN/m}^2$$

$$c_{pe,1,D} = 0,8 \text{ [-]} \quad w_{e,1,D} = 0,49 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,1,D} = 0,49 \text{ kN/m}^2$$

$$c_{pe,1,E} = -0,3 \text{ [-]} \quad w_{e,1,E} = -0,18 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,1,E} = -0,18 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení větrem kolmo na podélnou stěnu.

$$e_2 = \min \{d; 2h\} = 16 \text{ m}$$

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe} =$$



## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

$$h/b = 0,14 \text{ m}$$

$c_{pe,2,A} = -1,2$ [-]	$l_A = 3,2$ m	$w_{e,2,A} = -0,73$ kN/m <sup>2</sup>
$c_{pe,2,B} = -0,8$ [-]	$l_B = 12,8$ m	$w_{e,2,B} = -0,49$ kN/m <sup>2</sup>
$c_{pe,2,C} = -0,5$ [-]	$l_C = 41,04$ m	$w_{e,2,C} = -0,31$ kN/m <sup>2</sup>
$c_{pe,2,D} = 0,8$ [-]		$w_{e,2,D} = 0,49$ kN/m <sup>2</sup>
$c_{pe,2,E} = -0,3$ [-]		$w_{e,2,E} = -0,18$ kN/m <sup>2</sup>

#### 3.4.3 Zatížení větrem na ploché střeše

Zatížení větrem rovnoběžně s podélnou stěnou.

$h = 8$ m	$b = 97,3$ m	$d = 57$ m	$h_p = 0,4$ m
$h_p/h = 0,05$ [-]	$e_1 = \min\{b; 2h\} = 16$ m		$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe} =$

$c_{pe,1,F} = -1,64$ [-]	$l_{1,F,X} = 1,6$ m	$l_{1,F,Y} = 4$ m	$w_{e,1,F} = -1,00$ kN/m <sup>2</sup>
$c_{pe,1,G} = -0,9$ [-]	$l_{1,G,X} = 1,6$ m	$l_{1,G,Y} = 49$ m	$w_{e,1,G} = -0,55$ kN/m <sup>2</sup>
$c_{pe,1,H} = -0,7$ [-]	$l_{1,H,X} = 6,4$ m	$l_{1,H,Y} = 57$ m	$w_{e,1,H} = -0,43$ kN/m <sup>2</sup>
$c_{pe,1,I} = 0,2$ [-]	$l_{1,I,X} = 89,3$ m	$l_{1,I,Y} = 57$ m	$w_{e,1,I} = 0,12$ kN/m <sup>2</sup>
$c_{pe,1,J} = -0,2$ [-]	$l_{1,J,X} = 89,3$ m	$l_{1,J,Y} = 57$ m	$w_{e,1,J} = -0,12$ kN/m <sup>2</sup>

Zatížení větrem kolmo na podélnou stěnu.

$h = 8$ m	$b = 57$ m	$d = 97,3$ m	$h_p = 0,4$ m
$h_p/h = 0,05$ [-]	$e_2 = \min\{b; 2h\} = 16$ m		$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe} =$

$c_{pe,2,F} = -1,64$ [-]	$l_{2,F,X} = 1,6$ m	$l_{2,F,Y} = 4$ m	$w_{e,2,F} = -1,00$ kN/m <sup>2</sup>
$c_{pe,2,G} = -0,9$ [-]	$l_{2,G,X} = 1,6$ m	$l_{2,G,Y} = 89,3$ m	$w_{e,2,G} = -0,55$ kN/m <sup>2</sup>
$c_{pe,2,H} = -0,7$ [-]	$l_{2,H,X} = 6,4$ m	$l_{2,H,Y} = 97,3$ m	$w_{e,2,H} = -0,43$ kN/m <sup>2</sup>
$c_{pe,2,I} = 0,2$ [-]	$l_{2,I,X} = 49,04$ m	$l_{2,I,Y} = 97,3$ m	$w_{e,2,I} = 0,12$ kN/m <sup>2</sup>
$c_{pe,2,J} = -0,2$ [-]	$l_{2,J,X} = 49,04$ m	$l_{2,J,Y} = 97,3$ m	$w_{e,2,J} = -0,12$ kN/m <sup>2</sup>

#### 3.4.4 Zatížení větrem uvnitř haly

$$w_{i,j} = q_p(z) \cdot c_{pi} =$$

$c_{pi,1} = 0,2$ [-]	$w_{i,1} = 0,12$ kN/m <sup>2</sup>
$c_{pi,2} = -0,3$ [-]	$w_{i,2} = -0,18$ kN/m <sup>2</sup>

#### 3.4.5 Zatížení větrem na přístřešek

- je uvažována nejnepříznivější varianta zatížení (plnost přístřešku  $\varphi=1$ )

$$c_f^+ = 0,2$$
 [-]

- Součinitel celkové síly (tlak)

$$c_f^- = -1,3$$
 [-]

- Součinitel celkové síly (sání)

$$c_{p,net,A}^+ = 0,5$$
 [-]

$$w_{e,A}^+ = 0,31$$
 kN/m<sup>2</sup>

- Součinitel výsledného tlaku - oblast A (tlak)

$$c_{p,net,A}^- = -1,5$$
 [-]

$$w_{e,A}^- = -0,92$$
 kN/m<sup>2</sup>

- Součinitel výsledného tlaku - oblast A (sání)

$$c_{p,net,B}^+ = 1,8$$
 [-]

$$w_{e,B}^+ = 1,10$$
 kN/m<sup>2</sup>

- Součinitel výsledného tlaku - oblast B (tlak)

$$c_{p,net,B}^- = -1,8$$
 [-]

$$w_{e,B}^- = -1,10$$
 kN/m<sup>2</sup>

- Součinitel výsledného tlaku - oblast B (sání)

$$c_{p,net,C}^+ = 1,1$$
 [-]

$$w_{e,C}^+ = 0,67$$
 kN/m<sup>2</sup>

- Součinitel výsledného tlaku - oblast C (tlak)

$$c_{p,net,C}^- = -2,2$$
 [-]

$$w_{e,C}^- = -1,35$$
 kN/m<sup>2</sup>

- Součinitel výsledného tlaku - oblast C (sání)

$$W_f^+ = c_f^+ \cdot q_p(z_e) \cdot A = 10,6$$
 kN/m<sup>2</sup>

- Výsledná síla zatížení přístřešku (tlak)

$$W_f^- = c_f^- \cdot q_p(z_e) \cdot A = -69,1$$
 kN/m<sup>2</sup>

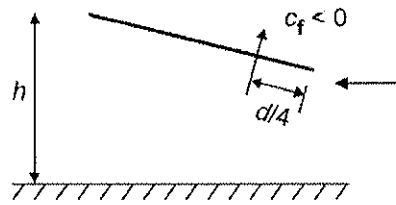
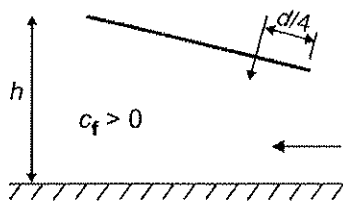
- Výsledná síla zatížení přístřešku (sání)

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

$$A = 6,25 \cdot 13,9 = 86,9 \text{ m}^2$$

- Zatěžovací plocha rámu přístřešku



#### 3.4.6 Zatížení větrem na atice

- jedná se o samostatně stojící stěnu s vedlejším průčelím.

$c_{p,net,A} =$	2,1 [-]	$l_A =$	2,4 m	- Součinitel celkového zatížení na atice - oblast A, délka A
$c_{p,net,B} =$	1,8 [-]	$l_B =$	13,6 m	- Součinitel celkového zatížení na atice - oblast B, délka B
$c_{p,net,C} =$	1,4 [-]	$l_C =$	16 m	- Součinitel celkového zatížení na atice - oblast C, délka C
$c_{p,net,D} =$	1,2 [-]	$l_D =$	X m	- Součinitel celkového zatížení na atice - oblast D, délka D

$$W_{atika,A} = 1,28 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{atika,B} = 1,10 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{atika,C} = 0,86 \text{ kN/m}^2$$

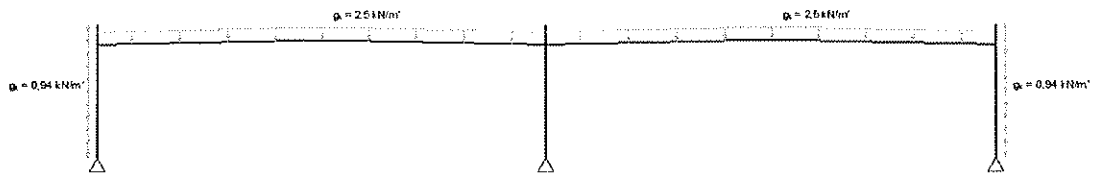
$$W_{atika,D} = 0,73 \text{ kN/m}^2$$

#### 4. Zatěžovací stavy a kombinace zatížení

##### 4.1. Zatěžovací stavy

###### ZS 1 - stálé zatížení

- vlastní tíha OK
- střešní plášť:  $g_k = 6,25 \cdot 0,4 = 2,5 \text{ kN/m'}$
- stěnové panely:  $g_k = 6,25 \cdot 0,15 = 0,94 \text{ kN/m'}$



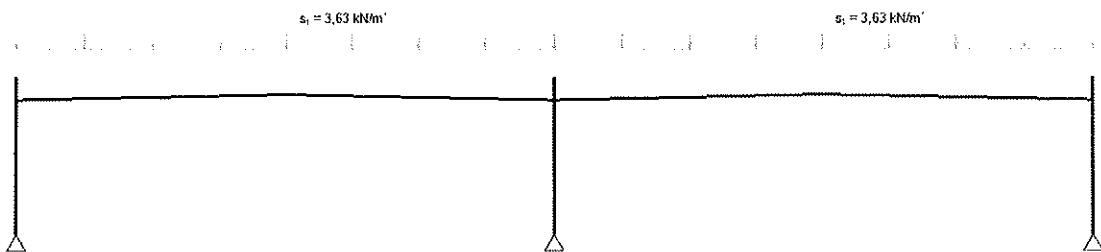
zatížení sněhem

ZS2 - zatížení sněhem bez návějí:  $s_1 = 6,25 \cdot 0,58 = 3,63 \text{ kN/m'}$

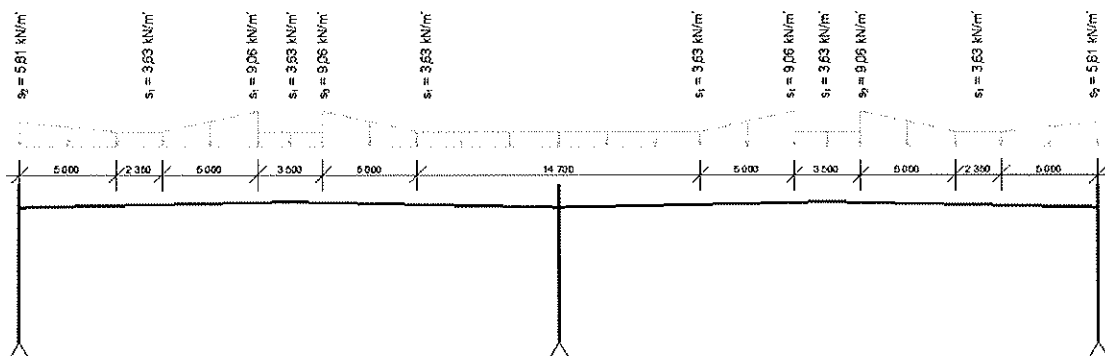
ZS3 - zatížení sněhem s návějí

- u atíky:  $s_2 = 6,25 \cdot 0,93 = 5,81 \text{ kN/m'}$
- u světlíku:  $s_3 = 6,25 \cdot 1,45 = 9,06 \text{ kN/m'}$

Zatížení sněhem bez návějí



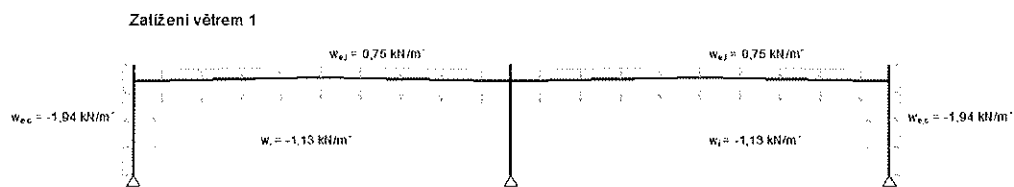
Zatížení sněhem s návějí



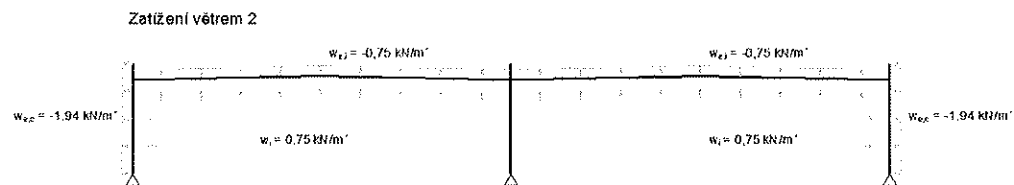
**DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET**  
**ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

zatížení větrem

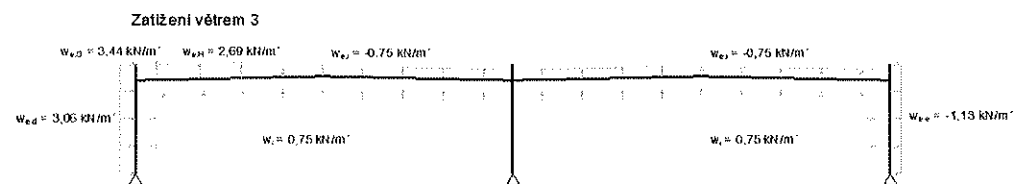
ZS4



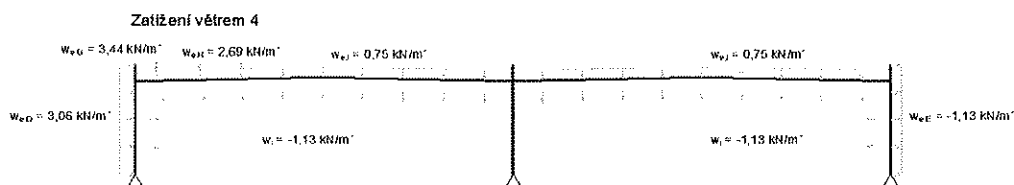
ZS5



ZS6



ZS7



**4.2. Kombinace zatížení**

**Kombinace zatížení MSÚ**

$\gamma_{G,sup} =$	1,35 [-]	- Součinitel nepříznivého stálého zatížení
$\gamma_{G,inf} =$	1,00 [-]	- Součinitel příznivého stálého zatížení
$\gamma_{Q,sup} =$	1,50 [-]	- Součinitel nepříznivého užitného zatížení
$\gamma_{Q,inf} =$	0,00 [-]	- Součinitel příznivého užitného zatížení
$\psi_{0,s} =$	0,50 [-]	- Kombinační součinitel pro zatížení sněhem
$\psi_{0,w} =$	0,60 [-]	- Kombinační součinitel pro zatížení větří

$$\sum \gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot \varphi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \varphi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad 6.10a$$

$$\sum 0,85 \cdot \gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \varphi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad 6.10b$$

**DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET**

**ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

**Kombinace zatížení MSÚ**

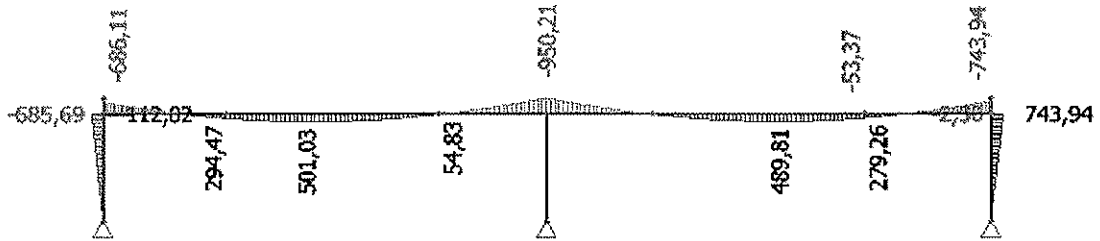
	ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6	ZS7	
K01	1,00				1,50			6.10b
K02	1,00					1,50		6.10b
K03	1,35	0,75						6.10a
K04	1,35		0,75					6.10a
K05	1,35	0,75		0,90				6.10a
K06	1,35	0,75			0,90			6.10a
K07	1,35	0,75				0,90		6.10a
K08	1,35	0,75					0,90	6.10a
K09	1,35		0,75	0,90				6.10a
K10	1,35		0,75		0,90			6.10a
K11	1,35		0,75			0,90		6.10a
K12	1,35		0,75				0,90	6.10a
K13	1,15	1,50						6.10b
K14	1,15		1,50					6.10b
K15	1,15	1,50		0,90				6.10b
K16	1,15	1,50			0,90			6.10b
K17	1,15	1,50				0,90		6.10b
K18	1,15	1,50					0,90	6.10b
K19	1,15		1,50	0,90				6.10b
K20	1,15		1,50		0,90			6.10b
K21	1,15		1,50			0,90		6.10b
K22	1,15		1,50				0,90	6.10b
K23	1,15	0,75		1,50				6.10b
K24	1,15		0,75	1,50				6.10b
K25	1,15	0,75			1,50			6.10b
K26	1,15		0,75		1,50			6.10b
K27	1,15	0,75				1,50		6.10b
K28	1,15		0,75			1,50		6.10b
K29	1,15	0,75					1,50	6.10b
K30	1,15		0,75				1,50	6.10b

**Kombinace zatížení MSP**

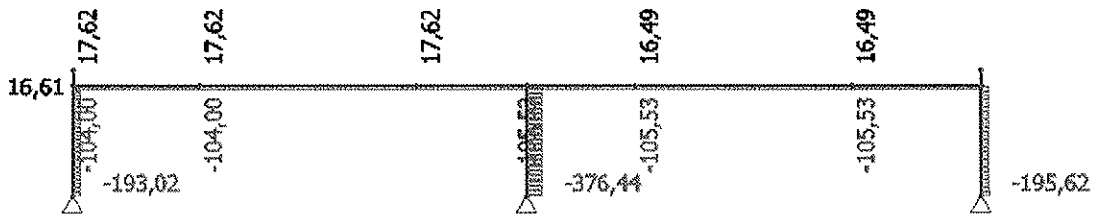
	ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6	ZS7
K51	1						
K52	1	1					
K53	1		1				
K54	1					1	
K55	1						1
K56		1					
K57			1				
K58						1	
K59							1

4.3. Obálka vnitřních sil kombinací MSÚ

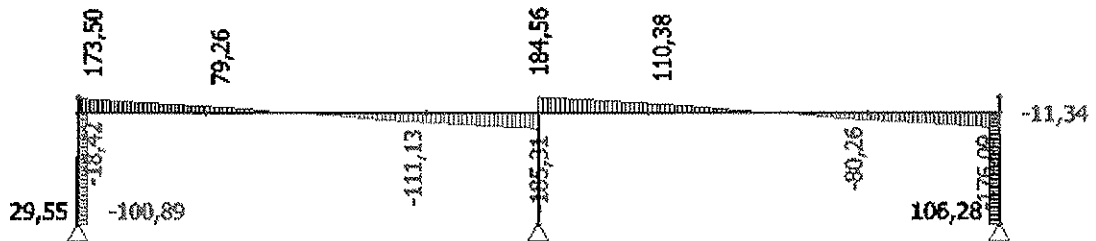
Ohybový moment



Normálová síla



Posouvající síla

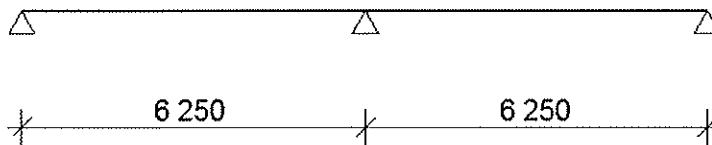


## 5. Návrh a posouzení

### 5.1. Ocelová konstrukce haly

#### 5.1.1. Návrh trapézového plechu

Statické schéma trapézového plechu je uvažováno jako spojitý nosník o dvou polích. Návrh je proveden na základě statických tabulek výrobce trapézového plechu. Mezní hodnota pro průhyb je uvažována  $L/200$ .



Zatížení:

Stálé zatížení skladbou střechy  $g_k = 0,37 \text{ kN/m}^2$

Užitné zatížení  $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

Zatížení sněhem (bez návěje)  $s_k = 0,60 \text{ kN/m}^2$

Rozhodující kombinace:  $f_k = 0,37 + 0,75 + 0,6 = 1,72 \text{ kN/m}^2$

6.10  $f_d = 1,35 \cdot 0,37 + 1,5 \cdot 0,75 + 1,5 \cdot 0,6 = 2,19 \text{ kN/m}^2$

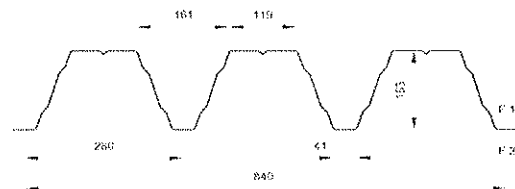
Návrh:

Profil: CB 150/280/0,75 mm.

Ocel: S320 GD

Positivní poloha.

Kotvení dvěma šrouby  $\varnothing 5,5 \text{ mm}$  v každé vlně.



**CB 150/280**



Uložení přes 2 pole		Únosnost $q$ [kN/m <sup>2</sup> ] pro rozpětí pole $L$ [m]																	
$t$ [mm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,50	8,00	
0,75	10,7	1a	6,37	5,72	5,18	4,70	4,30	3,94	3,62	3,35	3,10	2,88	2,69	2,51	2,35	2,20	2,07	1,84	1,63
		1b	5,86	5,29	4,79	4,37	4,00	3,67	3,39	3,13	2,91	2,71	2,53	2,36	2,22	2,08	1,96	1,75	1,57
		2	16,91	13,75	11,33	9,45	7,96	6,77	5,80	5,01	4,36	3,81	3,36	2,97	2,64	2,36	2,11	1,72	1,42
0,88	12,6	1a	8,35	7,53	6,83	6,23	5,71	5,25	4,84	4,48	4,16	3,88	3,62	3,39	3,13	2,89	2,68	2,31	2,02
		1b	7,70	6,97	6,33	5,79	5,31	4,90	4,53	4,20	3,91	3,64	3,41	3,19	3,00	2,82	2,61	2,25	1,96
		2	20,30	16,51	13,60	11,34	9,55	8,12	6,96	6,02	5,23	4,58	4,03	3,57	3,17	2,83	2,54	2,06	1,70

Posouzení:

$$f_{k,Ed} = 1,72 \text{ kN/m}^2 < f_{k,Rd} = 2,97 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{d,Ed} = 2,19 \text{ kN/m}^2 < f_{d,Rd} = 2,36 \text{ kN/m}^2$$

**Návrh vyhovuje na MSP.**

**Návrh vyhovuje na MSÚ.**

Pozn.:

Trapézový plech musí být při pokládce prostřídán, případně musí být navržen momentový spoj trapézového plechu. Minimální šířka vnitřní podpory musí být 160 mm, krajní 40 mm.

**DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET**  
**ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

Trapézový plech v oblastech sněhových návějí.

Zatížení u atiky:

Stálé zatížení skladbou střechy	$g_k = 0,37 \text{ kN/m}^2$
Zatížení větrem	$w_k = 0,40 \text{ kN/m}^2$
Zatížení sněhem (s návějí u atiky)	$s_k = 0,93 \text{ kN/m}^2$

Návrh:

Profil: CB 150/280/0,75 mm.

Ocel: S320 GD

Pozitivní poloha.

Kotvení dvěma šrouby  $\varnothing 5,5$  mm v každé vlně.

Posouzení plechu v ploše střechy je provedeno konzervativně. Užité zatížení by se dle ČSN EN 1991-1-1 nemělo kombinovat se zatížením větrem nebo sněhem. Kombinace je počítána dle alternativní rovnice 6.10, která vede k méně hospodárnému návrhu. Posouzení zatížení s návějí bude je provedeno dle rovnic 6.10a a 6.10b.

Rozhodující kombinace:  $f_k = 0,37 + 0,4 + 0,93 = 1,70 \text{ kN/m}^2$   
6.10b  $f_d = 1,35 \cdot 0,37 + 1,5 \cdot 0,4 \cdot 0,6 + 1,5 \cdot 0,93 = 2,26 \text{ kN/m}^2$

Posouzení:

$f_{k,Ed} = 1,70 \text{ kN/m}^2 < f_{k,Rd} = 2,97 \text{ kN/m}^2$  **Návrh vyhovuje na MSP.**  
 $f_{d,Ed} = 2,26 \text{ kN/m}^2 < f_{d,Rd} = 2,36 \text{ kN/m}^2$  **Návrh vyhovuje na MSÚ.**

Zatížení u světlíku:

Stálé zatížení skladbou střechy	$g_k = 0,39 \text{ kN/m}^2$
Zatížení větrem	$w_k = 0,40 \text{ kN/m}^2$
Zatížení sněhem (s návějí u atiky)	$s_k = 1,45 \text{ kN/m}^2$

Návrh:

Profil: CB 150/280/0,88 mm.

Ocel: S320 GD

Pozitivní poloha.

Kotvení dvěma šrouby  $\varnothing 5,5$  mm v každé vlně.

Rozhodující kombinace:  $f_k = 0,39 + 0,40 + 1,45 = 2,24 \text{ kN/m}^2$   
6.10b  $f_d = 1,35 \cdot 0,39 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,4 + 1,5 \cdot 1,45 = 3,06 \text{ kN/m}^2$

Posouzení:

$f_{k,Ed} = 2,24 \text{ kN/m}^2 < f_{k,Rd} = 3,57 \text{ kN/m}^2$  **Návrh vyhovuje na MSP.**  
 $f_{d,Ed} = 2,98 \text{ kN/m}^2 < f_{d,Rd} = 3,19 \text{ kN/m}^2$  **Návrh vyhovuje na MSÚ.**

Trapézový plech o tl. 0,88 mm je navržen ve vzdálenosti 2,0 m od světlíku (oblast, kde  $s_k > 1,05 \text{ kN/m}^2$ ).



# DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

## 5.1.2. Návrh ocelového rámu haly v běžném poli

### Geometrie vazby

Šířka jedné lodě: 28,2 m

Celková šířka: 56,4 m

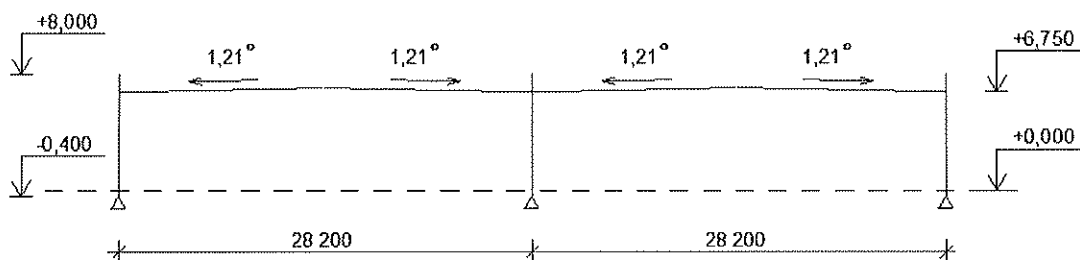
Výška atiky: + 8,000 m

Výška rámového rohu: + 7,250 m

Výška kotvení: -0,400 m

Sklon střechy: 1,21°

Vzdálenost příčných vazeb: 6,25 m



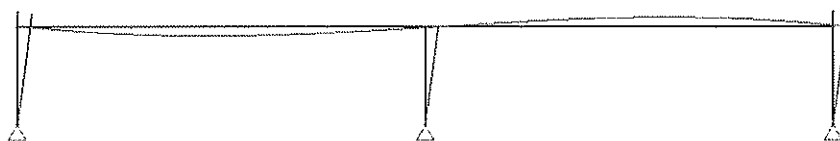
### Globální analýza konstrukce

Krajní patky jsou uvažovány kloubové, střední sloup je uvažován s kloubovým uložením na obou koncích.

#### Součinitel $\alpha_{cr}$

$$\alpha_{cr} = 7,92 [-]$$

Stabilitním výpočtem v programu Scia Engineer byla zjišťována citlivost konstrukce na účinky 2. řádu. Od kombinace zatížení K19 byl zjištěn nejmenší součinitel  $\alpha_{cr}$ , který vyjadřuje zvýšení návrhového zatížení při dosažení ztráty stability. Pro tuto kombinaci byla zjištěna hodnota součinitele  $\alpha_{cr} = 7,92$ . Vzhledem k tomu, že  $\alpha_{cr} > 3 < 10$ , lze při výpočtu postupovat tak, že kritickou sílu vypočítáme přenásobením návrhové normálové síly součinitelem  $\alpha_{cr}$ .



Pro konstrukce kde  $3 < \alpha_{cr} < 10$ , kdy konstrukce vybočuje s posunem styčnicků, je možné postupovat při výpočtu tak, že všechna vodorovná zatížení (od větra, od imperfekcí apod.) přenásobíme součinitelem druhého řádu a dále postupujeme ve výpočtu dle teorie 1. řádu.

$$\frac{1}{1 - \frac{1}{\alpha_{cr}}} = 1,14 \geq 1$$

### Účinky imperfekcí

Účinky imperfekcí mohou být zanebány v případě, že  $H_{Ed} \geq 0,15 V_{Ed}$ , kde  $H_{Ed}$  je suma všech vodorovných sil a  $V_{Ed}$  suma všech svislých sil. Z toho plyne, že imperfekce musí být zohledněna ve všech kombinacích, kde nepůsobí příčný vítr.

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

Účinky imperfekcí nahradíme vodorovnou silou ve vrcholu každého sloupu o velikosti  $H_{eq} = \phi \cdot V_{Ed}$ . Maximální normálovou sílu ve sloupu budeme uvažovat z kombinace K19 konzervativně i ve všech ostatních kombinacích.

$$V_{Ed,1} = 185,4 \text{ kN}$$

- Normálová síla v krajních sloupech

$$V_{Ed,2} = 377,7 \text{ kN}$$

- Normálová síla v prostředním sloupu

$$\phi = \phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 1/324$$

$$\phi_0 = 1/200$$

$$\alpha_h = 2/\sqrt{h} = 2/\sqrt{7,0} = 0,756$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = 0,8165$$

- m = počet sloupů (=3)

$$H_{Eq,1} = 1,14 \cdot \phi \cdot V_{Ed1} = 0,65 \text{ kN}$$

- Náhradní vodorovné zat. ve vrcholu krajních sloupů

$$H_{Eq,2} = 1,14 \cdot \phi \cdot V_{Ed2} = 1,33 \text{ kN}$$

- Náhradní vodorovné zat. ve vrcholu středního sloupu

5.1.2.1. Návrh krajních sloupů

Vnitřní síly: (rozhodující kombinace K22)

$$N_{Ed} = -178,5 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 744,0 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 106,3 \text{ kN}$$

Ocel: S 355

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

$$G = 80\,700 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$$

$$\nu = 0,3 \text{ [-]}$$

- Mez kluzu oceli
- Mez pevnosti oceli
- Modul pružnosti
- Modul pružnosti ve smyku
- Součinitel tepelné roztažnosti
- Objemová hmotnost
- Poissonův součinitel

Profil: svařovaný I průřez

$$G = 119,0 \text{ kg/m}$$

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

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

$$t_w = 8,0 \text{ mm}$$

$$t_f = 15,0 \text{ mm}$$

$$a = 3,0 \text{ mm}$$

$$A = 15160,0 \text{ mm}^2$$

$$c = 770,0 \text{ mm}$$

$$I_y = 1691,030 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{el,y} = 4227,576 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 4718,300 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 334,0 \text{ mm}$$

$$I_z = 67,894 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{el,z} = 452,6 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 687,3 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 66,9 \text{ mm}$$

$$I_t = 806,413 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 10063,624 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

- Hmotnost profilu
- Výška průřezu
- Šířka průřezu
- Tloušťka stojiny
- Tloušťka pásnice
- Velikost koutového svaru
- Plocha průřezu
- Výška stojiny
- Moment setrvačnosti kolem osy y
- Pružný modul průřezu k ose y
- Plastický modul průřezu k ose y
- Poloměr setrvačnosti kolem osy y
- Moment setrvačnosti kolem osy z
- Pružný modul průřezu k ose z
- Plastický modul průřezu k ose z
- Poloměr setrvačnosti kolem osy z
- Moment setrvačnosti v prostém kroucení
- Výsečový moment setrvačnosti

Klasifikace průřezu:

**Stojina:**  $c' = 761,5 \text{ mm}$

$$c'/t_w = 95,19 \text{ [-]}$$

$$c_N = N_{Ed}/(t_w \cdot f_y) = 62,85 \text{ mm}$$

$$\alpha = (c + c_N)/(2 \cdot c) = 0,541 \text{ [-]}$$

$$c/t_w = 95,19 \text{ [-]} < [(396 \cdot \epsilon)/(13 \cdot \alpha - 1)] = 53,4$$

$$\epsilon = \sqrt{235/f_y} = 0,81 \text{ [-]}$$

$$c/t_w = 95,19 \text{ [-]} < [(456 \cdot \epsilon)/(13 \cdot \alpha - 1)] = 61,5$$

- Namáhání tlakem + ohybem
- Štíhlost stěny
- Výška tlačené části stojiny
- Podíl tlačené části stojiny
- Kritérium pro třídu průřezu 1
- Kritérium pro třídu průřezu 2

$$\sigma_c = -\frac{N_{Ed}}{A} - \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{c}{2} = -179 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = -\frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{c}{2} = 156 \text{ MPa}$$

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

$$\psi = (\sigma_t/\sigma_c) = -0,869 [-]$$

$$c/t_w = 95,19 [-] < [(42 \cdot \varepsilon)/(0,67 + 0,33 \cdot \psi)] = 89,1 \quad - \text{Kritérium pro třídu průřezu 3} \Rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

**Stojina je třídy 4.**

#### Pásnice:

$$c_t = (b - t_w - 2\sqrt{2 \cdot a^2})/2 = 141,8 \text{ mm}$$

$$c_t/t_f = 9,45 [-]$$

$$c_t/t_f = 9,45 < 9 \cdot \varepsilon = 7,32$$

$$c_t/t_f = 9,45 < 10 \cdot \varepsilon = 8,14$$

$$c_t/t_f = 9,45 < 14 \cdot \varepsilon = 11,4$$

- Namáhání tlakem

- Polovina šířky pásnice

- Štíhlost stěny

- Kritérium pro třídu průřezu 1

- Kritérium pro třídu průřezu 2

- Kritérium pro třídu průřezu 3  $\Rightarrow$  **VYHOVUJE**

#### Pásnice je třídy 3.

Posouzení bude založeno na pružném posouzení efektivního průřezu.

#### Charakteristiky efektivního průřezu

Efektivní plocha (dle ČSN EN 1993 - 1 - 5 ed.2)

- Efektivní plocha průřezu  $A_{\text{eff}}$  je učena pro konstantní tlak

- Pásnice je 3. třídy, je plně započítána.

- Stěna je ovlivněna lokálním boulením, součinitel poměru napětí  $\psi = 1$ , součinitel boulení  $k_\sigma = 4$

- Štíhlost:

$$\bar{\lambda}_p = \frac{c/t_w}{28,4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} = 2,06 [-] > 0,673 = 0,5 + \sqrt{(0,085 - 0,055)\psi}$$

- Redukční součinitel:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} = 0,43 [-]$$

- Efektivní šířka:  $b_{\text{eff}} = \rho \cdot c' = 330,2 \text{ mm}$

- Efektivní plocha:  $A_{\text{eff}} = A - A_0 = 11709,6 \text{ mm}^2$

$$A_0 = c' - b_{\text{eff}} = 3450,4 \text{ mm}^2$$

Efektivní průřezový modul (dle ČSN EN 1993 - 1 - 5 ed.2)

- Efektivní průřezový modul  $W_{\text{eff},y,\text{min}}$  je učen pro čistý ohyb

- Pásnice je 3. třídy, je plně započítána.

- Stěna je ovlivněna lokálním boulením, součinitel poměru napětí  $\psi = 1$ , součinitel boulení  $k_\sigma = 23,9$

- Štíhlost:

$$\bar{\lambda}_p = \frac{c/t_w}{28,4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} = 0,84 [-] > 0,673 = 0,5 + \sqrt{(0,085 - 0,055)\psi}$$

- Redukční součinitel:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} = 0,88 [-]$$

- Efektivní šířka:  $b_{\text{eff}} = \rho \cdot b_c = 333,9 \text{ mm}$

$$b_t = 0,5 \cdot c' = 380,8 \text{ mm} = b_c$$

$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{\text{eff}} = 133,6 \text{ mm}$$

$$b_0 = b_c - b_{\text{eff}} = 46,9 \text{ mm}$$

$$b_{e2} = 0,6 \cdot b_{\text{eff}} = 200,3 \text{ mm}$$

- Efektivní moment setrvačnosti:

$$I_{y,\text{eff}} = I_y - I_0 = 1672,185 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_0 = (t_w \cdot b_0^3)/12 = 18,845 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

- Efektivní průřezový modul:

$$W_{\text{eff},y,\text{min}} = I_y \cdot (2/h) = 4180,463 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- U symetrického průřezu nedochází k posunu těžiště, tzn.  $e_{Ny} = e_{Nz} = 0$

**Posouzení průřezunamáhaného ohybem a tlakem**

$$\frac{N_{Ed}}{f_y \cdot A_{\text{eff}}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{f_y \cdot W_{\text{eff},y,\text{min}}} = \frac{173400}{355 \cdot 7586,4} + \frac{663,1 \cdot 10^6 + 173400 \cdot 0}{355 \cdot 2930626} = 0,54 [-] < 1$$

=> Vyhovuje

**Posouzení smyku s vlivem boulení**

$$\frac{h_w}{t_w} = 100 > \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon = 58,6 \quad \eta = 1,0 \text{ pro ocel S355}$$

=> Musíme posoudit stěnu bez výtuh na smyk s vlivem boulení:

$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd}$  pozn.: Příspěvek stojiny + příspěvek pásnic

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_y \cdot h_w \cdot t_w}{\gamma_{M1} \cdot \sqrt{3}} = 765,9 \text{ kN}$$

- Štíhlost:

$$\lambda_w = 0,76 \sqrt{\frac{f_y}{\tau_{cr}}} = 0,76 \sqrt{\frac{355}{57,07}} = 1,368 [-]$$

$$\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E = 109,52 \text{ MPa}$$

$$k_\tau = 5,34 [-]$$

$$\sigma_E = 190000 \left( \frac{t_w}{h_w} \right)^2 = 190000 \left( \frac{6}{800} \right)^2 = 20,51 \text{ MPa}$$

- Uvažujeme netuhé výtuchy stojiny a protože štíhlost  $\lambda_w > 1,08$ , vypočte se součinitel příspěvku stojiny  $\chi_w$  k únosnosti v boulení při smyku:

$$\chi_w = \frac{0,83}{\lambda_w} = 0,607 [-]$$

- Příspěvek pásnice může být zanedbán:  $V_{bf,Rd} = 0 \text{ kN}$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} = 0,14 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Protože využití je menší než 50%, je možno vliv smyku na ohybovou únosnost zanedbat.

**Posouzení na vzpěr s klopením**

- Prut není namáhan ohybovým momentem v ose menší tuhosti, musí tedy být splněny následující podmínky:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

Sloup je držen v polovině výšky proti klopení a vybočení k měkké ose.

$$l_{cr,z} = l_{cr,LT} = 3,500 \text{ m}$$

Typ průřezu: Svařovaný průřez

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y:	b	$\alpha = 0,34$	- Součinitel imperfekce
Vzpěrnostní křivka kolmo k ose z:	c	$\alpha = 0,49$	- Součinitel imperfekce
Křivka klopení:	d	$\alpha_{LT} = 0,76$	- Součinitel imperfekce klopení

#### - Vybočení kolmo k ose yy

$$N_{cr,y} = \alpha_{cr} \cdot N_{Ed} = 1413,7 \text{ kN} \quad \text{- Kritická vzpěrná síla}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = 1,71$$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 2,23$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = 0,27 \text{ [-]}$$

$$N_{by,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1138,9 \text{ kN} \quad \text{- Vzpěrná únosnost v rovině rámu}$$

#### - Vybočení kolmo k ose zz

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot \frac{EI_z}{l_{cr,z}^2} = 11487,2 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_z}{N_{cr,z}}} = 0,6$$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,78$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = 0,78 \text{ [-]}$$

$$N_{bz,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 3260,9 \text{ kN} \quad \text{- Vzpěrná únosnost z roviny rámu}$$

#### - Klopení

$$l_{cr,LT} = 3500 \text{ mm}$$

$$M_{cr} = 4530,7 \text{ kNm}$$

- Vypočteno pomocí LTBeamN (příloha)

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{eff,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,5723 \text{ [-]}$$

$$\phi_{LT} = 0,5[1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,81 \text{ [-]}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = 0,73 \text{ [-]}$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1081,9 \text{ kNm}$$

**DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET****ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

$$k_{yy} = c_{my} \left( 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \leq c_{my} \left( 1 + (0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right)$$

$$k_{yy} = 1,05 \leq 0,98$$

$$c_{my} = c_{mLT} = 0,9 [-]$$

- Uvažováno vybočení s posuvem styčnicku

$$k_{yy} = 0,98 [-]$$

$$k_{zy} = \left( 1 - \frac{0,05 \cdot \bar{\lambda}_z}{c_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) \leq \left( 1 - \frac{0,05}{c_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right)$$

$$k_{zy} = 1,00 \leq 1,00$$

$$k_{zy} = 1,00$$

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

$$0,16 + 0,68 = 0,83 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

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

$$0,05 + 0,69 = 0,74 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

5.1.2.2. Návrh středního sloupu

Vnitřní síly: (rozhodující kombinace K22)

$$N_{Ed} = -765,0 \text{ kN}$$

(= 2x reakce středního podpory + hmotnost průvlaku)

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

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

Oceľ: S 235

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

- Mez kluzu oceli

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

- Mez pevnosti oceli

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti

$$G = 80\,700 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti ve smyku

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

- Součinitel tepelné roztažnosti

$$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$$

- Objemová hmotnost

$$\nu = 0,3 \text{ [-]}$$

- Poissonův součinitel

Profil: HEA 260

$$G = 68,2 \text{ kg/m}$$

- Hmotnost profilu

$$h = 250 \text{ mm}$$

- Výška průřezu

$$b = 260$$

- Šířka průřezu

$$t_w = 7,5 \text{ mm}$$

- Tloušťka stojiny

$$t_f = 12,5 \text{ mm}$$

- Tloušťka pásnice

$$r = 24,0 \text{ mm}$$

- Poloměr přechodu pásnice/stojiny

$$A = 8,682 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Plocha průřezu

$$A_{wz} = 2,876 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Průřezová plocha stěny ve smyku ve směru osy z

$$c = 177,0 \text{ mm}$$

- Výška stojiny

$$I_y = 104,549 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti kolem osy y

$$W_{el,y} = 836,395 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Pružný modul průřezu k ose y

$$W_{pl,y} = 919,771 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Plastický modul průřezu k ose y

$$i_y = 109,7 \text{ mm}$$

- Poloměr setrvačnosti kolem osy y

$$I_z = 36,676 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti kolem osy z

$$W_{el,z} = 282,120 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Pružný modul průřezu k ose z

$$W_{pl,z} = 430,169 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Plastický modul průřezu k ose z

$$i_z = 65,0 \text{ mm}$$

- Poloměr setrvačnosti kolem osy z

$$I_t = 523,747 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti v prostém kroucení

$$I_w = 516,352 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

- Výsečový moment setrvačnosti

Klasifikace průřezu:

Stojina:

$$c/t_w = 23,60 \text{ [-]}$$

- Namáhání tlakem

$$c_N = N_{Ed}/(t_w \cdot f_y) = 434,04 \text{ mm}$$

- Štíhlost stěny

$$\alpha = (c + c_N)/(2 \cdot c) = 1,726 \text{ [-]}$$

- Výška tlačené části stojiny

$$c/t_w = 23,60 \text{ [-]} < 72 \cdot \epsilon = 72$$

- Podíl tlačené části stojiny

$$\epsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00 \text{ [-]}$$

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => VYHOVUJE

Stojina je třídy 1.



## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### Pásnice:

$$c_f = (b - t_w - 2 \cdot r) / 2 = 102$$

$$c_f / t_f = 8,18 [-]$$

$$c / t_w = 8,18 < 9 \cdot \varepsilon = 9$$

$$c / t_w = 8,18 < 10 \cdot \varepsilon = 10$$

$$c / t_w = 8,18 < 14 \cdot \varepsilon = 14$$

Pásnice je třídy 1.

- Namáhání tlakem

- Polovina šířky pásnice

- Štíhlost stěny

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => VYHOVUJE

- Kritérium pro třídu průřezu 2

- Kritérium pro třídu průřezu 3

#### Únosnost průřezu

##### Únosnost v prostém tlaku

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2\,040,3 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 765,0 \text{ kN} > 0,25 \cdot N_{pl,Rd} = 510,1 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 765,0 \text{ kN} > 0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 198,3 \text{ kN}$$

**Sloup bude posouzen na vzpěr.**

##### Vzpěr prutu

Typ průřezu: Válcovaný průřez

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y:

$$b \quad \alpha = 0,34$$

- Součinitel imperfekce

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose z:

$$c \quad \alpha = 0,49$$

- Součinitel imperfekce

$$L_{cr,y} = 7000 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 7000 \text{ mm}$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot \frac{EI_y}{L_{cr,y}^2} = 4422,3 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = 0,68 [-]$$

$$\phi_y = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,81$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = 0,795$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot \frac{EI_z}{L_{cr,z}^2} = 1551,3 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 1,15 [-]$$

$$\phi_z = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 1,39$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = 0,460$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \leq 1$$

$$0,47 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \leq 1$$

$$0,82 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

5.1.2.3. Návrh příčle

Vnitřní síly: (rozhodující kombinace K19)

$$N_{Ed} = -96,5 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 950,2 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 185,3 \text{ kN}$$

Ocel: S 355

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

$$G = 80\,700 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$$

$$\nu = 0,3 \text{ [-]}$$

- Mez kluzu oceli
- Mez pevnosti oceli
- Modul pružnosti
- Modul pružnosti ve smyku
- Součinitel tepelné roztažnosti
- Objemová hmotnost
- Poissonův součinitel

Profil: svařovaný I průřez

$$G = 85,5 \text{ kg/m}$$

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

$$b = 260 \text{ mm}$$

$$t_w = 6,0 \text{ mm}$$

$$t_f = 12,0 \text{ mm}$$

$$a = 3,0 \text{ mm}$$

$$A = 10896,0 \text{ mm}^2$$

$$c = 776,0 \text{ mm}$$

$$I_y = 1202,392 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{el,y} = 3005,980 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 3361,824 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 332,2 \text{ mm}$$

$$I_z = 35,320 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{el,z} = 271,7 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 412,6 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 56,9 \text{ mm}$$

$$I_t = 355,392 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 5317,156 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

- Hmotnost profilu
- Výška průřezu
- Šířka průřezu
- Tloušťka stojiny
- Tloušťka pásnice
- Velikost koutového svaru
- Plocha průřezu
- Výška stojiny
- Moment setrvačnosti kolem osy y
- Pružný modul průřezu k ose y
- Plastický modul průřezu k ose y
- Poloměr setrvačnosti kolem osy y
- Moment setrvačnosti kolem osy z
- Pružný modul průřezu k ose z
- Plastický modul průřezu k ose z
- Poloměr setrvačnosti kolem osy z
- Moment setrvačnosti v prostém kroucení
- Výsečový moment setrvačnosti

Klasifikace průřezu:

Stojina:  $c' = 767,5 \text{ mm}$

$$c'/t_w = 127,92 \text{ [-]}$$

$$c_N = N_{Ed}/(t_w \cdot f_y) = 45,31 \text{ mm}$$

$$\alpha = (c + c_N)/(2 \cdot c) = 0,529 \text{ [-]}$$

$$c'/t_w = 127,92 \text{ [-]} < [(396 \cdot \epsilon)/(13 \cdot \alpha - 1)] = 54,8$$

$$\epsilon = \sqrt{235/f_y} = 0,81 \text{ [-]}$$

$$c'/t_w = 127,92 \text{ [-]} < [(456 \cdot \epsilon)/(13 \cdot \alpha - 1)] = 63,1$$

- Namáhání tlakem + ohybem
- Štíhlost stěny
- Výška tlačené části stojiny
- Podíl tlačené části stojiny
- Kritérium pro třídu průřezu 1
- Kritérium pro třídu průřezu 2

$$\sigma_c = -\frac{N_{Ed}}{A} - \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{c}{2} = -312 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = -\frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{c}{2} = 294 \text{ MPa}$$

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

$$\psi = (\sigma_t/\sigma_c) = -0,943 [-]$$

$$c'/t_w = 127,92 [-] < [(42 \cdot \epsilon)/(0,67 + 0,33 \cdot \psi)] = 95,3 \quad - \text{Kritérium pro třídu průřezu 3} \Rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

**Stojina je třídy 4.**

**Pásnice:**

$$c_f = (b - t_w - 2\sqrt{2 \cdot a^2})/2 = 122,8 \text{ mm}$$

$$c_f/t_f = 10,23 [-]$$

$$c_f/t_f = 10,2 < 9 \cdot \epsilon = 7,32$$

$$c_f/t_f = 10,2 < 10 \cdot \epsilon = 8,14$$

$$c_f/t_f = 10,2 < 14 \cdot \epsilon = 11,4$$

**Pásnice je třídy 3.**

Posouzení bude založeno na pružném posouzení efektivního průřezu.

- Namáhání tlakem

- Polovina šířky pásnice

- Štíhlost stěny

- Kritérium pro třídu průřezu 1

- Kritérium pro třídu průřezu 2

- Kritérium pro třídu průřezu 3  $\Rightarrow$  VYHOVUJE

### Charakteristiky efektivního průřezu

Efektivní plocha (dle ČSN EN 1993 - 1 - 5 ed.2)

- Efektivní plocha průřezu  $A_{\text{eff}}$  je učena pro konstantní tlak

- Pásnice je 3. třídy, je plně započítána.

- Stěna je ovlivněna lokálním boulením, součinitel poměru napětí  $\psi = 1$ , součinitel boulení  $k_\sigma = 4$

- Štíhlost:

$$\bar{\lambda}_p = \frac{c/t_w}{28,4 \cdot \epsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} = 2,77 [-] > 0,673 = 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055\psi}$$

- Redukční součinitel:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} = 0,33 [-]$$

- Efektivní šířka:  $b_{\text{eff}} = \rho \cdot c' = 255,2 \text{ mm}$

- Efektivní plocha:  $A_{\text{eff}} = A - A_0 = 7822,4 \text{ mm}^2$

$$A_0 = c' - b_{\text{eff}} = 3073,6 \text{ mm}^2$$

Efektivní průřezový modul (dle ČSN EN 1993 - 1 - 5 ed.2)

- Efektivní průřezový modul  $W_{\text{eff},y,\text{min}}$  je učen pro čistý ohyb

- Pásnice je 3. třídy, je plně započítána.

- Stěna je ovlivněna lokálním boulením, součinitel poměru napětí  $\psi = 1$ , součinitel boulení  $k_\sigma = 23,9$

- Štíhlost:

$$\bar{\lambda}_p = \frac{c/t_w}{28,4 \cdot \epsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} = 1,13 [-] > 0,673 = 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055\psi}$$

- Redukční součinitel:

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} = 0,71 [-]$$

- Efektivní šířka:  $b_{\text{eff}} = \rho \cdot b_c = 273,1 \text{ mm}$

$$b_t = 0,5 \cdot c' = 383,8 \text{ mm} = b_c$$

$$b_{e1} = 0,4 \cdot b_{\text{eff}} = 109,2 \text{ mm}$$

$$b_0 = b_c - b_{\text{eff}} = 110,7 \text{ mm}$$

$$b_{e2} = 0,6 \cdot b_{\text{eff}} = 163,8 \text{ mm}$$

- Efektivní moment setrvačnosti:

$$I_{y,\text{eff}} = I_y - I_0 = 1169,802 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_0 = (t_w \cdot b_0^3)/12 = 32,589 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

- Efektivní průřezový modul:

$$W_{eff,y,min} = I_y \cdot (2/h) = 2924,506 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- U symetrického průřezu nedochází k posunu těžiště, tzn.  $e_{Ny} = e_{Nz} = 0$

#### Posouzení průřezu namáhaného ohybem a tlakem

$$\frac{N_{Ed}}{f_y \cdot A_{eff}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{f_y \cdot W_{eff,y,min}} = \frac{173400}{355 \cdot 7586,4} + \frac{663,1 \cdot 10^6 + 173400 \cdot 0}{355 \cdot 2930626} = 0,95 [-] < 1$$

=> Vyhovuje

#### Posouzení smyku s vlivem boulení

$$\frac{h_w}{t_w} = 133 > \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon = 58,6 \quad \eta = 1,0 \text{ pro ocel S355}$$

=> Musíme posoudit stěnu bez výztuh na smyk s vlivem boulení:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \quad \text{pozn.: Příspěvek stojiny + příspěvek pásnic}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_y \cdot h_w \cdot t_w}{\gamma_{M1} \cdot \sqrt{3}} = 430,8 \text{ kN}$$

- Štíhlost:

$$\bar{\lambda}_w = 0,76 \sqrt{\frac{f_y}{\tau_{cr}}} = 0,76 \sqrt{\frac{355}{57,07}} = 1,839 [-]$$

$$\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_E = 60,66 \text{ MPa}$$
$$k_\tau = 5,34 [-]$$

$$\sigma_E = 190000 \left( \frac{t_w}{h_w} \right)^2 = 190000 \left( \frac{6}{800} \right)^2 = 11,36 \text{ MPa}$$

- Uvažujeme netuhé výztuhy stojiny a protože štíhlost  $\bar{\lambda}'_w > 1,08$ , vypočte se součinitel příspěvku stojiny  $\chi_w$  k únosnosti v boulení při smyku:

$$\chi_w = \frac{0,83}{\bar{\lambda}_w} = 0,451 [-]$$

- Příspěvek pásnice může být zanedbán:  $V_{bf,Rd} = 0 \text{ kN}$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} = 0,43 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Protože využití je menší než 50%, je možno vliv smyku na ohybovou únosnost zanedbat.

#### Posouzení na vzpěr s klopením

- Prut není namáhan ohybovým momentem v ose menší tuhosti, musí tedy být splněny následující podmínka:

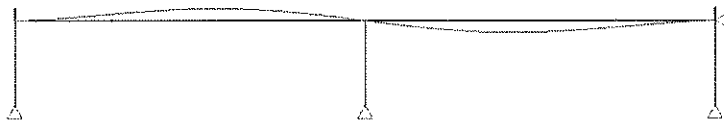
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{RK}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

Pro určení součinitele  $\alpha_{cr}$ , vložíme do úrovně rámového rohu podporu bránící posunu v horizontálním směru a vypočteme součinitel pro vybočení příčle. Proti vybočení kolmo k ose z je příčle souvisle držena střešním pláštěm.

$$\alpha_{cr} = 55,70 [-]$$



Typ průřezu: Svařovaný průřez

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y:  $b$   $\alpha = 0,34$  - Součinitel imperfekce

Křivka klopení:  $d$   $\alpha_{LT} = 0,76$  - Součinitel imperfekce klopení

#### - Vybočení kolmo k ose yy

$$N_{cr,y} = \alpha_{cr} \cdot N_{Ed} = 5375,1 \text{ kN} \quad - \text{Kritická vzpěrná síla}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = 0,72$$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2)] + \bar{\lambda}_y^2 = 0,85$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = 0,77 [-]$$

$$N_{by,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 2146,6 \text{ kN} \quad - \text{Vzpěrná únosnost v rovině rámu}$$

#### - Klopení

$$M_{cr} = 1834,3 \text{ kNm} \quad - \text{Vypočteno pomocí LTBeamN (příloha)}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{eff,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,7523 [-]$$

$$\phi_{LT} = 0,5[1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2)] + \bar{\lambda}_{LT}^2 = 0,99 [-]$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = 0,61 [-]$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 632,7 \text{ kNm}$$

$$k_{yy} = c_{my} \left( 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \leq c_{my} \left( 1 + (0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,54 \leq 0,55$$

$$c_{my} = c_{mLT} = 0,532 [-]$$

$$\alpha_s = -0,54 [-]$$

- Dle ČSN EN 1993-1-1, přílohy B

$$k_{\phi} = 0,54 [-]$$

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

$$0,04 + 0,81 = 0,86 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### 5.1.2.4. Návrh průvlaku (podpírajícího vazby bez středního sloupu)

- průvlak působí jako prostý nosník o rozpětí 6250 mm

**Vnitřní síly:** (rozhodující kombinace K22)

$$N_{Ed} = -84,0 \text{ kN}$$

- Od střešních ztužidel

$$M_{Ed} = 594,0 \text{ kNm}$$

$$F_{Ek} = 242,0 \text{ kN}$$

- Bezpečně hodnota reakce v patě středního sloupu

$$V_{Ed} = 188,2 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 376,4 \text{ kN}$$

Ocel: **S 355**

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

- Mez kluzu oceli

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

- Mez pevnosti oceli

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti

$$G = 80\,700 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti ve smyku

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

- Součinitel tepelné roztažnosti

$$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$$

- Objemová hmotnost

$$\nu = 0,3 \text{ [-]}$$

- Poissonův součinitel

Profil: **IPE 500**

$$G = 90,7 \text{ kg/m}$$

- Hmotnost profilu

$$h = 500 \text{ mm}$$

- Výška průřezu

$$b = 200 \text{ mm}$$

- Šířka průřezu

$$t_w = 10,2 \text{ mm}$$

- Tloušťka stojiny

$$t_f = 16,0 \text{ mm}$$

- Tloušťka pásnice

$$r = 21,0 \text{ mm}$$

- Poloměr přechodu pásnice/stojiny

$$A = 11,552 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Plocha průřezu

$$A_{vz} = 5,987 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Průřezová plocha stěny ve smyku ve smru osy z

$$c = 426,0 \text{ mm}$$

- Výška stojiny

$$I_y = 481,985 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti kolem osy y

$$W_{el,y} = 1927,940 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Pružný modul průřezu k ose y

$$W_{pl,y} = 2194,118 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Plastický modul průřezu k ose y

$$i_y = 204,3 \text{ mm}$$

- Poloměr setrvačnosti kolem osy y

$$I_z = 21,417 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti kolem osy z

$$W_{el,z} = 214,168 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Pružný modul průřezu k ose z

$$W_{pl,z} = 335,879 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Plastický modul průřezu k ose z

$$i_z = 43,1 \text{ mm}$$

- Poloměr setrvačnosti kolem osy z

$$I_t = 892,871 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti v prostém kroucení

$$I_w = 1249,365 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

- Výsečový moment setrvačnosti

**Klasifikace průřezu:**

**Stojina:**

- Namáhání tlakem + ohybem

$$c/t_w = 41,76 \text{ [-]}$$

- Štíhlost stěny

$$c_N = N_{Ed}/(t_w \cdot f_y) = 23,20 \text{ mm}$$

- Výška tlačené části stojiny

$$\alpha = (c + c_N)/(2 \cdot c) = 0,527 \text{ [-]}$$

- Podíl tlačené části stojiny

$$c/t_w = 41,76 \text{ [-]} < [(396 \cdot \epsilon)/(13 \cdot \alpha - 1)] = 55$$

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

$$\epsilon = \sqrt{235/f_y} = 0,81 \text{ [-]}$$

**Stojina je třídy 1.**

**Pásnice:**

- Namáhání tlakem

$$c_f = (b - t_w - 2 \cdot r)/2 = 73,9$$

- Polovina šířky pásnice

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

$$c_f/t_f = 4,62 \text{ [-]}$$

- Štíhlost stěny

$$c/t_w = 4,62 < 9 \cdot \varepsilon = 7,32$$

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

**Pásnice je třídy 1.**

#### Únosnost průřezu

#### Únosnost ve smyku

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 1227,2 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 0,15 < 0,5$$

Vliv smykové síly na ohybovou únosnost může být zanedbán.

#### Únosnost v prostém tlaku

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 4\,101,0 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 84,0 \text{ kN} < 0,25 \cdot N_{pl,Rd} = 1025,3 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 84,0 \text{ kN} < 0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 847,3 \text{ kN}$$

Vliv normálové síly na ohybovou únosnost může být zanedbán.

#### Únosnost v ohybu

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 778,9 \text{ kNm}$$

$$M_{v,Ed} = 594,0 \text{ kNm} < M_{pl,y,Ed} = 778,9 \text{ kNm}$$

#### Vzpěr a klopení

Typ průřezu: Válcovaný průřez

$$L_{sys} = 6250 \text{ mm}$$

- Systémová délka sloupu

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y:

a

$$\alpha = 0,21$$

- Součinitel imperfekce

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose z:

b

$$\alpha = 0,34$$

- Součinitel imperfekce

Křivka klopení:

b

$$\alpha_{LT} = 0,34$$

- Součinitel imperfekce klopení

$$L_{CR,y} = 6250 \text{ mm}$$

- Vzpěrná délka y-y

$$L_{CR,z} = 6250 \text{ mm}$$

- Vzpěrná délka z-z

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{E/f_y} = 76,4 \text{ [-]}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{CR,y}}{i_y} = 30,60 \text{ [-]}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{CR,z}}{i_z} = 145,16 \text{ [-]}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,400 \text{ [-]}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1,900 \text{ [-]}$$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,601$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = 0,95 \text{ [-]}$$

**DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET**  
**ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^{-2}] = 2,593$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^{-2}}} = 0,23 [-]$$

klopení

$$L_{CR,LT} = 6250 \text{ mm}$$

$$M_{CR} = 2170,1 \text{ kNm}$$

- Vypočteno pomocí LTBeamN

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}} = 0,60$$

$$\phi_{LT} = 0,5[1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^{-2}] = 0,75$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^{-2}}} = 0,838$$

$$k_{yy} = c_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \leq c_{my} \left( 1 + (0,8) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,95 \leq 0,97$$

$$c_{my} = 0,95$$

$$c_{mLT} = 0,95$$

$$k_{yy} = 0,95 [-]$$

$$k_{zy} = \left( 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{c_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) \leq \left( 1 - \frac{0,1}{c_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right)$$

$$k_{zy} = 0,98 \leq 0,99$$

$$k_{zy} = 0,98$$

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

$$0,02 + 0,86 = 0,88 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

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

$$0,09 + 0,89 = 0,98 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**5.1.2.5. Posouzení vodorovných a svislých deformací příčné vazby**

Krajní sloup:

$$w_{x,max} = 19,6 \text{ mm (K54)} < 53 \text{ mm} = h/150$$

=> VYHOVUJE

Průvlak:

$$w_{z,max} = 13,3 \text{ mm} < 25 \text{ mm} = L/250$$

=> VYHOVUJE

Příčel:

$$w_{z,max} = 67,3 \text{ mm} < 112 \text{ mm} = L/250$$

=> VYHOVUJE



5.1.3. Návrh konstrukce vnějšího přístřešku

5.1.3.1. Příčle

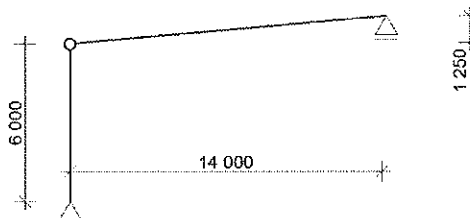
Vnitřní síly: (rozhodující kombinace K19)

$N_{Ed} = -1,6 \text{ kN}$

$M_{Ed} = 222,1 \text{ kNm}$

$V_{Ed} = 1,2 \text{ kN}$

$M_{Ed} = -190,0 \text{ kNm}$



Ocel: S 235

$f_y = 235 \text{ MPa}$

$f_u = 360 \text{ MPa}$

$E = 210\,000 \text{ MPa}$

$G = 80\,700 \text{ MPa}$

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

$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$

$\nu = 0,3 [-]$

- Mez kluzu oceli
- Mez pevnosti oceli
- Modul pružnosti
- Modul pružnosti ve smyku
- Součinitel tepelné roztažnosti
- Objemová hmotnost
- Poissonův součinitel

Profil: IPE 400

$G = 66,3 \text{ kg/m}$

$h = 400 \text{ mm}$

$b = 180 \text{ mm}$

$t_w = 8,6 \text{ mm}$

$t_f = 13,5 \text{ mm}$

$r = 21,0 \text{ mm}$

$A = 8,446 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

$A_{vz} = 4,269 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

$c = 331,0 \text{ mm}$

$I_y = 231,283 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

$W_{el,y} = 1156,417 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$W_{pl,y} = 1307,148 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$i_y = 165,5 \text{ mm}$

$I_z = 13,178 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

$W_{el,z} = 146,425 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$W_{pl,z} = 229,000 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$i_z = 39,5 \text{ mm}$

- Hmotnost profilu
- Výška průřezu
- Šířka průřezu
- Tloušťka stojiny
- Tloušťka pásnice
- Poloměr přechodu pásnice/stojiny
- Plocha průřezu
- Průřezová plocha stěny ve smyku ve směru osy z
- Výška stojiny
- Moment setrvačnosti kolem osy y
- Pružný modul průřezu k ose y
- Plastický modul průřezu k ose y
- Poloměr setrvačnosti kolem osy y
- Moment setrvačnosti kolem osy z
- Pružný modul průřezu k ose z
- Plastický modul průřezu k ose z
- Poloměr setrvačnosti kolem osy z

Klasifikace průřezu:

Stojina:

$c/t_w = 38,49 [-]$

$c/t_w = 38,49 [-] < 72 \cdot \epsilon = 72$

$\epsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00 [-]$

Stojina je třídy 1.

- Namáhání ohybem
- Štíhlost stěny
- Kritérium pro třídu průřezu 1 => VYHOVUJE

Pásnice:

$c_f = (b - t_w - 2 \cdot r)/2 = 64,7$

$c_f/t_f = 4,79 [-]$

$c/t_w = 4,79 < 9 \cdot \epsilon = 9$

Pásnice je třídy 1.

- Namáhání tlakem
- Polovina šířky pásnice
- Štíhlost stěny
- Kritérium pro třídu průřezu 1 => VYHOVUJE

**DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET**  
**ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

**Únosnost průřezu**

**Únosnost v ohybu (kladný moment)**

Horní pásnice nosníku je držena proti klopení v místě vaznic a dolní pásnice vzpěrkami k vaznicím.

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 307,2 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 222,1 \text{ kNm} < M_{pl,y,Ed} = 307,2 \text{ kNm}$$

**Ohyb s klopením**

Typ průřezu: Válcovaný průřez

Křivka klopení:  $b$   $\alpha_{LT} = 0,34$  - Součinitel imperfekce klopení  
 $M_{CR} = 1277,0 \text{ kNm}$  - Vypočteno pomocí LTBeamN

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{CR}}} = 0,49$$

$$\phi_{LT} = 0,5[1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2)] + \bar{\lambda}_{LT}^{-2} = 0,67$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^{-2}}} = 0,888$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} \leq \frac{1}{\gamma_{M1}}$$

$$0,81 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení maximálních svislých deformací**

$$w_{z,max} = 42,3 \text{ mm (K57 - sníh s návějí)} < 56 \text{ mm} = l/250 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**5.1.3.2. Vaznice**

Zatížení:	Zatěžovací šířka: 2,33 m	
Stálé zatížení skladbou střechy	$g_k = 0,10 \text{ kN/m}^2$	$g_k = 0,23 \text{ kN/m}$
Zatížení větrem	$w_k = 0,31 \text{ kN/m}^2$	$w_k = 0,72 \text{ kN/m}$
Zatížení sněhem (s návějí - 2. vaznice)	$s_k = 0,65 \text{ kN/m}^2$	$s_k = 1,51 \text{ kN/m}$

$$\text{Rozhodující kombinace: } f_k = 0,23 + 0,72 + 1,51 = 2,46 \text{ kN/m}^2$$

$$6.10 \quad f_d = 1,35 \cdot 0,23 + 1,5 \cdot 1,51 + 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,72 = 3,55 \text{ kN/m}^2$$

Dle návrhových tabulek formy Voestalpine profilform jsou navrženy tenkostěnné vaznice:

202 Z 15 - Ve vnitřních polích

202 Z 20 - V krajních polích

Navržená profily splňují kritérium průhybu L/200.

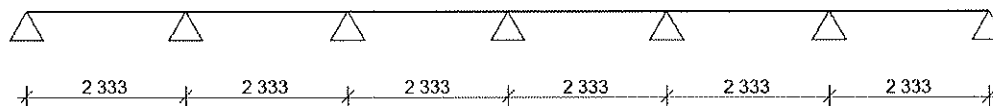
## Návrhové tabulky

Vaznice / Z - profily – systém Metlap, ztužující opláštění

Označení profilu	Hmotnost kg/m	Výpočtové zatížení (l. mezní stav – únosnost)								Normové zatížení (II. mezní stav) použitelnost	
		$q_{m,0,y}$ (max. vertikální zatížení kN/m <sup>2</sup> – tlak)		$q_{m,0,x,y}$ (min. vertikální zatížení kN/m <sup>2</sup> – sání), počet vzpěr						$q_k$ kN/m <sup>2</sup> pro průhyby L/200	
		Koncové pole	Vnitřní pole	Koncové pole	Vnitřní pole	Koncové pole	Vnitřní pole	Koncové pole	Vnitřní pole	Koncové pole	Vnitřní pole
ROZPĚTÍ 6.5 m											
202 Z 14	3.82	-	3.344	-	2.575	-	-	-	-	-	4.446
202 Z 15	4.09	2.804	3.828	1.412	2.800	-	-	-	-	1.927	4.752
202 Z 16	4.35	3.171	4.324	1.620	3.017	-	-	-	-	2.051	5.058
202 Z 18	4.88	3.948	5.390	1.727	3.427	-	-	-	-	2.290	5.862
202 Z 20	5.40	4.775	6.510	1.915	3.801	-	-	-	-	2.539	6.260

### 5.1.3.3. Střešní trapézový plech

Statické schéma trapézového plechu je uvažováno jako spojitý nosník o šesti polích. Návrh je proveden na základě statických tabulek výrobce trapézového plechu. Mezní hodnota pro průhyb je uvažována L/200.



Zatížení:

Stálé zatížení skladbou střechy

$$g_k = 0,10 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení větrem

$$w_k = 0,31 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení sněhem (s návějí)

$$s_k = 0,90 \text{ kN/m}^2$$

Rozhodující kombinace:  $f_k = 0,10 + 0,9 + 0,31 = 1,31 \text{ kN/m}^2$

6.10  $f_d = 1,35 \cdot 0,10 + 1,5 \cdot 0,9 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,31 = 1,76 \text{ kN/m}^2$

Návrh:

Profil: CB 45/333/0,63 mm.

Ocel: S320 GD

Pozitivní poloha.

Kotvení dvěma šrouby  $\varnothing 5,5$  mm v každé vlně.



Uložení přes 3 pole		Únosnost $q$ [kN/m <sup>2</sup> ] pro rozpětí pole $L$ [m]																	
$l$ [mm]	$g$ [kg/m <sup>2</sup> ]	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	
0.50	5,0	1a	5,39	3,88	2,94	2,31	1,87	1,54	1,29	1,10	0,95	0,83	0,73	0,65	0,58	0,52	0,47	0,43	0,39
		1b	4,79	3,49	2,67	2,11	1,72	1,43	1,20	1,03	0,89	0,78	0,69	0,61	0,55	0,49	0,45	0,41	0,37
	2	16,87	8,64	5,00	3,15	2,11	1,48	1,08	0,81	0,62	0,49	0,39	0,32	0,26	0,22	0,19	0,16	0,13	
0.63	6,3	1a	7,67	5,47	4,11	3,20	2,57	2,11	1,77	1,50	1,29	1,12	0,98	0,87	0,77	0,69	0,62	0,55	0,50
		1b	6,92	4,98	3,77	2,97	2,40	1,98	1,66	1,42	1,22	1,06	0,94	0,83	0,74	0,67	0,60	0,55	0,50
	2	23,87	12,22	7,07	4,45	2,98	2,10	1,53	1,15	0,88	0,70	0,56	0,45	0,37	0,31	0,26	0,22	0,19	

Posouzení:

$$f_{k,Ed} = 1,72 \text{ kN/m}^2 < f_{k,Rd} = 2,97 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{d,Ed} = 2,19 \text{ kN/m}^2 < f_{d,Rd} = 2,36 \text{ kN/m}^2$$

Návrh vyhovuje na MSP.

Návrh vyhovuje na MSÚ.

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### 5.1.3.4. Sloup

Vnitřní síly: (rozhodující kombinace K19)

$$N_{Ed} = -66,4 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$

$$N_{Ed} = 54,3 \text{ kN} \quad (\text{tah})$$

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

V návrhu bude ponechána rezerva s ohledem na zatížení sloupu větrem.

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

Oceľ: **S 235**

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

- Mez kluzu oceli

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

- Mez pevnosti oceli

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti

$$G = 80\,700 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti ve smyku

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

- Součinitel tepelné roztažnosti

$$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$$

- Objemová hmotnost

$$\nu = 0,3 \text{ [-]}$$

- Poissonův součinitel

Profil: **IPE 200**

$$G = 22,4 \text{ kg/m}$$

- Hmotnost profilu

$$h = 200 \text{ mm}$$

- Výška průřezu

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

- Šířka průřezu

$$t_w = 5,6 \text{ mm}$$

- Tloušťka stojiny

$$t_f = 8,5 \text{ mm}$$

- Tloušťka pásnice

$$r = 12,0 \text{ mm}$$

- Poloměr přechodu pásnice/stojiny

$$A = 2,848 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Plocha průřezu

$$A_{vz} = 1,400 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Průřezová plocha stěny ve smyku ve smru osy z

$$c = 159,0 \text{ mm}$$

- Výška stojiny

$$I_y = 19,432 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti kolem osy y

$$W_{el,y} = 194,317 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Pružný modul průřezu k ose y

$$W_{pl,y} = 220,639 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Plastický modul průřezu k ose y

$$i_y = 82,6 \text{ mm}$$

- Poloměr setrvačnosti kolem osy y

$$I_z = 1,424 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti kolem osy z

$$W_{el,z} = 28,474 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Pružný modul průřezu k ose z

$$W_{pl,z} = 44,612 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Plastický modul průřezu k ose z

$$i_z = 22,4 \text{ mm}$$

- Poloměr setrvačnosti kolem osy z

**Klasifikace průřezu:**

**Stojina:**

$$c/t_w = 28,39 \text{ [-]}$$

- Namáhání tlakem

$$c/t_w = 28,39 \text{ [-]} < 72 \cdot \epsilon = 72$$

- Štíhlost stěny

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

$$\epsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00 \text{ [-]}$$

**Stojina je třídy 1.**

**Pásnice:**

- Namáhání tlakem

$$c_f = (b - t_w - 2 \cdot r)/2 = 35,2$$

- Polovina šířky pásnice

$$c_f/t_f = 4,14 \text{ [-]}$$

- Štíhlost stěny

$$c_f/t_w = 4,14 < 9 \cdot \epsilon = 9$$

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

**Pásnice je třídy 1.**

**Únosnost v prostém tlaku**

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 669,4 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = -66,4 \text{ kN} < 0,25 \cdot N_{pl,Rd} = 167,3 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = -66,4 \text{ kN} < 0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 120,4 \text{ kN}$$

**Sloup bude posouzen na vzpěr.**

**Vzpěr prutu**

Typ průřezu: Válcovaný průřez

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y: a             $\alpha = 0,21$             - Součinitel imperfekce

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose z: b             $\alpha = 0,34$             - Součinitel imperfekce

$$L_{cr,y} = 5300 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 5300 \text{ mm}$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot \frac{EI_y}{L_{cr,y}^2} = 1433,8 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = 0,68 \text{ [-]}$$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,78$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = 0,855$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot \frac{EI_z}{L_{cr,z}^2} = 105,0 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 2,52 \text{ [-]}$$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 4,08$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = 0,137$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \leq 1$$

$$0,12 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \leq 1$$

$$0,72 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Pozn.: V návrhu krajních sloupů haly je ponechána dostatečná rezerva na přetížení od přístřešku.

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### 5.1.4. Sloupy štítové stěny

Štítové sloupy v ose 1, jsou namáhané ohybovým momentem při zatížení větrem. Horní i dolní uložení sloupů je kloubové, krajní příčná vazba je navržena stejná jako běžná vazba, z důvodu možnosti jednoduchého prodloužení hały v budoucnu. Z tohoto důvodu jsou štítové sloupy namáhané normálovou silou pouze od vnějšího pláště.

##### Zatížení:

$$w_{e,k} = 0,50 \text{ kN/m}^2 \quad \text{vítr: (sání / tlak)}$$
$$g_k = 0,15 \text{ kN/m}^2 \quad \text{opláštění}$$

##### Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = -14,2 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$
$$M_{Ed} = 42,0 \text{ kNm}$$
$$V_{Ed} = 21,0 \text{ kN}$$

##### Ocel: S 235

$f_y = 235 \text{ MPa}$	- Mez kluzu oceli
$f_u = 360 \text{ MPa}$	- Mez pevnosti oceli
$E = 210\,000 \text{ MPa}$	- Modul pružnosti
$G = 80\,700 \text{ MPa}$	- Modul pružnosti ve smyku
$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	- Součinitel tepelné roztažnosti
$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$	- Objemová hmotnost
$\nu = 0,3 \text{ [-]}$	- Poissonův součinitel

##### Profil: IPE 220

$G = 26,2 \text{ kg/m}$	- Hmotnost profilu
$h = 220 \text{ mm}$	- Výška průřezu
$b = 110 \text{ mm}$	- Šířka průřezu
$t_w = 5,9 \text{ mm}$	- Tloušťka stojiny
$t_f = 9,2 \text{ mm}$	- Tloušťka pásnice
$r = 12,0 \text{ mm}$	- Poloměr přechodu pásnice/stojiny
$A = 3,337 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$	- Plocha průřezu
$A_{wz} = 1,588 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$	- Průřezová plocha stěny ve smyku ve směru osy z
$c = 177,6 \text{ mm}$	- Výška stojiny
$I_y = 27,718 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	- Moment setrvačnosti kolem osy y
$W_{el,y} = 251,985 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	- Pružný modul průřezu k ose y
$W_{pl,y} = 285,406 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	- Plastický modul průřezu k ose y
$i_y = 91,1 \text{ mm}$	- Poloměr setrvačnosti kolem osy y
$I_z = 2,049 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	- Moment setrvačnosti kolem osy z
$W_{el,z} = 37,252 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	- Pružný modul průřezu k ose z
$W_{pl,z} = 58,110 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	- Plastický modul průřezu k ose z
$i_z = 24,8 \text{ mm}$	- Poloměr setrvačnosti kolem osy z
$I_t = 90,658 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$	- Moment setrvačnosti v prostém kroucení
$I_w = 22,672 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$	- Výsečový moment setrvačnosti

##### Klasifikace průřezu:

###### Stojina:

$$c/t_w = 30,10 \text{ [-]} \quad \text{- Namáhání tlakem + ohybem}$$

- Štíhlost stěny

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

$$\begin{aligned}c_N &= N_{Ed}/(t_w \cdot f_y) = 10,24 \text{ mm} && \text{- Výška tlačené části stojiny} \\ \alpha &= (c + c_N)/(2 \cdot c) = 0,529 \text{ [-]} && \text{- Podíl tlačené části stojiny} \\ c/t_w &= 30,10 \text{ [-]} < [(396 \cdot \epsilon)/(13 \cdot \alpha - 1)] = 67,4 && \text{- Kritérium pro třídu průřezu 1} \Rightarrow \text{VYHOVUJE} \\ \epsilon &= \sqrt{235/f_y} = 1,00 \text{ [-]} \\ c/t_w &= 30,10 \text{ [-]} < [(456 \cdot \epsilon)/(13 \cdot \alpha - 1)] = 77,6 && \text{- Kritérium pro třídu průřezu 2}\end{aligned}$$

$$\sigma_c = -\frac{N_{Ed}}{A} - \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{c}{2} = -139 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = -\frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{c}{2} = 130 \text{ MPa}$$

$$\psi = (\sigma_t/\sigma_c) = -0,939 \text{ [-]}$$

$$c/t_w = 30,10 \text{ [-]} < [(42 \cdot \epsilon)/(0,67 + 0,33 \cdot \psi)] = 117 \quad \text{- Kritérium pro třídu průřezu 3}$$

**Stojina je třídy 1.**

#### Pásnice:

$$c_f = (b - t_w - 2 \cdot r)/2 = 40,1$$

$$c_f/t_f = 4,35 \text{ [-]}$$

$$c/t_w = 4,35 < 9 \cdot \epsilon = 9$$

$$c/t_w = 4,35 < 10 \cdot \epsilon = 10$$

$$c/t_w = 4,35 < 14 \cdot \epsilon = 14$$

**Pásnice je třídy 1.**

- Namáhání tlakem
- Polovina šířky pásnice
- Štíhlost stěny
- Kritérium pro třídu průřezu 1  $\Rightarrow$  VYHOVUJE
- Kritérium pro třídu průřezu 2
- Kritérium pro třídu průřezu 3

#### Únosnost průřezu

##### Únosnost ve smyku

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = 215,5 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 0,1 < 0,5 \quad \text{Vliv smykové síly na ohybovou únosnost může být zanedbán.}$$

##### Únosnost v prostém tlaku

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 0 \text{ 784,2 kN}$$

$$N_{Ed} = 14,2 \text{ kN} < 0,25 \cdot N_{pl,Rd} = 196,1 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 14,2 \text{ kN} < 0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 139,8 \text{ kN}$$

**Vliv normálové síly na ohybovou únosnost může být zanedbán.**

##### Únosnost v ohybu

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 67,1 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 42,0 \text{ kNm} < M_{pl,y,Ed} = 67,1 \text{ kNm}$$

##### Vzpěr a klopení

Typ průřezu: Válcovaný průřez

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y: a  $\alpha = 0,21$  - Součinitel imperfekce

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose z:	b	$\alpha = 0,34$	- Součinitel imperfekce
Křivka klopení:	a	$\alpha_{LT} = 0,21$	- Součinitel imperfekce klopení
$L_{sl} = 8000$ mm			- Systémová délka sloupu
$L_{CR,y} = 8000$ mm			- Vzpěrná délka y-y
$L_{CR,z} = 4000$ mm			- Vzpěrná délka z-z

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{E/f_y} = 93,9 [-]$$

$$\lambda_y = \frac{L_{CR,y}}{i_y} = 87,78 [-]$$

$$\lambda_z = \frac{L_{CR,z}}{i_z} = 161,43 [-]$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,935 [-]$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1,719 [-]$$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 1,014$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = 0,71 [-]$$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 2,236$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = 0,27 [-]$$

klopení

$$L_{CR,LT} = 8000 \text{ mm}$$

$$M_{CR} = 77,1 \text{ kNm}$$

- Vypočteno pomocí LTBeamN

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{CR}}} = 0,93$$

$$\phi_{LT} = 0,5[1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 1,01$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = 0,712$$

$$k_{yy} = c_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right) \leq c_{my} \left( 1 + (0,8) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,95 \leq 0,97$$

$$c_{my} = 0,95 [-]$$

$$c_{mLT} = 0,95 [-]$$

$$k_{yy} = 0,95 [-]$$

$$k_{zy} = \left( 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{c_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right) \leq \left( 1 - \frac{0,1}{c_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \right)$$

$$k_{zy} = 0,98 \leq 0,99$$

$$k_{zy} = 0,98$$



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

$$0,03 + 0,83 = 0,86 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

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

$$0,07 + 0,87 = 0,93 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

#### Posouzení maximálních vodorovných deformací

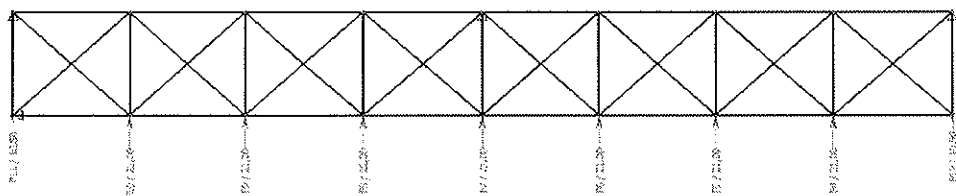
$$w_{x,max} = 32,4 \text{ mm (vítr - sání)} \sim 32 \text{ mm} = l/250 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

#### 5.1.5. Návrh ztužidel haly

Střešní ztužidla budou navržena pro zatížení větrem štítové stěny v ose 1. Ztužení bude tvořeno distančními trubkami mezi příčnými vazbami a diagonálami tvořenými ocelovými tyčemi kruhového průřezu s maticovými napínáky. V návrhu bude ponechána rezerva pro přenesení sil od imperfekcí. Při výpočtu byl v diagonálách ztužidel vyloučen tlak.

##### 5.1.5.1. Střešní ztužidla

schéma



$$N_{diagnály} = 47,9 \text{ kN} \quad (\text{nejnepříznivější tahová síla})$$

$$N_{distance} = -42,4 \text{ kN} \quad (\text{nejnepříznivější tlaková síla})$$

#### Diagonální táhla

$$N_{diagnály} = 47,9 \text{ kN} \quad (\text{nejnepříznivější tahová síla})$$

#### Návrh: Kruhová tyč $\varnothing 20 \text{ mm}$ S355

Posouzení provedeme v místě napínací matice na tahovou sílu.

$$F_{L,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 245 \cdot 490 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 86,4 \text{ kN} < N_{Ed} = 47,9 \text{ kN}$$

$\Rightarrow$  VYHOVUJE

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### Distanční trubky

$$N_{Ed} = -42,4 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$

Ocel: **S 355**

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

- Mez kluzu oceli

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

- Mez pevnosti oceli

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti

$$G = 80\,700 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti ve smyku

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

- Součinitel tepelné roztažnosti

$$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$$

- Objemová hmotnost

$$\nu = 0,3 \text{ [-]}$$

- Poissonův součinitel

Profil: **4HRTR 80x4**

$$G = 9,4 \text{ kg/m}$$

- Hmotnost profilu

$$h = 80 \text{ mm}$$

- Výška průřezu

$$b = 80 \text{ mm}$$

- Šířka průřezu

$$t = 4,0 \text{ mm}$$

- Tloušťka stěny

$$A = 1,200 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Plocha průřezu

$$I = 1,140 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti

$$W_{el} = 28,600 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Pružný modul průřezu

$$W_{pl} = 34,000 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Plástický modul průřezu

$$i = 30,9 \text{ mm}$$

- Poloměr setrvačnosti

#### Vzpěr prutu

Typ průřezu: Válcovaný průřez

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y: a

$$\alpha = 0,21$$

- Součinitel imperfekce

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose z: a

$$\alpha = 0,21$$

- Součinitel imperfekce

$$L_{CR} = 6250 \text{ mm}$$

$$L_{teor} = 6250 \text{ mm}$$

$$N_{cr} = \pi^2 \cdot \frac{EI}{L_{cr}^2} = 60,5 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = 2,65 \text{ [-]}$$

$$\phi = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2)] + \bar{\lambda}^2 = 4,28$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0,131$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{Rk}} \leq 1$$
$$\gamma_{M1}$$

$$0,76 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### 5.1.5.2. Stěnová ztužidla

zatížení vlivem imperfekcí

$$\Sigma H_{Eq,1} = 13 \cdot 1,14 \cdot \phi \cdot V_{Ed1} = 8,45 \text{ kN}$$

- náhradní vodorovná síla pro krajní ztužidlo

$$\Sigma H_{Eq,2} = 13 \cdot 1,14 \cdot \phi \cdot V_{Ed2} = 17,29 \text{ kN}$$

- náhradní vodorovná síla pro střední ztužidlo

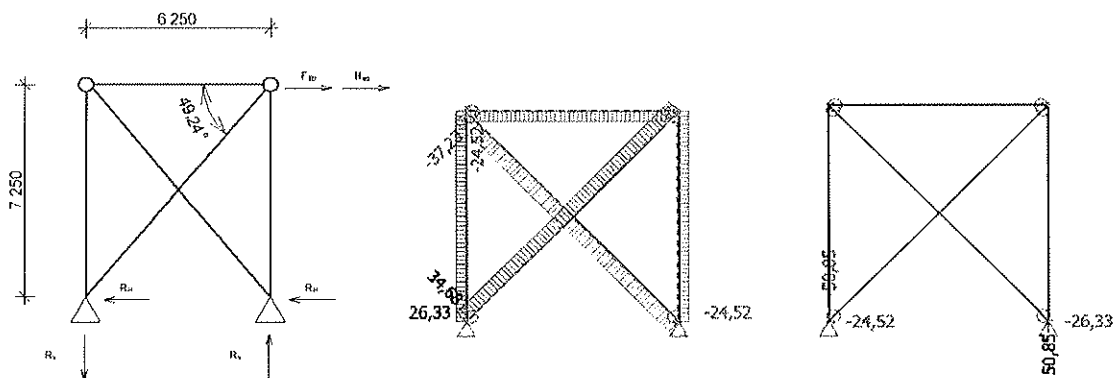
**Stěnové ztužení v osách A a C - návrh diagonály**

$$F_{Ed} = 42,4 \text{ kN}$$

schéma zatížení

vnitřní síly

reakce



$$N_{Ed} = -37,2 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$

Ocel: **S 235**

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

- Mez kluzu oceli

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

- Mez pevnosti oceli

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti

$$G = 80\,700 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti ve smyku

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

- Součinitel tepelné roztažnosti

$$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$$

- Objemová hmotnost

$$\nu = 0,3 \text{ [-]}$$

- Poissonův součinitel

Profil: **4HRTR 60x5**

$$G = 8,1 \text{ kg/m}$$

- Hmotnost profilu

$$h = 60 \text{ mm}$$

- Výška průřezu

$$b = 60 \text{ mm}$$

- Šířka průřezu

$$t = 5,0 \text{ mm}$$

- Tloušťka stěny

$$A = 1,040 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Plocha průřezu

$$I = 0,505 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti

$$W_{el} = 16,800 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Pružný modul průřezu

$$W_{pl} = 20,900 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Plastický modul průřezu

$$i = 22,1 \text{ mm}$$

- Poloměr setrvačnosti

**Vzpěr prutu**

Typ průřezu: Válcovaný průřez

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y: a

$$\alpha = 0,21$$

- Součinitel imperfekce

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose z: a

$$\alpha = 0,21$$

- Součinitel imperfekce

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

$$L_{CR} = L_{teor} / 2 = 9572 / 2 = 4786 \text{ mm}$$

$$N_{cr} = \pi^2 \cdot \frac{EI}{L_{cr}^2} = 45,7 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = 2,31 \text{ [-]}$$

$$\phi = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 3,4$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0,170$$

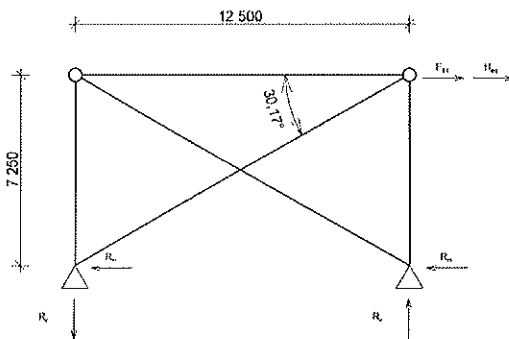
$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{Rk}} \leq \frac{1}{\gamma_{M1}}$$

$$0,9 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

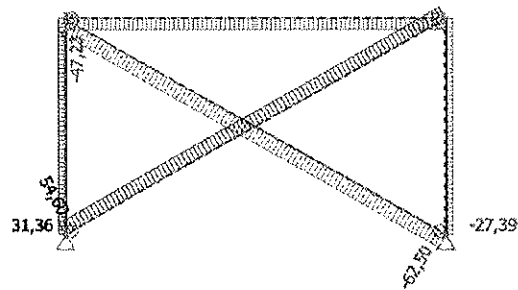
#### Stěnové ztužení v ose B - návrh diagonály

$$F_{Ed} = 84,0 \text{ kN}$$

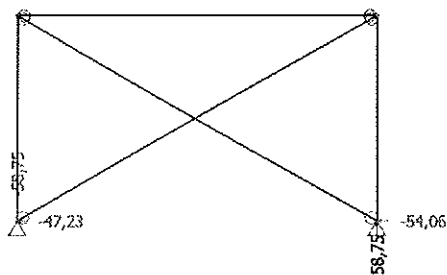
schéma zatížení



vnitřní síly



reakce



$$N_{Ed} = -37,2 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$

Ocel: S 235

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

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

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

- Mez kluzu oceli
- Mez pevnosti oceli
- Modul pružnosti

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

$G = 80\,700 \text{ MPa}$	- Modul pružnosti ve smyku
$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	- Součinitel tepelné roztažnosti
$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$	- Objemová hmotnost
$\nu = 0,3 [-]$	- Poissonův součinitel

#### Profil: 4HRTR 60x5

$G = 9,2 \text{ kg/m}$	- Hmotnost profilu
$h = 80 \text{ mm}$	- Výška průřezu
$b = 80 \text{ mm}$	- Šířka průřezu
$t = 4,0 \text{ mm}$	- Tloušťka stěny
$A = 1,180 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$	- Plocha průřezu
$I = 1,110 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	- Moment setrvačnosti
$W_{el} = 27,800 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	- Pružný modul průřezu
$W_{pl} = 33,100 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	- Plastický modul průřezu
$i = 30,7 \text{ mm}$	- Poloměr setrvačnosti

#### Vzpěr prutu

Typ průřezu: Válcovaný průřez

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y: a  $\alpha = 0,21$  - Součinitel imperfekce

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose z: a  $\alpha = 0,21$  - Součinitel imperfekce

$$L_{CR} = L_{teor} / 2 = 14450 / 2 = 7225 \text{ mm}$$

$$N_{cr} = \pi^2 \cdot \frac{EI}{L_{cr}^2} = 44,1 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = 2,51 [-]$$

$$\phi = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 3,89$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0,146$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{Rk}} \leq 1$$
$$Y_{M1}$$

$$0,92 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### 5.2. Administrativní budova

Konstrukční systém administrativní budovy je navržen jako ocelový dvoupatrový skelet. Výška atiky je + 8,000 m. V příčném směru má hala dvě pole se sloupy ve vzdálenosti 7m, v podélném směru 12 polí po 4,72 m.

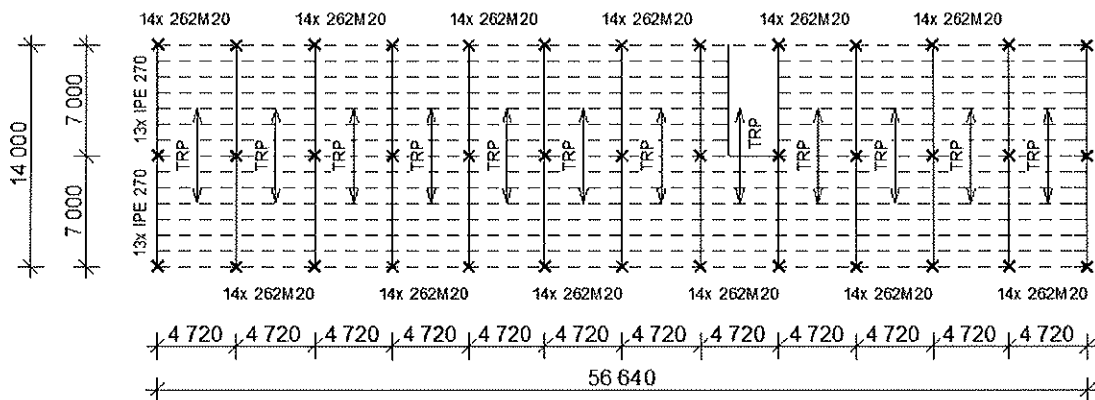
Síly od zatížení větrem jsou přenášeny čtyřmi ztužidly v podélném směru a čtyřmi ztužidly v příčném směru.

Stropní konstrukce je tvořena stropními spřaženými průvlaky, mezi které jsou ukládány tenkostěnné stropnice s roztečí 1 m. Na nich je umístěn TR plech sloužící jako bednění pro plechobetonovou desku. Stropnice i průvlak jsou navedeny jako prosté nosníky, TR plech je navržen jako spojitý nosník o více polích. Střešní konstrukce je tvořena střešními průvlaky, mezi které jsou v podélném směru umístěny distanční tyče. Nosnou konstrukcí střechy tvoří TR plech. V rovině střechy jsou umístěna příhradová ztužidla, která ztužují objekt i v montážním stádiu.

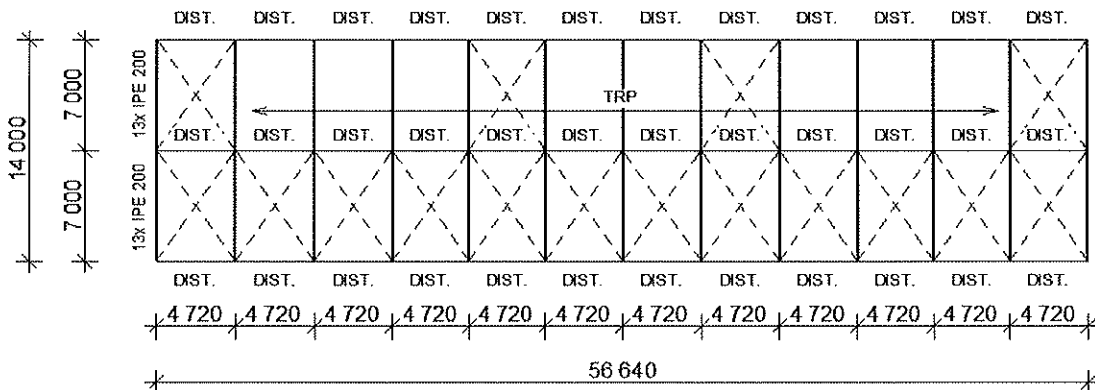
Objekt je založen na základových patkách, ke kterým jsou sloupy kotveny lepenými kotvami.

Vnější plášť haly je tvořen sendvičovým PIR panelem, který je v administrativní části zakryt SDK předstěnou. Na základových patkách jsou umístěny soklové a parapetní sendvičové panely. Horní hrana soklových panelů je navržena na -0,200 m, horní hrana parapetních panelů je +1,000 m.

#### 1.NP



#### 2.NP



## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### 5.2.1. Návrh stropního TR plechu: TR 55/250/0,75

Trapézový plech působí jako spojitý nosník o více polích s rozpětím 1,00 m. Ke stropnicím je kotven dvěma samovrtnými šrouby o průměru 5,5 mm v každé spodní vlně.

##### Zatížení v montážním stádiu.

$q_k = 1,50$	$kN/m^2$				- Zvětšené užité zatížení při montáži
$g_k = 2,00$	$kN/m^2$				- Zatížení od betonu, TR plechu a stropnice
$g_r = 0,25$	$kN/m^2$				- Rybníkový efekt - bezpečně 10 mm
$f_{EK} = 2,25$	$kN/m^2$	$\ll$	$f_{Rk} = 16,87$	$kN/m^2$	- Hodnota bezpečně pro rozpětí 1500 mm
$f_{Ed} = 5,29$	$kN/m^2$	$\ll$	$f_{Rd} = 9,21$	$kN/m^2$	- Hodnota bezpečně pro rozpětí 1500 mm

##### Zatížení v provozním stádiu.

$q_k = 3,30$	$kN/m^2$				- Užité zatížení
$g_k = 2,65$	$kN/m^2$				- Zatížení od betonu, TR plechu a stropnice
$f_{EK} = 5,95$	$kN/m^2$	$\ll$	$f_{Rk} = 16,87$	$kN/m^2$	- Hodnota bezpečně pro rozpětí 1500 mm
$f_{Ed} = 8,53$	$kN/m^2$	$<$	$f_{Rd} = 9,21$	$kN/m^2$	- Hodnota bezpečně pro rozpětí 1500 mm

Navržený TR plech vyhovuje na únosnost i průhyb L/200.

#### 5.2.2 Návrh stropnic

Stropnice budou navrženy jako prosté nosníky vložené mezi stropní průvlaky. Návrh bude proveden na základě statických tabulek výrobce.

##### Navržený profil: Voestalpine 262 M 20

##### Zatížení v montážním stádiu.

$q_k = 1,50$	$kN/m^2$				- Zvětšené užité zatížení při montáži
$g_k = 2,10$	$kN/m^2$				- Zatížení od betonu, TR plechu a stropnice
$g_r = 0,25$	$kN/m^2$				- Rybníkový efekt - bezpečně 10 mm
$f_{EK} = 2,35$	$kN/m^2$	$<$	$f_{Rk} = 3,75$	$kN/m^2$	- Hodnota pro průhyb L/300
$f_{Ed} = 5,29$	$kN/m^2$	$<$	$f_{Rd} = 8,70$	$kN/m^2$	

##### Zatížení v provozním stádiu.

$q_k = 3,30$	$kN/m^2$				- Užité zatížení
$g_k = 2,75$	$kN/m^2$				- Zatížení od betonu, TR plechu a stropnice
$f_{EK} = 3,30$	$kN/m^2$	$<$	$f_{Rk} = 3,75$	$kN/m^2$	- Hodnota pro průhyb L/300
$f_{Ed} = 8,66$	$kN/m^2$	$<$	$f_{Rd} = 8,70$	$kN/m^2$	

Navržený profil vyhovuje na únosnost i průhyb L/300.

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### 5.2.3. Návrh stropního průvlaku

Stropní průvlak bude navržen jako prostý nosník o délce 7000 mm, sprážený se stropní deskou, při betonáži podepřený. Navržen bude běžný stropní průvlak se zatěžovací šířkou 4700 mm.

#### Zatížení v provozním stádiu.

Je uvažováno spojitě rovnoměrné zatížení.

$q_k = 3,30 \text{ kN/m}^2$	- Užité zatížení
$g_k = 2,75 \text{ kN/m}^2$	- Zatížení od betonu, TR plechu a stropnice
$g_k = 0,40 \text{ kN/m}^2$	- Vlastní tíha průvlaku

$$f_k = 4,7 \cdot 3,3 = 15,5 \text{ kN/m} \quad \text{- Charakteristické zatížení užité}$$

$$f_d = 4,7 \cdot (1,35 \cdot 3,15 + 1,5 \cdot 3,3) = 43,3 \text{ kN/m} \quad \text{- Návrhové zatížení}$$

$$M_{Ed} = 265,2 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 151,6 \text{ kN} \quad \text{- Na okraji nosníku}$$

#### Materiálové a průřezové charakteristiky

Ocel: S 355

$f_y = 355 \text{ MPa}$	- Mez kluzu oceli
$f_u = 490 \text{ MPa}$	- Mez pevnosti oceli
$E = 210\,000 \text{ MPa}$	- Modul pružnosti
$G = 80\,700 \text{ MPa}$	- Modul pružnosti ve smyku
$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	- Součinitel tepelné roztažnosti
$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$	- Objemová hmotnost
$\nu = 0,3 \text{ [-]}$	- Poissonův součinitel

Profil: IPE 270

$G = 36,1 \text{ kg/m}$	- Hmotnost profilu
$h = 270 \text{ mm}$	- Výška průřezu
$b = 135 \text{ mm}$	- Šířka průřezu
$t_w = 6,6 \text{ mm}$	- Tloušťka stojiny
$t_f = 10,2 \text{ mm}$	- Tloušťka pásnice
$r = 15,0 \text{ mm}$	- Poloměr přechodu pásnice/stojiny
$A = 4,595 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$	- Plocha průřezu
$A_{vz} = 2,214 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$	- Průřezová plocha stěny ve smyku ve smru osy z
$c = 219,6 \text{ mm}$	- Výška stojiny
$I_y = 57,898 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	- Moment setrvačnosti kolem osy y
$W_{el,y} = 428,872 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	- Pružný modul průřezu k ose y
$W_{pl,y} = 483,997 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	- Plastický modul průřezu k ose y
$i_y = 112,3 \text{ mm}$	- Poloměr setrvačnosti kolem osy y
$I_z = 4,199 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	- Moment setrvačnosti kolem osy z
$W_{el,z} = 62,203 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	- Pružný modul průřezu k ose z
$W_{pl,z} = 96,950 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	- Plastický modul průřezu k ose z
$i_z = 30,2 \text{ mm}$	- Poloměr setrvačnosti kolem osy z
$I_t = 159,448 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$	- Moment setrvačnosti v prostém kroucení
$I_w = 70,578 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$	- Výsečový moment setrvačnosti



## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### Klasifikace průřezu:

##### Stojina:

$$c/t_w = 33,27 [-]$$

$$c/t_w = 33,27 [-] < (72 \cdot \epsilon) =$$

58,6

$$\epsilon = \sqrt{235/f_y} = 0,81 [-]$$

Stojina je třídy 1.

- Namáhání ohybem

- Štíhlost stěny

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

##### Pásnice:

$$c_f = (b - t_w - 2 \cdot r) / 2 = 49,2$$

$$c_f/t_f = 4,82 [-]$$

$$c/t_w = 4,82 < 9 \cdot \epsilon = 7,32$$

Pásnice je třídy 1.

- Namáhání tlakem

- Polovina šířky pásnice

- Štíhlost stěny

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

#### Únosnost průřezu

##### Únosnost ve smyku

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = 453,7 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 0,33 < 0,5$$

Vliv smykové síly na ohybovou únosnost může být zanedbán.

##### Ohybová únosnost ocelobetonového průřezu (plastické posouzení)

$$b_{eff} = 2 \cdot b_{e1} = 4700 / 4 = 1175 \text{ mm}$$

- Účinná šířka betonové desky

neutrální osa:

$$N_a = N_c$$

$$A_a \cdot f_{yd} = x \cdot b_{eff} \cdot f_{cd}$$

$$3912 \cdot 355 = x \cdot 1175 \cdot 14,17$$

$$x = 83,4 \text{ mm} > 50 \text{ mm}$$

=> **n.o. prochází nosníkem**

$$F_c + F_{a1} = F_{a2}$$

$$F_c = 0,85 \cdot A_c \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \cdot 50 \cdot 1175 \cdot 25 \cdot 10^3 / 1,5 = 832,3 \text{ kN}$$

$$F_{a1} = A_1 \cdot f_{yd} = 1124,7 \cdot 355 \cdot 10^{-3} = 399,3 \text{ kN}$$

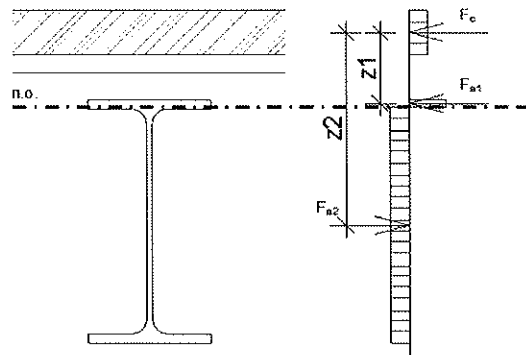
$$F_{a2} = A_2 \cdot f_{yd} = (4595 - 1124,7) \cdot 355 \cdot 10^{-3} = 1232,0 \text{ kN}$$

$$z_1 = 83,33 \text{ mm}$$

$$z_2 = 280,58 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} = (-F_{a1} \cdot z_1 + F_{a2} \cdot z_2) \cdot 10^{-3} = 312,4 \text{ kNm}$$

=> **VYHOVUJE**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET**  
**ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

**Spřažení**

Návrh: Spřahovací trn 22/90 mm ( $f_u = 360$  Mpa)

Únosnost jednoho trnu:

$$P_{Rd,1} = 0,2 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / \gamma_v = 0,2 \cdot 360 \cdot \pi \cdot 22^2 / 1,25 = 87,6 \text{ kN} \quad \Rightarrow \text{ROZHODUJE}$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} / \gamma_v = 0,2 \cdot 1 \cdot 22^2 \cdot \sqrt{(25 \cdot 31000)} / 1,25 = 98,9 \text{ kN} \quad (\alpha=1; \text{ pro } h_{sc} > 4d)$$

$$k_l = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = 0,6 \cdot \frac{85,8}{50} \cdot \left( \frac{90}{50} - 1 \right) = 0,82 \quad \text{- Redukční součinitel}$$

$$n = \frac{2 \cdot F_c}{k_l \cdot P_{Rd,1}} = \frac{832,3}{0,82 \cdot 87,6} = 23,2 [-] \quad \text{- Potřebný počet trnů}$$

$\Rightarrow$  Navrhují 29 trnů (á 250 mm).

**Průhyb nosníku (pružně)**

$$f_k = 4,7 \cdot (3,15 + 3,3) = 30,3 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ek} = (f \cdot L^2) / 8 = 185,7 \text{ kNm}$$

- Charakteristický ohybový moment

$$E_c' = 0,5 \cdot E_{cm} = 0,5 \cdot 31000 = 15500 \text{ Mpa}$$

- mod. pružnosti s vlivem smrš. a dot.

$$n = E_a / E_m' = 210\,000 / 15\,500 = 13,55 [-]$$

- pracovní součinitel

$$A_i = 4595 + 50 \cdot 1175 / 13,55 = 8930,8 \text{ mm}^2$$

- plocha ideálního průřezu

$$e = \frac{4595 \cdot 135 + 50 \cdot 1175 \cdot 13,55 \cdot 345}{8930,8} = 237,0 \text{ mm}$$

- těžiště ideálního průřezu

- moment setrvačnosti ideál. Průřezu

$$I_i = 57,9 \cdot 10^6 + 4595 \cdot (237 - 135)^2 + \frac{1}{13,55} \left( \frac{1175 \cdot 50^2}{12} + 1175 \cdot 50 \cdot (370 - 237 - 25)^2 \right) = 156,297 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Maximální napětí ve spodních vláknech ocelového nosníku:

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot e = \frac{185,7 \cdot 10^6}{156,3 \cdot 10^6} \cdot 237 = 281,6 \text{ Mpa} < f_y = 355 \text{ Mpa}$$

Maximální napětí v betonové desce:

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot (370 - e) = \frac{185,7 \cdot 10^6}{13,55 \cdot 156,3 \cdot 10^6} \cdot (370 - 237) = 11,7 \text{ Mpa} < 0,85 f_{ck} = 21,3 \text{ Mpa}$$

$\Rightarrow$  Nosník při provozním zatížení působí pružně.

**Průhyb od proměnného zatížení:**

$$\delta = \frac{5 \cdot f \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_i} = \frac{5 \cdot 3,3 \cdot 4,7 \cdot 7000^4}{384 \cdot 210000 \cdot 156,3 \cdot 10^6} = 14,8 \text{ mm} < \frac{L}{250} = \frac{7000}{250} = 28 \text{ mm}$$

$\Rightarrow$  VYHOVUJE

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### 5.2.4. Návrh střešního průvlaku

Střešní průvlak bude navržen jako prostý nosník o délce 7000 mm. Navržen bude běžný střešní průvlak se zatěžovací šířkou 4700 mm.

Zatížení:

Stálé zatížení skladbou střechy  $g_k = 0,37 \text{ kN/m}^2$

Zatížení větrem  $w_k = 0,40 \text{ kN/m}^2$

Zatížení sněhem (bez návěje)  $s_k = 0,60 \text{ kN/m}^2$

Rozhodující kombinace:  $f_k = 0,4 + 0,6 = 1,00 \text{ kN/m}^2$

6.10  $f_d = 1,35 \cdot 0,37 + 1,5 \cdot 0,4 \cdot 0,6 + 1,5 \cdot 0,6 = 1,76 \text{ kN/m}^2$

$f_d' = 0,4 + 4,7 \cdot (1,35 \cdot 0,37 + 1,5 \cdot 0,4 \cdot 0,6 + 1,5 \cdot 0,6) = 8,67 \text{ kN/m}$

$M_{Ed} = 53,1 \text{ kNm}$

$V_{Ed} = 30,4 \text{ kN}$

- Na okraji nosníku

#### Materiálové a průřezové charakteristiky

Ocel: S 355

$f_y = 355 \text{ MPa}$

- Mez kluzu oceli

$f_u = 490 \text{ MPa}$

- Mez pevnosti oceli

$E = 210\,000 \text{ MPa}$

- Modul pružnosti

$G = 80\,700 \text{ MPa}$

- Modul pružnosti ve smyku

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

- Součinitel tepelné roztažnosti

$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$

- Objemová hmotnost

$\nu = 0,3 [-]$

- Poissonův součinitel

Profil: IPE 200

$G = 22,4 \text{ kg/m}$

- Hmotnost profilu

$h = 200 \text{ mm}$

- Výška průřezu

$b = 100 \text{ mm}$

- Šířka průřezu

$t_w = 5,6 \text{ mm}$

- Tloušťka stojiny

$t_f = 8,5 \text{ mm}$

- Tloušťka pásnice

$r = 12,0 \text{ mm}$

- Poloměr přechodu pásnice/stojiny

$A = 2,848 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

- Plocha průřezu

$A_{vz} = 1,400 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

- Průřezová plocha stěny ve smyku ve směru osy z

$c = 159,0 \text{ mm}$

- Výška stojiny

$I_y = 19,432 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

- Moment setrvačnosti kolem osy y

$W_{el,y} = 194,317 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

- Pružný modul průřezu k ose y

$W_{pl,y} = 220,639 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

- Plastický modul průřezu k ose y

$i_y = 82,6 \text{ mm}$

- Poloměr setrvačnosti kolem osy y

$I_z = 1,424 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

- Moment setrvačnosti kolem osy z

$W_{el,z} = 28,474 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

- Pružný modul průřezu k ose z

$W_{pl,z} = 44,612 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

- Plastický modul průřezu k ose z

$i_z = 22,4 \text{ mm}$

- Poloměr setrvačnosti kolem osy z

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### Klasifikace průřezu:

##### Stojina:

$$c/t_w = 28,39 [-]$$

$$c/t_w = 28,39 [-] < 72 \cdot \varepsilon = 58,6$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 0,81 [-]$$

Stojina je třídy 1.

- Namáhání ohybem

- Štíhlost stěny

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

##### Pásnice:

$$c_f = (b - t_w - 2 \cdot r)/2 = 35,2$$

$$c_f/t_f = 4,14 [-]$$

$$c_f/t_w = 4,14 < 9 \cdot \varepsilon = 7,32$$

Pásnice je třídy 1.

- Namáhání tlakem

- Polovina šířky pásnice

- Štíhlost stěny

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

#### Únosnost průřezu

##### Únosnost ve smyku

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = 286,9 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 0,11 < 0,5$$

Vliv smykové síly na ohybovou únosnost může být zanedbán.

##### Únosnost v ohybu (kladný moment)

Horní pásnice nosníku je držena proti klopení střešním TR plechem.

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 78,3 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 53,1 \text{ kNm} < M_{pl,y,Ed} = 78,3 \text{ kNm}$$

##### Posouzení maximálních svislých deformací

$$w_{z,max} = 7,7 \text{ mm} < 28 \text{ mm} = l/250$$

=> **VYHOVUJE**

##### Návrh střešního TR plechu

Střešní TR plech bude navržen jako spojitý nosník přes dvě pole stejné dimenze jako plech na výrobní hale. Rozpětí jednoho pole je 4700 mm. Rezerva v únosnosti TR plechu zohledňuje oslabení plechu prostupy.

Posouzení TR 150/280/0,75:

$$f_{k,Ed} = 1,72 \text{ kN/m}^2 < f_{k,Rd} = 6,77 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{d,Ed} = 2,19 \text{ kN/m}^2 < f_{d,Rd} = 3,67 \text{ kN/m}^2$$

Návrh vyhovuje na MSP.

Návrh vyhovuje na MSÚ.

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### 5.2.5. Návrh středního sloupu

Sloup je délky 7,4m, kloubově uložen uložen na obou koncích a v úrovni stropu 1. NP ve výšce 3900 mm.

Zatížení:

$$N_{Ed} = 2 \cdot R_1 + 2 \cdot R_2 + L \cdot g = 2 \cdot 30,4 + 2 \cdot 151,6 + 7,4 \cdot 0,4 = 367 \text{ kN}$$

$$N_{ed,ztuzidlo} = 34,8 \text{ kN}$$

Ocel: **S 235**

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

- Mez kluzu oceli

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

- Mez pevnosti oceli

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti

$$G = 80\,700 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti ve smyku

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

- Součinitel tepelné roztažnosti

$$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$$

- Objemová hmotnost

$$\nu = 0,3 \text{ [-]}$$

- Poissonův součinitel

Profil: **HEA 160**

$$G = 30,4 \text{ kg/m}$$

- Hmotnost profilu

$$h = 152 \text{ mm}$$

- Výška průřezu

$$b = 160$$

- Šířka průřezu

$$t_w = 6,0 \text{ mm}$$

- Tloušťka stojiny

$$t_f = 9,0 \text{ mm}$$

- Tloušťka pásnice

$$r = 15,0 \text{ mm}$$

- Poloměr přechodu pásnice/stojiny

$$A = 3,877 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Plocha průřezu

$$A_{wz} = 1,321 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Průřezová plocha stěny ve smyku ve smru osy z

$$c = 104,0 \text{ mm}$$

- Výška stojiny

$$I_y = 16,730 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti kolem osy y

$$W_{el,y} = 220,128 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Pružný modul průřezu k ose y

$$W_{pl,y} = 245,147 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Plastický modul průřezu k ose y

$$i_y = 65,7 \text{ mm}$$

- Poloměr setrvačnosti kolem osy y

$$I_z = 6,156 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti kolem osy z

$$W_{el,z} = 76,947 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Pružný modul průřezu k ose z

$$W_{pl,z} = 117,633 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Plastický modul průřezu k ose z

$$i_z = 39,8 \text{ mm}$$

- Poloměr setrvačnosti kolem osy z

**Klasifikace průřezu:**

**Stojina:**

- Namáhání tlakem

$$c/t_w = 17,33 \text{ [-]}$$

- Štíhlost stěny

$$c/t_w = 17,33 \text{ [-]} < 72 \cdot \epsilon = 72$$

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

$$\epsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00 \text{ [-]}$$

**Stojina je třídy 1.**

**Pásnice:**

- Namáhání tlakem

$$c_f = (b - t_w - 2 \cdot r)/2 = 62$$

- Polovina šířky pásnice

$$c_f/t_f = 6,89 \text{ [-]}$$

- Štíhlost stěny

$$c_f/t_w = 6,89 < 9 \cdot \epsilon = 9$$

- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

**Pásnice je třídy 1.**

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### Únosnost v prostém tlaku

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 911,1 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 367,0 \text{ kN} > 0,25 \cdot N_{pl,Rd} = 227,8 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 367,0 \text{ kN} > 0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 94,5 \text{ kN}$$

**Sloup bude posouzen na vzpěr.**

#### Vzpěr prutu

Typ průřezu: Válcovaný průřez

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y:

$$b \quad \alpha = 0,34$$

- Součinitel imperfekce

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose z:

$$c \quad \alpha = 0,49$$

- Součinitel imperfekce

$$l_{cr,y} = 3900 \text{ mm}$$

$$l_{cr,z} = 3900 \text{ mm}$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot \frac{EI_y}{l_{cr,y}^2} = 2279,7 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = 0,63 \text{ [-]}$$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,77$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = 0,821$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot \frac{EI_z}{l_{cr,z}^2} = 838,8 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 1,04 \text{ [-]}$$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 1,25$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = 0,516$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \leq 1$$

$$0,54 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \leq 1$$

$$0,85 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET**  
**ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

**5.2.6. Návrh krajního sloupu**

Sloup je délky 7,4m, kloubově uložen na obou koncích a v úrovni stropu 1. NP ve výšce 3900 mm.

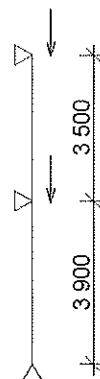
Zatížení:

$$N_{Ed} = R_1 + R_2 + L \cdot g = 30,4 + 151,6 + 7,4 \cdot 0,4 = 185 \text{ kN}$$

$$N_{ed,ztužidlo} = 34,9 \text{ kN}$$

Ocel: **S 235**

$f_y = 235 \text{ MPa}$	- Mez kluzu oceli
$f_u = 360 \text{ MPa}$	- Mez pevnosti oceli
$E = 210\,000 \text{ MPa}$	- Modul pružnosti
$G = 80\,700 \text{ MPa}$	- Modul pružnosti ve smyku
$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	- Součinitel tepelné roztažnosti
$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$	- Objemová hmotnost
$\nu = 0,3 [-]$	- Poissonův součinitel



Profil: **HEA 140**

$G = 24,7 \text{ kg/m}$	- Hmotnost profilu
$h = 133 \text{ mm}$	- Výška průřezu
$b = 140 \text{ mm}$	- Šířka průřezu
$t_w = 5,5 \text{ mm}$	- Tloušťka stojiny
$t_f = 8,5 \text{ mm}$	- Tloušťka pásnice
$r = 12,0 \text{ mm}$	- Poloměr přechodu pásnice/stojiny
$A = 3,142 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$	- Plocha průřezu
$A_{wz} = 1,012 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$	- Průřezová plocha stěny ve smyku ve směru osy z
$c = 92,0 \text{ mm}$	- Výška stojiny
$I_y = 10,331 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	- Moment setrvačnosti kolem osy y
$W_{el,y} = 155,358 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	- Pružný modul průřezu k ose y
$W_{pl,y} = 173,495 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	- Plastický modul průřezu k ose y
$i_y = 57,3 \text{ mm}$	- Poloměr setrvačnosti kolem osy y
$I_z = 3,893 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	- Moment setrvačnosti kolem osy z
$W_{el,z} = 55,617 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	- Pružný modul průřezu k ose z
$W_{pl,z} = 84,849 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	- Plastický modul průřezu k ose z
$i_z = 35,2 \text{ mm}$	- Poloměr setrvačnosti kolem osy z

**Klasifikace průřezu:**

**Stojina:**

$$c/t_w = 16,73 [-]$$

$$c/t_w = 16,73 [-] < 72 \cdot \epsilon = 72$$

$$\epsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00 [-]$$

**Stojina je třídy 1.**

- Namáhání tlakem
- Štíhlost stěny
- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

**Pásnice:**

$$c_f = (b - t_w - 2 \cdot r)/2 = 55,3$$

$$c_f/t_f = 6,50 [-]$$

$$c/t_w = 6,50 < 9 \cdot \epsilon = 9$$

**Pásnice je třídy 1.**

- Namáhání tlakem
- Polovina šířky pásnice
- Štíhlost stěny
- Kritérium pro třídu průřezu 1 => **VYHOVUJE**

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### Únosnost v prostém tlaku

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 738,3 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 238,0 \text{ kN} > 0,25 \cdot N_{pl,Rd} = 184,6 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 238,0 \text{ kN} > 0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 75,0 \text{ kN}$$

Sloup bude posouzen na vzpěr.

#### Vzpěr prutu

Typ průřezu: Válcovaný průřez

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y: b  $\alpha = 0,34$  - Součinitel imperfekce

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose z: c  $\alpha = 0,49$  - Součinitel imperfekce

$$L_{cr,y} = 3900 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 3900 \text{ mm}$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot \frac{EI_y}{L_{cr,y}^2} = 1407,8 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = 0,72 \text{ [-]}$$

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,85$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = 0,770$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot \frac{EI_z}{L_{cr,z}^2} = 530,5 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = 1,18 \text{ [-]}$$

$$\phi_z = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 1,44$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = 0,444$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} \leq 1$$

$$0,39 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} \leq 1$$

$$0,67 < 1 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



5.2.7. Stěnová ztužidla

Zatížení vlivem imperfekcí

je uvažována výška sloupu 4m; počet sloupů v řadě - 3;  $f_{d, střecha} = 1,8 \text{ kN/m}^2$ ;  $f_{d, strop} = 9,2 \text{ kN/m}^2$

$$\alpha_m = 0,82 \text{ [-]} \quad \alpha_{h,1} = 1,0 \text{ [-]} \quad \alpha_{h,2} = 0,71 \text{ [-]}$$

$$H_{\phi 1} = \phi_0 \cdot \alpha_m \cdot \alpha_h \cdot \sum N = (1/200) \cdot 0,82 \cdot 0,71 \cdot (9,2 \cdot 56 \cdot 14) = 21,0 \text{ kN} \quad \text{- náhradní vodorovná síla 1.NP}$$

$$H_{\phi 2} = \phi_0 \cdot \alpha_m \cdot \alpha_h \cdot \sum N = (1/200) \cdot 0,82 \cdot 1,0 \cdot (1,8 \cdot 56 \cdot 14) = 5,8 \text{ kN} \quad \text{- náhradní vodorovná síla 2.NP}$$

zatížení větrem

$$w_{e,2,D} = 0,49 \text{ kN/m}^2$$

Zatěžovací výška 1.NP: 3,6 m

Zatěžovací výška 2.NP: 2,65 m

Zatěžovací šířka podélných ztužidel: 7 m

Zatěžovací šířka příčných ztužidel:  $3 \cdot 4,72 = 14,16 \text{ m}$

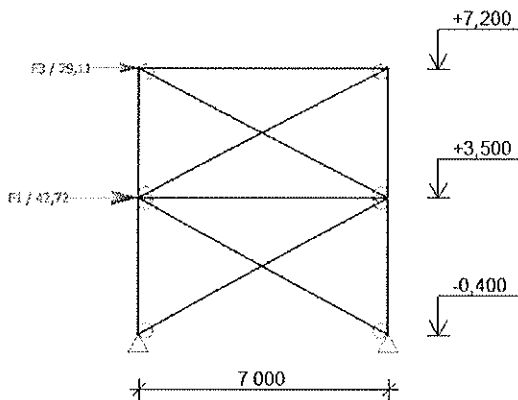
$$\text{Síla na příčné ztužidlo v 1.NP: } F_{1,a} = (H_{\phi 1} / 4) + Z\check{S} \cdot ZV \cdot W_{e,D,d} = (21 / 4) + 14,2 \cdot 3,6 \cdot 1,5 \cdot 0,49 = 42,72 \text{ kN}$$

$$\text{Síla na příčné ztužidlo v 2.NP: } F_{2,a} = (H_{\phi 2} / 4) + Z\check{S} \cdot ZV \cdot W_{e,D,d} = (5,8 / 4) + 14,2 \cdot 2,65 \cdot 1,5 \cdot 0,49 = 29,11 \text{ kN}$$

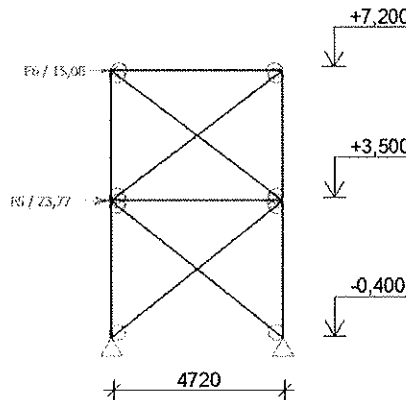
$$\text{Síla na podél. ztužidlo v 1.NP: } F_{1,b} = (H_{\phi 1} / 4) + Z\check{S} \cdot ZV \cdot W_{e,D,d} = (21 / 4) + 7 \cdot 3,6 \cdot 1,5 \cdot 0,49 = 23,77 \text{ kN}$$

$$\text{Síla na podél. ztužidlo v 2.NP: } F_{1,b} = (H_{\phi 2} / 4) + Z\check{S} \cdot ZV \cdot W_{e,D,d} = (5,8 / 4) + 7 \cdot 2,65 \cdot 1,5 \cdot 0,49 = 15,08 \text{ kN}$$

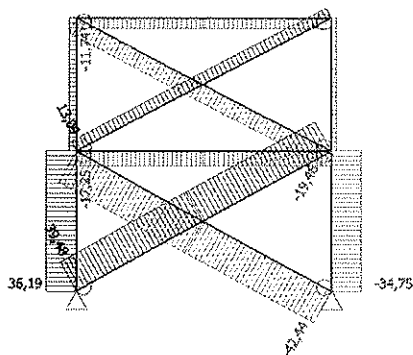
Příčné ztužidlo - zatížení



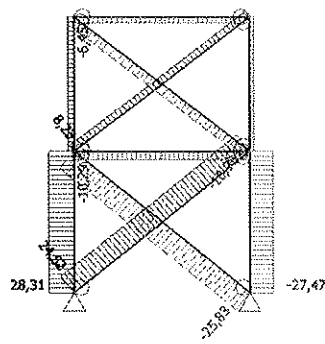
Podélné ztužidlo - zatížení



Příčné ztužidlo - vnitřní síly



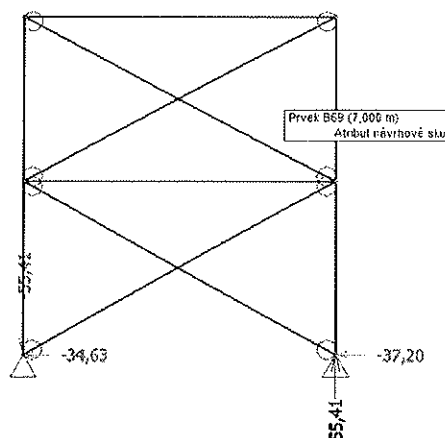
Podélné ztužidlo - vnitřní síly



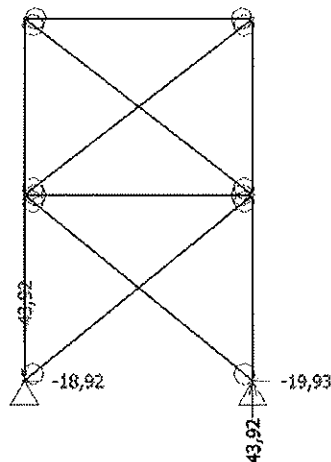
## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

Příčné ztužidlo - reakce



Podélné ztužidlo - reakce



### Návrh diagonály ztužidel: 4HRTR 60x4

Posouzení provedeme pro diagonálu příčného ztužidla. Délka diagonály je 8000 mm. Vzpěrná délka je uvažována jako polovina teoretické délky.

$$N_{Ed} = -42,4 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$

Ocel: **S 235**

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

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

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

$$G = 80\,700 \text{ MPa}$$

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

$$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$$

$$\nu = 0,3 \text{ [-]}$$

- Mez kluzu oceli
- Mez pevnosti oceli
- Modul pružnosti
- Modul pružnosti ve smyku
- Součinitel tepelné roztažnosti
- Objemová hmotnost
- Poissonův součinitel

Profil: **4HRTR 60x4**

$$G = 6,7 \text{ kg/m}$$

$$h = 60 \text{ mm}$$

$$b = 60 \text{ mm}$$

$$t = 4,0 \text{ mm}$$

$$A = 0,855 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I = 0,436 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{el} = 14,500 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl} = 17,600 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i = 22,6 \text{ mm}$$

- Hmotnost profilu
- Výška průřezu
- Šířka průřezu
- Tloušťka stěny
- Plocha průřezu
- Moment setrvačnosti
- Pružný modul průřezu
- Plastický modul průřezu
- Poloměr setrvačnosti

### Vzpěr prutu

Typ průřezu: Válcovaný průřez

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y:

a

$$\alpha = 0,21$$

- Součinitel imperfekce

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose z:

a

$$\alpha = 0,21$$

- Součinitel imperfekce

$$L_{CR} = L_{teor} / 2 = 8000 / 2 = 4000 \text{ mm}$$

**DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET**  
**ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

$$N_{cr} = \pi^2 \cdot \frac{EI}{l_{cr}^2} = 56,5 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = 1,89 [-]$$

$$\phi = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 2,46$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0,248$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{Rk}} \leq \frac{1}{\gamma_{M1}}$$

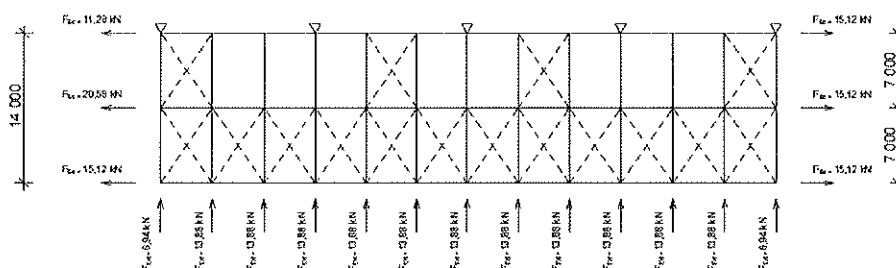
$$0,85 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Všechny diagonály ztužidel budou provedeny z profilu 4HRTR 60x4.

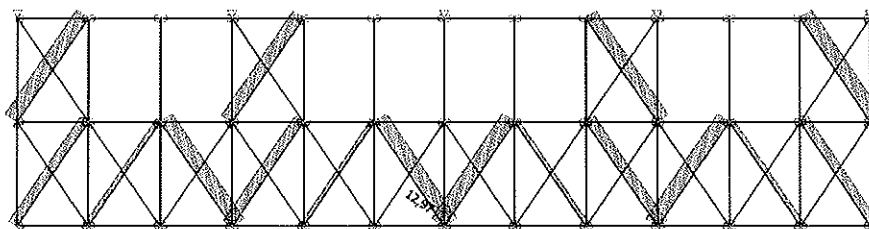
### 5.2.8. Střešní ztužidla

Ztužidla v rovině střechy, budou navrženy na montážní stadium, kdy zatěžovací výška je uvažována jako polovina výšky budovy.

Schéma ztužidel



Vnitřní síly



**Návrh: Kruhová tyč Ø 16 mm S235**

Posouzení provedeme v místě napínací matice na tahovou sílu.

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 157 \cdot 390 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 44,0 \text{ kN} > N_{Ed} = 13,0 \text{ kN}$$

**=> VYHOVUJE**

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### 5.2.9. Distanční trubky (mezi střešní průvlaky v osách 14,15,16)

$$N_{Ed} = -21,2 \text{ kN} \quad (\text{tlak od zatížení větrem})$$

Ocel: **S 235**

$f_y = 235 \text{ MPa}$	- Mez kluzu oceli
$f_u = 360 \text{ MPa}$	- Mez pevnosti oceli
$E = 210\,000 \text{ MPa}$	- Modul pružnosti
$G = 80\,700 \text{ MPa}$	- Modul pružnosti ve smyku
$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	- Součinitel tepelné roztažnosti
$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$	- Objemová hmotnost
$\nu = 0,3 [-]$	- Poissonův součinitel

Profil: **4HRTR 80x4**

$G = 6,7 \text{ kg/m}$	- Hmotnost profilu
$h = 60 \text{ mm}$	- Výška průřezu
$b = 60 \text{ mm}$	- Šířka průřezu
$t = 4,0 \text{ mm}$	- Tloušťka stěny
$A = 0,855 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$	- Plocha průřezu
$I = 0,436 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	- Moment setrvačnosti
$W_{el} = 14,500 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	- Pružný modul průřezu
$W_{pl} = 17,600 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	- Plastický modul průřezu
$i = 22,6 \text{ mm}$	- Poloměr setrvačnosti

#### Vzpěr prutu

Typ průřezu: Válcovaný průřez

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose y: a  $\alpha = 0,21$  - Součinitel imperfekce

Vzpěrnostní křivka kolmo k ose z: a  $\alpha = 0,21$  - Součinitel imperfekce

$$L_{cr} = 4720 \text{ mm}$$

$$N_{cr} = \pi^2 \cdot \frac{EI}{L_{cr}^2} = 40,6 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = 2,23 [-]$$

$$\phi = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 3,19$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0,183$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot N_{Rk}} \leq 1$$
$$Y_{M1}$$

$$0,58 < 1 \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET**  
**ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

**5.2.10. Atikové sloupky**

$$M_{Ed} = 3,2 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 8,4 \text{ kN}$$

**Materiálové a průřezové charakteristiky**

Ocel: **S 235**

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

- Mez kluzu oceli

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

- Mez pevnosti oceli

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti

$$G = 80\,700 \text{ MPa}$$

- Modul pružnosti ve smyku

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

- Součinitel tepelné roztažnosti

$$\rho = 7850,0 \text{ kg/m}^3$$

- Objemová hmotnost

$$\nu = 0,3 \text{ [-]}$$

- Poissonův součinitel

Profil: **2x L 80x6**

$$G = 14,6 \text{ kg/m}$$

- Hmotnost profilu

$$h = 80 \text{ mm}$$

- Výška průřezu

$$b = 160 \text{ mm}$$

- Šířka průřezu

$$t_w = 12,0 \text{ mm}$$

- Tloušťka stojiny

$$t_f = 6,0 \text{ mm}$$

- Tloušťka pásnice

$$r = 10,0 \text{ mm}$$

- Poloměr přechodu pásnice/stojiny

$$A = 1,817 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Plocha průřezu

$$A_{vz} = 0,892 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- Průřezová plocha stěny ve smyku ve směru osy z

$$I_y = 1,116 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti kolem osy y

$$W_{el,y} = 19,130 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Pružný modul průřezu k ose y

$$i_y = 24,0 \text{ mm}$$

- Poloměr setrvačnosti kolem osy y

$$I_z = 1,994 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

- Moment setrvačnosti kolem osy z

$$W_{el,z} = 24,920 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

- Pružný modul průřezu k ose z

$$i_z = 33,0 \text{ mm}$$

- Poloměr setrvačnosti kolem osy z

**Klasifikace průřezu:**

$$h/t = 13,30 \text{ [-]} < 15 \cdot \epsilon = 15$$

**Průřez je třídy 3.**

**Únosnost průřezu**

**Únosnost ve smyku**

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = 121,0 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{pl,Rd} = 0,07 < 0,5$$

**Vliv smykové síly na ohybovou únosnost může být zanedbán.**

**Únosnost v ohybu**

$$M_{el,y,Rd} = \frac{W_{el,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 4,5 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 3,2 \text{ kNm}$$

$$< M_{el,y,Rd} = 4,5 \text{ kNm}$$

**=> VYHOVUJE**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET**  
**ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

**5.2.11. Výměny pro okna**

**Zatížení okenního rámu**

Je uvažováno spojitě rovnoměrné zatížení.

$g_k = 0,25$ kN/m <sup>2</sup>	- Zatížení vlastní tíhou okna
$g_k = 0,20$ kN/m	- Vlastní tíha nosníku
$w_k = 0,50$ kN/m <sup>2</sup>	- Zatížení větrem

$f_{v,d} = 1,35 \cdot 0,55 = 0,61$ kN/m	- Návrhové svislé zatížení
$f_{h,d} = 1,5 \cdot 0,5 = 0,75$ kN/m	- Návrhové vodorovné zatížení

**Kratší okno**

$L_1 = 4720$ mm
$M_{v,Ed} = (f_{v,d} \cdot L_1^2)/8 = 1,70$ kNm
$M_{h,Ed} = z_v \cdot (f_{h,d} \cdot L_1^2)/8 = 1,57$ kNm

**Delší okno - uprostřed podepřené**

$L_2 = 7000$ mm
$M_{v,Ed} = (f_{v,d} \cdot (L_2/2)^2)/8 = 0,93$ kNm
$M_{h,Ed} = 0,75 \cdot (f_{h,d} \cdot L_2^2)/8 = 3,44$ kNm

**Materiálové a průřezové charakteristiky**

**Ocel: S 235**

$f_y = 235$ MPa	- Mez kluzu oceli
$f_u = 490$ MPa	- Mez pevnosti oceli
$E = 210\,000$ MPa	- Modul pružnosti
$G = 80\,700$ MPa	- Modul pružnosti ve smyku
$\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ K <sup>-1</sup>	- Součinitel tepelné roztažnosti
$\rho = 7850,0$ kg/m <sup>3</sup>	- Objemová hmotnost
$\nu = 0,3$ [-]	- Poissonův součinitel

**Profil: 4HRTR 120x60x4 (delší okno)**

$G = 10,7$ kg/m	- Hmotnost profilu
$h = 60$ mm	- Výška průřezu
$b = 120$ mm	- Šířka průřezu
$t = 4,0$ mm	- Tloušťka stojiny
$W_{pl,y} = 51,900 \cdot 10^3$ mm <sup>3</sup>	- Plastický modul průřezu k ose y
$W_{pl,z} = 31,700 \cdot 10^3$ mm <sup>3</sup>	- Plastický modul průřezu k ose z
$A = 1,360 \cdot 10^3$ mm <sup>2</sup>	- Plocha průřezu

$$c/t = 37,50 \text{ [-]} < 72 \cdot \varepsilon = 72$$

**Průřez je třídy 1.**

**Profil: 4HRTR 80x80x3,6 (kratší okno)**

$G = 8,6$ kg/m	- Hmotnost profilu
$h = 80$ mm	- Výška průřezu
$b = 80$ mm	- Šířka průřezu
$t = 3,6$ mm	- Tloušťka stojiny
$W_{pl,y} = 30,672 \cdot 10^3$ mm <sup>3</sup>	- Plastický modul průřezu k ose y
$W_{pl,z} = 30,672 \cdot 10^3$ mm <sup>3</sup>	- Plastický modul průřezu k ose z
$A = 1,090 \cdot 10^3$ mm <sup>2</sup>	- Plocha průřezu

$$c/t = 22,20 \text{ [-]} < 72 \cdot \varepsilon = 72$$

**Průřez je třídy 1.**

## DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET

### ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

#### Momentová únosnost paždíku menšího okna

$$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right]^{\alpha} + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right]^{\beta} = \left[ \frac{1,70}{235 \cdot 30,672 \cdot 10^{-3}} \right]^1 + \left[ \frac{1,57}{235 \cdot 30,672 \cdot 10^{-3}} \right]^1 = 0,45 [-]$$

=> VYHOVUJE

#### Momentová únosnost paždíku většího okna

$$\left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right]^{\alpha} + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right]^{\beta} = \left[ \frac{0,93}{235 \cdot 51,9 \cdot 10^{-3}} \right]^1 + \left[ \frac{3,44}{235 \cdot 31,7 \cdot 10^{-3}} \right]^1 = 0,54$$

=> VYHOVUJE

#### Posouzení vodorovných a svislých deformací

##### Malé okno

$$W_v = 17,9 \text{ mm} < L/250 = 18,8 \text{ mm}$$

$$W_h = 16,7 \text{ mm} < L/200 = 23,6 \text{ mm}$$

=> VYHOVUJE

##### Velké okno

$$W_v = 2,8 \text{ mm} < L/250 = 28,0 \text{ mm}$$

$$W_h = 34,1 \text{ mm} < L/200 = 35,0 \text{ mm}$$

=> VYHOVUJE

### 5.3. Základové konstrukce

Bude proveden předběžný návrh základových konstrukcí programem GEO5. Jako podklad pro návrh bude sloužit hydrogeologický průzkum provedený na přilehlém pozemku. Vzhledem k tomu, že se jedná o předběžný návrh, lze konstrukci zařadit do 1. GK. Posouzen tedy bude pouze 1. MS.

#### Zatížení

Sloup	$F_{z,d}$	$F_{x,d}$	$F_{y,d}$	$F_{z,ztužidlo}$	$F_{x,ztužidlo}$	$F_{y,ztužidlo}$
Krajní sloup haly 1	195,6 kN	102,3 kN	-	-	-	29,5 kN
Krajní sloup haly 2	-17,1 kN	31,9 kN	-	-	-	29,5 kN
Střední sloup haly 1	768,0 kN	-	-	-58,8 kN	54,1 kN	-
Střední sloup haly 2	38,6 kN	-	-	-58,8 kN	54,1 kN	-
Sloup přístřešku 1	66,4 kN	-	-	-	-	-
Sloup přístřešku 2	-51,8 kN	-	-	-	-	-
Štítový sloup haly 1	14,2 kN	21,0 kN	-	-	-	-
Střední sloup adm. části 1	363,8 kN	-	-	55,4 kN	37,2 kN	-
Střední sloup adm. části 2	117,3 kN	-	-	-55,4 kN	37,2 kN	-
Krajní sloup adm. části 1	181,0 kN	6,2 kN	-	55,4 kN	34,6 kN	-
Krajní sloup adm. části 2	58,6 kN	6,2 kN	-	-55,4 kN	34,6 kN	-

Pozn.: Kombinace označené 1 obsahují největší svislé zatížení, kombinace označené dvojkou obsahují nejmenší svislé zatížení a největší vodorovné zatížení. Při návrhu rozhodovaly kombinace nejmenší svislou silou a největší vodorovnou silou.

#### Navržené rozměry patek:

Sloup	Rozměr A	Rozměr B	Výška H	Výška HH
Krajní sloup haly	1800	1600	1000	-0,400 m
Střední sloup haly	2100	1600	1000	-0,400 m
Sloup přístřešku	1500	1500	1000	-0,400 m
Štítový sloup haly	1200	1000	800	-0,400 m
Střední sloup adm. části	1200	1200	800	-0,400 m
Krajní sloup adm. části	1500	1500	800	-0,400 m

#### Návrh kotvení sloupů

Kotvení sloupů bude provedeno lepený mi kotvami Hilti. Před montáží OK budou na betonové patky přesně vytyčeny osy sloupů a následně osazeny lepené kotvy. Smykové síly budou přenášeny kotevnými šrouby, pro které budou v patních deskách připraveny běžné díry. Provedení základových patek je požadováno max +/- 5 mm. Výška podlití uvažována 20 mm. Návrh kotvení byl proveden programem Hilti PROFIS ANCHOR 2.7.1. nna základě metody ETAG bond ETA11/0493.

Sloup	Typ kotvy	Počet
Krajní sloup haly	Hilti HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M20	2
Střední sloup haly	Hilti HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M16	2
Sloup přístřešku	Hilti HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M16	2
Štítový sloup haly	Hilti HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M12	2
Střední sloup adm. části	Hilti HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M12	2
Krajní sloup adm. části	Hilti HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M12	2



**DIPLOMOVÁ PRÁCE - STATICKÝ VÝPOČET**  
**ČVUT V PRAZE - KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

**Závěr**

Při zpracování práce byla navržena ocelová konstrukce objektu výrobní haly s administrativní vestavbou. Nejprve bylo provedeno porovnání dvou konstrukčních řešení, na jehož základě byla z vybrána varianta nosné konstrukce haly ze svařovaných ocelových profilů. Dále byl proveden návrh a posouzení jednotlivých prvků ocelové konstrukce. Pomocí softwaru byly navrženy detaily přípojů, základové konstrukce včetně kotvení a posouzeny skladby obvodových konstrukcí. Dále byla zpracována základní výkresová dokumentace a TZ.