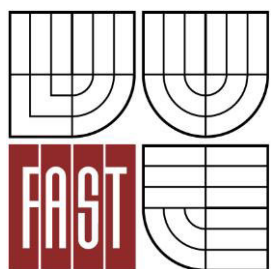




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## **VYHLÍDKOVÁ VĚŽ V ZÁPADNÍCH JESENÍKÁCH** THE VIEWING TOWER IN WESTERN JESENÍKY

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**BC. DENISA NOSKOVÁ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.**

BRNO 2015



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Denisa Nosková
<b>Název</b>	Vyhlídková věž v západních Jeseníkách
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	Ing. Milan Šmak, Ph.D.
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2014
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	16. 1. 2015

V Brně dne 31. 3. 2014

.....  
prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **Podklady a literatura**

Tvarové a dispoziční uspořádání objektu

ČSN EN 1990 "Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí"

ČSN EN 1991-1 "Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1: Obecná zatížení"

ČSN EN 1993-1 "Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

ČSN EN 1995-1 "Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

## **Zásady pro vypracování**

Vypracujte návrh nosné konstrukce rozhledny - vyhlídkové věže v západních Jeseníkách v lokalitě Zábřežské vrchoviny. Konstrukci navrhnete z lepeného lamelového dřeva, rostlého dřeva, materiálů na bázi dřeva a ocelových konstrukčních prvků. Volba základních dispozičních a konstrukčních parametrů je součástí diplomové práce. Výšku věže uvažujte přibližně do 30m.

Požadované výstupy:

1. Technická zpráva
2. Statický výpočet základních nosných prvků, kotvení a směrných detailů
3. Výkresová dokumentace dle specifikace vedoucího diplomové práce
4. Výkaz výměr

## **Předepsané přílohy**

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....  
Ing. Milan Šmak, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

**Abstrakt**

Předmětem diplomové práce je návrh a posouzení konstrukce vyhlídkové věže v západních Jeseníkách. Půdorysný tvar je tvořen pravidelným šestiúhelníkem, jehož vnější průměr je 8,0m. Pro konstrukci stavby byly použity převážně dřevěnými prvky z lepeného lamelového dřeva, dále ocelové dřevěné profily a podružné prvky jsou ze dřeva rostlého. Vyhlídková věž má čtyři vyhlídkové plošiny a celková výška konstrukce je 28,5 m.

**Klíčová slova**

vyhlídková věž, rozhledna, dřevěná nosná konstrukce, dřevěná konstrukce, lepené lamelové dřevo

**Abstract**

The purpose of this thesis is to create design and static assessment of the viewing tower in western Jeseníky mountains. The Ground plan is formed by regular hexagon with outer diameter 0.8 meter. Glued laminated profiles, steel tubes and elements of solid wood were predominantly used for the construction of the building. The viewing tower has four viewing platforms and total high of the structure is 28.5 meters.

**Keywords**

viewing tower, observation tower, timber load-bearing structural, wooden structure, glue laminated timber

...



### **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Denisa Nosková *Vyhlídková věž v západních Jeseníkách*. Brno, 2015. 382 s., 6 s. příl.  
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových  
a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Milan Šmak, Ph.D.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 16.1.2015

.....  
podpis autora  
Bc. Denisa Nosková

**Poděkování:**

Chtěla bych tímto poděkovat Ing. Milanu Šmakovi, PhD. za odborné rady, ochotu a trpělivost při zpracování mé diplomové práce. Dále mé poděkování patří rodičům, kteří mě podporovali a bez nichž bych neměla ke studiu prostředky, mému příteli a v neposlední řadě bratřovi, který vždy vyřešil mé problémy s výpočetní technikou.

## **Obsah**

1. Průvodní dokument
2. Historie a přehled vyhlídkových věží v ČR
3. Technická zpráva
4. Statický výpočet
5. Výkresová dokumentace
  - výkres č.1 – pohledy
  - výkres č.2 – půdorysy
  - výkres č.3 – řezy
  - výkres č.4 – detaily
  - výkres č.5 – kotvení
6. Přibližný výkaz výměr

## Seznam použitých zdrojů

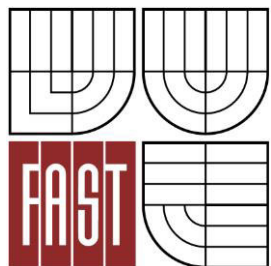
- [1] ČSN EN 1990: Eurokód: *Zásady navrhování konstrukcí*, Praha: ÚNMZ, 2004.
- [2] ČSN EN 1991: Eurokód 1: *Ztížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*, Praha: ÚNMZ, 2004.
- [3] ČSN EN 1991: Eurokód 1: *Ztížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*, Praha: ÚNMZ, 2005.
- [4] ČSN EN 1991: Eurokód 1: *Ztížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*, Praha: ÚNMZ, 2007.
- [5] ČSN EN 1993: Eurokód 3: *Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, Praha: ÚNMZ, 2006.
- [6] ČSN EN 1993: Eurokód 3: *Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků*, Praha: ÚNMZ, 2006.
- [7] ČSN EN 1995: Eurokód 5: *Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, Praha: ÚNMZ, 2006.
- [8] ČSN 73 0035: *Zatížení stavebních konstrukcí*, Praha: ÚNZM, 1986.
- [9] KUŽELOUH, B. *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 STEP 1, Navrhování a konstrukční detail*. Zlín: KODR, 1998. Autorizovaný překlad z anglického vydání “Timber Engineering STEP 1”, Centrum Hout, The Netherlands, 1995.
- [10] KUŽELOUH, B. *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 STEP 2, Navrhování a konstrukční detail*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004. Autorizovaný překlad z anglického vydání “Timber Engineering STEP 2”, Centrum Hout, The Netherlands, 1995.
- [11] KUKLÍK, P., KUKLÍKOVÁ, A. *Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1*. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, Informační centrum ČKAIT: 2010, 140 s. ISBN 978-80-87093-88-7
- [12] MACHÁČEK, Josef. *Navrhování ocelových konstrukcí: příručka k ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-1-8 ; Navrhování hliníkových konstrukcí : příručka k ČSN EN 1999-1*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2009, 180 s. Technická knihovna. ISBN 978-80-87093-86-3.
- [13] ŠTEKL, Jiří. *Rájem rozhledným: na kole, pěšky, vlakem i lanovkou : 70 nejnovějších rozhleden České republiky*. 4. vyd. Plzeň: Cykloknihy, 2013. ISBN 978-808-7193-259.

- [14] ŠTEKL, Jiří. *333 výletů po rozhlednách Čech, Moravy a Slezska: na kole, pěšky, vlakem, lanovkou i tramvají*. 4. vyd. Plzeň: Cykloknihy, 2013. ISBN 978-808-7193-242.
- [15] POJEZDNÝ, Tomáš. *Vyhlídková věž v Beskydech*. Brno, 2014. 176 s., 7 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Milan Šmak, Ph.D.
- [16] Rozhledny. *Atlas česka* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.atlasceska.cz/ceska-republika/rozhledny/>
- [17] Historie rozhleden v českých zemích. *České rozhledny* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://rozhledny.yc.cz/historie.htm>
- [18] Mapy krajů ČR. *Metodický portál* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: [http://wiki.rvp.cz/Kabinet/Mapy/Mapa\\_%C4%8CR/Mapy\\_kraj%C5%AF\\_%C4%8CR](http://wiki.rvp.cz/Kabinet/Mapy/Mapa_%C4%8CR/Mapy_kraj%C5%AF_%C4%8CR)
- [19] Mapa krajů ČR. *Mapa České republiky* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.mapaceskerepubliky.cz/mapa-kraju>
- [20] Rozhlednovým rájem.cz. ŠTEKL, Jiří. [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.rozhlednovymrajem.cz/>
- [21] Dyleň - Tillenberg. *Na rozhledny.cz* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.na-rozhledny.cz/dylen>
- [22] Historie věže na Havranu. *Rozhledna Havran* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.rozhlednahavran.cz/web/>
- [23] Kotel u Rokycan. *Rozhledny* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://rozhledny.kohl.cz/rozhledna-kotel-u-rokycan>
- [24] Rozhlednový boom. [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://rozhledny.yc.cz/boom.htm>
- [25] Rozhlednový boom v Česku úspěšně pokračuje. *Archiweb* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.archiweb.cz/news.php?action=show&type=1&id=15367>
- [26] Rozhledna Lázek. *České hory* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://lazek.ceskehory.cz/>
- [27] Mapy korozních úbytků. *Atmofix* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: [http://www.atmofix.cz/modely\\_cz.php](http://www.atmofix.cz/modely_cz.php)
- [28] Nerezové síť x-tend. *CarlStahl* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.carlstahl-architektura.cz/nerezove-site-x-tend.htm>

- [29] X-TEND Colours by Carl Stahl. *CarlStahl* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.architonic.com/pmsht/x-tend-colours-carl-stahl/1223264>
- [30] TK Hřebík konvexní. *Metalfix s.r.o.* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.metalfix.cz/tk-hrebik-konvexni-4x80/d-3838/>
- [31] Vruty do dřeva. *VrutyFischer* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://vruty-fischer.cz/vruty-do-dreva/>
- [32] Kolíky. *Spojovací a upevňovací materiál Novotny s.r.o.* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.sroubynovotny.cz/nabidka/spojovaci-material/koliky.htm>
- [33] Třmeny, botky. *Visimpex e-shop* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.wintech.cz/cs/wintech-woodwork/katalog/trmeny-botky-291>
- [34] Kotevní technika, nýtovací technika, S.B. Comp. spol. s r.o. *SBComp s.r.o.* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.sbcomp.cz/>
- [35] Spojovací součásti. *Kebek* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.sotila.cz/media/upload/editor/file/prehled-sm.pdf>
- [36] Katalog firmy Tension systems, s.r.o.: Systém konstrukčních táhe Macalloy
- [37] Katalog firmy ThyssenKrupp Forrestra: Válcovaná ocel – trubky a duté profily



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## VYHLÍDKOVÁ VĚŽ V ZÁPADNÍCH JESENÍKÁCH THE VIEWING TOWER IN WESTERN JESENÍKY

TECHNICKÁ ZPRÁVA

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

BC. DENISA NOSKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2015





## OBSAH

1	Obecné údaje.....	4
2	Normativní dokumenty .....	5
3	Předpoklady návrhu nosné konstrukce.....	6
4	Popis objektu vyhlídkové věže .....	7
4.1	Umístění stavby.....	7
4.2	Dispoziční řešení .....	7
4.3	Skladby konstrukcí.....	9
4.4	Technické řešení .....	9
5	Popis konstrukčního řešení .....	10
5.1	Středový sloup.....	11
5.2	Vnitřní sloupy.....	12
5.3	Vnější pruty ve svislé rovině .....	12
5.4	Vnější vodorovné pruty .....	12
5.5	Nosníky .....	13
5.5.1	Nosníky plošin .....	13
5.5.2	Nosníky podest.....	13
5.5.3	Nosníky schodnic .....	13
5.5.4	Nosníky roštové .....	13
5.6	Schodnice.....	14
5.6.1	Schodnice vnější .....	14
5.6.2	Schodnice vnitřní .....	14
5.7	Zastřešení .....	14
5.7.1	Krokev .....	14
5.7.2	Vaznice.....	14
5.8	Ztužení .....	14
5.9	Prostorový styčník .....	15
5.10	Kotvení .....	15



---

5.11	Založení.....	15
6	Materiál.....	16
7	Výpočtový model.....	17
8	Ochrana konstrukce.....	18
8.1	Dřevo.....	18
8.2	Ocel.....	18
9	Postup montáže.....	20
10	Studie místa výstavby.....	21
11	Poznámky.....	29
12	Seznam obrázků.....	30



## 1 OBECNÉ ÚDAJE

Předmětem diplomové práce je návrh a posouzení konstrukce vyhlídkové věže situované v západních Jeseníkách – Zábřežská vrchovina (pardubický kraj). Jde o samostatně stojící objekt. Stavba je tvořena převážně dřevěnými prvky z lepeného lamelového dřeva, dále z ocelových uzavřených profilů a podružné prvky z dřeva rostlého. Spoje jsou realizovány ocelovými konstrukčními prvky. Půdorysný tvar je tvořen pravidelným šestiúhelníkem. Vyhlídková věž má čtyři vyhlídkové plošiny, kde první tři jsou situovány ve třetině celkové půdorysné plochy a čtvrtá vyhlídková plošina je realizována po celé půdorysné ploše. Celková výška konstrukce je 28,5 m.



## 2 NORMATIVNÍ DOKUMENTY

Konstrukce vyhlídkové věže byla navržena v souladu s těmito platnými normativními dokumenty:

- ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991: Eurokód 1: Ztížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991: Eurokód 1: Ztížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991: Eurokód 1: Ztížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- ČSN EN 1993: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků
- ČSN EN 1995: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

Podkladem pro návrh bylo:

- zadání diplomové práce



### 3 PŘEDPOKLADY NÁVRHU NOSNÉ KONSTRUKCE

Statické posouzení nosné konstrukce je provedeno na:

- mezní stav únosnosti za nejnepříznivější kombinace zatěžovacích stavů, přičemž mezní hodnoty nosných prvků byly brány z návrhových hodnot pro lepené lamelové dřevo třídy GL24h a ocel S235
- mezní stav použitelnosti na nejnepříznivější hodnoty deformací od zatěžovacích stavů, kde mezní hodnoty byly brány z charakteristických hodnot pro lepené lamelové dřevo třídy GL24h a ocel S235

Nosná konstrukce je dimenzována na návrhové zatížení od charakteristických hodnot:

- vlastní tíha – vygenerována v programu Scia Engineer 2014
- tíha podlahy - uvažována jako  $g_k = 0,25 \text{ kN.m}^{-2}$
- tíha zábradlí - uvažována jako  $g_k = 0,40 \text{ kN.m}^{-1}$
- tíha střešního pláště - uvažována jako  $g_k = 0,50 \text{ kN.m}^{-2}$

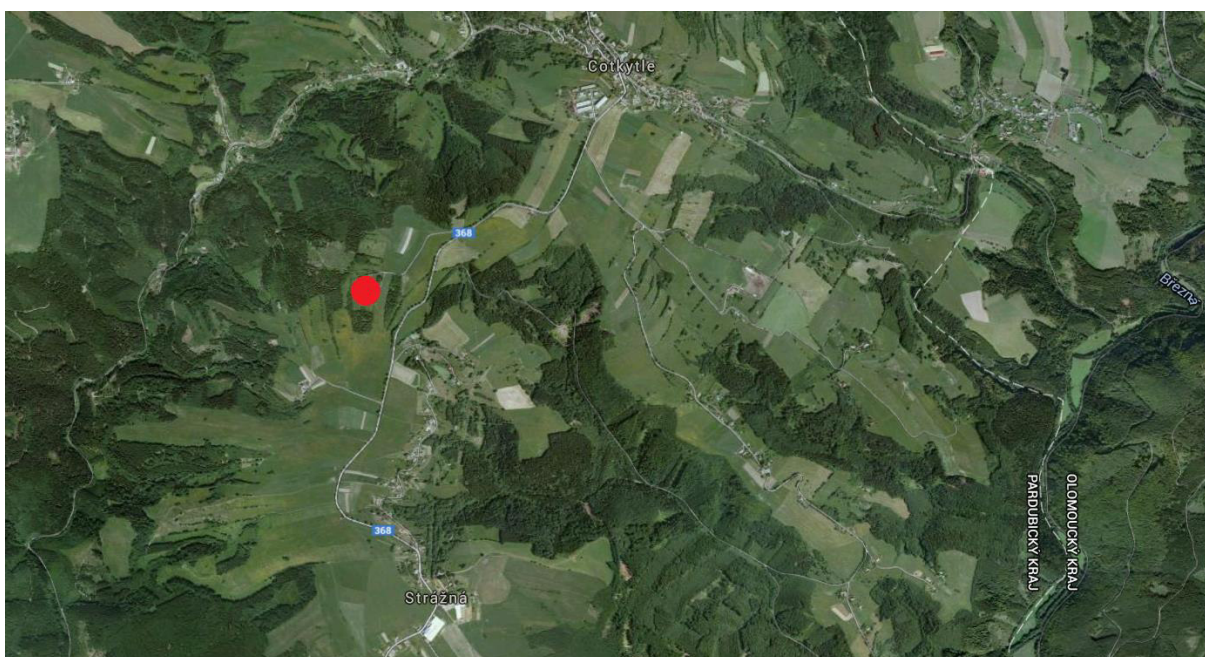
Pro proměnná zatížení působící na konstrukci jsou uvažovány hodnoty:

- užité zatížení na schodišti - kategorie C5, což jsou plochy, kde může dojít k vysoké koncentraci lidí. Pro tuto kategorii je hodnota užitého zatížení  $g_k = 5,0 \text{ kN.m}^{-2}$ .
- užité zatížení na plošinách - kategorie C5, což jsou plochy, kde může dojít k vysoké koncentraci lidí. Pro tuto kategorii je hodnota užitého zatížení  $g_k = 5,0 \text{ kN.m}^{-2}$ .
- klimatické zatížení sněhem se základní tíhou sněhu na zemi  $s_k = 3,54 \text{ kN.m}^{-2}$  odpovídající souřadnicím umístění stavby ze sněhové mapy přístupné na webových stránkách [www.snehovamapa.cz](http://www.snehovamapa.cz)
- klimatické zatížení větrem se základní hodnotou rychlostí větru  $v_{b,0} = 27,5 \text{ m.s}^{-1}$

## 4 POPIS OBJEKTU VYHLÍDKOVÉ VĚŽE

### 4.1 Umístění stavby

Vyhlídková věž se nachází na území západních Jeseníků na vrchu zvaném Lázek, který je nejvyšším bodem Zábřežské vrchoviny. Vrch se nachází ve výšce 714 m n. m. a vede k němu zelená turistická značka z Lanškrouna a červená turistická značka, která je mezi obcemi Strážná a Cotkytle. K vrchu se dá dostat i autem po asfaltové cestě.



obr. 1: poloha vyhlídkové věže

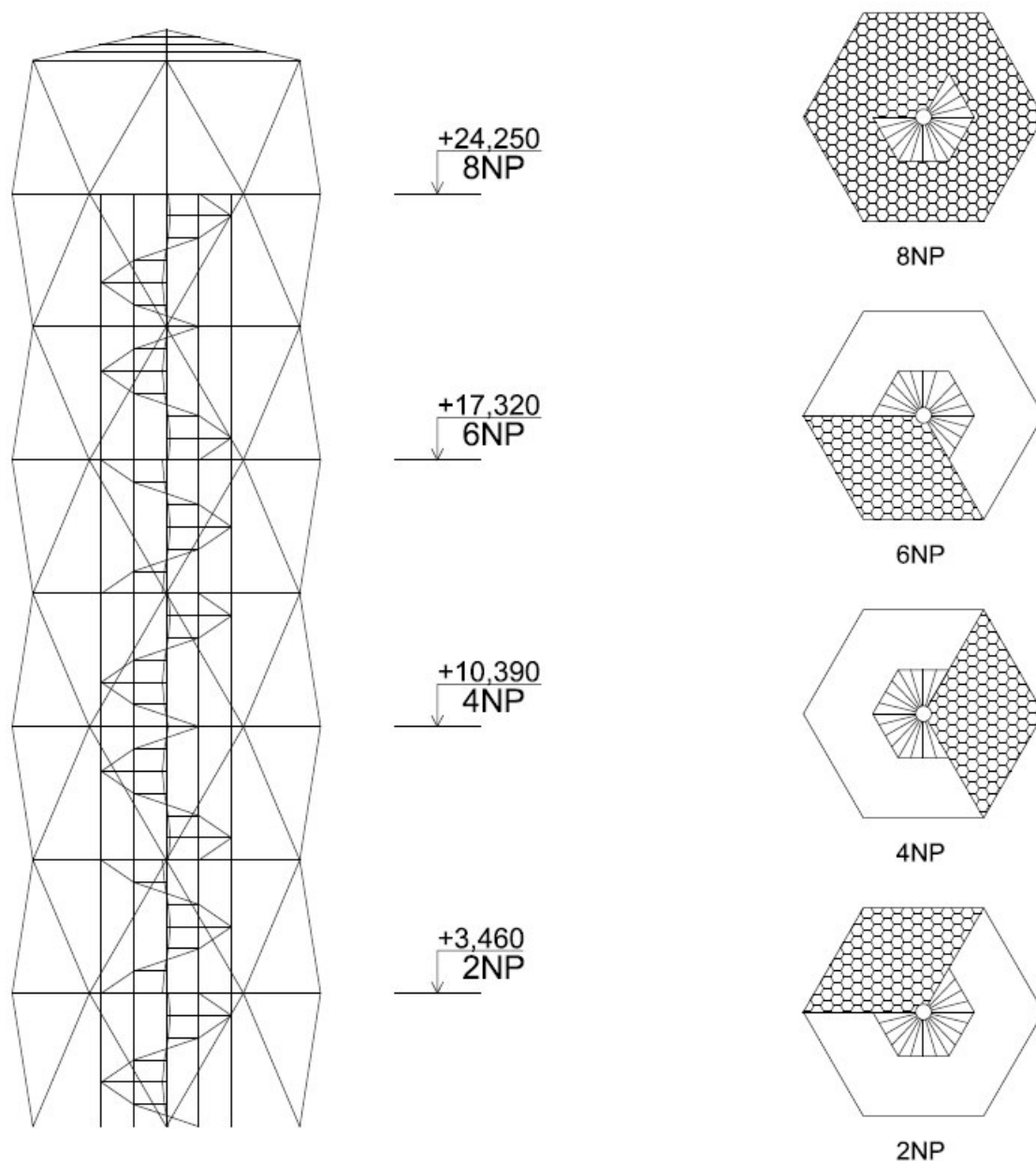
### 4.2 Dispoziční řešení

Půdorysný tvar rozhledny je tvořen pravidelným šestiúhelníkem, jehož vnější průměr je 8,0m. Celková výška rozhledny je 28,5m a po výšce je rozdělena na 8 přístupných výškových úrovních s konstrukční výškou 3,46m. Deváté patro je nepřístupná střešní rovina. Po celé výšce rozhledny jsou realizovány čtyři vyhlídkové plošiny, kde první tři jsou situovány ve třetině celkové půdorysné plochy, a čtvrtá vyhlídková plošina je realizována po celé půdorysné ploše. První vyhlídková plošina se nachází ve 2. NP, druhá vyhlídková plošina ve 4. NP, třetí vyhlídková plošina v 6. NP a čtvrtá vyhlídková plošina v 8. NP. První až třetí vyhlídková plošina je vždy vzájemně pootočená oproti předcházející o 120°, aby dohromady vyhlídkové plošiny poskytovaly výhled kolem dokola celé rozhledny. Čtvrtá, nejvyšší, vyhlídková plošina potom poskytuje výhled na všechny světové strany. Ve 3. NP, 5. NP a 7. NP se nachází mezipodesty.



Ve středu konstrukce je situované schodiště s pravotočivým stoupáním. Schodišťové stupně jsou lichoběžníkového tvaru s výškou 145mm. V jednom schodišťovém rameni je 24 stupňů. Celkem je na vyhlídkové věži 168 schodů.

Konstrukce je po celé délce schodiště, na všech vyhlídkových plošinách i na mezipodestách vybavena zábradlím s minimální výškou 1,10m nad horní úroveň příslušné podlahy.



obr. 2: umístění vyhlídkových plošin



### 4.3 Skladby konstrukcí

Všechny podlahy, které jsou na konstrukce realizovány, včetně schodišťových stupňů jsou celistvé, bez větších mezer z fošen z rostlého dřeva tloušťky 50mm. Podlahy jsou upevněny na nosnou konstrukci pomocí vrutů.

Zábradlí se skládá z horního madla a dolního okopníku dřevěných obdélníkových průřezů. Celá svislá plocha zábradlí je vyplněna ocelovou sítí společnosti Carl Stahl s obchodním označením X-TEND.

Střešní plášť je tvořen měděným oplechováním, pojistnou hydroizolační fólií a celoplošným bedněním z OSB desek. Bednění je uchyceno do nosné konstrukce střechy tak, aby odolalo vlivu sání větru. Na spodní straně je střešní konstrukce zaklopena obkladovými palubkami.

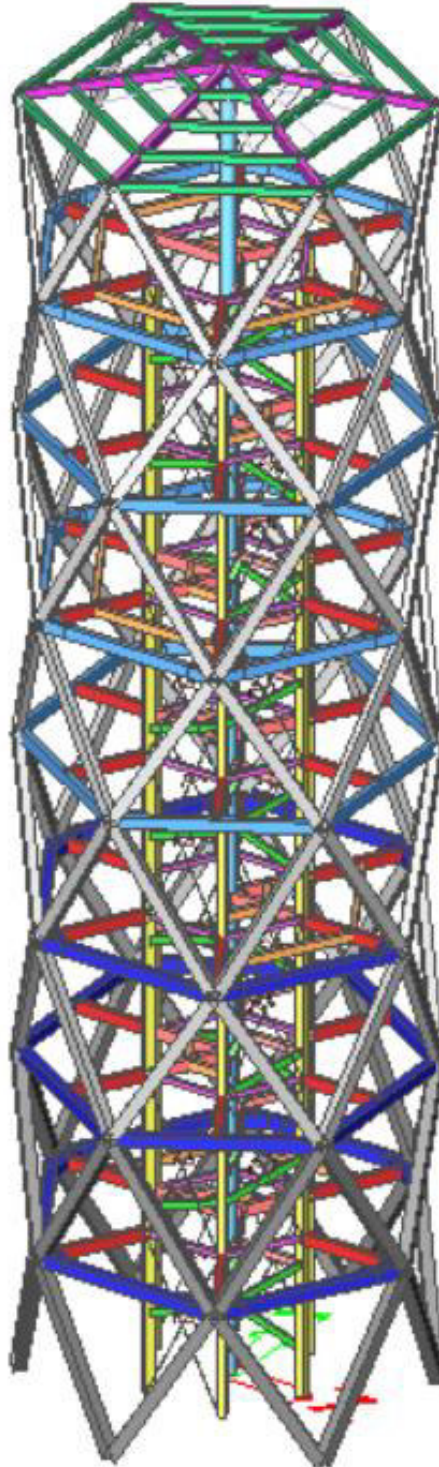
### 4.4 Technické řešení

Na zastřešení konstrukce je osazeno noční výstražné osvětlení červené barvy. Konstrukce musí být chráně tyčovými jímači (bleskosvody) podle příslušného vypracovaného projektu.

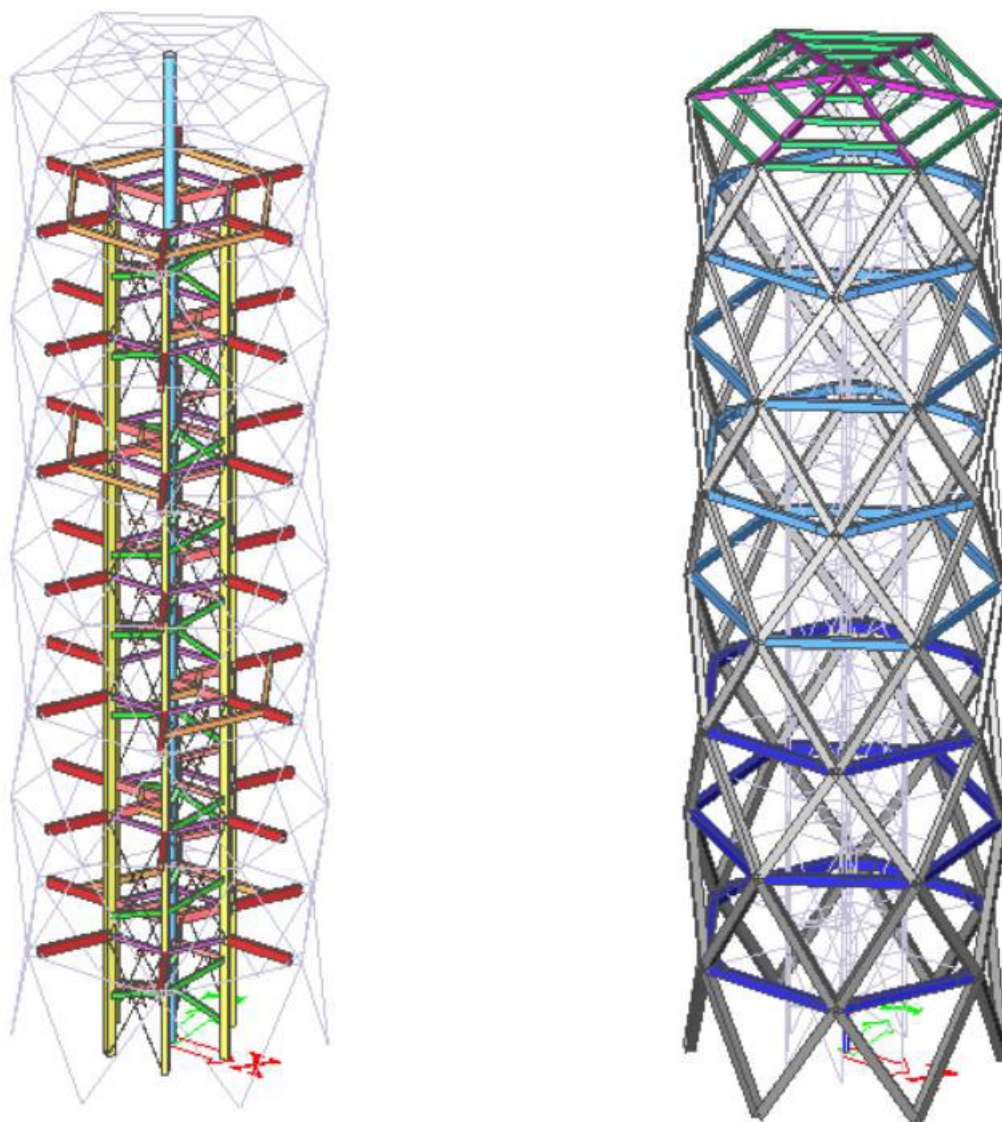
Dále bude před uvedením do provozu vypracován provozní řád, který bude umístěn před vstupem na vyhlídkovou věž.



## 5 POPIS KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ



*obr. 3: Konstrukční systém vyhlídkové věže*



obr. 4: konstrukční systém vyhlídkové věže – vlevo vnitřní prvky, vpravo vnější prvky

## 5.1 Středový sloup

Středový sloup (světle modrá barva) se společně s vnitřními sloupy a vnějšími prvky ve svislé rovině podílí na přenosu vertikálního zatížení. Je realizován trubkovým průřezem o průměru 298,5mm s tloušťkou stěny 8,0mm z oceli S235. Mezi základem a sloupem je tuhé spojení a s vnitřními sloupy je spojen pomocí nosníků.

Celková délka středového sloupu je 28,5m. Kvůli přepravě je středový sloup rozdělen zhruba v polovině své délky a obě části budou na staveništi spojeny momentově tuhým spojením, které se bude realizovat šroubovanou přírubou.



## 5.2 Vnitřní sloupy

Vnitřní sloupy (žlutá barva) jsou obdélníkového průřezu 220x160mm z lepeného lamelového dřeva třídy GL 24h. V půdoryse profily sloupů tvoří šestiúhelník. Se základy jsou kloubově spojeny pomocí čepového kotvení. Se středovým sloupem jsou spojeny pomocí nosníků a mezi sebou jsou spojeny systémem táhel a nosníků, čímž tvoří prostorově tuhý systém odolný vertikálním i horizontálním silám.

Celková délka sloupu je 24,25m. Nepředpokládá se jeho dělení na jednotlivé části. Pokud by ale přeprava byla problematická, může se uvažovat rozdělení sloupů zhruba v polovině jejich délky. Spoj by byl poté realizován momentově tuhým spojením pomocí vložených styčnickových plechů a kolíků.

## 5.3 Vnější pruty ve svislé rovině

Vnější pruty ve svislé rovině (šedá barva) jsou odstupňovány po výšce do čtyř různých profilů. V 1. a 2. nadzemní podlaží jsou vnější pruty (tmavě šedá barva) z profilu 260x240mm. Ve 3. a 4. nadzemním podlaží jsou vnější pruty z profilu 260x200mm. V 5. a 6. nadzemním podlaží jsou vnější pruty z profilu 260x160mm a v 7. a 8. nadzemním podlaží jsou vnější pruty (světle šedá barva) z profilu 260x120mm. Délka všech prutů je stejná a to 4,035m a budou provedeny z lepeného lamelového dřeva třídy GL24h.

S vnitřním systémem jsou pruty spojeny nosníky. Vytváří se tak tubus odolný vertikálním i horizontálním silám. Mezi sebou jsou pruty spojeny pomocí prostorového ocelového styčnicku, ve kterém se stýká vždy 6 prutů.

## 5.4 Vnější vodorovné pruty

Vnější vodorovné pruty (modrá barva) jsou odstupňovány po výšce do dvou různých profilů. V 1. až 4. nadzemním podlaží jsou vnější vodorovné pruty (tmavě modrá barva) z profilu 260x200mm a v 5. až 8. nadzemním podlaží jsou vnější vodorovné pruty z profilu 260x140mm. Délka všech prutů je stejná a to 4,00m a budou provedeny z lepeného lamelového dřeva třídy GL24h.

S vnitřním systémem jsou pruty spojeny nosníky a společně s vnějšími pruty ve svislé rovině tvoří tubus odolný vertikálním i horizontálním silám. Spoje jsou realizovány pomocí prostorového ocelového styčnicku.



## 5.5 Nosníky

### 5.5.1 Nosníky plošin

Nosníky plošin (červená barva) jsou obdélníkového průřezu 260x140mm z materiálu GL24h. Slouží především k roznosu užitého zatížení plošin. Je to propojující prvek mezi vnitřními sloupy a vnějším konstrukčním systémem. Jsou připojeny kloubově pomocí plechů a kolíků.

### 5.5.2 Nosníky podest

Nosníky podest (světle červená barva) jsou obdélníkového průřezu 260x140mm z materiálu GL24h. Slouží především k roznosu užitého zatížení plošin do sloupů. Je to propojující prvek mezi středovým sloupem a vnitřními sloupy, čímž se podílejí na roznosu horizontálního zatížení do celé konstrukce a do ztužujícího systému. Ke sloupům jsou kloubově připojeny pomocí plechů a kolíků.

### 5.5.3 Nosníky schodnic

Nosníky schodnic (růžová barva) jsou obdélníkového průřezu o rozměrech 160x120mm z materiálu GL24h. Slouží především k roznosu užitého zatížení schodiště do sloupů. Je to propojující prvek mezi středovým sloupem a vnitřními sloupy, čímž se podílejí na roznosu horizontálního zatížení do celé konstrukce a do ztužujícího systému. Ke sloupům jsou kloubově připojeny pomocí plechů a kolíků.

### 5.5.4 Nosníky roštové

Roštové nosníky (oranžová barva) jsou obdélníkového průřezu o rozměrech 200x120mm z materiálu GL24h. Roznášejí užité zatížení na nosníky plošin a podest a vytvářejí nosný podklad pro připevnění podlahy vyhlídkových plošin. K nosníkům jsou připojeny pomocí třmenů vyrobených z tenkých ohýbaných plechů a pomocí hřebíků.



## 5.6 Schodnice

### 5.6.1 Schodnice vnější

Schodnice vnější (tmavě zelená barva) je obdélníkového průřezu o rozměrech 160x70mm z rostlého dřeva pevnostní třídy C24. Umožňují přenos užitého zatížení schodiště (schodišťových stupňů) na příslušné nosníky.

### 5.6.2 Schodnice vnitřní

Schodnice vnitřní (světle zelená barva) je obdélníkového průřezu o rozměrech 160x50mm z rostlého dřeva pevnostní třídy C24. Umožňují přenos užitého zatížení schodiště (schodišťových stupňů) na příslušné nosníky.

## 5.7 Zastřešení

### 5.7.1 Krokve

Krokve (fialová barva) jsou obdélníkového průřezu o rozměrech 200x140mm z materiálu GL24h. Slouží k přenosu klimatického zatížení střešní roviny do vnějšího konstrukčního systému. Také slouží jako propojovací prvek mezi středovým sloupem a vnějším konstrukčním systémem, čím se podílí na roznosu horizontálního zatížení do celé konstrukce. Uchyceny jsou společně s vnějšími pruty ve svislé rovině pomocí prostorových styčniců.

### 5.7.2 Vaznice

Vaznice (zelená barva) jsou obdélníkového průřezu o rozměrech 180x120mm z materiálu GL24h. Umožňují roznos klimatického zatížení střešní roviny na krokve a dále vytvářejí nosný systém pro připevnění střešního pláště. Ke krokvím jsou připojeny pomocí třmenů vyrobených z tenkých ohýbaných plechů a pomocí hřebíků.

## 5.8 Ztužení

Ztužidla (černá barva) jsou realizována systémem konstrukčních táhel Macalloy 460. Ztužidla byla v konstrukci využita z důvodu omezení deformací celé konstrukce a pro přenos zatížení. Ztužidla spojují vnitřní sloupy na sedmi výškových úrovních a mezi jednotlivými patry





jsou vedena diagonálně a křížem. V místě výstupu ze schodiště na vyhlídkovou plošinu nejsou ztužidla umístěna, aby nepřekážela volnému přístupu na plošinu.

U ztužidel bylo využito nelinearit a to tak, aby bylo vyloučeno působení prvků v tlaku.

## 5.9 Prostorový styčník

Styčník je realizovaný pomocí ocelové trubky průměru 356 mm o tloušťce stěny 16 mm z oceli S235. Tvoří styčný bod pro svarově připojované desky tloušťky 8 mm. Ty jsou vkládány do dlabů v dřevěných hranolech, kde jsou zajištěny kolíky. Ve většině případech se ve styčníku stýká šest prutů.

## 5.10 Kotvení

Kotvení vnějšího konstrukčního systému je realizováno pomocí čepového přípoje. Patní deska je k betonovému základu připevněna pomocí předem zabetonovaných kotevních závitových tyčí. Styčnickové plechy, které jsou přivařeny kolmo k patní desce, mají tloušťku 18mm a styčnickový plech přivařený k plechu podporující výztuhy vedoucí k prostorovému styčníku je tloušťky 30mm. Spojovacím elementem styčnickových plechů je čep o průměru 50mm.

Čepový přípoj je použit i ke kotvení vnitřních dřevěných sloupů. Patní deska je realizována z plechu tloušťky 20mm a styčnickové plechy jsou tloušťky 10mm a 20mm spojeny čepem průměru 40mm. Pro přenos horizontálních sil je navržena smyková zarážka IPE 120.

Kotvení středového sloupu je uvažováno jako tuhé, realizované pomocí kotevních tyčí, které jsou s betonovým základem spojeny přes patní desku tloušťky 20mm. Horizontální síly se přenáší pomocí zarážek z ocelových plechů, které jsou přivařeny ke spodní straně sloupu a na vrchní straně patní desky.

## 5.11 Založení

Stavby vyhlídkové věže bude založena na betonových patkách podporovaných trubními mikropilotami, které jsou schopny přenášet tlakové i tahové síly vyvozované na základ. Návrh pilot bude proveden na základě přesného geologického průzkumu lokality.

Návrh spodní stavby nebyl předmětem diplomové práce a je pouze orientační. Pevnostní třída betonu spodní stavby byla stanovena jako C20/25.



## 6 MATERIÁL

Celá konstrukce vyhlídkové věže je převážně tvořena z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL24h. Podružné prvky, jako jsou schodnice a schodišťové stupně jsou realizovány z rostlého dřeva pevnostní třídy C24. Všechny dřevěné prvky jsou spojeny pomocí různých spojovacích elementů (plechy, kolíky), které jsou vyhotoveny z oceli pevnostní třídy S235, dále pak svorníky z pevnostní třídy 5.8 a 8.8, vruty se šestihrannou hlavou pevnostní třídy 5.8 a hřebíky s minimální pevností v tahu  $600 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$ .

Ocelové prvky konstrukčního systému jsou z oceli pevnostní třídy S235. Materiál, který byl použit pro detaily kotvení je z oceli pevnostní třídy S235 a S355. Šroubové spoje budou realizovány pomocí metrických šroubů jakostní třídy 8.8. Pro svarové spoje se materiál řídí podle nejvyšší pevnostní třídy spojovaných prvků. Jako kotevní šrouby jsou použity metrické závitové tyče jakostní třídy 5.8 a 8.8.



## 7 VÝPOČTOVÝ MODEL

Konstrukce vyhlídkové věže byla modelována jako prutová s využitím výpočtového softwaru Scia Engineer 2014. Do modelu bylo zadáno 39 zatěžovacích stavů a byly vytvořeny pravidla pro kombinace všech zatěžovacích stavů konstrukce.

Pro výpočet byl využit lineární výpočet (statika) a modální analýza (dynamika) metodou konečných prvků. U ztužidel bylo využito nelinearit a to tak, aby bylo vyloučeno působení prvků v tlaku.

Ručním výpočtem byly posouzeny nejvíce namáhané prvky celé konstrukce a hlavní směrné detaily dle platných norem ČSN EN.



## 8 OCHRANA KONSTRUKCE

### 8.1 Dřevo

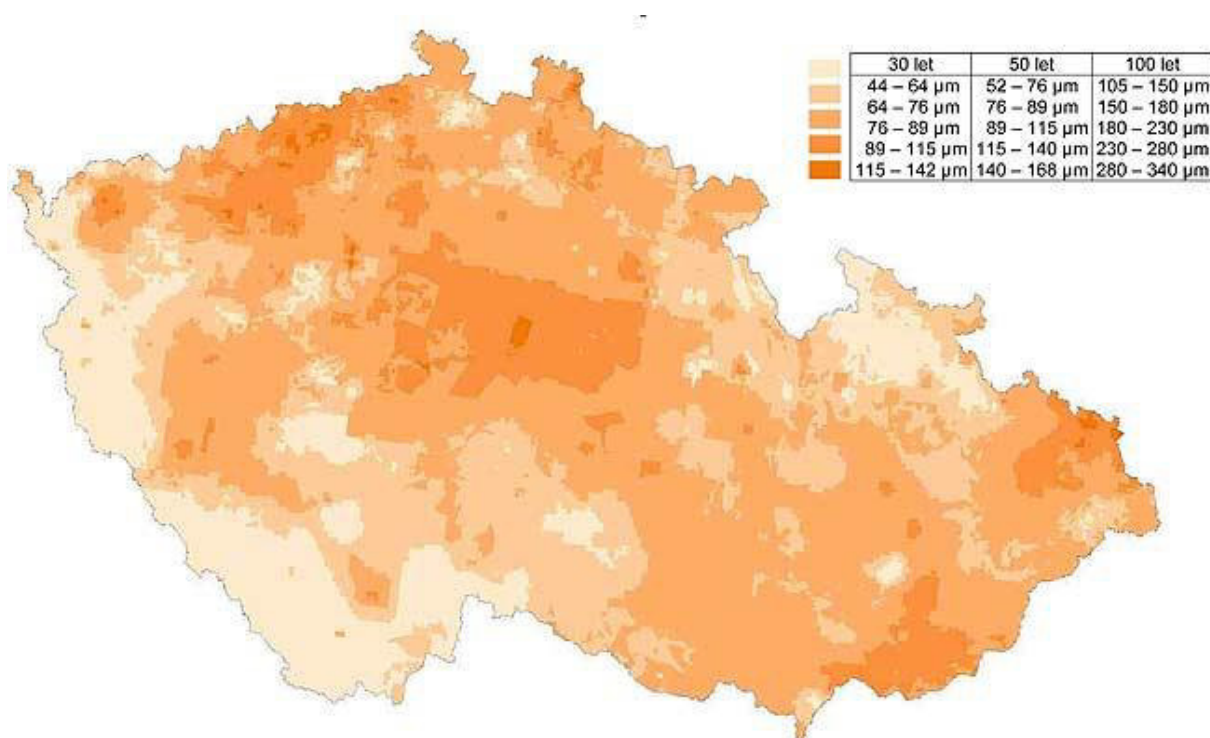
Dřevo je organickým a může být poškozeno klimatickými a biologickými vlivy. Je nutné ho chránit proti hnilobě bakteriím, plísním, houbám a dřevokaznému hmyzu. Proto bude opatřeno chemickou ochranou proti těmto vlivům.

System povrchové ochrany bude dále specifikován dle požadavků ve výrobní dokumentaci.

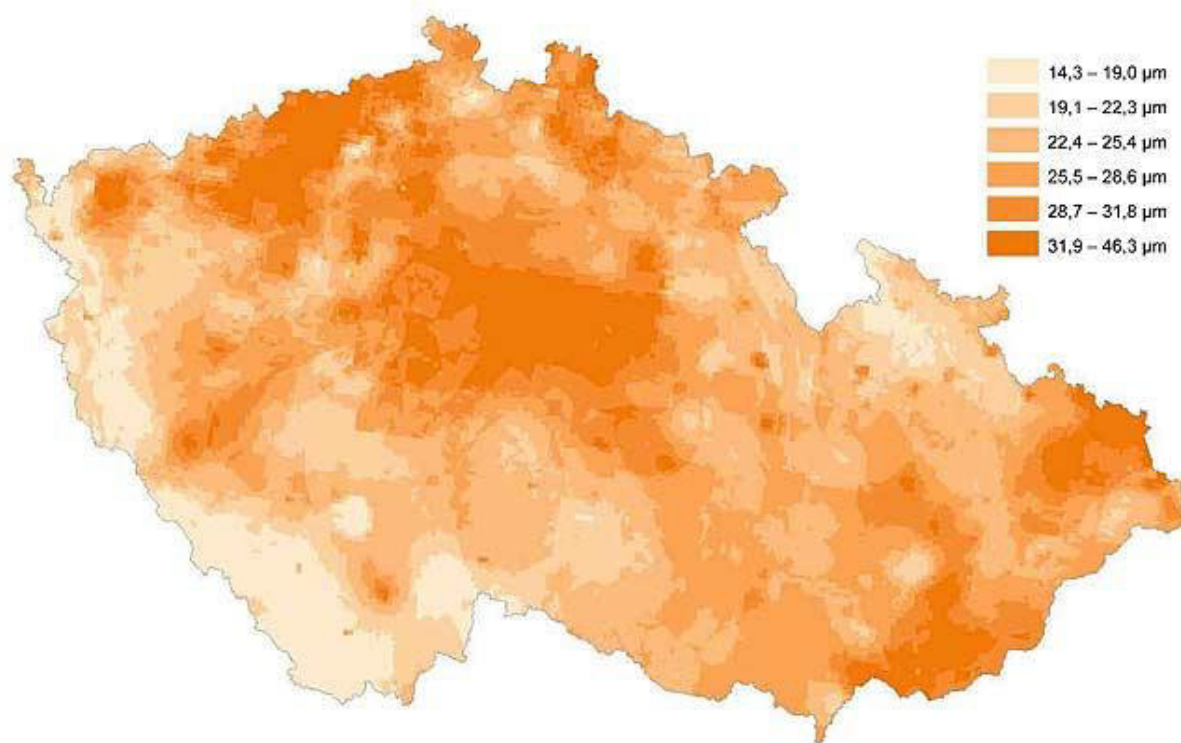
### 8.2 Ocel

Veškeré ocelové prvky konstrukce vyhlídkové věže budou opatřeny minimální tloušťkou ochranného povlaku proti korozi v souladu s ČSN EN.

System povrchové ochrany bude dále specifikován dle požadavků ve výrobní dokumentaci.



obr. 5: dlouhodobé korozní úbytky oceli



obr. 6: korozní úbytky oceli po prvním roce expozice



## 9 POSTUP MONTÁŽE

Nejprve se provede realizace spodní stavby. Tedy výkopové práce, provedení mikropilot, podkladní beton, vyvázání betonářské výztuže, osazení kotevních závitových tyčí s kotevní hlavou dle geodetického zaměření a betonáž základů.

Poté přijde na řadu upevnění navržených ocelových kotevních prvků a injektáž prostoru vynechaného kolem smykových zarážek cementovou maltou.

Dále se spojí jednotlivé části středového sloupu a provede se montáž sloupu, který se provizorně zajistí kotevními lany.

Nyní se postupně osadí vnitřní sloupy a spojí se se středovým sloupem pomocí nosníků podest a nosníků schodnic.

Vnější pruty ve svislé rovině a vnější vodorovné pruty vyhlídkové věže nevyžadují svými rozměry zvláštní přepravu, a proto jsou na stavbu přepraveny standardní nákladní dopravou. Vnější pruty konstrukce jsou z výroby opatřeny potřebnými otvory a na místě jsou osazeny dle výkresů styčnickovými prvky pomocí kolíků. Výstavba bude probíhat po jednotlivých patrech. Montáž bude probíhat zdola nahoru, kdy pruty jsou osazovány a připojovány k trubkovým styčnickům. Postupně se budou spojovat k vnitřním sloupům pomocní nosníků plošin a nakonec se připojí ke středovému sloupu krokví.

V této fázi je konstrukce vyhlídkové věže schopna sama vzdorovat horizontálnímu zatížení, a proto není už nutné provizorní zajištění středového sloupu.

Nakonec se provede montáž schodišťových celků, roštových nosníků a vaznic. Osadí se podlahy, zábradlí a střešní plášť.

Postup výstavby je pouze orientační a je nutné jej více specifikovat. Jednotlivé fáze výstavby nebyly ověřeny statickým výpočtem, a tedy před realizací konstrukce vyhlídkové věže musí být tyto fáze ověřeny.



## 10 STUDIE MÍSTA VÝSTAVBY

Vyhlídková věž se nachází na území západních Jeseníků na vrchu zvaném Lázek. Roku 1912 zde byla postavena dřevěná rozhledna, která o šest let později byla stržena. Roku 1933 byla na vrchu Lázek postavena nová rozhledna, která nese stejný název a na tomto místě se nachází dodnes. V dnešní době je v soukromém vlastnictví, do kterého přešla roku 1995 a veřejnosti není přístupná.

Výška rozhledny je 20 m a za tu dobu, co stojí, se její okolí změnilo a stromy značně povyroستly. Tato skutečnost mě přivedla na myšlenku, jaký je asi rozhled z této rozhledny v dnešní době a jak moc by se tento pohled na okolí změnil z vyhlídkové věže, která je předmětem této diplomové práce. Proto byla realizována studie rozhledu na všechny světové strany a to ve výšce 20ti m a potom zhruba ve výšce o 10m výš.





*obr. 7: Rozhledna Lázek*



Technika, která byla použita:

- kvadrokoptéra s řídicí jednotkou NAZA V2 (autopilot)
- vysílačka Futaba T10
- kamera Sony ActionCam AS30
- tablet pro náhled a letové info



*obr. 8: Technika použitá ke studii*



Průběh letu, kde se nejdříve pořídily fotky rozhledu na okolí ve výšce současné rozhledny a poté ve výšce vyhlídkové věže, která je předmětem této diplomové práce.



*obr. 9: Průběh letu*



Porovnání rozhledu na severní stranu:



*obr. 10: Pohled na sever ve výšce 20 m*



*obr. 11: Pohled na sever ve výšce 30 m*



Porovnání rozhledu na východní stranu:



obr. 12: Pohled na východ ve výšce 20 m



obr. 13: Pohled na východ ve výšce 30 m

Porovnání rozhledu na jižní stranu:



obr. 14: Pohled na jih ve výšce 20 m



obr. 15: Pohled na jih ve výšce 30 m



Porovnání rozhledu na západní stranu:



*obr. 16: Pohled na západ ve výšce 20 m*



*obr. 17: Pohled na západ ve výšce 30 m*



---

## 11 POZNÁMKY

- zpracovaná dokumentace nezahrnuje výrobní ani montážní dokumentaci

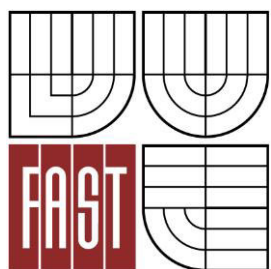


## 12 SEZNAM OBRÁZKŮ

obr. 1: poloha vyhlídkové věže.....	7
obr. 2: umístění vyhlídkových plošin .....	8
obr. 3: Konstrukční systém vyhlídkové věže .....	10
obr. 4: konstrukční systém vyhlídkové věže – vlevo vnitřní prvky, vpravo vnější prvky.....	11
obr. 5: dlouhodobé korozní úbytky oceli.....	18
obr. 6: korozní úbytky oceli po prvním roce expozice.....	19
obr. 7: Rozhledna Lázek .....	22
obr. 8: Technika použitá ke studii.....	23
obr. 9: Průběh letu .....	24
obr. 10: Pohled na sever ve výšce 20 m .....	25
obr. 11: Pohled na sever ve výšce 30 m .....	25
obr. 12: Pohled na východ ve výšce 20 m.....	26
obr. 13: Pohled na východ ve výšce 30 m.....	26
obr. 14: Pohled na jih ve výšce 20 m .....	27
obr. 15: Pohled na jih ve výšce 30 m .....	27
obr. 16: Pohled na západ ve výšce 20 m .....	28
obr. 17: Pohled na západ ve výšce 30 m .....	28



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## VYHLÍDKOVÁ VĚŽ V ZÁPADNÍCH JESENÍKÁCH THE VIEWING TOWER IN WESTERN JESENÍKY

STATICKÝ VÝPOČET

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

BC. DENISA NOSKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2015



## OBSAH

1	Úvod .....	7
2	Geometrie .....	8
3	Materiál .....	11
3.1	Lepené lamelové dřevo GL24h .....	11
3.2	Ocel S235 .....	12
3.3	Ocel S355 .....	12
3.4	Ocel 4.8 .....	13
3.5	Ocel 5.8 .....	13
3.6	Ocel 8.8 .....	13
4	Zatížení .....	14
4.1	Stálé zatížení .....	14
4.1.1	Vlastní tíha nosných prvků .....	14
4.1.2	Ostatní stálé .....	14
4.2	Proměnné zatížení .....	16
4.2.1	Užitné zatížení na schodišti .....	16
4.2.2	Užitné zatížení na plošinách .....	36
4.2.3	Sníh .....	40
4.2.4	Vítr .....	42
5	Zatěžovací stavy .....	63
5.1	Rekapitulace zatěžovacích stavů .....	63
5.2	Skupiny zatěžovacích stavů .....	63
6	Kombinace zatěžovacích stavů .....	64
6.1	Kombinace zatěžovacích stavů pro MSÚ .....	64
6.2	Kombinace zatěžovacích stavů pro MSP .....	64
6.3	Klíč kombinací .....	65
7	Dynamické vlastnosti konstrukce .....	66
8	Posudky prvků konstrukce .....	68



8.1	Vnitřní sloupy.....	69
8.2	Vnější pruty ve svislé rovině (1. průřez).....	74
8.3	Vnější pruty ve svislé rovině (2. průřez).....	79
8.4	Vnější pruty ve svislé rovině (3. průřez).....	84
8.5	Vnější pruty ve svislé rovině (4. průřez).....	89
8.6	Vnější vodorovné pruty (1. průřez).....	94
8.7	Vnější vodorovné pruty (2. průřez).....	98
8.8	Vnitřní vodorovné pruty.....	103
8.9	Nosník plošin.....	105
8.10	Nosník podest.....	107
8.11	Nosník schodnic.....	109
8.12	Nosník roštový.....	112
8.13	Krokev.....	116
8.14	Vaznice.....	121
8.15	Středový sloup.....	125
8.16	Ztužidla.....	129
9	Posouzení detailů.....	131
9.1	Detail 1: Přípoj krokve na středový sloup.....	131
9.1.1	Kolíky.....	131
9.1.2	Dřevěný profil.....	133
9.1.3	Styčnickový plech.....	134
9.1.4	Koutový svar.....	134
9.2	Detail 2: Přípoj vaznice na krokev.....	136
9.2.1	Hřebíky.....	136
9.3	Detail 3: Přípoj nosníku podest na vnitřní sloup.....	139
9.3.1	Kolíky.....	139
9.3.2	Dřevěný profil.....	141
9.3.3	Koutový svar.....	141





9.3.4	Vruty .....	142
9.4	Detail 4: Přípoj nosníku plošin na vodorovné vnější pruty .....	145
9.4.1	Svorníky .....	146
9.4.2	Geometrie spoje .....	148
9.5	Detail 5: Styčník vnějších prutů (1. úroveň).....	148
9.5.1	Kolíky .....	149
9.5.2	Dřevěný profil .....	151
9.5.3	Styčnickový plech.....	153
9.5.4	Koutový svar.....	154
9.6	Detail 6: Styčník vnějších prutů (2. úroveň).....	155
9.6.1	Kolíky – pruty ve svislé rovině.....	155
9.6.2	Dřevěný profil .....	158
9.6.3	Styčnickový plech.....	159
9.6.4	Koutový svar – pruty ve svislé rovině .....	160
9.7	Detail 7: Styčník vnějších prutů (3. úroveň).....	161
9.7.1	Kolíky – pruty ve svislé rovině.....	162
9.7.2	Dřevěný profil – pruty ve svislé rovině.....	164
9.7.3	Styčnickový plech.....	165
9.7.4	Koutový svar – pruty ve svislé rovině .....	167
9.8	Detail 8: Styčník vnějších prutů (4. úroveň).....	168
9.8.1	Kolíky .....	168
9.8.2	Dřevěný profil – pruty ve svislé rovině.....	170
9.8.3	Styčnickový plech – pruty ve svislé rovině.....	172
9.8.4	Koutový svar.....	173
9.9	Detail 9: Montážní spojení středového sloupu.....	174
9.10	Detail 10: Kotvení středového sloupu.....	175
9.10.1	Návrh patního plechu:.....	175
9.10.2	Kotevní tyče.....	176



9.11	Detail 11: Spojení vnitřního dřevěného sloupu s kotvením.....	177
9.11.1	Kolíky .....	177
9.11.2	Dřevěný profil .....	179
9.11.3	Styčnickový plech.....	180
9.12	Detail 12: Kotvení vnitřních sloupů.....	181
9.12.1	Materiálové charakteristiky .....	181
9.12.2	Vnitřní síly.....	181
9.12.3	Geometrie čepového spoje .....	182
9.12.4	Posouzení čepu na střih .....	182
9.12.5	Posouzení únosnosti plechu a čepu v otláčení .....	183
9.12.6	Posouzení únosnosti čepu v ohybu .....	183
9.12.7	Posouzení únosnosti čepu v kombinaci střihu a ohybu .....	184
9.12.8	Posouzení svarů .....	184
9.12.9	Posouzení kotevních šroubů.....	186
9.12.10	Posouzení patního plechu .....	187
9.12.11	Posouzení smykové zarážky .....	189
9.13	Detail 13: Kotvení vnějších prutů .....	190
9.13.1	Materiálové charakteristiky .....	190
9.13.2	Vnitřní síly.....	190
9.13.3	Geometrie čepového spoje .....	191
9.13.4	Posouzení čepu na střih .....	192
9.13.5	Posouzení únosnosti plechu a čepu v otláčení .....	192
9.13.6	Posouzení únosnosti čepu v ohybu .....	192
9.13.7	Posouzení únosnosti čepu v kombinaci střihu a ohybu .....	193
9.13.8	Posouzení svarů .....	193
9.13.9	Posouzení kotevních šroubů.....	196
9.13.10	Posouzení patního plechu .....	197
9.13.11	Posouzení smykové zarážky .....	199



9.14	Detail 14: Příklad táhla ke kotvení vnitřního dřevěného sloupu .....	199
10	Posouzení mezního stavu použitelnosti .....	201
10.1	Vodorovné posunutí .....	203
10.2	Svislé posunutí .....	203
11	Příloha – posudek MSÚ .....	207
11.1	Vnitřní sloupy .....	208
11.2	Vnější pruty ve svislé rovině (1. průřez) .....	210
11.3	Vnější pruty ve svislé rovině (2. průřez) .....	212
11.4	Vnější pruty ve svislé rovině (3. průřez) .....	214
11.5	Vnější pruty ve svislé rovině (4. průřez) .....	216
11.6	Vnější vodorovné pruty (1. průřez) .....	218
11.7	Vnější vodorovné pruty (2. průřez) .....	220
11.8	Vnitřní vodorovné pruty .....	222
11.9	Nosníky plošin .....	224
11.10	Nosníky podest .....	226
11.11	Nosníky schodnic .....	228
11.12	Nosník roštový .....	230
11.13	Krokev .....	232
11.14	Vaznice .....	234
11.15	Středový sloup .....	236
12	Seznam obrázků .....	238
13	Seznam tabulek .....	242
14	Seznam použitých zkratk .....	243



# 1 ÚVOD

Předmětem diplomové práce je návrh a posouzení konstrukce vyhlídkové věže situované v západních Jeseníkách – Zábřežská vrchovina (pardubický kraj). Jde o samostatně stojící objekt. Stavba je tvořena převážně dřevěnými prvky z lepeného lamelového dřeva, nejvíce namáhané prvky z ocelových uzavřených profilů a podružné prvky z dřeva rostlého. Spoje jsou potom realizovány ocelovými konstrukčními prvky. Půdorysný tvar je tvořen pravidelným šestiúhelníkem. Vyhlídková věž má čtyři vyhlídkové plošiny, kde první tři jsou situovány ve třetině celkové půdorysné plochy a čtvrtá vyhlídková plošina je realizována po celé půdorysné ploše. Celková výška konstrukce je 28,5 m.

Konstrukce vyhlídkové věže byla navržena v souladu s těmito platnými normativními dokumenty:

- ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991: Eurokód 1: Ztížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991: Eurokód 1: Ztížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991: Eurokód 1: Ztížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- ČSN EN 1993: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků
- ČSN EN 1995: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

Podkladem pro návrh bylo:

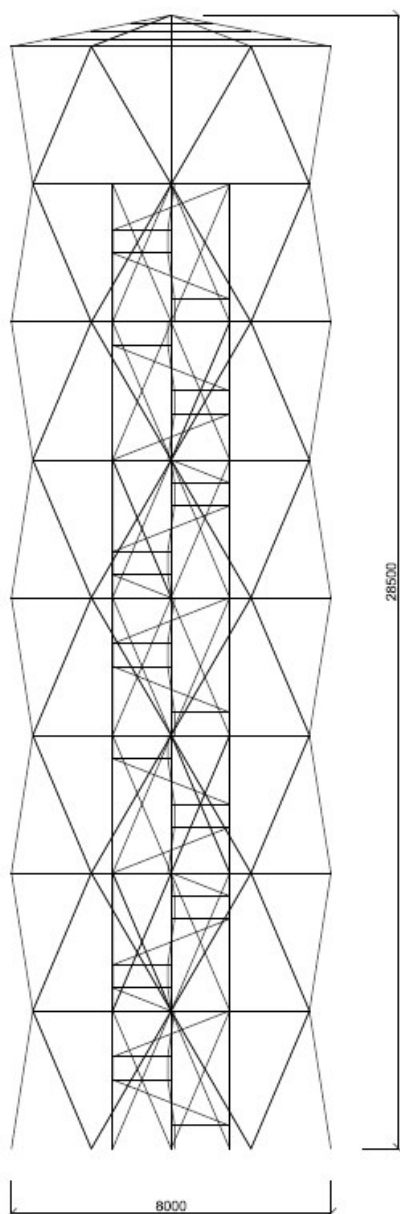
- zadání diplomové práce

## 2 GEOMETRIE

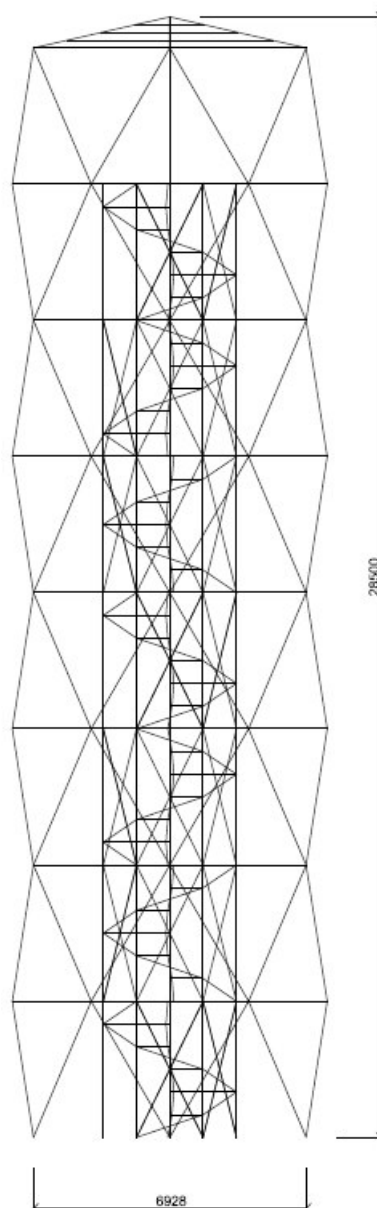
Konstrukce vyhlídkové věže je navržena ve tvaru pravidelného šestiúhelníku (viz technická zpráva).

Zkrácený popis: průměr konstrukce 8,0 m, výška konstrukce 28,5 m, 8 přístupných nadzemních podlaží, 4 vyhlídkové plošiny.

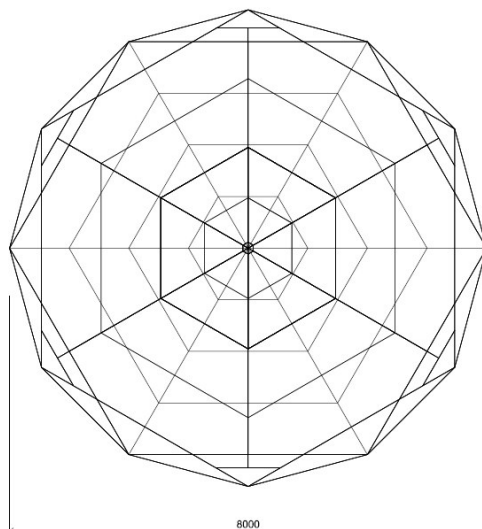
pohled ve směru osy x



pohled ve směru osy y



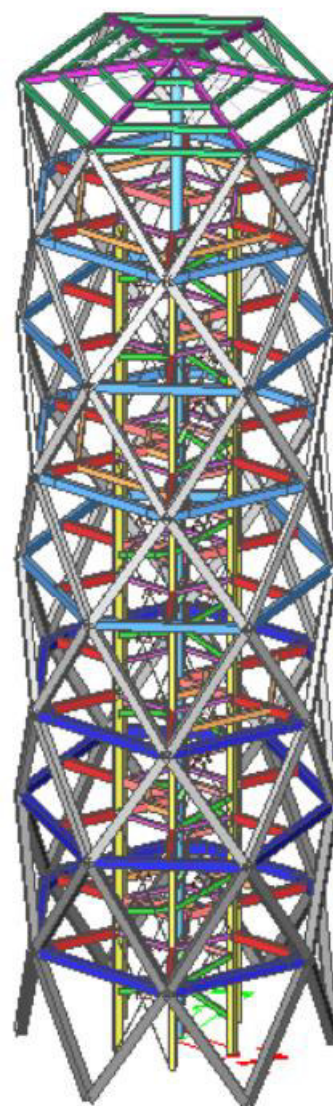
obr. 1: Pohled na vyhlídkovou věž



obr. 2: Půdorys vyhlídkové věže

Zde je pouze uveden výčet konstrukčních prvků včetně barevného provedení v axonometrickém zobrazení vyhlídkové věže.

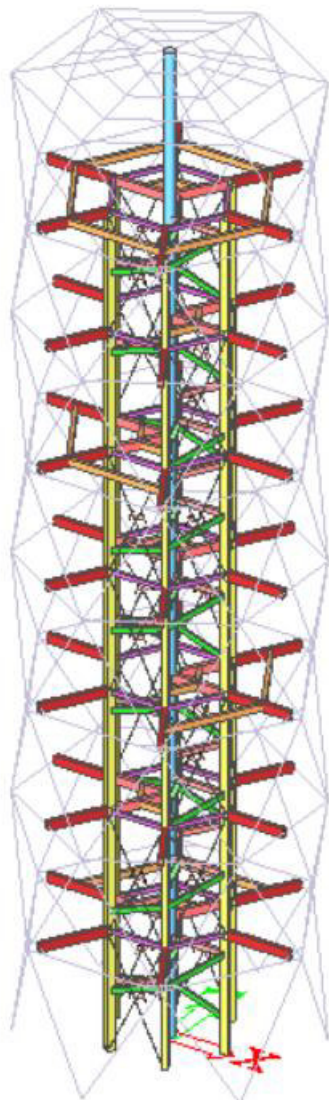
- středový sloup (světle modrá barva)
- vnitřní sloupy (žlutá barva)
- vnější pruty ve svislé rovině (stupně šedé barvy)
- vnější vodorovné pruty (stupně modré barvy)
- nosníky plošin (červená barva)
- nosníky podest (světle červená barva)
- nosníky schodnic (růžová barva)
- nosníky roštové (oranžová barva)
- schodnice vnější (tmavě zelená barva)
- schodnice vnitřní (světle zelená barva)
- krokev (fialová barva)
- vaznice (zelená barva)
- ztužidla (černá barva)



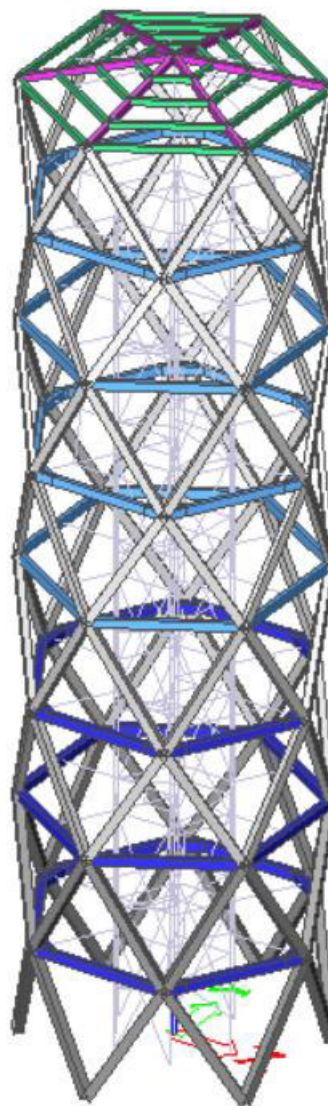
obr. 3: Axonometrické zobrazení vyhlídkové věže



vnitřní prvky



vnější prvky



obr. 4: Konstrukční systém vyhlídkové věže





### 3 MATERIÁL

Třída trvání zatížení: krátkodobé (vítr)  
střednědobé (sníh)

Třída provozu: 3

#### 3.1 Lepené lamelové dřevo GL24h

Lepené lamelové dřevo z jehličnatých dřevin. Dle EN 14080 a EN 1194:

modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti	$k_{mod}$	0,7
Součinitel dotvarování	$k_{def}$	2,0
Parciální součinitel spolehlivosti	$\gamma_M$	1,25

charakteristická pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	24	MPa
charakteristická pevnost v tahu	$f_{t,0,k}$	16,5	MPa
charakteristická pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	0,5	MPa
charakteristická pevnost v tlaku	$f_{c,0,k}$	24	MPa
charakteristická pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	2,7	MPa
charakteristická pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	2,5	MPa
modul pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean}$	11600	MPa
modul pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,mean}$	390	MPa
smykový modul	$G_{mean}$	720	MPa
hustota	$\rho_k$	380	kg.m <sup>-3</sup>
modul pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05}$	9667	MPa
modul pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,05}$	325	MPa
smykový modul	$G_{05}$	600	MPa
charakteristická pevnost ve valivém smyku	$f_{R,k}$	1	MPa

tab. 1: Charakteristiky LLD GL24h



Návrhové hodnoty pevností:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,25} = 13,44 \text{MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{16,5}{1,25} = 9,24 \text{MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,25} = 13,44 \text{MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,52 \text{MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{2,5}{1,25} = 1,40 \text{MPa}$$

### 3.2 Ocel S235

Dle ČSN EN 1993-1-1:

parciální součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M0}$	1,0	
parciální součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M1}$	1,0	
charakteristická mez kluzu	$f_y$	235	MPa
charakteristická mez pevnosti	$f_u$	360	MPa
modul pružnosti	E	210	GPa

tab. 2: Charakteristiky oceli S235

### 3.3 Ocel S355

Dle ČSN EN 1993-1-1:

parciální součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M0}$	1,0	
parciální součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M1}$	1,0	
charakteristická mez kluzu	$f_y$	355	MPa
charakteristická mez pevnosti	$f_u$	510	MPa
modul pružnosti	E	210	GPa

tab. 3: Charakteristiky oceli S355



### 3.4 Ocel 4.8

Dle ČSN EN 1993-1-8:

parciální součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M2}$	1,25	
parciální součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M3}$	1,25	
charakteristická mez kluzu	$f_{yb}$	320	MPa
charakteristická mez pevnosti	$f_{ub}$	400	MPa

tab. 4: Charakteristiky oceli 4.8

### 3.5 Ocel 5.8

Dle ČSN EN 1993-1-8:

parciální součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M2}$	1,25	
parciální součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M3}$	1,25	
charakteristická mez kluzu	$f_{yb}$	400	MPa
charakteristická mez pevnosti	$f_{ub}$	500	MPa

tab. 5: Charakteristiky oceli 5.8

### 3.6 Ocel 8.8

Dle ČSN EN 1993-1-8:

parciální součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M2}$	1,25	
parciální součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M3}$	1,25	
charakteristická mez kluzu	$f_{yb}$	640	MPa
charakteristická mez pevnosti	$f_{ub}$	800	MPa

tab. 6: Charakteristiky oceli 8.8



## 4 ZATÍŽENÍ

### 4.1 Stálé zatížení

#### 4.1.1 Vlastní tíha nosných prvků

Vlastní tíha nosných prvků je generována softwarovým systémem Scia Engineer 2014 – vypočtena ze zadaných materiálových charakteristik a dimenzí průřezu.

#### 4.1.2 Ostatní stálé

Ostatní stálé zatížení je reprezentováno tíhou podlahy na jednotlivých úrovních, zábradlím a tíhou střešního pláště.

##### Podlaha:

Na podlahu vyhlídkových plošin, mezipodest a na schodišťové stupně byly navrženy fošny z rostlého dřeva tloušťky 50mm. Ty jsou reprezentovány zatížením  $g_k = 0,25 \text{ kN.m}^{-2}$ . Ve výpočtovém modelu bylo toto zatížení modelováno na příslušné prvky pomocí zatěžovacích panelů. Na schodnice bylo toto zatížení rozpočítáno a modelováno jako liniové.

##### Zábradlí:

Zábradlí se skládá z horního madla a dolního okopníku dřevěných obdélníkových průřezů. Celá svislá plocha zábradlí je vyplněna ocelovou sítí společnosti Carl Stahl s obchodním označením X-TEND. Zatížení  $g_k = 0,40 \text{ kN.m}^{-1}$ . Ve výpočtovém modelu je zatížení rozpočítáno a zadáno jako bodové síly reprezentující sloupky zábradlí.



obr. 5: Ocelová síť



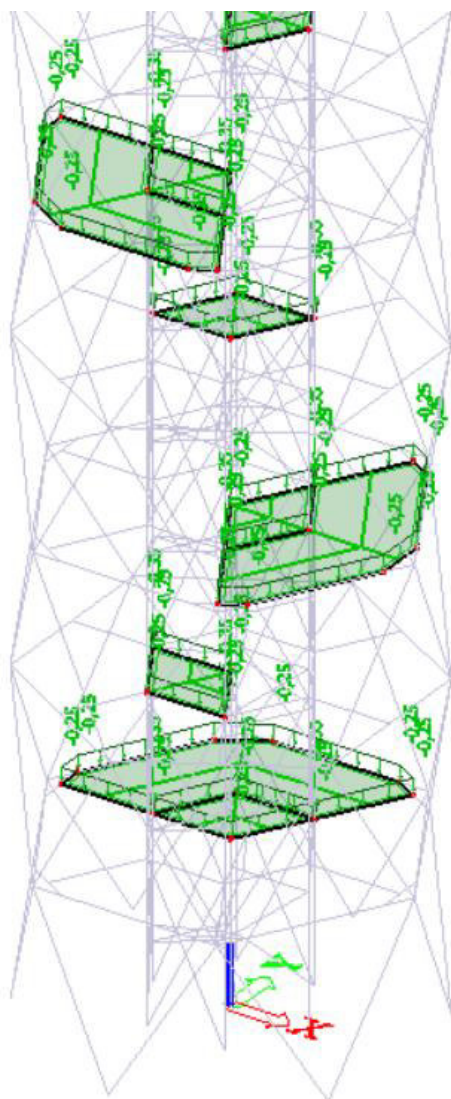
obr. 6: Ocelová síť

Střešní plášť:

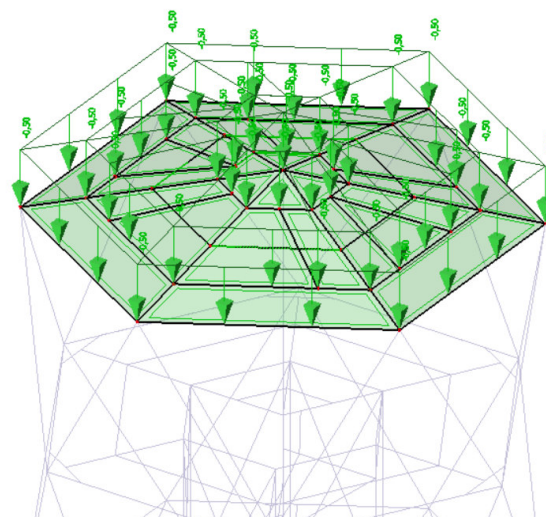
Skladba střešního pláště	kN.m <sup>2</sup>
Měděné oplechování – tl. 1mm	0,09
Pojistná hydroizolační folie	0,01
Celoplošné bednění z OSB desek – tl. 25mm	0,25
Střešní latě	0,05
Obkladové palubky – tl. 20mm	0,10
<b>Celkem</b>	<b>0,50</b>

tab. 7: Skladba střešního pláště

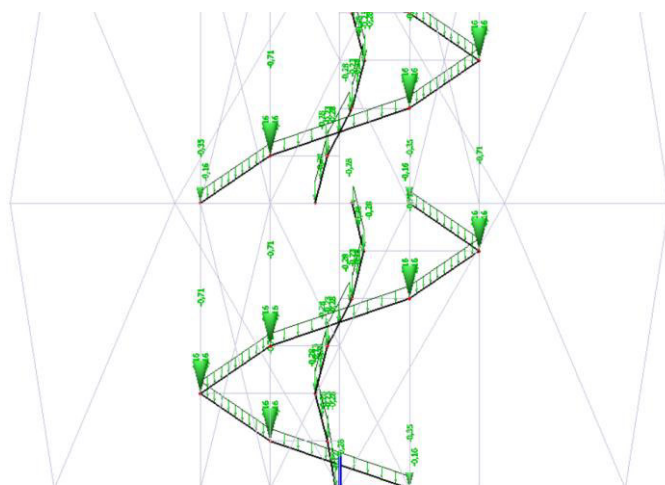
Ve výpočtovém modelu bylo toto zatížení modelováno na příslušné prvky pomocí zatěžovacích panelů.



obr. 7: Zatížení vyhlídkových plošin a podest



obr. 8: Zatížení střešní roviny



obr. 9: Zatížení schodiště



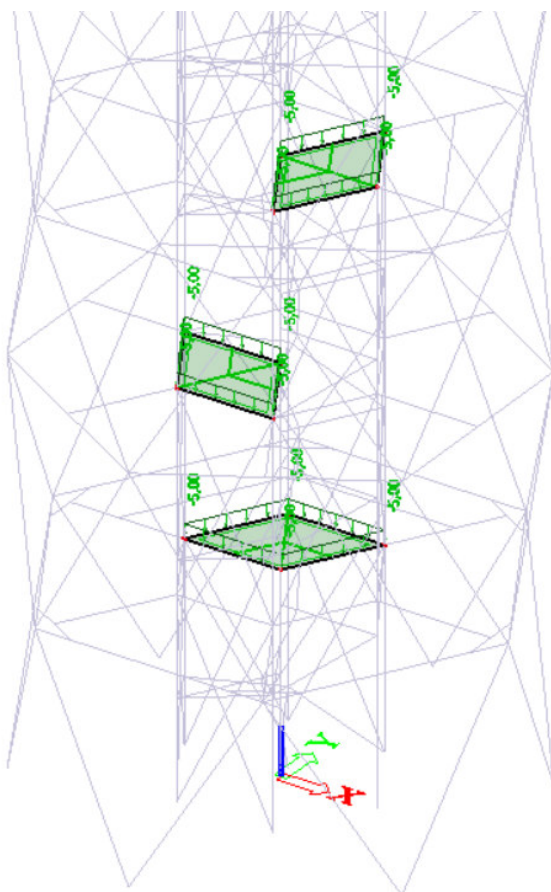
## 4.2 Proměnné zatížení

### 4.2.1 Užité zatížení na schodišti

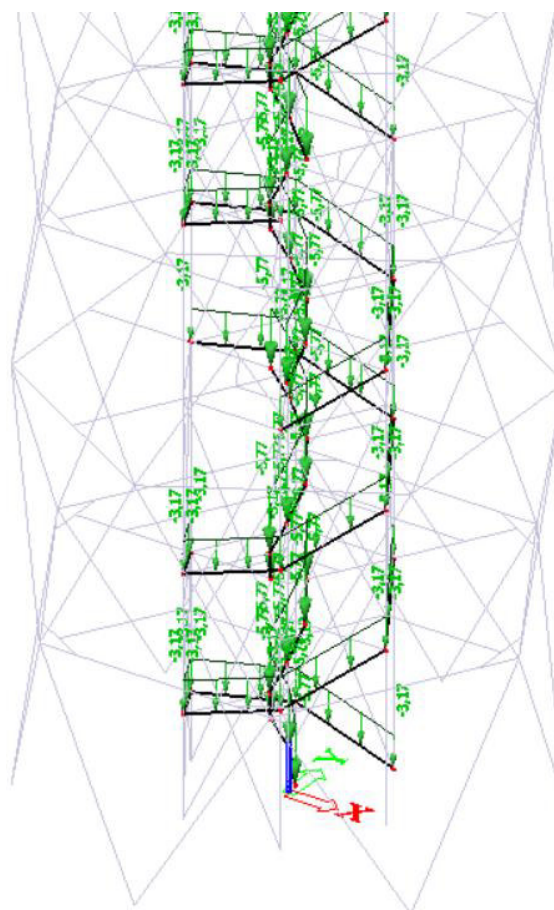
Konstrukce je zařazena z hlediska užitého zatížení do kategorie C5, což jsou plochy, kde může dojít k vysoké koncentraci lidí. Pro tuto kategorii je doporučena hodnota užitého zatížení  $g_k = 5,0 \text{ kN.m}^{-2}$ . Ve výpočtovém modelu bylo toto zatížení modelováno na mezipodesty pomocí zatěžovacích panelů a na schodnice bylo toto zatížení rozpočítáno a modelováno jako liniové.

Zatížení bylo rozděleno do dvaceti různých působících stavů (ZS3 A\_a – ZS3 E\_d).

- ZS3 A\_a – zatížení zde působí na celé konstrukci pouze ve vertikálním směru



obr. 10: Zatížení na podestách



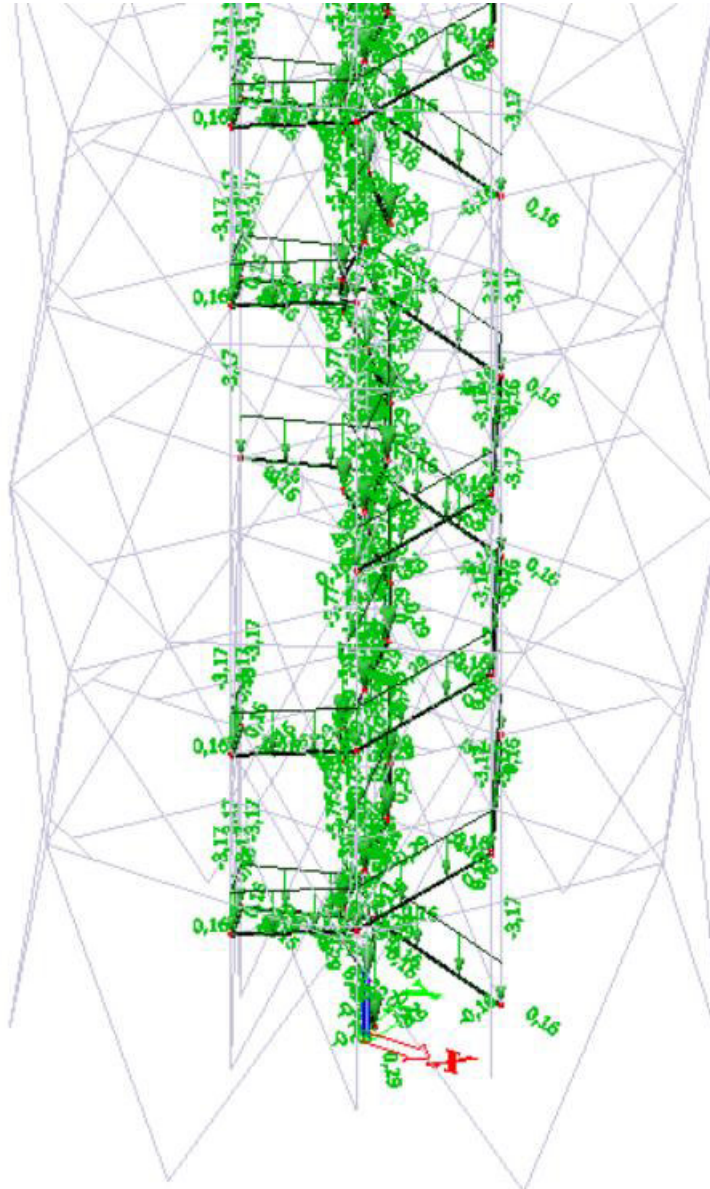
obr. 11: Zatížení na schodnicích





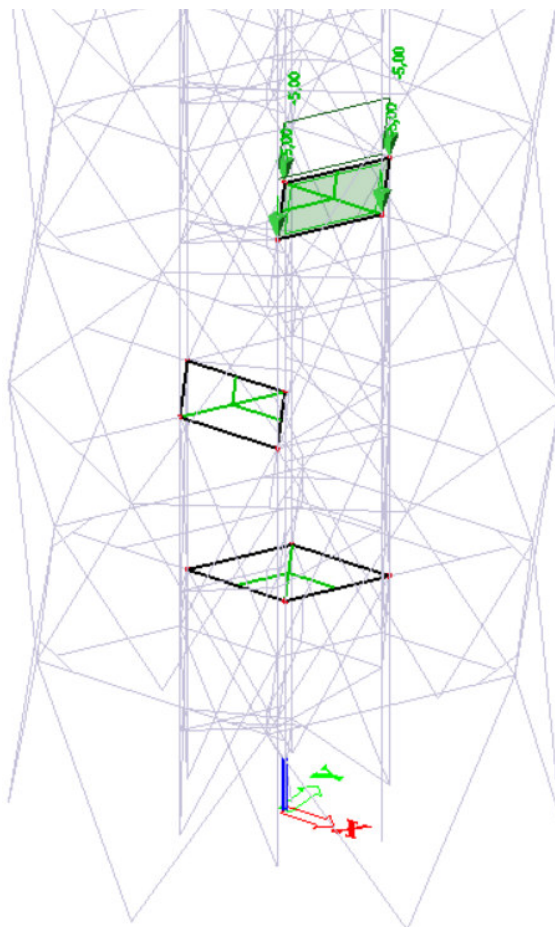


- ZS3 A\_d – zatížení zde působí na celé konstrukci ve vertikálním směru a v LSS prutu ve směru osy x a v LSS prutu ve směru osy y

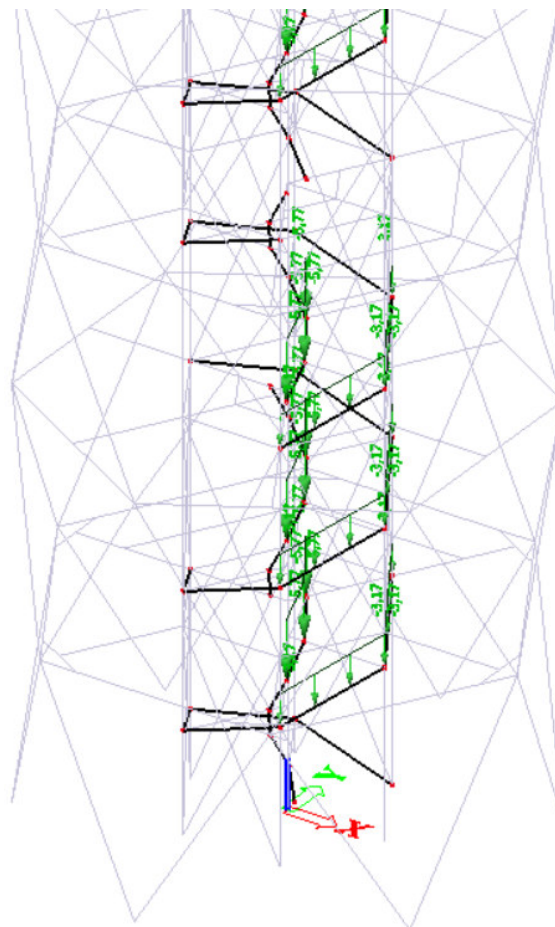


obr. 14: Zatížení vertikální směr + ve směru osy x + ve směru osy y

- ZS3 B\_a – zatížení zde působí na polovině konstrukci ve směru osy +X pouze ve vertikálním směru



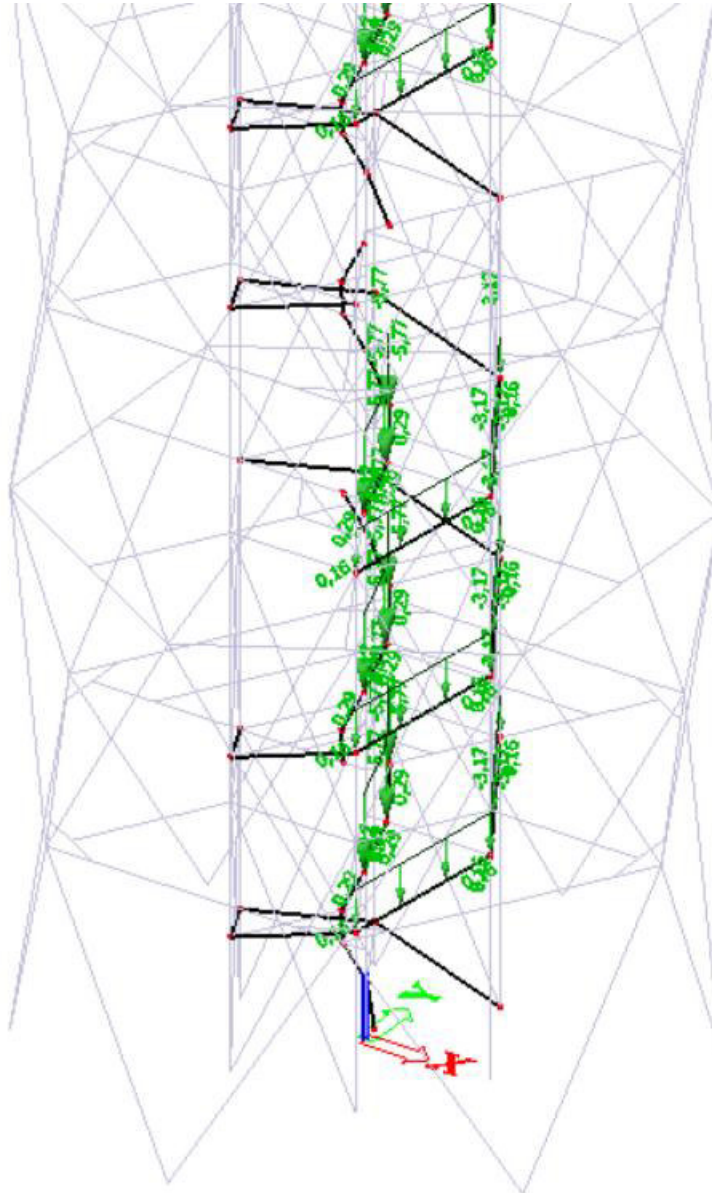
obr. 15: Zatížení na podestách



obr. 16: Zatížení na schodnicích



- ZS3 B\_b – zatížení zde působí na polovině konstrukci ve směru osy +X ve vertikálním směru a v LSS prutu ve směru osy x

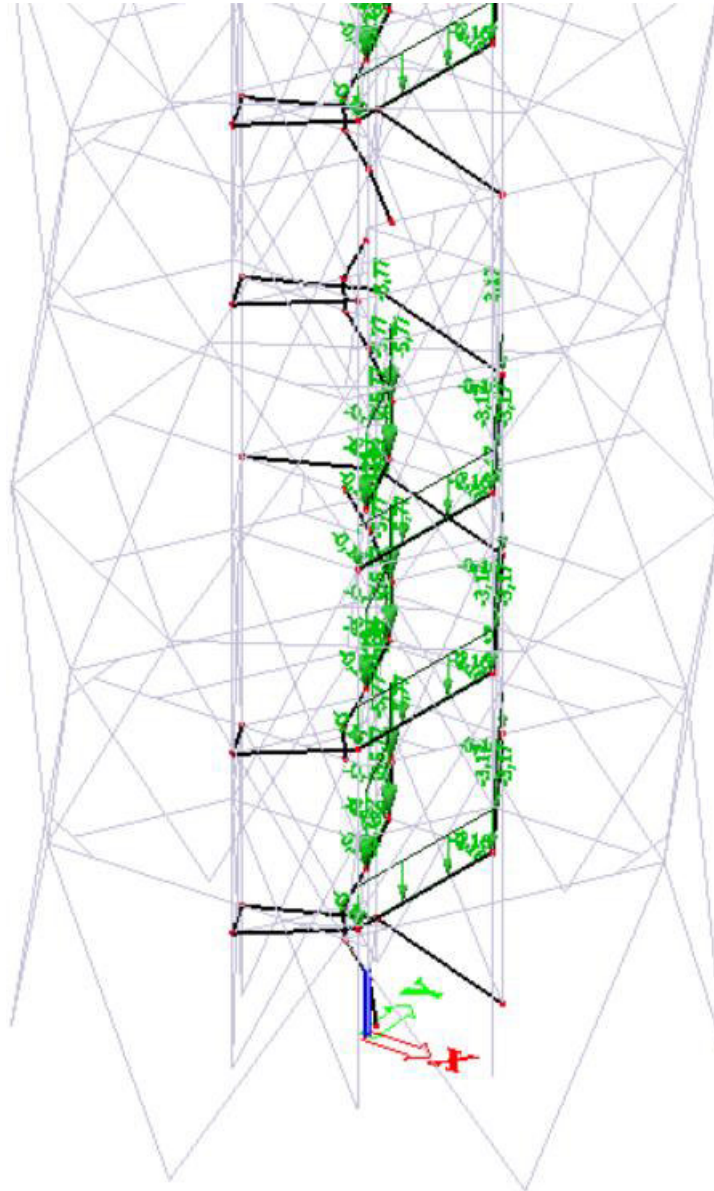


obr. 17: Zatížení vertikální směr + ve směru osy x



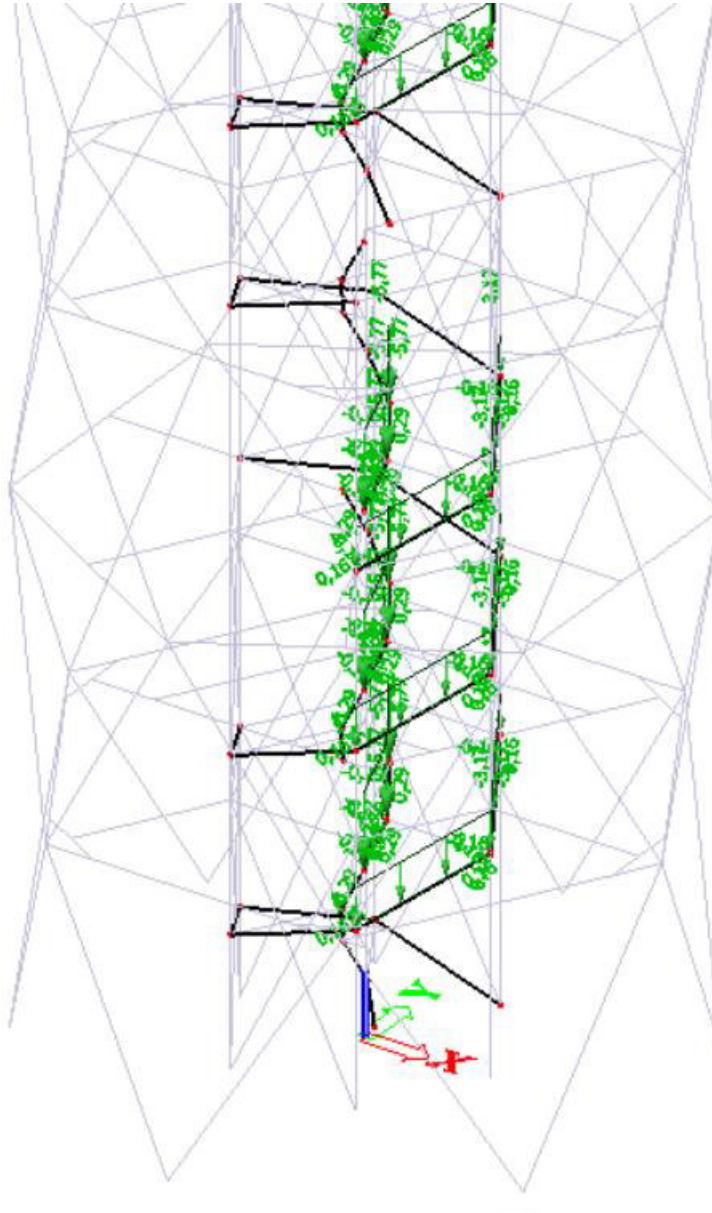


- ZS3 B\_c – zatížení zde působí na polovině konstrukci ve směru osy +X ve vertikálním směru a v LSS prutu ve směru osy y



obr. 18: Zatížení vertikální směr + ve směru osy y

- ZS3 B\_d – zatížení zde působí na polovině konstrukci ve směru osy +X ve vertikálním směru a v LSS prutu ve směru osy x a v LSS prutu ve směru osy y



obr. 19: Zatížení vertikální směr + ve směru osy x + ve směru osy y





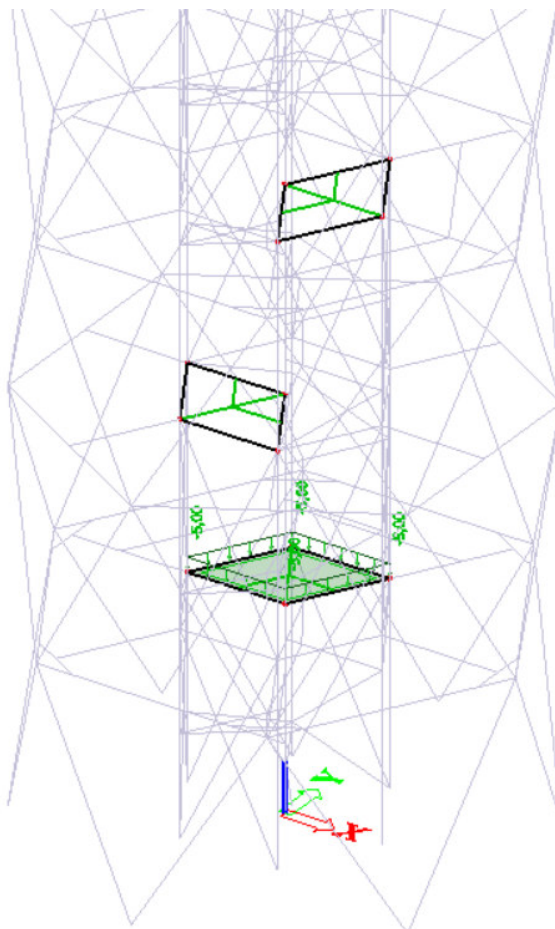




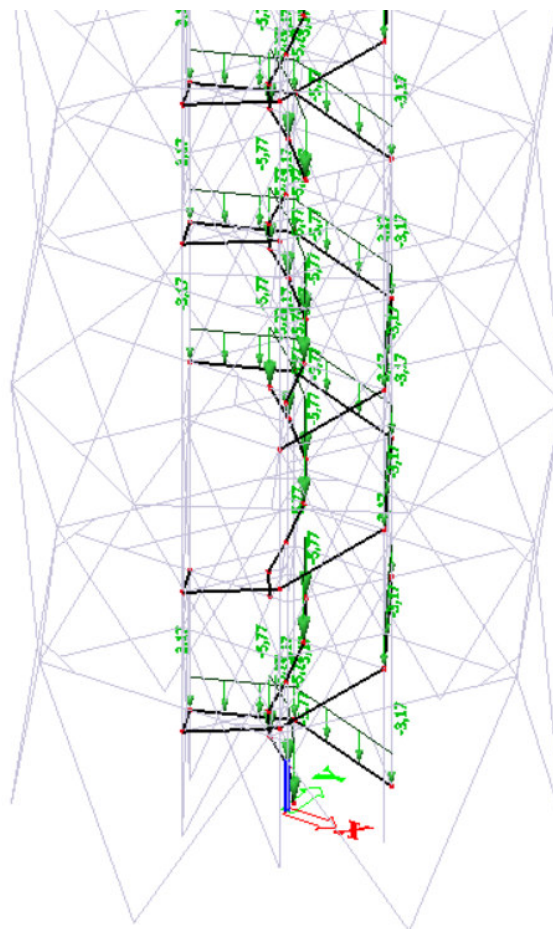




- ZS3 D\_a – zatížení zde působí na polovině konstrukci ve směru osy +X pouze ve vertikálním směru



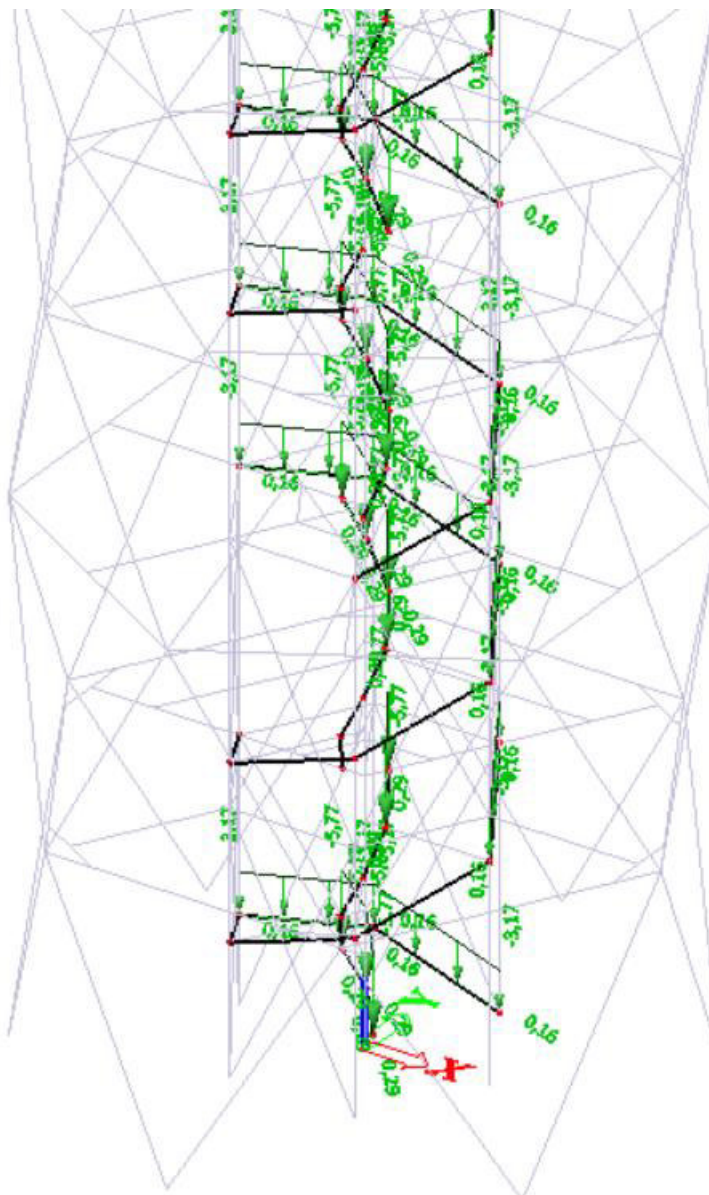
obr. 25: Zatížení na podestách



obr. 26: Zatížení na schodnicích

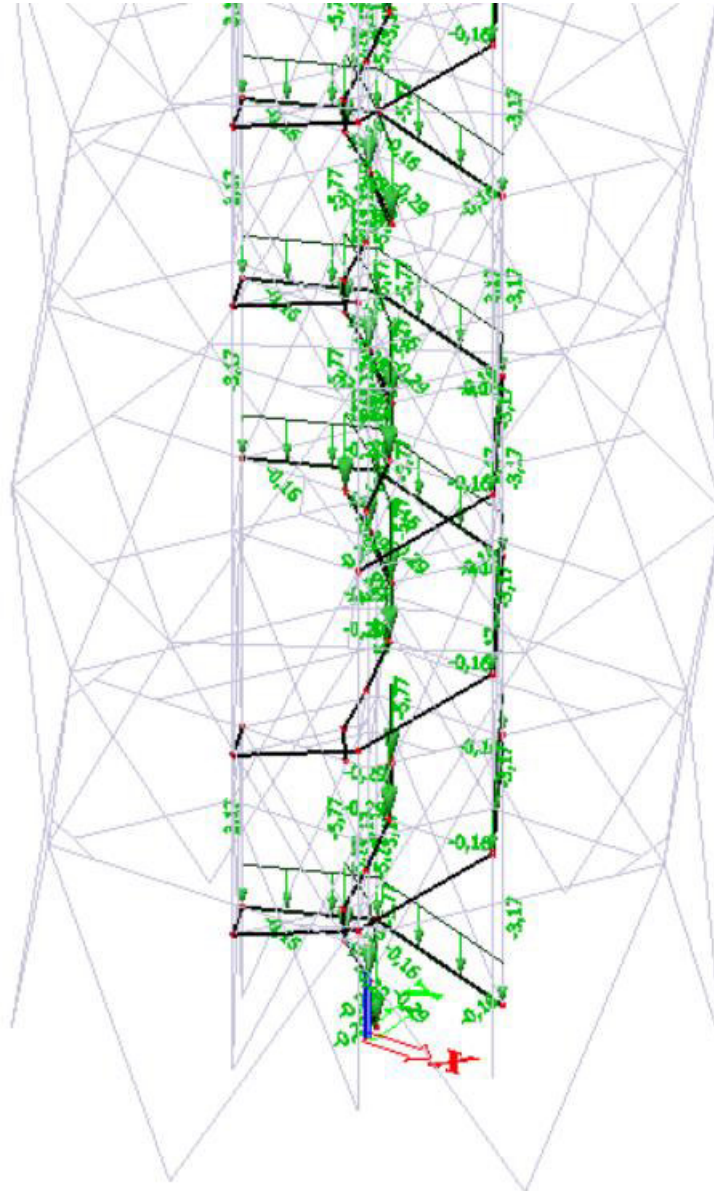


- ZS3 D\_b – zatížení zde působí na polovině konstrukci ve směru osy +Y ve vertikálním směru a v LSS prutu ve směru osy x



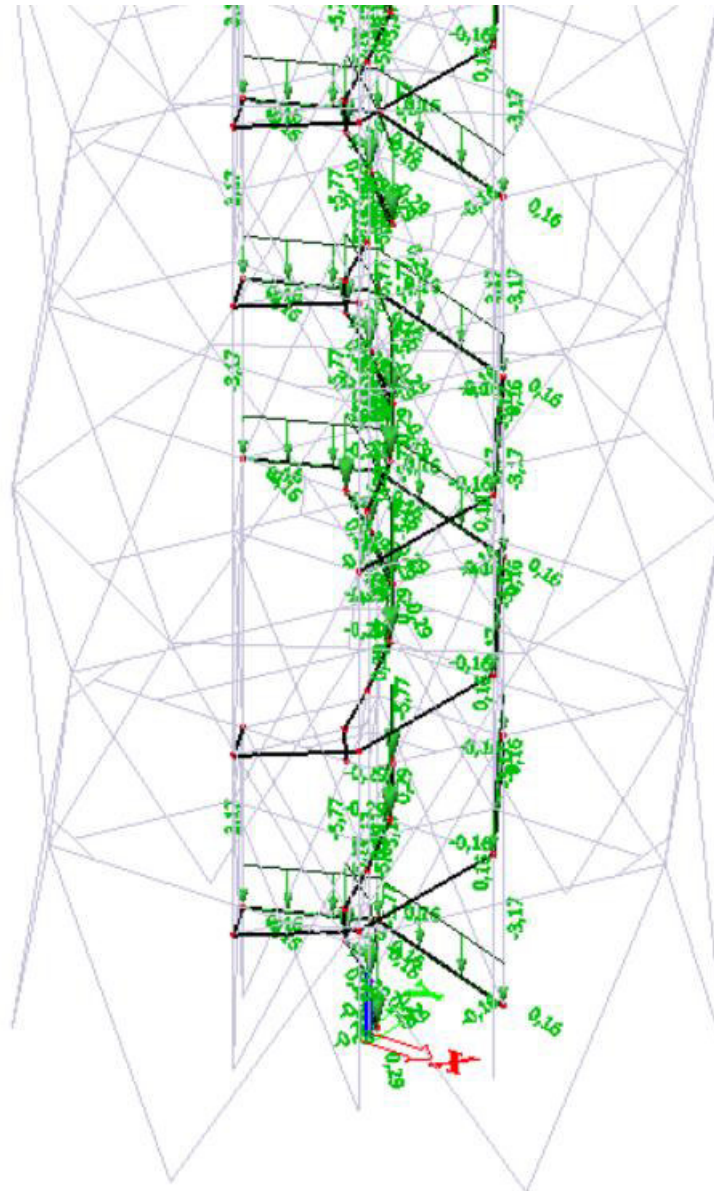
obr. 27: Zatížení vertikální směr + ve směru osy x

- ZS3 D\_c – zatížení zde působí na polovině konstrukci ve směru osy +Y ve vertikálním směru a v LSS prutu ve směru osy y



obr. 28: Zatížení vertikální směr + ve směru osy y

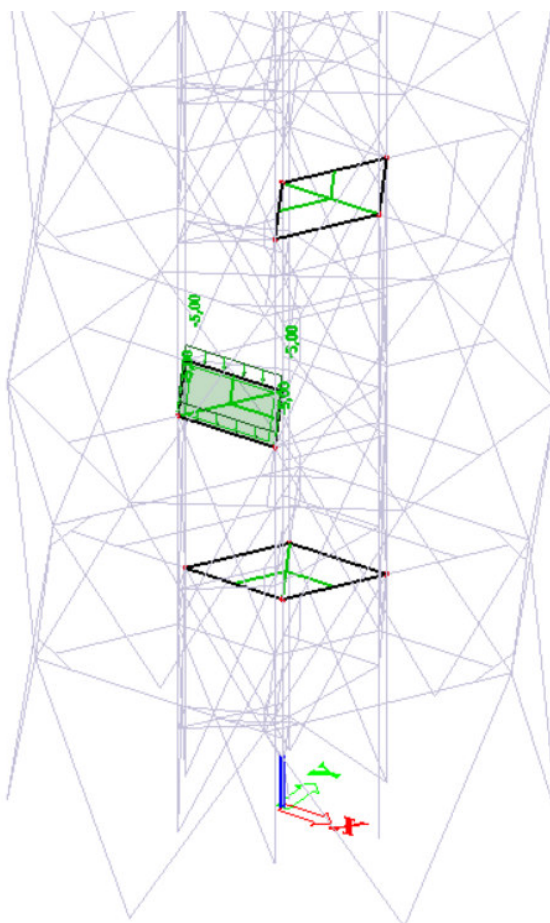
- ZS3 D\_d – zatížení zde působí na polovině konstrukci ve směru osy +Y ve vertikálním směru a v LSS prutu ve směru osy x a v LSS prutu ve směru osy y



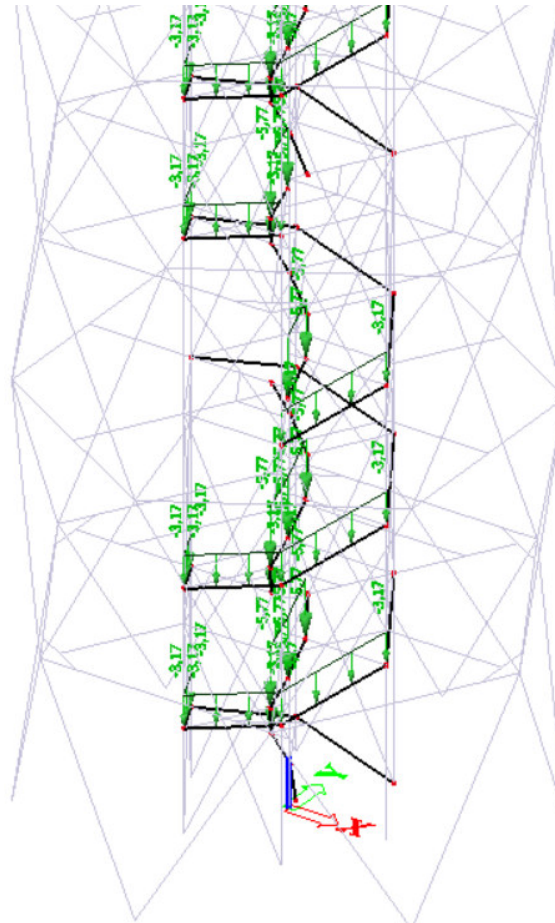
obr. 29: Zatížení vertikální směr + ve směru osy x + ve směru osy y



- ZS3 E\_a – zatížení zde působí na polovině konstrukci ve směru osy  $-Y$  pouze ve vertikálním směru

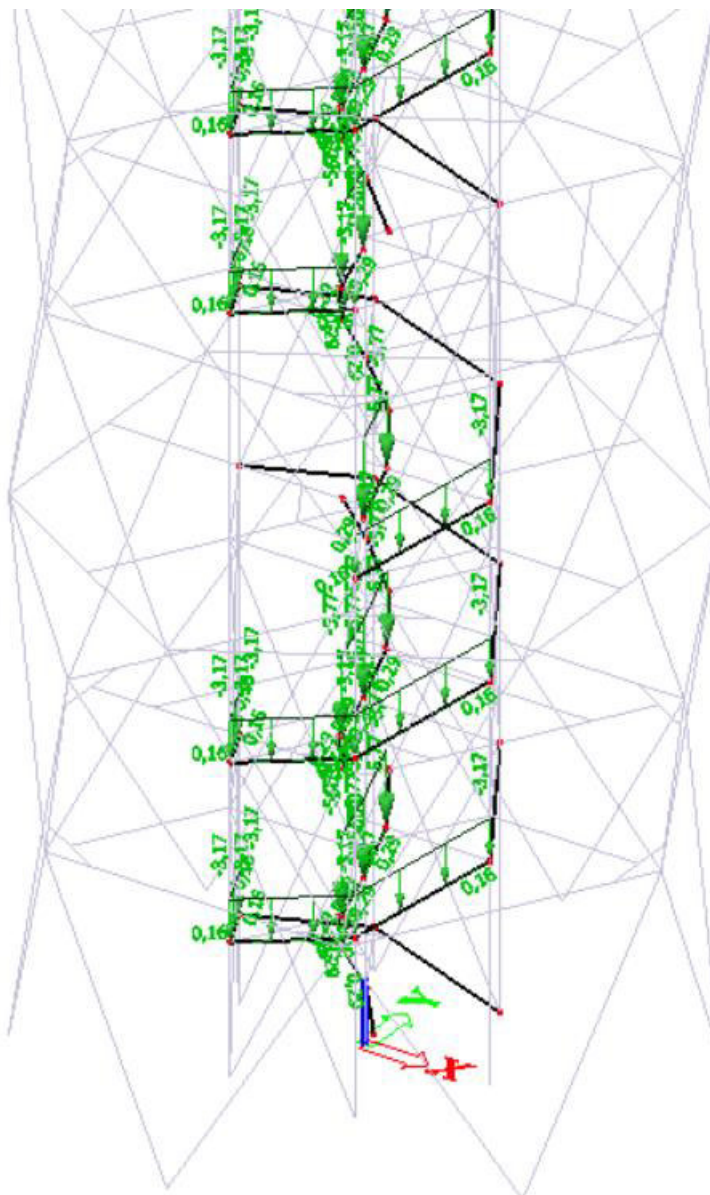


obr. 30: Zatížení na podestách



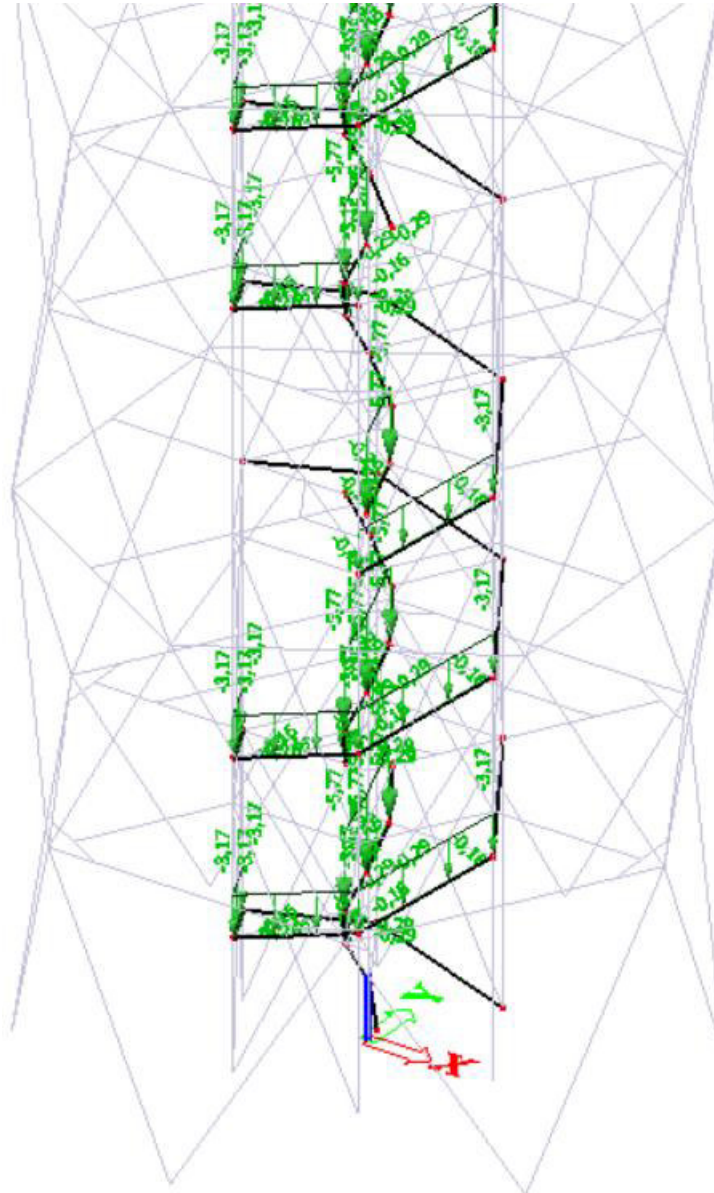
obr. 31: Zatížení na schodnicích

- ZS3 E\_b – zatížení zde působí na polovině konstrukci ve směru osy  $-Y$  ve vertikálním směru a v LSS prutu ve směru osy  $x$



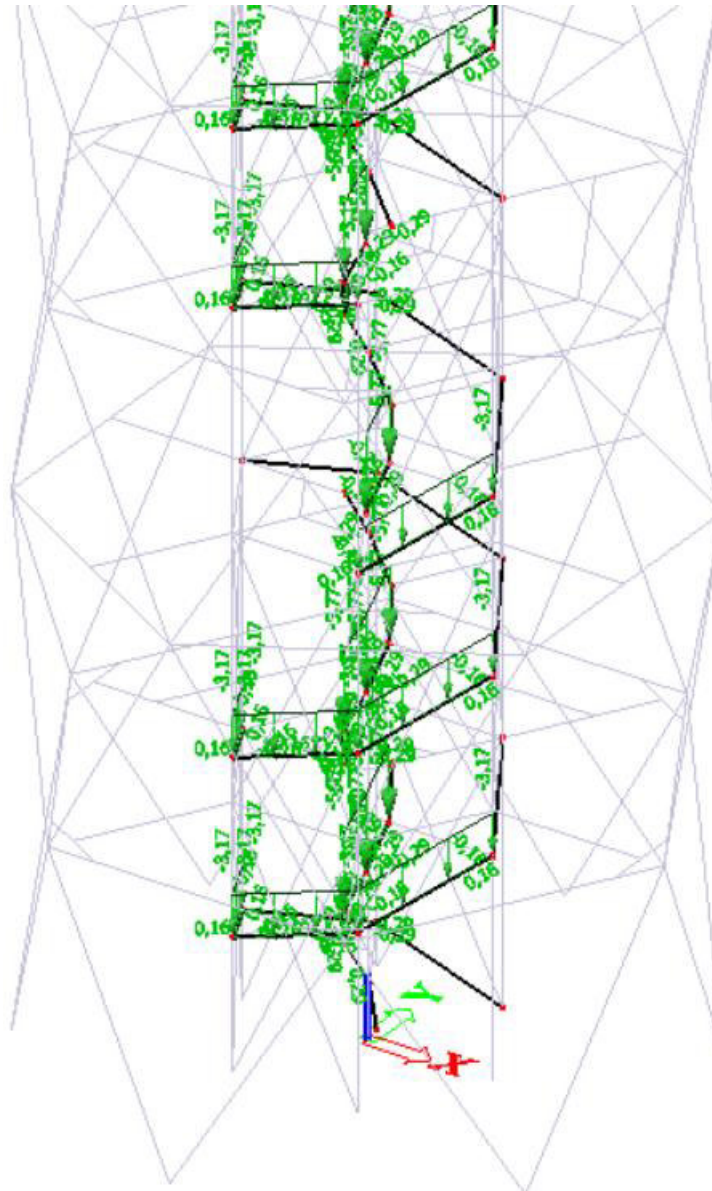
obr. 32: Zatížení vertikální směr + ve směru osy  $x$

- ZS3 E\_c – zatížení zde působí na polovině konstrukci ve směru osy  $-Y$  ve vertikálním směru a v LSS prutu ve směru osy  $y$



obr. 33: Zatížení vertikální směr + ve směru osy  $y$

- ZS3 E\_d – zatížení zde působí na polovině konstrukci směru osy  $-Y$  ve vertikálním směru a v LSS prutu ve směru osy  $x$  a v LSS prutu ve směru osy  $y$



obr. 34: Zatížení vertikální směr + ve směru osy  $x$  + ve směru osy  $y$

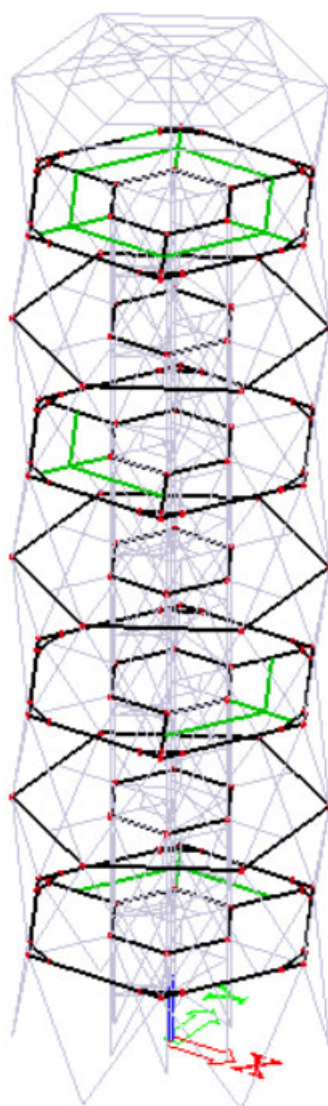




#### 4.2.2 Užité zatížení na plošinách

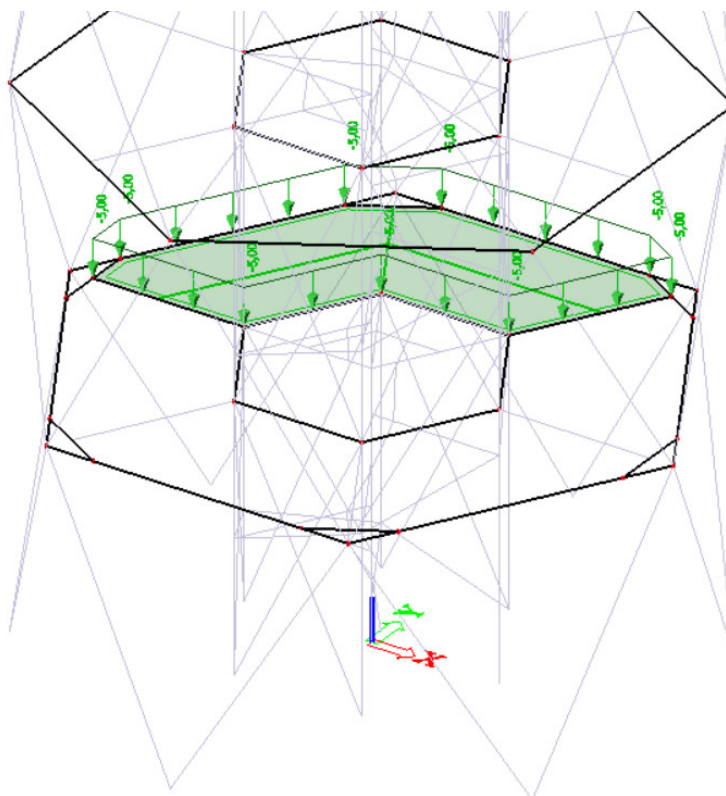
Konstrukce je zařazena z hlediska užitého zatížení do kategorie C5, což jsou plochy, kde může dojít k vysoké koncentraci lidí. Pro tuto kategorii je doporučena hodnota užitého zatížení  $g_k = 5,0 \text{ kN.m}^{-2}$ . Ve výpočtovém modelu bylo toto zatížení modelováno na příslušné prvky pomocí zatěžovacích panelů.

Zatížení bylo rozděleno do šesti různých zatěžovacích stavů (ZS4A – ZS4F) – šachů, aby bylo vystiženo nejnepříznivější působení možných účinků na konstrukci.



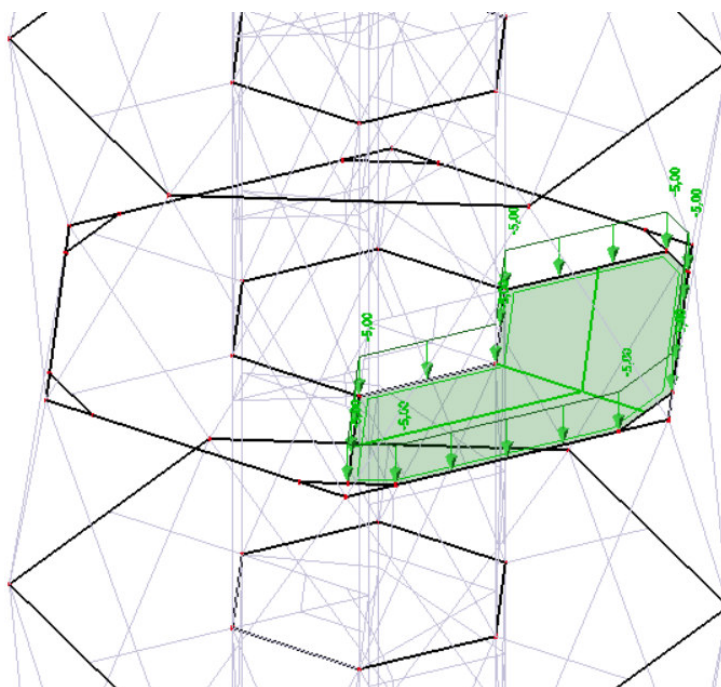
obr. 35: Vyhlídkové plošiny

- Šach 1 – ZS4 A – zatížení zde působí po celé ploše první vyhlídkové plošiny



obr. 36: Šach 1

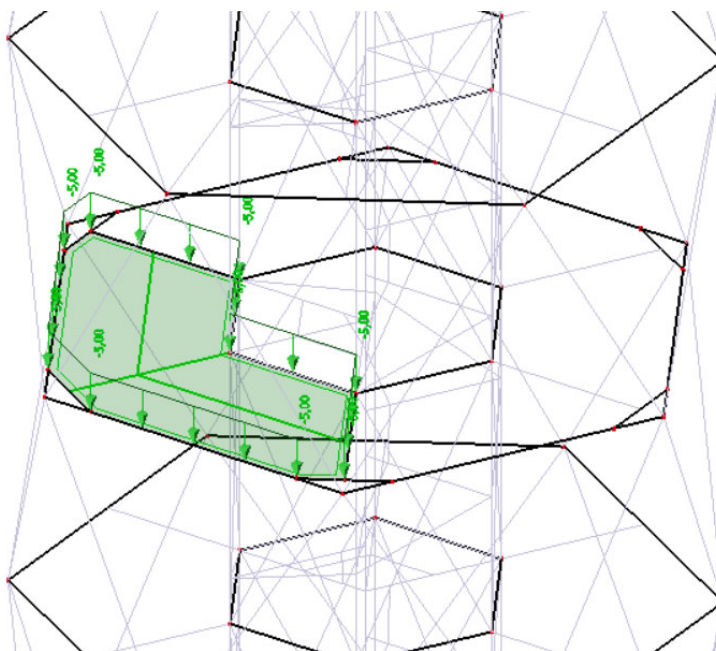
- Šach 2 – ZS4 B – zatížení zde působí po celé ploše druhé vyhlídkové plošiny



obr. 37: Šach 2

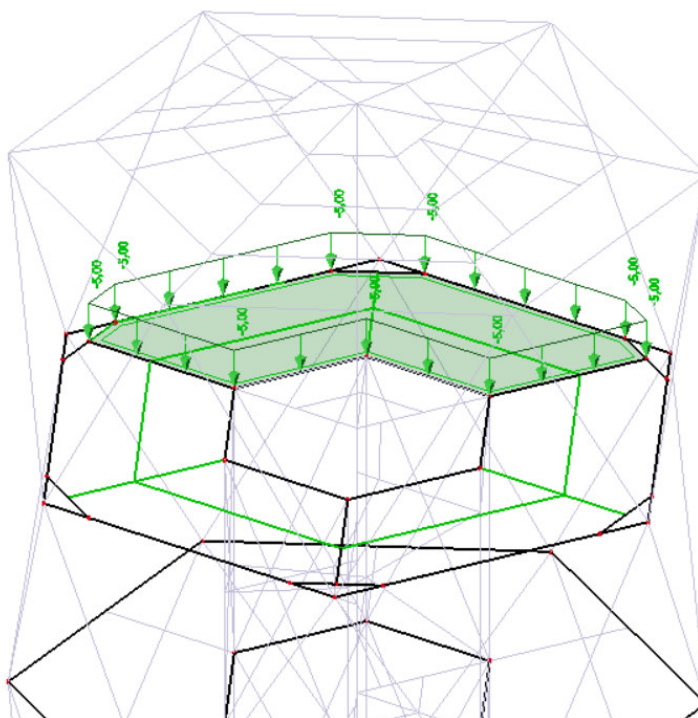


- Šach 3 – ZS4 C – zatížení zde působí po celé ploše třetí vyhlídkové plošiny



obr. 38: Šach 3

- Šach 4 – ZS4 D – zatížení zde působí na třetině plochy čtvrté vyhlídkové plošiny

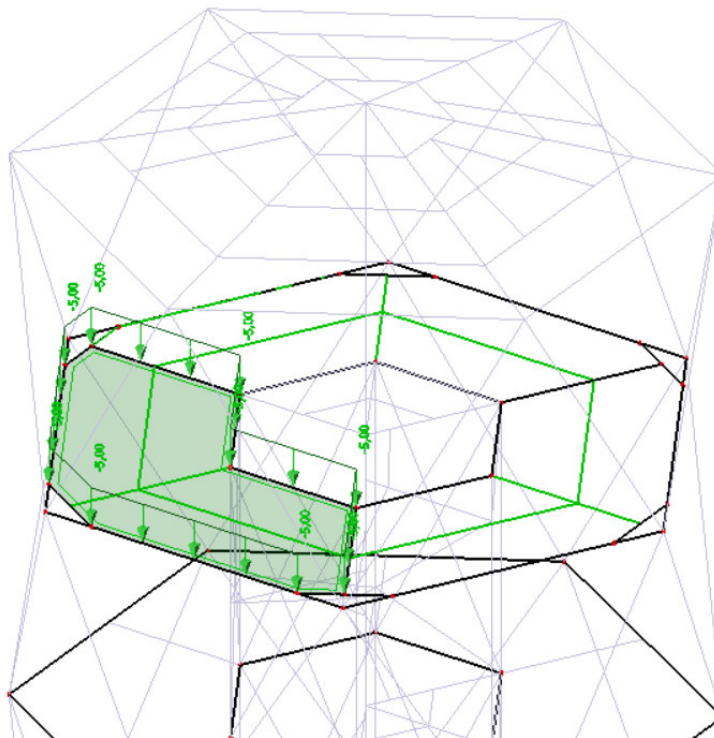


obr. 39: Šach 4



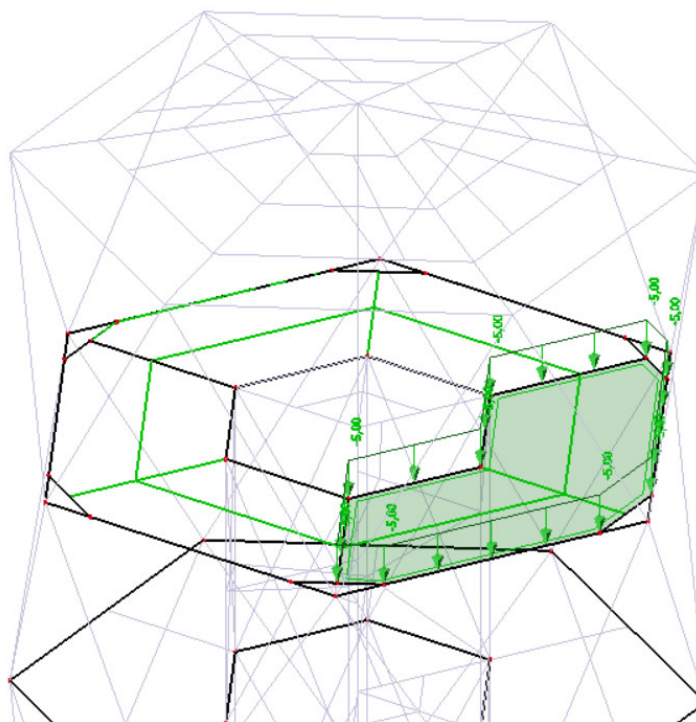


- Šach 5 – ZS4 E – zatížení zde působí na třetině plochy čtvrté vyhlídkové plošiny



obr. 40: Šach 5

- Šach 6 – ZS4 F – zatížení zde působí na třetině plochy čtvrté vyhlídkové plošiny

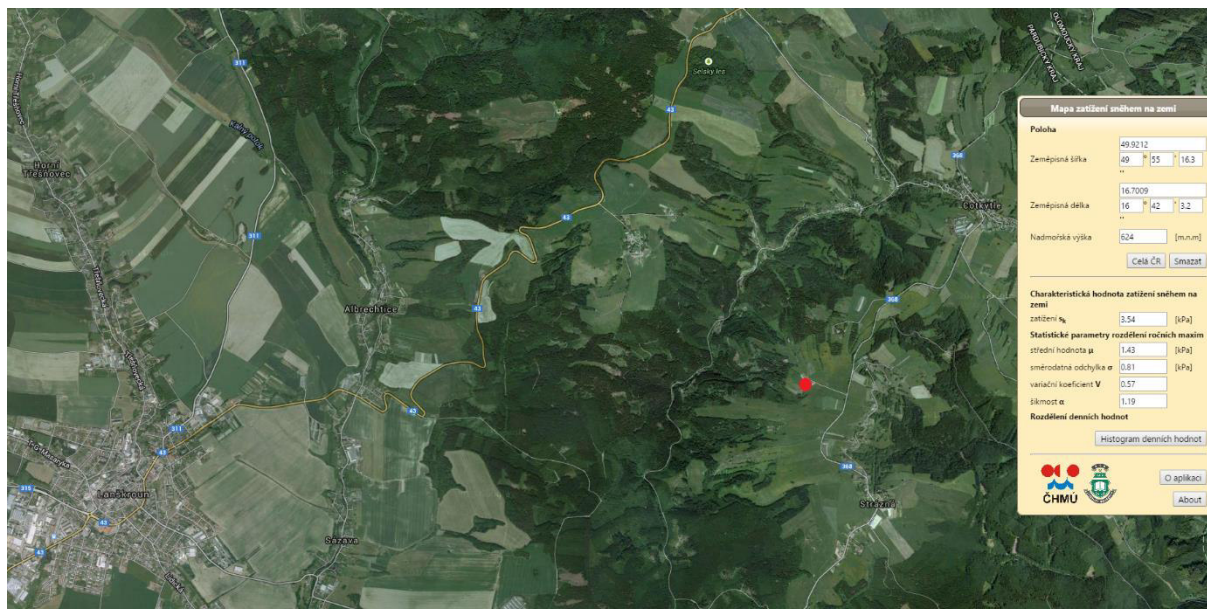


obr. 41: Šach 6

### 4.2.3 Sníh

lokality: Zábřežská vrchovina (pardubický kraj)

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi byla stanovena ze sněhové mapy:



obr. 42: Charakteristická hodnota zatížení sněhem

zatížení sněhem na střechu:  $s = s_k \cdot C_e \cdot C_t \cdot \mu_i$  [ČSN EN 1991-1-3, vztah 5.1 ]

$$s_k = 3,54 \text{ kNm}^{-2}$$

určeno ze sněhové mapy

$$C_e = 1,0$$

normální typ krajiny: Plochy, kde nedochází na stavbách k výraznému přemístění sněhu větrem kvůli okolnímu terénu, jiným stavbám nebo stromům. [ČSN EN 1991-1-3, tab. 5.1 ]

$$C_t = 1,0$$

Tepelný součinitel se má použít tam, kde je možné vzít v úvahu snížení zatížení sněhem na střeše. Ostatní případy je roven jedné.

$$\mu_i = 0,8$$

tvarový součinitel zatížení sněhem pro úhel sklonu střechy  $0^\circ < \alpha < 30^\circ$

[ČSN EN 1991-1-3, tab. 5.2 ]

- Sníh plný

$$s = 3,54 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 2,83 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

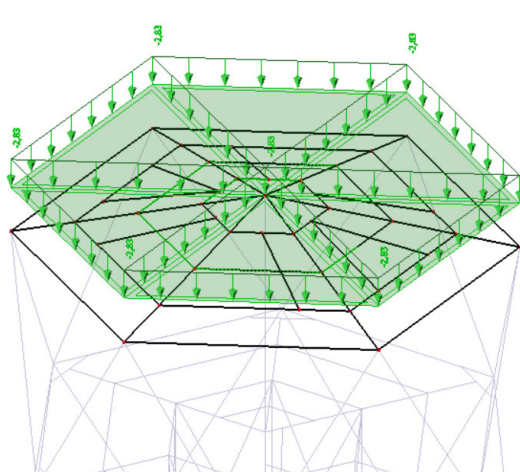
- Sníh poloviční

$$s = 0,5 \cdot 3,54 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 1,42 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

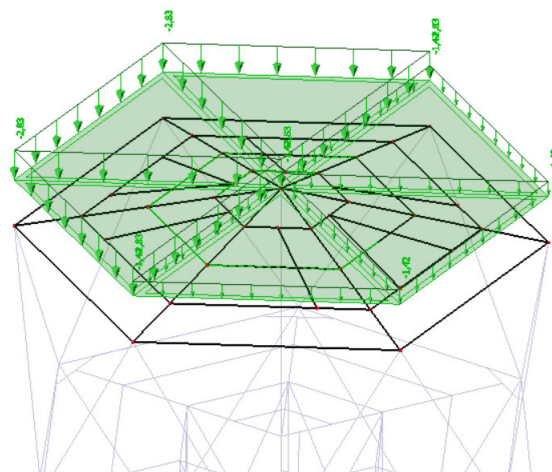


Ve statickém výpočtu jsou zahrnuty celkem tři zatěžovací stavy a to sníh plný (ZS4 A), sníh poloviční ve směru osy X (ZS5 B) a ve směru osy Y (ZS5 C). Zatížení je modelováno pomocí zatěžovacích panelů.

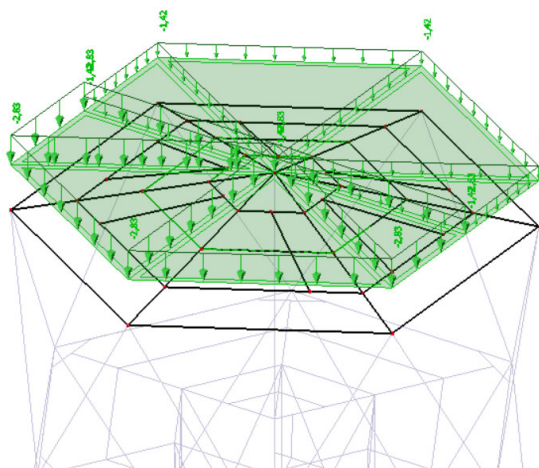
Zatížení sněhem je uvažováno pouze na střešní rovině. Na vyhlídkových plošinách se sněhem není uvažováno, protože hodnota užitečného zatížení na plošiny je větší než hodnota zatížení sněhem a současné působení obou zatěžovacích stavů na plošinách je vyloučené.



obr. 43: Sníh plný



obr. 44: Sníh poloviční ve směru osy X



obr. 45: Sníh poloviční ve směru osy Y



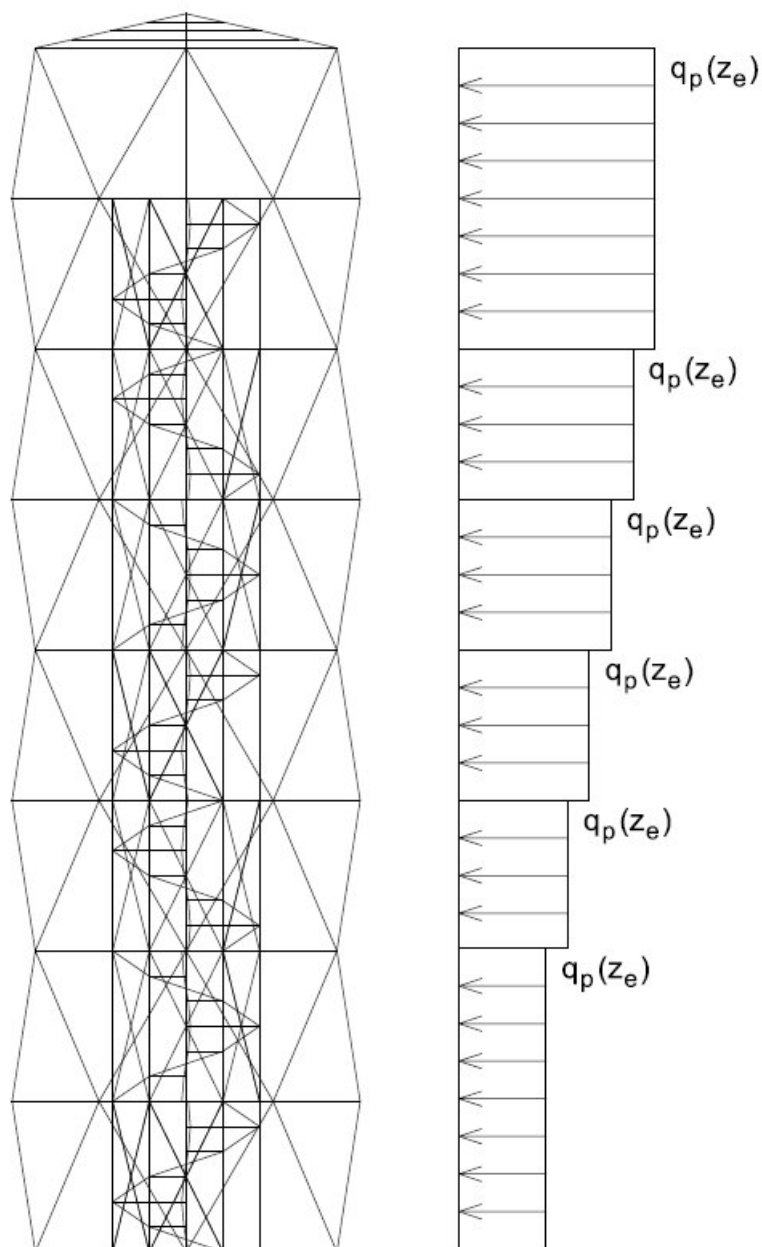
#### 4.2.4 Vítr

lokalita: Zábřežská vrchovina (pardubický kraj) – větrová oblast III ⇒ výchozí hodnota základní rychlosti větru  $v_{b,0} = 27,5m \cdot s^{-1}$

kategorie terénu: III – oblasti rovnoměrně pokryté vegetací (např. souvislý les).

Pro potřeby stanovení zatížení byla konstrukce rozdělena po výšce na šest pásem.

[ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.4 ]



obr. 46: Rozdělení konstrukce na výšková pásma



- základní rychlost větru

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 27,5 = 27,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah 4.1}]$$

součinitel směru větru:  $c_{dir}=1,0$

součinitel ročního období:  $c_{season}=1,0$

- střední rychlost větru (viz tab. 1)

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah 4.3}]$$

součinitel drsnosti: (viz tab. 1)

$$c_r(z_e) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah 4.4}]$$

součinitel terénu:  $k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,22$

[ČSN EN 1991-1-4, vztah 4.5]

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

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

$$z_{\max} = 200 \text{ m}$$

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

$$z = 28,5 \text{ m}$$

$$z_{\min} < z < z_{\max}$$

$$5 < 28,5 < 200$$

**VYHOVUJE**

součinitel orografie: (viz tab. 1)

$$c_o(z_e) = 1 + 2s \cdot \phi \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah A.2}]$$

$$H = 214 \text{ m}$$

$$L_u = 1080 \text{ m}$$

$$x = 0$$

$$\phi = \frac{H}{L_u} = \frac{214}{1080} = 0,22 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, tab. A.2}]$$

$$\phi = 0,22 \Rightarrow L_e = L_u = 1080 \text{ m} - \text{pozvolný sklon} \Rightarrow c_o(z_e)$$

$$s = A \cdot e^{\left(B \cdot \frac{x}{L_e}\right)} \quad \frac{x}{L_u} = \frac{0}{1080} = 0$$

$$A = 0,1552 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right)^4 - 0,8575 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right)^3 + 1,8133 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right)^2 - 1,9115 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right) + 1,0124$$

[ČSN EN 1991-1-4, vztah A.5]

- Intenzita turbulence větru: (viz tab.1)

$$I_v(z) = \frac{k_l}{c_o(z_e) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah 4.7}]$$

součinitel turbulence:  $k_l = 1,0$

- **Maximální dynamický tlak větru** (viz tab.1)

$$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah 4.8}]$$

$\rho = 1,25 \text{ kgm}^{-3}$  – měrná hmotnost vzduchu

z [m]	$c_r(z)$ [-]	$c_o(z)$ [-]	$I_v(z)$ [-]	$v_m(z)$ [ $\text{ms}^{-1}$ ]	$q_p(z)$ [ $\text{kNm}^{-2}$ ]
8,0	0,72	1,44	0,21	28,51	<b>1,25</b>
11,0	0,79	1,44	0,19	31,28	<b>1,42</b>
14,0	0,85	1,43	0,18	33,43	<b>1,58</b>
17,0	0,89	1,43	0,17	35,00	<b>1,68</b>
20,0	0,92	1,43	0,17	36,18	<b>1,79</b>
28,0	1,00	1,42	0,16	39,05	<b>2,02</b>

tab. 8: Zatížení větrem na výšková pásma

- **Součinitel konstrukce**

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot I_v(z_s)} = \frac{1 + 2 \cdot 3,78 \cdot 0,17 \cdot \sqrt{0,621 + 0,108}}{1 + 7 \cdot 0,17} = \mathbf{0,96}$$

[ČSN EN 1991-1-4, vztah 6.1]

$$z_s = 0,6 \cdot h = 0,6 \cdot 28,0 = 16,8 \text{ m}$$

[ČSN EN 1991-1-4, obr. 6.1]

$$I_v(z_s) = \frac{k_l}{c_o(z_e) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1,43 \cdot \ln\left(\frac{16,8}{0,3}\right)} = 0,17$$

[ČSN EN 1991-1-4, vztah 4.7]

součinitel maximální hodnoty

$$k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}} = \sqrt{2 \cdot \ln(1,06 \cdot 600)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(1,06 \cdot 600)}} = 3,78$$

[ČSN EN 1991-1-4, vztah B.4]



frekvence přechodů s kladnou směrnici

$$v = n_1 \cdot \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}} = 2,76 \cdot \sqrt{\frac{0,108}{0,621 + 0,108}} = 1,06 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah B.5}]$$

součinitel odezvy pozadí

$$B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \left(\frac{b+h}{L(z_s)}\right)^{0,63}} = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \left(\frac{8+28}{52,98}\right)} = 0,621 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah B.3}]$$

$h = 28,0 \text{ m}$  – výška konstrukce

$b = 8,0 \text{ m}$  – šířka konstrukce

měřítka délky turbulence

$$L(z_s) = L_t \cdot \left(\frac{z_s}{z_t}\right)^\alpha = 300 \cdot \left(\frac{16,8}{200}\right)^{0,7} = 52,98 \text{ m} \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah B.1}]$$

$$\alpha = 0,76 + 0,05 \cdot \ln(z_0) = 0,76 + 0,05 \cdot \ln(0,3) = 0,7$$

rezonanční část odezvy

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_L(z_s, n_1) \cdot R_h(\eta_h) \cdot R_b(\eta_b) = \frac{\pi^2}{2 \cdot 0,06} \cdot 0,052 \cdot 0,09 \cdot 0,28 = 0,108 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah B.6}]$$

celkový logaritmičtý dekrement útlumu

$$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d = 0,05 + 0,01 + 0,00 = 0,06 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah F.15}]$$

$$\delta_s = 0,05 - \log. \text{dekrement konstrukčního útlumu} \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, tab. F.2}]$$

$$\delta_a = \frac{c_f \cdot \rho \cdot b \cdot v_m(z_s)}{2 \cdot n_1 \cdot m_e} = \frac{1 \cdot 1,25 \cdot 8 \cdot 34,83}{2 \cdot 2,76 \cdot 600} = 0,11$$

$$m_e = \frac{M}{h} = \frac{16790}{28} = 600 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$M = 16790 \text{ kg}$$

$$\delta_d = 0 - \log. \text{dekrement útlumu od zvláštního zařízení}$$

výkonová spektrální hustota

$$S_L(z_s, n_1) = \frac{6,8 \cdot f_L(z_s, n_1)}{(1 + 10,2 \cdot f_L(z_s, n_1))^{\frac{5}{3}}} = \frac{6,8 \cdot 4,20}{(1 + 10,2 \cdot 4,20)^{\frac{5}{3}}} = 0,052 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah B.2}]$$

Aerodynamické admitance

$$R_h(\eta_h) = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2 \cdot \eta_h^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot \eta_h}) = \frac{1}{10,21} - \frac{1}{2 \cdot 10,21^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot 10,21}) = 0,09 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah B.7}]$$

$$R_b(\eta_b) = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2 \cdot \eta_b^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot \eta_b}) = \frac{1}{2,92} - \frac{1}{2 \cdot 2,92^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot 2,92}) = 0,28$$

$$\eta_h = \frac{4,6 \cdot h}{L(z_s)} \cdot f_L(z_s, n_1) = \frac{4,6 \cdot 28}{52,98} \cdot 4,20 = 10,21 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah B.8}]$$

$$\eta_b = \frac{4,6 \cdot b}{L(z_s)} \cdot f_L(z_s, n_1) = \frac{4,6 \cdot 8}{52,98} \cdot 4,20 = 2,92$$

bezrozměrná frekvence

$$f_L(z_s, n_1) = n_1 \cdot \frac{L(z_s)}{v_m(z_s)} = 2,76 \cdot \frac{52,98}{34,83} = 4,20$$

základní vlastní frekvence konstrukce

$$n_1 = n_{1,x} = n_{1,y} = 2,76 \text{ Hz}$$

- **Součinitel síly**

Středový sloup – kruhový průřez

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 1,36 \cdot 0,91 = 1,24 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah 7.19}]$$

$$c_{f,0} = 1,2 + \frac{0,18 \cdot \log\left(10 \cdot \frac{k}{b}\right)}{1 + 0,4 \cdot \log\left(\frac{R_e}{10^6}\right)} = 1,2 + \frac{0,18 \cdot \log\left(10 \cdot \frac{0,2}{0,2985}\right)}{1 + 0,4 \cdot \log(0,777)} = 1,36$$

[ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.28]

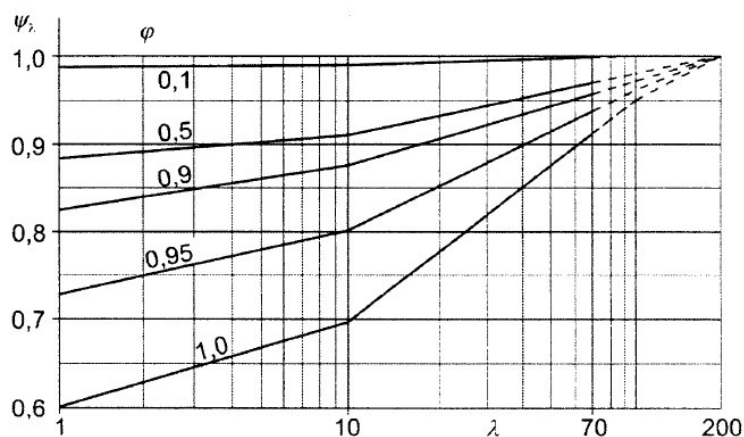
$$k = 0,2 \text{ mm} - \text{pozinkovaná ocel} \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, tab. 7.13}]$$

$$R_e = \frac{b \cdot v(z_e)}{v} = \frac{0,2985 \cdot 39,05}{15 \cdot 10^{-6}} = 7,77 \cdot 10^5 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah 7.15}]$$

$$v = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} - \text{kinematická viskozita vzduchu}$$

$$l = 28\,500 \text{ mm}; b = 298,5 \text{ mm} \Rightarrow \lambda \doteq 69 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, tab. 7.16}]$$

$$\varphi = 1,0 \Rightarrow \psi_\lambda = 0,91 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.36}]$$



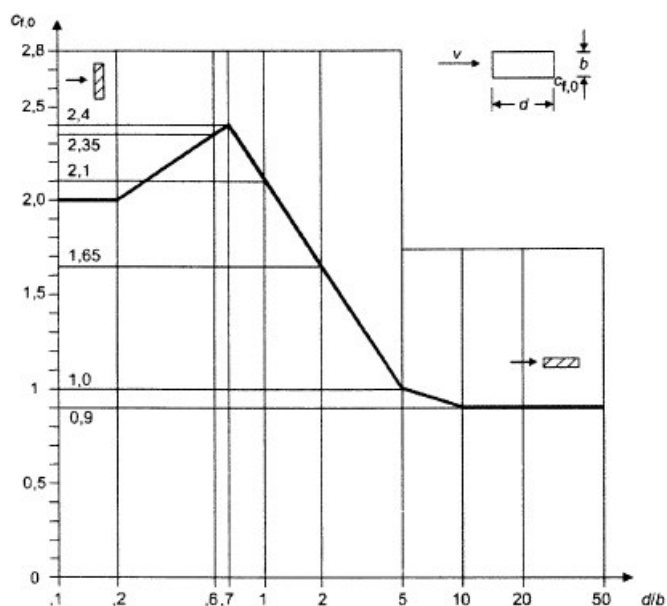
Vnitřní sloupy – obdélníkový průřez (vítr na kratší stranu)

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 2,0 \cdot 0,9 = 1,80$$

[ČSN EN 1991-1-4, vztah 7.19]

$$\frac{d}{b} = \frac{220}{160} = 1,375 \Rightarrow c_{f,0} = 2,0$$

[ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.23]



$$l = 24\,250\text{ mm}; b = 160\text{ mm} \Rightarrow \lambda \doteq 62$$

[ČSN EN 1991-1-4, tab. 7.16]

$$\varphi = 1,0 \Rightarrow \psi_\lambda = 0,90$$

[ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.36]

Vnitřní sloupy – obdélníkový průřez (vítr na delší stranu)

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 2,40 \cdot 0,90 = 2,16$$

[ČSN EN 1991-1-4, vztah 7.19]

$$\frac{d}{b} = \frac{160}{220} = 0,73 \Rightarrow c_{f,0} = 2,40$$

[ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.23]

$$l = 24\,250\text{ mm}; b = 220\text{ mm} \Rightarrow \lambda \doteq 59$$

[ČSN EN 1991-1-4, tab. 7.16]

$$\varphi = 1,0 \Rightarrow \psi_{\lambda} = 0,90 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.36}]$$

### Vnější pruty ve svislé rovině – obdélníkový průřez (vítr na kratší stranu)

#### 1. průřez 260x240mm

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_{\lambda} = 2,1 \cdot 0,85 = 1,79 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah 7.19}]$$

$$\frac{d}{b} = \frac{260}{240} = 1,08 \Rightarrow c_{f,0} = 2,1 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.23}]$$

$$l = 4\,035 \text{ mm}; b = 240 \text{ mm} \Rightarrow \lambda \doteq 43 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, tab. 7.16}]$$

$$\varphi = 1,0 \Rightarrow \psi_{\lambda} = 0,85 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.36}]$$

#### 2. průřez 260x200mm

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_{\lambda} = 1,0 \cdot 0,87 = 1,65 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah 7.19}]$$

$$\frac{d}{b} = \frac{260}{200} = 1,3 \Rightarrow c_{f,0} = 1,9 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.23}]$$

$$l = 4\,035 \text{ mm}; b = 200 \text{ mm} \Rightarrow \lambda \doteq 51 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, tab. 7.16}]$$

$$\varphi = 1,0 \Rightarrow \psi_{\lambda} = 0,87 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.36}]$$

#### 3. průřez 260x160mm

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_{\lambda} = 1,8 \cdot 0,9 = 1,62 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah 7.19}]$$

$$\frac{d}{b} = \frac{260}{160} = 1,625 \Rightarrow c_{f,0} = 1,8 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.23}]$$

$$l = 4\,035 \text{ mm}; b = 160 \text{ mm} \Rightarrow \lambda \doteq 64 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, tab. 7.16}]$$

$$\varphi = 1,0 \Rightarrow \psi_{\lambda} = 0,9 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.36}]$$

#### 4. průřez 260x120mm

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_{\lambda} = 1,65 \cdot 0,91 = 1,5 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah 7.19}]$$

$$\frac{d}{b} = \frac{260}{120} = 2,166 \Rightarrow c_{f,0} = 1,65 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.23}]$$

$$l = 4\,035 \text{ mm}; b = 120 \text{ mm} \Rightarrow \lambda \doteq 70 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, tab. 7.16}]$$

$$\varphi = 1,0 \Rightarrow \psi_{\lambda} = 0,91 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.36}]$$

### Vnější pruty ve svislé rovině – obdélníkový průřez (vítr na delší stranu)

#### 1. průřez 260x240mm

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_{\lambda} = 2,10 \cdot 0,85 = 1,79 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah 7.19}]$$

$$\frac{d}{b} = \frac{240}{260} = 0,93 \Rightarrow c_{f,0} = 2,10 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.23}]$$

$$l = 4\,035\text{ mm}; b = 260\text{ mm} \Rightarrow \lambda \doteq 39 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, tab. 7.16}]$$

$$\varphi = 1,0 \Rightarrow \psi_{\lambda} = 0,85 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.36}]$$

### 2. průřez 260x200mm

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_{\lambda} = 2,15 \cdot 0,85 = 1,83 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah 7.19}]$$

$$\frac{d}{b} = \frac{200}{260} = 0,79 \Rightarrow c_{f,0} = 2,15 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.23}]$$

$$l = 4\,035\text{ mm}; b = 260\text{ mm} \Rightarrow \lambda \doteq 39 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, tab. 7.16}]$$

$$\varphi = 1,0 \Rightarrow \psi_{\lambda} = 0,84 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.36}]$$

### 3. průřez 260x160mm

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_{\lambda} = 2,35 \cdot 0,85 = 2,00 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah 7.19}]$$

$$\frac{d}{b} = \frac{160}{260} = 0,64 \Rightarrow c_{f,0} = 2,35 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.23}]$$

$$l = 4\,035\text{ mm}; b = 260\text{ mm} \Rightarrow \lambda \doteq 39 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, tab. 7.16}]$$

$$\varphi = 1,0 \Rightarrow \psi_{\lambda} = 0,85 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.36}]$$

### 4. průřez 260x120mm

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_{\lambda} = 2,20 \cdot 0,85 = 1,87 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, vztah 7.19}]$$

$$\frac{d}{b} = \frac{120}{260} = 0,5 \Rightarrow c_{f,0} = 2,20 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.23}]$$

$$l = 4\,035\text{ mm}; b = 260\text{ mm} \Rightarrow \lambda \doteq 39 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, tab. 7.16}]$$

$$\varphi = 1,0 \Rightarrow \psi_{\lambda} = 0,85 \quad [\text{ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.36}]$$

### Vnější vodorovné pruty

[ČSN 73 0035, tab. 24]

$$C_{xp} = C_{xr} \cdot (1 + \eta) = 0,218 \cdot (1 + 0,93) = 0,421$$

$$\eta = 0,93$$

$$C_{xr} = C_x \cdot \varphi = 1,09 \cdot 0,2 = 0,218$$

$$C_x = 1,09$$

$$\varphi = 0,2$$

### Zbývající prvky – prostorová konstrukce

$$c_f = c_{f,0} \cdot \psi_{\lambda} = 2,4 \cdot 0,95 = 2,28$$

$$\varphi = 0,4 \Rightarrow c_{f,0} = 0,95$$

$$l = 28\,000\text{ mm}; b = 8000\text{ mm} \Rightarrow \lambda \doteq 6$$

$$\varphi = 0,4 \Rightarrow \psi_\lambda = 0,95$$

- **Výsledné síly působící na konstrukci**

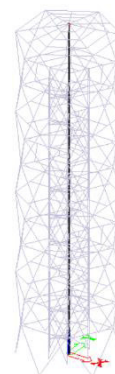
$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref}$$

[ČSN EN 1991-1-4, vztah 7.3]

$$w_e = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot b_{ref}$$

### Středový sloup – kruhový průřez

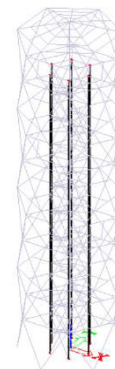
z [m]	$c_s c_d$ [-]	$c_f$ [-]	$q_p(z_e)$ [kNm <sup>-2</sup> ]	$b_{ref}$ [m]	$w_e$ [kNm <sup>-2</sup> ]
8,0	0,96	1,24	1,25	0,2985	<b>0,44</b>
11,0	0,96	1,24	1,42	0,2985	<b>0,50</b>
14,0	0,96	1,24	1,58	0,2985	<b>0,56</b>
17,0	0,96	1,24	1,68	0,2985	<b>0,60</b>
20,0	0,96	1,24	1,79	0,2985	<b>0,64</b>
28,0	0,96	1,24	2,02	0,2985	<b>0,72</b>



tab. 9: Zatížení větrem na středový sloup

### Vnitřní sloupy – obdélníkový průřez (vítr na kratší stranu)

z [m]	$c_s c_d$ [-]	$c_f$ [-]	$q_p(z_e)$ [kNm <sup>-2</sup> ]	$b_{ref}$ [m]	$w_e$ [kNm <sup>-2</sup> ]
8,0	0,96	1,80	1,25	0,160	<b>0,35</b>
11,0	0,96	1,80	1,42	0,160	<b>0,39</b>
14,0	0,96	1,80	1,58	0,160	<b>0,44</b>
17,0	0,96	1,80	1,68	0,160	<b>0,46</b>
20,0	0,96	1,80	1,79	0,160	<b>0,49</b>
28,0	0,96	1,80	2,02	0,160	<b>0,56</b>



tab. 10: Zatížení větrem na vnitřní sloup – vítr na kratší



Vnitřní sloupy – obdélníkový průřez (vítr na delší stranu)

z [m]	$c_s c_d$ [-]	$c_f$ [-]	$q_p(z_e)$ [kNm <sup>-2</sup> ]	$b_{ref}$ [m]	$w_e$ [kNm <sup>-2</sup> ]
8,0	0,96	2,16	1,25	0,220	<b>0,57</b>
11,0	0,96	2,16	1,42	0,220	<b>0,65</b>
14,0	0,96	2,16	1,58	0,220	<b>0,72</b>
17,0	0,96	2,16	1,68	0,220	<b>0,77</b>
20,0	0,96	2,16	1,79	0,220	<b>0,82</b>
28,0	0,96	2,16	2,02	0,220	<b>0,92</b>



tab. 11: Zatížení větrem na vnitřní sloup – vítr na delší stranu

Vnější pruty ve svislé rovině – obdélníkový průřez (vítr na kratší stranu)

z [m]	$c_s c_d$ [-]	$c_f$ [-]	$q_p(z_e)$ [kNm <sup>-2</sup> ]	$b_{ref}$ [m]	$w_e$ [kNm <sup>-2</sup> ]
8,0	0,96	1,79	1,25	0,260	<b>0,56</b>
11,0	0,96	1,65	1,42	0,240	<b>0,54</b>
14,0	0,96	1,65	1,58	0,240	<b>0,60</b>
17,0	0,96	1,62	1,68	0,180	<b>0,46</b>
20,0	0,96	1,62	1,79	0,180	<b>0,49</b>
28,0	0,96	1,50	2,02	0,140	<b>0,41</b>



tab. 12: Zatížení větrem na svislé pruty – vítr na kratší stranu

Vnější pruty ve svislé rovině – obdélníkový průřez (vítr na delší stranu)

z [m]	$c_s c_d$ [-]	$c_f$ [-]	$q_p(z_e)$ [kNm <sup>-2</sup> ]	$b_{ref}$ [m]	$w_e$ [kNm <sup>-2</sup> ]
8,0	0,96	1,79	1,25	0,260	<b>0,56</b>
11,0	0,96	1,83	1,42	0,260	<b>0,65</b>
14,0	0,96	1,83	1,58	0,260	<b>0,72</b>
17,0	0,96	2,00	1,68	0,260	<b>0,84</b>
20,0	0,96	2,00	1,79	0,260	<b>0,89</b>
28,0	0,96	1,87	2,02	0,260	<b>0,94</b>



tab. 13: Zatížení větrem na svislé pruty – vítr na delší stranu

Vnější vodorovné pruty – zatížení kolmo na úhlopříčku

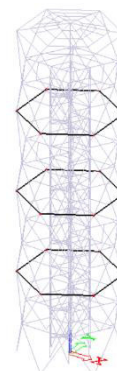
$$w_e = b \cdot C_{xp} \cdot \chi_w \cdot w_0$$

[ČSN 73 0035, tab. 24]

$$\psi = 1,2$$



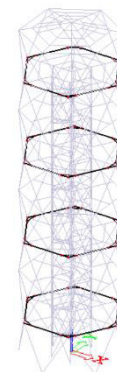
z [m]	b [m]	$C_{xp} \cdot \psi$ [-]	$w_0$ [kNm <sup>-2</sup> ]	$\chi_w$ [m]	$w_e$ [kNm <sup>-2</sup> ]
8,0	4,00	0,505	0,45	1,00	<b>0,91</b>
11,0	4,00	0,505	0,45	1,03	<b>0,94</b>
14,0	4,00	0,505	0,45	1,09	<b>0,99</b>
17,0	4,00	0,505	0,45	1,15	<b>1,05</b>
20,0	4,00	0,505	0,45	1,20	<b>1,09</b>
28,0	4,00	0,505	0,45	1,31	<b>1,18</b>



tab. 14: Zatížení větrem na vodorovné pruty

Vnější vodorovné pruty

z [m]	b [m]	$C_{xp}$ [-]	$w_0$ [kNm <sup>-2</sup> ]	$\chi_w$ [m]	$w_e$ [kNm <sup>-2</sup> ]
8,0	4,00	0,421	0,45	1,00	<b>0,76</b>
11,0	4,00	0,421	0,45	1,03	<b>0,78</b>
14,0	4,00	0,421	0,45	1,09	<b>0,83</b>
17,0	4,00	0,421	0,45	1,15	<b>0,87</b>
20,0	4,00	0,421	0,45	1,20	<b>0,91</b>
28,0	4,00	0,421	0,45	1,31	<b>0,99</b>



tab. 15: Zatížení větrem na vodorovné pruty

Zbývající prvky

$$F_{w,1} = \frac{F_w}{n} = \frac{F_w}{6} - \text{rozpočítáno na jednotlivé sloupy}$$

$$A_{ref} = A \cdot \varphi$$

z [m]	$c_s c_d$ [-]	$c_f$ [-]	$q_p(z_e)$ [kNm <sup>-2</sup> ]	$A_{ref}$ [m <sup>2</sup> ]	$F_{w,1}$ [kN]
8,0	0,96	2,28	1,25	1,44	<b>0,69</b>
11,0	0,96	2,28	1,42	0,25	<b>0,14</b>
14,0	0,96	2,28	1,58	0,25	<b>0,15</b>
17,0	0,96	2,28	1,68	0,25	<b>0,16</b>
20,0	0,96	2,28	1,79	0,25	<b>0,17</b>
28,0	0,96	2,28	2,02	1,44	<b>1,12</b>

tab. 16: Zatížení větrem na zbývající prvky

- **Vítr působící na střechu**

Součinitele větru byly stanoveny podle normy pro sedlové střechy – úhel  $\alpha = 13^\circ$ .

$$z_e = 28,0 \text{ m}$$

$\varphi = 0^\circ$  – prázdný příštřešek

[ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.15]

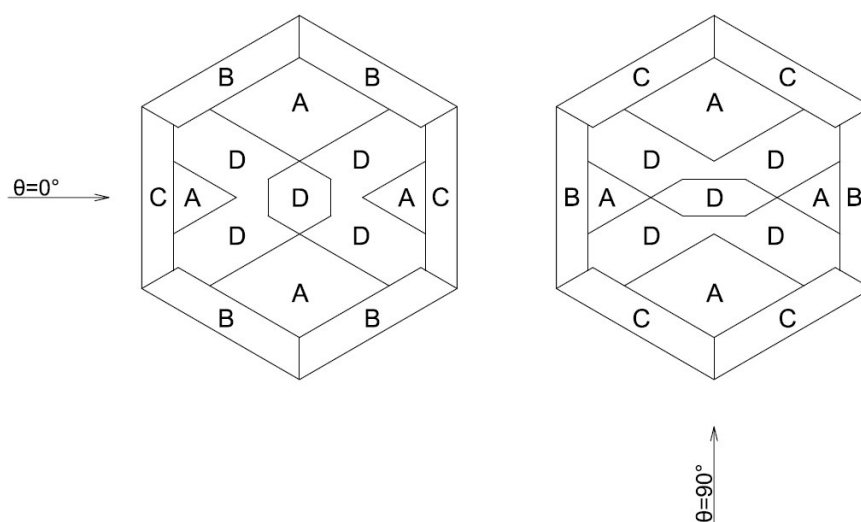
$$w_{net} = q_p(z_e) \cdot c_{p,net}$$

$$q_p(z_e) = 2,02 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$c_{p,net}$  – dle normy

[ČSN EN 1991-1-4, tab. 7.7]

[ČSN EN 1991-1-4, obr. 7.8]



obr. 47: Oblasti větru na příštřešek

maximální hodnoty – tlak na střechu

		oblast A	oblast B	oblast C	oblast D
$\alpha^+$	$c_{p,net}$	0,82	1,86	1,40	0,40
	$w_{net}$	<b>1,66</b>	<b>3,76</b>	<b>2,83</b>	<b>0,81</b>
$\alpha^-$	$c_{p,net}$	0,60	1,46	0,74	1,28
	$w_{net}$	<b>1,21</b>	<b>2,95</b>	<b>1,49</b>	<b>2,59</b>

tab. 17: Zatížení větrem na příštřešek – tlak

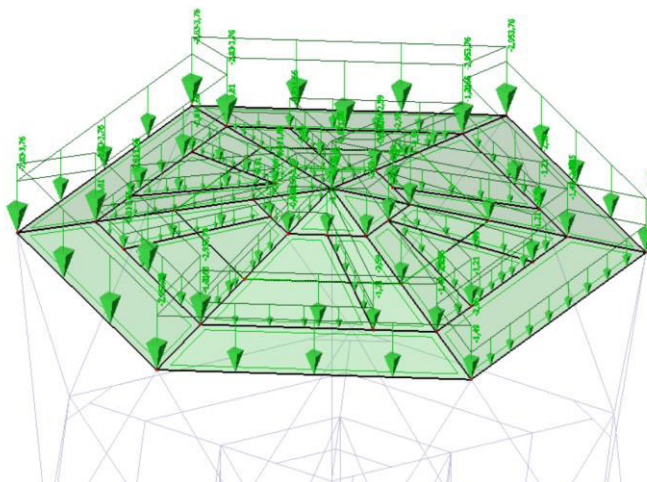


maximální hodnoty – sání na střechu

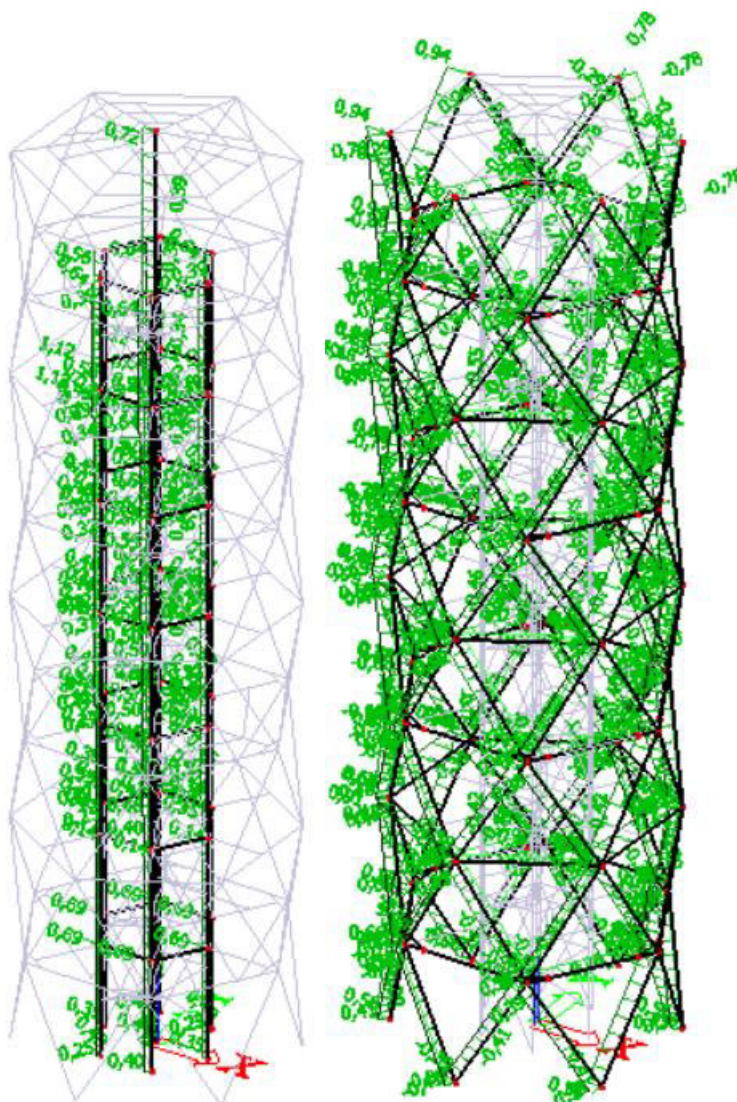
		oblast A	oblast B	oblast C	oblast D
$\alpha^+$	$C_{p,net}$	-0,82	-1,62	-1,40	-1,56
	$W_{net}$	<b>-1,66</b>	<b>-3,27</b>	<b>-2,83</b>	<b>-3,15</b>
$\alpha^-$	$C_{p,net}$	-0,80	-1,30	-1,56	-0,60
	$W_{net}$	<b>-1,62</b>	<b>-2,63</b>	<b>-3,15</b>	<b>-1,21</b>

tab. 18: Zatížení větrem na přístřešek – sání

- ZS6 A\_a – zatížení zde působí ve směru osy +X + na střechu působí tlak



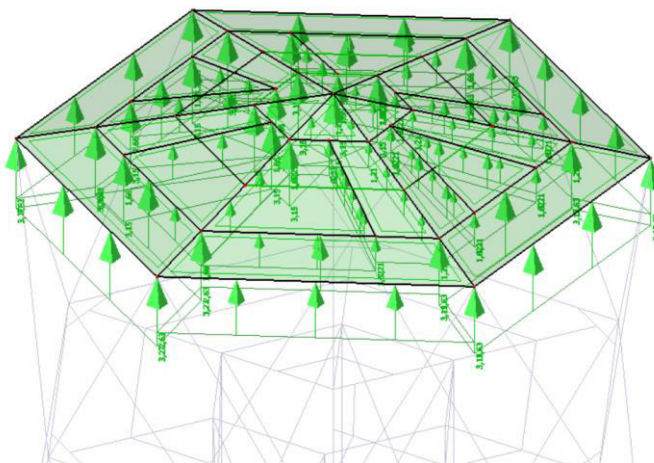
obr. 48: Zatížení větrem na přístřešek



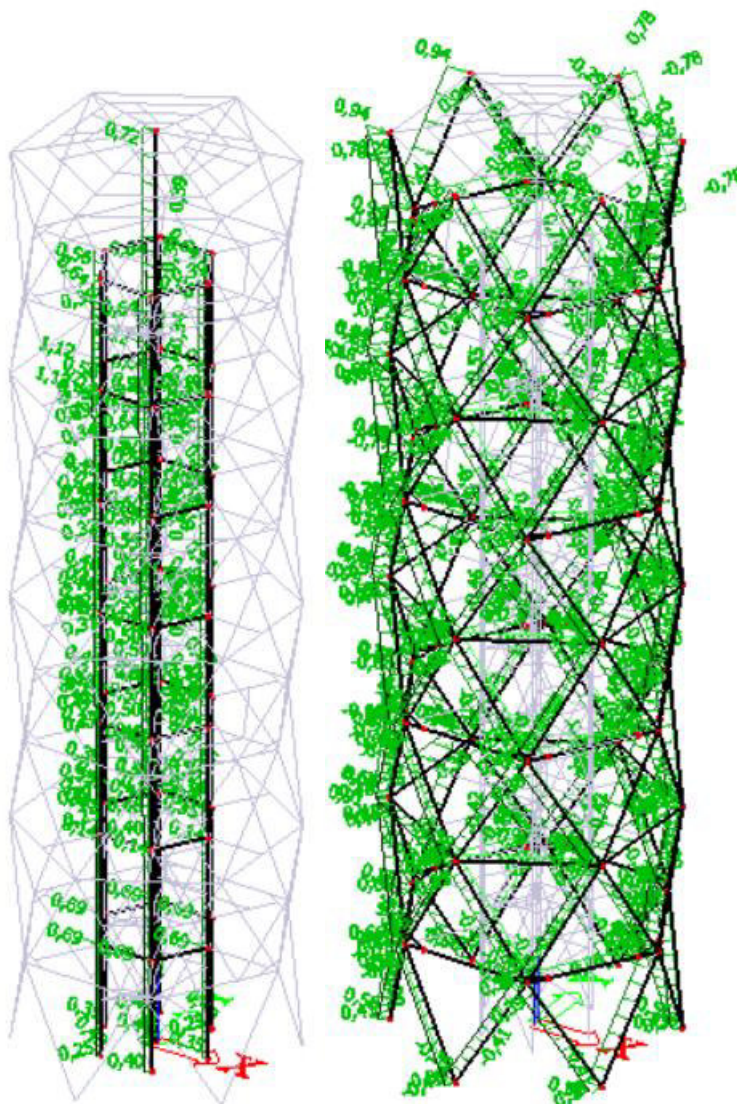
obr. 49: Zatížení větrem na konstrukci



- ZS6 A\_b – zatížení zde působí ve směru osy +X + na střechu působí sání



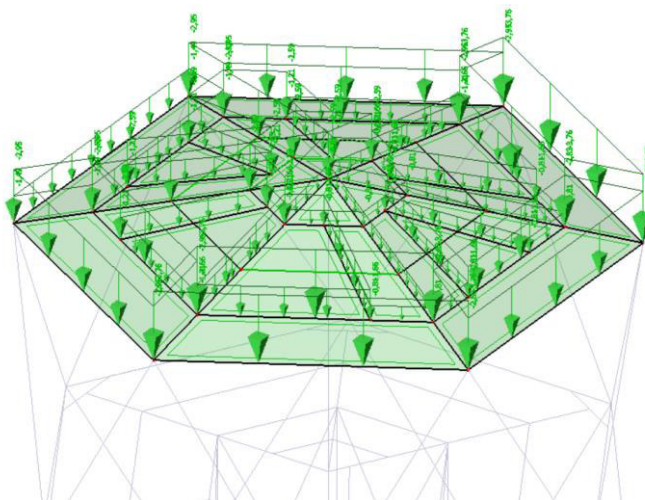
obr. 50: Zatížení větrem na přístřešek



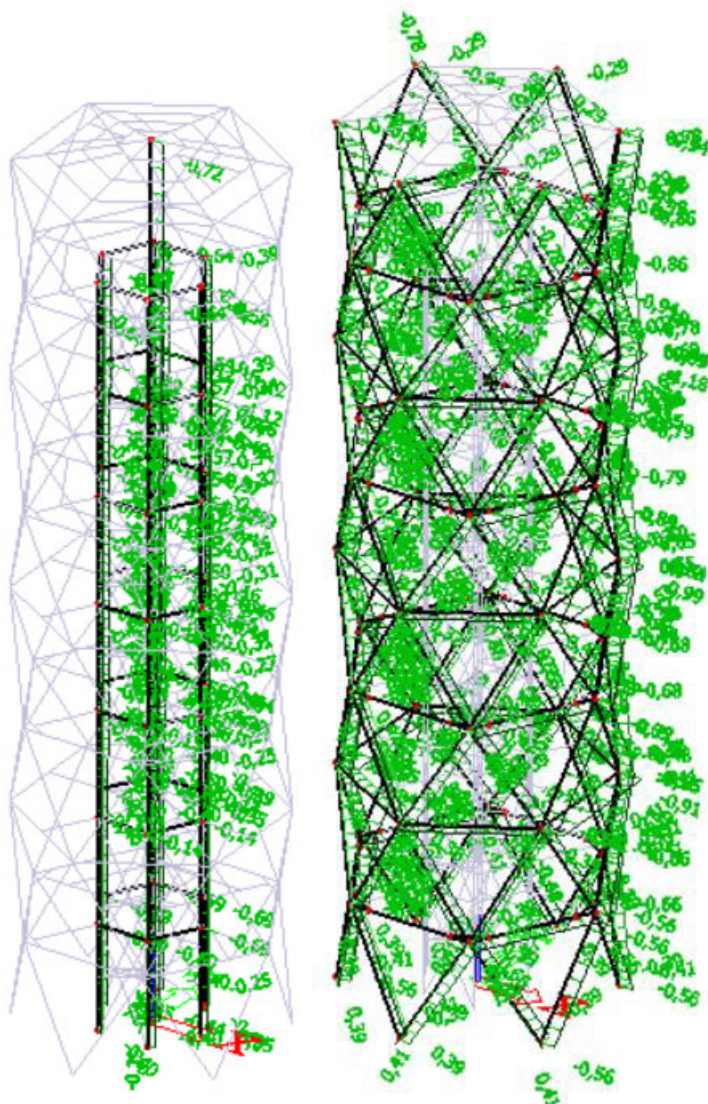
obr. 51: Zatížení větrem na konstrukci



- ZS6 B\_a – zatížení zde působí ve směru osy -X + na střechu působí tlak

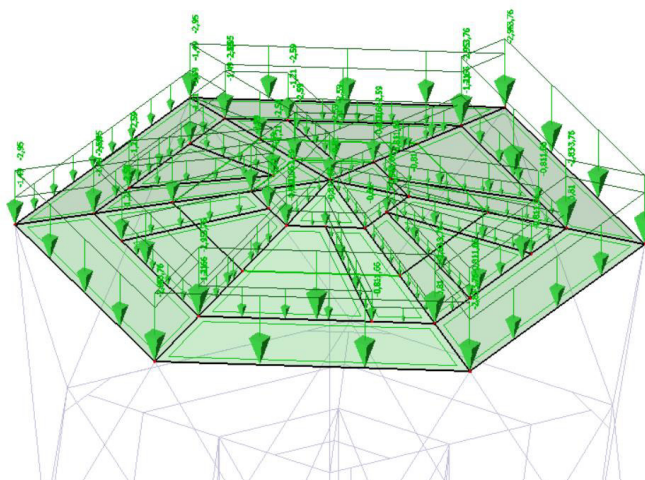


obr. 52: Zatížení větrem na přístřešek

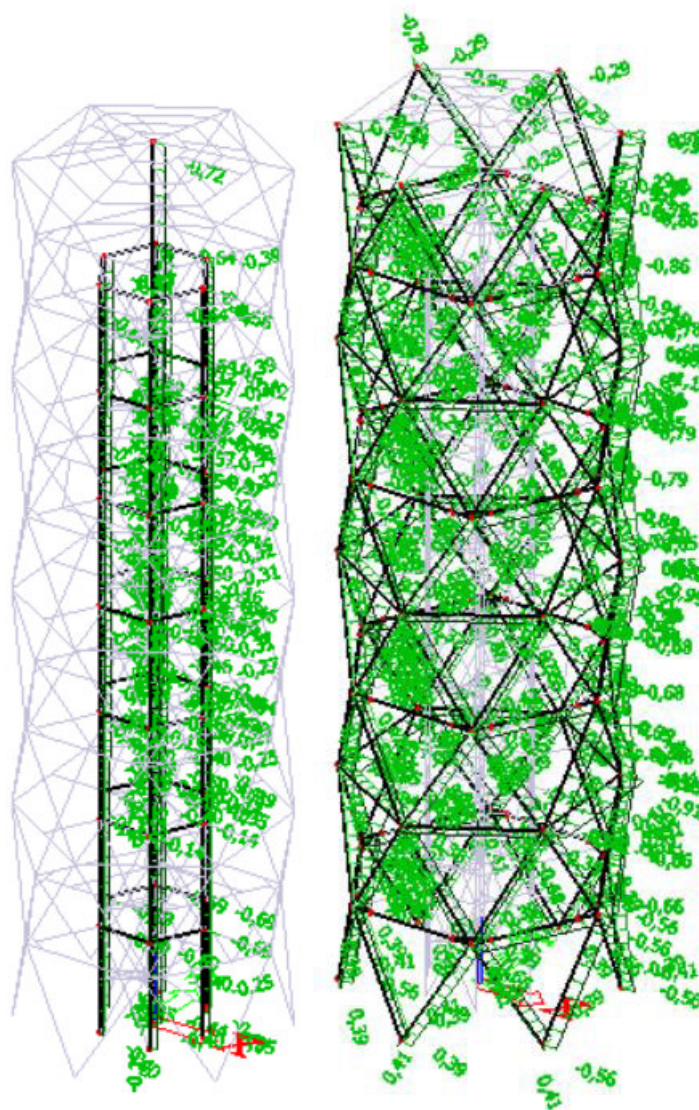


obr. 53: Zatížení větrem na konstrukci

- ZS6 B\_b – zatížení zde působí ve směru osy -X + na střechu působí sání



obr. 54: Zatížení větrem na přístřešek

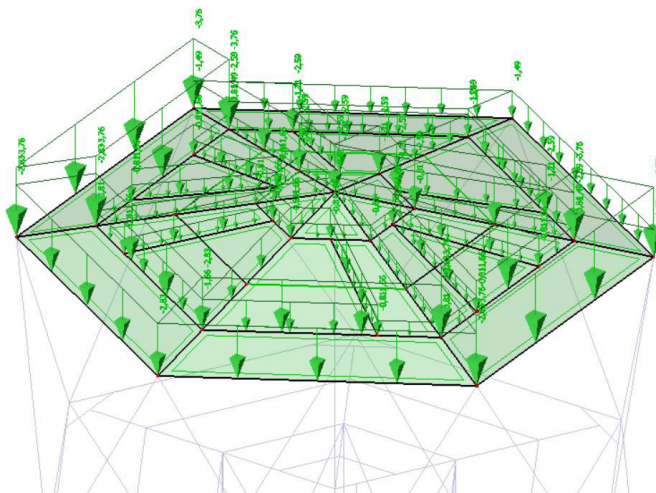


obr. 55: Zatížení větrem na konstrukci

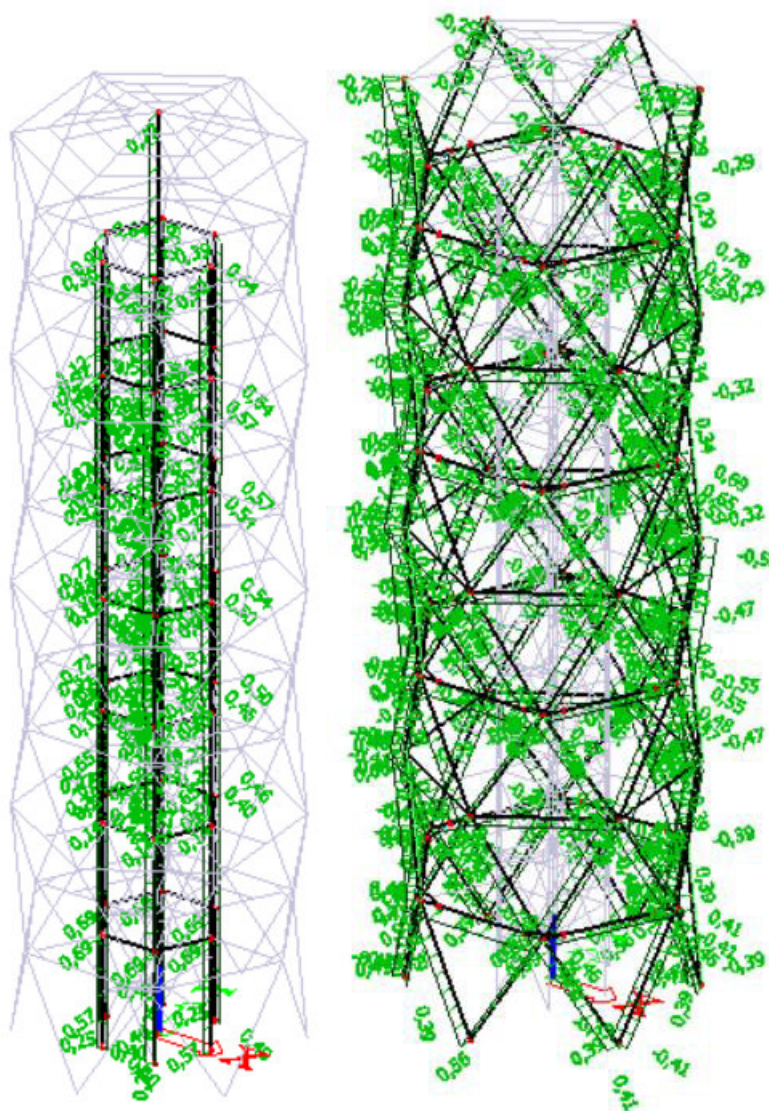




- ZS6 C\_a – zatížení zde působí ve směru osy +Y + na střechu působí tlak



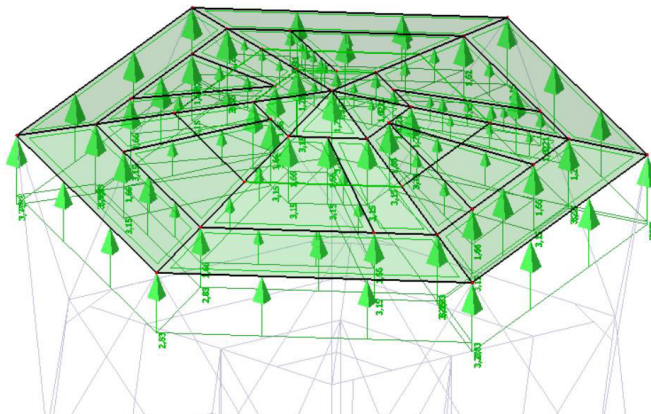
obr. 56: Zatížení větrem na přístřešek



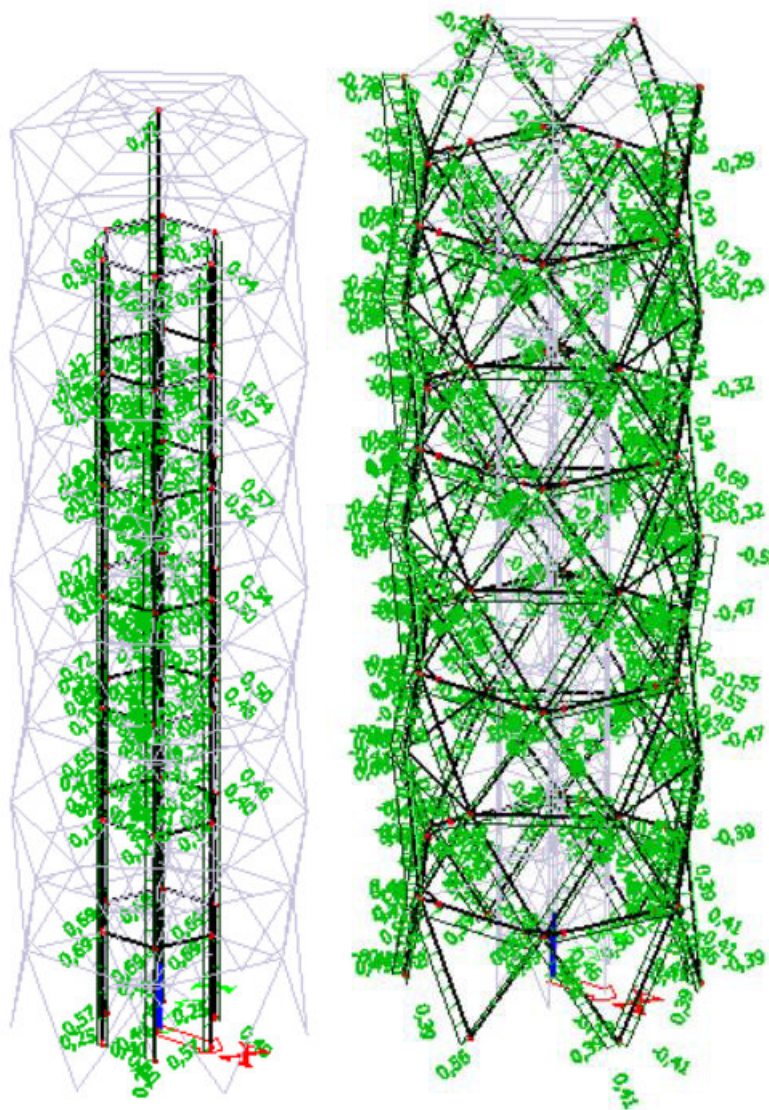
obr. 57: Zatížení větrem na konstrukci



- ZS6 C\_b – zatížení zde působí ve směru osy +Y + na střechu působí sání



obr. 58: Zatížení větrem na přístřešek

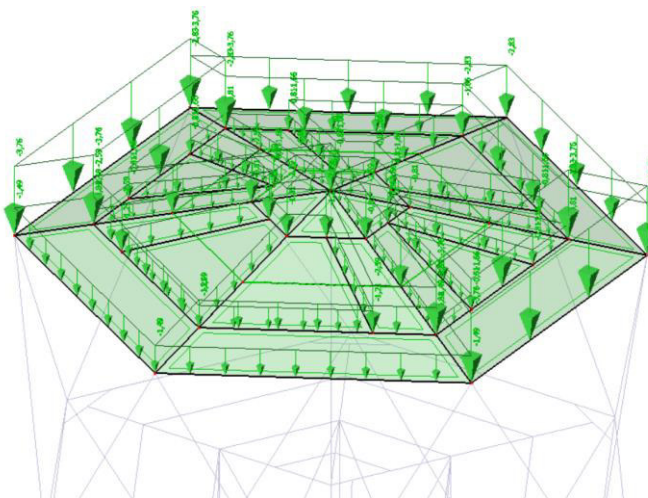


obr. 59: Zatížení větrem na konstrukci

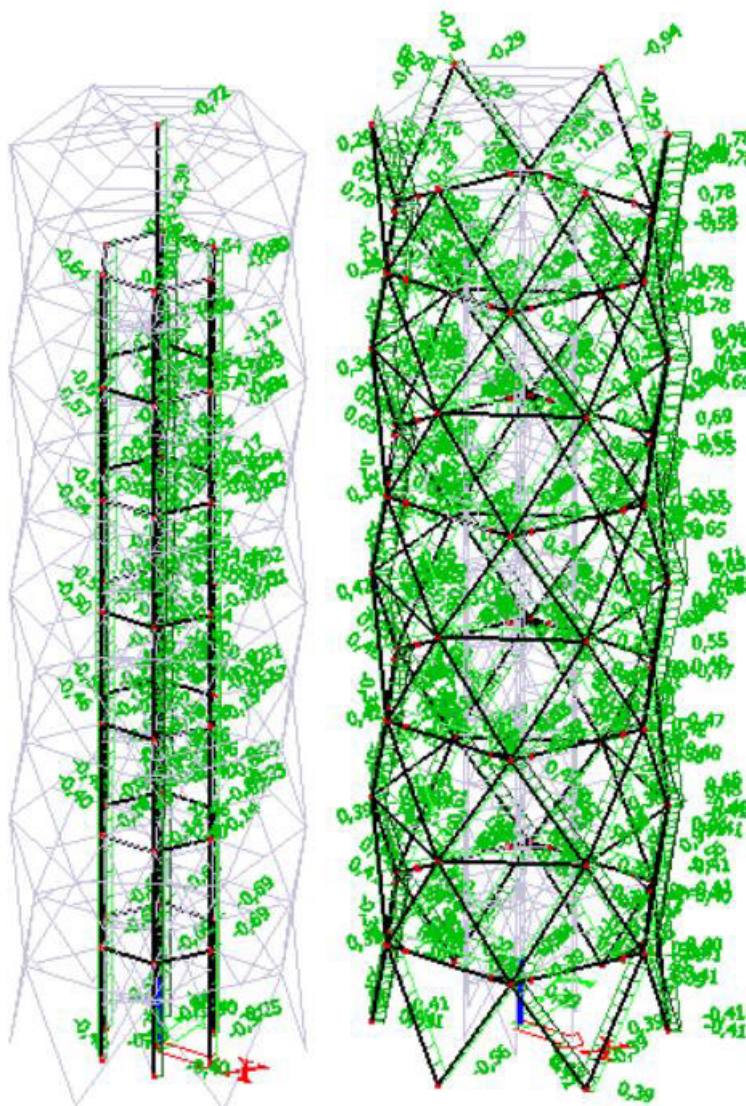




- ZS6 D\_a – zatížení zde působí ve směru osy -Y + na střechu působí tlak

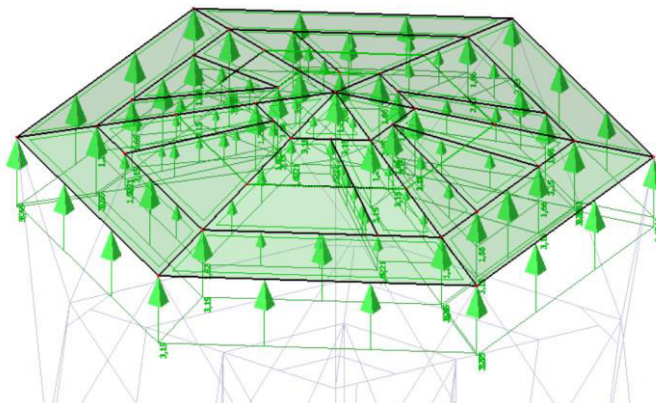


obr. 60: Zatížení větrem na přístřešek

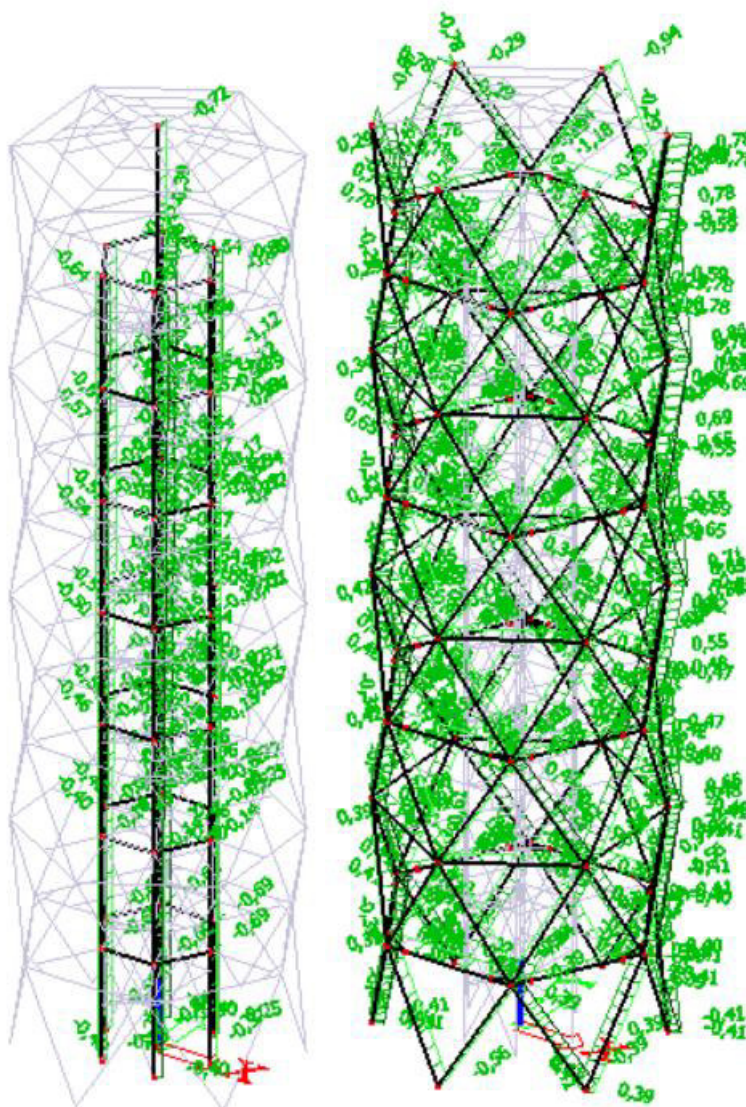


obr. 61: Zatížení větrem na konstrukci

- ZS6 D\_b – zatížení zde působí ve směru osy -Y + na střechu působí sání



obr. 62: Zatížení větrem na přístřešek



obr. 63: Zatížení větrem na konstrukci





## 5 ZATĚŽOVACÍ STAVY

### 5.1 Rekapitulace zatěžovacích stavů

- vlastní tíha ZS1
- ostatní stálé ZS2
- užité zatížení na schodišti ZS3 A\_a – ZS3 A-d  
ZS3 B\_a – ZS3 B-d  
ZS3 C\_a – ZS3 C-d  
ZS3 D\_a – ZS3 D-d
- užité zatížení na plošinách ZS4 A – ZS4 F
- sníh ZS5 A – ZS5 C
- vítr ZS6 A\_a – ZS6 A\_b  
ZS6 B\_a – ZS6 B\_b  
ZS6 C\_a – ZS6 C\_b  
ZS6 D\_a – ZS6 D\_b

### 5.2 Skupiny zatěžovacích stavů

Název skupiny	Zatěžovací stavy	Typ skupiny	Třída trvání zatížení
stálé	ZS1 – ZS2	standard	stálé
užité na schodišti	ZS3 A_a – ZS3 D_d	výběrová	krátkodobé
užité na plošinách	ZS3 A – ZS3 F	standard	krátkodobé
sníh	ZS5 A – ZS5 C	výběrová	střednědobé
vítr	ZS6 A_a – ZS6 D_b	výběrová	krátkodobé

tab. 19: Skupiny zatěžovacích stavů

Typ skupiny zatížení ovlivňuje, jak budou jednotlivé zatěžovací stavy mezi sebou kombinovány. Stavy určují, které stavy spolu mohou a nesmí působit.

**Výběrová** – žádné dva zatěžovací stavy v této skupině nesmí působit společně.

**Standard** – kterékoli zatěžovací stavy v této skupině mohou působit společně.



## 6 KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

Kombinace zatěžovacích stavů jsou vytvořeny v softwarovém systému Scia Engineer 2014. Jsou vygenerovány kombinace pro mezní stav únosnosti (MSÚ) a pro mezní stav použitelnosti (MSP). Ve výpočtu jsou uvažovány nejvíce nepříznivé účinky z jednotlivých kombinací.

### 6.1 Kombinace zatěžovacích stavů pro MSÚ

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

dílčí součinitele zatížení:

$$\gamma_G = 1,35 \quad (1,0)$$

$$\gamma_Q = 1,5$$

kombinační součinitele:

$$\psi_0 = 0,5; \psi_2 = 0 \quad \text{pro zatěžovací stav obsahující zatížení sněhem}$$

$$\psi_0 = 0,6; \psi_2 = 0 \quad \text{pro zatěžovací stav obsahující zatížení větrem}$$

[ČSN EN 1990, tab. A1.1]

### 6.2 Kombinace zatěžovacích stavů pro MSP

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

kombinační součinitele:

$$\psi_0 = 0,5; \psi_2 = 0 \quad \text{pro zatěžovací stav obsahující zatížení sněhem}$$

$$\psi_0 = 0,6; \psi_2 = 0 \quad \text{pro zatěžovací stav obsahující zatížení větrem}$$

[ČSN EN 1990, tab. A1.1]



### 6.3 Klíč kombinací

Jméno	Popis kombinací
1	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3 A_c*1,05 +ZS4 A*1,05 +ZS4 B*1,05 +ZS4 C*1,05 +ZS4 D*1,05 +ZS4 E*1,05 +ZS4 F*1,05 +ZS5 A*0,75 +ZS6B_a*1,50
2	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3 A_c*1,50 +ZS4 A*1,05 +ZS4 B*1,05 +ZS4 C*1,05 +ZS4 D*1,05 +ZS4 E*1,05 +ZS4 F*1,05 +ZS5 A*0,75 +ZS6A_a*0,90
3	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3 A_c*1,05 +ZS6D_b*1,50
4	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3 A_a*1,05 +ZS4 A*1,05 +ZS4 B*1,05 +ZS4 D*1,05 +ZS4 F*1,05 +ZS5 A*0,75 +ZS6C_a*1,50
5	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3 A_c*1,05 +ZS4 A*1,05 +ZS4 B*1,05 +ZS4 C*1,05 +ZS4 D*1,05 +ZS4 E*1,05 +ZS4 F*1,05 +ZS5 A*0,75 +ZS6D_a*1,50
6	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3 A_b*1,05 +ZS6A_b*1,50
7	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS4 D*1,05 +ZS5 A*0,75 +ZS6D_a*1,50 +ZS3 D_d*1,05
8	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS4 A*1,05 +ZS4 B*1,05 +ZS4 C*1,05 +ZS4 E*1,05 +ZS4 F*1,05 +ZS6D_b*1,50 +ZS3 E_c*1,05
9	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3 A_b*1,05 +ZS4 B*1,05 +ZS4 F*1,05 +ZS6A_b*1,50
10	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3 A_c*1,05 +ZS4 A*1,05 +ZS4 C*1,05 +ZS4 D*1,05 +ZS4 E*1,05 +ZS5 A*0,75 +ZS6B_a*1,50
11	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3 A_c*1,05 +ZS4 C*1,05 +ZS4 E*1,05 +ZS4 F*1,05 +ZS5 A*0,75 +ZS6D_a*1,50
12	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3 A_b*1,05 +ZS4 A*1,05 +ZS4 B*1,05 +ZS4 D*1,05 +ZS6C_b*1,50
13	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3 A_c*1,50 +ZS4 A*1,05 +ZS4 B*1,05 +ZS4 C*1,05 +ZS4 E*1,05 +ZS4 F*1,05 +ZS5 A*0,75 +ZS6C_a*0,90

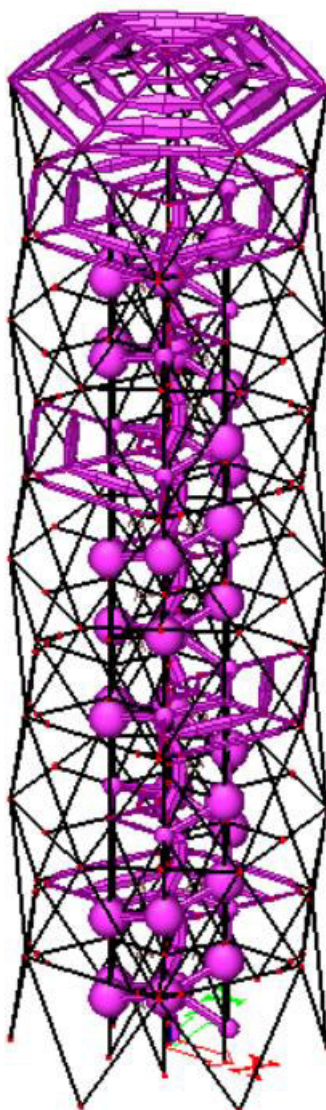
tab. 20: Klíč kombinací

## 7 DYNAMICKÉ VLASTNOSTI KONSTRUKCE

Vliv dynamických vlastností konstrukce je vyjádřen pomocí dynamického součinitele konstrukce  $c_d$ . Aby mohl být tento součinitel určen, byla do výpočtového modelu zavedena modální analýza konstrukce. Pro odezvu konstrukce je významné kmitání v základním tvaru ve směru větru.

Pro výpočet příslušných vlastních frekvencí a vlastních tvarů byla konstrukce charakterizována dvěma skupinami hmot:

- 1. hmota – vlastní tíha konstrukce vyhlídkové věže
- 2. hmota – tíha ostatního stálého zatížení



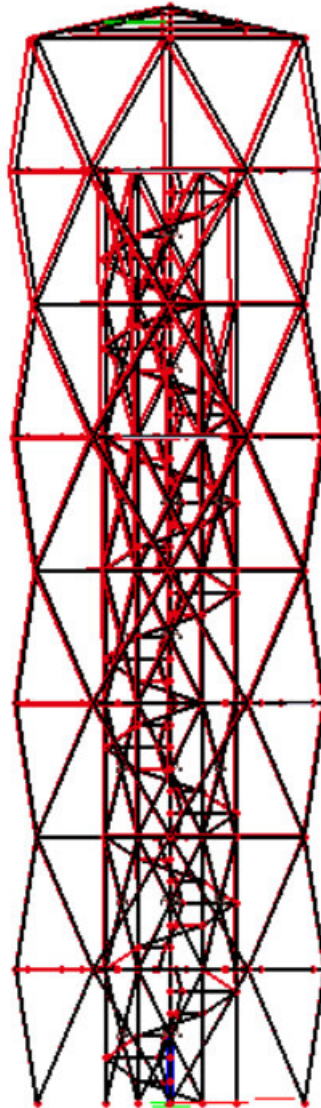
obr. 64: Hmota 2



Pomocí modální analýzy byly zjištěny vlastní tvary a příslušné vlastní frekvence:

$n_{x,1} = 2,76 \text{ Hz}$  – frekvence příslušná 1. vlastnímu tvaru kmitání ve směru osy  $x$

$n_{y,1} = 2,76 \text{ Hz}$  – frekvence příslušná 1. vlastnímu tvaru kmitání ve směru osy  $y$



obr. 65: První vlastní tvar kmitání



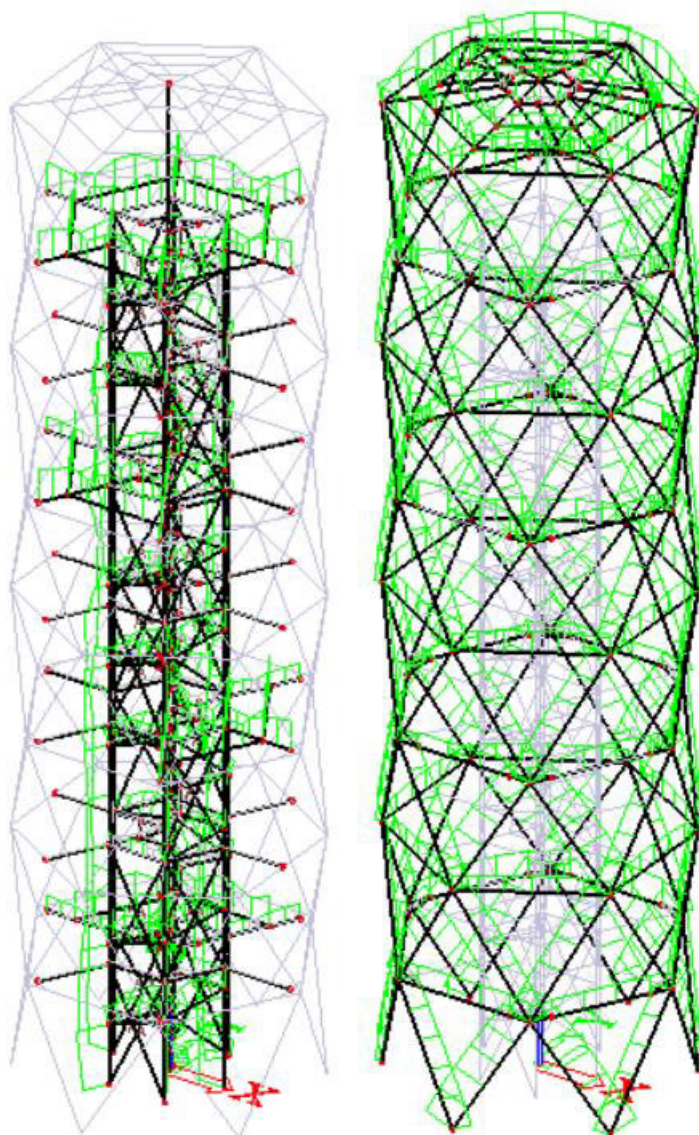


## 8 POSUDKY PRVKŮ KONSTRUKCE

Pruty byly posouzeny dle normy ČSN EN 1995-1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby a ČSN EN 1993-1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby na mezní stav únosnosti (MSÚ) s uvážením vlivu ztráty stability a na mezní stav použitelnosti (MSP).

Mezní stav únosnosti byl posouzen statickým a softwarovým systémem Scia Engineer 2014. Byly posouzeny nejvíce namáhané pruty na konstrukci.

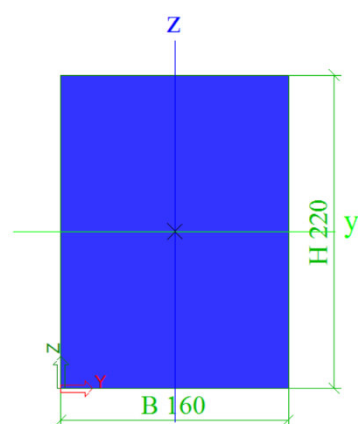
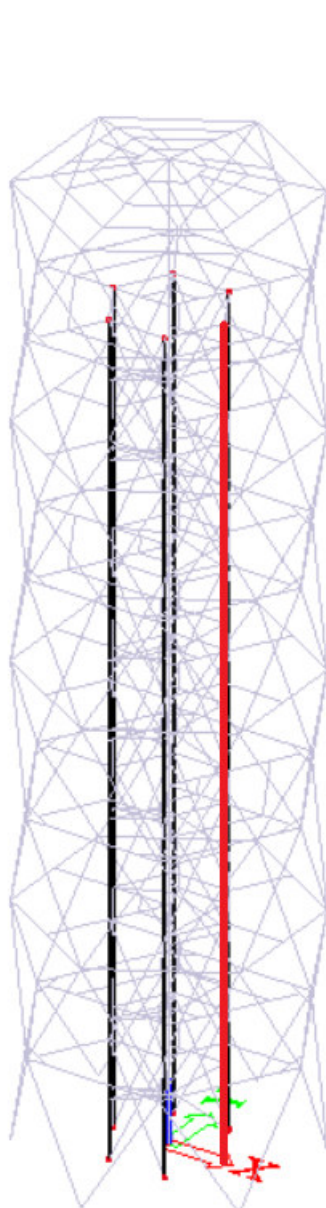
Mezní stav použitelnosti byl posouzen statickým a softwarovým systémem Scia Engineer 2014. Byly posouzeny jednotlivé pruty na relativní deformace a konstrukce jako celek na přemístění uzlů.



obr. 66: Posudek všech prvků konstrukce



## 8.1 Vnitřní sloupy



vnitřní sloupy - OBDEL

### Průřezové charakteristiky

A	3,5200e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>y</sub>	2,9333e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>z</sub>	2,9333e-02	m <sup>2</sup>
AL	7,6000e-01	m <sup>2</sup> /m
AD	7,6000e-01	m <sup>2</sup> /m
cYUSS	80	mm
cZUSS	110	mm
α	0,00	deg
I <sub>y</sub>	1,4197e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	7,5093e-05	m <sup>4</sup>
i <sub>y</sub>	64	mm
i <sub>z</sub>	46	mm
W <sub>ely</sub>	1,2907e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>eiz</sub>	9,3867e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>ply</sub>	1,5775e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>plz</sub>	1,1473e-03	m <sup>3</sup>
M <sub>ply+</sub>	3,79e+04	Nm
M <sub>ply-</sub>	3,79e+04	Nm
M <sub>plz+</sub>	2,75e+04	Nm
M <sub>plz-</sub>	2,75e+04	Nm
d <sub>y</sub>	0	mm
d <sub>z</sub>	0	mm
I <sub>t</sub>	1,6612e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	3,3118e-08	m <sup>6</sup>
β <sub>y</sub>	0	mm
β <sub>z</sub>	0	mm

obr. 67: Poloha prvku, průřezové charakteristiky

Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:  $N_{Ed} = -161,17 \text{ kN}$

$$V_{y,Ed} = -4,52 \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} = -1,65 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = -2,00 \text{ kN}$$

- posouzení na tlak

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{161,17 \cdot 10^3}{3,52 \cdot 10^4} = 4,57 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.2]

$$\frac{4,57}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,35 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,Ed}}{A} = \frac{3,17 \cdot 10^3}{3,52 \cdot 10^4} = 0,10 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.3]

$$\frac{0,10}{1,0 \cdot 1,52} \leq 1,0$$

$$0,07 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení na ohyb

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{1,65 \cdot 10^3}{1,21 \cdot 10^{-3}} = 1,36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{2,0 \cdot 10^3}{9,387 \cdot 10^{-4}} = 2,13 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.11]

$$\frac{1,36}{13,44} + 0,7 \cdot \frac{2,13}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,21 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.12]

$$0,7 \cdot \frac{1,36}{13,44} + \frac{2,13}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,23 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kombinaci tlaku a ohybu

vzpěrná délka:  $L_{cr} = L_{cr,y} = L_{cr,z} = 3,464 \text{ m}$

kritická štíhlost:  $\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{3464}{64} = 54,13$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_z} = \frac{3464}{46} = 75,30$$

poměrná štíhlost:  $\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{54,13}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9667}} = 0,86 > 0,3$  **VYHOVUJE**

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.21]

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{75,30}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9667}} = 1,19 > 0,3$$
 **VYHOVUJE**

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.22]

součinitel vzpěrnosti:  $\beta_c = 0,1$  - součinitel pro prvky splňující meze zakřivení pro lepené lamelové dřevo

$$k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5[1 + 0,1(0,86 - 0,3) + 0,86^2] = 0,90$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.27]

$$k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5[1 + 0,1(1,19 - 0,3) + 1,19^2] = 1,25$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.28]

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,90 + \sqrt{0,90^2 - 0,6^2}} = 0,64$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.25]

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,25 + \sqrt{1,25^2 - 1,19^2}} = 0,61$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.26]

návrhové napětí v tlaku:  $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{161,17 \cdot 10^3}{3,52 \cdot 10^4} = 4,57 \text{ MPa}$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.23]

$$\frac{4,57 \cdot 10^6}{0,64 \cdot 13,44 \cdot 10^6} + \frac{1,36 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot \frac{2,13 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

$$0,74 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.24]

$$\frac{4,57 \cdot 10^6}{0,61 \cdot 13,44 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot \frac{1,36 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + \frac{2,13 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

$$0,74 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na klopení

moment setrvačnosti v kroucení:

$$I_{tor} \approx \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{b}{h} \cdot \left( 1 - \frac{b^4}{12 \cdot h^4} \right) \right] \cdot b^3 \cdot h$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{0,16}{0,22} \cdot \left( 1 - \frac{0,16^4}{12 \cdot 0,22^4} \right) \right] \cdot 0,16^3 \cdot 0,22 = 1,660 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

účinná délka:

$$l_{eff} = 0,9 \cdot l + 0,2 \cdot h = 0,9 \cdot 3,464 + 0,2 \cdot 0,22 = 3,162 \text{ m}$$

[ČSN EN 1995-1-1, tab. 6.1]

kritické napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor}}}{l_{eff} \cdot W_y}$$

$$= \frac{\pi \cdot \sqrt{9,667 \cdot 10^9 \cdot 7,509 \cdot 10^{-5} \cdot 0,60 \cdot 10^9 \cdot 1,66 \cdot 10^{-4}}}{3,162 \cdot 1,291 \cdot 10^{-3}} = 206,93 \text{ MPa}$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.31]



poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24 \cdot 10^6}{206,93 \cdot 10^6}} = 0,34 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.30}]$$

součinitel klopení:

$$k_{crit} = 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.34}]$$

návrhové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,d} = \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{1,65 \cdot 10^3}{1,21 \cdot 10^{-3}} = 1,36 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \leq 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.33}]$$

$$\frac{1,39}{1,0 \cdot 13,44} \leq 1,0$$

$$0,10 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.35}]$$

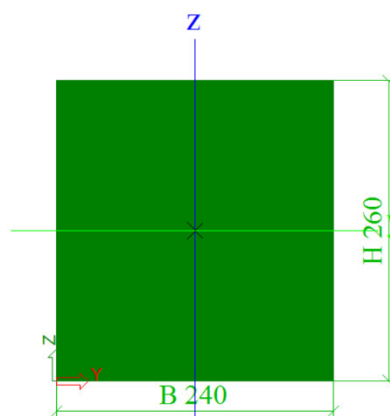
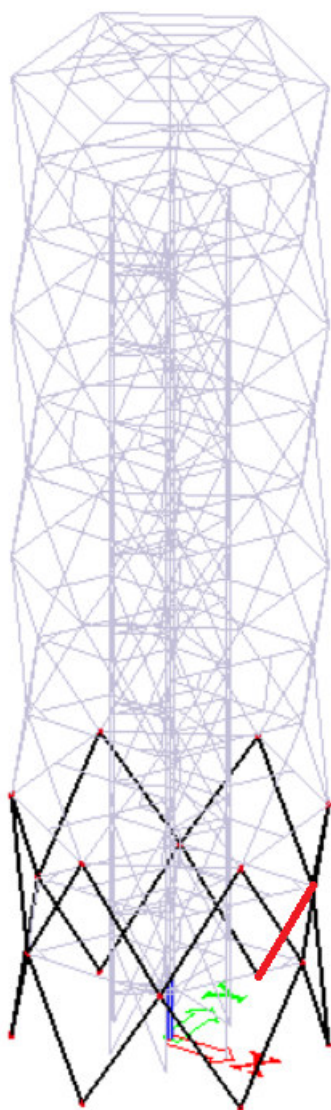
$$\left( \frac{1,39}{1,0 \cdot 13,44} \right)^2 + \frac{4,57}{0,61 \cdot 13,44} \leq 1,0$$

$$0,57 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

Výsledky z posouzení ve statickém a softwarovém systému Scia Engineer 2014 jsou k dispozici v **příloze**.

## 8.2 Vnější pruty ve svislé rovině (1. průřez)



vnější pruty ve svislé rovině 1 - OBDEL

### Průřezové charakteristiky

A	6,2400e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>y</sub>	5,2000e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>z</sub>	5,2000e-02	m <sup>2</sup>
AL	1,0000e+00	m <sup>2</sup> /m
AD	1,0000e+00	m <sup>2</sup> /m
cYUSS	120	mm
cZUSS	130	mm
α	0,00	deg
I <sub>y</sub>	3,5152e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	2,9952e-04	m <sup>4</sup>
i <sub>y</sub>	75	mm
i <sub>z</sub>	69	mm
W <sub>ely</sub>	2,7040e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>elz</sub>	2,4960e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>ply</sub>	3,3049e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>plz</sub>	3,0507e-03	m <sup>3</sup>
M <sub>ply+</sub>	7,93e+04	Nm
M <sub>ply-</sub>	7,93e+04	Nm
M <sub>plz+</sub>	7,32e+04	Nm
M <sub>plz-</sub>	7,32e+04	Nm
d <sub>y</sub>	0	mm
d <sub>z</sub>	0	mm
I <sub>t</sub>	5,4503e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	4,1026e-08	m <sup>6</sup>
β <sub>y</sub>	0	mm
β <sub>z</sub>	0	mm

obr. 68: Poloha prvku, průřezové charakteristiky

Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:  $N_{Ed} = -492,86 \text{ kN}$

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

$$V_{z,Ed} = 0,01 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -0,05 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 1,58 \text{ kN}$$

- posouzení na tlak

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{492,86 \cdot 10^3}{6,24 \cdot 10^4} = 7,90 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.2]

$$\frac{7,90}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,59 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení na ohyb

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{0,05 \cdot 10^3}{2,704 \cdot 10^{-3}} = 0,02 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{1,58 \cdot 10^3}{2,496 \cdot 10^{-3}} = 0,63 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.11]

$$\frac{0,02}{13,44} + 0,7 \cdot \frac{0,63}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,03 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.12]

$$0,7 \cdot \frac{0,02}{13,44} + \frac{0,63}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,05 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kombinaci tlaku a ohybu

vzpěrná délka:  $L_{cr} = L_{cr,y} = L_{cr,z} = 4,036 \text{ m}$

kritická štíhlost:  $\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{4036}{75} = 53,81$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_z} = \frac{4036}{69} = 58,49$$

poměrná štíhlost:  $\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{53,81}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9667}} = 0,85 > 0,3$  **VYHOVUJE**  
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.21]

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{58,49}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9667}} = 0,93 > 0,3$$
 **VYHOVUJE**  
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.22]

součinitel vzpěrnosti:  $\beta_c = 0,1$  - součinitel pro prvky splňující meze zakřivení pro lepené lamelové dřevo

$$k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5[1 + 0,1(0,85 - 0,3) + 0,85^2] = 0,89$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.27]

$$k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5[1 + 0,1(0,93 - 0,3) + 0,93^2] = 0,96$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.28]

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,89 + \sqrt{0,89^2 - 0,85^2}} = 0,87$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.25]

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,96 + \sqrt{0,96^2 - 0,93^2}} = 0,83$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.26]

návrhové napětí v tlaku:  $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{492,86 \cdot 10^3}{6,24 \cdot 10^4} = 7,90 \text{ MPa}$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.23]

$$\frac{7,90 \cdot 10^6}{0,87 \cdot 13,44 \cdot 10^6} + \frac{0,02 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot \frac{0,64 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

$$0,71 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.24}]$$

$$\frac{7,90 \cdot 10^6}{0,83 \cdot 13,44 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot \frac{0,02 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + \frac{0,64 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

$$0,76 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na klopení

moment setrvačnosti v kroucení:

$$\begin{aligned} I_{tor} &\approx \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{b}{h} \cdot \left( 1 - \frac{b^4}{12 \cdot h^4} \right) \right] \cdot b^3 \cdot h \\ &= \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{0,24}{0,26} \cdot \left( 1 - \frac{0,24^4}{12 \cdot 0,26^4} \right) \right] \cdot 0,24^3 \cdot 0,26 = 5,435 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

účinná délka:

$$l_{eff} = 0,9 \cdot l + 0,2 \cdot h = 0,9 \cdot 4,036 + 0,2 \cdot 0,26 = 3,664 \text{ m} \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, tab. 6.1}]$$

kritické napětí za ohybu:

$$\begin{aligned} \sigma_{m,crit} &= \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor}}}{l_{eff} \cdot W_y} \\ &= \frac{\pi \cdot \sqrt{9,667 \cdot 10^9 \cdot 2,995 \cdot 10^{-4} \cdot 0,60 \cdot 10^9 \cdot 5,435 \cdot 10^{-4}}}{3,664 \cdot 2,704 \cdot 10^{-3}} = 308,11 \text{ MPa} \end{aligned} \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.31}]$$

poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24 \cdot 10^6}{308,11 \cdot 10^6}} = 0,30 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.30}]$$

součinitel klopení:

$$k_{crit} = 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.34}]$$

návrhové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,d} = \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{0,05 \cdot 10^3}{2,704 \cdot 10^{-3}} = 0,02 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \leq 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.33}]$$

$$\frac{0,02}{1,0 \cdot 13,44} \leq 1,0$$





$$0,00 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.35]

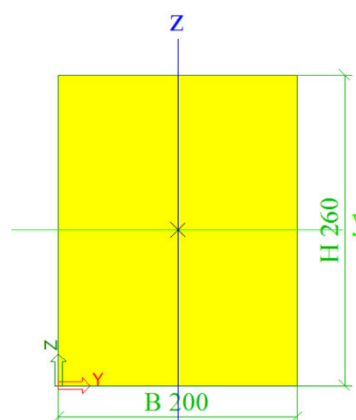
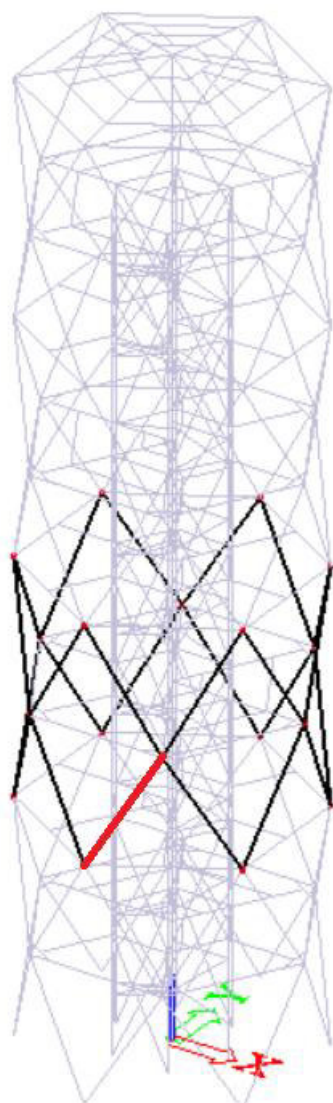
$$\left( \frac{0,02}{1,0 \cdot 13,44} \right)^2 + \frac{7,90}{0,83 \cdot 13,44} \leq 1,0$$

$$0,71 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

Výsledky z posouzení ve statickém a softwarovém systému Scia Engineer 2014 jsou k dispozici v **příloze**.

### 8.3 Vnější pruty ve svislé rovině (2. průřez)



vnější pruty ve svislé rovině 2 - OBDEL

#### Průřezové charakteristiky

A	5,2000e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>y</sub>	4,3333e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>z</sub>	4,3333e-02	m <sup>2</sup>
AL	9,2000e-01	m <sup>2</sup> /m
AD	9,2000e-01	m <sup>2</sup> /m
c <sub>YUSS</sub>	100	mm
c <sub>ZUSS</sub>	130	mm
α	0,00	deg
I <sub>y</sub>	2,9293e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	1,7333e-04	m <sup>4</sup>
i <sub>y</sub>	75	mm
i <sub>z</sub>	58	mm
W <sub>ely</sub>	2,2533e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>elz</sub>	1,7333e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>ply</sub>	2,7541e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>plz</sub>	2,1185e-03	m <sup>3</sup>
M <sub>ply+</sub>	6,61e+04	Nm
M <sub>ply-</sub>	6,61e+04	Nm
M <sub>plz+</sub>	5,08e+04	Nm
M <sub>plz-</sub>	5,08e+04	Nm
d <sub>y</sub>	0	mm
d <sub>z</sub>	0	mm
I <sub>t</sub>	3,6767e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	7,8873e-08	m <sup>6</sup>
β <sub>y</sub>	0	mm
β <sub>z</sub>	0	mm

obr. 69: Poloha prvku, průřezové charakteristiky

Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:  $N_{Ed} = -297,24 \text{ kN}$

$$V_{y,Ed} = -0,38 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 0,03 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -0,16 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 1,84 \text{ kN}$$

- posouzení na tlak

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{297,24 \cdot 10^3}{5,20 \cdot 10^4} = 5,72 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.2]

$$\frac{5,72}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,43 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení na ohyb

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{0,16 \cdot 10^3}{2,253 \cdot 10^{-3}} = 0,07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{1,84 \cdot 10^3}{1,733 \cdot 10^{-3}} = 1,06 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.11]

$$\frac{0,07}{13,44} + 0,7 \cdot \frac{1,06}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,06 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.12]

$$0,7 \cdot \frac{0,07}{13,44} + \frac{1,06}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,08 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kombinaci tlaku a ohybu

vzpěrná délka:  $L_{cr} = L_{cr,y} = L_{cr,z} = 4,036 \text{ m}$

kritická štíhlost:  $\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{4036}{75} = 53,81$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_z} = \frac{4036}{58} = 69,59$$

poměrná štíhlost:  $\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{53,81}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9667}} = 0,85 > 0,3$  **VYHOVUJE**  
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.21]

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{69,59}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9667}} = 1,10 > 0,3$$
 **VYHOVUJE**  
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.22]

součinitel vzpěrnosti:  $\beta_c = 0,1$  - součinitel pro prvky splňující meze zakřivení pro lepené lamelové dřevo

$$k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5[1 + 0,1(0,85 - 0,3) + 0,85^2] = 0,89$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.27]

$$k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5[1 + 0,1(1,10 - 0,3) + 1,10^2] = 1,15$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.28]

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,89 + \sqrt{0,89^2 - 0,85^2}} = 0,87$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.25]

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,15 + \sqrt{1,15^2 - 1,10^2}} = 0,67$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.26]

návrhové napětí v tlaku:  $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{297,24 \cdot 10^3}{5,20 \cdot 10^4} = 5,72 \text{ MPa}$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.23]

$$\frac{5,72 \cdot 10^6}{0,87 \cdot 13,44 \cdot 10^6} + \frac{0,07 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot \frac{1,06 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

$$0,55 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.24}]$$

$$\frac{5,72 \cdot 10^6}{0,67 \cdot 13,44 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot \frac{0,07 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + \frac{1,06 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

$$0,72 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na klopení

moment setrvačnosti v kroucení:

$$\begin{aligned} I_{tor} &\approx \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{b}{h} \cdot \left( 1 - \frac{b^4}{12 \cdot h^4} \right) \right] \cdot b^3 \cdot h \\ &= \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{0,20}{0,26} \cdot \left( 1 - \frac{0,20^4}{12 \cdot 0,26^4} \right) \right] \cdot 0,20^3 \cdot 0,26 = 3,575 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

účinná délka:

$$l_{eff} = 0,9 \cdot l + 0,2 \cdot h = 0,9 \cdot 4,036 + 0,2 \cdot 0,26 = 3,664 \text{ m} \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, tab. 6.1}]$$

kritické napětí za ohybu:

$$\begin{aligned} \sigma_{m,crit} &= \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor}}}{l_{eff} \cdot W_y} \\ &= \frac{\pi \cdot \sqrt{9,667 \cdot 10^9 \cdot 1,733 \cdot 10^{-4} \cdot 0,60 \cdot 10^9 \cdot 3,575 \cdot 10^{-4}}}{3,664 \cdot 2,253 \cdot 10^{-3}} = 228,14 \text{ MPa} \end{aligned} \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.31}]$$

poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24 \cdot 10^6}{228,14 \cdot 10^6}} = 0,32 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.30}]$$

součinitel klopení:

$$k_{crit} = 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.34}]$$

návrhové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,d} = \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{0,16 \cdot 10^3}{2,253 \cdot 10^{-3}} = 0,07 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \leq 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.33}]$$

$$\frac{0,70}{1,0 \cdot 13,44} \leq 1,0$$





$$0,05 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.35]

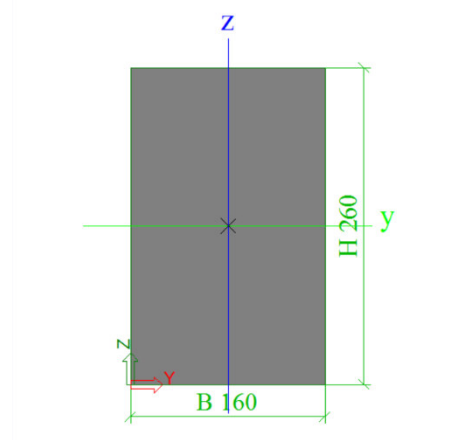
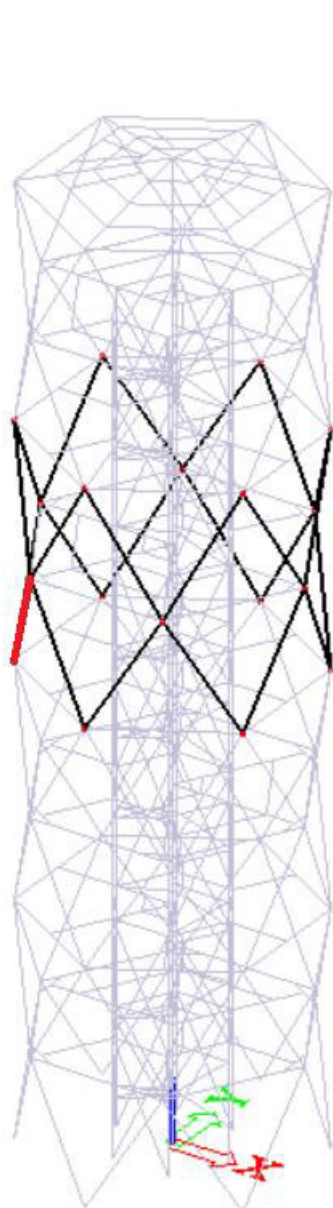
$$\left( \frac{0,07}{1,0 \cdot 13,44} \right)^2 + \frac{5,72}{0,67 \cdot 13,44} \leq 1,0$$

$$0,64 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

Výsledky z posouzení ve statickém a softwarovém systému Scia Engineer 2014 jsou k dispozici v **příloze**.

## 8.4 Vnější pruty ve svislé rovině (3. průřez)



vnější pruty ve svislé rovině 3 - OBDEL

### Průřezové charakteristiky

A	4,1600e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>y</sub>	3,4667e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>z</sub>	3,4667e-02	m <sup>2</sup>
AL	8,4000e-01	m <sup>2</sup> /m
AD	8,4000e-01	m <sup>2</sup> /m
cYUSS	80	mm
cZUSS	130	mm
α	0,00	deg
I <sub>y</sub>	2,3435e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	8,8747e-05	m <sup>4</sup>
i <sub>y</sub>	75	mm
i <sub>z</sub>	46	mm
W <sub>ely</sub>	1,8027e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>elz</sub>	1,1093e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>ply</sub>	2,2033e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>plz</sub>	1,3559e-03	m <sup>3</sup>
M <sub>ply+</sub>	5,29e+04	Nm
M <sub>ply-</sub>	5,29e+04	Nm
M <sub>plz+</sub>	3,25e+04	Nm
M <sub>plz-</sub>	3,25e+04	Nm
d <sub>y</sub>	0	mm
d <sub>z</sub>	0	mm
I <sub>t</sub>	2,1850e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	1,0537e-07	m <sup>6</sup>
β <sub>y</sub>	0	mm
β <sub>z</sub>	0	mm

obr. 70: Poloha prvku, průřezové charakteristiky

Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:  $N_{Ed} = -158,61 \text{ kN}$

$$V_{y,Ed} = 0,39 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = -0,15 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -0,73 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 1,91 \text{ kN}$$

- posouzení na tlak

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{158,61 \cdot 10^3}{4,16 \cdot 10^4} = 3,81 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.2]

$$\frac{3,81}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,28 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení na ohyb

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{0,73 \cdot 10^3}{1,803 \cdot 10^{-3}} = 0,40 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{1,91 \cdot 10^3}{1,109 \cdot 10^{-3}} = 1,72 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.11]

$$\frac{0,40}{13,44} + 0,7 \cdot \frac{1,72}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,12 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.12]

$$0,7 \cdot \frac{0,40}{13,44} + \frac{1,72}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,15 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kombinaci tlaku a ohybu

vzpěrná délka:  $L_{cr} = L_{cr,y} = L_{cr,z} = 4,036 \text{ m}$

kritická štíhlost:  $\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{4036}{75} = 53,81$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_z} = \frac{4036}{46} = 87,74$$

poměrná štíhlost:  $\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{53,81}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9667}} = 0,85 > 0,3$  **VYHOVUJE**  
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.21]

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{87,74}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9667}} = 1,39 > 0,3$$
 **VYHOVUJE**  
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.22]

součinitel vzpěrnosti:  $\beta_c = 0,1$  - součinitel pro prvky splňující meze zakřivení pro lepené lamelové dřevo

$$k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5[1 + 0,1(0,85 - 0,3) + 0,85^2] = 0,89$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.27]

$$k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5[1 + 0,1(1,39 - 0,3) + 1,39^2] = 1,52$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.28]

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,89 + \sqrt{0,89^2 - 0,85^2}} = 0,87$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.25]

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,52 + \sqrt{1,52^2 - 1,39^2}} = 0,47$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.26]

návrhové napětí v tlaku:  $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{158,61 \cdot 10^3}{4,16 \cdot 10^4} = 3,81 \text{ MPa}$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.23]

$$\frac{3,81 \cdot 10^6}{0,87 \cdot 13,44 \cdot 10^6} + \frac{0,40 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot \frac{1,72 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

$$0,45 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.24}]$$

$$\frac{3,81 \cdot 10^6}{0,47 \cdot 13,44 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot \frac{0,40 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + \frac{1,72 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

$$0,75 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na klopení

moment setrvačnosti v kroucení:

$$\begin{aligned} I_{tor} &\approx \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{b}{h} \cdot \left( 1 - \frac{b^4}{12 \cdot h^4} \right) \right] \cdot b^3 \cdot h \\ &= \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{0,16}{0,26} \cdot \left( 1 - \frac{0,16^4}{12 \cdot 0,26^4} \right) \right] \cdot 0,16^3 \cdot 0,26 = 2,190 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

účinná délka:

$$l_{eff} = 0,9 \cdot l + 0,2 \cdot h = 0,9 \cdot 4,036 + 0,2 \cdot 0,26 = 3,664 \text{ m} \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, tab. 6.1}]$$

kritické napětí za ohybu:

$$\begin{aligned} \sigma_{m,crit} &= \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor}}}{l_{eff} \cdot W_y} \\ &= \frac{\pi \cdot \sqrt{9,667 \cdot 10^9 \cdot 8,875 \cdot 10^{-5} \cdot 0,60 \cdot 10^9 \cdot 2,190 \cdot 10^{-4}}}{3,664 \cdot 1,803 \cdot 10^{-3}} = 159,75 \text{ MPa} \end{aligned} \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.31}]$$

poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24 \cdot 10^6}{159,75 \cdot 10^6}} = 0,39 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.30}]$$

součinitel klopení:

$$k_{crit} = 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.34}]$$

návrhové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,d} = \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{0,73 \cdot 10^3}{1,803 \cdot 10^{-3}} = 0,40 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \leq 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.33}]$$

$$\frac{0,40}{1,0 \cdot 13,44} \leq 1,0$$





$$0,03 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.35]

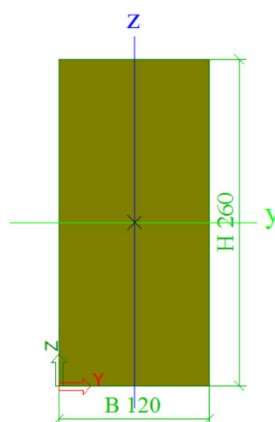
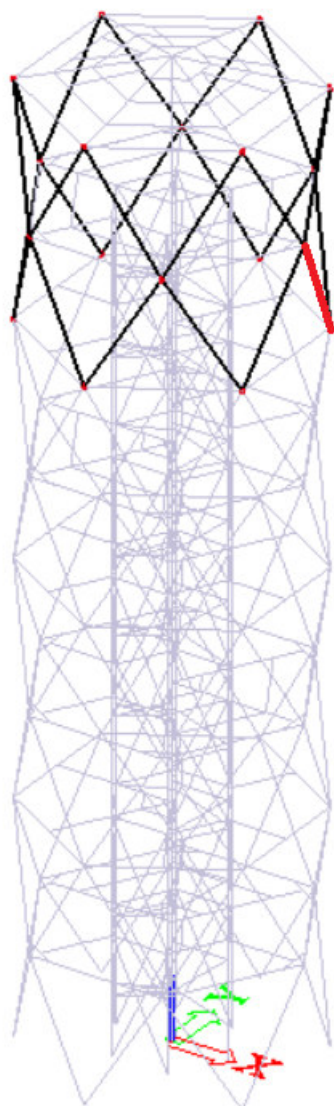
$$\left( \frac{0,40}{1,0 \cdot 13,44} \right)^2 + \frac{3,81}{0,47 \cdot 13,44} \leq 1,0$$

$$0,60 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

Výsledky z posouzení ve statickém a softwarovém systému Scia Engineer 2014 jsou k dispozici v **příloze**.

## 8.5 Vnější pruty ve svislé rovině (4. průřez)



vnější pruty ve svislé rovině 4 - OBDEL

### Průřezové charakteristiky

A	3,1200e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>y</sub>	2,6000e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>z</sub>	2,6000e-02	m <sup>2</sup>
AL	7,6000e-01	m <sup>2</sup> /m
AD	7,6000e-01	m <sup>2</sup> /m
cYUSS	60	mm
cZUSS	130	mm
α	0,00	deg
I <sub>y</sub>	1,7576e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	3,7440e-05	m <sup>4</sup>
i <sub>y</sub>	75	mm
i <sub>z</sub>	35	mm
W <sub>ely</sub>	1,3520e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>elz</sub>	6,2400e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>ply</sub>	1,6524e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>plz</sub>	7,6267e-04	m <sup>3</sup>
M <sub>ply+</sub>	3,97e+04	Nm
M <sub>ply-</sub>	3,97e+04	Nm
M <sub>plz+</sub>	1,83e+04	Nm
M <sub>plz-</sub>	1,83e+04	Nm
d <sub>y</sub>	0	mm
d <sub>z</sub>	0	mm
I <sub>t</sub>	1,0614e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	8,8642e-08	m <sup>6</sup>
β <sub>y</sub>	0	mm
β <sub>z</sub>	0	mm

obr. 71: Poloha prvku, průřezové charakteristiky

Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:  $N_{Ed} = -64,30 \text{ kN}$   
 $V_{y,Ed} = -0,47 \text{ kN}$   
 $V_{z,Ed} = -0,14 \text{ kN}$   
 $M_{y,Ed} = -0,68 \text{ kN}$   
 $M_{z,Ed} = -2,28 \text{ kN}$

- posouzení na tlak

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{64,30 \cdot 10^3}{3,12 \cdot 10^4} = 2,06 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.2]

$$\frac{2,06}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,15 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení na ohyb

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{0,68 \cdot 10^3}{1,352 \cdot 10^{-3}} = 0,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{2,28 \cdot 10^3}{6,240 \cdot 10^{-4}} = 3,65 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.11]

$$\frac{0,50}{13,44} + 0,7 \cdot \frac{3,65}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,23 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.12]

$$0,7 \cdot \frac{0,50}{13,44} + \frac{3,65}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,30 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kombinaci tlaku a ohybu

vzpěrná délka:  $L_{cr} = L_{cr,y} = L_{cr,z} = 4,036 \text{ m}$

kritická štíhlost:  $\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{4036}{75} = 53,81$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_z} = \frac{4036}{35} = 115,31$$

poměrná štíhlost:  $\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{53,81}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9667}} = 0,85 > 0,3$  **VYHOVUJE**  
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.21]

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{115,31}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9667}} = 1,83 > 0,3$$
 **VYHOVUJE**  
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.22]

součinitel vzpěrnosti:  $\beta_c = 0,1$  - součinitel pro prvky splňující meze zakřivení pro lepené lamelové dřevo

$$k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5[1 + 0,1(0,85 - 0,3) + 0,85^2] = 0,89$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.27]

$$k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5[1 + 0,1(1,83 - 0,3) + 1,83^2] = 2,25$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.28]

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,89 + \sqrt{0,89^2 - 0,85^2}} = 0,87$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.25]

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{2,25 + \sqrt{2,25^2 - 1,83^2}} = 0,28$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.26]

návrhové napětí v tlaku:  $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{64,30 \cdot 10^3}{3,12 \cdot 10^4} = 2,06 \text{ MPa}$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$
 [ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.23]

$$\frac{2,06 \cdot 10^6}{0,87 \cdot 13,44 \cdot 10^6} + \frac{0,50 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot \frac{3,65 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} \leq 1,0$$



$$0,40 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.24}]$$

$$\frac{2,06 \cdot 10^6}{0,28 \cdot 13,44 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot \frac{0,50 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + \frac{3,65 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

$$0,85 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na klopení

moment setrvačnosti v kroucení:

$$\begin{aligned} I_{tor} &\approx \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{b}{h} \cdot \left( 1 - \frac{b^4}{12 \cdot h^4} \right) \right] \cdot b^3 \cdot h \\ &= \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{0,12}{0,26} \cdot \left( 1 - \frac{0,12^4}{12 \cdot 0,26^4} \right) \right] \cdot 0,12^3 \cdot 0,26 = 1,064 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

účinná délka:

$$l_{eff} = 0,9 \cdot l + 0,2 \cdot h = 0,9 \cdot 4,036 + 0,2 \cdot 0,26 = 3,664 \text{ m} \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, tab. 6.1}]$$

kritické napětí za ohybu:

$$\begin{aligned} \sigma_{m,crit} &= \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor}}}{l_{eff} \cdot W_y} \\ &= \frac{\pi \cdot \sqrt{9,667 \cdot 10^9 \cdot 3,744 \cdot 10^{-5} \cdot 0,60 \cdot 10^9 \cdot 1,064 \cdot 10^{-4}}}{3,664 \cdot 1,352 \cdot 10^{-3}} = 96,40 \text{ MPa} \end{aligned} \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.31}]$$

poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24 \cdot 10^6}{96,40 \cdot 10^6}} = 0,50 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.30}]$$

součinitel klopení:

$$k_{crit} = 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.34}]$$

návrhové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,d} = \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{0,68 \cdot 10^3}{1,352 \cdot 10^{-3}} = 0,50 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \leq 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.33}]$$

$$\frac{0,50}{1,0 \cdot 13,44} \leq 1,0$$



$$0,04 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.35]

$$\left( \frac{0,50}{1,0 \cdot 13,44} \right)^2 + \frac{2,06}{0,28 \cdot 13,44} \leq 1,0$$

$$0,55 \leq 1,0$$

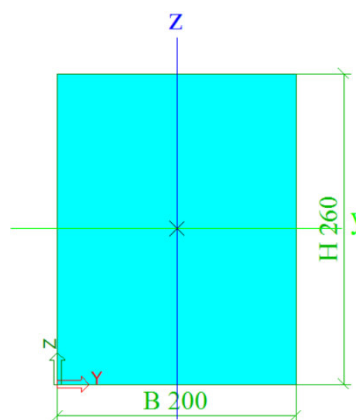
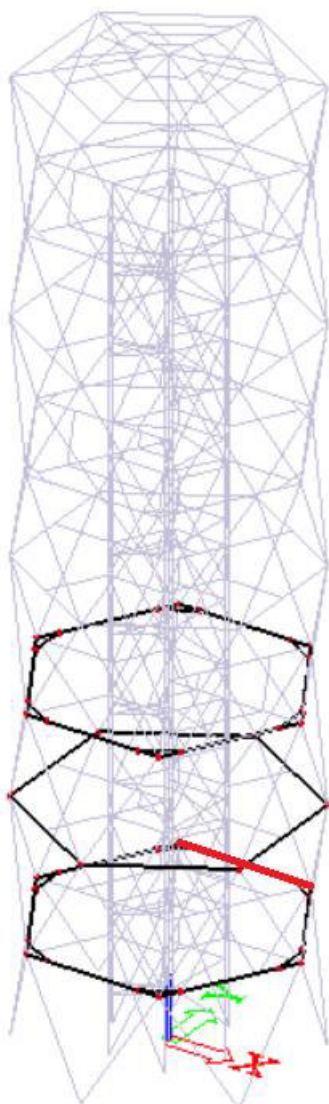
**VYHOVUJE**

Výsledky z posouzení ve statickém a softwarovém systému Scia Engineer 2014 jsou k dispozici v **příloze**.





## 8.6 Vnější vodorovné pruty (1. průřez)



vnější vodorovné pruty 1 - OBDEL

### Průřezové charakteristiky

A	5,2000e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>y</sub>	4,3333e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>z</sub>	4,3333e-02	m <sup>2</sup>
AL	9,2000e-01	m <sup>2</sup> /m
AD	9,2000e-01	m <sup>2</sup> /m
c <sub>YUSS</sub>	100	mm
c <sub>ZUSS</sub>	130	mm
α	0,00	deg
I <sub>y</sub>	2,9293e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	1,7333e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>y</sub>	75	mm
I <sub>z</sub>	58	mm
W <sub>ely</sub>	2,2533e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>elz</sub>	1,7333e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>ply</sub>	2,7541e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>plz</sub>	2,1185e-03	m <sup>3</sup>
M <sub>ply+</sub>	6,61e+04	Nm
M <sub>ply-</sub>	6,61e+04	Nm
M <sub>plz+</sub>	5,08e+04	Nm
M <sub>plz-</sub>	5,08e+04	Nm
d <sub>y</sub>	0	mm
d <sub>z</sub>	0	mm
I <sub>t</sub>	3,6767e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	7,8873e-08	m <sup>6</sup>
β <sub>y</sub>	0	mm
β <sub>z</sub>	0	mm

obr. 72: Poloha prvku, průřezové charakteristiky

Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:  $N_{Ed} = 253,78 \text{ kN}$

$$V_{y,Ed} = -0,65 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = -0,98 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 8,18 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 0,12 \text{ kN}$$

- posouzení na tah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A} = \frac{253,78 \cdot 10^3}{5,20 \cdot 10^4} = 4,88 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.1]

$$\frac{4,88}{9,24} \leq 1,0$$

$$0,53 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení na ohyb

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{8,18 \cdot 10^3}{2,253 \cdot 10^{-3}} = 3,63 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{0,12 \cdot 10^3}{1,733 \cdot 10^{-3}} = 0,07 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.11]

$$\frac{3,63}{13,44} + 0,7 \cdot \frac{0,07}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,27 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.12]

$$0,7 \cdot \frac{3,63}{13,44} + \frac{0,07}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,19 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na smyk

vliv výsušných trhlin:  $k_{cr} = 0,67$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 0,200 = 0,134$$

návrhové napětí ve smyku:

$$\tau_{z,d} = \frac{3 \cdot V_{z,Ed}}{2 \cdot b_{eff} \cdot h} = \frac{3 \cdot 0,98 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,134 \cdot 0,260} = 0,04 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.13]

$$\frac{0,04}{1,40} \leq 1,0$$

$$0,03 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kombinaci ohybu a tahu

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.17]

$$\frac{4,88 \cdot 10^6}{9,24 \cdot 10^6} + \frac{3,63 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot \frac{0,07 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

$$0,80 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.18]

$$\frac{4,88 \cdot 10^6}{9,24 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot \frac{3,63 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + \frac{0,07 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

$$0,72 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na klopení

moment setrvačnosti v kroucení:

$$I_{tor} \approx \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{b}{h} \cdot \left( 1 - \frac{b^4}{12 \cdot h^4} \right) \right] \cdot b^3 \cdot h$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{0,20}{0,26} \cdot \left( 1 - \frac{0,20^4}{12 \cdot 0,26^4} \right) \right] \cdot 0,20^3 \cdot 0,26 = 3,708 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

účinná délka:

$$l_{eff} = 0,9 \cdot l + 0,2 \cdot h = 0,9 \cdot 4,00 + 0,2 \cdot 0,26 = 3,652 \text{ m} \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, tab. 6.1}]$$

kritické napětí za ohybu:

$$\begin{aligned} \sigma_{m,crit} &= \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor}}}{l_{eff} \cdot W_y} \\ &= \frac{\pi \cdot \sqrt{9,667 \cdot 10^9 \cdot 1,733 \cdot 10^{-4} \cdot 0,60 \cdot 10^9 \cdot 3,708 \cdot 10^{-4}}}{3,652 \cdot 2,253 \cdot 10^{-3}} = 233,10 \text{ MPa} \end{aligned}$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.31]

poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24 \cdot 10^6}{233,10 \cdot 10^6}} = 0,32$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.30]

součinitel klopení:

$$k_{crit} = 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.34]

návrhové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,d} = \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{8,18 \cdot 10^3}{2,253 \cdot 10^{-3}} = 3,63 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.33]

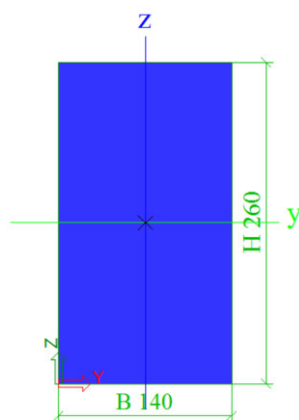
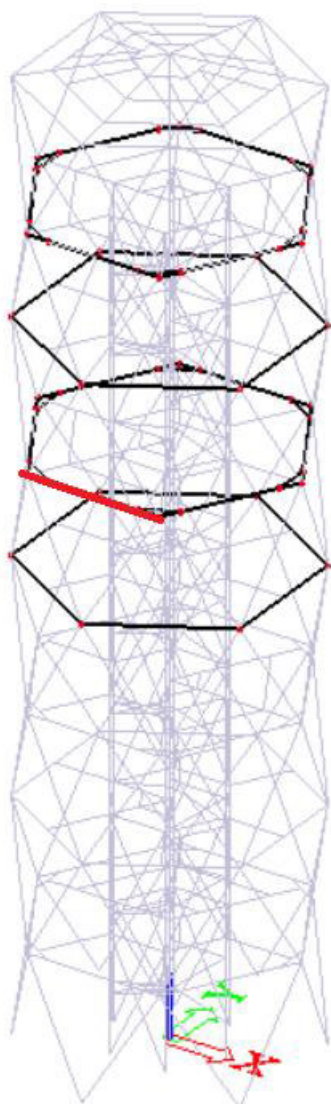
$$\frac{3,63}{1,0 \cdot 13,44} \leq 1,0$$

$$0,27 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

Výsledky z posouzení ve statickém a softwarovém systému Scia Engineer 2014 jsou k dispozici v **příloze**.

## 8.7 Vnější vodorovné pruty (2. průřez)



vnější vodorovné pruty 2 - OBDEL

### Průřezové charakteristiky

A	3,6400e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>y</sub>	3,0333e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>z</sub>	3,0333e-02	m <sup>2</sup>
AL	8,0000e-01	m <sup>2</sup> /m
AD	8,0000e-01	m <sup>2</sup> /m
cYUSS	70	mm
cZUSS	130	mm
α	0,00	deg
I <sub>y</sub>	2,0505e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	5,9453e-05	m <sup>4</sup>
i <sub>y</sub>	75	mm
i <sub>z</sub>	40	mm
W <sub>ely</sub>	1,5773e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>elz</sub>	8,4933e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>ply</sub>	1,9279e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>piz</sub>	1,0381e-03	m <sup>3</sup>
M <sub>ply+</sub>	4,63e+04	Nm
M <sub>ply-</sub>	4,63e+04	Nm
M <sub>piz+</sub>	2,49e+04	Nm
M <sub>piz-</sub>	2,49e+04	Nm
d <sub>y</sub>	0	mm
d <sub>z</sub>	0	mm
I <sub>t</sub>	1,5739e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	1,0326e-07	m <sup>6</sup>
β <sub>y</sub>	0	mm
β <sub>z</sub>	0	mm

obr. 73: Poloha prvku, průřezové charakteristiky

Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:  $N_{Ed} = -80,47 \text{ kN}$

$$V_{y,Ed} = -0,77 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = -0,99 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 7,67 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 0,63 \text{ kN}$$

- posouzení na tlak

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{80,47 \cdot 10^3}{3,64 \cdot 10^4} = 2,21 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.2]

$$\frac{2,21}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,16 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení na ohyb

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{7,67 \cdot 10^3}{1,577 \cdot 10^{-3}} = 4,86 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{0,63 \cdot 10^3}{8,493 \cdot 10^{-4}} = 0,74 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.11]

$$\frac{4,86}{13,44} + 0,7 \cdot \frac{0,74}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,40 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.12]

$$0,7 \cdot \frac{4,86}{13,44} + \frac{0,74}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,31 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**



- posudek na smyk

vliv výsušných trhlin:  $k_{cr} = 0,67$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 0,140 = 0,094$$

návrhové napětí ve smyku:

$$\tau_{z,d} = \frac{3 \cdot V_{z,Ed}}{2 \cdot b_{eff} \cdot h} = \frac{3 \cdot 0,99 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,094 \cdot 0,260} = 0,06 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.13]

$$\frac{0,06}{1,40} \leq 1,0$$

$$0,04 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kombinaci tlaku a ohybu

vzpěrná délka:  $L_{cr} = L_{cr,y} = L_{cr,z} = 4,000 \text{ m}$

kritická štíhlost:  $\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{4000}{75} = 53,33$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_z} = \frac{4000}{40} = 100,00$$

poměrná štíhlost:  $\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{53,33}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9667}} = 0,85 > 0,3$  **VYHOVUJE**

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.21]

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{100,00}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9667}} = 1,59 > 0,3$$
 **VYHOVUJE**

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.22]

součinitel vzpěrnosti:  $\beta_c = 0,1$  - součinitel pro prvky splňující meze zakřivení pro lepené lamelové dřevo

$$k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5[1 + 0,1(0,85 - 0,3) + 0,85^2] = 0,89$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.27]

$$k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5[1 + 0,1(1,59 - 0,3) + 1,59^2] = 1,83$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.28]

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,89 + \sqrt{0,89^2 - 0,85^2}} = 0,87$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.25]

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,83 + \sqrt{1,83^2 - 1,59^2}} = 0,37$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.26]

návrhové napětí v tlaku:  $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{80,47 \cdot 10^3}{3,64 \cdot 10^4} = 2,21 \text{ MPa}$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.23]

$$\frac{2,21 \cdot 10^6}{0,87 \cdot 13,44 \cdot 10^6} + \frac{4,86 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot \frac{0,74 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

$$0,59 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.24]

$$\frac{2,21 \cdot 10^6}{0,37 \cdot 13,44 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot \frac{4,86 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + \frac{0,74 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

$$0,75 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na klopení

moment setrvačnosti v kroucení:

$$I_{tor} \approx \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{b}{h} \cdot \left( 1 - \frac{b^4}{12 \cdot h^4} \right) \right] \cdot b^3 \cdot h$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{0,14}{0,26} \cdot \left( 1 - \frac{0,14^4}{12 \cdot 0,26^4} \right) \right] \cdot 0,14^3 \cdot 0,26 = 1,577 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

účinná délka:

$$l_{eff} = 0,9 \cdot l + 0,2 \cdot h = 0,9 \cdot 4,00 + 0,2 \cdot 0,26 = 3,652 \text{ m}$$

[ČSN EN 1995-1-1, tab. 6.1]

kritické napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor}}}{l_{eff} \cdot W_y}$$

$$= \frac{\pi \cdot \sqrt{9,667 \cdot 10^9 \cdot 5,945 \cdot 10^{-5} \cdot 0,60 \cdot 10^9 \cdot 1,577 \cdot 10^{-4}}}{3,652 \cdot 1,577 \cdot 10^{-3}} = 128,05 \text{ MPa}$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.31]

poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24 \cdot 10^6}{128,05 \cdot 10^6}} = 0,43 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.30}]$$

součinitel klopení:

$$k_{crit} = 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.34}]$$

návrhové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,d} = \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{7,67 \cdot 10^3}{1,577 \cdot 10^{-3}} = 4,86 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \leq 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.33}]$$

$$\frac{4,86}{1,0 \cdot 13,44} \leq 1,0$$

$$0,34 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.35}]$$

$$\left(\frac{4,86}{1,0 \cdot 13,44}\right)^2 + \frac{2,21}{0,37 \cdot 13,44} \leq 1,0$$

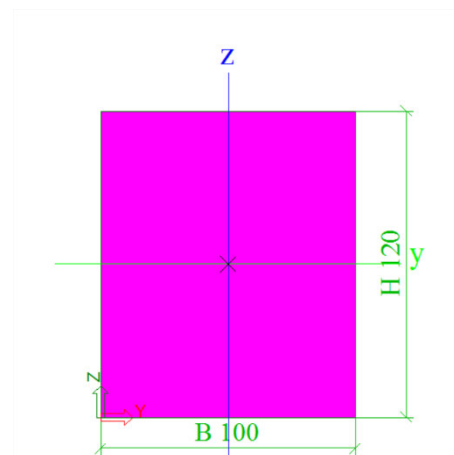
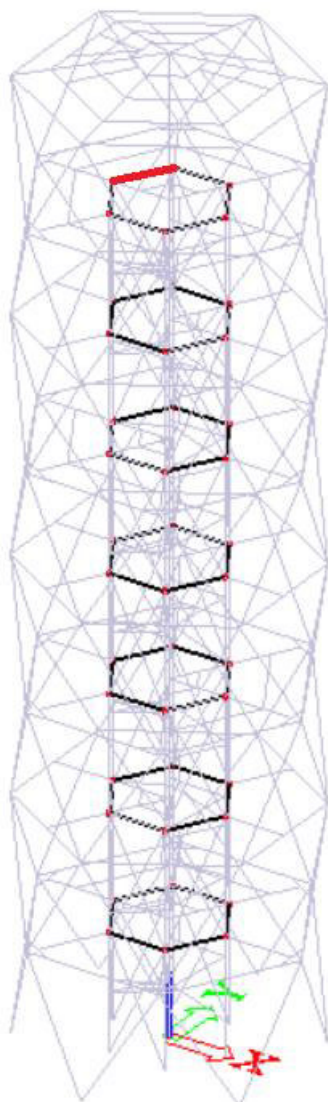
$$0,58 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

Výsledky z posouzení ve statickém a softwarovém systému Scia Engineer 2014 jsou k dispozici v **příloze**.



## 8.8 Vnitřní vodorovné pruty



vnitřní vodorovné pruty - OBDEL

### Průřezové charakteristiky

A	1,2000e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>y</sub>	1,0000e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>z</sub>	1,0000e-02	m <sup>2</sup>
AL	4,4000e-01	m <sup>2</sup> /m
AD	4,4000e-01	m <sup>2</sup> /m
c <sub>YUSS</sub>	50	mm
c <sub>ZUSS</sub>	60	mm
α	0,00	deg
I <sub>y</sub>	1,4400e-05	m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	1,0000e-05	m <sup>4</sup>
i <sub>y</sub>	35	mm
i <sub>z</sub>	29	mm
W <sub>ely</sub>	2,4000e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>elz</sub>	2,0000e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>ply</sub>	2,9333e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>plz</sub>	2,4444e-04	m <sup>3</sup>
M <sub>ply+</sub>	7,04e+03	Nm
M <sub>ply-</sub>	7,04e+03	Nm
M <sub>plz+</sub>	5,87e+03	Nm
M <sub>plz-</sub>	5,87e+03	Nm
d <sub>y</sub>	0	mm
d <sub>z</sub>	0	mm
I <sub>t</sub>	1,9904e-05	m <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	5,8982e-10	m <sup>6</sup>
β <sub>y</sub>	0	mm
β <sub>z</sub>	0	mm

obr. 74: Poloha prvku, průřezové charakteristiky

Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:  $N_{Ed} = 0,36 \text{ kN}$

$$V_{z,Ed} = -6,06 \text{ kN}$$

- posouzení na tlak

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,Ed}}{A} = \frac{6,06 \cdot 10^3}{1,2 \cdot 10^4} = 0,51 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.3]

$$\frac{0,51}{1,0 \cdot 1,52} \leq 1,0$$

$$0,34 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na smyk

vliv výsušných trhlin:  $k_{cr} = 0,67$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 0,100 = 0,067$$

návrhové napětí ve smyku:

$$\tau_{z,d} = \frac{3 \cdot V_{z,Ed}}{2 \cdot b_{eff} \cdot h} = \frac{3 \cdot 6,06 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,067 \cdot 0,120} = 1,13 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.13]

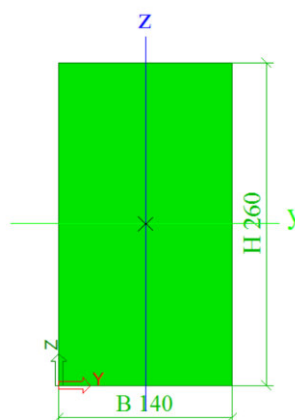
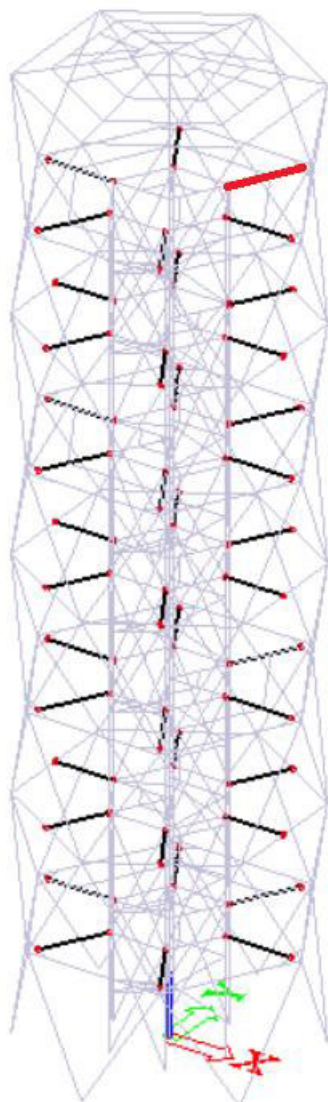
$$\frac{1,13}{1,40} \leq 1,0$$

$$0,81 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

Výsledky z posouzení ve statickém a softwarovém systému Scia Engineer 2014 jsou k dispozici v **příloze**.

## 8.9 Nosník plošin



nosníky plošin - OBDEL

### Průřezové charakteristiky

A	3,6400e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>y</sub>	3,0333e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>z</sub>	3,0333e-02	m <sup>2</sup>
AL	8,0000e-01	m <sup>2</sup> /m
AD	8,0000e-01	m <sup>2</sup> /m
cYUSS	70	mm
cZUSS	130	mm
α	0,00	deg
I <sub>y</sub>	2,0505e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	5,9453e-05	m <sup>4</sup>
i <sub>y</sub>	75	mm
i <sub>z</sub>	40	mm
W <sub>ely</sub>	1,5773e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>elz</sub>	8,4933e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>ply</sub>	1,9279e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>plz</sub>	1,0381e-03	m <sup>3</sup>
M <sub>ply+</sub>	4,63e+04	Nm
M <sub>ply-</sub>	4,63e+04	Nm
M <sub>plz+</sub>	2,49e+04	Nm
M <sub>plz-</sub>	2,49e+04	Nm
d <sub>y</sub>	0	mm
d <sub>z</sub>	0	mm
I <sub>t</sub>	1,5739e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	1,0326e-07	m <sup>6</sup>
β <sub>y</sub>	0	mm
β <sub>z</sub>	0	mm

obr. 75: Poloha prvku, průřezové charakteristiky



Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:  $N_{Ed} = -0,55 \text{ kN}$   
 $V_{y,Ed} = 0,03 \text{ kN}$   
 $V_{z,Ed} = -17,97 \text{ kN}$

- posouzení na tlak

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,Ed}}{A} = \frac{17,97 \cdot 10^3}{3,64 \cdot 10^4} = 0,49 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.3]

$$\frac{0,49}{1,0 \cdot 1,52} \leq 1,0$$

$$0,32 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na smyk

vliv výsušných trhlin:  $k_{cr} = 0,67$ 

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 0,140 = 0,094$$

návrhové napětí ve smyku:

$$\tau_{z,d} = \frac{3 \cdot V_{z,Ed}}{2 \cdot b_{eff} \cdot h} = \frac{3 \cdot 17,97 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,094 \cdot 0,260} = 1,10 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.13]

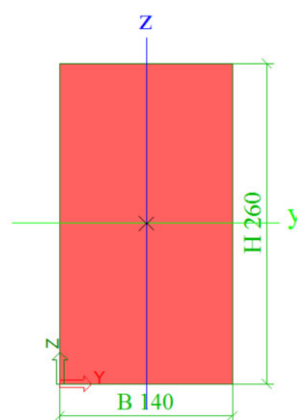
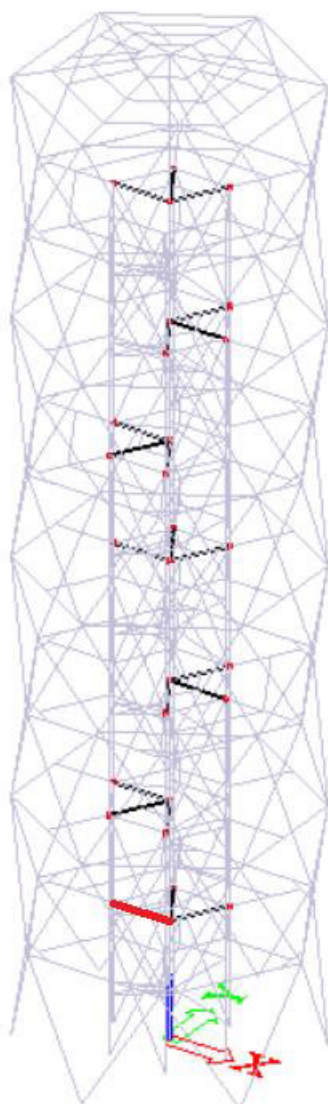
$$\frac{1,10}{1,40} \leq 1,0$$

$$0,79 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

Výsledky z posouzení ve statickém a softwarovém systému Scia Engineer 2014 jsou k dispozici v **příloze**.

## 8.10 Nosník podest



nosníky podest - OBDEL

### Průřezové charakteristiky

A	3,6400e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>y</sub>	3,0333e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>z</sub>	3,0333e-02	m <sup>2</sup>
AL	8,0000e-01	m <sup>2</sup> /m
AD	8,0000e-01	m <sup>2</sup> /m
c <sub>YUSS</sub>	70	mm
c <sub>ZUSS</sub>	130	mm
α	0,00	deg
I <sub>y</sub>	2,0505e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	5,9453e-05	m <sup>4</sup>
i <sub>y</sub>	75	mm
i <sub>z</sub>	40	mm
W <sub>ely</sub>	1,5773e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>elz</sub>	8,4933e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>ply</sub>	1,9279e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>piz</sub>	1,0381e-03	m <sup>3</sup>
M <sub>ply+</sub>	4,63e+04	Nm
M <sub>ply-</sub>	4,63e+04	Nm
M <sub>piz+</sub>	2,49e+04	Nm
M <sub>piz-</sub>	2,49e+04	Nm
d <sub>y</sub>	0	mm
d <sub>z</sub>	0	mm
I <sub>t</sub>	1,5739e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	1,0326e-07	m <sup>6</sup>
β <sub>y</sub>	0	mm
β <sub>z</sub>	0	mm

obr. 76: Poloha prvku, průřezové charakteristiky

Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:  $N_{Ed} = -4,28 \text{ kN}$   
 $V_{y,Ed} = 4,85 \text{ kN}$   
 $V_{z,Ed} = 18,26 \text{ kN}$

- posouzení na tlak

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,Ed}}{A} = \frac{18,26 \cdot 10^3}{3,64 \cdot 10^4} = 0,50 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.3]

$$\frac{0,50}{1,0 \cdot 1,52} \leq 1,0$$

$$0,33 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na smyk

vliv výsušných trhlin:  $k_{cr} = 0,67$ 

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 0,140 = 0,094$$

návrhové napětí ve smyku:

$$\tau_{z,d} = \frac{3 \cdot V_{z,Ed}}{2 \cdot b_{eff} \cdot h} = \frac{3 \cdot 18,26 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,094 \cdot 0,260} = 1,12 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.13]

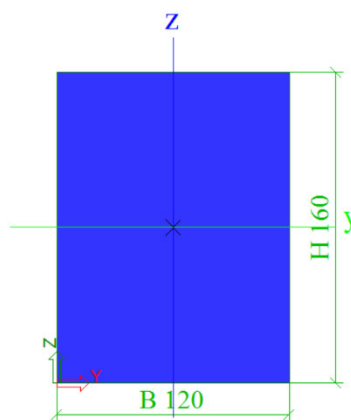
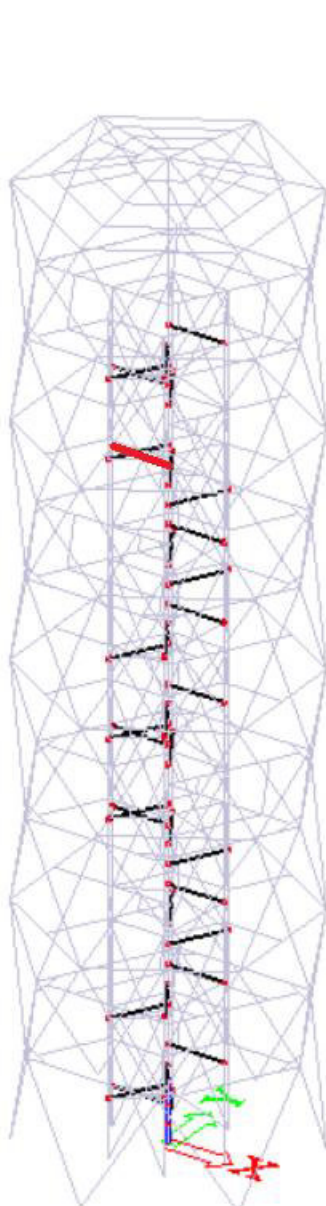
$$\frac{1,12}{1,40} \leq 1,0$$

$$0,80 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

Výsledky z posouzení ve statickém a softwarovém systému Scia Engineer 2014 jsou k dispozici v **příloze**.

## 8.11 Nosník schodnic



nosníky schodnic - OBDEL

### Průřezové charakteristiky

A	1,9200e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>y</sub>	1,6000e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>z</sub>	1,6000e-02	m <sup>2</sup>
AL	5,6000e-01	m <sup>2</sup> /m
AD	5,6000e-01	m <sup>2</sup> /m
cYUSS	60	mm
cZUSS	80	mm
α	0,00	deg
I <sub>y</sub>	4,0960e-05	m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	2,3040e-05	m <sup>4</sup>
i <sub>y</sub>	46	mm
i <sub>z</sub>	35	mm
W <sub>ely</sub>	5,1200e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>elz</sub>	3,8400e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>ply</sub>	6,2578e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>plz</sub>	4,6933e-04	m <sup>3</sup>
M <sub>ply+</sub>	1,50e+04	Nm
M <sub>ply-</sub>	1,50e+04	Nm
M <sub>plz+</sub>	1,13e+04	Nm
M <sub>plz-</sub>	1,13e+04	Nm
d <sub>y</sub>	0	mm
d <sub>z</sub>	0	mm
I <sub>t</sub>	4,9814e-05	m <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	4,5711e-09	m <sup>6</sup>
β <sub>y</sub>	0	mm
β <sub>z</sub>	0	mm

obr. 77: Poloha prvku, průřezové charakteristiky



Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:  $N_{Ed} = 6,29 \text{ kN}$

$$V_{y,Ed} = 2,00 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 8,20 \text{ kN}$$

- posouzení na tah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A} = \frac{6,29 \cdot 10^3}{1,92 \cdot 10^4} = 0,33 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.1]

$$\frac{0,33}{9,24} \leq 1,0$$

$$0,04 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení na tlak

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,Ed}}{A} = \frac{8,20 \cdot 10^3}{1,92 \cdot 10^4} = 0,43 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.3]

$$\frac{0,43}{1,0 \cdot 1,52} \leq 1,0$$

$$0,28 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na smyk

vliv výsušných trhlin:  $k_{cr} = 0,67$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 0,120 = 0,080$$

návrhové napětí ve smyku:

$$\tau_{z,d} = \frac{3 \cdot V_{z,Ed}}{2 \cdot b_{eff} \cdot h} = \frac{3 \cdot 8,20 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,080 \cdot 0,160} = 0,96 \text{ MPa}$$



podmínka posouzení:

$$\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.13]

$$\frac{0,96}{1,40} \leq 1,0$$

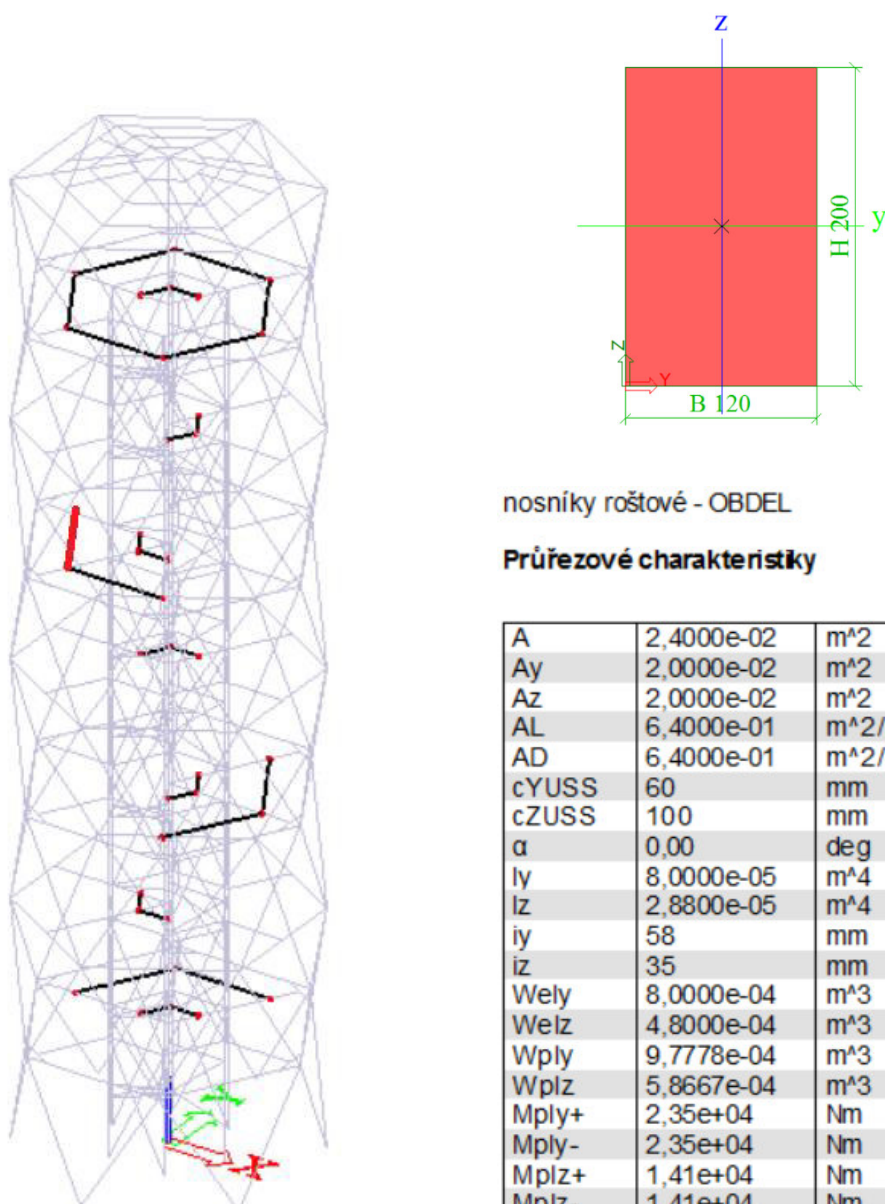
$$0,69 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

Výsledky z posouzení ve statickém a softwarovém systému Scia Engineer 2014 jsou k dispozici v **příloze**.



## 8.12 Nosník roštový



nosníky roštové - OBDEL

**Průřezové charakteristiky**

A	2,4000e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>y</sub>	2,0000e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>z</sub>	2,0000e-02	m <sup>2</sup>
AL	6,4000e-01	m <sup>2</sup> /m
AD	6,4000e-01	m <sup>2</sup> /m
c <sub>YUSS</sub>	60	mm
c <sub>ZUSS</sub>	100	mm
α	0,00	deg
I <sub>y</sub>	8,0000e-05	m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	2,8800e-05	m <sup>4</sup>
i <sub>y</sub>	58	mm
i <sub>z</sub>	35	mm
W <sub>ely</sub>	8,0000e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>elz</sub>	4,8000e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>ply</sub>	9,7778e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>plz</sub>	5,8667e-04	m <sup>3</sup>
M <sub>ply+</sub>	2,35e+04	Nm
M <sub>ply-</sub>	2,35e+04	Nm
M <sub>plz+</sub>	1,41e+04	Nm
M <sub>plz-</sub>	1,41e+04	Nm
d <sub>y</sub>	0	mm
d <sub>z</sub>	0	mm
I <sub>t</sub>	7,1976e-05	m <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	2,2015e-08	m <sup>6</sup>
β <sub>y</sub>	0	mm
β <sub>z</sub>	0	mm

obr. 78: Poloha prvku, průřezové charakteristiky

Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:  $N_{Ed} = 0,26 \text{ kN}$   
 $V_{z,Ed} = -2,61 \text{ kN}$   
 $M_{y,Ed} = 8,84 \text{ kN}$

- posouzení na tah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A} = \frac{0,26 \cdot 10^3}{2,40 \cdot 10^4} = 0,01 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.1]

$$\frac{0,01}{9,24} \leq 1,0$$

$$0,00 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení na ohyb

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{8,84 \cdot 10^3}{8,00 \cdot 10^{-4}} = 11,05 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.11]

$$\frac{11,05}{13,44} + 0,7 \cdot 0 \leq 1,0$$

$$0,82 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.12]

$$0,7 \cdot \frac{11,05}{13,44} + 0 \leq 1,0$$

$$0,56 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na smyk

vliv výsušných trhlin:  $k_{cr} = 0,67$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 0,120 = 0,080$$

návrhové napětí ve smyku:

$$\tau_{z,d} = \frac{3 \cdot V_{z,Ed}}{2 \cdot b_{eff} \cdot h} = \frac{3 \cdot 2,61 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,080 \cdot 0,200} = 0,24 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.13]

$$\frac{0,24}{1,40} \leq 1,0$$

$$0,17 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na klopení

moment setrvačnosti v kroucení:

$$\begin{aligned} I_{tor} &\approx \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{b}{h} \cdot \left( 1 - \frac{b^4}{12 \cdot h^4} \right) \right] \cdot b^3 \cdot h \\ &= \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{0,12}{0,20} \cdot \left( 1 - \frac{0,12^4}{12 \cdot 0,20^4} \right) \right] \cdot 0,12^3 \cdot 0,20 = 7,212 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

účinná délka:

$$l_{eff} = 0,9 \cdot l + 0,2 \cdot h = 0,9 \cdot 2,845 + 0,2 \cdot 0,20 = 2,601 \text{ m} \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, tab. 6.1}]$$

kritické napětí za ohybu:

$$\begin{aligned} \sigma_{m,crit} &= \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor}}}{l_{eff} \cdot W_y} \\ &= \frac{\pi \cdot \sqrt{9,667 \cdot 10^9 \cdot 2,88 \cdot 10^{-5} \cdot 0,60 \cdot 10^9 \cdot 7,212 \cdot 10^{-5}}}{2,601 \cdot 8,00 \cdot 10^{-4}} = 165,72 \text{ MPa} \end{aligned}$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.31]

poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24 \cdot 10^6}{165,72 \cdot 10^6}} = 0,38 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.30}]$$

součinitel klopení:

$$k_{crit} = 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.34]

návrhové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,d} = \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{8,84 \cdot 10^3}{8,00 \cdot 10^{-4}} = 11,05 \text{ MPa}$$



podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.33]

$$\frac{11,05}{1,0 \cdot 13,44} \leq 1,0$$

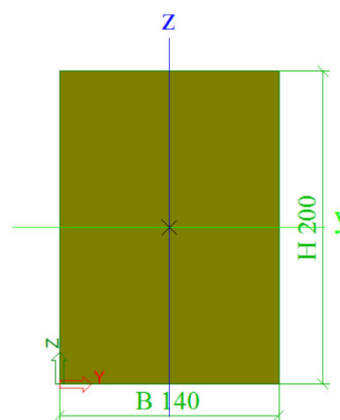
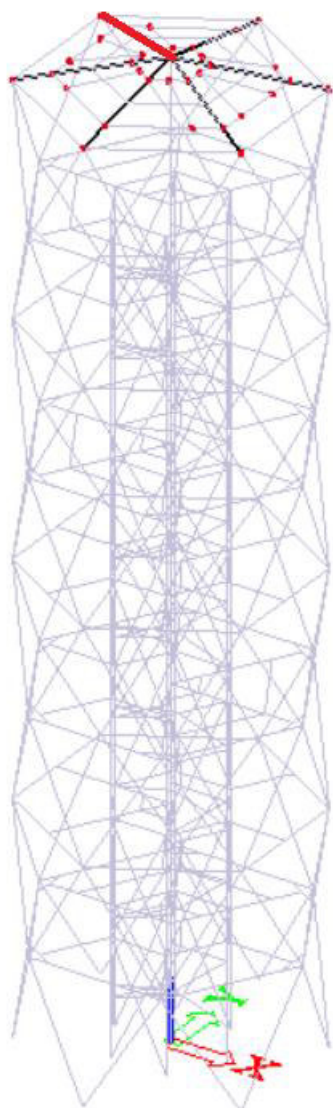
$$0,82 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

Výsledky z posouzení ve statickém a softwarovém systému Scia Engineer 2014 jsou k dispozici v **příloze**.



## 8.13 Krokev



krokev - OBDEL

## Průřezové charakteristiky

A	2,8000e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>y</sub>	2,3333e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>z</sub>	2,3333e-02	m <sup>2</sup>
AL	6,8000e-01	m <sup>2</sup> /m
AD	6,8000e-01	m <sup>2</sup> /m
c <sub>YUSS</sub>	70	mm
c <sub>ZUSS</sub>	100	mm
α	0,00	deg
I <sub>y</sub>	9,3333e-05	m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	4,5733e-05	m <sup>4</sup>
i <sub>y</sub>	58	mm
i <sub>z</sub>	40	mm
W <sub>ely</sub>	9,3333e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>elz</sub>	6,5333e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>ply</sub>	1,1407e-03	m <sup>3</sup>
W <sub>plz</sub>	7,9852e-04	m <sup>3</sup>
M <sub>ply+</sub>	2,74e+04	Nm
M <sub>ply-</sub>	2,74e+04	Nm
M <sub>plz+</sub>	1,92e+04	Nm
M <sub>plz-</sub>	1,92e+04	Nm
d <sub>y</sub>	0	mm
d <sub>z</sub>	0	mm
I <sub>t</sub>	1,0387e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	1,9852e-08	m <sup>6</sup>
β <sub>y</sub>	0	mm
β <sub>z</sub>	0	mm

obr. 79: Poloha prvku, průřezové charakteristiky



Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:  $N_{Ed} = -43,99 \text{ kN}$

$$V_{y,Ed} = -0,16 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 6,64 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 8,19 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = -0,16 \text{ kN}$$

- posouzení na tlak

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{43,99 \cdot 10^3}{2,80 \cdot 10^4} = 1,57 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.2]

$$\frac{1,57}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,12 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,Ed}}{A} = \frac{8,22 \cdot 10^3}{2,80 \cdot 10^4} = 0,29 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.3]

$$\frac{0,29}{1,0 \cdot 1,52} \leq 1,0$$

$$0,19 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení na ohyb

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{8,19 \cdot 10^3}{9,333 \cdot 10^{-4}} = 8,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{0,16 \cdot 10^3}{6,533 \cdot 10^{-4}} = 0,24 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.11]



$$\frac{8,78}{13,44} + 0,7 \cdot \frac{0,24}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,67 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.12]

$$0,7 \cdot \frac{8,78}{13,44} + \frac{0,24}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,48 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na smyku

vliv výsušných trhlin:  $k_{cr} = 0,67$ 

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 0,140 = 0,094$$

návrhové napětí ve smyku:

$$\tau_{z,d} = \frac{3 \cdot V_{z,Ed}}{2 \cdot b_{eff} \cdot h} = \frac{3 \cdot 6,64 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,094 \cdot 0,200} = 0,53 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.13]

$$\frac{0,53}{1,40} \leq 1,0$$

$$0,39 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kombinaci tlaku a ohybu

vzpěrná délka:  $L_{cr} = L_{cr,y} = L_{cr,z} = 4,077 \text{ m}$

kritická štíhlost:  $\lambda_y = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{4077}{58} = 70,29$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr}}{i_z} = \frac{4077}{40} = 101,93$$

poměrná štíhlost:  $\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{70,29}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9667}} = 1,11 > 0,3$  **VYHOVUJE**

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.21]

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{101,93}{\pi} \sqrt{\frac{24}{9667}} = 1,62 > 0,3$$
 **VYHOVUJE**

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.22]

součinitel vzpěrnosti:  $\beta_c = 0,1$  - součinitel pro prvky splňující meze zakřivení  
pro lepené lamelové dřevo

$$k_y = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5[1 + 0,1(1,11 - 0,3) + 1,11^2] = 1,16$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.27]

$$k_z = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5[1 + 0,1(1,62 - 0,3) + 1,62^2] = 1,89$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.28]

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,16 + \sqrt{1,16^2 - 1,11^2}} = 0,67$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.25]

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,89 + \sqrt{1,89^2 - 1,62^2}} = 0,35$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.26]

návrhové napětí v tlaku:  $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{43,99 \cdot 10^3}{2,80 \cdot 10^4} = 1,57 \text{ MPa}$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.23]

$$\frac{1,57 \cdot 10^6}{0,67 \cdot 13,44 \cdot 10^6} + \frac{8,78 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot \frac{0,24 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

$$0,84 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.24]

$$\frac{1,57 \cdot 10^6}{0,35 \cdot 13,44 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot \frac{8,78 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + \frac{0,24 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} \leq 1,0$$

$$0,81 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na klopení

moment setrvačnosti v kroucení:

$$I_{tor} \approx \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{b}{h} \cdot \left( 1 - \frac{b^4}{12 \cdot h^4} \right) \right] \cdot b^3 \cdot h$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{0,14}{0,20} \cdot \left( 1 - \frac{0,14^4}{12 \cdot 0,20^4} \right) \right] \cdot 0,14^3 \cdot 0,20 = 1,039 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

účinná délka:

$$l_{eff} = 0,9 \cdot l + 0,2 \cdot h = 0,9 \cdot 4,077 + 0,2 \cdot 0,20 = 3,709 \text{ m} \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, tab. 6.1}]$$

kritické napětí za ohybu:

$$\begin{aligned} \sigma_{m,crit} &= \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor}}}{l_{eff} \cdot W_y} \\ &= \frac{\pi \cdot \sqrt{9,667 \cdot 10^9 \cdot 4,573 \cdot 10^{-5} \cdot 0,60 \cdot 10^9 \cdot 1,039 \cdot 10^{-4}}}{3,709 \cdot 9,333 \cdot 10^{-4}} = 150,66 \text{ MPa} \end{aligned}$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.31]

poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24 \cdot 10^6}{150,66 \cdot 10^6}} = 0,40$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.30]

součinitel klopení:

$$k_{crit} = 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.34]

návrhové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,d} = \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{8,19 \cdot 10^3}{9,333 \cdot 10^{-4}} = 8,78 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.33]

$$\frac{8,78}{1,0 \cdot 13,44} \leq 1,0$$

$$0,65 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.35]

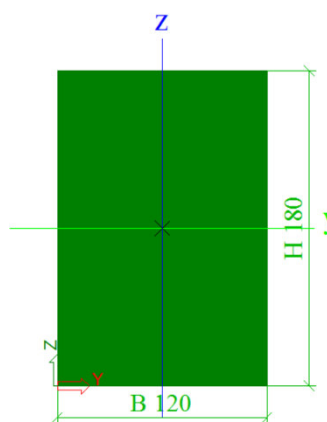
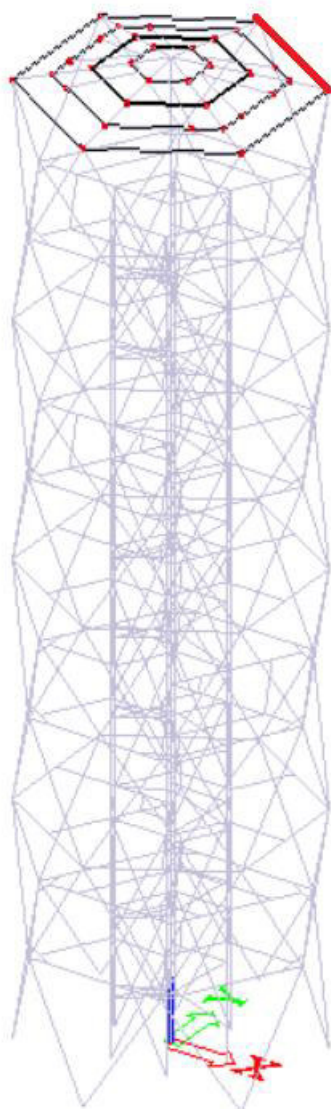
$$\left( \frac{8,78}{1,0 \cdot 13,44} \right)^2 + \frac{1,57}{0,35 \cdot 13,44} \leq 1,0$$

$$0,76 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

Výsledky z posouzení ve statickém a softwarovém systému Scia Engineer 2014 jsou k dispozici v **příloze**.

## 8.14 Vaznice



vaznice - OBDEL

## Průřezové charakteristiky

A	2,1600e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>y</sub>	1,8000e-02	m <sup>2</sup>
A <sub>z</sub>	1,8000e-02	m <sup>2</sup>
AL	6,0000e-01	m <sup>2</sup> /m
AD	6,0000e-01	m <sup>2</sup> /m
cYUSS	60	mm
cZUSS	90	mm
α	0,00	deg
I <sub>y</sub>	5,8320e-05	m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	2,5920e-05	m <sup>4</sup>
i <sub>y</sub>	52	mm
i <sub>z</sub>	35	mm
W <sub>ely</sub>	6,4800e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>elz</sub>	4,3200e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>ply</sub>	7,9200e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>piz</sub>	5,2800e-04	m <sup>3</sup>
M <sub>ply+</sub>	1,90e+04	Nm
M <sub>ply-</sub>	1,90e+04	Nm
M <sub>piz+</sub>	1,27e+04	Nm
M <sub>piz-</sub>	1,27e+04	Nm
d <sub>y</sub>	0	mm
d <sub>z</sub>	0	mm
I <sub>t</sub>	6,0795e-05	m <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	1,1144e-08	m <sup>6</sup>
β <sub>y</sub>	0	mm
β <sub>z</sub>	0	mm

obr. 80: Poloha prvku, průřezové charakteristiky

Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:  $N_{Ed} = 41,11 \text{ kN}$

$$V_{y,Ed} = 0,01 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 1,20 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 5,31 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 0,01 \text{ kN}$$

- posouzení na tah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A} = \frac{41,11 \cdot 10^3}{2,16 \cdot 10^4} = 1,90 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.1]

$$\frac{1,90}{9,24} \leq 1,0$$

$$0,21 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení na ohyb

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{5,31 \cdot 10^3}{6,48 \cdot 10^{-4}} = 8,19 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.11]

$$\frac{8,19}{13,44} + 0,7 \cdot 0 \leq 1,0$$

$$0,61 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.12]

$$0,7 \cdot \frac{8,19}{13,44} + 0 \leq 1,0$$

$$0,43 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na smyk

vliv výsušných trhlin:  $k_{cr} = 0,67$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 0,120 = 0,080$$

návrhové napětí ve smyku:

$$\tau_{z,d} = \frac{3 \cdot V_{z,Ed}}{2 \cdot b_{eff} \cdot h} = \frac{3 \cdot 1,20 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,080 \cdot 0,180} = 0,13 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.13]

$$\frac{0,13}{1,40} \leq 1,0$$

$$0,09 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kombinaci ohybu a tahu

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.17]

$$\frac{1,90 \cdot 10^6}{9,24 \cdot 10^6} + \frac{8,19 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot 0 \leq 1,0$$

$$0,82 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.18]

$$\frac{1,90 \cdot 10^6}{9,24 \cdot 10^6} + 0,7 \cdot \frac{8,19 \cdot 10^6}{13,44 \cdot 10^6} + 0 \leq 1,0$$

$$0,63 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na klopení

moment setrvačnosti v kroucení:

$$I_{tor} \approx \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{b}{h} \cdot \left( 1 - \frac{b^4}{12 \cdot h^4} \right) \right] \cdot b^3 \cdot h$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \left[ 1 - 0,63 \cdot \frac{0,12}{0,18} \cdot \left( 1 - \frac{0,12^4}{12 \cdot 0,18^4} \right) \right] \cdot 0,12^3 \cdot 0,18 = 6,085 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$



účinná délka:

$$l_{eff} = 0,9 \cdot l + 0,2 \cdot h = 0,9 \cdot 4,0 + 0,2 \cdot 0,18 = 3,96 \text{ m} \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, tab. 6.1}]$$

kritické napětí za ohybu:

$$\begin{aligned} \sigma_{m,crit} &= \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor}}}{l_{eff} \cdot W_y} \\ &= \frac{\pi \cdot \sqrt{9,667 \cdot 10^9 \cdot 2,592 \cdot 10^{-5} \cdot 0,60 \cdot 10^9 \cdot 6,085 \cdot 10^{-5}}}{3,96 \cdot 6,48 \cdot 10^{-4}} = 117,10 \text{ MPa} \end{aligned}$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.31]

poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24 \cdot 10^6}{117,10 \cdot 10^6}} = 0,45 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.30}]$$

součinitel klopení:

$$k_{crit} = 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.34}]$$

návrhové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,d} = \sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{5,31 \cdot 10^3}{6,48 \cdot 10^{-4}} = 8,19 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \leq 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.33}]$$

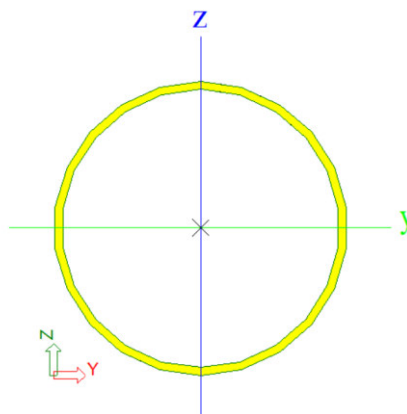
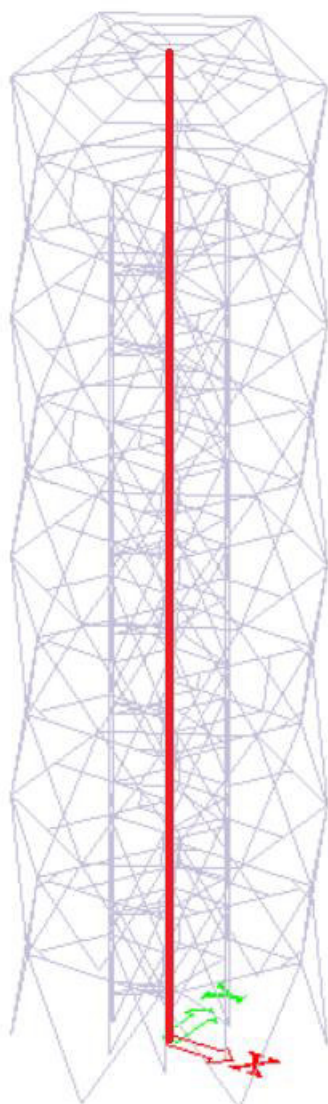
$$\frac{8,19}{1,0 \cdot 13,44} \leq 1,0$$

$$0,61 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

Výsledky z posouzení ve statickém a softwarovém systému Scia Engineer 2014 jsou k dispozici v **příloze**.

## 8.15 Středový sloup



středový sloup - RO298.5X8

### Průřezové charakteristiky

A	7,3000e-03	m <sup>2</sup>
A <sub>y</sub>	4,8784e-03	m <sup>2</sup>
A <sub>z</sub>	4,8784e-03	m <sup>2</sup>
AL	9,3700e-01	m <sup>2</sup> /m
AD	1,8252e+00	m <sup>2</sup> /m
c <sub>YUSS</sub>	149	mm
c <sub>ZUSS</sub>	149	mm
α	0,00	deg
I <sub>y</sub>	7,7080e-05	m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	7,7080e-05	m <sup>4</sup>
i <sub>y</sub>	103	mm
i <sub>z</sub>	103	mm
W <sub>ely</sub>	5,1600e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>elz</sub>	5,1600e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>ply</sub>	6,7512e-04	m <sup>3</sup>
W <sub>plz</sub>	6,7512e-04	m <sup>3</sup>
M <sub>ply+</sub>	1,59e+05	Nm
M <sub>ply-</sub>	1,59e+05	Nm
M <sub>plz+</sub>	1,59e+05	Nm
M <sub>plz-</sub>	1,59e+05	Nm
d <sub>y</sub>	0	mm
d <sub>z</sub>	0	mm
I <sub>t</sub>	1,5416e-04	m <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	4,5488e-39	m <sup>6</sup>
β <sub>y</sub>	0	mm
β <sub>z</sub>	0	mm

obr. 81: Poloha prvku, průřezové charakteristiky

- zatřídění průřezu

poměrné přetvoření:  $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$  [ČSN EN 19913-1-1, tab. 5.2]

rozměry průřezu:  $d = 298,5 \text{ mm}$

$$t = 8 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{298,5}{8} = 37,31 \leq 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 1,0^2 = 50$$

⇒ třída 1

Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:  $N_{Ed} = -321,94 \text{ kN}$

$$M_{y,Ed} = 28,46 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = -1,32 \text{ kN}$$

- posouzení na tlak

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,30 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 1715,5 \text{ kN}$$
 [ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.10]

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0$$
 [ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.9]

$$\frac{321,94}{1715,5} \leq 1,0$$

$$0,19 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení na vzpěrný tlak

vzpěrná délka:  $L_{cr} = L_{cr,y} = L_{cr,z} = 3,563 \text{ m}$

kritická Eulerova síla:  $N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 7,708 \cdot 10^{-5}}{3,563^2} = 12584,3 \text{ kN}$

poměrná štíhlost:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{7,30 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{12584,3 \cdot 10^3}} = 0,40$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.49]

křivka vzpěrné pevnosti: křivka c

[ČSN EN 1993-1-1, tab. 6.1, 6.2]

součinitel imperfekt pro křivku vzpěrné pevnosti:  $\alpha = 0,49$



součinitel vzpěrnosti:  $\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,629 + \sqrt{0,629^2 - 0,40^2}} = 0,90$

$$\phi = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5[1 + 0,49(0,40 - 0,2) + 0,40^2] = 0,629$$

vzpěrná únosnost:  $N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,90 \cdot 7,3 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 1543,95 \text{ kN}$   
[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.47]

podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.46}]$$

$$\frac{321,94}{1543,95} \leq 1,0$$

$$0,21 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení na tlak s ohybem

kritická Eulerova síla:  $N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 7,708 \cdot 10^{-5}}{3,563^2} = 12584,3 \text{ kN}$

poměrná štíhlost:  $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{7,30 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{12584,3 \cdot 10^3}} = 0,40$   
[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.49]

křivka vzpěrné pevnosti: křivka c [ČSN EN 1993-1-1, tab. 6.1, 6.2]

součinitel imperfekt pro křivku vzpěrné pevnosti:  $\alpha = 0,49$

součinitel vzpěrnosti:  $\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,629 + \sqrt{0,629^2 - 0,40^2}} = 0,90$

$$\phi = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5[1 + 0,49(0,40 - 0,2) + 0,40^2] = 0,629$$

součinitel  $c_m$ :  $c_{m,y} = 0,900$  [ČSN EN 1993-1-1, tab. B.3]

$$c_{m,z} = 0,863$$

$$c_{m,LT} = 0,601$$

interakční součinitel:  $k_{yy} = 0,929$  [ČSN EN 1993-1-1, tab. B.2]

$$k_{yz} = 0,531$$

$$k_{zy} = 0,557$$

$$k_{zz} = 0,885$$

$$N_{Rk} = f_y \cdot A = 235 \cdot 10^6 \cdot 7,30 \cdot 10^{-3} = 1715,50 \text{ kN} \quad [\text{ČSN EN 1993-1-1, tab. 6.7}]$$

$$M_{y,Rk} = f_y \cdot W_{el,y} = 235 \cdot 10^6 \cdot 5,16 \cdot 10^{-4} = 121,26 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = f_y \cdot W_{el,z} = 235 \cdot 10^6 \cdot 5,16 \cdot 10^{-4} = 121,26 \text{ kN}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.61}]$$

$$\frac{321,94}{0,90 \cdot 1715,50} + 0,929 \cdot \frac{28,46 + 0}{1 \cdot 121,26} + 0,557 \cdot \frac{1,32 + 0}{121,26} \leq 1,0$$

$$0,43 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} \cdot \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} \cdot \Delta M_{z,Ed}}{M_{Rk}} \leq 1,0 \quad [\text{ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.62}]$$

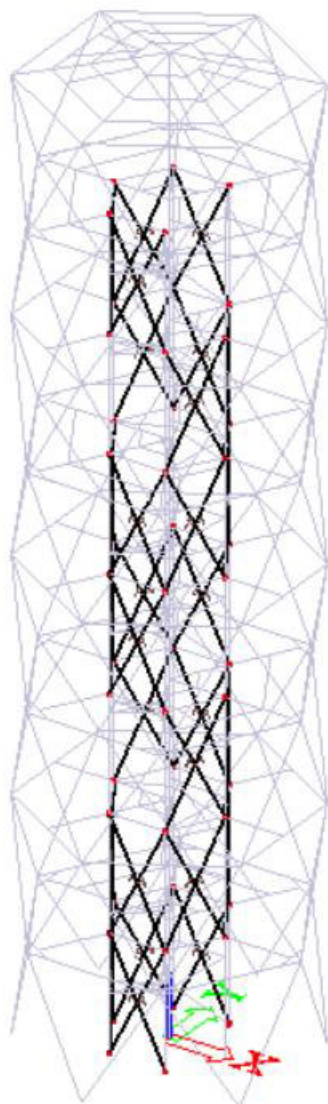
$$\frac{321,94}{0,90 \cdot 1715,50} + 0,557 \cdot \frac{28,46 + 0}{1 \cdot 121,26} + 0,885 \cdot \frac{1,32 + 0}{121,26} \leq 1,0$$

$$0,35 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

Výsledky z posouzení ve statickém a softwarovém systému Scia Engineer 2014 jsou k dispozici v **příloze**.

## 8.16 Ztužidla



Navržené táhlo:  
Macalloy 460 M10



$$d = 9\text{mm}$$

$$A = 64\text{mm}^2$$

$$A_{net} = 54\text{mm}^2$$

$$t_{plechu} = 10\text{mm}$$

$$N_{u,Rd} = 25,4\text{kN}$$

obr. 82: Poloha prvku, charakteristiky táhla





Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:  $N_{Ed} = 13,5 \text{ kN}$

- posouzení na tah

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,Rd}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.6]

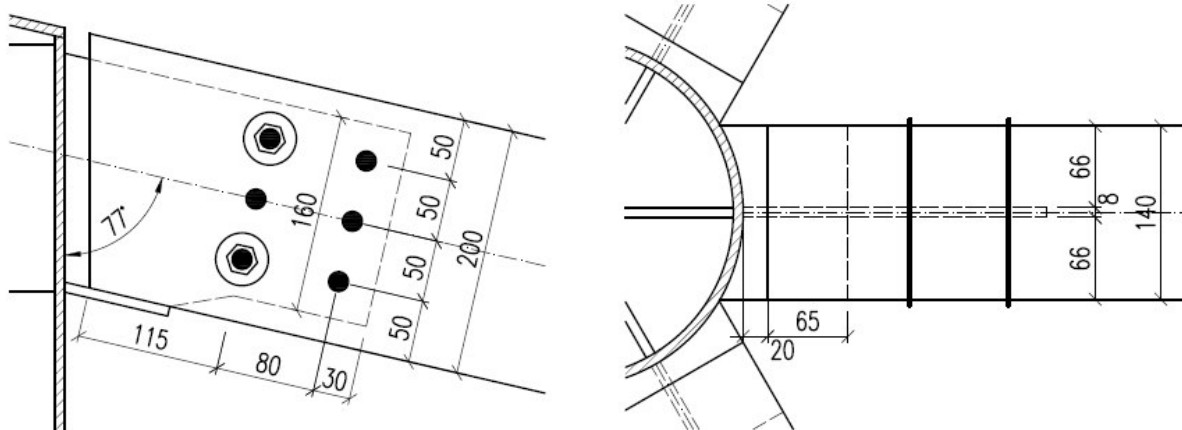
$$\frac{13,52}{25,4} \leq 1,0$$

$$0,33 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

## 9 POSOUZENÍ DETAILŮ

### 9.1 Detail 1: Přípoj krokve na středový sloup



obr. 83: Přípoj krokve na středový sloup

#### 9.1.1 Kolíky

charakteristická únosnost kolíků pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku:  
 ocelová deska libovolné tloušťky jako střední prvek dvojstřížného spoje:

$t_1 = 66 \text{ mm}$  – menší tloušťka krajního dřevěného prvku

$d = 16 \text{ mm}$  – průměr spojovacího kolíku

$\rho_k = 380 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  – charakteristická hustota dřeva

$\alpha$  - úhel zatížení vzhledem k vláknům

charakteristická pevnost dřeva v otláčení pro úhel  $\alpha$ :

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 16)380 = 26,17 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

charakteristická pevnost dřeva v otláčení:

$$k_{90} = 1,30 + 0,015d = 1,30 + 0,015 \cdot 16 = 1,54$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{26,17}{1,54 \cdot \sin^2 0^\circ + \cos^2 0^\circ} = 26,17 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku (kvalita 8.8):

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 16^{2,6} = 324,28 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$



únosnost jednoho kolíku na jeden stříh:

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 8.11/f,g,h]

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

charakteristická únosnost na vytažení:  $F_{ax,Rk} = 0$  – pro kolíky

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 26,17 \cdot 66 \cdot 16 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 324,28 \cdot 10^3}{26,17 \cdot 16 \cdot 66^2} - 1} \right] + 0 \\ 2,3 \sqrt{324,28 \cdot 10^3 \cdot 26,17 \cdot 16} + 0 \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 27,64 \text{ kN} \\ 23,17 \text{ kN} \\ 26,80 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = 23,17 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{23,17}{1,25} = 12,98 \text{ kN}$$

⇒ návrh 6 kolíků  $\phi$  16 mm

návrhová únosnost jednoho dvojstřížného kolíku:

$$R_d = 2 \cdot F_{v,Rd} = 2 \cdot 12,98 = 25,96 \text{ kN}$$

zatížení na jeden kolík:

$$F_{1,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n} = \frac{107,46}{6} = 17,91 \text{ kN}$$

posouzení:

$$\frac{F_{1,Ed}}{R_d} \leq 1,0$$

$$\frac{17,91}{25,96} \leq 1,0$$

$$0,69 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů a konců pro kolíky:

[ČSN EN 1995-1-1, tab. 8.5]

$$a_1 = (3 + 2|\cos \alpha|)d = 80 \text{ mm}$$

$$a_2 = 3d = 48 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = 48 \text{ mm}$$

### 9.1.2 Dřevěný profil

charakteristika profilu:

$$A_{net} = h \cdot (b - t) - m \cdot (b - t) \cdot d_0 = 200 \cdot (140 - 8) - 3 \cdot (140 - 8) \cdot 16 = 2,006 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$A_{ef} = (b - t) \cdot l = (140 - 8) \cdot 50 = 6,600 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

- posudek na osový tah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A_{net}} = \frac{107,46 \cdot 10^3}{2,006 \cdot 10^{-2}} = 5,36 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.1]

$$\frac{5,36}{9,24} \leq 1,0$$

$$0,58 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kolmý tlak

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_{z,Ed}}{A_{ef}} = \frac{1,19 \cdot 10^3}{6,60 \cdot 10^{-3}} = 0,18 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.3]

$$\frac{0,18}{1,0 \cdot 1,52} \leq 1,0$$

$$0,12 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**



### 9.1.3 Styčnickový plech

charakteristika plechu:

$$t = 8 \text{ mm}$$

$$v = 225 \text{ mm}$$

$$A_{net} = v \cdot t - m \cdot d_0 \cdot t = 225 \cdot 8 - 3 \cdot 16 \cdot 8 = 1416 \text{ mm}^2$$

- návrhová únosnost oslabeného plechu

$$N_{t,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1416 \cdot 360}{1,25} = 367,03 \text{ kN} \\ N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1800 \cdot 235}{1,0} = 423,00 \text{ kN} \end{array} \right.$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.6; 6.7]

$$N_{t,Rd} = 367,03 \text{ kN}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.5]

$$\frac{107,46}{367,03} \leq 1,0$$

$$0,29 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

### 9.1.4 Koutový svar

charakteristiky svaru:

$$a = 5 \text{ mm}$$

$$L = l - 2a = 185 - 2 \cdot 5 = 175 \text{ mm}$$

účinná plocha dvou svarů:

$$A_w = 2 \cdot a \cdot L = 2 \cdot 5 \cdot 175 = 1750 \text{ mm}^2$$

síly působící na svar:

$$N_{\perp} = N_{Ed} \cdot \cos(90 - \theta) - V_{z,Ed} \cdot \sin(90 - \theta) = 107,46 \cdot \cos(13) - 1,19 \cdot \sin(13) = 104,44 \text{ kN}$$

$$N_{\parallel} = N_{Ed} \cdot \sin(90 - \theta) + V_{z,Ed} \cdot \cos(90 - \theta) = 107,46 \cdot \sin(13) + 1,19 \cdot \cos(13) = 23,01 \text{ kN}$$

$$M = N_{\perp} \cdot e_{\parallel} + N_{\parallel} \cdot e_{\perp} = 104,44 \cdot 0,034 + 23,01 \cdot 0,168 = 7,42 \text{ kNm}$$



vyvolaná napětí:

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{A} = \frac{23,1 \cdot 10^3}{1,75 \cdot 10^{-2}} = 13,20 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{w,N_{\perp}} = \frac{N_{\perp}}{A} = \frac{104,44 \cdot 10^3}{1,75 \cdot 10^{-2}} = 59,68 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{w,M} = \frac{M}{W} = \frac{M}{\frac{1}{6} \cdot a \cdot L^2 \cdot 2} = \frac{7,42 \cdot 10^3}{\frac{1}{6} \cdot 0,005 \cdot 0,175^2 \cdot 2} = 145,37 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{w,N_{\perp}} + \sigma_{w,M}}{\sqrt{2}} = \frac{59,68 \cdot 10^6 + 145,37 \cdot 10^6}{\sqrt{2}} = 144,99 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad [\text{ČSN EN 1993-1-1, vztah 4,1}]$$

$$\sqrt{144,99^2 + 3 \cdot 144,99^2 + 3 \cdot 13,20^2} \leq \frac{360}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$290,88 \leq 320,0$$

**VYHOVUJE**

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 4,1]

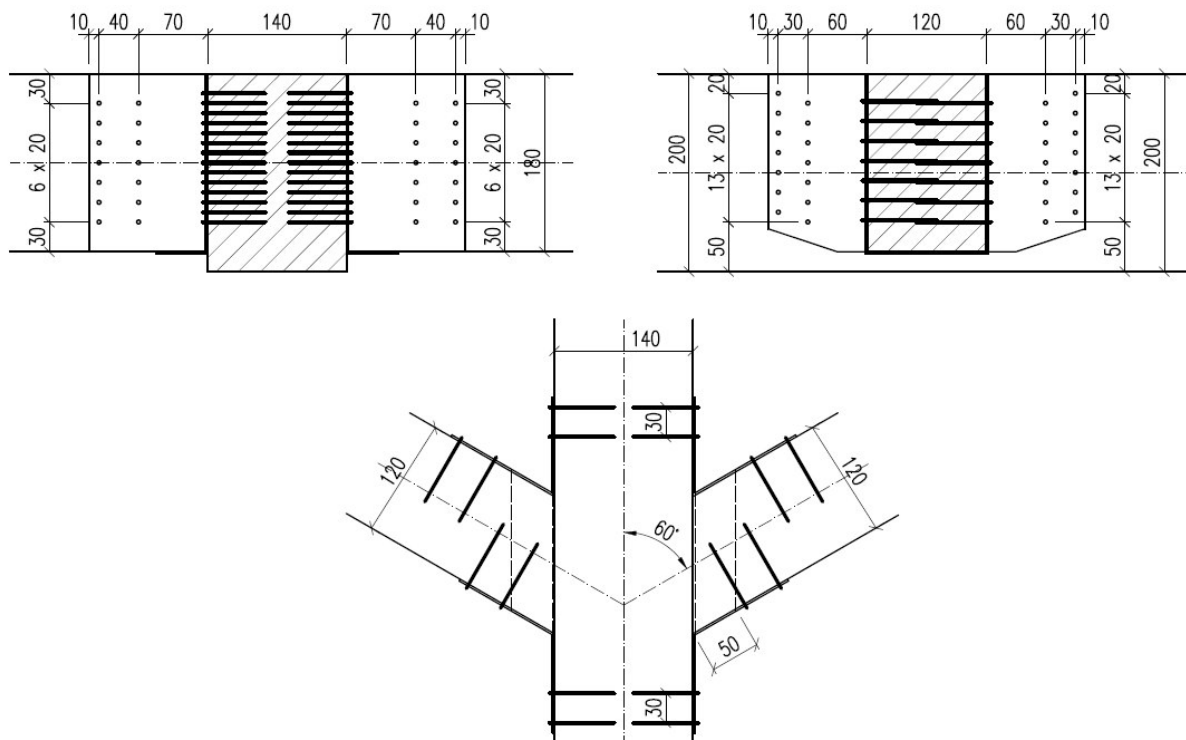
$$144,99 \leq \frac{360}{1,25}$$

$$144,99 \leq 288,0$$

**VYHOVUJE**



## 9.2 Detail 2: Přípoj vaznice na krokev



obr. 84: Přípoj vaznice na krokev

### 9.2.1 Hřebíky

charakteristická únosnost hřebíku pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku:  
tenká ocelová deska jednostřížně namáhaná:

$d = 4 \text{ mm}$  – průměr spojovacího hřebíku

$\rho_k = 380 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  – charakteristická hustota dřeva

$\alpha$  - úhel zatížení vzhledem k vláknům

- na vaznici

charakteristická únosnost na vytažení spojovacího prostředku:

$$F_{ax,Rk} \approx 600 \text{ N}$$

charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 600 \cdot 4^{2,6} = 6,617 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

charakteristická pevnost dřeva v otláčení:

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} = 0,082 \cdot 380 \cdot 4^{-0,3} = 20,56 \text{ MPa}$$

návrhová únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d}{1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \right\} \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 8.9/a,b}]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,4 \cdot 20,56 \cdot 58 \cdot 4}{1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot 6,617 \cdot 10^3 \cdot 20,56 \cdot 4} + \frac{600}{4}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \{1,91 \text{ kN}\}$$

$$F_{v,Rk} = 1,35 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{1,35}{1,25} = 0,76 \text{ kN}$$

$\Rightarrow$  návrh 28 hřebíků  $\phi$  4 mm

zatížení na jeden hřebík:

$$F_{1,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n} = \frac{19,21}{28} = 0,686 \text{ kN}$$

posouzení:

$$\frac{F_{1,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{0,686}{0,76} \leq 1,0$$

$$0,90 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- na krokvi

síly působící na hřebíky:

$$N_{\perp} = N_{Ed} \cdot \sin(\theta) = -34,43 \cdot \sin(60) = -29,82 \text{ kN}$$

$$N_{\parallel} = N_{Ed} \cdot \cos(\theta) = -34,43 \cdot \cos(60) = -17,22 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \sqrt{V_{z,Ed}^2 + N_{\parallel}^2} = \sqrt{8,01^2 + 17,22^2} = 18,99 \text{ kN}$$

charakteristická únosnost na vytažení spojovacího prostředku:

$$F_{ax,Rk} \approx 600 \text{ N}$$



charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 600 \cdot 4^{2,6} = 6,617 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

charakteristická pevnost dřeva v otláčení:

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} = 0,082 \cdot 380 \cdot 4^{-0,3} = 20,56 \text{ MPa}$$

návrhová únosnost jednoho stříhu jednoho spojovacího prostředku:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d}{1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \right\} \quad [\text{ČSN EN 1995-1-1, vztah 8.9/a,b}]$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,4 \cdot 20,56 \cdot 68 \cdot 4}{1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot 6,617 \cdot 10^3 \cdot 20,56 \cdot 4} + \frac{600}{4}} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,24 \text{ kN} \\ 1,35 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = 1,35 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{1,35}{1,25} = 0,76 \text{ kN}$$

$\Rightarrow$  návrh 28 hřebíků  $\phi$  4 mm

zatížení na jeden hřebík:

$$F_{1,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n} = \frac{18,99}{28} = 0,68 \text{ kN}$$

posouzení:

$$\frac{F_{1,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{0,68}{0,76} \leq 1,0$$

$$0,89 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů a konců pro hřebíky:

[ČSN EN 1995-1-1, tab. 8.2]

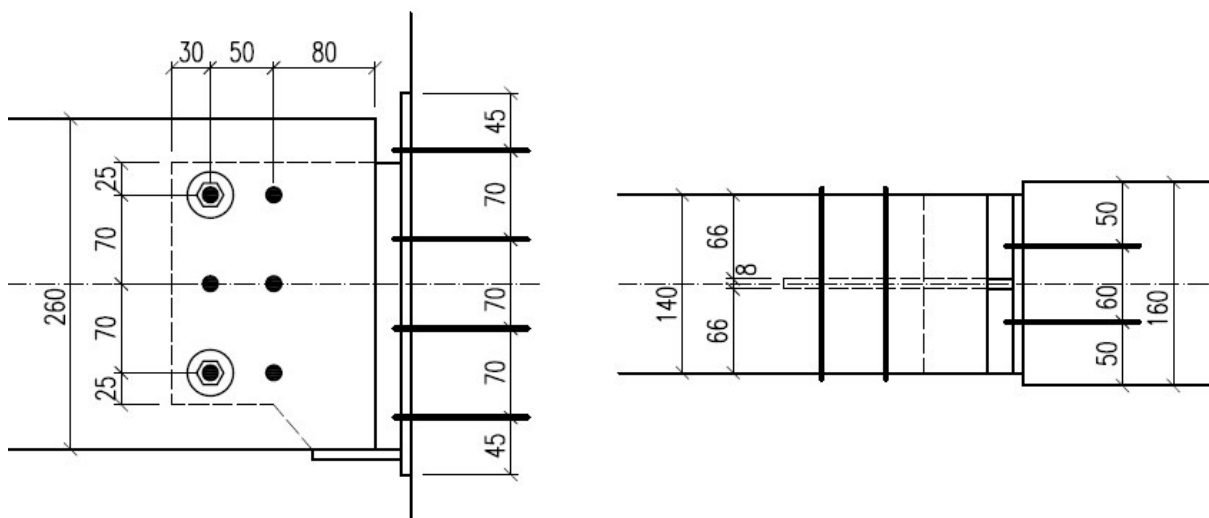
$$a_1 = (5 + 5|\cos \alpha|)d = 40 \text{ mm}$$

$$a_2 = 5d = 20 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = (10 + 5 \cdot \cos \alpha) \cdot d = 60 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = (5 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d = 20 \text{ mm}$$

### 9.3 Detail 3: Příklad nosníku podest na vnitřní sloup



obr. 85: Příklad nosníku podest na vnitřní sloup

#### 9.3.1 Kolíky

charakteristická únosnost kolíků pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku:

ocelová deska libovolné tloušťky jako střední prvek dvojstřížného spoje:

$t_1 = 66 \text{ mm}$  – menší tloušťka krajního dřevěného prvku

$d = 10 \text{ mm}$  – průměr spojovacího kolíku

$\rho_k = 380 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  – charakteristická hustota dřeva

$\alpha$  – úhel zatížení vzhledem k vláknům

charakteristická pevnost dřeva v otláčení pro úhel  $\alpha$ :

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 10)380 = 28,04 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$k_{90} = 1,30 + 0,015d = 1,30 + 0,015 \cdot 10 = 1,45$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{28,04}{1,45 \cdot \sin^2 0^\circ + \cos^2 0^\circ} = 28,04 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku (kvalita 4.8):

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 10^{2,6} = 47,77 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

únosnost jednoho kolíku na jeden stříh:

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 8.11/f,g,h]

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

charakteristická únosnost na vytažení:  $F_{ax,Rk} = 0$  – pro kolíky

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 28,04 \cdot 66 \cdot 10 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 47,77 \cdot 10^3}{28,04 \cdot 10 \cdot 66^2} - 1} \right] + 0 \\ 2,3 \sqrt{47,77 \cdot 10^3 \cdot 28,04 \cdot 10 + 0} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 18,51 \text{ kN} \\ 7,88 \text{ kN} \\ 8,42 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = 7,88 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{7,88}{1,25} = 4,41 \text{ kN}$$

⇒ návrh 6 kolíků  $\phi$  12 mm

návrhová únosnost jednoho dvojstřížného kolíku:

$$R_d = 2 \cdot F_{v,Rd} = 2 \cdot 4,41 = 8,82 \text{ kN}$$

zatížení na jeden kolík:

$$F_{1,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n} = \frac{14,00}{6} = 3,5 \text{ kN}$$

posouzení:

$$\frac{F_{1,Ed}}{R_d} \leq 1,0$$

$$\frac{3,5}{8,82} \leq 1,0$$

$$0,40 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů a konců pro kolíky:

[ČSN EN 1995-1-1, tab. 8.5]

$$a_1 = (3 + 2|\cos \alpha|)d = 50 \text{ mm}$$

$$a_2 = 3d = 30 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = 80 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = 30 \text{ mm}$$

### 9.3.2 Dřevěný profil

charakteristika profilu:

$$A_{ef} = (b - t) \cdot l = (140 - 8) \cdot 50 = 6,600 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

posudek na kolmý tlak

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_{z,Ed}}{A_{ef}} = \frac{5,06 \cdot 10^3}{6,60 \cdot 10^{-3}} = 0,77 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.3]

$$\frac{0,77}{1,0 \cdot 1,52} \leq 1,0$$

$$0,51 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

### 9.3.3 Koutový svar

charakteristiky svaru:

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

$$L = l - 2a = 220 - 2 \cdot 3 = 214 \text{ mm}$$

účinná plocha dvou svarů:

$$A_w = 2 \cdot a \cdot L = 2 \cdot 3 \cdot 214 = 1284 \text{ mm}^2$$

síly působící na svar:

$$N_{\perp} = N_{Ed} \cdot \sin(\theta) + V_{z,Ed} \cdot \cos(\theta) = -14,00 \cdot \cos(90) + 5,06 \cdot \sin(90) = 5,06 \text{ kN}$$

$$N_{\parallel} = -N_{Ed} \cdot \cos(\theta) + V_{z,Ed} \cdot \sin(\theta) = 14,00 \cdot \sin(90) + 5,06 \cdot \cos(90) = 14,00 \text{ kN}$$

$$M = N_{\perp} \cdot e_{\parallel} + N_{\parallel} \cdot e_{\perp} = 5,06 \cdot 0 + 14,00 \cdot 0,125 = 1,75 \text{ kNm}$$





vyvolaná napětí:

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{A} = \frac{N_{\parallel}}{a \cdot L \cdot 2} = \frac{14,00 \cdot 10^3}{0,003 \cdot 0,214 \cdot 2} = 10,90 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{w,N_{\perp}} = \frac{N_{\perp}}{A} = \frac{N_{\perp}}{a \cdot L \cdot 2} = \frac{5,06 \cdot 10^3}{0,003 \cdot 0,214 \cdot 2} = 3,94 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{w,M} = \frac{M}{W} = \frac{M}{\frac{1}{6} \cdot a \cdot L^2 \cdot 2} = \frac{1,75 \cdot 10^3}{\frac{1}{6} \cdot 0,003 \cdot 0,214^2 \cdot 2} = 38,21 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{w,N_{\perp}} + \sigma_{w,M}}{\sqrt{2}} = \frac{3,94 \cdot 10^6 + 38,21 \cdot 10^6}{\sqrt{2}} = 29,80 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad [\text{ČSN EN 1993-1-1, vztah 4,1}]$$

$$\sqrt{29,80^2 + 3 \cdot 29,80^2 + 3 \cdot 10,90^2} \leq \frac{360}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$62,52 \leq 320,0$$

**VYHOVUJE**

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 4,1]

$$29,80 \leq \frac{360}{1,25}$$

$$29,80 \leq 288,0$$

**VYHOVUJE**

### 9.3.4 Vruty

pro tlustou ocelovou desku jedностřížně namáhanou:

síly působící na vruty:

$$N_{\perp} = N_{Ed} \cdot \sin(\theta) + V_{z,Ed} \cdot \cos(\theta) = -14,00 \cdot \cos(90) + 5,06 \cdot \sin(90) = 5,06 \text{ kN}$$

$$N_{\parallel} = -N_{Ed} \cdot \cos(\theta) + V_{z,Ed} \cdot \sin(\theta) = 14,00 \cdot \sin(90) + 5,06 \cdot \cos(90) = 14,00 \text{ kN}$$

$$M = N_{\perp} \cdot e_{\parallel} + N_{\parallel} \cdot e_{\perp} = 5,06 \cdot 0 + 14,00 \cdot 0,125 = 1,75 \text{ kNm}$$

- únosnost ve stříhu

charakteristická únosnost na vytažení spojovacího prostředku:

$$F_{ax,Rk} \approx 5900 \text{ kN}$$

charakteristický plastický moment spojovacího prostředku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 8^{2,6} = 26,74 \text{ kNmm}$$

charakteristická pevnost v otláčení ve dřevěném prvku:

$$k_{90} = 1,30 + 0,015d = 1,30 + 0,015 \cdot 8 = 1,45$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 8) \cdot 380 = 28,67 \text{ MPa}$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{28,67}{1,45 \cdot \sin^2 0 + \cos^2 0} = 28,67 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$t_1 = l - p = 80 - 8 = 72 \text{ mm}$$

únosnost jednoho vrutu na jeden stříh

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 8.10/c,d,e]

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

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 28,67 \cdot 72 \cdot 8 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 26,74 \cdot 10^3}{28,67 \cdot 8 \cdot 72^2}} - 1 \right] + \frac{5900}{4} \\ 2,3 \sqrt{26,74 \cdot 10^3 \cdot 28,67 \cdot 8} + \frac{5900}{4} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 16,51 \\ 8,83 \\ 7,17 \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = 7,17 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{7,17}{1,25} = 4,02 \text{ kN}$$

⇒ návrh 8 vrutů  $\phi$  8 mm

zatížení na jeden vrut:

$$F_{1,Ed} = \frac{N_{||}}{n} = \frac{14,00}{8} = 1,75 \text{ kN}$$



podmínka posouzení:

$$\frac{F_{1,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{1,75}{4,02} \leq 1,0$$

$$0,44 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- únosnost na vytažení

vliv páčení:

$$t_e = 4,3 \sqrt[3]{\frac{b \cdot d^2}{a}} \leq t$$

$$t_e = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{21 \cdot 8^2}{40}} = 13,88 \neq 8 \text{ mm} \rightarrow \text{nutno uvažovat vliv páčení}$$

$$\gamma_p = \frac{t_e^3 - p^3}{d^2} \cdot 0,005 + 1 = \frac{13,88^3 - 8^3}{8^2} \cdot 0,005 + 1 = 1,17$$

tahová síla v nejméně namáhané řadě vrutů:

$$F_{t,Ed} = M \cdot \frac{r_1}{\sum r_i^2} \cdot \gamma_p = \frac{1,75 \cdot 10^3 \cdot 0,21}{0,21^2 + 0,14^2 + 0,07^2} \cdot 1,17 = 5,36 \text{ kN}$$

návrhová únosnost jednoho vrutu na vytažení

$$k_d = \min \left\{ \frac{d}{8} = \frac{8}{8} = 1,0 \right. \\ \left. 1,0 \right\}$$

$$k_d = 1,0$$

$$l_{ef} = 0,6 \cdot l = 0,6 \cdot 100 = 60 \text{ mm}$$

$$f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0,5} - l_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8} = 0,52 \cdot 8^{-0,5} \cdot 60^{-0,1} \cdot 380^{0,8} = 14,14 \text{ MPa}$$

$$F_{ax,Rk} = F_{ax,\alpha,Rk} = \frac{f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef} \cdot k_d}{1,2 \cdot \cos(\alpha)^2 + \sin(\alpha)^2} = \frac{14,14 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 1,0}{1,2 \cdot \cos(90)^2 + \sin(90)^2} = 6,79 \text{ kN}$$

$$F_{ax,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{ax,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{6,79}{1,25} = 3,12 \text{ kN}$$

účinnost nejvíce namáhané řady:

$$2 \cdot F_{ax,Rd} = 2 \cdot 3,12 = 6,24 \text{ kN}$$

podmínka posouzení:

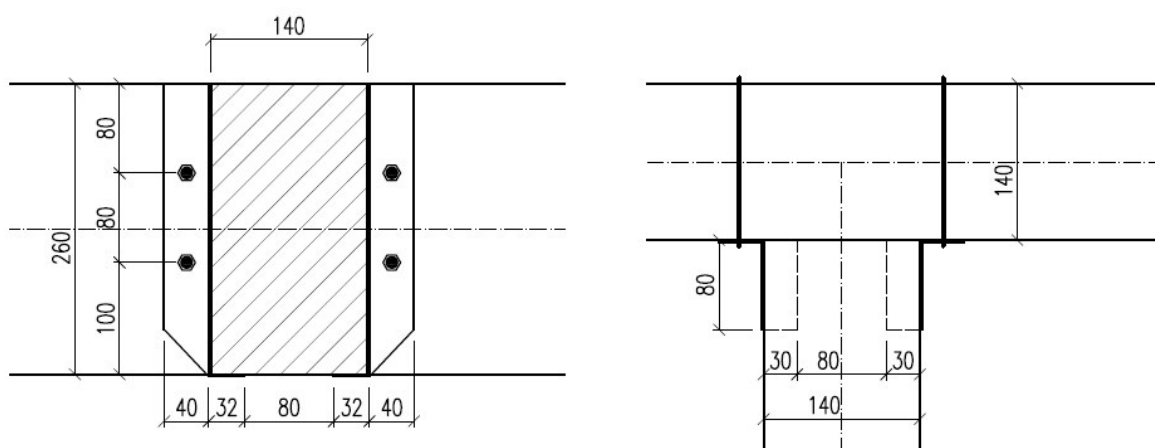
$$\frac{F_{t,Ed}}{2 \cdot F_{ax,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{5,36}{6,24} \leq 1,0$$

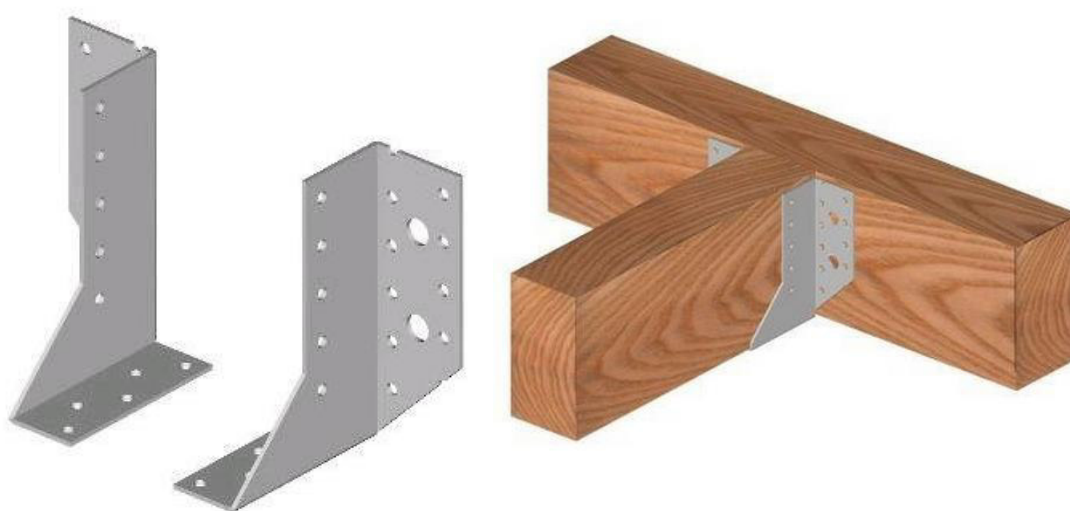
$$0,86 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

#### 9.4 Detail 4: Připoj nosníku plošin na vodorovné vnější pruty



obr. 86: Připoj nosníku plošin na vodorovné vnější pruty



obr. 87: Třmen BV/T,P,L, fa. BOVA Břežnice, spol. s r.o.



### 9.4.1 Svorníky

- charakteristická únosnost svorníků pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku: tenká ocelová deska jako vnější prvek:

$t_2 = 140 \text{ mm}$  – tloušťka středního dřevěného prvku

$d = 10 \text{ mm}$  – průměr spojovacího svorníku

$\rho_k = 380 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  – charakteristická hustota dřeva

$\alpha$  – úhel zatížení vzhledem k vláknům

$$\text{výsledná síla: } F_{v,Ed} = \sqrt{V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2} = \sqrt{0,40^2 + 13,64^2} = 13,65 \text{ kN}$$

charakteristická pevnost dřeva v otláčení pro úhel  $\alpha$ :

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 10)380 = 28,04 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$k_{90} = 1,30 + 0,015d = 1,30 + 0,015 \cdot 10 = 1,45$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{28,04}{1,45 \cdot \sin(88,32)^2 + \cos(88,32)^2} = 19,34 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku (kvalita 4.8):

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 10^{2,6} = 47,77 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

únosnost jednoho kolíku na jeden stříh:

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 8.12/j,k]

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,1,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,15 \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d + \frac{F_{ax,Rk}^2}{4}} \end{array} \right\}$$

charakteristická únosnost na vytažení:  $F_{ax,Rk} = 0$  – pro kolíky

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot 19,34 \cdot 140 \cdot 10 \\ 1,15 \sqrt{2 \cdot 47,77 \cdot 10^3 \cdot 19,34 \cdot 10 + 0} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 13,54 \\ 4,94 \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = 4,94 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{4,94}{1,25} = 2,77 \text{ kN}$$

$\Rightarrow$  návrh 4 svorníky  $\phi$  10 mm



návrhová únosnost jednoho dvojstřížného svorníku:

$$R_d = 2 \cdot F_{v,Rd} = 2 \cdot 2,27 = 5,54 \text{ kN}$$

zatížení na jeden svorník:

$$F_{1,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n} = \frac{13,65}{4} = 3,41 \text{ kN}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{F_{1,Ed}}{R_d} \leq 1,0$$

$$\frac{3,41}{5,54} \leq 1,0$$

$$0,62 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení únosnosti spoje na tah

$$F_{Ed} = N_{max} = 23,28 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{A_s \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{62,83 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 14,77 \text{ kN}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{F_{Ed}}{2 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

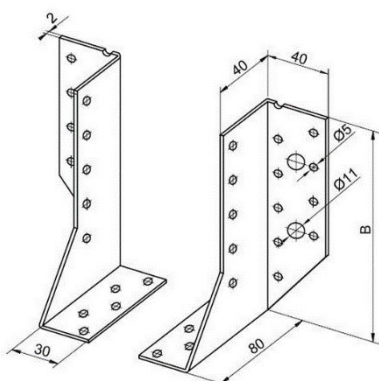
$$\frac{23,28}{2 \cdot 14,77} \leq 1,0$$

$$0,79 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**



### 9.4.2 Geometrie spoje



průměr otvoru  $d_0 = 11\text{mm}$

průměr svorníku  $d = 10\text{mm}$

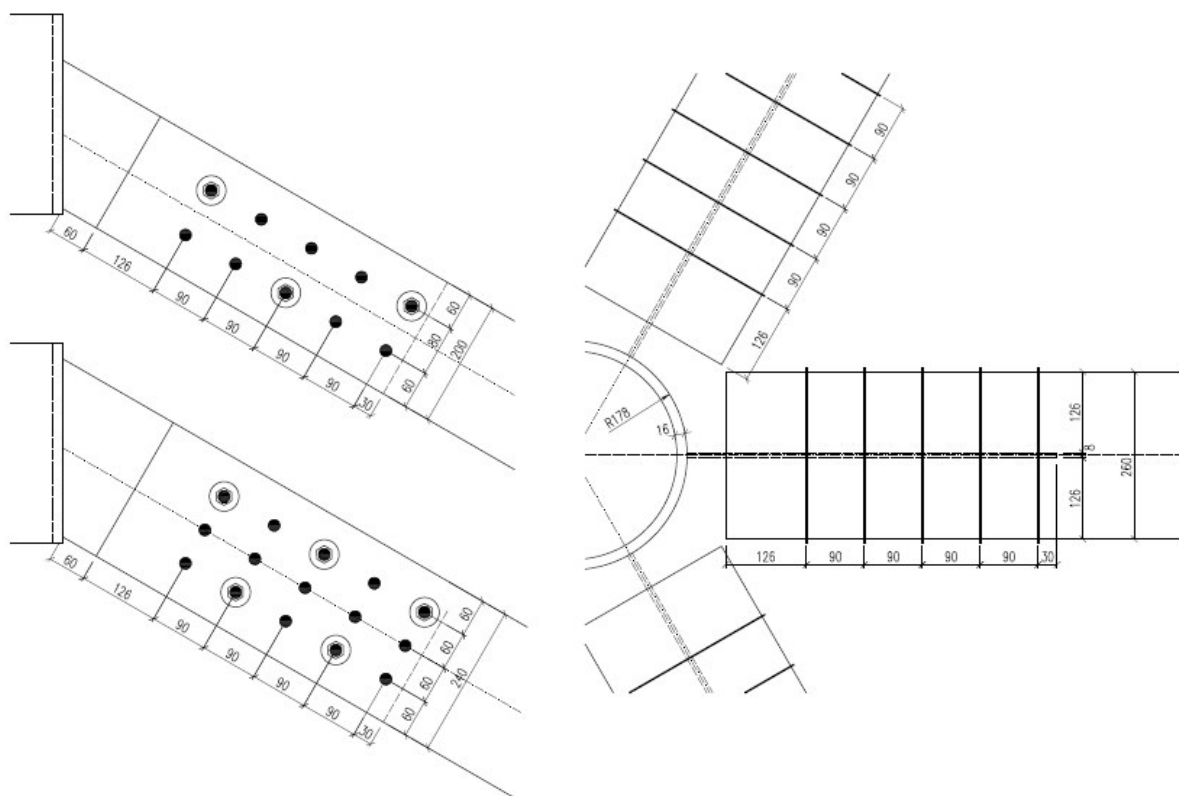
plocha svorníku  $A = 78,54\text{mm}^2$

plocha svorníku oslabená závitem  $A_s = 62,83\text{mm}^2$

$B = 260\text{mm}$

$A = 140\text{mm}$

### 9.5 Detail 5: Styčník vnějších prutů (1. úroveň)



obr. 88: Styčník vnějších prutů



### 9.5.1 Kolíky

charakteristická únosnost kolíků pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku:  
ocelová deska libovolné tloušťky jako střední prvek dvojitřizného spoje:

$t_1 = 126 \text{ mm}$  – menší tloušťka krajního dřevěného prvku

$d = 18 \text{ mm}$  – průměr spojovacího kolíku

$\rho_k = 380 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  – charakteristická hustota dřeva

$\alpha$  - úhel zatížení vzhledem k vláknům

charakteristická pevnost dřeva v otačení pro úhel  $\alpha$ :

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 18)380 = 25,55 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

charakteristická pevnost dřeva v otačení:

$$k_{90} = 1,30 + 0,015d = 1,30 + 0,015 \cdot 18 = 1,57$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{25,55}{1,57 \cdot \sin^2 0^\circ + \cos^2 0^\circ} = 25,55 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku (kvalita 8.8):

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 18^{2,6} = 440,47 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

únosnost jednoho kolíku na jeden stříh:

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 8.11/f,g,h]

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

charakteristická únosnost na vytažení:  $F_{ax,Rk} = 0$  – pro kolíky

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 25,55 \cdot 126 \cdot 18 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 440,47 \cdot 10^3}{25,55 \cdot 18 \cdot 126^2}} - 1 \right] + 0 \\ 2,3 \sqrt{440,47 \cdot 10^3 \cdot 25,55 \cdot 18} + 0 \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 57,95 \text{ kN} \\ 28,81 \text{ kN} \\ 32,74 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = 28,81 \text{ kN}$$



- pruty ve svislé rovině

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{28,81}{1,25} = 16,13 \text{ kN}$$

$\Rightarrow$  návrh 15 kolíků  $\phi$  18 mm

návrhová únosnost jednoho dvojstřížného kolíku:

$$R_d = 2 \cdot F_{v,Rd} = 2 \cdot 16,13 = 32,26 \text{ kN}$$

zatížení na jeden kolík:

$$F_{1,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n} = \frac{444,46}{15} = 29,63 \text{ kN}$$

posouzení:

$$\frac{F_{1,Ed}}{R_d} \leq 1,0$$

$$\frac{29,63}{32,26} \leq 1,0$$

$$0,92 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- pruty ve vodorovné rovině

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{28,81}{1,25} = 16,13 \text{ kN}$$

$\Rightarrow$  návrh 10 kolíků  $\phi$  18 mm

návrhová únosnost jednoho dvojstřížného kolíku:

$$R_d = 2 \cdot F_{v,Rd} = 2 \cdot 16,13 = 32,26 \text{ kN}$$

zatížení na jeden kolík:

$$F_{1,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n} = \frac{265,53}{10} = 26,56 \text{ kN}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{F_{1,Ed}}{R_d} \leq 1,0$$

$$\frac{26,56}{32,26} \leq 1,0$$

$$0,82 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů a konců pro kolíky:

[ČSN EN 1995-1-1, tab. 8.5]

$$a_1 = (3 + 2|\cos \alpha|)d = 90 \text{ mm}$$

$$a_2 = 3d = 54 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = 126 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = 54 \text{ mm}$$

### 9.5.2 Dřevěný profil

- pruty ve svislé rovině

charakteristika profilu:

$$\begin{aligned} A_{net} &= h \cdot (b - t) - m \cdot (b - t) \cdot d_0 = 240 \cdot (260 - 8) - 3 \cdot (260 - 8) \cdot 18 \\ &= 4,7792 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A_{ef} = (b - t) \cdot l = (260 - 8) \cdot 60 = 1,392 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

- posudek na osový tah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A_{net}} = \frac{444,46 \cdot 10^3}{4,7792 \cdot 10^{-2}} = 8,93 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.1]

$$\frac{8,93}{9,24} \leq 1,0$$

$$0,97 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kolmý tlak

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_{z,Ed}}{A_{ef}} = \frac{0,62 \cdot 10^3}{1,392 \cdot 10^{-2}} = 0,04 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.3]

$$\frac{0,04}{1,0 \cdot 1,52} \leq 1,0$$

$$0,03 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- pruty ve vodorovné rovině

charakteristika profilu:

$$\begin{aligned} A_{net} &= h \cdot (b - t) - m \cdot (b - t) \cdot d_0 = 200 \cdot (260 - 8) - 2 \cdot (260 - 8) \cdot 18 \\ &= 4,133 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A_{ef} = (b - t) \cdot l = (260 - 8) \cdot 60 = 1,512 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

- posudek na osový tah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A_{net}} = \frac{265,53 \cdot 10^3}{4,133 \cdot 10^{-2}} = 6,42 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.1]

$$\frac{6,42}{9,24} \leq 1,0$$

$$0,69 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kolmý tlak

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_{z,Ed}}{A_{ef}} = \frac{0,36 \cdot 10^3}{1,512 \cdot 10^{-2}} = 0,02 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.3]

$$\frac{0,02}{1,0 \cdot 1,52} \leq 1,0$$

$$0,01 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE****9.5.3 Styčnickový plech**

- pruty ve svislé rovině  
charakteristika plechu:

$$t = 8 \text{ mm}$$

$$v = 500 \text{ mm}$$

$$A_{net} = v \cdot t - m \cdot d_0 \cdot t = 500 \cdot 8 - 3 \cdot 18 \cdot 8 = 3568 \text{ mm}^2$$

- o návrhová únosnost oslabeného plechu

$$N_{t,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 3568 \cdot 360}{1,25} = 924,83 \text{ kN} \\ N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4000 \cdot 235}{1,0} = 940,00 \text{ kN} \end{array} \right.$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.6; 6.7]

$$N_{t,Rd} = 924,83 \text{ kN}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.5]

$$\frac{444,46}{924,83} \leq 1,0$$

$$0,48 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- pruty ve vodorovné rovině  
charakteristika plechu:

$$t = 8 \text{ mm}$$

$$v = 500 \text{ mm}$$

$$A_{net} = v \cdot t - m \cdot d_0 \cdot t = 500 \cdot 8 - 2 \cdot 18 \cdot 8 = 3712 \text{ mm}^2$$

- o návrhová únosnost oslabeného plechu

$$N_{t,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 3712 \cdot 360}{1,25} = 962,15 \text{ kN} \\ N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4000 \cdot 235}{1,0} = 940,00 \text{ kN} \end{array} \right.$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.6; 6.7]

$$N_{t,Rd} = 962,5 \text{ kN}$$



podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.5]

$$\frac{265,53}{962,15} \leq 1,0$$

$$0,29 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

#### 9.5.4 Koutový svar

- pruty ve svislé rovině

charakteristiky svaru:

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$L = l - 2a = 240 - 2 \cdot 4 = 232 \text{ mm}$$

účinná plocha dvou svarů:

$$A_w = 2 \cdot a \cdot L = 2 \cdot 4 \cdot 232 = 1856 \text{ mm}^2$$

zjednodušený posudek:

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{444,46 \cdot 10^3}{1,856 \cdot 10^{-3}} = 239,47 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 239,47 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360 \cdot 10^6}{1,25} = 259,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 239,47 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\frac{239,47}{259,2} = 0,93 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- pruty ve vodorovné rovině

charakteristiky svaru:

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$L = l - 2a = 200 - 2 \cdot 4 = 192 \text{ mm}$$

účinná plocha dvou svarů:

$$A_w = 2 \cdot a \cdot L = 2 \cdot 4 \cdot 192 = 1536 \text{ mm}^2$$

zjednodušený posudek:

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{265,53 \cdot 10^3}{1,536 \cdot 10^{-3}} = 172,87 \text{ MPa}$$

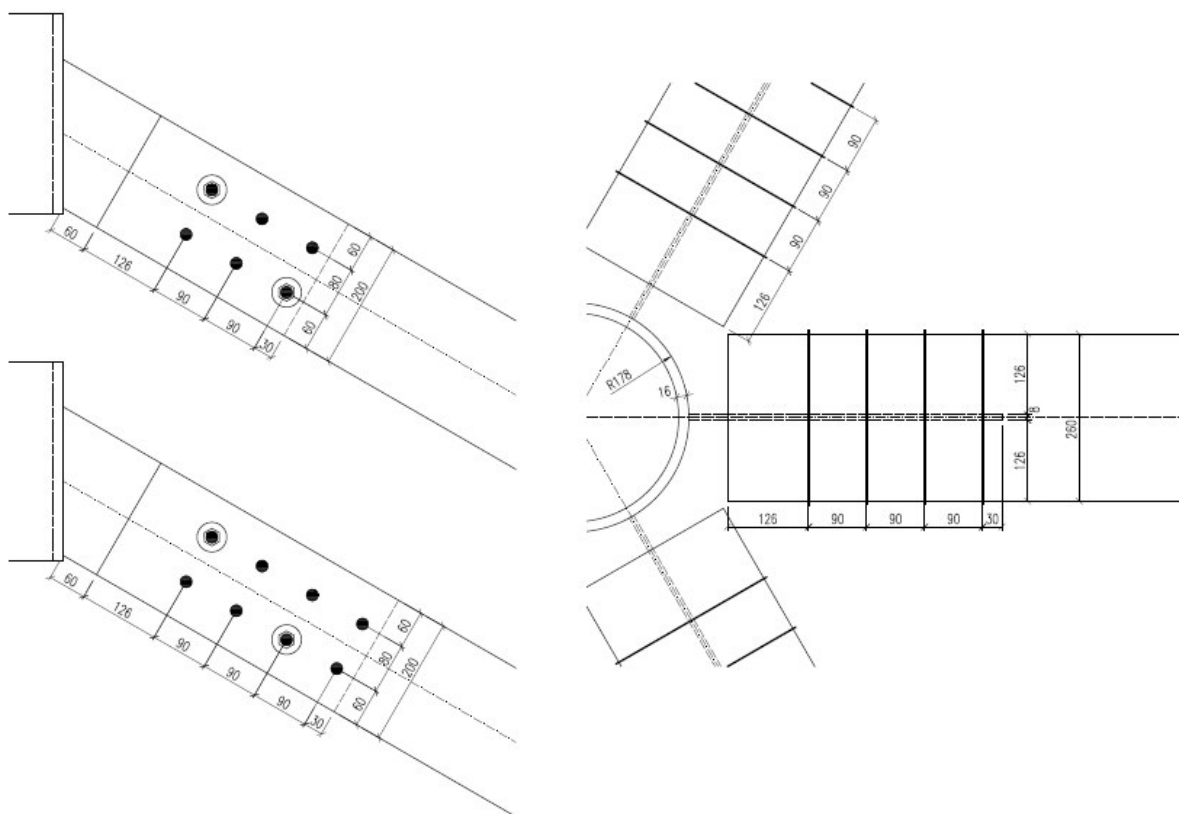
$$\sigma_{\perp} = 172,87 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360 \cdot 10^6}{1,25} = 259,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 172,87 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\frac{172,87}{259,2} = 0,67 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

## 9.6 Detail 6: Styčnick vnějších prutů (2. úroveň)



obr. 89: Styčnick vnějších prutů

### 9.6.1 Kolíky – pruty ve svislé rovině

charakteristická únosnost kolíků pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku:

ocelová deska libovolné tloušťky jako střední prvek dvojtřížného spoje:

$t_1 = 126 \text{ mm}$  – menší tloušťka krajního dřevěného prvku

$d = 18 \text{ mm}$  – průměr spojovacího kolíku

$\rho_k = 380 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  – charakteristická hustota dřeva

$\alpha$  - úhel zatížení vzhledem k vláknům

charakteristická pevnost dřeva v otažení pro úhel  $\alpha$ :

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 18)380 = 25,55 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

charakteristická pevnost dřeva v otažení:

$$k_{90} = 1,30 + 0,015d = 1,30 + 0,015 \cdot 18 = 1,57$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{25,55}{1,57 \cdot \sin^2 0^\circ + \cos^2 0^\circ} = 25,55 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku (kvalita 8.8):

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 18^{2,6} = 440,47 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

únosnost jednoho kolíku na jeden stříh:

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 8.11/f,g,h]

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

charakteristická únosnost na vytažení:  $F_{ax,Rk} = 0$  – pro kolíky

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 25,55 \cdot 126 \cdot 18 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 440,47 \cdot 10^3}{25,55 \cdot 18 \cdot 126^2}} - 1 \right] + 0 \\ 2,3 \sqrt{440,47 \cdot 10^3 \cdot 25,55 \cdot 18} + 0 \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 57,95 \text{ kN} \\ 28,81 \text{ kN} \\ 32,74 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = 28,81 \text{ kN}$$

- pruty ve svislé rovině

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{28,81}{1,25} = 16,13 \text{ kN}$$

⇒ návrh 8 kolíků  $\phi 18 \text{ mm}$

návrhová únosnost jednoho dvojstřížného kolíku:

$$R_d = 2 \cdot F_{v,Rd} = 2 \cdot 16,13 = 32,26 \text{ kN}$$

zatížení na jeden kolík:

$$F_{1,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n} = \frac{255,88}{8} = 31,99 \text{ kN}$$

posouzení:

$$\frac{F_{1,Ed}}{R_d} \leq 1,0$$

$$\frac{32,11}{32,26} \leq 1,0$$

$$0,99 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- pruty ve vodorovné rovině

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{28,81}{1,25} = 16,13 \text{ kN}$$

⇒ návrh 6 kolíků  $\phi$  18 mm

návrhová únosnost jednoho dvojstřížného kolíku:

$$R_d = 2 \cdot F_{v,Rd} = 2 \cdot 16,13 = 32,26 \text{ kN}$$

zatížení na jeden kolík:

$$F_{1,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n} = \frac{166,69}{6} = 27,78 \text{ kN}$$

posouzení:

$$\frac{F_{1,Ed}}{R_d} \leq 1,0$$

$$\frac{27,78}{32,26} \leq 1,0$$

$$0,86 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů a konců pro kolíky:

[ČSN EN 1995-1-1, tab. 8.5]

$$a_1 = (3 + 2|\cos \alpha|)d = 90 \text{ mm}$$

$$\alpha_2 = 3d = 54 \text{ mm}$$

$$\alpha_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = 126 \text{ mm}$$

$$\alpha_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = 54 \text{ mm}$$

### 9.6.2 Dřevěný profil

charakteristika profilu:

$$A_{net} = h \cdot (b - t) - m \cdot (b - t) \cdot d_0 = 200 \cdot (260 - 8) - 2 \cdot (260 - 8) \cdot 18 = 4,133 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$A_{ef} = (b - t) \cdot l = (260 - 8) \cdot 60 = 1,512 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

- pruty ve svislé rovině
  - posudek na osový tah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A_{net}} = \frac{255,88 \cdot 10^3}{4,133 \cdot 10^{-2}} = 6,19 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.1]

$$\frac{6,19}{9,24} \leq 1,0$$

$$0,70 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kolmý tlak

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_{z,Ed}}{A_{ef}} = \frac{0,64 \cdot 10^3}{1,512 \cdot 10^{-2}} = 0,04 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.3]

$$\frac{0,04}{1,0 \cdot 1,52} \leq 1,0$$

$$0,03 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- pruty ve vodorovné rovině
  - posudek na osový tah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A_{net}} = \frac{166,69 \cdot 10^3}{4,133 \cdot 10^{-2}} = 4,03 \text{ MPa}$$



podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.1]

$$\frac{4,03}{9,24} \leq 1,0$$

$$0,44 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kolmý tlak

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_{z,Ed}}{A_{ef}} = \frac{0,64 \cdot 10^3}{1,512 \cdot 10^{-2}} = 0,04 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.3]

$$\frac{0,04}{1,0 \cdot 1,52} \leq 1,0$$

$$0,03 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

### 9.6.3 Styčnickový plech

- pruty ve svislé rovině  
charakteristika plechu:

$$t = 8 \text{ mm}$$

$$v = 420 \text{ mm}$$

$$A_{net} = v \cdot t - m \cdot d_0 \cdot t = 420 \cdot 8 - 2 \cdot 18 \cdot 8 = 3072 \text{ mm}^2$$

- návrhová únosnost oslabeného plechu

$$N_{t,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 3072 \cdot 360}{1,25} = 796,26 \text{ kN} \\ N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3360 \cdot 235}{1,0} = 789,60 \text{ kN} \end{array} \right.$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.6; 6.7]

$$N_{t,Rd} = 789,60 \text{ kN}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.5]

$$\frac{255,88}{789,60} \leq 1,0$$

$$0,32 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- pruty ve vodorovné rovině

charakteristika plechu:

$$t = 8 \text{ mm}$$

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

$$A_{net} = v \cdot t - m \cdot d_0 \cdot t = 330 \cdot 8 - 2 \cdot 18 \cdot 8 = 2352 \text{ mm}^2$$

- o návrhová únosnost oslaběného plechu

$$N_{t,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 2352 \cdot 360}{1,25} = 609,64 \text{ kN} \\ N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2640 \cdot 235}{1,0} = 620,40 \text{ kN} \end{array} \right.$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.6; 6.7]

$$N_{t,Rd} = 609,64 \text{ kN}$$

podmínka posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{166,69}{609,64} \leq 1,0$$

$$0,27 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

#### 9.6.4 Koutový svar – pruty ve svislé rovině

charakteristiky svaru:

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$L = l - 2a = 200 - 2 \cdot 4 = 192 \text{ mm}$$

účinná plocha dvou svarů:

$$A_w = 2 \cdot a \cdot L = 2 \cdot 4 \cdot 192 = 1536 \text{ mm}^2$$

- pruty ve svislé rovině

zjednodušený posudek:

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{255,88 \cdot 10^3}{1,536 \cdot 10^{-3}} = 166,59 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 166,59 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360 \cdot 10^6}{1,25} = 259,2 \text{ MPa}$$



$$\sigma_{\perp} = 166,59 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\frac{166,59}{259,2} = 0,64 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- pruty ve vodorovné rovině  
zjednodušený posudek:

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{166,69 \cdot 10^3}{1,536 \cdot 10^{-3}} = 108,52 \text{ MPa}$$

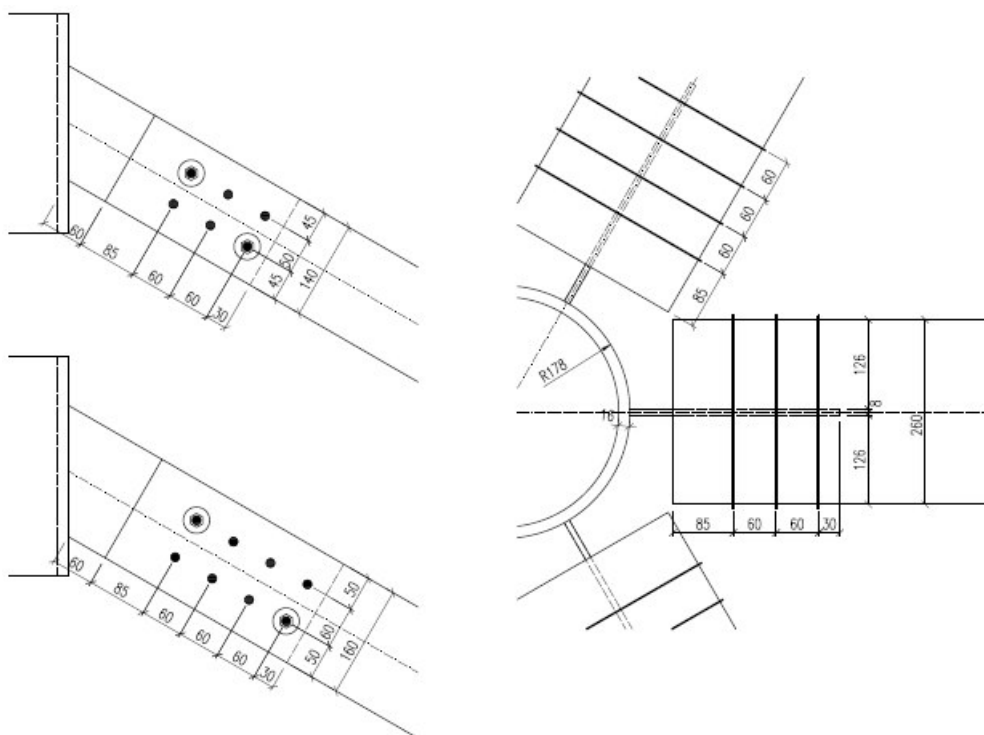
$$\sigma_{\perp} = 108,52 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360 \cdot 10^6}{1,25} = 259,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 108,52 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\frac{108,52}{259,2} = 0,42 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

### 9.7 Detail 7: Styčnick vnějších prutů (3. úroveň)



obr. 90: Styčnick vnějších prutů

### 9.7.1 Kolíky – pruty ve svíslé rovině

charakteristická únosnost kolíků pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku:  
 ocelová deska libovolné tloušťky jako střední prvek dvojitřizného spoje:

$t_1 = 126 \text{ mm}$  – menší tloušťka krajního dřevěného prvku

$d = 12 \text{ mm}$  – průměr spojovacího kolíku

$\rho_k = 380 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  – charakteristická hustota dřeva

$\alpha$  - úhel zatížení vzhledem k vláknům

charakteristická pevnost dřeva v otačení pro úhel  $\alpha$ :

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 12)380 = 27,42 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

charakteristická pevnost dřeva v otačení:

$$k_{90} = 1,30 + 0,015d = 1,30 + 0,015 \cdot 12 = 1,48$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{27,42}{1,48 \cdot \sin^2 0^\circ + \cos^2 0^\circ} = 27,42 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku (kvalita 8.8):

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 12^{2,6} = 153,49 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

únosnost jednoho kolíku na jeden stříh:

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 8.11/f,g,h]

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

charakteristická únosnost na vytažení:  $F_{ax,Rk} = 0$  – pro kolíky

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 27,42 \cdot 126 \cdot 12 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 153,49 \cdot 10^3}{27,42 \cdot 12 \cdot 126^2} - 1} \right] + 0 \\ 2,3 \sqrt{153,49 \cdot 10^3 \cdot 27,42 \cdot 12} + 0 \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 41,46 \text{ kN} \\ 18,87 \text{ kN} \\ 16,35 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = 16,35 \text{ kN}$$



- pruty ve svislé rovině

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{16,35}{1,25} = 9,16 kN$$

⇒ návrh 8 kolíků  $\phi$  12 mm

návrhová únosnost jednoho dvojstřížného kolíku:

$$R_d = 2 \cdot F_{v,Rd} = 2 \cdot 9,16 = 18,32 kN$$

zatížení na jeden kolík:

$$F_{1,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n} = \frac{129,94}{8} = 16,24 kN$$

posouzení:

$$\frac{F_{1,Ed}}{R_d} \leq 1,0$$

$$\frac{16,24}{18,32} \leq 1,0$$

$$0,89 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- pruty ve vodorovné rovině

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{16,35}{1,25} = 9,16 kN$$

⇒ návrh 6 kolíků  $\phi$  12 mm

návrhová únosnost jednoho dvojstřížného kolíku:

$$R_d = 2 \cdot F_{v,Rd} = 2 \cdot 9,16 = 18,32 kN$$

zatížení na jeden kolík:

$$F_{1,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n} = \frac{102,52}{8} = 12,82 kN$$

podmínkaposouzení:

$$\frac{F_{1,Ed}}{R_d} \leq 1,0$$

$$\frac{12,82}{18,32} \leq 1,0$$

$$0,70 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů a konců pro kolíky:

[ČSN EN 1995-1-1, tab. 8.5]

$$a_1 = (3 + 2|\cos \alpha|)d = 60 \text{ mm}$$

$$a_2 = 3d = 36 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = 84 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = 36 \text{ mm}$$

### 9.7.2 Dřevěný profil – pruty ve svislé rovině

- pruty ve svislé rovině

charakteristika profilu:

$$A_{net} = h \cdot (b - t) - m \cdot (b - t) \cdot d_0 = 160 \cdot (260 - 8) - 2 \cdot (260 - 8) \cdot 12 \\ = 3,427 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$A_{ef} = (b - t) \cdot l = (260 - 8) \cdot 50 = 1,260 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

- posudek na osový tah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A_{net}} = \frac{129,94 \cdot 10^3}{3,427 \cdot 10^{-2}} = 3,79 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.1]

$$\frac{3,79}{9,24} \leq 1,0$$

$$0,41 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kolmý tlak

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_{z,Ed}}{A_{ef}} = \frac{1,14 \cdot 10^3}{1,26 \cdot 10^{-2}} = 0,09 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.3]

$$\frac{0,09}{1,0 \cdot 1,52} \leq 1,0$$

$$0,06 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- pruty ve vodorovné rovině

charakteristika profilu:

$$A_{net} = h \cdot (b - t) - m \cdot (b - t) \cdot d_0 = 140 \cdot (260 - 8) - 2 \cdot (260 - 8) \cdot 12$$

$$= 2,923 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$A_{ef} = (b - t) \cdot l = (260 - 8) \cdot 50 = 1,260 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

- posudek na osový tah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A_{net}} = \frac{102,52 \cdot 10^3}{2,923 \cdot 10^{-2}} = 3,51 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.1]

$$\frac{3,51}{9,24} \leq 1,0$$

$$0,38 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kolmý tlak

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_{z,Ed}}{A_{ef}} = \frac{0,43 \cdot 10^3}{1,26 \cdot 10^{-2}} = 0,03 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.3]

$$\frac{0,03}{1,0 \cdot 1,52} \leq 1,0$$

$$0,02 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

### 9.7.3 Styčnickový plech

- pruty ve svislé rovině

charakteristika plechu:

$$t = 8 \text{ mm}$$

$$v = 295 \text{ mm}$$

$$A_{net} = v \cdot t - m \cdot d_0 \cdot t = 295 \cdot 8 - 2 \cdot 12 \cdot 8 = 2168 \text{ mm}^2$$

- návrhová únosnost oslabeného plechu

$$N_{t,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 2168 \cdot 360}{1,25} = 561,95 \text{ kN} \\ N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2360 \cdot 235}{1,0} = 554,60 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.6; 6.7]

$$N_{t,Rd} = 554,60 \text{ kN}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.5]

$$\frac{129,94}{554,60} \leq 1,0$$

$$0,23 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- pruty ve vodorovné rovině

charakteristika plechu:

$$t = 8 \text{ mm}$$

$$v = 235 \text{ mm}$$

$$A_{net} = v \cdot t - m \cdot d_0 \cdot t = 235 \cdot 8 - 2 \cdot 12 \cdot 8 = 1688 \text{ mm}^2$$

- návrhová únosnost oslabeného plechu

$$N_{t,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1688 \cdot 360}{1,25} = 437,53 \text{ kN} \\ N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1880 \cdot 235}{1,0} = 441,80 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.6; 6.7]

$$N_{t,Rd} = 437,53 \text{ kN}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.5]

$$\frac{102,52}{437,53} \leq 1,0$$

$$0,23 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**



### 9.7.4 Koutový svar – pruty ve svislé rovině

- pruty ve svislé rovině

charakteristiky svaru:

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$L = l - 2a = 160 - 2 \cdot 4 = 152 \text{ mm}$$

účinná plocha dvou svarů:

$$A_w = 2 \cdot a \cdot L = 2 \cdot 4 \cdot 152 = 1216 \text{ mm}^2$$

zjednodušený posudek:

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{129,94 \cdot 10^3}{1,216 \cdot 10^{-3}} = 106,86 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 106,86 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360 \cdot 10^6}{1,25} = 259,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 106,86 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\frac{106,86}{259,2} = 0,41 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- pruty ve vodorovné rovině

charakteristiky svaru:

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$L = l - 2a = 140 - 2 \cdot 4 = 132 \text{ mm}$$

účinná plocha dvou svarů:

$$A_w = 2 \cdot a \cdot L = 2 \cdot 4 \cdot 132 = 1056 \text{ mm}^2$$

zjednodušený posudek:

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{102,52 \cdot 10^3}{1,056 \cdot 10^{-3}} = 97,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 97,08 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360 \cdot 10^6}{1,25} = 259,2 \text{ MPa}$$

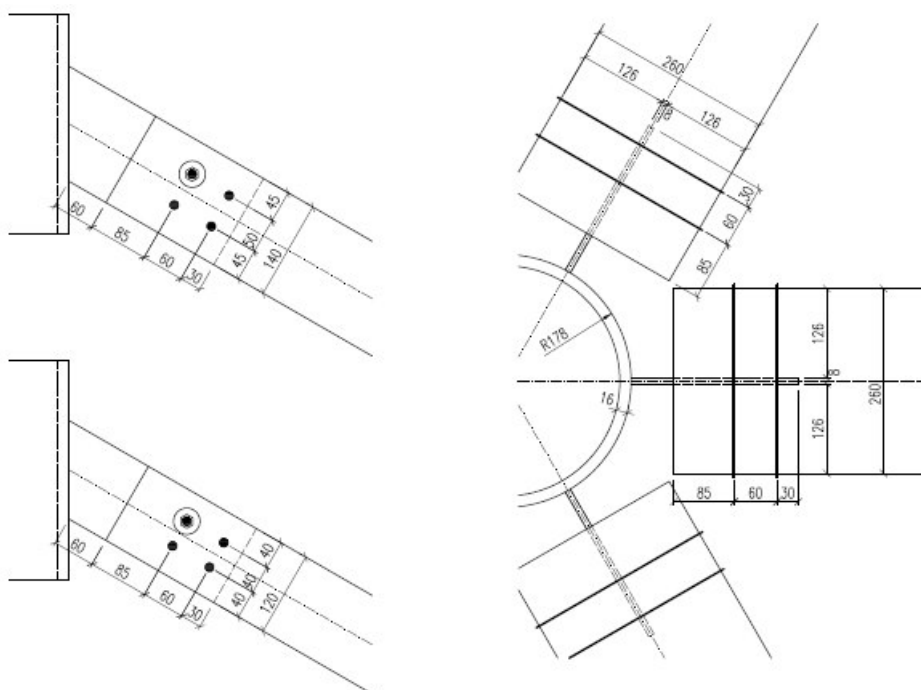
$$\sigma_{\perp} = 97,08 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$



$$\frac{97,08}{259,2} = 0,37 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

## 9.8 Detail 8: Styčnick vnějších prutů (4. úroveň)



obr. 91: Styčnick vnějších prutů

### 9.8.1 Kolíky

charakteristická únosnost kolíků pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku:  
 ocelová deska libovolné tloušťky jako střední prvek dvojtřížného spoje:

$t_1 = 126 \text{ mm}$  – menší tloušťka krajního dřevěného prvku

$d = 12 \text{ mm}$  – průměr spojovacího kolíku

$\rho_k = 380 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  – charakteristická hustota dřeva

$\alpha$  - úhel zatížení vzhledem k vláknům

charakteristická pevnost dřeva v otláčení pro úhel  $\alpha$ :

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 12)380 = 27,42 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

charakteristická pevnost dřeva v otláčení:

$$k_{90} = 1,30 + 0,015d = 1,30 + 0,015 \cdot 12 = 1,48$$



$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin \alpha^2 + \cos \alpha^2} = \frac{27,42}{1,48 \cdot \sin 0^2 + \cos 0^2} = 27,42 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku (kvalita 8.8):

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 12^{2,6} = 153,49 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

únosnost jednoho kolíku na jeden stříh:

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 8.11/f,g,h]

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

charakteristická únosnost na vytažení:  $F_{ax,Rk} = 0$  – pro kolíky

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 27,42 \cdot 126 \cdot 12 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 153,49 \cdot 10^3}{27,42 \cdot 12 \cdot 126^2}} - 1 \right] + 0 \\ 2,3 \sqrt{153,49 \cdot 10^3 \cdot 27,42 \cdot 12} + 0 \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 41,46 \text{ kN} \\ 18,87 \text{ kN} \\ 16,35 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = 16,35 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{16,35}{1,25} = 9,16 \text{ kN}$$

⇒ návrh 4 kolíků  $\phi$  12 mm

návrhová únosnost jednoho dvojstřížného kolíku:

$$R_d = 2 \cdot F_{v,Rd} = 2 \cdot 9,16 = 18,32 \text{ kN}$$

- pruty ve svislé rovině  
zatížení na jeden kolík:

$$F_{1,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n} = \frac{47,51}{4} = 11,88 \text{ kN}$$



podmínka posouzení:

$$\frac{F_{1,Ed}}{R_d} \leq 1,0$$

$$\frac{11,88}{18,32} \leq 1,0$$

$$0,65 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- pruty ve vodorovné rovině

zatížení na jeden kolík:

$$F_{1,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n} = \frac{50,42}{4} = 12,61 \text{ kN}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{F_{1,Ed}}{R_d} \leq 1,0$$

$$\frac{12,61}{18,32} \leq 1,0$$

$$0,69 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů a konců pro kolíky:

[ČSN EN 1995-1-1, tab. 8.5]

$$a_1 = (3 + 2|\cos \alpha|)d = 60 \text{ mm}$$

$$a_2 = 3d = 36 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = 84 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = 36 \text{ mm}$$

### 9.8.2 Dřevěný profil – pruty ve svislé rovině

charakteristika profilu:

$$A_{net} = h \cdot (b - t) - m \cdot (b - t) \cdot d_0 = 120 \cdot (260 - 8) - 2 \cdot (260 - 8) \cdot 12 = 2,419 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$A_{ef} = (b - t) \cdot l = (260 - 8) \cdot 40 = 1,008 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

- pruty ve svislé rovině
  - posudek na osový tah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A_{net}} = \frac{47,51 \cdot 10^3}{2,419 \cdot 10^{-2}} = 1,96 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.1]

$$\frac{1,96}{9,24} \leq 1,0$$

$$0,21 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kolmý tlak

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_{z,Ed}}{A_{ef}} = \frac{0,99 \cdot 10^3}{1,008 \cdot 10^{-2}} = 0,10 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.3]

$$\frac{0,10}{1,0 \cdot 1,52} \leq 1,0$$

$$0,07 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- pruty ve svislé rovině

- posudek na osový tah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A_{net}} = \frac{50,42 \cdot 10^3}{2,419 \cdot 10^{-2}} = 2,08 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.1]

$$\frac{2,08}{9,24} \leq 1,0$$

$$0,23 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na kolmý tlak

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_{z,Ed}}{A_{ef}} = \frac{0,43 \cdot 10^3}{1,008 \cdot 10^{-2}} = 0,04 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.3]

$$\frac{0,04}{1,0 \cdot 1,52} \leq 1,0$$

$$0,03 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

### 9.8.3 Styčnickový plech – pruty ve svislé rovině

charakteristika plechu:

$$t = 8 \text{ mm}$$

$$v = 175 \text{ mm}$$

$$A_{net} = v \cdot t - m \cdot d_0 \cdot t = 175 \cdot 8 - 2 \cdot 12 \cdot 8 = 1208 \text{ mm}^2$$

- návrhová únosnost oslabeného plechu

$$N_{t,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1208 \cdot 360}{1,25} = 313,11 \text{ kN} \\ N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1400 \cdot 235}{1,0} = 329,00 \text{ kN} \end{array} \right.$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.6; 6.7]

$$N_{t,Rd} = 313,11 \text{ kN}$$

- pruty ve svislé rovině  
podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.5]

$$\frac{47,51}{313,11} \leq 1,0$$

$$0,15 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- pruty ve vodorovné rovině  
podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.5]

$$\frac{50,42}{313,11} \leq 1,0$$

$$0,16 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

### 9.8.4 Koutový svar

- pruty ve svislé rovině

charakteristiky svaru:

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$L = l - 2a = 120 - 2 \cdot 4 = 112 \text{ mm}$$

účinná plocha dvou svarů:

$$A_w = 2 \cdot a \cdot L = 2 \cdot 4 \cdot 112 = 896 \text{ mm}^2$$

zjednodušený posudek:

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{47,51 \cdot 10^3}{8,96 \cdot 10^{-4}} = 53,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 53,02 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360 \cdot 10^6}{1,25} = 259,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 53,02 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\frac{53,02}{259,2} = 0,20 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- pruty ve vodorovné rovině

charakteristiky svaru:

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$L = l - 2a = 140 - 2 \cdot 4 = 132 \text{ mm}$$

účinná plocha dvou svarů:

$$A_w = 2 \cdot a \cdot L = 2 \cdot 4 \cdot 132 = 1056 \text{ mm}^2$$

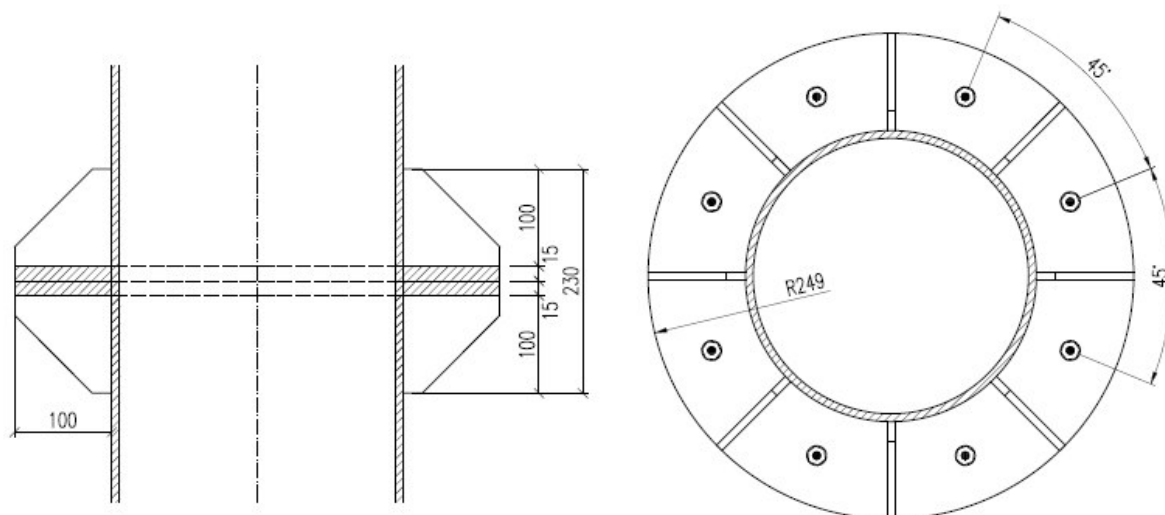
zjednodušený posudek:

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{50,42 \cdot 10^3}{1,056 \cdot 10^{-3}} = 47,75 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 47,75 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360 \cdot 10^6}{1,25} = 259,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 47,75 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\frac{47,75}{259,2} = 0,18 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE****9.9 Detail 9: Montážní spojení středového sloupu**

obr. 92: Montážní spoj středového sloupu

Detail navržen pouze konstrukčně – na montážní přírubové spojení středového sloupu nepůsobí tahová síla. Během výstavby konstrukce vyhlídkové věže je středový sloup zajištěn kotevními lany a v této fázi mohou ve spoji vznikat tahové síly. Na tyto síly je detail potřeba dále posoudit – práce se blíže montážními stavy nezabývá a tedy detail na montážní stavy není posouzen.

Navržené spojovací prostředky:

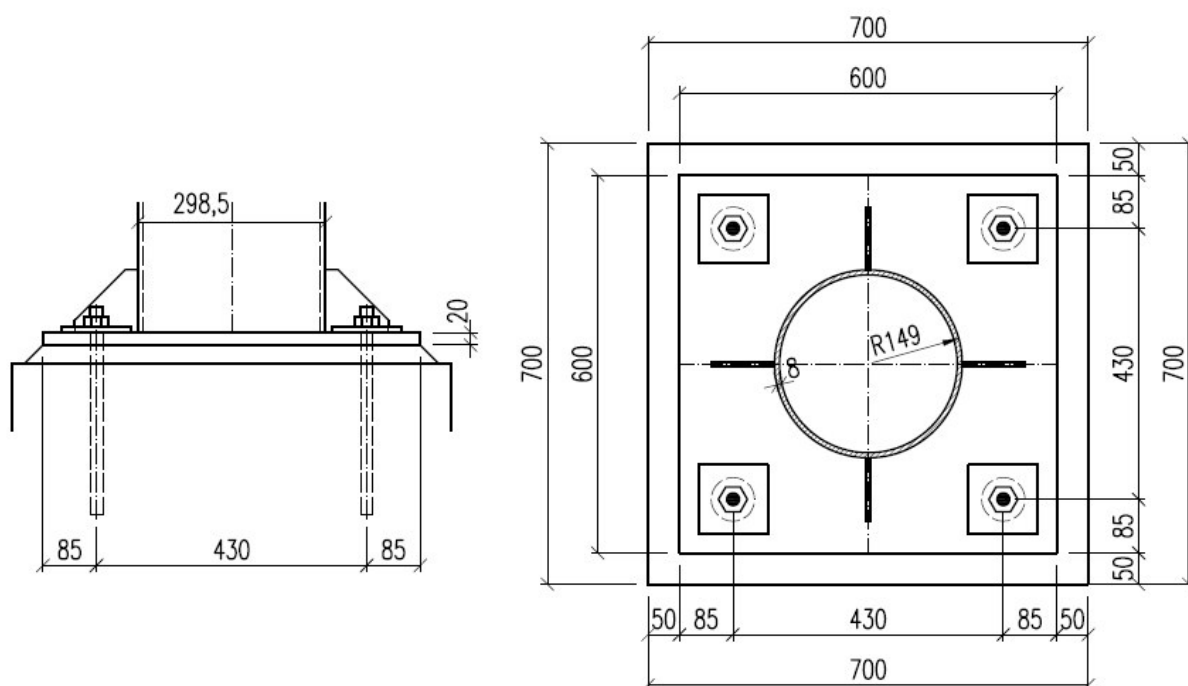
8x metrický šroub  $\Phi$  20, třída oceli 8.8

Spojované části:

přírubová deska  $t = 15$  mm, třída oceli S235



## 9.10 Detail 10: Kotvení středového sloupu



obr. 93: Kotvení středového sloupu

### 9.10.1 Návrh patního plechu:

ocel S235

a = 600 mm

b = 600 mm

návrh betonové patky:

beton C20/25

A = 700 mm

B = 700 mm

tloušťka patního plechu

$$\sigma_b = \frac{N_{Ed,max}}{a \cdot b} = \frac{321,77 \cdot 10^3}{600 \cdot 600} = 0,89 \text{ MPa}$$

$$M = \sigma_b \cdot \frac{L_K^2}{2} = 0,89 \cdot \frac{133^2}{2} = 7871,61 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_b = \frac{M}{W} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \Rightarrow W = \frac{M \cdot \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{7871,61 \cdot 1,0}{235} = 33,50 \text{ mm}^3$$



$$W = \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{W \cdot 6} = \sqrt{33,50 \cdot 6} = 14,18 \text{ mm} \Rightarrow \text{návrh } t = 20 \text{ mm}$$

výška podlití:

$$\leq 0,2 \cdot \min\{a, b\} = 0,2 \cdot \min\{600, 600\} = 120 \text{ mm} \Rightarrow \text{návrh } 30 \text{ mm}$$

součinitel koncentrace napětí:

$$k_j = \sqrt{\frac{A \cdot B}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{700 \cdot 700}{600 \cdot 600}} = 1,17$$

návrhová pevnost betonu v koncentrovaném tlaku:

$$f_{j,Rd} = 0,67 \cdot k_j \cdot \frac{f_{c,k}}{\gamma_c} = 0,67 \cdot 1,17 \cdot \frac{20}{1,5} = 10,45 \text{ MPa}$$

efektivní plocha:

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{j,Rd} \cdot \gamma_{M0}}} = 20 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 10,45 \cdot 1,0}} = 50,76 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow A_{eff} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 69980 \text{ mm}^2$$

návrhová únosnost betonové patky:

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{j,Rd} = 69980 \cdot 10^3 \cdot 10,45 = 731,30 \text{ kN}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{F_{t,Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{321,77}{731,30} \leq 1,0$$

$$0,44 \leq 1,0$$

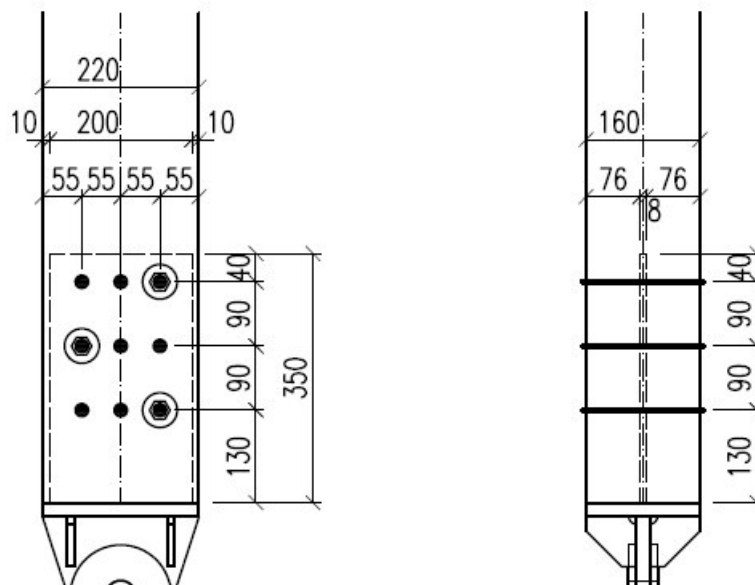
**VYHOVUJE**

### 9.10.2 Kotevní tyče

průměr kotevní tyče	20 mm
kotevní hloubka	240 mm
třída oceli	5.8

Kotevní tyče navrženy pouze konstrukčně, protože sloup není namáhán tahovou silou.

## 9.11 Detail 11: Spojení vnitřního dřevěného sloupu s kotvením



obr. 94: Spojení vnitřního sloupu s kotvením

### 9.11.1 Kolíky

charakteristická únosnost kolíků pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku:  
ocelová deska libovolné tloušťky jako střední prvek dvojstřížného spoje:

$t_1 = 76 \text{ mm}$  – menší tloušťka krajního dřevěného prvku

$d = 18 \text{ mm}$  – průměr spojovacího kolíku

$\rho_k = 380 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  – charakteristická hustota dřeva

$\alpha$  - úhel zatížení vzhledem k vláknům

výslednice působících sil:

$$F_{v,Rd} = \sqrt{R_x^2 + R_z^2} = \sqrt{1,46^2 + 189,13^2} = 189,14 \text{ kN}$$

úhel mezi zatížením a vlákny dřeva:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{R_x}{R_z}\right) = \arctg\left(\frac{1,46}{189,13}\right) = 0,44^\circ$$

charakteristická pevnost dřeva v otláčení pro úhel  $\alpha$ :

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 18)380 = 25,55 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

charakteristická pevnost dřeva v otláčení:

$$k_{90} = 1,30 + 0,015d = 1,30 + 0,015 \cdot 18 = 1,57$$



$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin \alpha^2 + \cos \alpha^2} = \frac{25,55}{1,57 \cdot \sin(0,44)^2 + \cos(0,44)^2} = 25,55 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku (kvalita 8.8):

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 18^{2,6} = 440,47 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

únosnost jednoho kolíku na jeden stříh:

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 8.11/f,g,h]

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

charakteristická únosnost na vytažení:  $F_{ax,Rk} = 0$  – pro kolíky

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 25,55 \cdot 76 \cdot 18 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 440,47 \cdot 10^3}{25,55 \cdot 18 \cdot 76^2}} - 1 \right] + 0 \\ 2,3 \sqrt{440,47 \cdot 10^3 \cdot 25,55 \cdot 18} + 0 \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 34,95 \text{ kN} \\ 22,09 \text{ kN} \\ 32,74 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = 22,09 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{22,09}{1,25} = 12,37 \text{ kN}$$

⇒ návrh 9 kolíků  $\phi$  18 mm

návrhová únosnost jednoho dvojstřížného kolíku:

$$R_d = 2 \cdot F_{v,Rd} = 2 \cdot 12,37 = 24,74 \text{ kN}$$

zatížení na jeden kolík:

$$F_{1,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n} = \frac{189,14}{6} = 21,02 \text{ kN}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{F_{1,Ed}}{R_d} \leq 1,0$$

$$\frac{21,02}{24,74} \leq 1,0$$

$$0,89 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů a konců pro kolíky:

$$a_1 = (3 + 2|\cos \alpha|)d = 90 \text{ mm}$$

[ČSN EN 1995-1-1, tab. 8.5]

$$a_2 = 3d = 54 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \max(7d; 80 \text{ mm}) = 126 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = 54 \text{ mm}$$

### 9.11.2 Dřevěný profil

charakteristika profilu:

$$A_{net} = h \cdot (b - t) - m \cdot (b - t) \cdot d_0 = 220 \cdot (160 - 8) - 3 \cdot (160 - 8) \cdot 18 = 2,523 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$A_{ef} = (b - t) \cdot l = (160 - 8) \cdot 220 = 3,344 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

- posudek na osový tah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A_{net}} = \frac{56,46 \cdot 10^3}{2,523 \cdot 10^{-2}} = 2,24 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.2]

$$\frac{2,24}{9,24} \leq 1,0$$

$$0,24 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posudek na tlak

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A_{ef}} = \frac{173,94 \cdot 10^3}{3,344 \cdot 10^{-2}} = 5,20 \text{ MPa}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 6.3]

$$\frac{5,20}{13,44} \leq 1,0$$

$$0,39 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE****9.11.3 Styčnickový plech**

charakteristika plechu:

$$t = 8 \text{ mm}$$

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

$$A_{net} = v \cdot t - m \cdot d_0 \cdot t = 350 \cdot 8 - 3 \cdot 18 \cdot 8 = 2368 \text{ mm}^2$$

- návrhová únosnost oslabeného plechu

$$N_{t,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 2368 \cdot 360}{1,25} = 613,79 \text{ kN} \\ N_{pL,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2800 \cdot 235}{1,0} = 658,00 \text{ kN} \end{array} \right.$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.6; 6.7]

$$N_{t,Rd} = 613,79 \text{ kN}$$

podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

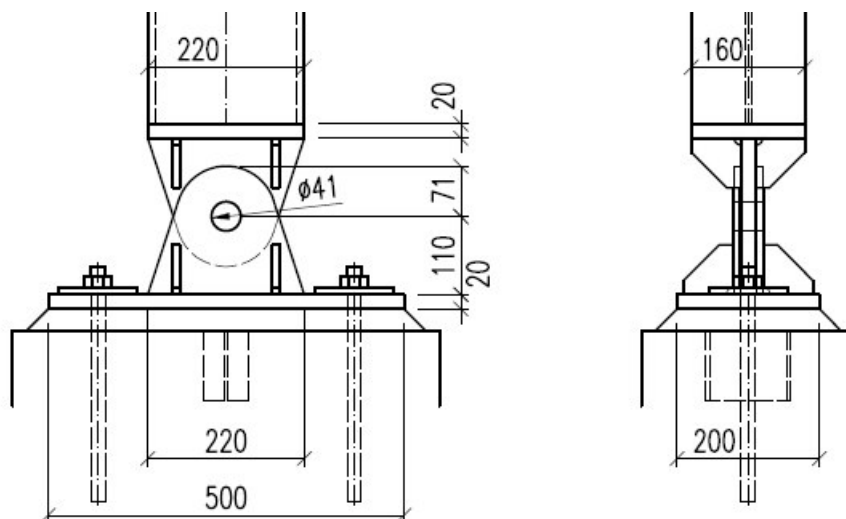
[ČSN EN 1993-1-1, vztah 6.5]

$$\frac{54,46}{613,79} \leq 1,0$$

$$0,09 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

## 9.12 Detail 12: Kotvení vnitřních sloupů



obr. 95: Kotvení vnitřních sloupů

### 9.12.1 Materiálové charakteristiky

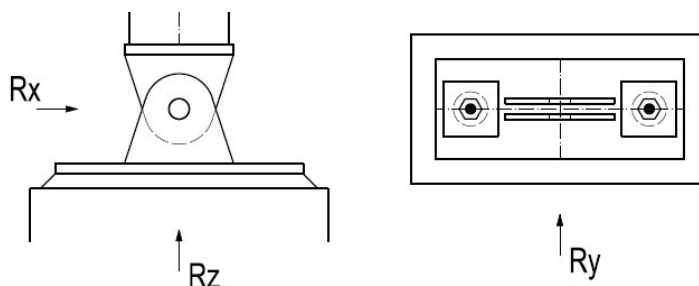
- čep a plechy  
ocel S235  
mez kluzu  $f_{yk} = 235 \text{ MPa}$   
pevnost v tahu  $f_u = 360 \text{ MPa}$

### 9.12.2 Vnitřní síly

- reakce do podpor  
svislá reakce:  $R_z = 189,13 \text{ kN}$   
vodorovné reakce:  $R_x = 1,46 \text{ kN}$   
 $R_y = 3,54 \text{ kN}$

- výslednice akcí na čep

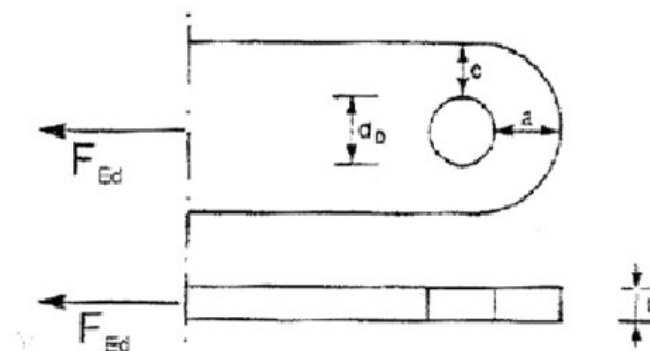
$$F_{Ed} = \sqrt{R_x^2 + R_z^2} = \sqrt{1,46^2 + 189,13^2} = 189,14 \text{ kN}$$



obr. 96: Výslednice akcí na čep



### 9.12.3 Geometrie čepového spoje



$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_y}} = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{189,14 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{235 \cdot 10^6}} = 19,86 \text{ mm} \Rightarrow \text{návrh } t = 20 \text{ mm}$$

$$d_b \leq 2,5t = 2,5 \cdot 30 = 75 \text{ mm} \Rightarrow \text{návrh } d = 40 \text{ mm}$$

$$d_0 = d + 1 \text{ mm} = 40 + 1 = 41 \text{ mm}$$

[ČSN EN 1993-1-8, tab. 3.9]

$$a \geq \frac{F_{v,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{189,14 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 0,02 \cdot 235 \cdot 10^6} + \frac{2 \cdot 0,041}{3} = 47,45 \text{ mm}$$

$\Rightarrow$  návrh  $a = 50 \text{ mm}$

$$c \geq \frac{F_{v,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{189,14 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 0,02 \cdot 235 \cdot 10^6} + \frac{0,041}{3} = 33,79 \text{ mm} \Rightarrow \text{návrh } c = 35 \text{ mm}$$

### 9.12.4 Posouzení čepu na stříh

[ČSN EN 1993-1-8, tab. 3.10]

$$F_{v,Rd} = n \cdot 0,6 \cdot A \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot 0,6 \cdot 1256,63 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{360 \cdot 10^6}{1,25} = 434,29 \text{ kN}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 40^2}{4} = 1256,63 \text{ mm}^2$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{189,14}{434,29} \leq 1,0$$

$$0,44 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE****9.12.5 Posouzení únosnosti plechu a čepu v otláčení**

[ČSN EN 1993-1-8, tab. 3.10]

$$F_{b,Rd} = 1,5t \cdot d \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1,5 \cdot 0,02 \cdot 0,04 \frac{235 \cdot 10^6}{1,0} = 282,00 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{189,14}{282,00} \leq 1,0$$

$$0,67 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE****9.12.6 Posouzení únosnosti čepu v ohybu**

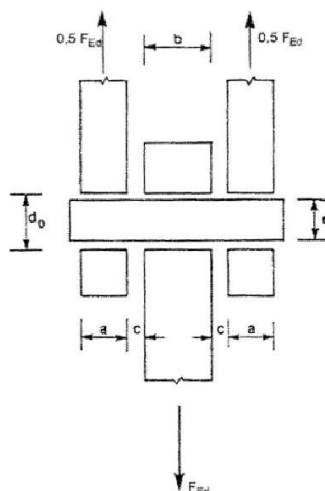
$$d = 40 \text{ mm}$$

$$d_0 = 41 \text{ mm}$$

$$c = 1 \text{ mm}$$

$$a = 10 \text{ mm}$$

$$b = 20 \text{ mm}$$



$$F_{Ed} = 189,14 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot F_{Ed} = 94,57 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = \frac{F_{V,Ed}}{8} (b + 4c + 2a) = \frac{189,14}{8} (20 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 10) = 1,04 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

[ČSN EN 1993-1-8, tab. 3.10]

$$M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 6,28 \cdot 10^{-6} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 2,21 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{el} = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 40^3}{32} = 6,28 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{1,04}{2,21} \leq 1,0$$

$$0,47 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE****9.12.7 Posouzení únosnosti čepu v kombinaci stříhu a ohybu**

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}}\right)^2 \leq 1,0$$

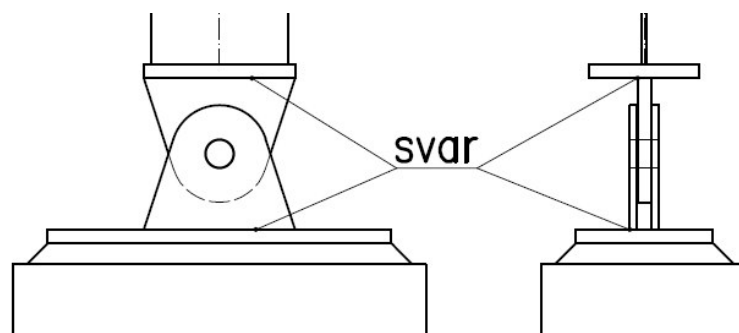
[ČSN EN 1993-1-8, tab. 3.10]

$$\left(\frac{1,04}{2,21}\right)^2 + \left(\frac{189,14}{217,145}\right)^2 \leq 1,0$$

$$0,98 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE****9.12.8 Posouzení svarů**

- přivaření styčnickových plechů



obr. 97: Posuzovaný svar

přivaření bude provedeno ovařením okolo plechu koutovým svarem  
 svislá deska tl. 20 mm

síly působící na svar:  $N_{Ed} = 173,94 \text{ kN}$

$$V_{Ed} = 0,3 \text{ kN}$$

korelační součinitel:  $\beta_w = 0,8$  pro ocel S235

účinná výška svaru:  $a = 4 \text{ mm}$

účinná délka svaru:  $l = 180 - 2a = 180 - 2 \cdot 4 = 172 \text{ mm}$

účinná plocha dvou svarů:

$$A_w = 2 \cdot a \cdot l = 2 \cdot 4 \cdot 172 = 1376 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = \frac{173,94 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 1,376 \cdot 10^{-3}} = 89,39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 89,39 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{360 \cdot 10^6}{1,25} = 253 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE**

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{0,39 \cdot 10^3}{1,376 \cdot 10^{-3}} = 0,28 \text{ MPa}$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 4.1]

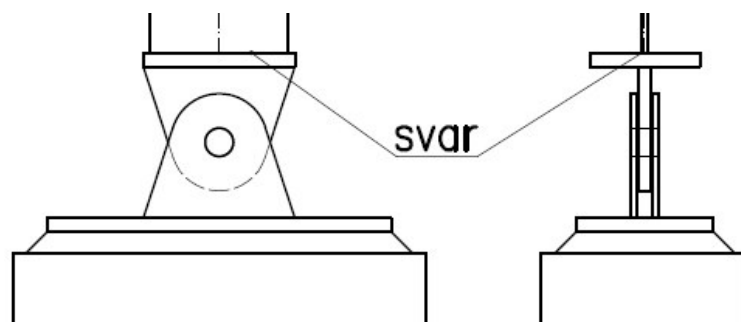
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} = \sqrt{89,39^2 + 3 \cdot 89,39^2 + 3 \cdot 0,28^2} = 178,78 \text{ MPa}$$

$$\leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE**

Posudek svarů pro dvě desky tl. 10 mm také vyhoví, protože napětí působící ve svarech bude poloviční z důvodu ovaření dvou desek.

- přivaření styčnickového plechu



obr. 98: Posuzovaný svar

síly působící na svar:  $N_{Ed} = 173,94 \text{ kN}$

$$V_{Ed} = 0,39 \text{ kN}$$

korelační součinitel:  $\beta_w = 0,8$  pro ocel S235

účinná výška svaru:  $a = 4 \text{ mm}$

účinná délka svaru:  $l = 200 - 2a = 200 - 2 \cdot 4 = 192 \text{ mm}$

účinná plocha dvou svarů:

$$A_w = 2 \cdot a \cdot l = 2 \cdot 4 \cdot 192 = 1536 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = \frac{173,94 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 1,536 \cdot 10^{-3}} = 80,07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 80,07 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{360 \cdot 10^6}{1,25} = 288 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE**

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{0,39 \cdot 10^3}{1,696 \cdot 10^{-3}} = 0,22 \text{ MPa}$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 4.1]

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} = \sqrt{80,07^2 + 3 \cdot 80,07^2 + 3 \cdot 0,22^2} = 160,14 \text{ MPa}$$

$$\leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE**

### 9.12.9 Posouzení kotevních šroubů

návrh kotevních šroubů: 2xM20

třída pevnosti oceli: 5.8

- posouzení únosnosti v tahu

pevnost v tahu  $f_{ub} = 500 \text{ MPa}$

plocha jádra šroubu  $A_s = 245 \text{ mm}^2$

dílní souč. spolehlivosti  $\gamma_{Mb} = 1,45$

$$F_{t,Ed} = 64,51 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot \frac{A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot \frac{245 \cdot 500}{1,25} = 88,20 \text{ kN}$$

[ČSN EN 1993-1-8, tab. 3.4]

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{64,51}{88,20 \cdot 2} \leq 1,0$$

$$0,37 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení únosnosti ve stříhu

rozhodující kombinace:  $R_x = -4,93kN$

$$R_y = 2,22kN$$

výslednice sil:  $F_{v,Ed} = \sqrt{R_y^2 + R_z^2} = \sqrt{4,93^2 + 2,22^2} = 5,41kN$

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 245}{1,25} = 58,80kN \quad [\text{ČSN EN 1993-1-8, tab. 3.4}]$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{5,41}{58,80 \cdot 2} \leq 1,0$$

$$0,05 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení únosnosti v protlačení

střední průměr kružnice opsané a vepsané do hlavy šroubu:  $d_m = 49,6mm$

tloušťka desky pod hlavou šroubu  $t_p = 10,0mm$

[ČSN EN 1993-1-8, tab. 3.4]

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 49,55 \cdot 10 \cdot 360}{1,25} = 268,99kN$$

$$\frac{B_{p,Ed}}{B_{p,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{64,51}{268,99 \cdot 2} \leq 1,0$$

$$0,12 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

### 9.12.10 Posouzení patního plechu

návrh patního plechu:

ocel S355

$a = 200 mm$

$b = 500 mm$



návrh betonové patky:

beton C20/25

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

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

tloušťka patního plechu

$$\sigma_b = \frac{N_{Ed,max}}{a \cdot b} = \frac{184,22 \cdot 10^3}{200 \cdot 500} = 1,84 \text{ MPa}$$

$$M = \sigma_b \cdot \frac{L_K^2}{2} = 1,84 \cdot \frac{93^2}{2} = 7957,08 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_b = \frac{M}{W} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \Rightarrow W = \frac{M \cdot \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{7957,08 \cdot 1,0}{235} = 33,86 \text{ mm}^3$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{W \cdot 6} = \sqrt{33,86 \cdot 6} = 14,25 \text{ mm} \Rightarrow \text{návrh } t = 20 \text{ mm}$$

výška podlití:

$$\leq 0,2 \cdot \min\{a, b\} = 0,2 \cdot \min\{500, 200\} = 40 \text{ mm} \Rightarrow \text{návrh } 30 \text{ mm}$$

součinitel koncentrace napětí:

$$k_j = \sqrt{\frac{A \cdot B}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{600 \cdot 300}{500 \cdot 200}} = 1,34$$

návrhová pevnost betonu v koncentrovaném tlaku:

$$f_{j,Rd} = 0,67 \cdot k_j \cdot \frac{f_{c,k}}{\gamma_c} = 0,67 \cdot 1,34 \cdot \frac{20}{1,5} = 11,97 \text{ MPa}$$

efektivní plocha:

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{j,Rd} \cdot \gamma_{M0}}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 11,97 \cdot 1,0}} = 25,58 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow A_{eff} = 32\,879 \text{ mm}^2$$

návrhová únosnost betonové patky:

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{j,Rd} = 32879 \cdot 11,97 \cdot 10^{-3} = 393,56 \text{ kN}$$





$$\frac{F_{t,Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{184,22}{393,56} \leq 1,0$$

$$0,47 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE****9.12.11 Posouzení smykové zarážky**součinitel tření ocel – beton  $\mu = 0,2$ 

$$V_{Ed,max} = 8,86kN$$

$$N_{Ed} = 26,68kN$$

$$\mu \cdot N_{Ed} \geq V_{Ed,max}$$

$$0,2 \cdot 26,28 \geq 8,86$$

 $5,26 \not\geq 8,86 \rightarrow$  *nutno navrhnout smykovou zarážku*
návrh smykové zarážky:  $1 \times IPE120$ 

$$A = 1320mm^2$$

$$W = 1,36 \cdot 10^4 mm^3$$

$$l = 100mm$$

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot l = 8,86 \cdot 0,1 = 0,89kN \cdot m$$

$$M_{Rd} = \frac{W \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,36 \cdot 10^4 \cdot 235}{1,0} = 3,20kN \cdot m$$

podmínka posouzení:

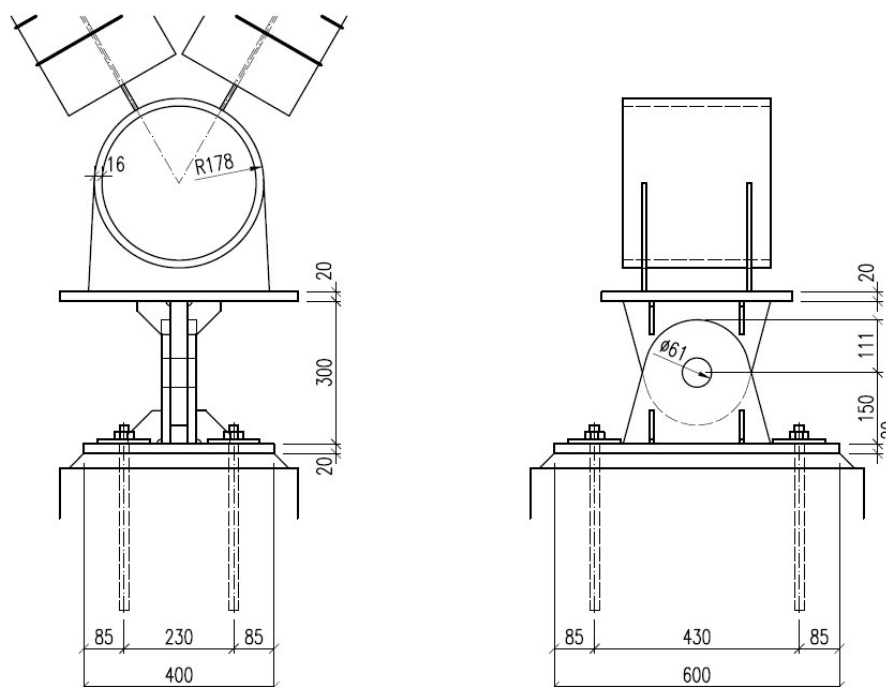
$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{0,89}{3,20} \leq 1,0$$

$$0,28 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

### 9.13 Detail 13: Kotvení vnějších prutů



obr. 99: Kotvení vnějších prutů

#### 9.13.1 Materiálové charakteristiky

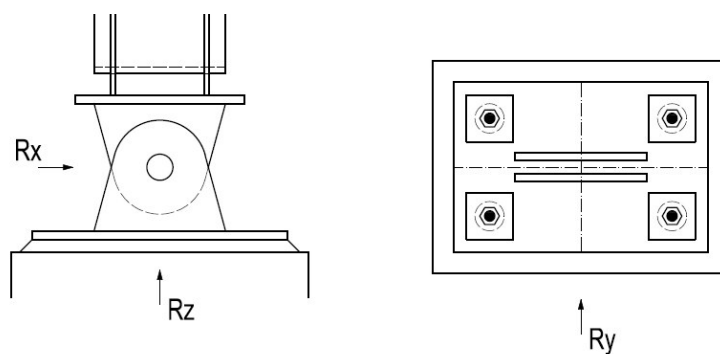
- čep a plechy  
 ocel S355  
 mez kluzu  $f_{yk} = 355 \text{ MPa}$   
 pevnost v tahu  $f_u = 510 \text{ MPa}$

#### 9.13.2 Vnitřní síly

- reakce do podpor  
 svislá reakce:  $R_z = 865,62 \text{ kN}$   
 vodorovné reakce:  $R_x = 0,49 \text{ kN}$   
 $R_y = 137,11 \text{ kN}$

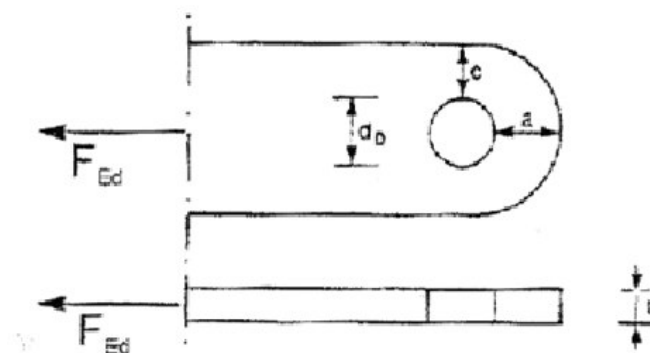
- výslednice akcí na čep

$$F_{Ed} = \sqrt{R_x^2 + R_z^2} = \sqrt{0,49^2 + 865,62^2} = 865,62 \text{ kN}$$



obr. 100: Výslednice akcí na čep

### 9.13.3 Geometrie čepového spoje



$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_y}} = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{865,62 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{355 \cdot 10^6}} = 34,57 \text{ mm} \Rightarrow \text{návrh } t = 35 \text{ mm}$$

$$d_b \leq 2,5t = 2,5 \cdot 35 = 87,5 \text{ mm} \Rightarrow \text{návrh } d = 60 \text{ mm}$$

$$d_0 = d + 1 \text{ mm} = 60 + 1 = 61 \text{ mm}$$

[ČSN EN 1993-1-8, tab. 3.9]

$$a \geq \frac{F_{v,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{865,62 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 0,035 \cdot 355 \cdot 10^6} + \frac{2 \cdot 0,061}{3} = 75,50 \text{ mm}$$

 $\Rightarrow$  návrh  $a = 80 \text{ mm}$ 

$$c \geq \frac{F_{v,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{865,62 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 0,035 \cdot 355 \cdot 10^6} + \frac{0,061}{3} = 55,17 \text{ mm} \Rightarrow \text{návrh } c = 60 \text{ mm}$$

### 9.13.4 Posouzení čepu na stříh

[ČSN EN 1993-1-8, tab. 3.10]

$$F_{v,Rd} = n \cdot 0,6 \cdot A \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot 0,6 \cdot 2827,43 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{510 \cdot 10^6}{1,25} = 1384,31 \text{ kN}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 60^2}{4} = 2827,43 \text{ mm}^2$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{865,62}{1384,31} \leq 1,0$$

$$0,63 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

### 9.13.5 Posouzení únosnosti plechu a čepu v otláčení

[ČSN EN 1993-1-8, tab. 3.10]

$$F_{b,Rd} = 1,5 t \cdot d \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1,5 \cdot 0,035 \cdot 0,06 \frac{355 \cdot 10^6}{1,0} = 1118,25 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{865,62}{1118,25} \leq 1,0$$

$$0,77 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

### 9.13.6 Posouzení únosnosti čepu v ohybu

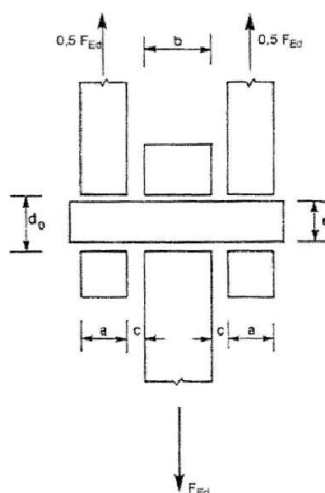
$$d = 60 \text{ mm}$$

$$d_0 = 61 \text{ mm}$$

$$c = 1 \text{ mm}$$

$$a = 18 \text{ mm}$$

$$b = 35 \text{ mm}$$



$$F_{Ed} = 865,62 \text{ kN}$$

$$0,5 \cdot F_{Ed} = 432,81 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = \frac{F_{v,Ed}}{8} (b + 4c + 2a) = \frac{865,62}{8} (40 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 20) = 5,84 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

[ČSN EN 1993-1-8, tab. 3.10]

$$M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 2,12 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 11,29 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{el} = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 60^3}{32} = 2,12 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{5,84}{11,29} \leq 1,0$$

$$0,52 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE****9.13.7 Posouzení únosnosti čepu v kombinaci stříhu a ohybu**

$$\left( \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 + \left( \frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} \right)^2 \leq 1,0$$

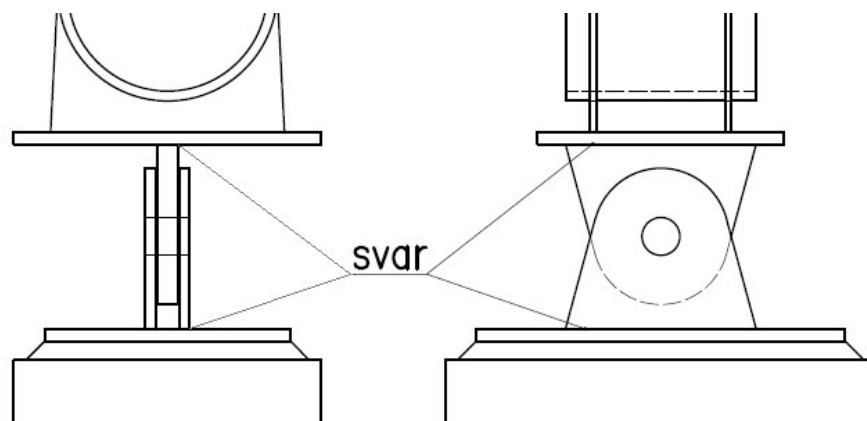
[ČSN EN 1993-1-8, tab. 3.10]

$$\left( \frac{5,84}{11,29} \right)^2 + \left( \frac{865,62}{1384,31} \right)^2 \leq 1,0$$

$$0,66 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE****9.13.8 Posouzení svarů**

- přivaření styčnickových plechů



obr. 101: Posuzovaný svar



přivaření bude provedeno ovařením okolo plechu koutovým svarem  
svislá deska tl. 35 mm

síly působící na svar:  $N_{Ed} = 865,62 \text{ kN}$

$$V_{Ed} = 0,49 \text{ kN}$$

korelační součinitel:  $\beta_w = 0,9$  pro ocel S355

účinná výška svaru:  $a = 5 \text{ mm}$

účinná délka svaru:  $l = 310 - 2a = 310 - 2 \cdot 2 = 300 \text{ mm}$

účinná plocha dvou svarů:

$$A_w = 2 \cdot a \cdot l = 2 \cdot 5 \cdot 300 = 3000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = \frac{865,62 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 3,00 \cdot 10^{-3}} = 204,03 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 204,03 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{510 \cdot 10^6}{1,25} = 408 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE**

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{0,49 \cdot 10^3}{3,00 \cdot 10^{-3}} = 0,16 \text{ MPa}$$

[ČSN EN 1993-1-1, vztah 4.1]

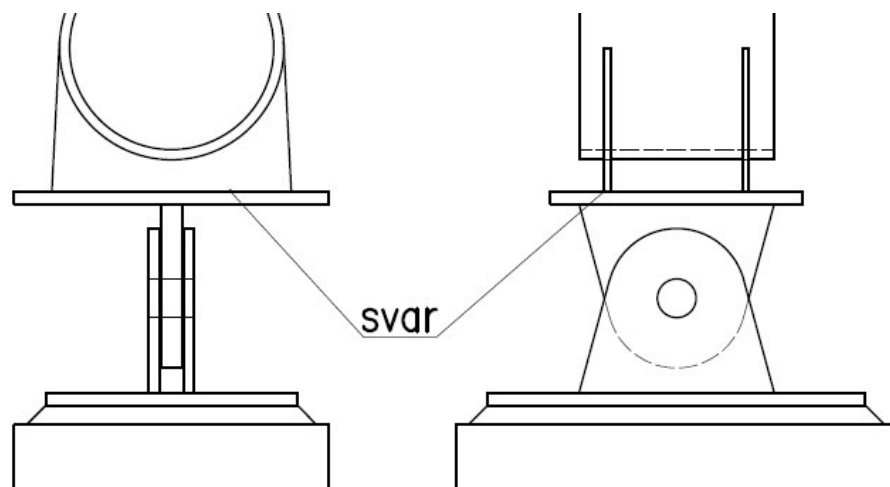
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} = \sqrt{204,03^2 + 3 \cdot 204,03^2 + 3 \cdot 0,16^2} = 408,06 \text{ MPa}$$

$$\leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{510 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE**

Posudek svarů pro dvě desky tl. 18 mm také vyhoví, protože napětí působící ve svarech bude poloviční z důvodu ovaření dvou desek.

- přivaření výztuh



obr. 102: Posuzovaný svar

síly působící na svar:  $N_{Ed}/2 = 865,62/2 = 432,81 \text{ kN}$

$$V_{Ed,y}/2 = 137,11/2 = 68,56 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,x}/2 = 0,49/2 = 0,25 \text{ kN}$$

korelační součinitel:  $\beta_w = 0,9$  pro ocel S355

účinná výška svaru:  $a = 4 \text{ mm}$

účinná délka svaru:  $l = 380 - 2a = 380 - 2 \cdot 5 = 270 \text{ mm}$

účinná plocha dvou svarů:

$$A_w = 2 \cdot a \cdot l = 2 \cdot 4 \cdot 380 = 3040 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\perp,z} = \tau_{\perp,z} = \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = \frac{432,81 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 3,04 \cdot 10^{-3}} = 100,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,y} = \tau_{\perp,y} = \frac{V_{Ed,x}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = \frac{0,25 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 3,04 \cdot 10^{-3}} = 0,06 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 100,67 + 0,06 = 100,73 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{510 \cdot 10^6}{1,25} = 408 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE**

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed,y}}{A_w} = \frac{68,56 \cdot 10^3}{3,04 \cdot 10^{-3}} = 22,55 \text{ MPa}$$

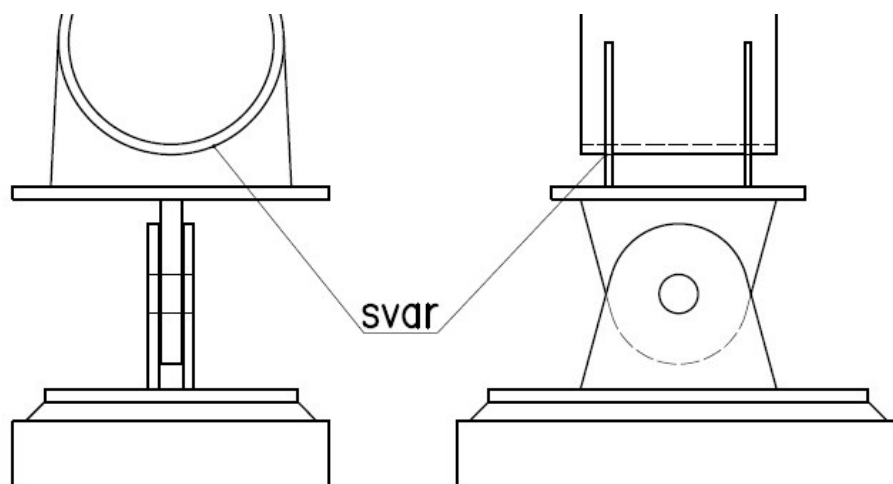
[ČSN EN 1993-1-1, vztah 4.1]

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} = \sqrt{100,67^2 + 3 \cdot 100,67^2 + 3 \cdot 22,55^2} = 205,09 \text{ MPa}$$

$$\leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{510 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE**





obr. 103: Posuzovaný svar

navržen oboustranný  $1/2$  V svar (K svar) doplněný koutovým svarem o účinném rozměru 4 mm

### 9.13.9 Posouzení kotevních šroubů

návrh kotevních šroubů: 4xM24

třída pevnosti oceli: 8.8

- posouzení únosnosti v tahu

pevnost v tahu  $f_{ub} = 800\text{MPa}$

plocha jádra šroubů  $A_s = 353\text{mm}^2$

$$F_{t,Ed} = 753,74\text{kN}$$

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot \frac{A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot \frac{353 \cdot 800}{1,25} = 203,33\text{kN}$$

[ČSN EN 1993-1-8, tab. 3.4]

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{753,74}{203,33 \cdot 4} \leq 1,0$$

$$0,93 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení únosnosti ve stříhu

rozhodující kombinace:  $R_x = -89,13\text{kN}$

$R_y = 15,56\text{kN}$

výslednice sil: 
$$F_{v,Ed} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{89,13^2 + 15,56^2} = 90,48kN$$

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 353}{1,25} = 135,55kN \quad [\text{ČSN EN 1993-1-8, tab. 3.4}]$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{90,48}{135,55 \cdot 4} \leq 1,0$$

$$0,17 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- posouzení únosnosti v protlačení

střední průměr kružnice opsané a vepsané do hlavy šroubu:  $d_m = 49,55mm$

tloušťka desky pod hlavou šroubu  $t_p = 10,0mm$

[ČSN EN 1993-1-8, tab. 3.4]

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 49,55 \cdot 10 \cdot 490}{1,25} = 366,13kN$$

$$\frac{B_{p,Ed}}{B_{p,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{753,74}{4 \cdot 366,13} \leq 1,0$$

$$0,52 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

### 9.13.10 Posouzení patního plechu

návrh patního plechu:

ocel S355

$a = 400 mm$

$b = 600 mm$

návrh betonové patky:

beton C20/25

$A = 500 mm$

$B = 700 mm$

tloušťka patního plechu

$$\sigma_b = \frac{N_{Ed,max}}{a \cdot b} = \frac{504,76 \cdot 10^3}{400 \cdot 600} = 2,10 \text{ MPa}$$

$$M = \sigma_b \cdot \frac{L_K^2}{2} = 2,10 \cdot \frac{93^2}{2} = 9081,45 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_b = \frac{M}{W} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \Rightarrow W = \frac{M \cdot \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{9081,45 \cdot 1,0}{355} = 25,58 \text{ mm}^3$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot t^2 \Rightarrow t = \sqrt{W \cdot 6} = \sqrt{25,58 \cdot 6} = 12,39 \text{ mm} \Rightarrow \text{návrh } t = 20 \text{ mm}$$

výška podlití:

$$\leq 0,2 \cdot \min\{a, b\} = 0,2 \cdot \min\{400, 600\} = 80 \text{ mm} \Rightarrow \text{návrh } 30 \text{ mm}$$

součinitel koncentrace napětí:

$$k_j = \sqrt{\frac{A \cdot B}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{500 \cdot 700}{400 \cdot 600}} = 1,21$$

návrhová pevnost betonu v koncentrovaném tlaku:

$$f_{j,Rd} = 0,67 \cdot k_j \cdot \frac{f_{c,k}}{\gamma_c} = 0,67 \cdot 1,21 \cdot \frac{20}{1,5} = 10,81 \text{ MPa}$$

efektivní plocha:

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{j,Rd} \cdot \gamma_{M0}}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 10,81 \cdot 1,0}} = 33,09 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow A_{eff} = 54261 \text{ mm}^2$$

návrhová únosnost betonové patky:

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{j,Rd} = 54261 \cdot 10,81 \cdot 10^{-3} = 586,56 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{504,76}{586,56} \leq 1,0$$

$$0,86 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

### 9.13.11 Posouzení smykové zarážky

součinitel tření ocel – beton  $\mu = 0,2$

$$V_{Ed,max} = 137,11 \text{ kN}$$

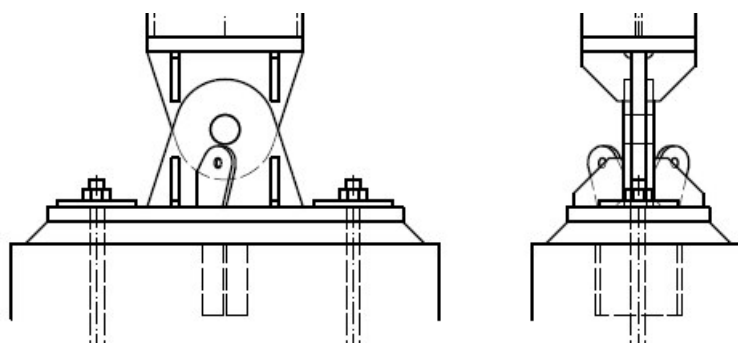
$$N_{Ed} = 865,62 \text{ kN}$$

$$\mu \cdot N_{Ed} \geq V_{Ed,max}$$

$$0,2 \cdot 865,62 \geq 137,11$$

$$173,12 \geq 137,11 \rightarrow \text{není nutno navrhnout smykovou zarážku}$$

### 9.14 Detail 14: Přípoj táhla ke kotvení vnitřního dřevěného sloupu



obr. 104: Přípoj táhla ke kotvení

- ztužidlo tvořeno systémem táhel Macalloy 460 M10

- posouzení svarového přípoje styčnickového plechu:

síly působící na svar:  $N_{Ed} = 8,47 \text{ kN}$

$$N_{Ed,h} = N_{Ed} \cdot \cos\alpha = 8,47 \cdot \cos(63,9) = 3,73 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,v} = N_{Ed} \cdot \sin\alpha = 8,47 \cdot \sin(63,9) = 7,61$$

korelační součinitel:  $\beta_w = 0,9$  pro ocel S355

účinná výška svaru:  $a = 3 \text{ mm}$

účinná délka svaru:  $l = 50 - 2a = 50 - 2 \cdot 3 = 44 \text{ mm}$

účinná plocha dvou svarů:

$$A_w = 2 \cdot a \cdot l = 2 \cdot 3 \cdot 44 = 264 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed,v}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = \frac{7,61 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 2,64 \cdot 10^{-4}} = 20,38 \text{ MPa}$$



$$\sigma_{\perp} = 20,38 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{510 \cdot 10^6}{1,25} = 408 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE**

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed,h}}{A_w} = \frac{3,73 \cdot 10^3}{2,64 \cdot 10^{-4}} = 14,13 \text{ MPa}$$

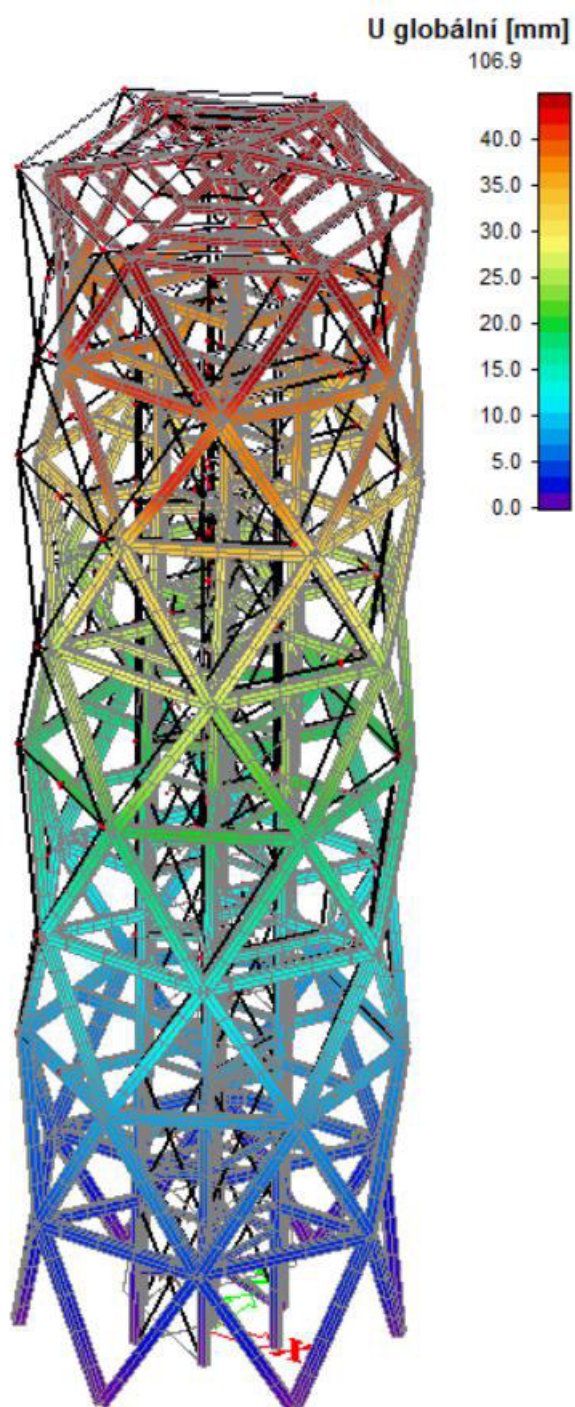
[ČSN EN 1993-1-1, vztah 4.1]

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} = \sqrt{20,38^2 + 3 \cdot 20,38^2 + 3 \cdot 14,13^2} = 47,54 \text{ MPa}$$

$$\leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{510 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

**VYHOVUJE**

## 10 POSOUZENÍ MEZNÍHO STAVU POUŽITELNOSTI

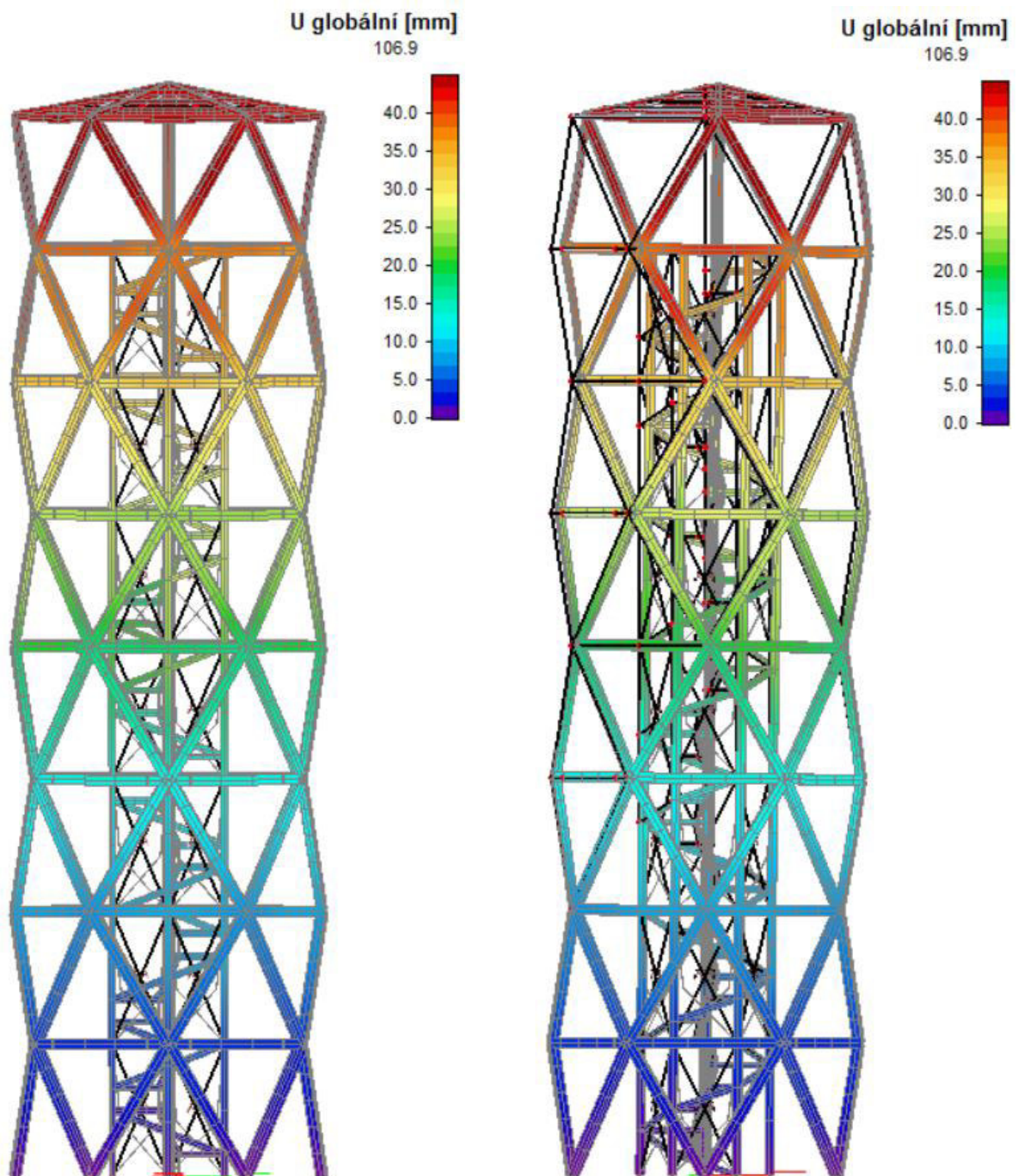


obr. 105: Globální posunutí vyhlídkové věže



pohled ve směru osy x

pohled ve směru osy y



obr. 106: Globální posunutí vyhlídkové věže - pohledy





## 10.1 Vodorovné posunutí

- celkové vodorovné posunutí konstrukce

limitní vodorovný posun:

$$\delta_{max} = \frac{H_{stavby}}{400} = \frac{28500}{400} = 71,25mm$$

skutečný vodorovný posun konstrukce:

$$\delta = 47,60mm$$

posouzení:

$$\frac{\delta}{\delta_{max}} \leq 1,0$$

$$\frac{47,60}{72,25} \leq 1,0$$

$$0,66 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

## 10.2 Svislé posunutí

modifikační součinitel deformace:  $k_{def} = 2,0$

[ČSN EN 1995-1-1, tab. 3.2]

označení průhybů:  $u_{inst,G}$  – okamžitá deformace pro stálé zatížení  
 $u_{inst,Q1}$  – okamžitá deformace pro užitné zatížení  
 $u_{inst,Q2}$  – okamžitá deformace pro zatížení sněhem  
 $u_{inst,Q3}$  – okamžitá deformace pro zatížení větrem

$u_{fin,G}$  – konečná deformace pro stálé zatížení  
 $u_{fin,Q1}$  – konečná deformace pro užitné zatížení  
 $u_{fin,Q2}$  – konečná deformace pro zatížení sněhem  
 $u_{fin,Q3}$  – konečná deformace pro zatížení větrem



- vaznice

limitní svislý posun:

$$u_{inst,lim} = \frac{L_{prvku}}{300} = \frac{3000}{300} = 10,0mm$$

$$u_{fin,lim} = \frac{L_{prvku}}{250} = \frac{3000}{250} = 12,0mm$$

okamžitý svislý posun:

$$u_{inst} = u_{inst,G} + u_{inst,Q2} + u_{inst,Q3} = 0,7 + 3,6 + 3,4 = 7,7mm$$

průhyb s vlivem dotvarování:

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 2.2]

$$u_{fin} = u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) + u_{inst,Q2} \cdot (1 + \psi_{2,Q2}k_{def}) + u_{inst,Q3} \cdot (\psi_{0,Q3} + \psi_{2,Q3}k_{def})$$

$$u_{fin} = 0,7 \cdot (1 + 2) + 3,6 \cdot (1 + 0) + 3,4 \cdot (0,6 + 0) = 7,74$$

podmínka posouzení:

$$\frac{u_{inst}}{u_{inst,lim}} \leq 1,0$$

$$\frac{7,7}{10} \leq 1,0$$

$$0,77 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\frac{u_{fin}}{u_{fin,lim}} \leq 1,0$$

$$\frac{7,74}{12,0} \leq 1,0$$

$$0,65 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- krokev

limitní svislý posun:

$$u_{inst,lim} = \frac{L_{prvku}}{300} = \frac{4077}{300} = 13,59mm$$

$$u_{fin,lim} = \frac{L_{prvku}}{250} = \frac{4077}{250} = 16,31mm$$

okamžitý svislý posun:

$$u_{inst} = u_{inst,G} + u_{inst,Q2} + u_{inst,Q3} = 0,7 + 6,3 + 2,6 = 9,6mm$$

svislý posun s vlivem dotvarování:

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 2.2]

$$u_{fin} = u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) + u_{inst,Q2} \cdot (1 + \psi_{2,Q2} k_{def}) + u_{inst,Q3} \cdot (\psi_{0,Q3} + \psi_{2,Q3} k_{def})$$

$$u_{fin} = 0,7 \cdot (1 + 2,0) + 6,3 \cdot (1 + 0) + 2,6 \cdot (0,6 + 0) = 9,96$$

podmínka posouzení:

$$\frac{u_{inst}}{u_{inst,lim}} \leq 1,0$$

$$\frac{9,6}{13,59} \leq 1,0$$

$$0,71 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\frac{u_{fin}}{u_{fin,lim}} \leq 1,0$$

$$\frac{9,96}{16,31} \leq 1,0$$

$$0,61 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- nosníky plošin

limitní svislý posun:

$$u_{inst,lim} = \frac{L_{prvku}}{300} = \frac{2000}{300} = 6,67 \text{ mm}$$

$$u_{fin,lim} = \frac{L_{prvku}}{250} = \frac{2000}{250} = 8,0 \text{ mm}$$

okamžitý svislý posun:

$$u_{inst} = u_{inst,G} + u_{inst,Q1} = 0,4 + 2,6 = 3,0 \text{ mm}$$

svislý posun s vlivem dotvarování:

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 2.2]

$$u_{fin} = u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) + u_{inst,Q1} \cdot (1 + \psi_{2,Q1} k_{def})$$

$$u_{fin} = 0,4 \cdot (1 + 2,0) + 2,6 \cdot (1 + 0,6 \cdot 2) = 6,92$$

podmínka posouzení:

$$\frac{u_{inst}}{u_{inst,lim}} \leq 1,0$$

$$\frac{3,0}{6,67} \leq 1,0$$

$$0,45 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**



$$\frac{u_{fin}}{u_{fin,lim}} \leq 1,0$$

$$\frac{6,92}{8,0} \leq 1,0$$

$$0,87 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

- roštový nosník

limitní svislý posun:

$$u_{inst,lim} = \frac{L_{prvku}}{300} = \frac{2845}{300} = 9,48mm$$

$$u_{fin,lim} = \frac{L_{prvku}}{250} = \frac{2845}{250} = 11,38mm$$

okamžitý svislý posun:

$$u_{inst} = u_{inst,G} + u_{inst,Q1} = 0,3 + 4,2 = 4,5mm$$

svislý posun s vlivem dotvarování:

[ČSN EN 1995-1-1, vztah 2.2]

$$u_{fin} = u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) + u_{inst,Q1} \cdot (1 + \psi_{2,Q1} k_{def})$$

$$u_{fin} = 0,3 \cdot (1 + 2,0) + 4,2 \cdot (1 + 0,6 \cdot 2) = 10,14$$

posouzení:

$$\frac{u_{inst}}{u_{inst,lim}} \leq 1,0$$

$$\frac{4,5}{9,48} \leq 1,0$$

$$0,47 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**

$$\frac{u_{fin}}{u_{fin,lim}} \leq 1,0$$

$$\frac{10,14}{11,38} \leq 1,0$$

$$0,89 \leq 1,0$$

**VYHOVUJE**



## 11 PŘÍLOHA – POSUDEK MSÚ

## 11.1 Vnitřní sloupy

Linear calculation, Extreme : Global  
 Selection : B99  
 Combinations : MSÚ

### EN 1995-1-1 Code Check

Beam B99	24,249 m	vnitřní sloupy - OBDEL (160; 220)	GL24h	MSÚ	0,79 -
----------	----------	-----------------------------------	-------	-----	--------

### Combination key

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

MSU / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.05*ZS3 A_c + 1.05*ZS4 A + 1.05*ZS4 B + 1.05*ZS4 C + 1.05*ZS4 D + 1.05*ZS4 E + 1.05*ZS4 F + 1.50*ZS6A_b
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### Basic data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Partial safety factor $\gamma_M$ for Glued laminated timber	1,25
-------------------------------------------------------------	------

### Material data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Bending (fm,k)	24,0	MPa
Tension (ft,0,k)	16,5	MPa
Tension (ft,90,k)	0,4	MPa
Compression (fc,0,k)	24,0	MPa
Compression (fc,90,k)	2,7	MPa
Shear (fv,k)	2,7	MPa
Type of timber	Glued laminated	

The critical check is on position **3,464 m**.

### Internal forces

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

NEd	-161,17	kN
Vy,Ed	-4,52	kN
Vz,Ed	-1,29	kN
TEd	0,00	kNm
My,Ed	-1,65	kNm
Mz,Ed	-2,00	kNm

### Modification factor

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Service Class	3
Load duration	Short term
Modification factor kmod	0,70

...: SECTION CHECK ...:

### Compression parallel to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.4 and formula (6.2)

$\sigma_{c,0,d}$	4,6	MPa
$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
Unity check	0,34	-

### Compression perpendicular to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.5 and formula (6.3)

Fc,90,d	3,17	kN
l	100	mm
lef	160	mm
b	160	mm
Aef	25600	mm <sup>2</sup>
$\sigma_{c,90,d}$	0,1	MPa
Support condition	Discrete	
h	220	mm
kc,90	1,75	-
$f_{c,90,d}$	1,5	MPa
Unity check	0,05	-

### Bending

According to EN 1995-1-1 article 6.1.6 and formula (6.11),(6.12)

$\sigma_{m,y,d}$	1,3	MPa
kh,y	1,10	
$f_{m,y,d}$	14,8	MPa
$\sigma_{m,z,d}$	2,1	MPa
kh,z	1,00	
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Stu

km	0,70
----	------

Unity check (6.11) =  $0,09 + 0,11 = 0,20$  -  
 Unity check (6.12) =  $0,06 + 0,16 = 0,22$  -

**Shear**

According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)

kcr	0,67	
$\tau_{y,d}$	0,3	MPa
$\tau_{z,d}$	0,1	MPa
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check $\tau_y$	0,19	-
Unity check $\tau_z$	0,05	-
Unity check Interaction	0,04	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

**Torsion**

According to EN 1995-1-1 article 6.1.8 and formula (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
kshape	1,21	
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check	0,00	-
Unity check Interaction Shear	0,04	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

**Combined Bending and Axial Compression**

According to EN 1995-1-1 article 6.2.4 and formula (6.19),(6.20)

$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
$f_{m,y,d}$	14,8	MPa
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
km	0,70	

Unity check (6.19) =  $0,12 + 0,09 + 0,11 = 0,31$  -  
 Unity check (6.20) =  $0,12 + 0,06 + 0,16 = 0,34$  -

The member satisfies the section check.

...: **STABILITY CHECK** ...:

**Columns subjected to compression or combined compression and bending**

According to EN 1995-1-1 article 6.3.2 and formula (6.23),(6.24)

Buckling parameters	yy	zz	
Sway type	sway	non-sway	
System length L	24,249	24,249	m
Buckling factor k	0,14	0,14	
Buckling length L <sub>cr</sub>	3,464	3,464	m
Slenderness $\lambda$	54,55	75,00	-
Relative slenderness $\lambda$	0,88	1,21	-
Limit slenderness	0,30	0,30	-
Imperfection $\beta_c$	0,10	0,10	-
Reduction factor k <sub>c</sub>	0,86	0,60	-

Unity check (6.23) =  $0,40 + 0,09 + 0,11 = 0,60$  -  
 Unity check (6.24) =  $0,57 + 0,06 + 0,16 = 0,79$  -

**Beams subjected to bending or combined bending and compression**

According to EN 1995-1-1 article 6.3.3 and formula (6.33),(6.35)

LTB Parameters			
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze</i>			
Elastic critical moment $M_{y,crit}$	297,54	kNm	
Critical bending stress $\sigma_{m,crit}$	230,5	MPa	
Relative slenderness $\lambda_{rel,m}$	0,32	-	
Reduction factor k <sub>crit</sub>	1,00	-	

Unity check (6.33) =  $0,09$  -  
 Unity check (6.35) =  $0,01 + 0,57 = 0,58$  -

My,crit Parameters			
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S</i>			
G <sub>0,05</sub>	587,5	MPa	
LTB length L	3,464	m	
L <sub>ef</sub> /L	0,80		

*\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*S*

My,crit Parameters			
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S</i>			
Effective length L <sub>ef</sub>	2,771	m	
Load position	normal		

The member satisfies the stability check.



## 11.2 Vnější pruty ve svislé rovině (1. průřez)

Linear calculation, Extreme : Global

Selection : B11

Combinations : MSÚ

### EN 1995-1-1 Code Check

Beam B11	4,036 m	vnější pruty ve svislé rovině 1 - OBDEL (240; 260)	GL24h	MSÚ	0,77 -
----------	---------	----------------------------------------------------	-------	-----	--------

#### Combination key

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Student

MSÚ / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.05*ZS4 A + 1.05*ZS4 B + 1.05*ZS4 D + 1.05*ZS4 F + 1.50*ZS6C a + 1.05*ZS3 D d
------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### Basic data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská v

Partial safety factor $\gamma_M$ for Glued laminated timber	1,25
-------------------------------------------------------------	------

#### Material data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Bending (fm,k)	24,0	MPa
Tension (ft,0,k)	16,5	MPa
Tension (ft,90,k)	0,4	MPa
Compression (fc,0,k)	24,0	MPa
Compression (fc,90,k)	2,7	MPa
Shear (fv,k)	2,7	MPa
Type of timber	Glued laminated	

The critical check is on position **2,421 m**.

#### Internal forces

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

NEd	-492,86	kN
Vy,Ed	-0,33	kN
Vz,Ed	0,01	kN
TEd	0,00	kNm
My,Ed	-0,05	kNm
Mz,Ed	1,58	kNm

#### Modification factor

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*St

Service Class	3
Load duration	Short term
Modification factor $k_{mod}$	0,70

...: SECTION CHECK ...

#### Compression parallel to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.4 and formula (6.2)

$\sigma_{c,0,d}$	7,9	MPa
$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
Unity check	0,59	-

#### Bending

According to EN 1995-1-1 article 6.1.6 and formula (6.11),(6.12)

$\sigma_{m,y,d}$	0,0	MPa
$k_{h,y}$	1,09	
$f_{m,y,d}$	14,6	MPa
$\sigma_{m,z,d}$	0,6	MPa
$k_{h,z}$	1,00	
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
$k_m$	0,70	

Unity check (6.11) =  $0,00 + 0,03 = 0,03$  -

Unity check (6.12) =  $0,00 + 0,05 = 0,05$  -

#### Shear

According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)

kcr	0,67	
$\tau_{y,d}$	0,0	MPa
$\tau_{z,d}$	0,0	MPa
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check $\tau_y$	0,01	-
Unity check $\tau_z$	0,00	-
Unity check Interaction	0,00	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

#### Torsion

According to EN 1995-1-1 article 6.1.8 and formula (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
kshape	1,16	
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check	0,00	-
Unity check Interaction Shear	0,00	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

#### Combined Bending and Axial Compression

According to EN 1995-1-1 article 6.2.4 and formula (6.19),(6.20)

$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
$f_{m,y,d}$	14,6	MPa
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
km	0,70	

Unity check (6.19) =  $0,35 + 0,00 + 0,03 = 0,38$  -  
 Unity check (6.20) =  $0,35 + 0,00 + 0,05 = 0,39$  -

The member satisfies the section check.

...: **STABILITY CHECK** ...:

#### Columns subjected to compression or combined compression and bending

According to EN 1995-1-1 article 6.3.2 and formula (6.23),(6.24)

Buckling parameters	yy	zz	
Sway type	sway	non-sway	
System length L	4,036	4,036	m
Buckling factor k	1,00	1,00	
Buckling length L <sub>cr</sub>	4,036	4,036	m
Slenderness $\lambda$	53,77	58,25	-
Relative slenderness $\lambda$	0,86	0,94	-
Limit slenderness	0,30	0,30	-
Imperfection $\beta_c$	0,10	0,10	-
Reduction factor k <sub>c</sub>	0,86	0,82	-

Unity check (6.23) =  $0,68 + 0,00 + 0,03 = 0,72$  -  
 Unity check (6.24) =  $0,72 + 0,00 + 0,05 = 0,77$  -

#### Beams subjected to bending or combined bending and compression

According to EN 1995-1-1 article 6.3.3 and formula (6.33),(6.35)

LTB Parameters		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze</i>		
Elastic critical moment $M_{y,crit}$	821,25	kNm
Critical bending stress $\sigma_{m,crit}$	303,7	MPa
Relative slenderness $\lambda_{rel,m}$	0,28	-
Reduction factor k <sub>crit</sub>	1,00	-

Unity check (6.33) = 0,00 -

Unity check (6.35) =  $0,00 + 0,72 = 0,72$  -

My,crit Parameters		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze</i>		
G0,05	587,5	MPa
LTB length L	4,036	m
Lef/L	0,90	
Effective length Lef	3,632	m
Load position	normal	

The member satisfies the stability check.

## 11.3 Vnější pruty ve svislé rovině (2. průřez)

Linear calculation, Extreme : Global

Selection : B46

Combinations : MSÚ

### EN 1995-1-1 Code Check

Beam B46	4,036 m	vnější pruty ve svislé rovině 2 - OBDEL (200; 260)	GL24h	MSÚ	0,72 -
----------	---------	----------------------------------------------------	-------	-----	--------

#### Combination key

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Student

MSÚ / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.05*ZS4 B + 1.05*ZS4 C + 1.05*ZS4 E + 1.05*ZS4 F + 1.50*ZS6D a + 1.05*ZS3 E d
------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### Basic data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská v

Partial safety factor $\gamma_M$ for Glued laminated timber	1,25
-------------------------------------------------------------	------

#### Material data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Bending (fm,k)	24,0	MPa
Tension (ft,0,k)	16,5	MPa
Tension (ft,90,k)	0,4	MPa
Compression (fc,0,k)	24,0	MPa
Compression (fc,90,k)	2,7	MPa
Shear (fv,k)	2,7	MPa
Type of timber	Glued laminated	

The critical check is on position **1,614 m**.

#### Internal forces

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

NEd	-297,24	kN
Vy,Ed	-0,38	kN
Vz,Ed	-0,03	kN
TEd	0,01	kNm
My,Ed	-0,16	kNm
Mz,Ed	-1,84	kNm

#### Modification factor

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*St

Service Class	3
Load duration	Short term
Modification factor $k_{mod}$	0,70

...: SECTION CHECK ...

#### Compression parallel to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.4 and formula (6.2)

$\sigma_{c,0,d}$	5,7	MPa
$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
Unity check	0,43	-

#### Bending

According to EN 1995-1-1 article 6.1.6 and formula (6.11),(6.12)

$\sigma_{m,y,d}$	0,1	MPa
$k_{h,y}$	1,09	
$f_{m,y,d}$	14,6	MPa
$\sigma_{m,z,d}$	1,1	MPa
$k_{h,z}$	1,00	
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
$k_m$	0,70	

Unity check (6.11) =  $0,00 + 0,06 = 0,06$  -

Unity check (6.12) =  $0,00 + 0,08 = 0,08$  -

#### Shear

According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)

kcr	0,67	
$\tau_{y,d}$	0,0	MPa
$\tau_{z,d}$	0,0	MPa
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check $\tau_y$	0,01	-
Unity check $\tau_z$	0,00	-
Unity check Interaction	0,00	-

**Torsion**

According to EN 1995-1-1 article 6.1.8 and formula (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
kshape	1,20	
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check	0,00	-
Unity check Interaction Shear	0,00	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

**Combined Bending and Axial Compression**

According to EN 1995-1-1 article 6.2.4 and formula (6.19),(6.20)

$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
$f_{m,y,d}$	14,6	MPa
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
km	0,70	

Unity check (6.19) = 0,18 + 0,00 + 0,06 = 0,24 -

Unity check (6.20) = 0,18 + 0,00 + 0,08 = 0,26 -

The member satisfies the section check.

...: **STABILITY CHECK** ...:**Columns subjected to compression or combined compression and bending**

According to EN 1995-1-1 article 6.3.2 and formula (6.23),(6.24)

Buckling parameters	yy	zz	
Sway type	sway	non-sway	
System length L	4,036	4,036	m
Buckling factor k	1,00	1,00	
Buckling length Lcr	4,036	4,036	m
Slenderness $\lambda$	53,77	69,90	-
Relative slenderness $\lambda$	0,86	1,12	-
Limit slenderness	0,30	0,30	-
Imperfection $\beta_c$	0,10	0,10	-
Reduction factor kc	0,86	0,66	-

Unity check (6.23) = 0,49 + 0,00 + 0,06 = 0,55 -

Unity check (6.24) = 0,64 + 0,00 + 0,08 = 0,72 -

**Beams subjected to bending or combined bending and compression**

According to EN 1995-1-1 article 6.3.3 and formula (6.33),(6.35)

LTB Parameters		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze</i>		
Elastic critical moment $M_{y,crit}$	513,12	kNm
Critical bending stress $\sigma_{m,crit}$	227,7	MPa
Relative slenderness $\lambda_{rel,m}$	0,32	-
Reduction factor $k_{crit}$	1,00	-

Unity check (6.33) = 0,00 -

Unity check (6.35) = 0,00 + 0,64 = 0,64 -

My,crit Parameters		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *5</i>		
G0,05	587,5	MPa
LTB length L	4,036	m
Lef/L	0,90	
Effective length Lef	3,632	m
Load position	normal	

The member satisfies the stability check.

## 11.4 Vnější pruty ve svislé rovině (3. průřez)

Linear calculation, Extreme : Global

Selection : B69

Combinations : MSÚ

### EN 1995-1-1 Code Check

Beam B69	4,036 m	vnější pruty ve svislé rovině 3 - OBDEL (160; 260)	GL24h	MSÚ	0,77 -
----------	---------	----------------------------------------------------	-------	-----	--------

#### Combination key

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Student

MSU / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.05*ZS4 A + 1.05*ZS4 C + 1.05*ZS4 D + 1.05*ZS4 E + 1.50*ZS6B a + 1.05*ZS3 C c
------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### Basic data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská v

Partial safety factor $\gamma_M$ for Glued laminated timber	1,25
-------------------------------------------------------------	------

#### Material data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Bending (fm,k)	24,0	MPa
Tension (ft,0,k)	16,5	MPa
Tension (ft,90,k)	0,4	MPa
Compression (fc,0,k)	24,0	MPa
Compression (fc,90,k)	2,7	MPa
Shear (fv,k)	2,7	MPa
Type of timber	Glued laminated	

The critical check is on position **1,614 m**.

#### Internal forces

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

NEd	-158,61	kN
Vy,Ed	0,39	kN
Vz,Ed	-0,15	kN
TEd	-0,01	kNm
My,Ed	-0,73	kNm
Mz,Ed	1,91	kNm

#### Modification factor

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*S

Service Class	3
Load duration	Short term
Modification factor $k_{mod}$	0,70

...: SECTION CHECK ...

#### Compression parallel to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.4 and formula (6.2)

$\sigma_{c,0,d}$	3,8	MPa
$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
Unity check	0,28	-

#### Bending

According to EN 1995-1-1 article 6.1.6 and formula (6.11),(6.12)

$\sigma_{m,y,d}$	0,4	MPa
$k_{h,y}$	1,09	
$f_{m,y,d}$	14,6	MPa
$\sigma_{m,z,d}$	1,7	MPa
$k_{h,z}$	1,00	
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
$k_m$	0,70	

Unity check (6.11) =  $0,03 + 0,09 = 0,12$  -

Unity check (6.12) =  $0,02 + 0,13 = 0,15$  -

#### Shear

According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)





kcr	0,67	
$\tau_{y,d}$	0,0	MPa
$\tau_{z,d}$	0,0	MPa
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check $\tau_y$	0,01	-
Unity check $\tau_z$	0,01	-
Unity check Interaction	0,00	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

#### Torsion

According to EN 1995-1-1 article 6.1.8 and formula (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
kshape	1,24	
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check	0,00	-
Unity check Interaction Shear	0,00	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

#### Combined Bending and Axial Compression

According to EN 1995-1-1 article 6.2.4 and formula (6.19),(6.20)

$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
$f_{m,y,d}$	14,6	MPa
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
$k_m$	0,70	

Unity check (6.19) = 0,08 + 0,03 + 0,09 = 0,20 -

Unity check (6.20) = 0,08 + 0,02 + 0,13 = 0,23 -

The member satisfies the section check.

...: **STABILITY CHECK** ...:

#### Columns subjected to compression or combined compression and bending

According to EN 1995-1-1 article 6.3.2 and formula (6.23),(6.24)

Buckling parameters	yy	zz	
Sway type	sway	non-sway	
System length L	4,036	4,036	m
Buckling factor k	1,00	1,00	
Buckling length $L_{cr}$	4,036	4,036	m
Slenderness $\lambda$	53,77	87,38	-
Relative slenderness $\lambda$	0,86	1,41	-
Limit slenderness	0,30	0,30	-
Imperfection $\beta_c$	0,10	0,10	-
Reduction factor $k_c$	0,86	0,46	-

Unity check (6.23) = 0,33 + 0,03 + 0,09 = 0,45 -

Unity check (6.24) = 0,62 + 0,02 + 0,13 = 0,77 -

#### Beams subjected to bending or combined bending and compression

According to EN 1995-1-1 article 6.3.3 and formula (6.33),(6.35)

LTB Parameters		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze</i>		
Elastic critical moment $M_{y,crit}$	283,04	kNm
Critical bending stress $\sigma_{m,crit}$	157,0	MPa
Relative slenderness $\lambda_{rel,m}$	0,39	-
Reduction factor $k_{crit}$	1,00	-

Unity check (6.33) = 0,03 -

Unity check (6.35) = 0,00 + 0,62 = 0,62 -

My,crit Parameters		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze</i>		
$G_{0,05}$	587,5	MPa
LTB length L	4,036	m
$L_{ef}/L$	0,90	
Effective length $L_{ef}$	3,632	m
Load position	normal	

The member satisfies the stability check.

## 11.5 Vnější pruty ve svislé rovině (4. průřez)

Linear calculation, Extreme : Global

Selection : B75

Combinations : MSÚ

### EN 1995-1-1 Code Check

Beam B75	4,036 m	vnější pruty ve svislé rovině 4 - OBDEL (120; 260)	GL24h	MSÚ	0,87 -
----------	---------	----------------------------------------------------	-------	-----	--------

#### Combination key

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Stuc

MSU / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.05*ZS4 A + 1.05*ZS4 D + 1.05*ZS4 F + 1.50*ZS6C a + 1.05*ZS3 D c
-----------------------------------------------------------------------------------------------

#### Basic data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská v

Partial safety factor $\gamma_M$ for Glued laminated timber	1,25
-------------------------------------------------------------	------

#### Material data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Bending (fm,k)	24,0	MPa
Tension (ft,0,k)	16,5	MPa
Tension (ft,90,k)	0,4	MPa
Compression (fc,0,k)	24,0	MPa
Compression (fc,90,k)	2,7	MPa
Shear (fv,k)	2,7	MPa
Type of timber	Glued laminated	

The critical check is on position **1,614 m**.

#### Internal forces

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská ve

NEd	-64,30	kN
Vy,Ed	-0,47	kN
Vz,Ed	-0,14	kN
TEd	0,00	kNm
My,Ed	-0,68	kNm
Mz,Ed	-2,28	kNm

#### Modification factor

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*St

Service Class	3
Load duration	Short term
Modification factor $k_{mod}$	0,70

...: SECTION CHECK ...

#### Compression parallel to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.4 and formula (6.2)

$\sigma_{c,0,d}$	2,1	MPa
$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
Unity check	0,15	-

#### Bending

According to EN 1995-1-1 article 6.1.6 and formula (6.11),(6.12)

$\sigma_{m,y,d}$	0,5	MPa
$k_{h,y}$	1,09	
$f_{m,y,d}$	14,6	MPa
$\sigma_{m,z,d}$	3,7	MPa
$k_{h,z}$	1,00	
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
$k_m$	0,70	

Unity check (6.11) =  $0,03 + 0,19 = 0,22$  -

Unity check (6.12) =  $0,02 + 0,27 = 0,30$  -

#### Shear

According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)





kcr	0,67	
$\tau_{y,d}$	0,0	MPa
$\tau_{z,d}$	0,0	MPa
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check $\tau_y$	0,02	-
Unity check $\tau_z$	0,01	-
Unity check Interaction	0,00	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

#### Torsion

According to EN 1995-1-1 article 6.1.8 and formula (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
kshape	1,33	
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check	0,00	-
Unity check Interaction Shear	0,00	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

#### Combined Bending and Axial Compression

According to EN 1995-1-1 article 6.2.4 and formula (6.19),(6.20)

$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
$f_{m,y,d}$	14,6	MPa
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
km	0,70	

Unity check (6.19) =  $0,02 + 0,03 + 0,19 = 0,25$  -

Unity check (6.20) =  $0,02 + 0,02 + 0,27 = 0,32$  -

The member satisfies the section check.

...: **STABILITY CHECK** ...:

#### Columns subjected to compression or combined compression and bending

According to EN 1995-1-1 article 6.3.2 and formula (6.23),(6.24)

Buckling parameters	yy	zz	
Sway type	sway	non-sway	
System length L	4,036	4,036	m
Buckling factor k	1,00	1,00	
Buckling length L <sub>cr</sub>	4,036	4,036	m
Slenderness $\lambda$	53,77	116,50	-
Relative slenderness $\lambda$	0,86	1,87	-
Limit slenderness	0,30	0,30	-
Imperfection $\beta_c$	0,10	0,10	-
Reduction factor k <sub>c</sub>	0,86	0,27	-

Unity check (6.23) =  $0,18 + 0,03 + 0,19 = 0,40$  -

Unity check (6.24) =  $0,57 + 0,02 + 0,27 = 0,87$  -

#### Beams subjected to bending or combined bending and compression

According to EN 1995-1-1 article 6.3.3 and formula (6.33),(6.35)

LTB Parameters		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze</i>		
Elastic critical moment $M_{y,crit}$	128,13	kNm
Critical bending stress $\sigma_{m,crit}$	94,8	MPa
Relative slenderness $\lambda_{rel,m}$	0,50	-
Reduction factor k <sub>crit</sub>	1,00	-

Unity check (6.33) =  $0,03$  -

Unity check (6.35) =  $0,00 + 0,57 = 0,57$  -

My,crit Parameters		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *5</i>		
G0,05	587,5	MPa
LTB length L	4,036	m
Lef/L	0,90	
Effective length Lef	3,632	m
Load position	normal	

The member satisfies the stability check.

## 11.6 Vnější vodorovné pruty (1. průřez)

Linear calculation, Extreme : Global

Selection : B368

Combinations : MSÚ

### EN 1995-1-1 Code Check

Beam B368	4,000 m	vnější vodorovné pruty 1 - OBDEL (200; 260)	GL24h	MSÚ	0,74 -
-----------	---------	---------------------------------------------	-------	-----	--------

#### Combination key

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Student

MSÚ / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.05*ZS4 A + 1.05*ZS4 B + 1.05*ZS4 D + 1.05*ZS4 F + 1.50*ZS6C a + 1.05*ZS3 D d
------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### Basic data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská v

Partial safety factor $\gamma_M$ for Glued laminated timber	1,25
-------------------------------------------------------------	------

#### Material data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Bending (fm,k)	24,0	MPa
Tension (ft,0,k)	16,5	MPa
Tension (ft,90,k)	0,4	MPa
Compression (fc,0,k)	24,0	MPa
Compression (fc,90,k)	2,7	MPa
Shear (fv,k)	2,7	MPa
Type of timber	Glued laminated	

The critical check is on position **2,460 m**.

#### Internal forces

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská ver

NEd	253,78	kN
Vy,Ed	-0,65	kN
Vz,Ed	-0,98	kN
TEd	0,02	kNm
My,Ed	8,18	kNm
Mz,Ed	0,12	kNm

#### Modification factor

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*St

Service Class	3
Load duration	Short term
Modification factor kmod	0,70

...: SECTION CHECK ...:

#### Tension parallel to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.2 and formula (6.1)

$\sigma_{t,0,d}$	4,9	MPa
kh	1,09	
$f_{t,0,d}$	10,0	MPa
Unity check	0,49	-

#### Bending

According to EN 1995-1-1 article 6.1.6 and formula (6.11),(6.12)

$\sigma_{m,y,d}$	3,6	MPa
kh,y	1,09	
$f_{m,y,d}$	14,6	MPa
$\sigma_{m,z,d}$	0,1	MPa
kh,z	1,00	
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
km	0,70	

Unity check (6.11) =  $0,25 + 0,00 = 0,25$  -Unity check (6.12) =  $0,17 + 0,01 = 0,18$  -

**Shear** According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)

kcr	0,67	
$\tau_{y,d}$	0,0	MPa
$\tau_{z,d}$	0,0	MPa
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check $\tau_y$	0,02	-
Unity check $\tau_z$	0,03	-
Unity check Interaction	0,00	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

#### Torsion

According to EN 1995-1-1 article 6.1.8 and formula (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
kshape	1,20	
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check	0,00	-
Unity check Interaction Shear	0,01	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

#### Combined Bending and Axial Tension

According to EN 1995-1-1 article 6.2.3 and formula (6.17),(6.18)

$f_{t,0,d}$	10,0	MPa
$f_{m,y,d}$	14,6	MPa
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
km	0,70	

Unity check (6.17) =  $0,49 + 0,25 + 0,00 = 0,74$  -

Unity check (6.18) =  $0,49 + 0,17 + 0,01 = 0,67$  -

The member satisfies the section check.

...: **STABILITY CHECK** ...:

#### Beams subjected to bending or combined bending and compression

According to EN 1995-1-1 article 6.3.3 and formula (6.33),(6.35)

##### LTB Parameters

Elastic critical moment $M_{y,crit}$	517,71	kNm
Critical bending stress $\sigma_{m,crit}$	229,8	MPa
Relative slenderness $\lambda_{rel,m}$	0,32	-
Reduction factor $k_{crit}$	1,00	-

Unity check (6.33) =  $0,25$  -

My,crit Parameters		
G0,05	587,5	MPa
LTB length L	4,000	m
Lef/L	0,90	
Effective length Lef	3,600	m
Load position	normal	

The member satisfies the stability check.



## 11.7 Vnější vodorovné pruty (2. průřez)

Linear calculation, Extreme : Global

Selection : B347

Combinations : MSÚ

### EN 1995-1-1 Code Check

Beam B347	4,000 m	vnější vodorovné pruty 2 - OBDEL (140; 260)	GL24h	MSU	0,74 -
-----------	---------	---------------------------------------------	-------	-----	--------

#### Combination key

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

MSU / ZS1 + ZS2 + 1.05*ZS4 A + 1.05*ZS4 C + 1.05*ZS4 D + 1.50*ZS6C b + 1.05*ZS3 D d
-------------------------------------------------------------------------------------

#### Basic data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská ve

Partial safety factor $\gamma_M$ for Glued laminated timber	1,25
-------------------------------------------------------------	------

#### Material data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Bending (fm,k)	24,0	MPa
Tension (ft,0,k)	16,5	MPa
Tension (ft,90,k)	0,4	MPa
Compression (fc,0,k)	24,0	MPa
Compression (fc,90,k)	2,7	MPa
Shear (fv,k)	2,7	MPa
Type of timber	Glued laminated	

The critical check is on position **2,460 m**.

#### Internal forces

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská ve

NEd	-80,47	kN
Vy,Ed	-0,77	kN
Vz,Ed	-0,99	kN
TEd	0,00	kNm
My,Ed	7,67	kNm
Mz,Ed	0,63	kNm

#### Modification factor

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*St

Service Class	3
Load duration	Short term
Modification factor kmod	0,70

...: SECTION CHECK ...

#### Compression parallel to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.4 and formula (6.2)

$\sigma_{c,0,d}$	2,2	MPa
$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
Unity check	0,16	-

#### Bending

According to EN 1995-1-1 article 6.1.6 and formula (6.11),(6.12)

$\sigma_{m,y,d}$	4,9	MPa
kh,y	1,09	
$f_{m,y,d}$	14,6	MPa
$\sigma_{m,z,d}$	0,7	MPa
kh,z	1,00	
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
km	0,70	

Unity check (6.11) =  $0,33 + 0,04 = 0,37$  -

Unity check (6.12) =  $0,23 + 0,06 = 0,29$  -

#### Shear

According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)

kcr	0,67	
$\tau_{y,d}$	0,0	MPa
$\tau_{z,d}$	0,1	MPa
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check $\tau_y$	0,03	-
Unity check $\tau_z$	0,04	-
Unity check Interaction	0,00	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

#### Torsion

According to EN 1995-1-1 article 6.1.8 and formula (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
kshape	1,28	
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check	0,00	-
Unity check Interaction Shear	0,00	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

#### Combined Bending and Axial Compression

According to EN 1995-1-1 article 6.2.4 and formula (6.19),(6.20)

$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
$f_{m,y,d}$	14,6	MPa
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
km	0,70	

Unity check (6.19) =  $0,03 + 0,33 + 0,04 = 0,40$  -  
 Unity check (6.20) =  $0,03 + 0,23 + 0,06 = 0,32$  -

The member satisfies the section check.

...: **STABILITY CHECK** ...:

#### Columns subjected to compression or combined compression and bending

According to EN 1995-1-1 article 6.3.2 and formula (6.23),(6.24)

Buckling parameters	yy	zz	
Sway type	sway	non-sway	
System length L	4,000	4,000	m
Buckling factor k	1,00	1,00	
Buckling length Lcr	4,000	4,000	m
Slenderness $\lambda$	53,29	98,97	-
Relative slenderness $\lambda$	0,86	1,59	-
Limit slenderness	0,30	0,30	-
Imperfection $\beta_c$	0,10	0,10	-
Reduction factor kc	0,87	0,37	-

Unity check (6.23) =  $0,19 + 0,33 + 0,04 = 0,56$  -  
 Unity check (6.24) =  $0,45 + 0,23 + 0,06 = 0,74$  -

#### Beams subjected to bending or combined bending and compression

According to EN 1995-1-1 article 6.3.3 and formula (6.33),(6.35)

LTB Parameters		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze</i>		
Elastic critical moment $M_{y,crit}$	198,38	kNm
Critical bending stress $\sigma_{m,crit}$	125,8	MPa
Relative slenderness $\lambda_{rel,m}$	0,44	-
Reduction factor $k_{crit}$	1,00	-

Unity check (6.33) =  $0,33$  -

Unity check (6.35) =  $0,11 + 0,45 = 0,56$  -

My,crit Parameters		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze</i>		
G0,05	587,5	MPa
LTB length L	4,000	m
Lef/L	0,90	
Effective length Lef	3,600	m
Load position	normal	

The member satisfies the stability check.



## 11.8 Vnitřní vodorovné pruty

Linear calculation, Extreme : Global  
 Selection : B285  
 Combinations : MSÚ

### EN 1995-1-1 Code Check

Beam B285	1,691 m	vnitřní vodorovné pruty - OBDEL (100; 120)	GL24h	MSÚ	0,75 -
-----------	---------	--------------------------------------------	-------	-----	--------

#### Combination key

*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*	
MSÚ / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.05*ZS3 A a + 1.05*ZS4 D + 1.50*ZS5 A	

#### Basic data

*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská v	
Partial safety factor $\gamma_M$ for Glued laminated timber	1,25

#### Material data

*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*		
Bending (fm,k)	24,0	MPa
Tension (ft,0,k)	16,5	MPa
Tension (ft,90,k)	0,4	MPa
Compression (fc,0,k)	24,0	MPa
Compression (fc,90,k)	2,7	MPa
Shear (fv,k)	2,7	MPa
Type of timber	Glued laminated	

The critical check is on position **1,691 m**.

#### Internal forces

*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská v		
N <sub>Ed</sub>	0,36	kN
V <sub>y,Ed</sub>	0,00	kN
V <sub>z,Ed</sub>	-6,06	kN
T <sub>Ed</sub>	0,00	kNm
M <sub>y,Ed</sub>	0,00	kNm
M <sub>z,Ed</sub>	0,00	kNm

#### Modification factor

*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S	
Service Class	3
Load duration	Short term
Modification factor k <sub>mod</sub>	0,70

...: SECTION CHECK ...:

#### Tension parallel to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.2 and formula (6.1)

$\sigma_{t,0,d}$	0,0	MPa
kh	1,10	
ft,0,d	10,2	MPa
Unity check	0,00	-

#### Compression perpendicular to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.5 and formula (6.3)

F <sub>c,90,d</sub>	6,06	kN
l	100	mm
l <sub>ef</sub>	130	mm
b	100	mm
A <sub>ef</sub>	13000	mm <sup>2</sup>
$\sigma_{c,90,d}$	0,5	MPa
Support condition	Discrete	
h	120	mm
kc,90	1,75	-
fc,90,d	1,5	MPa
Unity check	0,18	-

#### Shear

According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)

k <sub>cr</sub>	0,67	
$\tau_{z,d}$	1,1	MPa
fv,d	1,5	MPa
Unity check $\tau_z$	0,75	-



### Torsion

According to EN 1995-1-1 article 6.1.8 and formula (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
kshape	1,18	
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check	0,00	-
Unity check Interaction Shear	0,56	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

The member satisfies the section check.

...: **STABILITY CHECK** :...

The member satisfies the stability check.



## 11.9 Nosníky plošin

Linear calculation, Extreme : Global  
Selection : B177  
Combinations : MSÚ

### EN 1995-1-1 Code Check

Beam B177	2,000 m	nosníky plošin - OBDEL (140; 260)	GL24h	MSÚ	0,73 -
-----------	---------	-----------------------------------	-------	-----	--------

#### Combination key

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*St

MSÚ / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4 A + 1.50*ZS4 D + 1.50*ZS4 F + 0.75*ZS5 A + 1.05*ZS3 D d
----------------------------------------------------------------------------------------------

#### Basic data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská v

Partial safety factor $\gamma_M$ for Glued laminated timber	1,25
-------------------------------------------------------------	------

#### Material data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Bending (fm,k)	24,0	MPa
Tension (ft,0,k)	16,5	MPa
Tension (ft,90,k)	0,4	MPa
Compression (fc,0,k)	24,0	MPa
Compression (fc,90,k)	2,7	MPa
Shear (fv,k)	2,7	MPa
Type of timber	Glued laminated	

The critical check is on position **2,000 m**.

#### Internal forces

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská ve

N <sub>Ed</sub>	-0,55	kN
V <sub>y,Ed</sub>	0,03	kN
V <sub>z,Ed</sub>	-17,97	kN
T <sub>Ed</sub>	0,00	kNm
M <sub>y,Ed</sub>	0,00	kNm
M <sub>z,Ed</sub>	0,00	kNm

#### Modification factor

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*St

Service Class	3
Load duration	Short term
Modification factor k <sub>mod</sub>	0,70

...: SECTION CHECK ...:

#### Compression parallel to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.4 and formula (6.2)

$\sigma_{c,0,d}$	0,0	MPa
$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
Unity check	0,00	-

#### Compression perpendicular to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.5 and formula (6.3)

$F_{c,90,d}$	17,97	kN
l	100	mm
l <sub>ef</sub>	130	mm
b	140	mm
A <sub>ef</sub>	18200	mm <sup>2</sup>
$\sigma_{c,90,d}$	1,0	MPa
Support condition	Discrete	
h	260	mm
k <sub>c,90</sub>	1,75	
$f_{c,90,d}$	1,5	MPa
Unity check	0,37	-

#### Shear

According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)

k <sub>cr</sub>	0,67	
$\tau_{y,d}$	0,0	MPa
$\tau_{z,d}$	1,1	MPa
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check $\tau_y$	0,00	-



Unity check $\tau_z$	0,73	-
Unity check Interaction	0,53	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

#### Torsion

According to EN 1995-1-1 article 6.1.8 and formula (6.14)

$t_{\text{tor,d}}$	0,0	MPa
$k_{\text{shape}}$	1,28	
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check	0,00	-
Unity check Interaction Shear	0,54	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

The member satisfies the section check.

...: **STABILITY CHECK** ...:

#### Columns subjected to compression or combined compression and bending

According to EN 1995-1-1 article 6.3.2 and formula (6.23),(6.24)

Buckling parameters	yy		zz
	sway	non-sway	
System length L	2,000	2,000	m
Buckling factor k	1,00	1,00	
Buckling length $L_{cr}$	2,000	2,000	m
Slenderness $\lambda$	26,65	49,49	-
Relative slenderness $\lambda$	0,43	0,80	-
Limit slenderness	0,30	0,30	-
Imperfection $\beta_c$	0,10	0,10	-
Reduction factor $k_c$	0,98	0,90	-

Unity check (6.23) =  $0,00 + 0,00 + 0,00 = 0,00$  -

Unity check (6.24) =  $0,00 + 0,00 + 0,00 = 0,00$  -

The member satisfies the stability check.

## 11.10 Nosníky podest

Linear calculation, Extreme : Global

Selection : B108

Combinations : MSÚ

### EN 1995-1-1 Code Check

Beam B108	1,691 m	nosníky podest - OBDEL (140; 260)	GL24h	MSÚ	0,74 -
-----------	---------	-----------------------------------	-------	-----	--------

#### Combination key

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

MSU / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS3 A b + 1.05*ZS4 B + 1.05*ZS4 C + 1.05*ZS4 D + 1.05*ZS4 E + 1.05*ZS4 F + 0.90*ZS6B a
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### Basic data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská v

Partial safety factor $\gamma_M$ for Glued laminated timber	1,25
-------------------------------------------------------------	------

#### Material data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Bending (fm,k)	24,0	MPa
Tension (ft,0,k)	16,5	MPa
Tension (ft,90,k)	0,4	MPa
Compression (fc,0,k)	24,0	MPa
Compression (fc,90,k)	2,7	MPa
Shear (fv,k)	2,7	MPa
Type of timber	Glued laminated	

The critical check is on position **0,000** m.

#### Internal forces

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská v

NEd	-4,28	kN
Vy,Ed	4,85	kN
Vz,Ed	18,26	kN
TEd	0,04	kNm
My,Ed	0,00	kNm
Mz,Ed	0,00	kNm

#### Modification factor

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*St

Service Class	3
Load duration	Short term
Modification factor kmod	0,70

### ...: SECTION CHECK ...

#### Compression parallel to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.4 and formula (6.2)

$\sigma_{c,0,d}$	0,1	MPa
$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
Unity check	0,01	-

#### Compression perpendicular to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.5 and formula (6.3)

Fc,90,d	18,26	kN
l	100	mm
lef	130	mm
b	140	mm
Aef	18200	mm <sup>2</sup>
$\sigma_{c,90,d}$	1,0	MPa
Support condition	Discrete	
h	260	mm
kc,90	1,00	
fc,90,d	1,5	MPa
Unity check	0,66	-

#### Shear

According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)



kcr	0,67	
$\tau_{y,d}$	0,3	MPa
$\tau_{z,d}$	1,1	MPa
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check $\tau_y$	0,20	-
Unity check $\tau_z$	0,74	-
Unity check Interaction	0,59	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

#### Torsion

According to EN 1995-1-1 article 6.1.8 and formula (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
kshape	1,28	
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check	0,02	-
Unity check Interaction Shear	0,61	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

The member satisfies the section check.

...: **STABILITY CHECK** ...:

#### Columns subjected to compression or combined compression and bending

According to EN 1995-1-1 article 6.3.2 and formula (6.23),(6.24)

Buckling parameters	yy	zz	
Sway type	sway	non-sway	
System length L	1,691	1,691	m
Buckling factor k	1,00	1,00	
Buckling length Lcr	1,691	1,691	m
Slenderness $\lambda$	22,52	41,83	-
Relative slenderness $\lambda$	0,36	0,67	-
Limit slenderness	0,30	0,30	-
Imperfection $\beta_c$	0,10	0,10	-
Reduction factor $k_c$	0,99	0,94	-

Unity check (6.23) =  $0,01 + 0,00 + 0,00 = 0,01$  -

Unity check (6.24) =  $0,01 + 0,00 + 0,00 = 0,01$  -

The member satisfies the stability check.



## 11.11 Nosníky schodnic

Linear calculation, Extreme : Global

Selection : B221

Combinations : MSÚ

### EN 1995-1-1 Code Check

Beam B221	1,691 m	nosníky schodnic - OBDEL (120; 160)	GL24h	MSÚ	0,63 -
-----------	---------	-------------------------------------	-------	-----	--------

#### Combination key

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*S

MSU / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.05*ZS3 A c + 1.05*ZS4 B + 1.05*ZS4 F + 1.50*ZS6B b
----------------------------------------------------------------------------------

#### Basic data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská v

Partial safety factor $\gamma_M$ for Glued laminated timber	1,25
-------------------------------------------------------------	------

#### Material data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Bending (fm,k)	24,0	MPa
Tension (ft,0,k)	16,5	MPa
Tension (ft,90,k)	0,4	MPa
Compression (fc,0,k)	24,0	MPa
Compression (fc,90,k)	2,7	MPa
Shear (fv,k)	2,7	MPa
Type of timber	Glued laminated	

The critical check is on position **0,000** m.

#### Internal forces

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská

NEd	6,29	kN
Vy,Ed	2,00	kN
Vz,Ed	8,20	kN
TEd	-0,01	kNm
My,Ed	0,00	kNm
Mz,Ed	0,00	kNm

#### Modification factor

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*St

Service Class	3
Load duration	Short term
Modification factor kmod	0,70

### ...: SECTION CHECK ...

#### Tension parallel to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.2 and formula (6.1)

$\sigma_{t,0,d}$	0,3	MPa
kh	1,10	
ft,0,d	10,2	MPa
Unity check	0,03	-

#### Compression perpendicular to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.5 and formula (6.3)

Fc,90,d	8,20	kN
l	100	mm
lef	130	mm
b	120	mm
Aef	15600	mm <sup>2</sup>
$\sigma_{c,90,d}$	0,5	MPa
Support condition	Discrete	
h	160	mm
kc,90	1,00	-
fc,90,d	1,5	MPa
Unity check	0,35	-

#### Shear

According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)



kcr	0,67	
$\tau_{y,d}$	0,2	MPa
$\tau_{z,d}$	1,0	MPa
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check $\tau_y$	0,15	-
Unity check $\tau_z$	0,63	-
Unity check Interaction	0,42	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

#### Torsion

According to EN 1995-1-1 article 6.1.8 and formula (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
kshape	1,20	
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check	0,01	-
Unity check Interaction Shear	0,43	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

The member satisfies the section check.

...: **STABILITY CHECK** ...

The member satisfies the stability check.





## 11.12 Nosník roštový

Linear calculation, Extreme : Global

Selection : B163

Combinations : MSÚ

### EN 1995-1-1 Code Check

Beam B163	2,845 m	nosníky roštové - OBDEL (120; 200)	GL24h	MSÚ	0,75 -
-----------	---------	------------------------------------	-------	-----	--------

#### Combination key

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*

MSU / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4 C + 1.50*ZS4 E + 0.75*ZS5 C + 1.05*ZS3 D b
---------------------------------------------------------------------------------

#### Basic data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská v

Partial safety factor $\gamma_M$ for Glued laminated timber	1,25
-------------------------------------------------------------	------

#### Material data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*

Bending (fm,k)	24,0	MPa
Tension (ft,0,k)	16,5	MPa
Tension (ft,90,k)	0,4	MPa
Compression (fc,0,k)	24,0	MPa
Compression (fc,90,k)	2,7	MPa
Shear (fv,k)	2,7	MPa
Type of timber	Glued laminated	

The critical check is on position **1,707 m**.

#### Internal forces

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská

NEd	0,26	kN
Vy,Ed	0,00	kN
Vz,Ed	-2,61	kN
TEd	0,01	kNm
My,Ed	8,84	kNm
Mz,Ed	0,00	kNm

#### Modification factor

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*St

Service Class	3
Load duration	Short term
Modification factor kmod	0,70

### ...: SECTION CHECK ...:

#### Tension parallel to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.2 and formula (6.1)

$\sigma_{t,0,d}$	0,0	MPa
kh	1,10	
$f_{t,0,d}$	10,2	MPa
Unity check	0,00	-

#### Bending

According to EN 1995-1-1 article 6.1.6 and formula (6.11),(6.12)

$\sigma_{m,y,d}$	11,1	MPa
kh,y	1,10	
$f_{m,y,d}$	14,8	MPa
km	0,70	

Unity check (6.11) =  $0,75 + 0,00 = 0,75$  -

Unity check (6.12) =  $0,52 + 0,00 = 0,52$  -

#### Shear

According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)

kcr	0,67	
-----	------	--



$\tau_{z,d}$	0,2	MPa
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check $\tau_z$	0,16	-

**Torsion**

According to EN 1995-1-1 article 6.1.8 and formula (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
kshape	1,25	
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check	0,00	-
Unity check Interaction Shear	0,03	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

**Combined Bending and Axial Tension**

According to EN 1995-1-1 article 6.2.3 and formula (6.17),(6.18)

$f_{t,0,d}$	10,2	MPa
$f_{m,y,d}$	14,8	MPa
km	0,70	

Unity check (6.17) =  $0,00 + 0,75 + 0,00 = 0,75$  -

Unity check (6.18) =  $0,00 + 0,52 + 0,00 = 0,52$  -

The member satisfies the section check.

...: **STABILITY CHECK** ...:

**Beams subjected to bending or combined bending and compression**

According to EN 1995-1-1 article 6.3.3 and formula (6.33),(6.35)

LTB Parameters			
<small>*Studentská verze<sup>1</sup></small>	<small>*Studentská verze<sup>1</sup></small>	<small>*Studentská verze<sup>1</sup></small>	<small>*Studentská verze<sup>1</sup></small>
Elastic critical moment $M_{y,crit}$	131,26	kNm	
Critical bending stress $\sigma_{m,crit}$	164,1	MPa	
Relative slenderness $\lambda_{rel,m}$	0,38	-	
Reduction factor $k_{crit}$	1,00	-	

Unity check (6.33) =  $0,75$  -

My,crit Parameters		
<small>*Studentská verze<sup>1</sup></small>	<small>*Studentská verze<sup>1</sup></small>	<small>*Studentská verze<sup>1</sup></small>
G0,05	587,5	MPa
LTB length L	2,845	m
Lef/L	0,90	
Effective length Lef	2,561	m
Load position	normal	

The member satisfies the stability check.

## 11.13 Krokev

Linear calculation, Extreme : Global  
 Selection : B376  
 Combinations : MSÚ

## EN 1995-1-1 Code Check

Beam B376	4,077 m	krokev - OBDEL (140; 200)	GL24h	MSÚ	0,79 -
-----------	---------	---------------------------	-------	-----	--------

## Combination key

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*  
 MSÚ / 1.35\*ZS1 + 1.35\*ZS2 + 1.05\*ZS3 A c + 1.50\*ZS5 B

## Basic data

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\*  
 Partial safety factor  $\gamma_M$  for Glued laminated timber 1,25

## Material data

*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*		
Bending (fm,k)	24,0	MPa
Tension (ft,0,k)	16,5	MPa
Tension (ft,90,k)	0,4	MPa
Compression (fc,0,k)	24,0	MPa
Compression (fc,90,k)	2,7	MPa
Shear (fv,k)	2,7	MPa
Type of timber	Glued laminated	

The critical check is on position 1,019 m.

## Internal forces

*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*		
NEd	-43,99	kN
Vy,Ed	-0,16	kN
Vz,Ed	6,64	kN
TEd	0,00	kNm
My,Ed	8,19	kNm
Mz,Ed	-0,16	kNm

## Modification factor

*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*	
Service Class	3
Load duration	Short term
Modification factor kmod	0,70

## ...: SECTION CHECK ...:

## Compression parallel to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.4 and formula (6.2)

$\sigma_{c,0,d}$	1,6	MPa
$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
Unity check	0,12	-

## Compression perpendicular to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.5 and formula (6.3)

$F_{c,90,d}$	8,22	kN
l	100	mm
l <sub>ef</sub>	160	mm
b	140	mm
A <sub>ef</sub>	22400	mm <sup>2</sup>
$\sigma_{c,90,d}$	0,4	MPa
Support condition	Discrete	
h	200	mm
kc,90	1,75	-
$f_{c,90,d}$	1,5	MPa
Unity check	0,14	-

## Bending

According to EN 1995-1-1 article 6.1.6 and formula (6.11),(6.12)

$\sigma_{m,y,d}$	8,8	MPa
kh,y	1,10	
$f_{m,y,d}$	14,8	MPa
$\sigma_{m,z,d}$	0,2	MPa
kh,z	1,00	
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
km	0,70	

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*St.

Unity check (6.11) =  $0,59 + 0,01 = 0,61$  -  
 Unity check (6.12) =  $0,42 + 0,02 = 0,43$  -

**Shear**

According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)

kcr	0,67	
$\tau_{y,d}$	0,0	MPa
$\tau_{z,d}$	0,5	MPa
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check $\tau_y$	0,01	-
Unity check $\tau_z$	0,35	-
Unity check Interaction	0,12	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

**Torsion**

According to EN 1995-1-1 article 6.1.8 and formula (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
kshape	1,21	
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check	0,00	-
Unity check Interaction Shear	0,12	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

**Combined Bending and Axial Compression**

According to EN 1995-1-1 article 6.2.4 and formula (6.19),(6.20)

$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
$f_{m,y,d}$	14,8	MPa
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
km	0,70	

Unity check (6.19) =  $0,01 + 0,59 + 0,01 = 0,62$  -  
 Unity check (6.20) =  $0,01 + 0,42 + 0,02 = 0,45$  -

The member satisfies the section check.

...: **STABILITY CHECK** ...

**Columns subjected to compression or combined compression and bending**

According to EN 1995-1-1 article 6.3.2 and formula (6.23),(6.24)

Buckling parameters	yy	zz	
	sway	non-sway	
Sway type			
System length L	4,077	4,077	m
Buckling factor k	1,00	1,00	
Buckling length Lcr	4,077	4,077	m
Slenderness $\lambda$	70,61	100,87	-
Relative slenderness $\lambda$	1,14	1,62	-
Limit slenderness	0,30	0,30	-
Imperfection $\beta_c$	0,10	0,10	-
Reduction factor kc	0,65	0,35	-

Unity check (6.23) =  $0,18 + 0,59 + 0,01 = 0,79$  -  
 Unity check (6.24) =  $0,33 + 0,42 + 0,02 = 0,77$  -

**Beams subjected to bending or combined bending and compression**

According to EN 1995-1-1 article 6.3.3 and formula (6.33),(6.35)

LTB Parameters		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
Elastic critical moment $M_{y,crit}$	124,82	kNm
Critical bending stress $\sigma_{m,crit}$	133,7	MPa
Relative slenderness $\lambda_{rel,m}$	0,42	-
Reduction factor $k_{crit}$	1,00	-

Unity check (6.33) =  $0,59$  -  
 Unity check (6.35) =  $0,35 + 0,33 = 0,68$  -

My,crit Parameters		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *S*</i>		
G0,05	587,5	MPa
LTB length L	4,077	m
Lef/L	1,00	
Effective length Lef	4,077	m
Load position	normal	

The member satisfies the stability check.



## 11.14 Vaznice

Linear calculation, Extreme : Global

Selection : B327

Combinations : MSÚ

### EN 1995-1-1 Code Check

Beam B327	4,000 m	vaznice - OBDEL (120; 180)	GL24h	MSÚ	0,74 -
-----------	---------	----------------------------	-------	-----	--------

#### Combination key

*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*	
MSU / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.05*ZS3 A a + 1.50*ZS6B a	

#### Basic data

*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská v	
Partial safety factor $\gamma_M$ for Glued laminated timber	1,25

#### Material data

*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*		
Bending (fm,k)	24,0	MPa
Tension (ft,0,k)	16,5	MPa
Tension (ft,90,k)	0,4	MPa
Compression (fc,0,k)	24,0	MPa
Compression (fc,90,k)	2,7	MPa
Shear (fv,k)	2,7	MPa
Type of timber	Glued laminated	

The critical check is on position **1,600 m**.

#### Internal forces

*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská v		
NEd	41,11	kN
Vy,Ed	0,01	kN
Vz,Ed	1,20	kN
TEd	0,00	kNm
My,Ed	5,31	kNm
Mz,Ed	0,01	kNm

#### Modification factor

*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *St	
Service Class	3
Load duration	Short term
Modification factor kmod	0,70

### ...: SECTION CHECK ...

#### Tension parallel to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.2 and formula (6.1)

$\sigma_{t,0,d}$	1,9	MPa
kh	1,10	
$f_{t,0,d}$	10,2	MPa
Unity check	0,19	-

#### Bending

According to EN 1995-1-1 article 6.1.6 and formula (6.11),(6.12)

$\sigma_{m,y,d}$	8,2	MPa
kh,y	1,10	
$f_{m,y,d}$	14,8	MPa
$\sigma_{m,z,d}$	0,0	MPa
kh,z	1,00	
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
km	0,70	

Unity check (6.11) =  $0,55 + 0,00 = 0,56$  -

Unity check (6.12) =  $0,39 + 0,00 = 0,39$  -



**Shear** According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)

kcr	0,67	
$\tau_{y,d}$	0,0	MPa
$\tau_{z,d}$	0,1	MPa
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check $\tau_y$	0,00	-
Unity check $\tau_z$	0,08	-
Unity check Interaction	0,01	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

#### Torsion

According to EN 1995-1-1 article 6.1.8 and formula (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
kshape	1,23	
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Unity check	0,00	-
Unity check Interaction Shear	0,01	-

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

#### Combined Bending and Axial Tension

According to EN 1995-1-1 article 6.2.3 and formula (6.17),(6.18)

$f_{t,0,d}$	10,2	MPa
$f_{m,y,d}$	14,8	MPa
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
km	0,70	

Unity check (6.17) = 0,19 + 0,55 + 0,00 = 0,74 -

Unity check (6.18) = 0,19 + 0,39 + 0,00 = 0,58 -

The member satisfies the section check.

...: **STABILITY CHECK** ...:

#### Beams subjected to bending or combined bending and compression

According to EN 1995-1-1 article 6.3.3 and formula (6.33),(6.35)

##### LTB Parameters

*\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská ver.*

Elastic critical moment $M_{y,crit}$	81,41	kNm
Critical bending stress $\sigma_{m,crit}$	125,6	MPa
Relative slenderness $\lambda_{rel,m}$	0,44	-
Reduction factor $k_{crit}$	1,00	-

Unity check (6.33) = 0,55 -

My,crit Parameters		
G0,05	587,5	MPa
LTB length L	4,000	m
Lef/L	0,90	
Effective length Lef	3,600	m
Load position	normal	

The member satisfies the stability check.

## 11.15 Středový sloup

Linear calculation, Extreme : Member  
 Selection : B1  
 Combinations : MSÚ

### EN 1993-1-1 Code Check

National annex: Česká CSN-EN NA

Member B1	28,500 m	RO298.5X8	S 235	MSÚ/11	0,38 -
-----------	----------	-----------	-------	--------	--------

Note: EN 1993-1-3 article 1.1(3) specifies that this part does not apply to cold formed CHS and RHS sections. The default EN 1993-1-1 code check is executed instead of the EN 1993-1-3 code check.

Partial safety factors	
Gamma M0 for resistance of cross-sections	1,00
Gamma M1 for resistance to instability	1,00
Gamma M2 for resistance of net sections	1,25

Material		
Yield strength $f_y$	235,0	MPa
Ultimate strength $f_u$	360,0	MPa
Fabrication	Cold formed	

...:SECTION CHECK:...

The critical check is on position 0.000 m

Internal forces	Calculated	Unit
N,Ed	-321,94	kN
Vy,Ed	-3,33	kN
Vz,Ed	-20,28	kN
T,Ed	0,00	kNm
My,Ed	28,46	kNm
Mz,Ed	-1,32	kNm

### Classification for cross-section design

According to EN 1993-1-1 article 5.5.2

### Classification for Tubular Sections

According to EN 1993-1-1 Table 5.2 Sheet 3

Maximum width-to-thickness ratio	37,31
Class 1 Limit	50,00
Class 2 Limit	70,00
Class 3 Limit	90,00

=> Section classified as Class 1 for cross-section design

### Compression check

According to EN 1993-1-1 article 6.2.4 and formula (6.9)

A	7,3000e-03	m <sup>2</sup>
Nc,Rd	1715,50	kN
Unity check	0,19	-

### Bending moment check for My

According to EN 1993-1-1 article 6.2.5 and formula (6.12),(6.13)

Wpl,y	6,7512e-04	m <sup>3</sup>
Mpl,y,Rd	158,65	kNm
Unity check	0,18	-

### Bending moment check for Mz

According to EN 1993-1-1 article 6.2.5 and formula (6.12),(6.13)

Wpl,z	6,7512e-04	m <sup>3</sup>
Mpl,z,Rd	158,65	kNm
Unity check	0,01	-

### Shear check for Vy

According to EN 1993-1-1 article 6.2.6 and formula (6.17)

Eta	1,20	
Av	4,6473e-03	m <sup>2</sup>
Vpl,y,Rd	630,54	kN
Unity check	0,01	-

### Shear check for Vz

According to EN 1993-1-1 article 6.2.6 and formula (6.17)

Eta	1,20	
Av	4,6473e-03	m <sup>2</sup>

\*Studentská verze\* \*Studentská verze\* \*Studentská ver.





Vpl,z,Rd	630,54	kN
Unity check	0,03	-

**Combined bending, axial force and shear force check**

According to EN 1993-1-1 article 6.2.9.1 and formula (6.31)

M,resultant	28,49	kNm
V,resultant	20,55	kN
MN,Rd	149,42	kNm
Unity check	0,19	-

**Note:** The resultant internal forces are used for CHS sections.**Note:** Since the shear forces are less than half the plastic shear resistances their effect on the moment resistances is neglected.

The member satisfies the section check.

...:STABILITY CHECK:...

**Classification for member buckling design**

Decisive position for stability classification: 0,00 m

**Classification for Tubular Sections**

According to EN 1993-1-1 Table 5.2 Sheet 3

Maximum width-to-thickness ratio	37,31
Class 1 Limit	50,00
Class 2 Limit	70,00
Class 3 Limit	90,00

=&gt; Section classified as Class 1 for member buckling design

**Flexural Buckling Check**

According to article EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. and formula (6.46)

Buckling parameters	yy	zz	
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>			
Sway type	sway	non-sway	
System Length L	28.500	28.500	m
Buckling factor k	0.13	0.13	
Buckling length Lcr	3.563	3.563	m
Critical Euler load Ncr	12587.83	12587.83	kN
Slenderness	34.67	34.67	
Relative slenderness Lambda	0.37	0.37	
Limit slenderness Lambda,0	0.20	0.20	

The slenderness or compression force is such that Flexural Buckling effects may be ignored according to EN 1993-1-1 article 6.3.1.2(4)

**Lateral Torsional Buckling Check****Note:** The cross-section concerns a CHS section which is not susceptible to Lateral Torsional Buckling.**Compression and bending check**

According to article EN 1993-1-1 : 6.3.3. and formula (6.61), (6.62)

Interaction Method 2

Table of values		
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>		
kyy	0.929	
kyz	0.531	
kzy	0.557	
kzz	0.885	
Delta My	0,00	kNm
Delta Mz	0,00	kNm
A	7.3000e-03	m <sup>2</sup>
Wy	6.7512e-04	m <sup>3</sup>
Wz	6.7512e-04	m <sup>3</sup>
NRk	1715.50	kN
My,Rk	158.65	kNm
Mz,Rk	158.65	kNm
My,Ed	28.46	kNm
Mz,Ed	-6.73	kNm
Interaction Method 2		
Psi y	0.002	
Psi z	0.010	
Cmy	0.900	
Cmz	0.863	
CmLT	0.601	

$$\text{Unity check (6.61)} = 0.19 + 0.17 + 0.02 = 0.38$$

$$\text{Unity check (6.62)} = 0.19 + 0.10 + 0.04 = 0.33$$

The member satisfies the stability check.





## 12 SEZNAM OBRÁZKŮ

obr. 1: Pohled na vyhlídkovou věž .....	8
obr. 2: Půdorys vyhlídkové věže .....	9
obr. 3: Axonometrické zobrazení vyhlídkové věže .....	9
obr. 4: Konstrukční systém vyhlídkové věže .....	10
obr. 6: Ocelová síť .....	14
obr. 5: Ocelová síť .....	14
obr. 8: Zatížení střešní roviny.....	15
obr. 9: Zatížení schodiště.....	15
obr. 7: Zatížení vyhlídkových plošin a podest.....	15
obr. 10: Zatížení na podestách .....	16
obr. 11: Zatížení na schodnicích .....	16
obr. 12: Zatížení vertikální směr + ve směru osy x.....	17
obr. 13: Zatížení vertikální směr + ve směru osy y .....	18
obr. 14: Zatížení vertikální směr + ve směru osy x + ve směru osy y .....	19
obr. 15: Zatížení na podestách .....	20
obr. 16: Zatížení na schodnicích .....	20
obr. 17: Zatížení vertikální směr + ve směru osy x.....	21
obr. 18: Zatížení vertikální směr + ve směru osy y .....	22
obr. 19: Zatížení vertikální směr + ve směru osy x + ve směru osy y .....	23
obr. 20: Zatížení na podestách .....	24
obr. 21: Zatížení na schodnicích .....	24
obr. 22: Zatížení vertikální směr + ve směru osy x.....	25
obr. 23: Zatížení vertikální směr + ve směru osy y .....	26
obr. 24: Zatížení vertikální směr + ve směru osy x + ve směru osy y .....	27
obr. 25: Zatížení na podestách .....	28
obr. 26: Zatížení na schodnicích .....	28



obr. 27: Zatížení vertikální směr + ve směru osy x .....	29
obr. 28: Zatížení vertikální směr + ve směru osy y .....	30
obr. 29: Zatížení vertikální směr + ve směru osy x + ve směru osy y .....	31
obr. 30: Zatížení na podestách .....	32
obr. 31: Zatížení na schodnicích .....	32
obr. 32: Zatížení vertikální směr + ve směru osy x .....	33
obr. 33: Zatížení vertikální směr + ve směru osy y .....	34
obr. 34: Zatížení vertikální směr + ve směru osy x + ve směru osy y .....	35
obr. 35: Vyhlídkové plošiny .....	36
obr. 36: Šach 1 .....	37
obr. 37: Šach 2 .....	37
obr. 38: Šach 3 .....	38
obr. 39: Šach 4 .....	38
obr. 40: Šach 5 .....	39
obr. 41: Šach 6 .....	39
obr. 42: Charakteristická hodnota zatížení sněhem .....	40
obr. 44: Sníh poloviční ve směru osy X .....	41
obr. 43: Sníh plný .....	41
obr. 45: Sníh poloviční ve směru osy Y .....	41
obr. 46: Rozdělení konstrukce na výšková pásma .....	42
obr. 47: Oblasti větru na přístřešek .....	53
obr. 48: Zatížení větrem na přístřešek .....	55
obr. 49: Zatížení větrem na konstrukci .....	55
obr. 50: Zatížení větrem na přístřešek .....	56
obr. 51: Zatížení větrem na konstrukci .....	56
obr. 52: Zatížení větrem na přístřešek .....	57
obr. 53: Zatížení větrem na konstrukci .....	57
obr. 54: Zatížení větrem na přístřešek .....	58



obr. 55: Zatížení větrem na konstrukci .....	58
obr. 56: Zatížení větrem na přístřešek .....	59
obr. 57: Zatížení větrem na konstrukci .....	59
obr. 58: Zatížení větrem na přístřešek .....	60
obr. 59: Zatížení větrem na konstrukci .....	60
obr. 60: Zatížení větrem na přístřešek .....	61
obr. 61: Zatížení větrem na konstrukci .....	61
obr. 62: Zatížení větrem na přístřešek .....	62
obr. 63: Zatížení větrem na konstrukci .....	62
obr. 64: Hmota 2 .....	66
obr. 65: První vlastní tvar kmitání.....	67
obr. 66: Posudek všech prvků konstrukce.....	68
obr. 67: Poloha prvku, průřezové charakteristiky.....	69
obr. 68: Poloha prvku, průřezové charakteristiky.....	74
obr. 69: Poloha prvku, průřezové charakteristiky.....	79
obr. 70: Poloha prvku, průřezové charakteristiky.....	84
obr. 71: Poloha prvku, průřezové charakteristiky.....	89
obr. 72: Poloha prvku, průřezové charakteristiky.....	94
obr. 73: Poloha prvku, průřezové charakteristiky.....	98
obr. 74: Poloha prvku, průřezové charakteristiky.....	103
obr. 75: Poloha prvku, průřezové charakteristiky.....	105
obr. 76: Poloha prvku, průřezové charakteristiky.....	107
obr. 77: Poloha prvku, průřezové charakteristiky.....	109
obr. 78: Poloha prvku, průřezové charakteristiky.....	112
obr. 79: Poloha prvku, průřezové charakteristiky.....	116
obr. 80: Poloha prvku, průřezové charakteristiky.....	121
obr. 81: Poloha prvku, průřezové charakteristiky.....	125
obr. 82: Poloha prvku, charakteristiky táhla.....	129



obr. 83: Přípoj krokve na středový sloup .....	131
obr. 84: Přípoj vaznice na krokev .....	136
obr. 85: Přípoj nosníku podest na vnitřní sloup .....	139
obr. 86: Přípoj nosníku plošin na vodorovné vnější pruty .....	145
obr. 87: Třmen BV/T,P,L, fa. BOVA Březnice, spol. s r.o. ....	145
obr. 88: Styčnick vnějších prutů .....	148
obr. 89: Styčnick vnějších prutů .....	155
obr. 90: Styčnick vnějších prutů .....	161
obr. 91: Styčnick vnějších prutů .....	168
obr. 92: Montážní spoj středového sloupu.....	174
obr. 93: Kotvení středového sloupu.....	175
obr. 94: Spojení vnitřního sloupu s kotvením .....	177
obr. 95: Kotvení vnitřních sloupů.....	181
obr. 96: Výslednice akcí na čep .....	181
obr. 97: Posuzovaný svar .....	184
obr. 98: Posuzovaný svar .....	185
obr. 99: Kotvení vnějších prutů .....	190
obr. 100: Výslednice akcí na čep .....	191
obr. 101: Posuzovaný svar .....	193
obr. 102: Posuzovaný svar .....	195
obr. 103: Posuzovaný svar .....	196
obr. 104: Přípoj táhla ke kotvení .....	199
obr. 105: Globální posunutí vyhlídkové věže.....	201
obr. 106: Globální posunutí vyhlídkové věže - pohledy .....	202



## 13 SEZNAM TABULEK

tab. 1: Charakteristiky LLD GL24h .....	11
tab. 2: Charakteristiky oceli S235.....	12
tab. 3: Charakteristiky oceli S355.....	12
tab. 4: Charakteristiky oceli 4.8 .....	13
tab. 5: Charakteristiky oceli 5.8 .....	13
tab. 6: Charakteristiky oceli 8.8 .....	13
tab. 7: Skladba střešního pláště.....	15
tab. 8: Zatížení větrem na výšková pásma.....	44
tab. 9: Zatížení větrem na středový sloup .....	50
tab. 10: Zatížení větrem na vnitřní sloup – vítr na kratší stranu .....	50
tab. 11: Zatížení větrem na vnitřní sloup – vítr na delší stranu .....	51
tab. 12: Zatížení větrem na svislé pruty – vítr na kratší stranu .....	51
tab. 13: Zatížení větrem na svislé pruty – vítr na delší stranu.....	51
tab. 14: Zatížení větrem na vodorovné pruty.....	52
tab. 15: Zatížení větrem na vodorovné pruty.....	52
tab. 16: Zatížení větrem na zbývající prvky .....	52
tab. 17: Zatížení větrem na přístřešek – tlak .....	53
tab. 18: Zatížení větrem na přístřešek – sání .....	54
tab. 19: Skupiny zatěžovacích stavů .....	63
tab. 20: Klíč kombinací.....	65



## 14 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

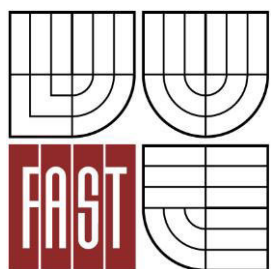
LLD – lepené lamelové dřevo

MSÚ – mezní stav únosnosti

MSP – mezní stav použitelnosti



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## VYHLÍDKOVÁ VĚŽ V ZÁPADNÍCH JESENÍKÁCH THE VIEWING TOWER IN WESTERN JESENÍKY

### VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

BC. DENISA NOSKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2015

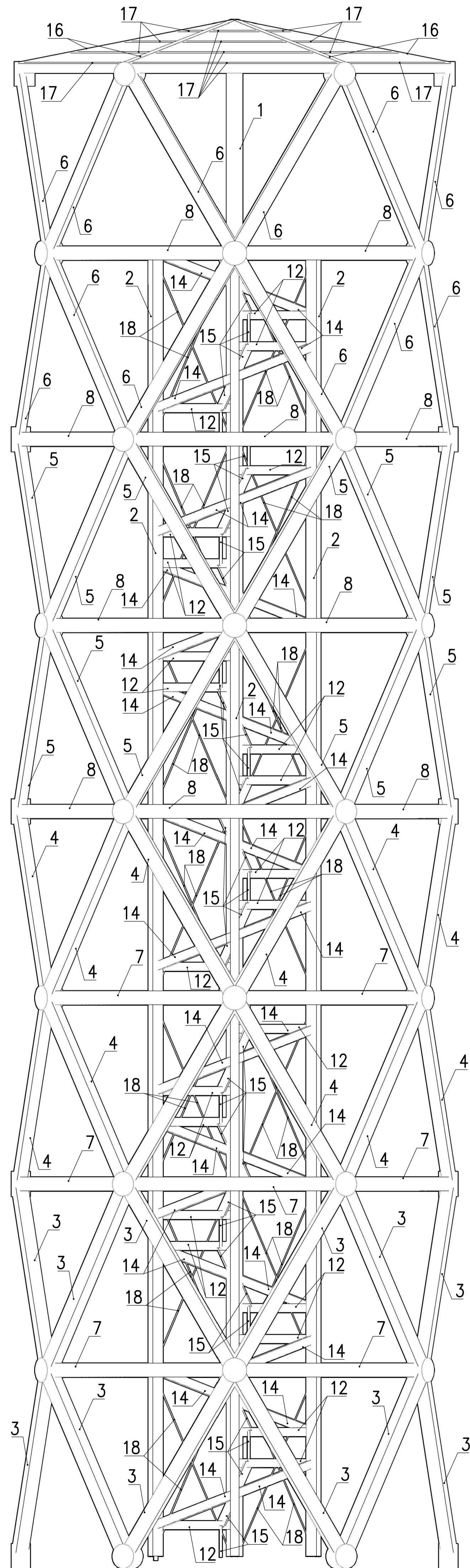


## Seznam výkresů

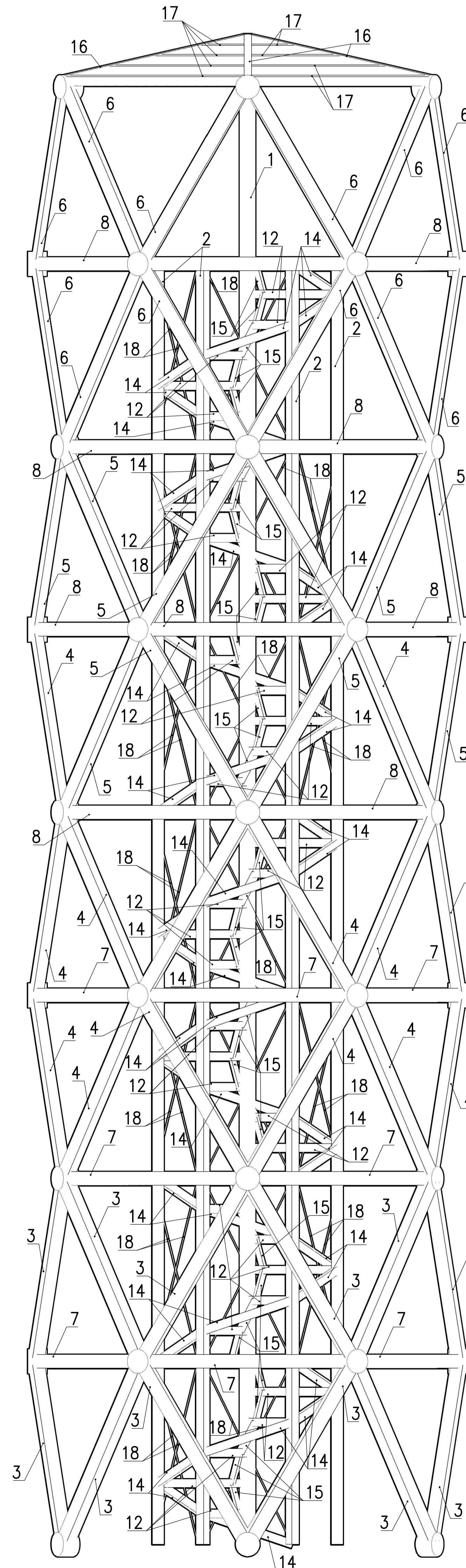
VÝKRES Č. 1	POHLEDY	M1:100; 1:50
VÝKRES Č. 2	PŮDORYSY	M1:100; 1:50
VÝKRES Č. 3	ŘEZY	M1:100; 1:50
VÝKRES Č. 4	DETAILY	M1:10; 1:5
VÝKRES Č. 5	KOTVENÍ	M1:50; 1:10

# POHLEDY

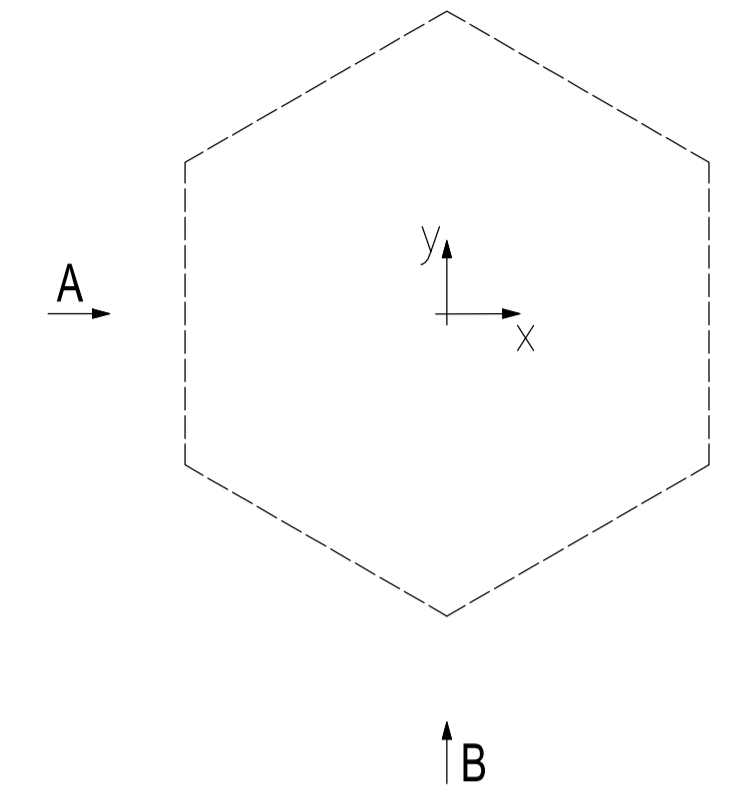
POHLED A  
VE SMĚRU OSY X  
M 1:50



POHLED B  
VE SMĚRU OSY Y  
M 1:50



GLOBALNÍ SYSTÉM  
M 1:100



SEZNAM POLOŽEK				
Položka	Počet kusů	Název	Průřez, délka	Materiál
1	1	středový sloup	Ø 298,5x8 - 28500	S235
2	6	vnitřní sloupy	160x220 - 24250	GL24h
3	24	vnější pruty ve svislé rovině (1. průřez)	240x260 - 4035	GL24h
4	24	vnější pruty ve svislé rovině (2. průřez)	200x260 - 4035	GL24h
5	24	vnější pruty ve svislé rovině (3. průřez)	160x260 - 4035	GL24h
6	24	vnější pruty ve svislé rovině (4. průřez)	120x260 - 4035	GL24h
7	18	vnější vodorovné pruty (1. průřez)	200x160 - 4000	GL24h
8	24	vnější vodorovné pruty (2. průřez)	140x260 - 4000	GL24h
9	42	vnitřní vodorovné pruty	100x120 - 1690	GL24h
10	42	nosníky plošin	140x260 - 2000	GL24h
11	21	nosníky podest	140x260 - 1690	GL24h
12	35	nosníky schodnic	120x160 - 1690	GL24h
13	26	nosník roštový	120x200 - 2845	GL24h
14	42	schodnice vnější	70x160 - 1786	C24
15	42	schodnice vnitřní	50x160 - 650	C24
16	6	krokev	140x200 - 4077	GL24h
17	24	vaznice	120x180 - 4000	GL24h
18	56	ztužidla	Ø 10 - 3855	S460

## POZNÁMKY:

- VELIKOST KOUTOVÝCH SVARŮ JE UDÁNA JMENOVITOU TLOUŠTKOU "a".
- ZNAČENÍ SVARŮ JE PŘEVEDENO DLE ČSN EN 22553.
- VŠECHNY ŠROUBOVÉ SPOJE BUDOU ZAJIŠTĚNY PROTI ODCIZENÍ.
- DETAILY, KTERÉ NEJSOU OVĚŘENY VE STATICKÉM VÝPOČTU, JSOU NAVRŽENY POUZE ODHADEM.

OCEĽ: S235, S460  
SPOJOVACÍ MATERIÁL: METRICKÉ ŠROUBY (8.8)  
POVRCHOVÁ ÚPRAVA OCEĽI: ŽÁROVÉ ZINKOVÁNÍ

DŘEVO: GL24h, C24  
SPOJOVACÍ MATERIÁL: KOLÍKY (5.8, 8.8), PŘESNÉ SVORNÍKY (5.8, 8.8), KONVEXNÍ HŘEBÍKY ( $f_u > 600\text{MPa}$ ),  
VRUTY SE ŠESTIHRANNOU HLAVOU (4.8)  
POVRCHOVÁ ÚPRAVA DŘEVA: OCHRANNÝ NÁTĚR

VYPRACOVAL	Bc. DENISA NOSKOVÁ	
VEDOUCÍ PRÁCE	Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.	
MÍSTO STAVBY	ZÁPADNÍ JESENÍKY, KRAJ PARDUBICKÝ	
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ VYHLÍDKOVÁ VĚŽ V ZÁPADNÍCH JESENÍKÁCH DIPLOMOVÁ PRÁCE		
DATUM	1/2015	FORMÁT 10x4 MĚŘÍTKO 1:100, 1:50 ČÍS. PŘÍLOHY ČÍS. VÝKRESU
FORMÁT	10x4	
MĚŘÍTKO	1:100, 1:50	5
ČÍS. PŘÍLOHY	1	1

POHLEDY

5 1

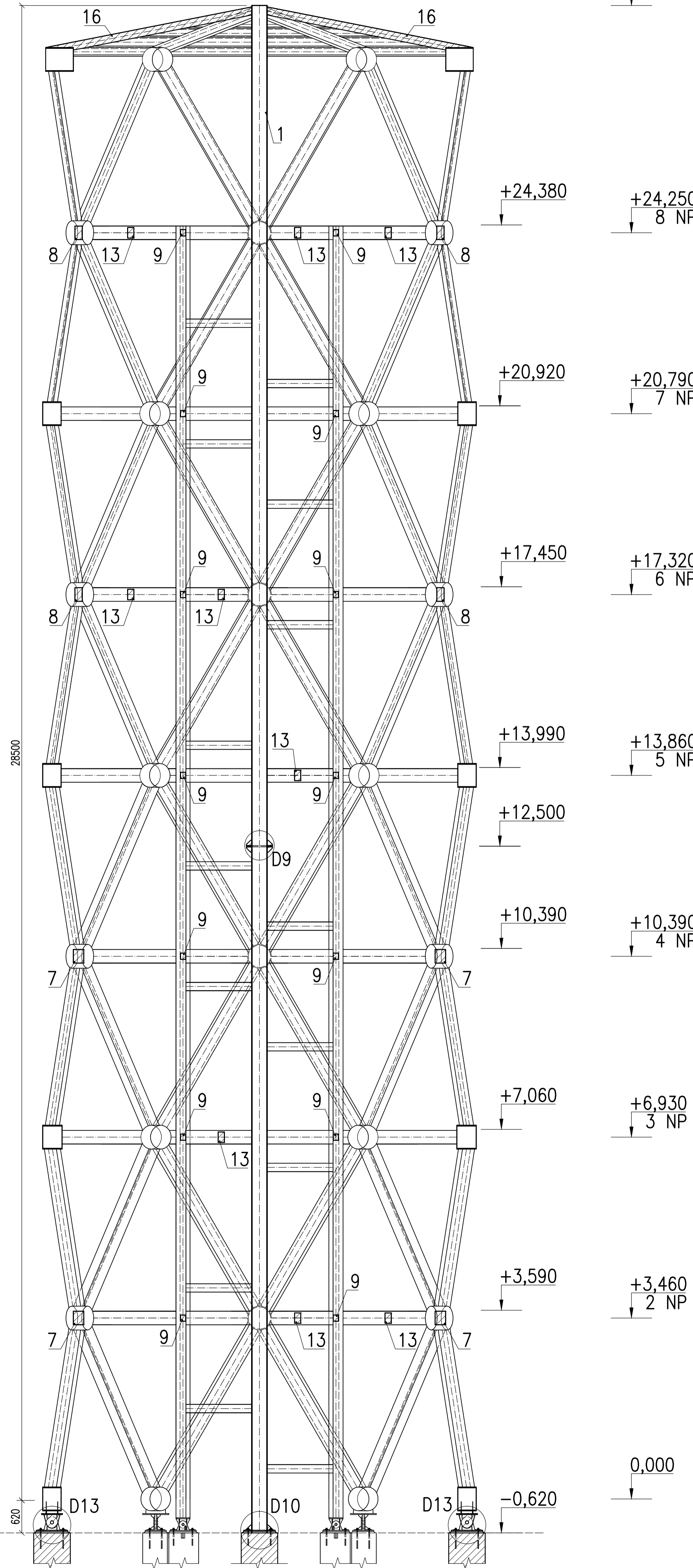




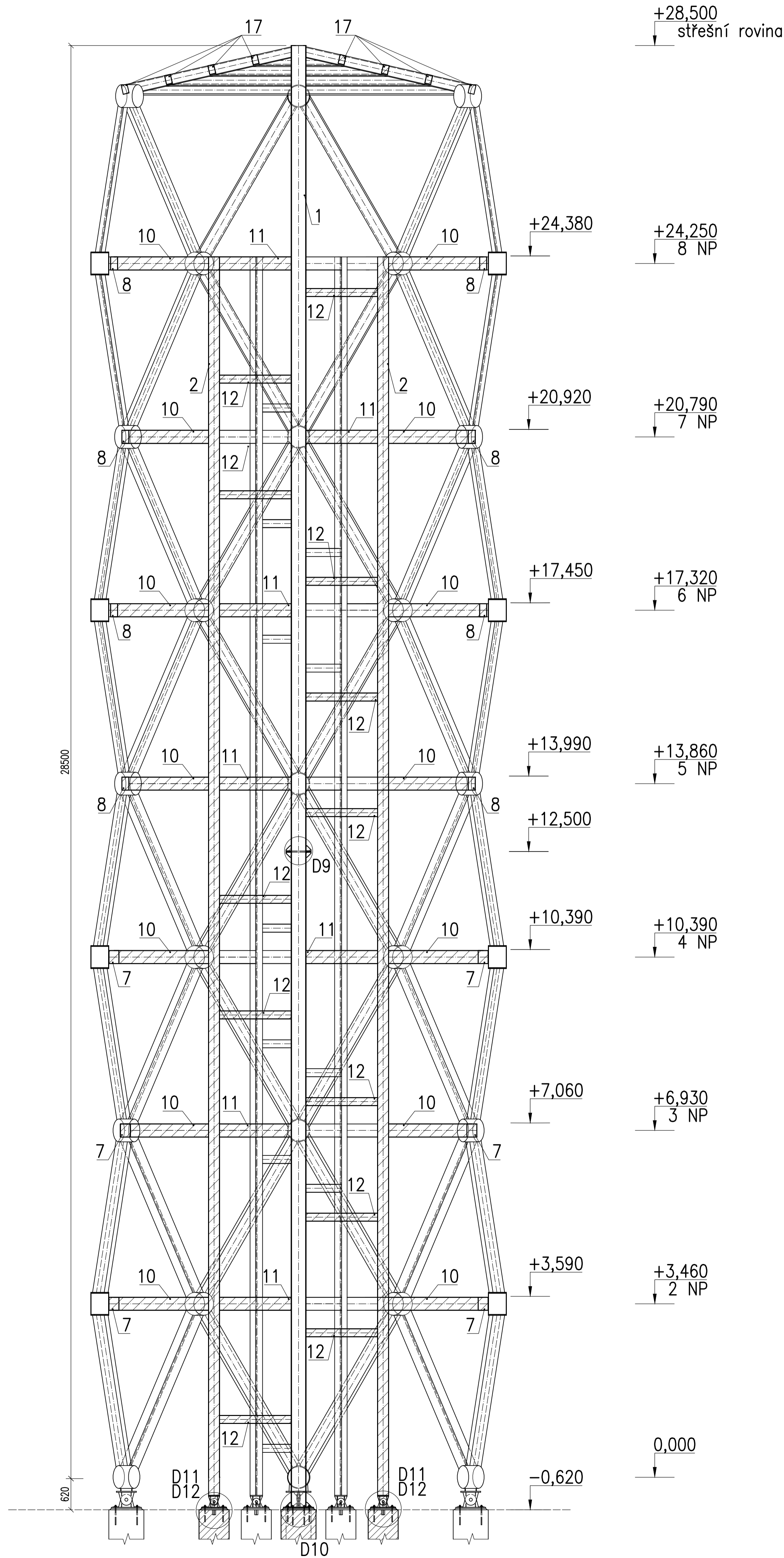


# ŘEZY

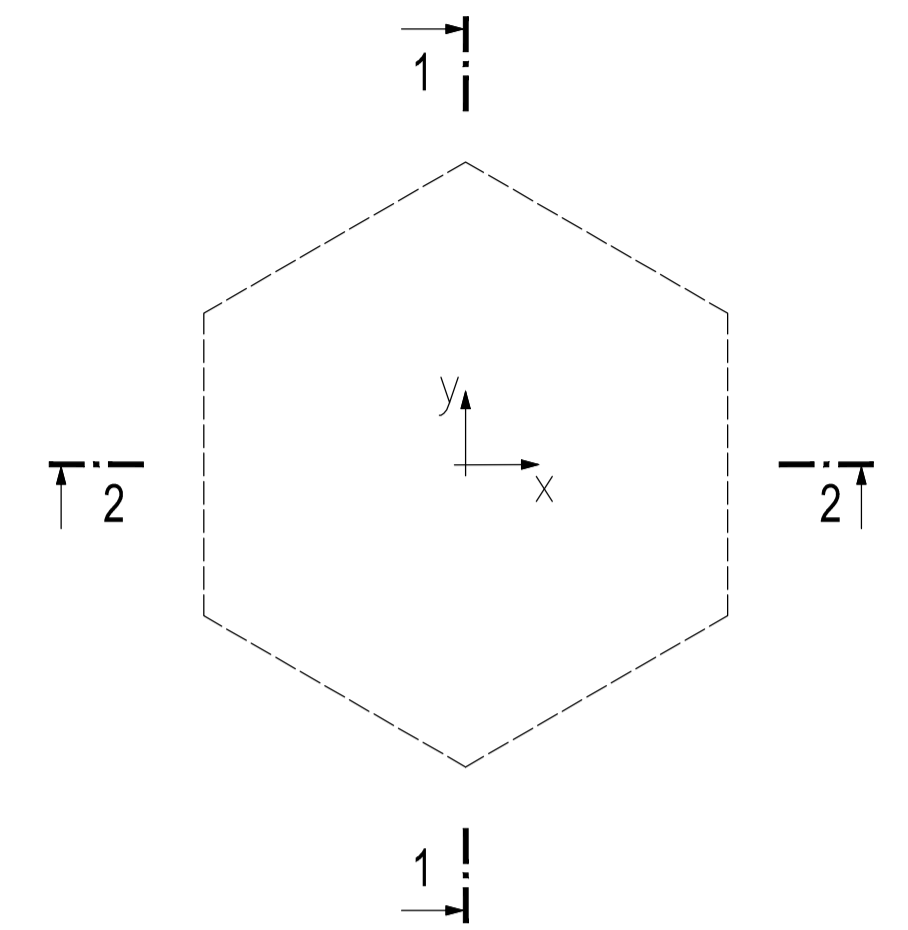
ŘEZ 1 - 1  
M 1:50



ŘEZ 2 - 2  
M 1:50



GLOBALNÍ SYSTÉM  
M 1:100



SEZNAM POLOŽEK				
Položka	Počet kusů	Název	Průřez, délka	Materiál
1	1	středový sloup	Ø 298,5x8 - 28500	S235
2	6	vnitřní sloupy	160x220 - 24250	GL24h
3	24	vnější pruhy ve svislé rovině (1. průřez)	240x260 - 4035	GL24h
4	24	vnější pruhy ve svislé rovině (2. průřez)	200x260 - 4035	GL24h
5	24	vnější pruhy ve svislé rovině (3. průřez)	160x260 - 4035	GL24h
6	24	vnější pruhy ve svislé rovině (4. průřez)	120x260 - 4035	GL24h
7	18	vnější vodorovné pruhy (1. průřez)	200x160 - 4000	GL24h
8	24	vnější vodorovné pruhy (2. průřez)	140x260 - 4000	GL24h
9	42	vnitřní vodorovné pruhy	100x120 - 1690	GL24h
10	42	nosníky plošin	140x260 - 2000	GL24h
11	21	nosníky podest	140x260 - 1690	GL24h
12	35	nosníky schodnic	120x160 - 1690	GL24h
13	26	nosník roštový	120x200 - 2845	GL24h
14	42	schodnice vnější	70x160 - 1786	C24
15	42	schodnice vnitřní	50x160 - 650	C24
16	6	krokev	140x200 - 4077	GL24h
17	24	vaznice	120x180 - 4000	GL24h
18	56	ztužidla	Ø 10 - 3855	S460

## POZNÁMKY:

- VELIKOST KOUTOVÝCH SVARŮ JE UDÁNA JMENOVITOU TLOUŠTKOU "a".
- ZNAČENÍ SVARŮ JE PROVEDENO DLE ČSN EN 22553.
- VŠECHNY ŠROUBOVÉ SPOJE BUDOU ZAJIŠTĚNY PROTI ODCIZENÍ.
- DETAILY, KTERÉ NEJSOU OVĚŘENY VE STATICKÉM VÝPOČTU, JSOU NAVRŽENY POUZE ODHADEM.
- DETAIL 9 viz VÝKRES Č. 4
- DETAILY 10 - 13 viz VÝKRES Č. 5

OCEL: S235, S355  
SPOJOVACÍ MATERIÁL: ZVÁŘOVÉ TYČE (5.8, 8.8), SPOJOVACÍ MATERIÁL: METRICKÉ ŠROUBY (8.8)  
POVRCHOVÁ ÚPRAVA OCELI: ŽÁROVÉ ZINKOVÁNÍ

DŘEVO: GL24h  
SPOJOVACÍ MATERIÁL: KOLÍKY (5.8, 8.8), PŘESNÉ SVORNÍKY (5.8, 8.8)  
POVRCHOVÁ ÚPRAVA DŘEVA: OCHRANNÝ NATĚR

BETON: C20/25

VYPRACOVAL	Bc. DENISA NOSKOVÁ	VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ	
VEDOUČÍ PRÁCE	Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.		
MÍSTO STAVBY	ZÁPADNÍ JESENÍKY, KRAJ PARDUBICKÝ	FABRIKA STAVĚNÍ Odbor Technologie a inženýringu Václav 32166, 602 00 Brno	
ÚSTAV KOVŮVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ			
VYHLÍDKOVÁ VĚŽ V ZÁPADNÍCH JESENÍKÁCH		DATUM	1/2015
DIPLOMOVÁ PRÁCE		FORMAT	15x44
		MĚRÍTKO	1:100, 1:50
		ČÍS. PŘÍLOHY	ČÍS. VÝKRESU
			5
			3

ŘEZY

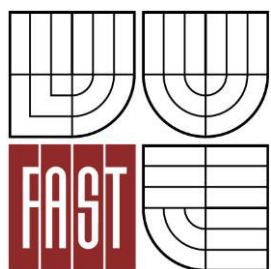








VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## VYHLÍDKOVÁ VĚŽ V ZÁPADNÍCH JESENÍKÁCH THE VIEWING TOWER IN WESTERN JESENÍKY

### PŘIBLIŽNÝ VÝKAZ VÝMĚR

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

BC. DENISA NOSKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2015





---

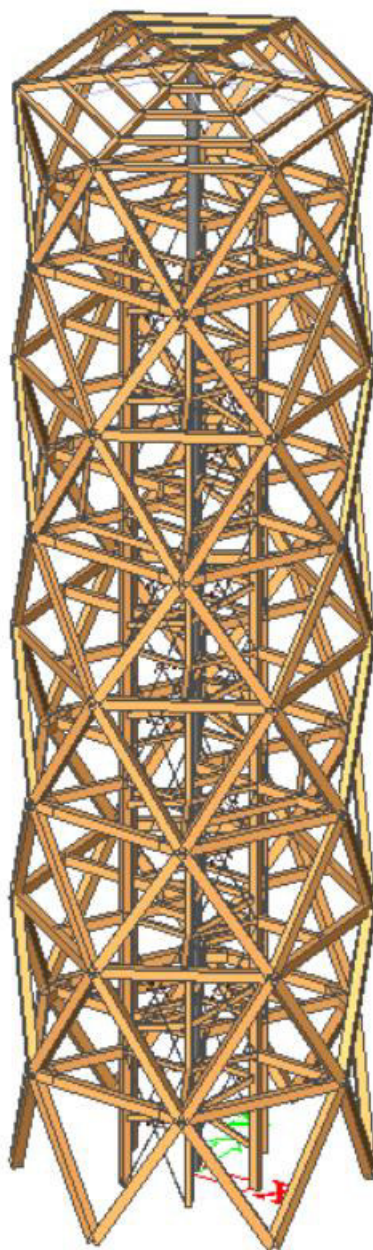
## OBSAH

1	Prvky konstrukce.....	3
2	Přibližný výkaz výměr.....	5
3	Seznam obrázků.....	6
4	Seznam tabulek.....	7



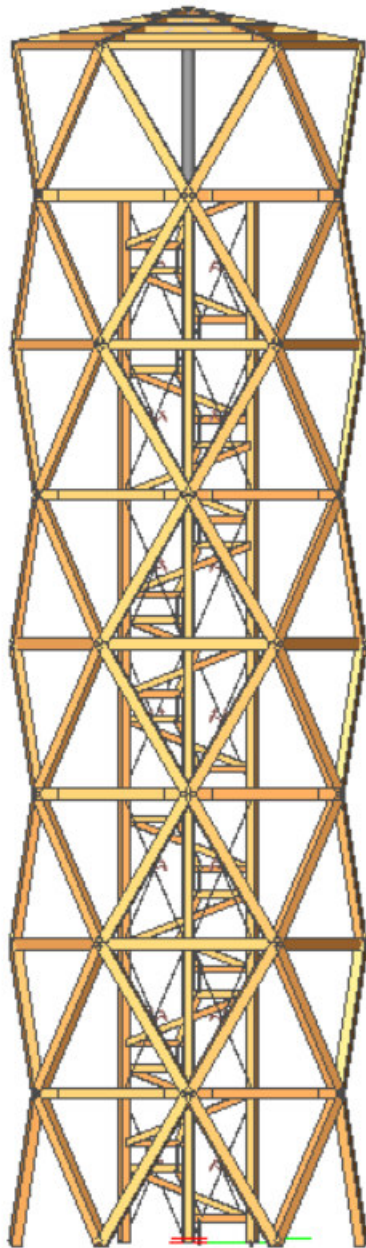
## 1 PRVKY KONSTRUKCE

- oranžová barva – dřevěné prvky
- šedá barva – ocelové prvky

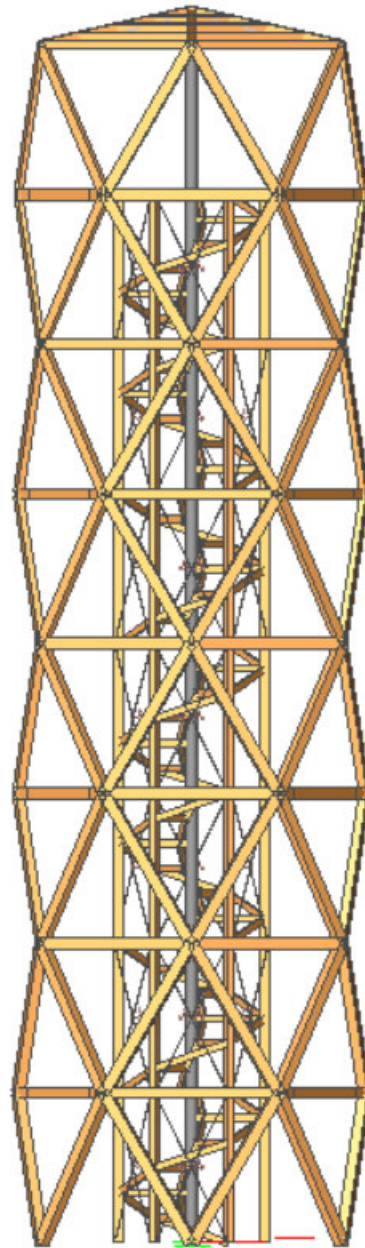


obr. 1: Ocelové a dřevěné prvky konstrukce

pohled ve směru osy x:



pohled ve směru osy y:



obr. 2: Pohled na konstrukci

## 2 PŘIBLIŽNÝ VÝKAZ VÝMĚR

Name	Mass [kg]	Surface [mm <sup>2</sup> ]	Volume [m <sup>3</sup> ]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>			
Total results :	17679,6	934883582,279	4,2186e+01

CSS	Material	Unit mass [kg/m]	Length [mm]	Mass [kg]	Surface [mm <sup>2</sup> ]	Unit volume mass [kg/m <sup>3</sup> ]	Volume [m <sup>3</sup> ]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>							
středový sloup - RO298.5X8	S 235	57,3	28500,000	1633,2	26704500,198	7850,0	2,0805e-01
vnitřní sloupky - OBDEL (160; 220)	GL24h	13,4	145492,264	1946,1	110574111,938	380,0	5,1213e+00
vnější pruty ve svislé rovině 1 - OBDEL (240; 260)	GL24h	23,7	96857,727	2296,7	96857727,051	380,0	6,0439e+00
nosníky plošin - OBDEL (140; 260)	GL24h	13,8	79922,989	1105,5	63938388,824	380,0	2,9092e+00
nosníky schodnic - OBDEL (120; 160)	GL24h	7,3	59171,021	431,7	33135753,632	380,0	1,1361e+00
nosníky roštové - OBDEL (120; 200)	GL24h	9,1	45977,802	419,3	29425788,879	380,0	1,1035e+00
schodnice vnitřní - OBDEL (50; 160)	C24	2,8	27258,116	76,3	11448410,034	350,0	2,1806e-01
schodnice vnější - OBDEL (70; 160)	C24	3,9	75031,448	294,1	34514453,888	350,0	8,4035e-01
krokev - OBDEL (140; 200)	GL24h	10,6	24460,323	260,3	16633018,494	380,0	6,8489e-01
vaznice - OBDEL (120; 180)	GL24h	8,2	60000,000	492,5	35999988,556	380,0	1,2960e+00
ztužidla - RD10	S 235	0,6	215858,643	133,0	6763474,464	7850,0	1,6945e-02
vnější vodorovné pruty 1 - OBDEL (200; 260)	GL24h	19,8	84861,603	1676,9	78072639,465	380,0	4,4128e+00
vnější vodorovné pruty 2 - OBDEL (140; 260)	GL24h	13,8	108861,603	1505,8	87089241,028	380,0	3,9626e+00
vnitřní vodorovné pruty - OBDEL (100; 120)	GL24h	4,6	71005,211	323,8	31242288,589	380,0	8,5206e-01
nosníky podest - OBDEL (140; 260)	GL24h	13,8	35502,602	491,1	28402080,536	380,0	1,2923e+00
vnější pruty ve svislé rovině 2 - OBDEL (200; 260)	GL24h	19,8	96857,727	1913,9	89109138,489	380,0	5,0366e+00
vnější pruty ve svislé rovině 3 - OBDEL (160; 260)	GL24h	15,8	96857,727	1531,1	81360527,039	380,0	4,0293e+00
vnější pruty ve svislé rovině 4 - OBDEL (120; 260)	GL24h	11,9	96857,727	1148,3	73611885,071	380,0	3,0220e+00

tab. 1: Výkaz materiálu



---

### 3 SEZNAM OBRÁZKŮ

obr. 1: Ocelové a dřevěné prvky konstrukce .....	3
obr. 2: Pohled na konstrukci.....	4



---

## 4 SEZNAM TABULEK

tab. 1: Výkaz materiálu ..... 5