



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební  
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Hřebenářová Jméno: Eliška Osobní číslo: 395764  
Zadávající katedra: K134  
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Dřevěná hala v Plzni  
Název diplomové práce anglicky: Timber hall in Plzeň

Pokyny pro vypracování:

Stanovení zatížení, kombinací, numerický model, výpočet vnitřních sil a deformací a též reakcí, dimenze hlavních konstrukčních prvků, návrh rozhodujících spojů, dispoziční výkresy vč. vybraných detailů (zejména spojů) a technická zpráva

Seznam doporučené literatury:

Thelandersson, Larsen: Timber Engineering, ISBN: 978-0-470-84469-4, Wiley, January 2003  
Blass, H. J., Ehlbeck, J., Kreuzinger, H., Steck, G. NAVRHOVÁNÍ, VÝPOČTY A POSUZOVÁNÍ DŘEVĚNÝCH STAVEBNÍCH – KONSTRUKCÍ, OBECNÁ PRAVIDLA A PRAVIDLA PRO POZEMNÍ STAVBY, KOMENTÁŘ K ČSN 73 1702:2001 (Modifikovaný překlad vysvětlivek k německé normě DIN 1052:2004)

Porteous, J, Kermani, A: Structural Timber Design to Eurocode 5

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Karel Mikeš, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 30.1.2017 Termín odevzdání diplomové práce: 21. 5. 2017  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

30. 1. 17

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu zákona §60 zákona č. 121/2000 sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Plzni dne 15. 5. 2017

### **Anotace**

Diplomová práce se zaměřuje na návrh dřevěné haly tvořené příhradovými nosníky. Cílem práce je návrh konstrukce při zohlednění okrajových podmínek a vlivů působících na konstrukci. Součástí diplomové práce je tak i dimenzování jednotlivých prvků či návrh spojů.

### **Klíčová slova**

Dřevěná hala, dřevěná konstrukce, příhradový nosník, dimenzování dřevěných prvků, návrh spojů, dimenzování ocelových táhel.

### **Annotation**

This thesis focuses on the design of a timber hall located in Pilsen. The hall is made of truss girders. The aim is to design timber elements affected by external and internal conditions. Part of the thesis is designing of individual timber elements, designing of joints and related calculations.

### **Keywords**

Timber hall, timber structure, truss girder, design of timber elements, design of joints, design of steel connecting rods.

## Obsah

1. Úvod .....	9
1.1 Souhrnné informace o stavbě .....	9
2. Předběžný návrh.....	10
2.1 Zatížení větrem.....	10
2.1.1. Shrnutí důležitých informací.....	10
2.1.2 Rozdělení působení větru na svislé stěny budov s pravoúhlým půdorysem .....	12
2.1.3 Tlak větru vzhledem k výšce budovy.....	14
2.1.4 Rozdělení působení větru na sedlové střechy .....	15
2.1.5 Tlak větru na jednotlivé části střechy .....	16
2.2 Zatížení sněhem.....	19
2.2.1 Vstupní údaje .....	19
2.2.2 Výpočet zatížení sněhem .....	20
2.3 Zatížení krytinou a zateplením .....	22
2.4 Ostatní zatížení .....	23
2.4.1 Vlastní tíha .....	23
2.4.2 Užité zatížení.....	23
2.5 Kombinace zatížení.....	24
2.5.1 Působení jednotlivých zatížení.....	24
2.5.2 Rozdělení zatížení .....	26
2.5.3 Zatížení konstrukce .....	27
2.6 Návrh vaznic .....	29
2.6.1 Posouzení vaznic na průhyb.....	30
2.6.2 Posouzení vaznice v ohybu .....	31
2.6.3 Posouzení vaznice ve smyku .....	32
2.6.4. Finální návrh vaznice.....	32
3. Dimenzování prvků.....	33
3.1 Vstupní údaje.....	33
3.2 Materiálové charakteristiky.....	33
3.2.1 Návrhové pevnosti .....	34
3.3 Předběžné dimenzování jednotlivých prvků .....	35
3.3.1. Prvek 1: horní pás .....	36
3.3.2 Prvek 2: dolní pás.....	40
3.3.3 Prvek 3: svislice .....	43
3.3.4 Prvek 4: diagonála.....	46

3.3.5 Prvek 5: táhlo stojiny.....	49
3.3.6 Prvek 6: stojina.....	52
3.3.7 Rozměry jednotlivých prvků .....	55
4. Zjednodušení konstrukce, dimenzování.....	56
4.1 Vstupní údaje.....	56
4.2 Materiálové charakteristiky.....	57
4.3 Prvek 1: horní pás – nosník uvnitř objektu.....	58
4.3.1 Průřezové charakteristiky .....	59
4.3.2 Průhyb.....	59
4.3.3 Posouzení pevnosti v tahu .....	59
4.3.4 Posouzení pevnosti v tlaku.....	60
4.4 Prvek 1: horní pás – štítový nosník.....	62
4.4.1 Posouzení na průhyb.....	63
4.4.2a Posouzení kombinace N+M nad podporou.....	63
4.4.2b Posouzení kombinace N+M v poli.....	64
4.4.2c Posouzení kombinace N+M u hřebene .....	64
4.5 Prvek 2: dolní pás .....	65
4.5.1 Průřez 150x180 (v délce 10,35 m) .....	66
4.5.2 Průřez 120x180 (v délce 5,75m) .....	69
4.6 Prvek 3: diagonála .....	72
4.6.1 Diagonála D2 (původní rozměr 150x150) .....	72
4.6.2 Diagonála D1 (zmenšený průřez 120x120) .....	76
4.7 Prvek 4: táhlo stojiny .....	79
4.7.1 Průřezové charakteristiky .....	80
4.7.2 Průhyb.....	80
4.7.3 Posouzení pevnosti v tahu .....	80
4.7.4 Posouzení pevnosti v tlaku.....	80
4.7.5 Posouzení pevnosti v ohybu s klopením .....	81
4.7.6 Posouzení pevnosti v ohybu a tlaku/tahu.....	82
4.7.7 Posouzení pevnosti ve smyku .....	82
4.8 Prvek 5: stojina .....	83
4.8.1 Průřezové charakteristiky .....	84
4.8.2 Průhyb.....	84
4.8.3 Posouzení pevnosti v tahu .....	84
4.8.4 Posouzení pevnosti v tlaku.....	85
4.8.5 Posouzení pevnosti v ohybu s klopením .....	86

4.8.6	Posouzení pevnosti v ohybu a tlaku/tahu.....	86
4.8.7	Posouzení pevnosti ve smyku .....	86
4.9	Sloupky štítové stěny.....	87
4.9.1	Zatížení sloupků .....	87
4.9.2	Jednotlivá zatížení sloupků .....	88
4.9.3	Průhyb.....	89
4.9.4	Posouzení na tah.....	89
4.9.5	Posouzení na tlak a vzpěr.....	90
4.9.6	Posouzení na ohyb .....	90
4.9.7	Posouzení na kombinaci ohybu a tahu/tlaku.....	91
4.9.8	Posouzení na smyk.....	91
4.10	Rozměry jednotlivých prvků dle dimenzace.....	92
5.	Spoje.....	93
5.1	Spoj A: Stojina.....	95
5.1.1	Normálové síly vyvozené CO13.....	96
5.1.2	Normálové síly vyvozené CO15.....	97
5.1.3	Normálové síly vyvozené CO47 .....	97
5.1.4	Návrh spoje .....	97
5.2	Spoj B: Táhlo .....	106
5.2.1	Normálové síly vyvozené CO04.....	107
5.2.2	Normálové síly vyvozené CO13.....	108
5.2.3	Normálové síly vyvozené CO15.....	108
5.2.4	Normálové síly vyvozené CO16.....	109
5.2.5	Normálové síly vyvozené CO47 .....	109
5.2.6	Návrh spoje .....	110
5.3	Spoj C: Roh s kovovým táhlem .....	115
5.3.1	Návrh táhla.....	115
5.3.2	Návrh spoje .....	117
5.4	Spoj D: Roh haly u horního pásu .....	119
5.4.1	Návrh diagonály .....	120
5.4.2	Návrh horního pásu .....	121
5.5	Spoj E: Diagonály horního pásu (větší průřez).....	122
5.5.1	Návrh spoje .....	123
5.6	Spoj F: Spoj průřezů horního pásu.....	126
5.6.1	Vstupní údaje, návrh spoje .....	127
5.6.2	Výpočet .....	127

5.6.3 Posouzený spoj .....	127
5.7 Spoj G: Diagonály u horního pásu (styk diagonál rozdílných průřezů).....	128
5.7.1 Návrh spoje .....	129
5.8 Spoj H: Diagonály horního pásu (menší průřez) .....	132
5.8.1 Návrh spoje .....	133
5.9 Spoj I: Vrcholový čep .....	135
5.9.1 Normálové síly vyvozené od CO13.....	136
5.9.2 Normálové síly vyvozené od CO16.....	136
5.9.3 Normálové síly vyvozené od CO47.....	137
5.9.4 Normálové síly vyvozené od CO49.....	137
5.9.5 Návrh čepu .....	138
5.9.6 Návrh spoje .....	139
5.10 Spoj J: Roh u vrcholu, dolní pás .....	141
5.10.1 Návrh spoje .....	142
5.11 Spoj K: Spoj průřezů dolního pásu.....	144
5.11.1 Vstupní údaje, návrh spoje .....	145
5.11.2 Výpočet .....	145
5.11.3 Posouzený spoj .....	145
5.12 Celkový přehled spojů .....	146
5.12.1 Horní pás .....	146
5.12.2 Diagonály – menší průřez.....	147
5.12.3 Diagonály – větší průřez.....	147
5.12.4 Dolní pás .....	148
5.12.5 Stojina .....	148
5.12.6 Táhlo .....	148
5.13 průřezů po zohlednění spojů.....	149
6. Táhla .....	150
6.1 Návrh táhla ve střešní konstrukci .....	150
6.1.1 Návrh přidaného vodorovného prvku .....	151
6.1.2 Návrh táhla.....	154
6.2 Návrh táhla v podélné stěně .....	155
6.2.1 Ověření spojů .....	155
7. Detaily.....	156
7.1 Detaily štítové stěny .....	156
7.1.1 Spoj L: Horní pás a sloupek .....	156
7.1.2 Spoj L: varianta „a“ a „b“ .....	158

7.1.3 Spoj M: Křížení na sloupku kvůli snížení vzpěrné délky .....	158
7.1.4 Spoj M: varianta „a“ a „b“ .....	158
7.1.5 Spoj N: Okraj haly.....	158
7.1.6 Detail 1: Ukotvení sloupku do terénu .....	159
7.1.6 Detail 1: varianta „a“ .....	159
7.2 Detaily haly .....	160
7.2.1 Detail 2: Ukotvení stojiny do terénu.....	160
7.2.2 Detail 3: Spoj vaznice – horní pás nosníku.....	160
8. Obvodový plášť.....	162
9. Zdroje.....	164
9.1 Normy .....	164
9.2 Literatura .....	164
9.3 Webové stránky.....	164



## 1. Úvod

Tématem diplomové práce je návrh velkorozponového halového objektu z lepeného lamelového dřeva. Práce se zaměřuje na problematiku návrhu a dimenzování prvků a konstrukční řešení haly. Hala zvolená jako podklad pro práci je objekt o půdorysných rozměrech **36,9 x 77 (82,2 s přesahem vaznic) metrů**. Práce se zaměřuje na optimalizaci návrhu haly, dimenzování prvků, jednotlivé spoje a konstrukční provedení objektu.

### 1.1 Souhrnné informace o stavbě

#### Umístění:

- Plzeň, průmyslová zóna Borská pole

#### Rozměry:

- Půdorys: 36,9 x 77 m
- Výška: 7,6 m
- Sklon střechy: 9,1°

#### Materiály, vlastnosti ad.:

- Svorníky ocel pevnostní třída 5.8
- Vrutky ocel pevnostní třída 5.8
- Spoje plech S355
- Svary 5 mm
- Dřevo LLD GL32h

Třídy pevnosti lepeného lamelového dřeva [MPa]					
Namáhání	Označení	GL 24h	GL 28h	GL32h	GL 36h
ohyb	$f_{m,k}$	24	28	32	36
tah	$f_{t,0,k}$	16,5	19,5	22,5	26
	$f_{t,90,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6
tlak	$f_{c,0,k}$	24	26,5	29	31
	$f_{c,90,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
smyk	$f_{v,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3
modul pružnosti	$E_{0,mean}$	11600	12600	13700	14700
	$E_{0,05}$	9400	10200	11100	11900
hustota	$\rho_k$ kg/m <sup>3</sup>	380	410	430	450

Tab. 1. Třídy pevnosti lepeného lamelového dřeva

## 2. Předběžný návrh

### 2.1 Zatížení větrem

- Použité normy: ČSN EN 1991-1-4

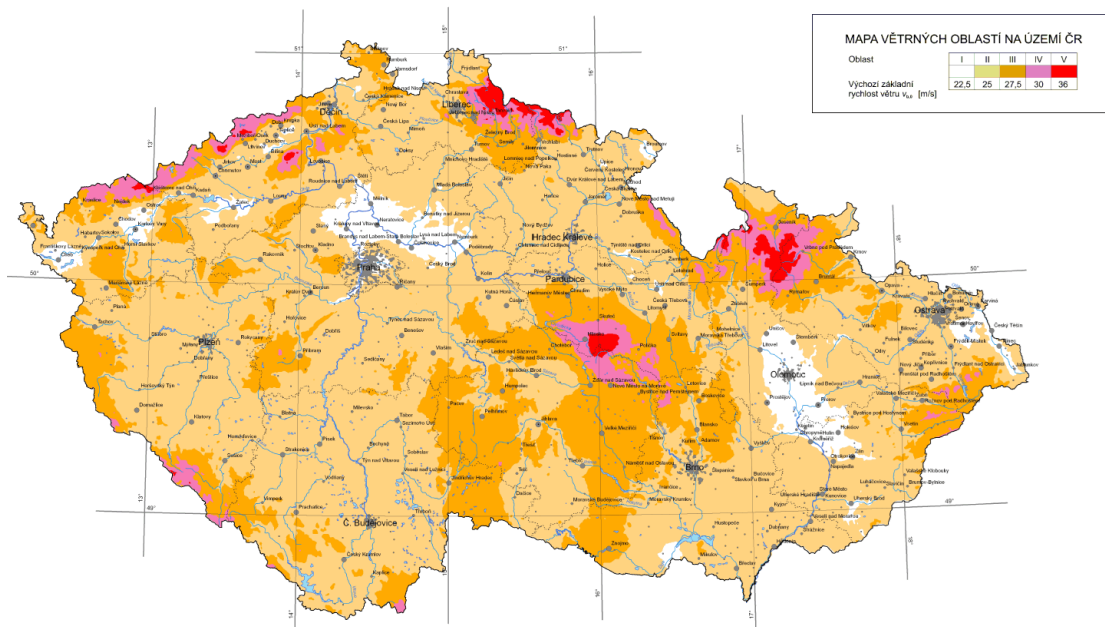
#### 2.1.1. Shrnutí důležitých informací

- Půdorys (dle nosníků) 36,4 m x 75,28 m [dále jako *b* a *d*, viz níže]
- Výška 7,6 m [dále jako *h*]

##### 2.1.1.1 Vstupní údaje

Kategorie	$z_0$ (m)	$z_{min}$ (m)
0 moře a přímořská krajina	0,003	1
I jezera nebo plochá krajina se zanedbatelnou vegetací bez překážek	0,010	1
II travnatá krajina s ojedinělými překážkami	0,050	2
III plocha s vegetací nebo budovami (vesnice, předměstí, les)	0,300	5
IV plocha, kde nejméně 15 % povrchu je zastavěno budovami s průměrnou výškou přes 15 m	1,000	10

Obr. 1: Určení kategorie terénu, z normy



Obr. 2: Mapa větrných oblastí, z normy

Odtud:

**Terén kategorie II.**

- $Z_0 = 0,3 \text{ m}$  [parametr drsnosti terénu]
- $Z_{\min} = 5 \text{ m}$  [minimální výška terénu]

**Oblast II.**

- $V_{b,0} = 25 \text{ m/s}$  [základní rychlost větru]

*2.1.1.2 Místní vlivy, výpočet*

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b$$

z toho:

$c_r(z)$  ... součinitel drsnosti

$$c_r(z) = k_r * \ln(z_e / z_0)$$

kde

$z_e = 7,6 \text{ m}$  ... referenční výška budovy

$k_r = 0,19 * (z_0 / z_{0,II})^{0,07}$  ... součinitel terénu

$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$  (kategorie terénu II)

$z_0 = 0,3 \text{ m}$  (viz kapitola\_)

$c_0(z) = 1$  ... součinitel orografie, vyjadřuje vliv horopisu na střední rychlost větru

$v_b = 25 \text{ m/s}$  ... základní rychlost větru

odtud (dosadíme):

$$k_r = 0,19 * (0,3 / 0,05)^{0,07} = 0,215$$

$$c_r(z) = 0,215 * \ln(7,6 / 0,3) = 0,695$$

$$v_m(z) = 0,695 * 1 * 25 = \mathbf{17,375 \text{ m/s}}$$
 ... **střední rychlost větru**

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * 0,5 * \rho * v_m^2(z)$$

kde

$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$  ... měrná hmotnost vzduchu

$I_v(z) = k_1 / (c_0(z) * \ln(z_e / z_0))$  ... intenzita turbulence

$k_1 = 1$  ... součinitel turbulence

$c_0(z) = 1$  ... viz výše

odtud (dosadíme):

$$I_v(z) = 1 / (1 * \ln(7,6 / 0,3)) = 0,309$$

$$q_p(z) = [1 + 7 * 0,309] * 0,5 * 1,25 * 17,375^2 = \mathbf{596,8 \text{ N/m}^2}$$
 ... **maximální dynamický tlak**

## 2.1.2 Rozdělení působení větru na svslé stěny budov s pravoúhlým půdorysem

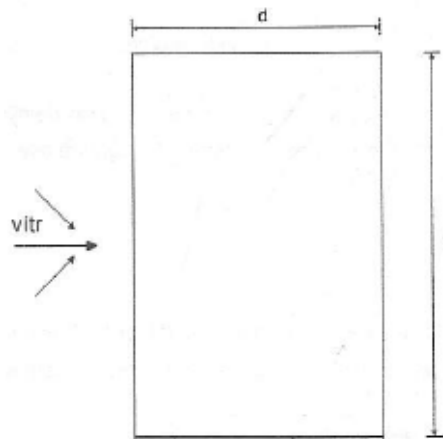
Zde nastávají 2 možnosti zatížení větrem:

- Vítr působící na štít objektu
- Vítr působící na stěnu objektu

Pro určení zatížení na stěny pak z normy:

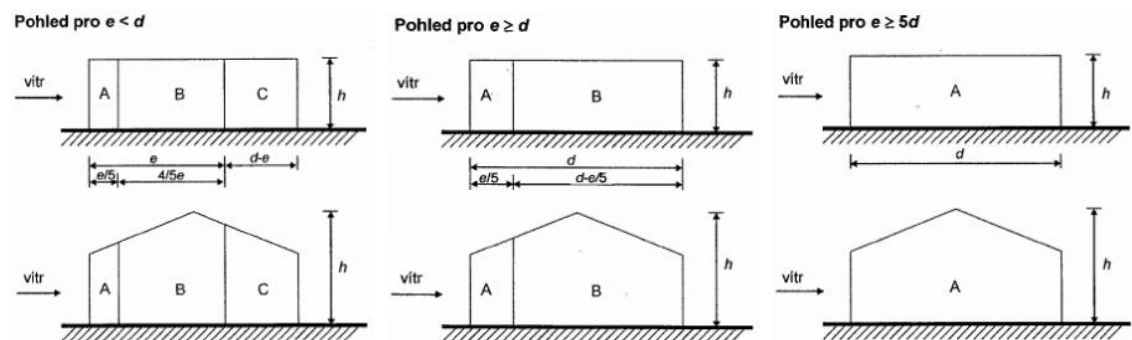
$e$ : menší z hodnot  $b$  nebo  $2h$       [ $h = 8,15$  m]

$b$ : rozměr kolmý na směr větru



Obr. 3: Příklad označení stran pro další výpočet v závislosti na směru větru

V závislosti na rozměrech následně nastanou tři varianty:



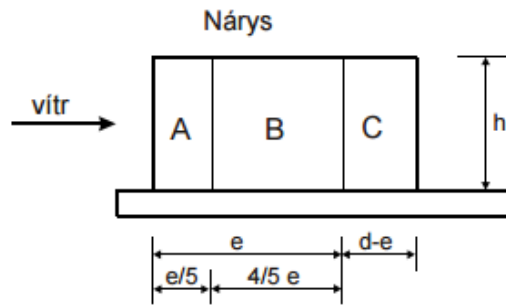
Obr. 4: Tři varianty rozložení tlaků na budovu

**A) Vítr na štít objektu,  $b = 36,4$  m,  $d = 75,28$  m**

$$2h = 15,2 \text{ m} < b$$

a proto  $e = 15,2$  m

S určitostí tak lze říci, že  $e < d$ , a proto budeme uvažovat první modelovou situaci větru, kterou lze vidět na obrázku 4.



Obr. 5: Tlaky působící na halu

Lze tak určit rozměry jednotlivých částí haly s rozdílnými tlaky větru:

- Na štítů působí tlaky D a E v celé ploše
- Na stěny působí tlaky A, B a C dle tohoto rozdělení ( $e = 15,2$  m)

Část A	$15,2 / 5$	=	<b>3,04</b> m
Část B	$15,2 - 3,04$	=	<b>12,16</b> m
Část C	$75,28 - 15,2$	=	<b>60,08</b> m

#### B) Vítr na stěnu objektu, $b = 75,28$ m, $d = 36,4$ m

$$2h = 15,2 \text{ m} < b$$

$$\text{a proto } e = 15,2 \text{ m}$$

S určitostí tak lze říci, že  $e < d$ , a proto budeme uvažovat opět první modelovou situaci větru – viz obrázek 4, první varianta.

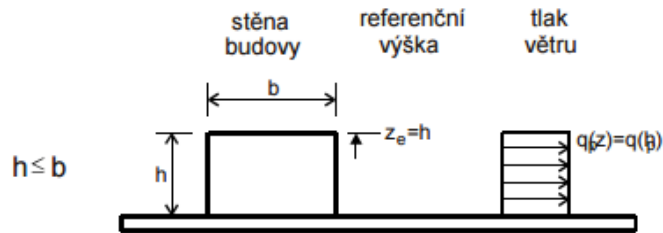
Dle obr. 5 výše můžeme proto určit rozměry jednotlivých částí haly s rozdílnými tlaky větru:

- Na stěnu působí tlaky D a E v celé ploše
- Na štítů působí tlaky A, B a C dle tohoto rozdělení ( $e = 15,2$  m)

Část A	$15,2 / 5$	=	<b>3,04</b> m
Část B	$15,2 - 3,04$	=	<b>12,16</b> m
Část C	$36,4 - 15,2$	=	<b>21,20</b> m

### 2.1.3 Tlak větru vzhledem k výšce budovy

Jelikož  $h < b$ , vítr bude rozdělen po výšce konstrukce takto:



Obr. 6: Rozdělení větru po výšce konstrukce

$$z_e = h = 7,6 \text{ m} \quad [\text{referenční výška budovy}]$$

Nyní je možné vypočítat samotné tlaky, pro oba případy budou stejné (viz níže):

#### Výpočet

Pro potřeby součinitele vnějšího tlaku (obr. 7, viz níže):

$$h/d = 7,6/75,28 = 0,1 \text{ a zároveň } 7,6/36,4 = 0,21$$

uvažujeme proto oblast „< 0,25“ tj. čtvrtý řádek

#### Tlak větru na povrchy:

$$w_e = q_p(z) * c_{pe}$$

kde

$q_p(z)$  ... viz kapitola 2.1.1.1.1 – maximální dynamický tlak

$c_{pe}$  ... součinitele vnějšího tlaku, tabulka dle normy

Oblast	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,s1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,s1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,s1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,s1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,s1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	+0,8	+1,0	-0,7		
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	+0,8	+1,0	-0,5		
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	+0,7	+1,0	-0,3		
mezilehlé hodnoty lze interpolovat										

Obr. 7: Součinitele vnějšího tlaku pro svislé stěny budov s pravoúhlým půdorysem

Hodnoty pro potřeby výpočtu nebyly interpolovány, pro větší bezpečnost používáme hodnotu  $c_{pe,10}$  danou oblastí „>0,25“.

$$w_A = 596,8 * -1,2 = -716,16 \quad \text{N/m}^2$$

$$w_B = 596,8 * -0,8 = -477,44 \quad \text{N/m}^2$$

$$w_C = 596,8 * -0,5 = -298,4 \quad \text{N/m}^2$$

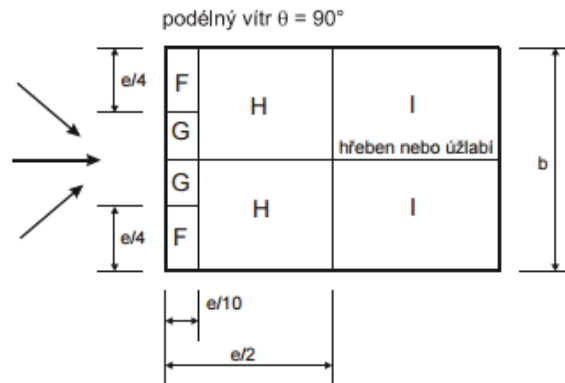
$$w_D = 596,8 * 0,7 = +417,76 \quad \text{N/m}^2$$

$$w_E = 596,8 * -0,3 = -179,04 \quad \text{N/m}^2$$

### 2.1.4 Rozdělení působení větru na sedlové střechy

Opět musíme uvažovat dva směry větru.

#### A) Vítr na štít



Obr. 8: Rozdělení tlaků na sedlové střeše, vítr kolmo na štít ( $90^\circ$ )

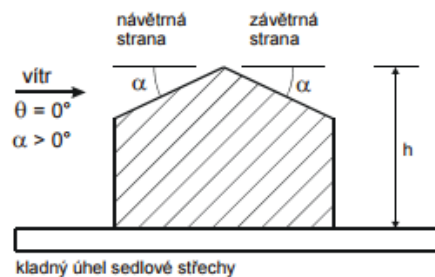
Uvažujeme hodnoty:

- $e = 15,2 \text{ m}$
- $b = 36,4 \text{ m}$

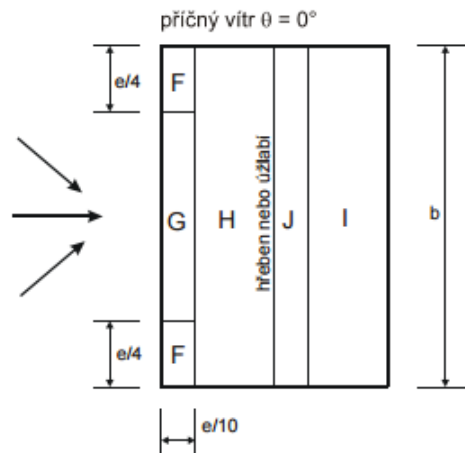
Odtud pak můžeme vypočítat jednotlivé pole působnosti:

Část F	$15,2 / 4 = \mathbf{3,8 \text{ m}}$	$15,2 / 10 = \mathbf{1,52 \text{ m}}$
Část G	$36,4 / 2 - 3,8 = \mathbf{14,4 \text{ m}}$	shodné s F $\mathbf{1,52 \text{ m}}$
Část H	$36,4 / 2 = \mathbf{18,2 \text{ m}}$	$15,2 / 2 - 1,52 = \mathbf{6,08 \text{ m}}$
Část I	shodné s H $\mathbf{18,2 \text{ m}}$	$75,28 - 15,2 / 2 = \mathbf{67,68 \text{ m}}$

#### B) Vítr na stěnu



Obr. 9: Působení větru na plochu střechy, vítr na stěnu

Obr. 10: Rozdělení tlaků na sedlové střeše, vítr kolmo na stěnu ( $0^\circ$ )

Stále uvažujeme hodnoty:

- $e = 15,2$  m
- $b = 75,28$  m

Odtud pak můžeme vypočítat jednotlivé pole působnosti:

Část F	$15,2 / 4 = \mathbf{3,8}$ m	$15,2 / 10 = \mathbf{1,52}$ m
Část G	$75,28 - 2 * 3,8 = \mathbf{67,68}$ m	shodné s F $\mathbf{1,52}$ m
Část H	celá délka $\mathbf{75,28}$ m	$36,4 / 2 - 1,52 = \mathbf{16,68}$ m
Část I	celá délka $\mathbf{75,28}$ m	$36,4 / 2 - 1,52 = \mathbf{16,68}$ m
Část J	celá délka $\mathbf{75,28}$ m	$15,2 / 10 = \mathbf{1,52}$ m

Nyní, když jsou všechny rozměry a hodnoty známy, je možno přejít k výpočtu samotných tlaků.

### 2.1.5 Tlak větru na jednotlivé části střechy

$$w_e = q_p(z) * c_{pe}$$

kde

$q_p(z)$	...	viz kapitola 2.1.1.1.1 – maximální dynamický tlak
$c_{pe}$	...	součinitele vnějšího tlaku, tabulka dle normy



Úhel sklonu $\alpha$	Oblast pro směr větru							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	-1,2
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	-1,2
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	-1,2
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	-1,2
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	-1,2

Úhel sklonu $\alpha$	Oblast pro směr větru $\theta = 90^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

Obr. 11: Součinitele vnějšího tlaku pro sedlové střechy, kráceno

Střecha haly, dle řezu, má sklon přibližně 9°. Pro získání správného součinitele proto musíme **interpolovat** hodnoty pro střechu o sklonu 5° a 15°. Pozor, v případě oblasti J pro „vítr na stěnu“ (obrázek výše na stránce) se v tabulce nachází chyba u  $c_{pe}$  pro 5° → hodnoty jsou zřejmě přehozené.

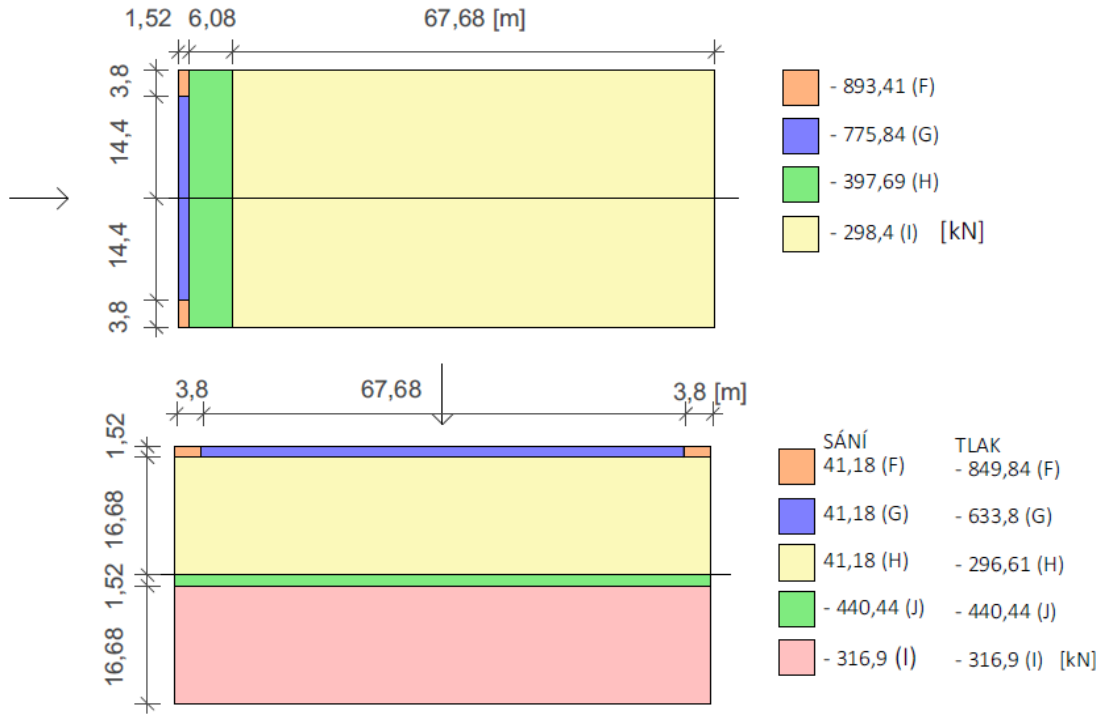
Zde nastanou, ve finále, tři varianty [N/m<sup>2</sup>]

Vítr na štít (90°)	Vítr na stěnu (0°)	
$w_F = 596,8 * -1,497 = -893,41$	$w_F = 596,8 * 0,069 = 41,18$	$w_F = 596,8 * -1,424 = -849,84$
$w_G = 596,8 * -1,3 = -775,84$	$w_G = 596,8 * 0,069 = 41,18$	$w_G = 596,8 * -1,062 = -633,8$
$w_H = 596,8 * -0,666 = -397,69$	$w_H = 596,8 * 0,069 = 41,18$	$w_H = 596,8 * -0,497 = -296,61$
$w_I = 596,8 * -0,5 = -298,4$	$w_I = 596,8 * -0,393 = -234,54$	$w_I = 596,8 * -0,531 = -316,9$
	$w_J = 596,8 * 0,131 = 78,181$	$w_J = 596,8 * -0,738 = -440,44$

Tab. 2: Výpočet tlaku větru na šikmou střechu

Pro střechy s větrem působícím na stěnu (2. případ) je nutné uvažovat čtyři případy zatížení, ve kterých jsou kombinovány největší a nejmenší hodnoty ze všech oblastí F, G, a H

s největšími a nejmenšími hodnotami v oblastech I a J. Na stejné straně střechy nelze použít smíšené kladné a záporné hodnoty! Proto budou existovat pouze 2 varianty místo 4 (dle normy), jelikož v prvním případě jsou výsledky oblastí I a J v rozporu s tímto předpisem.



Obr. 12: Působení větru na sedlovou střechu haly

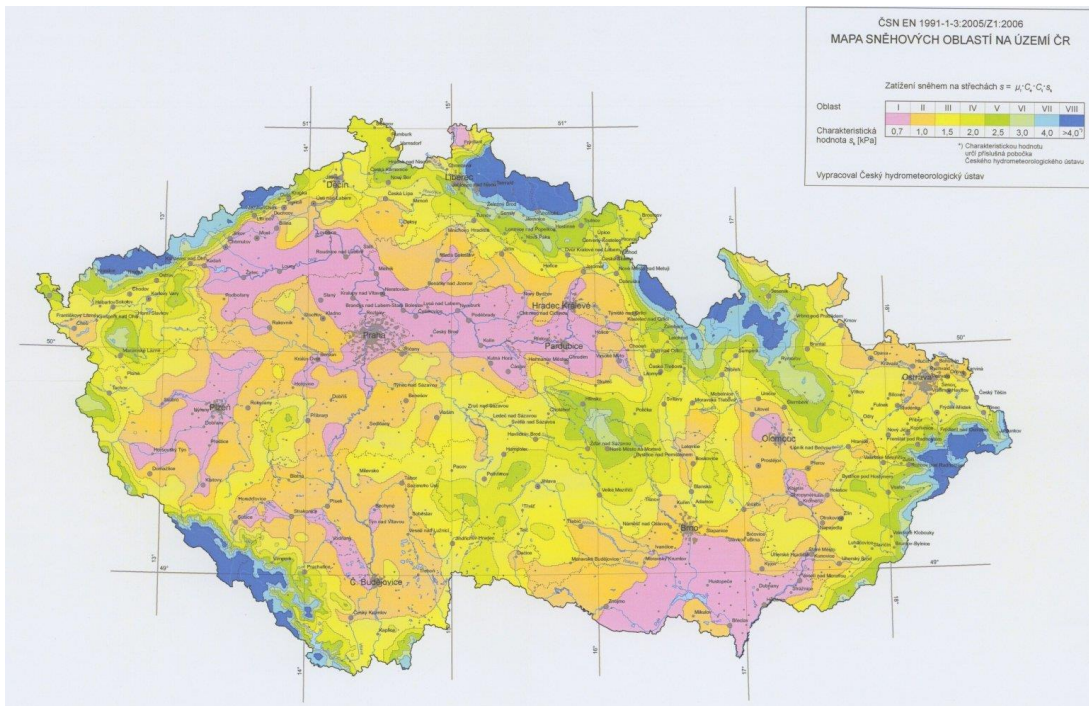
## 2.2 Zatížení sněhem

- Použité normy: ČSN EN 1991-1-3

Shrnutí důležitých informací:

- Sklon střechy haly: cca 9°

### 2.2.1 Vstupní údaje



Obr. 13: Mapa sněhových oblastí, z normy

Tvarové součinitele	Úhel $\alpha$ sklonu střechy podle obrázku 5.3		
	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 (60 - \alpha)/30$	0,0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	—

Obr. 14: Tvarové součinitele pro pultové a sedlové střechy

Typ krajiny	$C_e$
otevřená <sup>a)</sup>	0,8
normální <sup>b)</sup>	1,0
chráněná <sup>c)</sup>	1,2

<sup>a)</sup> Otevřený typ krajiny: rovná plocha bez překážek, otevřená do všech stran, nechráněná nebo jen málo chráněná terémem, vyššími stavbami nebo stromy.

<sup>b)</sup> Normální typ krajiny: plochy, kde nedochází na stavbách k výraznému přemístění sněhu větrem kvůli okolnímu terénu, jiným stavbám nebo stromům.

<sup>c)</sup> Chráněný typ krajiny: plochy, kde je uvažovaná stavba výrazně nižší než okolní terén nebo je stavba obklopena vysokými stromy a/nebo vyššími stavbami.

Obr. 15: Součinitel expozice pro různé typy krajiny

### 2.2.2 Výpočet zatížení sněhem

Určí se ze vztahu

$$s = \mu_i * s_k * c_e * c_t$$

z obrázků výše:

$s_k = 0,7 \text{ kPa}$  ... z mapy, charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

$c_e = 1,0$  ... součinitel expozice

$c_t = 1,0$  ... tepelný součinitel, obvyklá hodnota

$\mu_i$  ... tvarové součinitele (pro pultové a sedlové střechy)

#### Výpočet tvarových součinitelů

Tvarové součinitele vychází z obrázku 14. Pro střechu haly, která má sklon  $9^\circ$  bude použit první sloupec určující tvarové součinitele. Tedy:

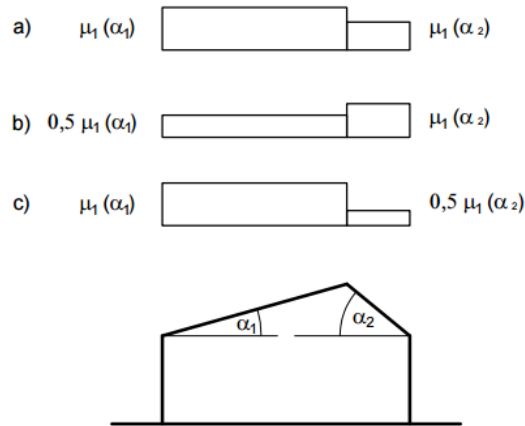
$$\mu_1 = 0,8$$

$$\mu_2 = 0,8 + 0,8 * \alpha / 30 = 0,8 + 0,8 * 8,45 / 30 = 1,025$$

#### Výpočet zatížení sněhem a jeho rozložení

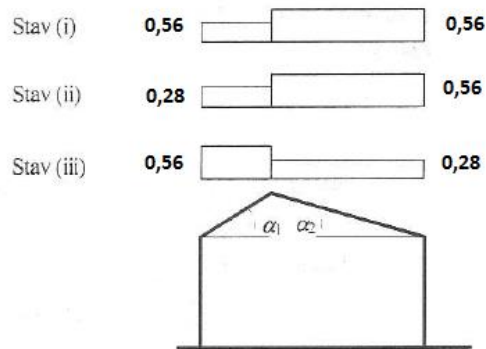
$$S_1 = 0,8 * 0,7 * 1 * 1 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$S_2 = 1,025 * 0,7 * 1 * 1 = 0,72 \text{ kN/m}^2$$



Obr. 16: Zatěžovací stavy v závislosti na sklonu střechy

Po použití vypočtených hodnot (v  $\text{kN/m}^2$ ) na střechu haly – se stejnými sklony střechy na obou stranách - dostaneme následující tři stavy:



Obr. 17: Zatěžovací stavy v závislosti na sklonu střechy, sníh plný a odtátý

kde

- Stav (i) je **zatížení nenavátým sněhem**
- Stav (ii) a (iii) jsou **zatížení navátým sněhem**

Jelikož se hala nachází v Plzni, tedy ve sněhové oblasti I, nebudeme uvažovat sněhové převisy u okrajů střech – převis se ve výpočtu uvažuje až pro sněhové oblasti III a výše.

## 2.3 Zatížení krytinou a zateplením

Skladba střechy:

Lindab Hipertec Roof 100 mm



zatížení **0,212 kN/m<sup>2</sup>**

### Střešní panely

Šířka 1000 mm

#### LINDAB HIPERTEC ROOF

**Tloušťka panelu:** s (mm): 50, 80, 100, 120, 150

**Skladebná šířka panelu:** 1000 mm

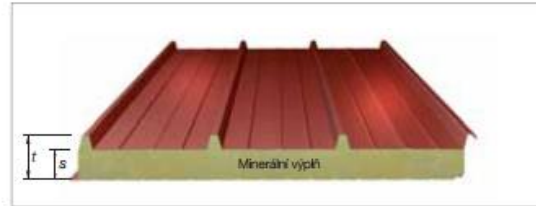
Vnější plášť (mm): 0,6

Vnitřní plášť (mm): 0,5

Mez kluzu: 320 Nmm

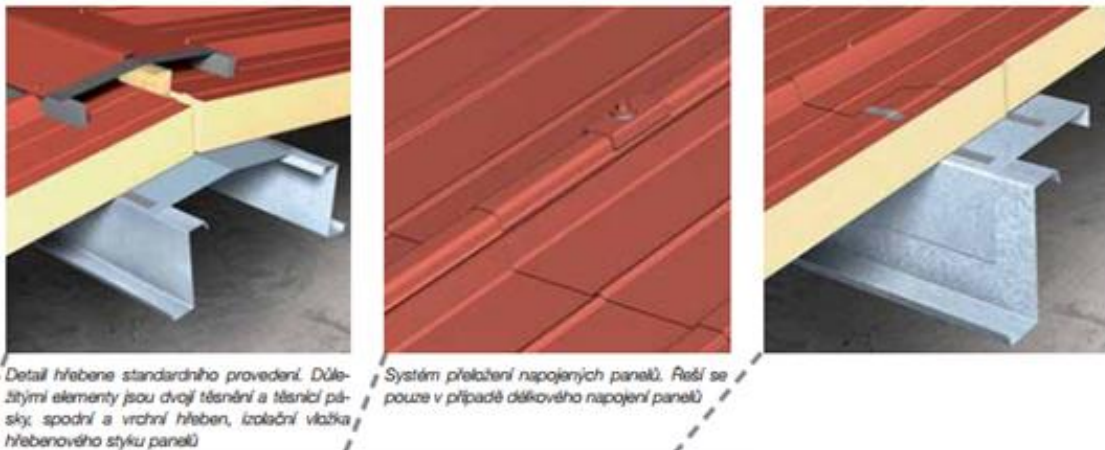
Výplň : Minerální vlákno

*Poznámka : Panel je určený pro objekty s vyšší požární bezpečností*



Tloušťka panelu t (mm)	50	80	100	120	150
Hmotnost panelu (kg/m <sup>2</sup> )	16.22	19.22	21.22	23.22	26.22
Hodnota U pro min. vlákno (W/m <sup>2</sup> .K)	0.71	0.47	0.39	0.33	0.27

Obr. 18: Střešní panel katalogu z Lindab



Obr. 19 Řešení osazení panelů na střechu, dle kat. Lindab

## 2.4 Ostatní zatížení

### 2.4.1 Vlastní tíha

- Bude vypočítána programem Scia Engineering

### 2.4.2 Užité zatížení

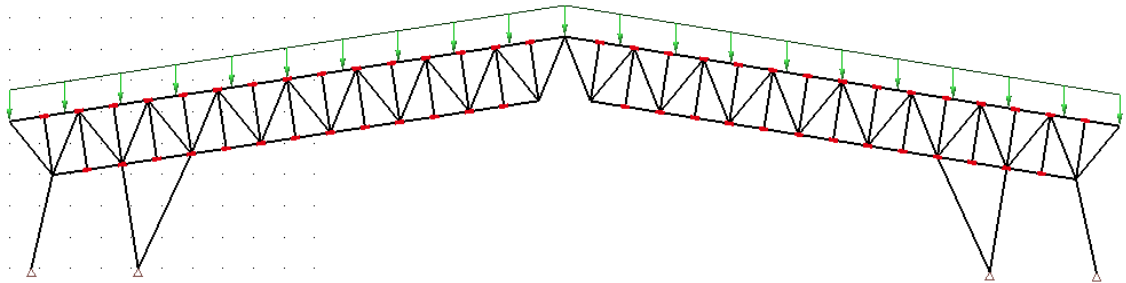
- Určeno jako **0,75 kN/10 m<sup>2</sup>**

## 2.5 Kombinace zatížení

### 2.5.1 Působení jednotlivých zatížení

#### 2.5.1.1 Vlastní tíha

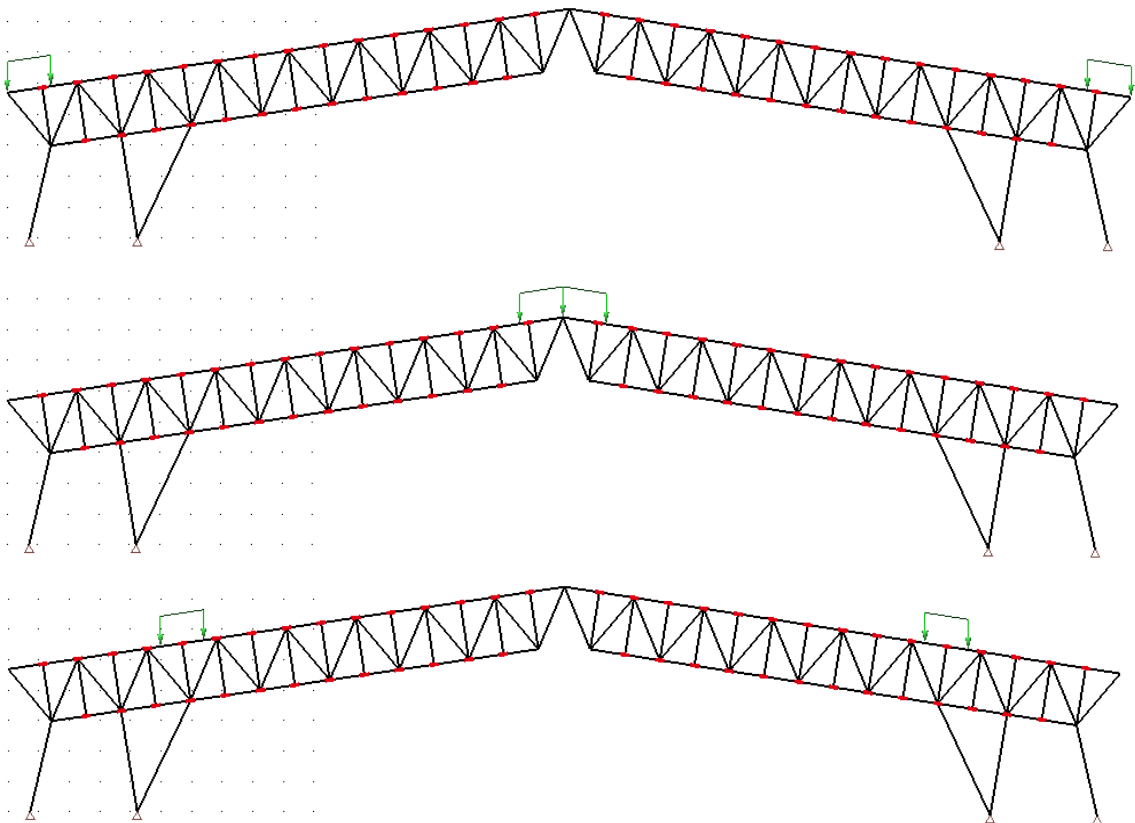
- vypočítána systémem Scia
- Tíha pláště



Obr. 20: Rozdělení zatížení

#### 2.5.1.2 Užité zatížení

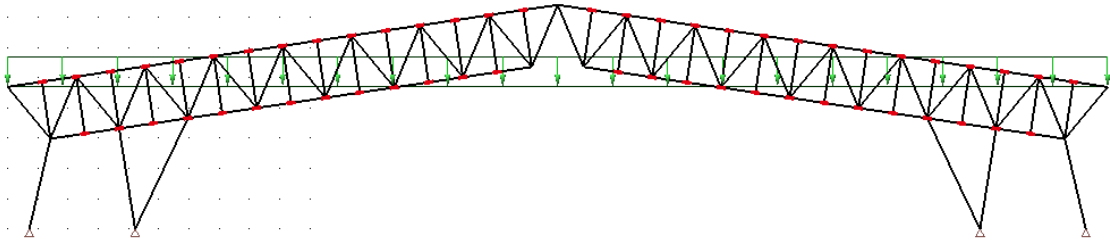
- 3 varianty



Obr. 21: Rozdělení zatížení

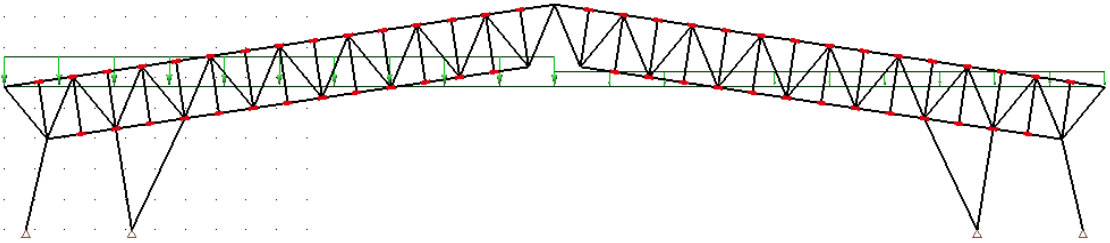


## 2.5.1.3 Sníh: celá střecha



Obr. 22: Rozdělení zatížení

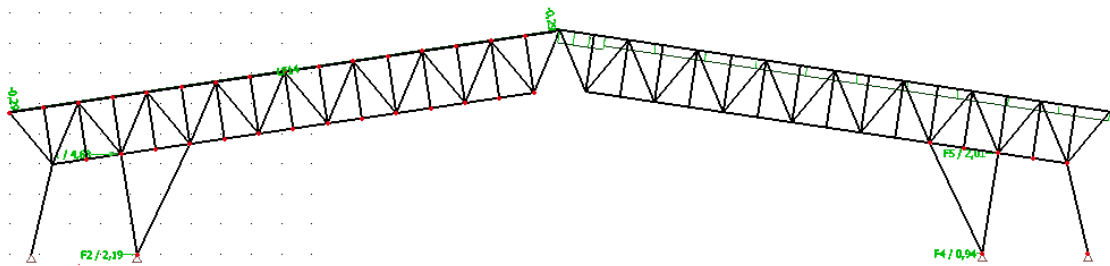
## 2.5.1.4 Sníh: odtátý



Obr. 23: Rozdělení zatížení

## 2.5.1.5 Vítr na střechu a stěnu

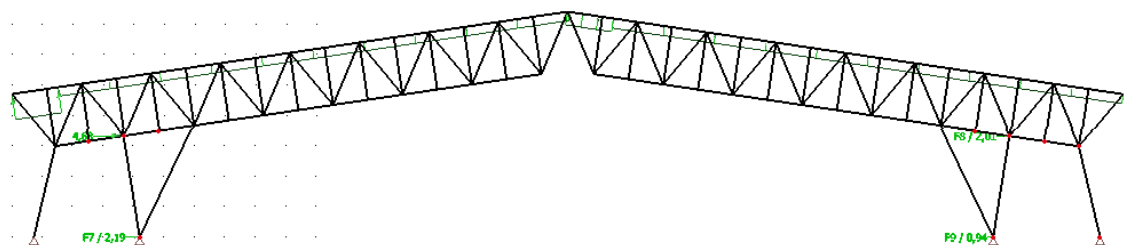
- **tlak**, uvažujeme pouze největší hodnoty



Obr. 24: Rozdělení zatížení vč. větru působícího na stěnu

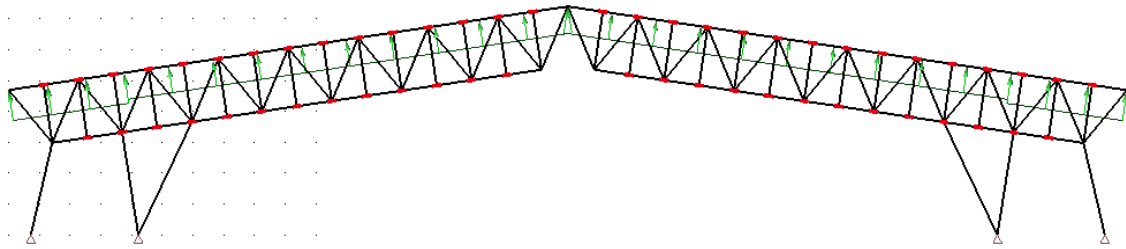
Pozn. Tlak na levé části konstrukce i po přepočtu na zatěžovací šířky je opravdu malých hodnot.

- **sání**, uvažujeme pouze největší hodnoty



Obr. 25: Rozdělení zatížení

## 2.5.1.6 Větr na střechu a štít

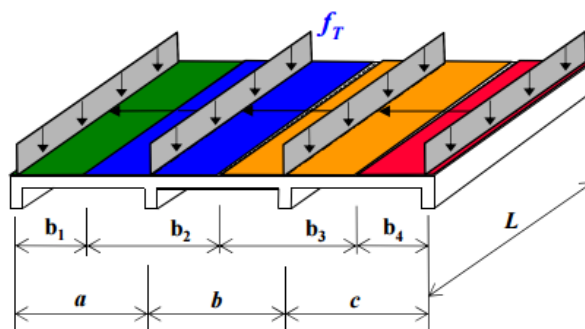


Obr. 26: Rozdělení zatížení

Pozn. Účinky větru působícího na štít, a tedy na příhradovou konstrukci, budou posouzeny samostatně, jelikož je nelze zanést do 2D modelu.

## 2.5.2 Rozdělení zatížení

Zatížení musí být uvažováno na zatěžovací šířky jednotlivých prvků. Tyto hodnoty získáme následujícím způsobem:



$$b_2 = a/2 + b/2$$

$$f_{Ti} = b_i \cdot g$$

Obr. 27: Způsob rozdělení zatížení dle zatěžovacích šířek

Kde:

$b_i, b_1, b_2, b_3, b_4$	...	jednotlivé zatěžovací šířky
$a, b, c$	...	vzdálenosti nosných prvků, rozdílné
$g$	...	nepřerozdělené zatížení
$f_{Ti}$	...	výsledné zatížení po použití rozdělovacích šířek

Pro výpočet uvažujeme nosník, který není štítový – tj. nosník, který má běžnou zatěžovací šířku, ne poloviční. Jelikož rozpon mezi jednotlivými příhradovými nosníky je 7 metrů, bude nutné vypočítaná zatížení přenásobit tímto rozměrem. Užité zatížení pak bude umístěno pouze na rozhodující části konstrukce v délce 10/7, jelikož působí na 10 m<sup>2</sup>.

### 2.5.3 Zatížení konstrukce

Pro potřeby modelu byla jednotlivá zatížení rozpočítána na vaznice dle kapitoly 2.5.2.

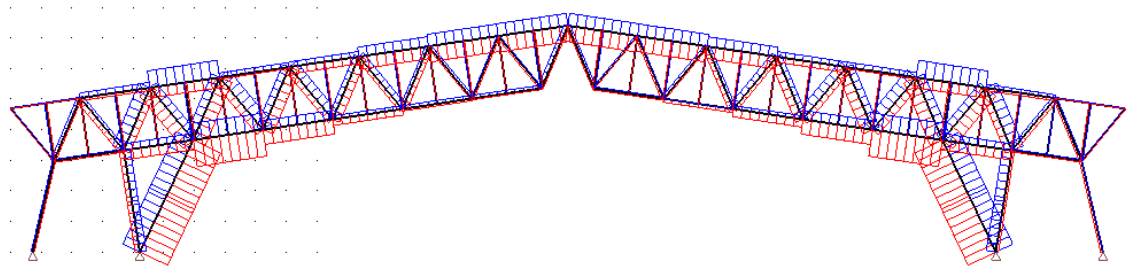
Zatížení na konstrukci vždy bude kombinací:

- Stálého zatížení (tj. vlastní tíha + zatížení od střešního pláště)
- Dominantního proměnného zatížení
- Vedlejšího proměnného zatížení

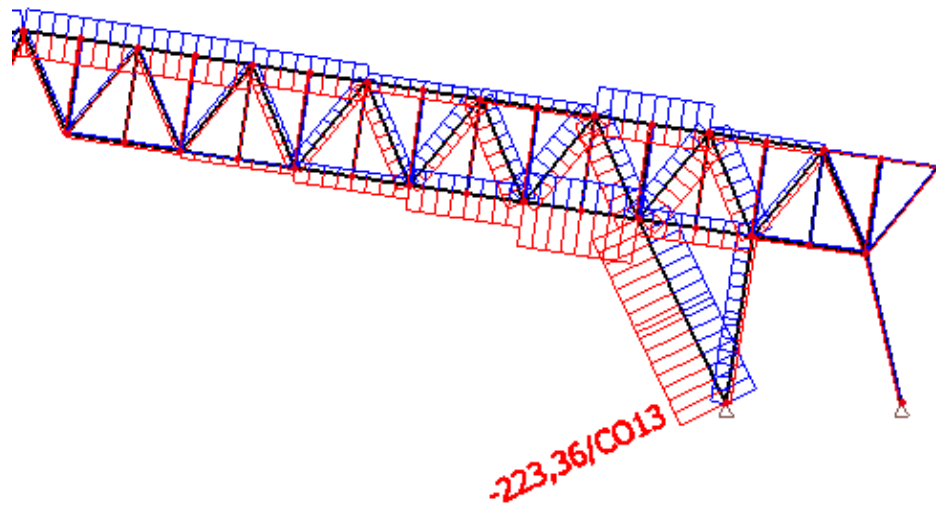
Jméno	C013	Jméno	C015
Popis		Popis	
Typ	Lineární - únosnost	Typ	Lineární - únosnost
Metoda momentu od zvětšenéh...	<input type="checkbox"/> ne	Metoda momentu od zvětšenéh...	<input type="checkbox"/> ne
<b>Obsah kombinace</b>		<b>Obsah kombinace</b>	
ZS1 - Vlastní tíha konstrukce [-]	1,35	ZS1 - Vlastní tíha konstrukce [-]	1,35
ZS2 - Stálá tíha stř. pláště [-]	1,35	ZS2 - Stálá tíha stř. pláště [-]	1,35
ZS4 - Sníh - celá střecha [-]	1,50	ZS4 - Sníh - celá střecha [-]	1,50
		ZS6 - Vitr, 90, tlak [-]	0,90

Obr. 28: Dvojice zatížení, z nichž jedno se předpokládá být rozhodujícím

Samotných kombinací je celkem **52**. Vytvořeny byly v programu Scia, včetně přiřazení jednotlivých  $\Psi$  – tyto hodnoty byly ručně překontrolovány. Výsledné směrodatné kombinace pak lze nalézt po zobrazení výsledků zatížení konstrukce v programu Scia při zobrazení obálky zatížení.



Obr. 29: Obálka normálových sil.

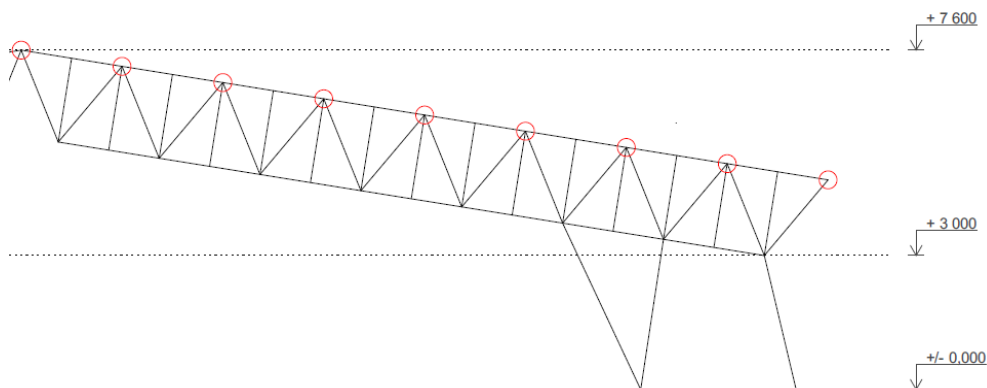


Obr. 30: Dominantní zatížení CO13, přibližné maximální normálové síly v prutech.

Pozn. Ve Scii jsou již zadané průřezy prvků, u kterých odhadujeme, že by mohly obstát při zatížení – výsledné síly jsou kalkulovány i s vlastní tíhou těchto prvků. Tato hodnota je ovšem pouze malým zlomkem celého zatížení - zpřesnění průřezů navíc proběhne ručním výpočtem. Odchylka (rozuměj vlastní tíha prvků) tak nebude ohrožovat bezpečnost stavby.

## 2.6 Návrh vaznic

Jelikož jednotlivá zatížení na konstrukci působí v místech osazení vaznic, je nejprve nutné navrhnout a posoudit vaznice, než se přikročí k dimenzování konstrukce:



Obr. 31: Rozmístění vaznic na nosníku, u hřebene se nachází dvojice vaznic vedle sebe

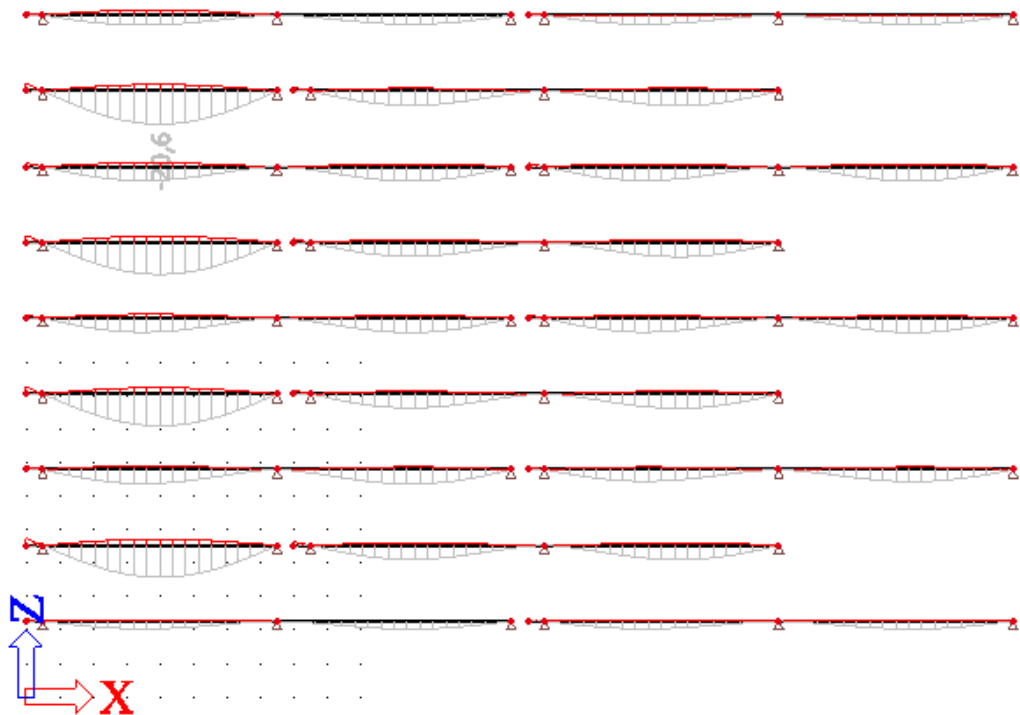
Vaznice budou dvojí délky – přes jedno pole (cca 7 metrů + přesah) a přes 2 pole (cca 14 metrů). Kratší vaznice se nachází pouze u štítových nosníků, v rámci plochy se uplatňují pouze delší vaznice. Sousedící delší vaznice jsou vůči sobě vždy posunuty o jedno pole (viz výkres 01).

Kratší vaznice u štítu budou jednoznačně vykazovat větší průhyb, je tedy možné, že bude nutné v místě osadit zdvojené věznice, aby unesly zatížení. Jelikož vaznice musí přenést různé kombinace sněhu a větru, navrhujeme průřez:

**180 (b) x 300 (h)**

Ve Scii jsme následně namodelovali všechny vaznice, nalezené maximální zatížení je tedy opravdu nejhorším zatížením vaznice na objektu.

## 2.6.1 Posouzení vaznic na průhyb



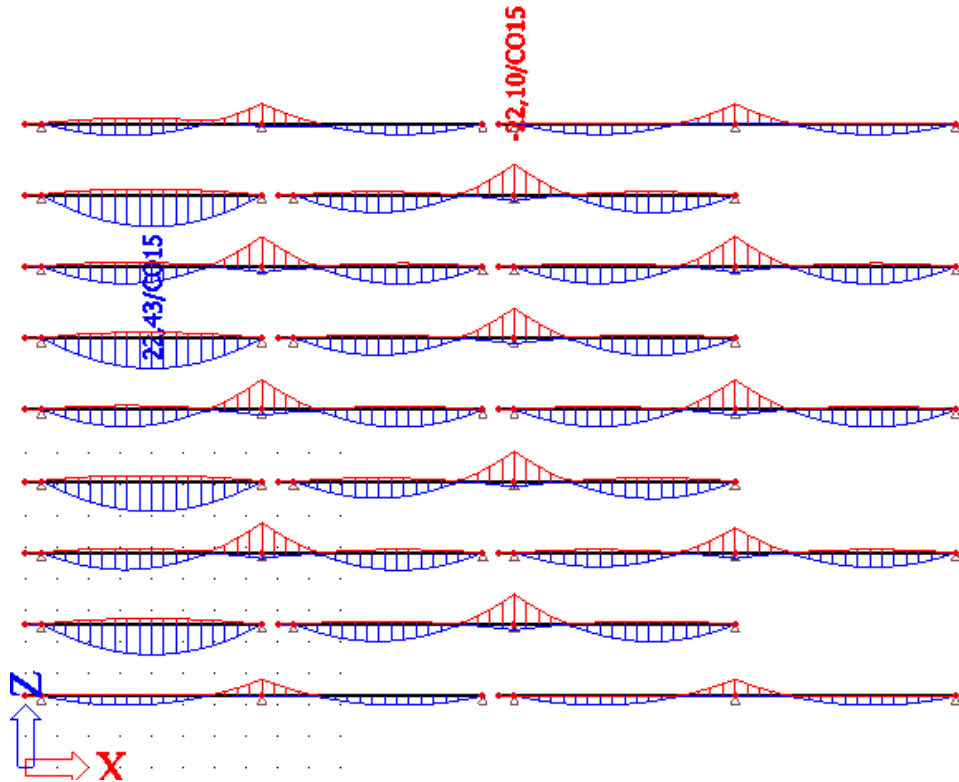
Obr. 32: Průhyby jednotlivých vaznic (hřebenová vaznice úplně dole)

Největší průhyb se projevuje na kratší vaznici (2. vaznice od kraje střechy nad štítem objektu) a to 20,6 mm. Lze tak konstatovat, že:

Vzpěrná délka prvku:	7000 mm		
Průhyb dle Scia:	20,6 mm		
Povolený průhyb $l/300$ :	23,33 mm		
<b>POSOUZENÍ:</b>	20,6	<	23,33 [mm]
		VYHOVUJE	

**Navržený průřez vyhoví na průhyb.**

2.6.2 Posouzení vaznice v ohybu

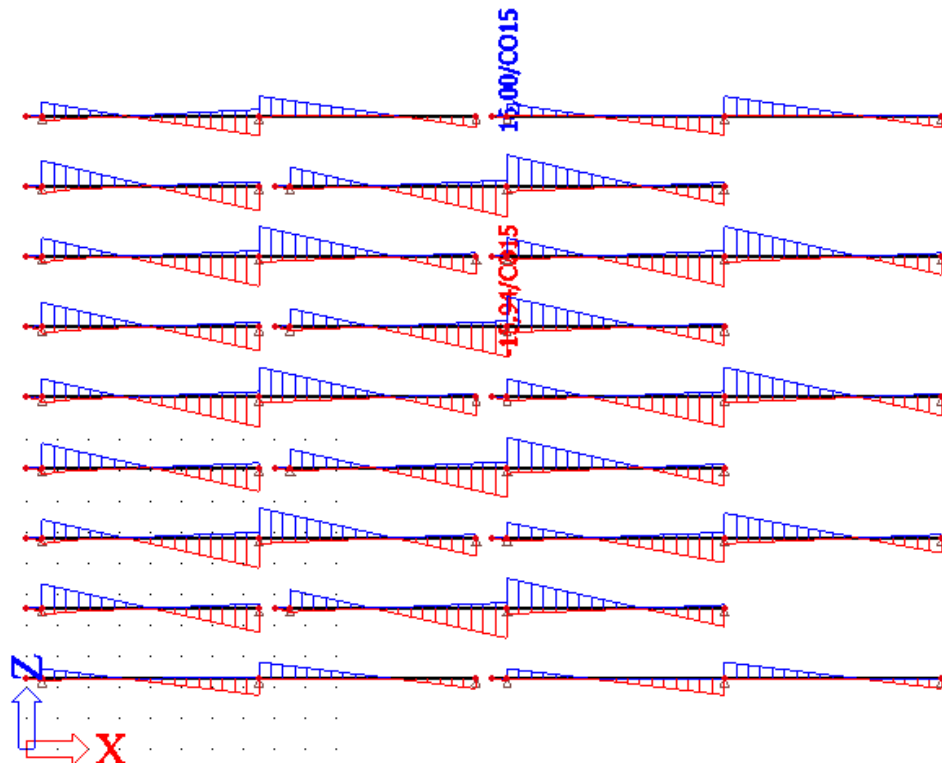


Obr. 33: Moment ve vaznicích (hřebenová vaznice dole)

Maximální moment se projeví opět na krátké vaznici u štítu – 22,43 kNm.

b	180 mm				
h	300 mm				
l	7000 mm				
Moment	22,43 kNm	Největší síla na daném prutu dle Scia			
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{m,k}$	32 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{m,d}$	20,48 N/mm <sup>2</sup>				
$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 b^2 E_{0,05}}{h l_{ef}}$	=	139,562 MPa		kritické napětí za ohybu	
$l_{ef}$	pro příhradovou konstrukci bereme jako 0,9* $l$	=	6300		
$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$	=	0,479		poměrná štíhlost	
$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,m}$	=	1,201	nebo	1 součinitel vzpěrné a torzní stability	
$k_{crit} = \begin{cases} 1,0 & \text{pro } \lambda_{rel} \leq 0,75 \\ 1,6 - 0,75 \cdot \lambda_{rel} & \text{pro } 0,75 < \lambda_{rel} \leq 1,40 \\ 1/\lambda_{rel}^2 & \text{pro } 1,40 < \lambda_{rel} \end{cases}$					
$k_{crit} \cdot f_{m,d}$	=	20,48 MPa		redukováná a návrhová pevnost	
$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W}$	=	8,307 MPa			
$W = \frac{(b \cdot h^3)}{6}$	=	2700000			
				$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d}$	
<b>POSOUZENÍ:</b>		8,307	>	20,48 MPa	VYHOVUJE

## 2.6.3 Posouzení vaznice ve smyku



Obr. 34: Vnitřní síly V na vaznicích

Maximální posouvací síly se projeví na delší vaznici (15,94 a 16 kN).

$f_{v,k}$	3,8	N/mm <sup>2</sup>			
$f_{v,d}$	2,432	N/mm <sup>2</sup>			
b	180	mm			
h	300	mm			
Posouvací síla	16	kN		Největší síla na daném prutu dle Scia	
$V_{R,d} = A \cdot f_{v,d}$	=	205200			
<b>POSOUZENÍ:</b>	205200	>	16000	VYHOVUJE	

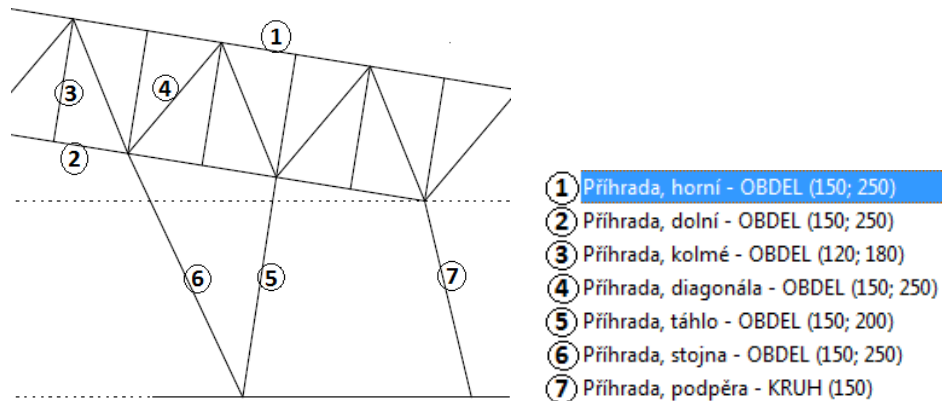
## 2.6.4. Finální návrh vaznice

- Na objekt budou dle modelu osazeny vaznice o rozměru: **180 x 300 mm**



### 3. Dimenzování prvků

#### 3.1 Vstupní údaje



Obr. 35: Rozměry prvků B x H, jak byly zadány pro potřeby konstrukce a prvotních výpočtů

Nosník je třeba posoudit na:

- průhyb
- pevnost v tahu
- pevnost v tlaku – prostém i vzpěrném
- pevnost v ohybu s klopením
- pevnost ve smyku

#### 3.2 Materiálové charakteristiky

- Třída pevnosti **GL32h**

Pevnost v ohybu	$f_{m,k} = 32 \text{ N/mm}^2$
Pevnost v tahu	$f_{t,0,k} = 22,5 \text{ N/mm}^2$
	$f_{t,90,k} = 0,5 \text{ N/mm}^2$
Pevnost v tlaku	$f_{c,0,k} = 29 \text{ N/mm}^2$
	$f_{c,90,k} = 3,3 \text{ N/mm}^2$
Pevnost ve smyku	$f_{v,k} = 3,8 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti	$E_{0,mean} = 13700 \text{ N/mm}^2$
	$E_{0,05} = 11100 \text{ N/mm}^2$
	$E_{90,mean} = 460 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti ve smyku	$G_{g,mean} = 850 \text{ N/mm}^2$
Hustota	$\rho_k = 430 \text{ kg/m}^3$

Pozn.  $\text{N/mm}^2 = \text{MPa}$

## 3.2.1 Návrhové pevnosti

$$\gamma_M = 1,25 \text{ (lamelové dřevo)}$$

$$k_{mod} = 0,8$$

Pevnost v ohybu	$f_{m,d} = k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M = 0,8 * 32 / 1,25 = 20,48 \text{ N/mm}^2$
Pevnost v tahu	$f_{t,0,d} = k_{mod} * f_{t,0,k} / \gamma_M = 0,8 * 22,5 / 1,25 = 14,4 \text{ N/mm}^2$ $f_{t,90,d} = k_{mod} * f_{t,90,k} / \gamma_M = 0,8 * 0,5 / 1,25 = 0,32 \text{ N/mm}^2$
Pevnost v tlaku	$f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,0,k} / \gamma_M = 0,8 * 29 / 1,25 = 18,56 \text{ N/mm}^2$ $f_{c,90,d} = k_{mod} * f_{c,90,k} / \gamma_M = 0,8 * 3,3 / 1,25 = 2,112 \text{ N/mm}^2$
Pevnost ve smyku	$f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M = 0,8 * 3,8 / 1,25 = 2,432 \text{ N/mm}^2$

### 3.3 Předběžné dimenzování jednotlivých prvků

Jelikož se jedná o příhradovou konstrukci, považujeme za směrodatné normálové síly v jednotlivých prvcích. Přibližný rozměr prvku získáme dle:

$$F = f_{t,0,k} * A * 0,9$$

kde F je normálová síla (výstup z programu Scia) a 0,9 návrh koeficientu dle odhadu.

Pro výpočet používáme  $f_{t,0,k}$  (**22,5 N/mm<sup>2</sup> tah**) a  $f_{c,0,k}$  (**29 N/mm<sup>2</sup> tlak**) dle toho, zda je prut namáhán tahem nebo tlakem. Normálové síly a plochy v tabulce jsou zaokrouhleny směrem nahoru.

- kde plocha průřezu  $A = (F * 1000) / (0,9 * f_{t,0,k})$

Prvek	Normálová síla [kN]	Plocha průřezu [mm <sup>2</sup> ]	Návrh průřezu [mm]	Scia průřez [mm]
1	130,5 tah	6 445,0	150 x 180	150 x 250
2	-198,5 tlak	7605,5	150 x 180	150 x 250
3	-13,5 tlak	517,5	120 x 150	120 x 180
4	-97,0 tlak	3716,5	150 x 150	150 x 250
5	68,5 tah	3383,0	150 x 150	150 x 200
6	-223,5 tlak	8563,5	150 x 180	150 x 250
7	-13,5 tlak			

Tab. 3: Návrh průřezů prvků

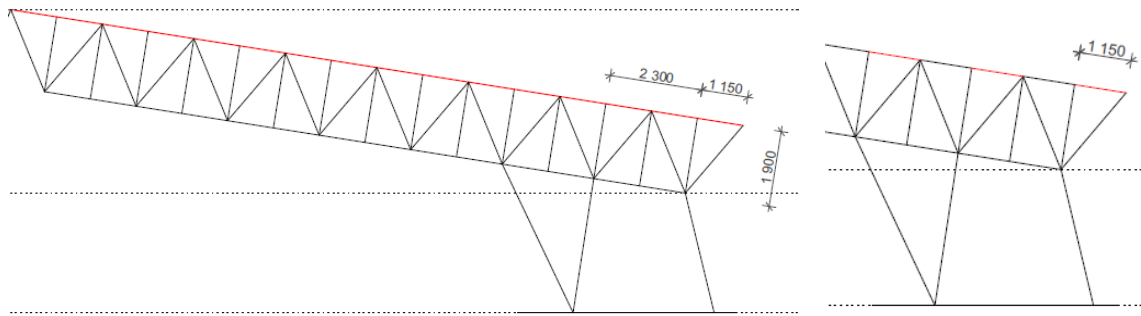
Pozn. Ve výpočtech použijeme navržené průřezy, abychom věděli, zda vyhoví či nevyhoví – oproti prvotnímu odhadu (viz tab. 3 - „Scia průřez“) by tyto menší průřezy znamenaly menší finanční náklady. Při dalším výpočtu dále tedy budou použity síly působící na tyto navržené, zmenšené průřezy (tab. 3).

Prvek 7 – tj. kovové táhlo - dále prozatím nebudeme posuzovat, jelikož se jedná o ocelové ztužidlo, nikoli o prvek z lepeného lamelového dřeva GL32h. Táhlům bude věnována samostatná kapitola.

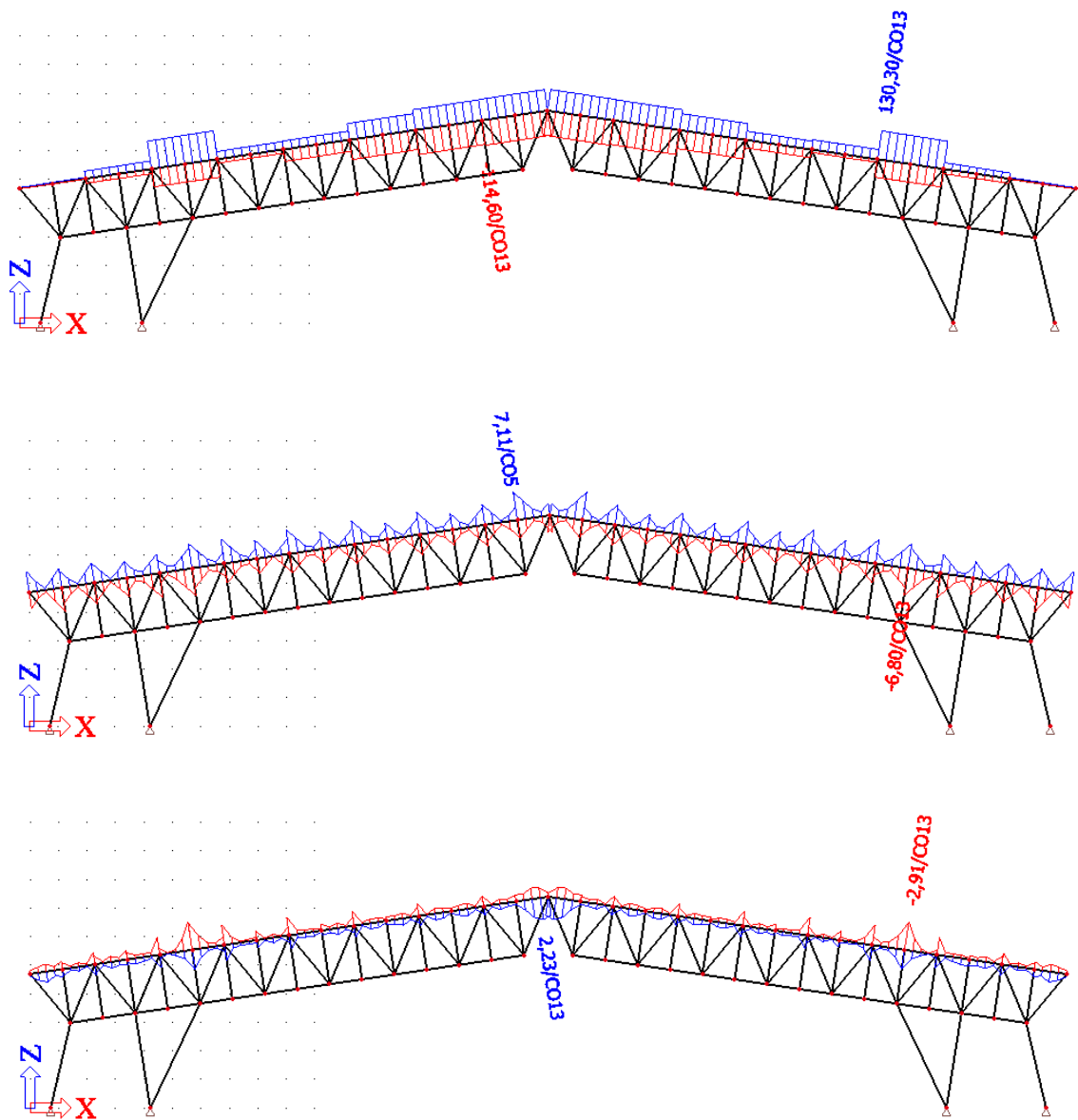
Následující návrhy prvků příhradového nosníku se týkají libovolného nosníku UVNITŘ objektu (tj. se zatěžovací šířkou 7 metrů) – štítový nosník (zatěžovací šířka 3,5 metru) bude posouzen v další části návrhu.

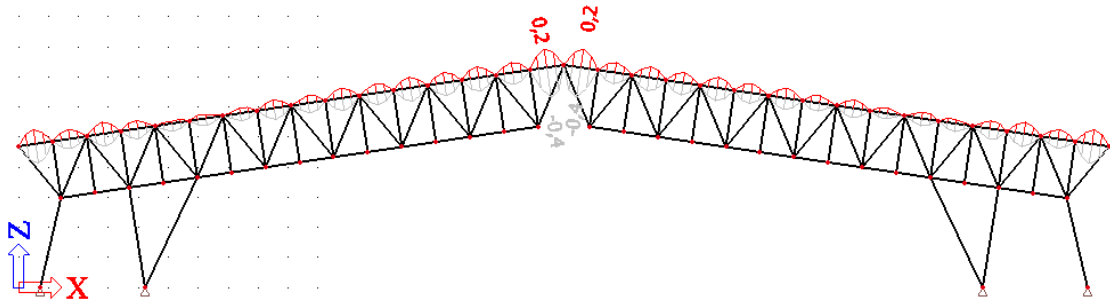
Jelikož na příhradovém nosníku jsou rozhodující zejména normálové síly, majorita prvků bude posuzována na tah a tlak.

## 3.3.1. Prvek 1: horní pás



Obr. 36: Horní pás příhradoviny, barevně odlišené jednotlivé vzpěrné délky horního pásu (výšek)





Obr.37: Vnitřní síly horního pásu (N tah/tlak, V, M, průhyb)

### 3.3.1.1 Průřezové charakteristiky

	150x180	
b	150	mm
h	180	mm
l	1150	mm
$A = b \cdot h$	27000	mm <sup>2</sup>
$I_y = 1/12 \cdot b \cdot h^3$	72900000	mm <sup>4</sup>
$I_z = 1/12 \cdot h \cdot b^3$	50625000	mm <sup>4</sup>
$W_y = 1/6 \cdot b \cdot h^2$	1620000	mm <sup>3</sup>
$W_z = 1/6 \cdot h \cdot b^2$	1350000	mm <sup>3</sup>
$i_y = h / \sqrt{12}$	51,9615242	mm
$i_z = b / \sqrt{12}$	43,3012702	mm

Obr. 38: Průřezové charakteristiky horního pásu, „l“ je vzpěrná délka prvku

### 3.3.1.2 Průhyb

Vzpěrná délka prvku:	1150 mm		
Průhyb dle Scia:	0,4 mm		
Povolený průhyb l/350:	3,29 mm		
<b>POSOUZENÍ:</b>	0,4	<	3,29 [mm]
		VYHOVUJE	

Pozn. Vzorec l/350 je proto použit pro ověření všech částí konstrukce z lepeného lamelového dřeva. Vzorcem l/350 stojíme na straně bezpečnosti – průhyb by mohl být i větší.

### 3.3.1.3 Posouzení pevnosti v tahu

Jelikož při různých zatíženích prvky mohou být namáhány tahem i tlakem, bude třeba posoudit všechny prvky na tah i na tlak.

$$N_{R,d} = A \cdot f_{t,0,d} \geq N_{E,d} \quad (N_{R,d} = A \cdot f_{t,90,d} \geq N_{E,d})$$

Obr. 39: Vzorec pro posouzení pevnosti v tahu rovnoběžně s vlákny (kolmo k vláknům)

b	150 mm			
h	180 mm			
síla N	130,3 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia		
$f_{t,0,d}$	14,4 N/mm <sup>2</sup>			
$N_{R,d} = A \cdot f_{t,0,d} \geq N_{E,d}$				
	388800	>	130300 [N]	VYHOVUJE

### 3.3.1.4 Posouzení pevnosti v tlaku

#### 3.3.1.4.1 Pevnost v prostém tlaku

$$N_{R,d} = A \cdot f_{c,0,d} \geq N_{E,d} \quad (N_{R,d} = A \cdot f_{c,90,d} \geq N_{E,d})$$

Obr. 40: Vzorec pro posouzení pevnosti v prostém tlaku rovnoběžně s vlákny (kolmo k vláknům)

b	150 mm			
h	180 mm			
síla N	114,6 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia		
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>			
$N_{R,d} = A \cdot f_{c,0,d} \geq N_{E,d}$				
	501120	>	114600 [N]	VYHOVUJE

#### 3.3.1.4.2 Pevnost ve vzpěrném tlaku

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

kde  $\sigma_{c,0,d}$  je návrhové napětí v tlaku;

$f_{c,0,d}$  - návrhová pevnost;

$k_{c,z}$ ,  $k_{c,y}$  - součinitelé vzpěrnosti.

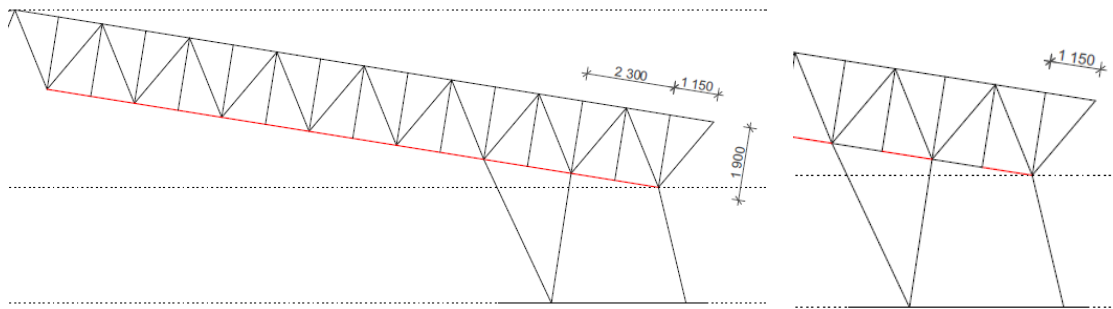
Obr. 41: Podmínka pro vzpěrný tlak

Kde:

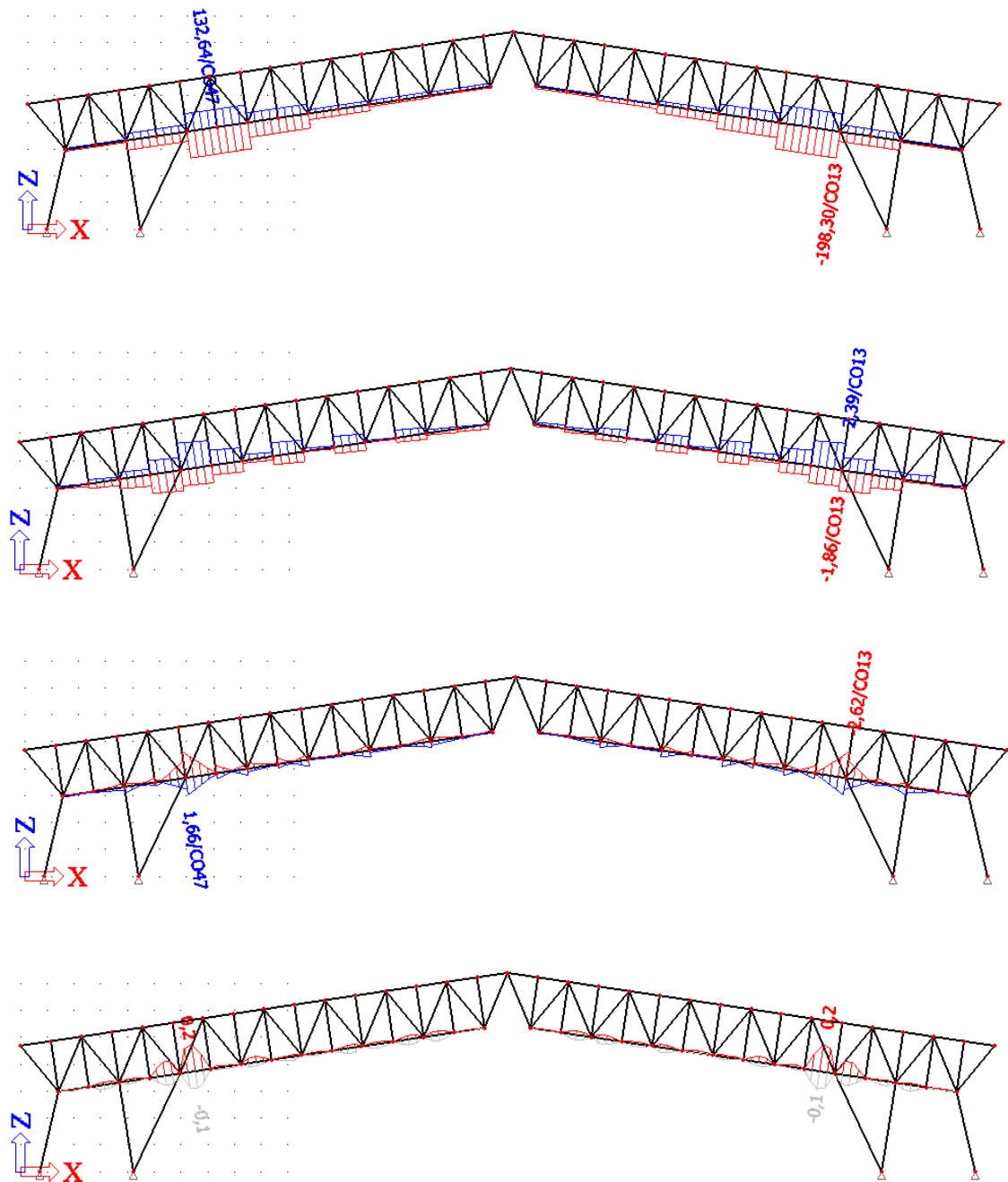
$\beta_c = 0,1$  (pro lepené lamelové dřevo)

b	150 mm					
h	180 mm					
l	1150 mm					
síla N	114,6 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia				
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>					
i(y)	51,96 mm					
i(z)	43,30 mm					
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	4,244 Mpa				Normálové napětí v tlaku
$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$	=	22,132 (pro y)	26,558 (pro z)			Štíhlostní poměr
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	223,662 (pro y)	155,320 (pro z)		[Mpa]	
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	0,360	0,432			
$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$	=	0,568	0,600			Součinitel vzpěrnosti
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,993	0,984			
<b>POSOUZENÍ:</b>		$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$				
	pro y	0,230 <	1			VYHOVUJE
	pro z	0,232 <	1			VYHOVUJE

3.3.2 Prvek 2: dolní pás



Obr. 42: Dolní pás příhradoviny, barevně odlišené jednotlivé vzpěrné délky dolního pásu (výšek)



Obr. 43: Vnitřní síly dolního pásu (N tah/tlak, V, M, průhyb)



## 3.3.2.1 Průřezové charakteristiky

	150x180	
b	150	mm
h	180	mm
l	1150	mm
$A = b \cdot h$	27000	mm <sup>2</sup>
$I_y = 1/12 \cdot b \cdot h^3$	72900000	mm <sup>4</sup>
$I_z = 1/12 \cdot h \cdot b^3$	50625000	mm <sup>4</sup>
$W_y = 1/6 \cdot b \cdot h^2$	1620000	mm <sup>3</sup>
$W_z = 1/6 \cdot h \cdot b^2$	1350000	mm <sup>3</sup>
$i_y = h/\sqrt{12}$	51,9615242	mm
$i_z = b/\sqrt{12}$	43,3012702	mm

Obr. 44: Průřezové charakteristiky horního pásu, „l“ je vzpěrná délka prvku

## 3.3.2.2 Průhyb

Vzpěrná délka prvku:	1150 mm		
Průhyb dle Scia:	0,2 mm		
Povolený průhyb l/350:	3,29 mm		
<b>POSOUZENÍ:</b>	0,2	<	3,29 [mm]
		VYHOVUJE	

## 3.3.2.3 Posouzení pevnosti v tahu

b	150 mm		
h	180 mm		
síla N	132,64 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia	
$f_{t,0,d}$	14,4 N/mm <sup>2</sup>		
	$N_{R,d} = A \cdot f_{t,0,d} \geq N_{E,d}$		
	388800	>	132640 [N] VYHOVUJE

## 3.3.2.4 Posouzení pevnosti v tlaku

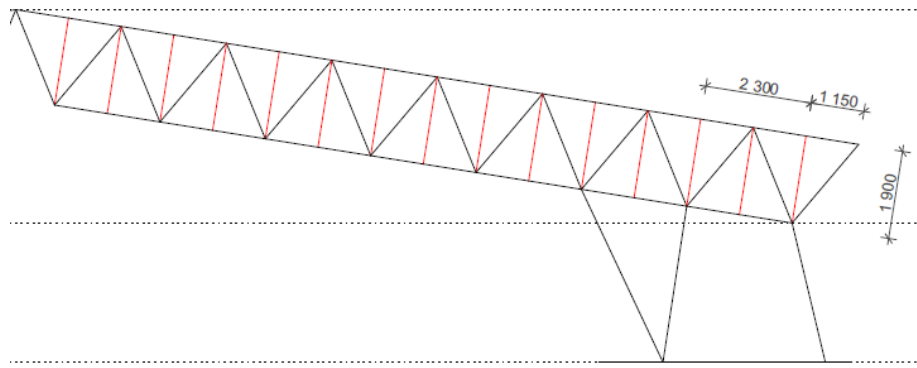
## 3.3.2.4.1 Pevnost v prostém tlaku

b	150 mm		
h	180 mm		
síla N	198,3 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia	
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>		
	$N_{R,d} = A \cdot f_{c,0,d} \geq N_{E,d}$		
	501120	>	198300 [N] VYHOVUJE

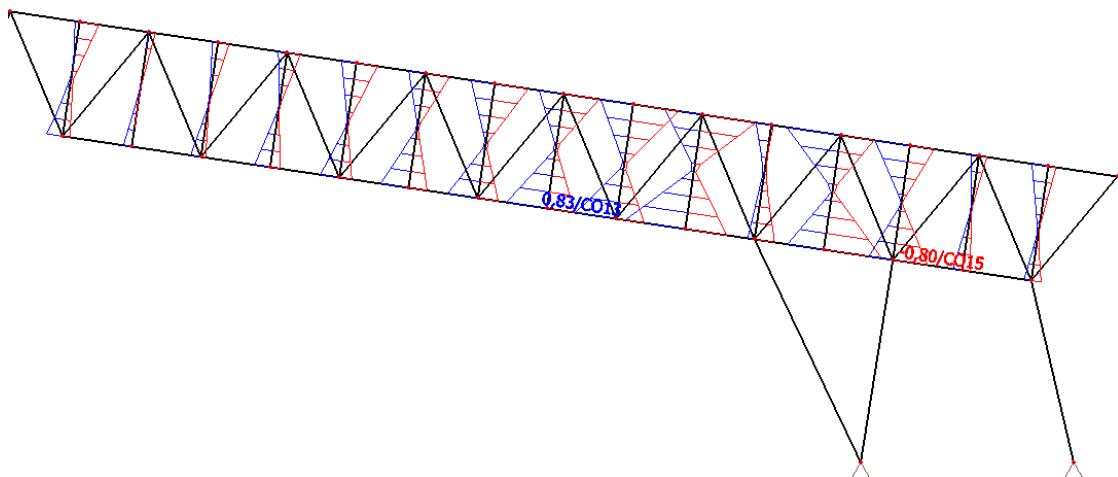
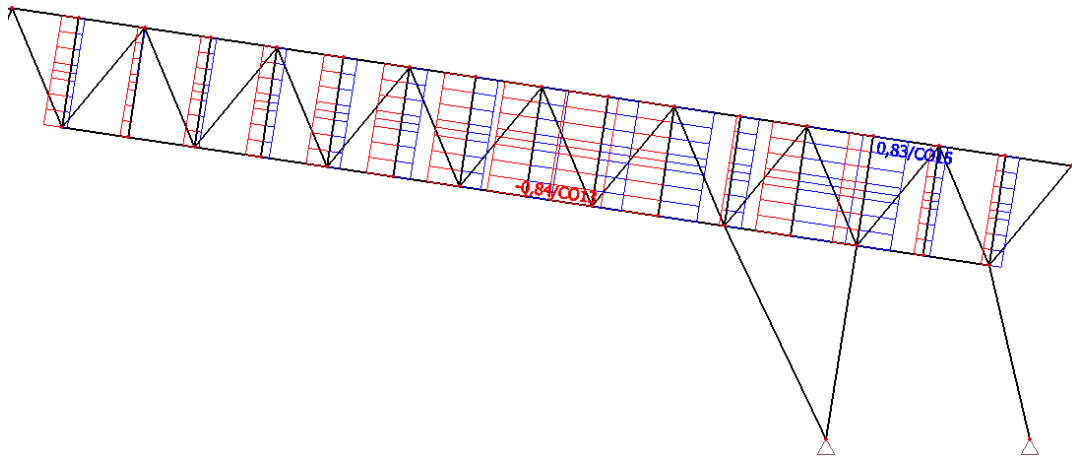
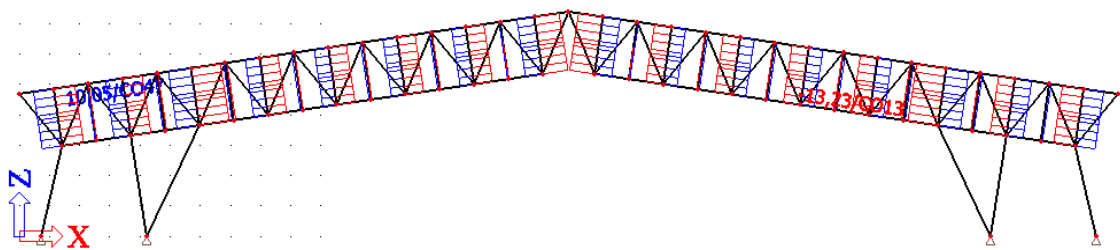
## 3.3.2.4.2 Pevnost ve vzpěrném tlaku

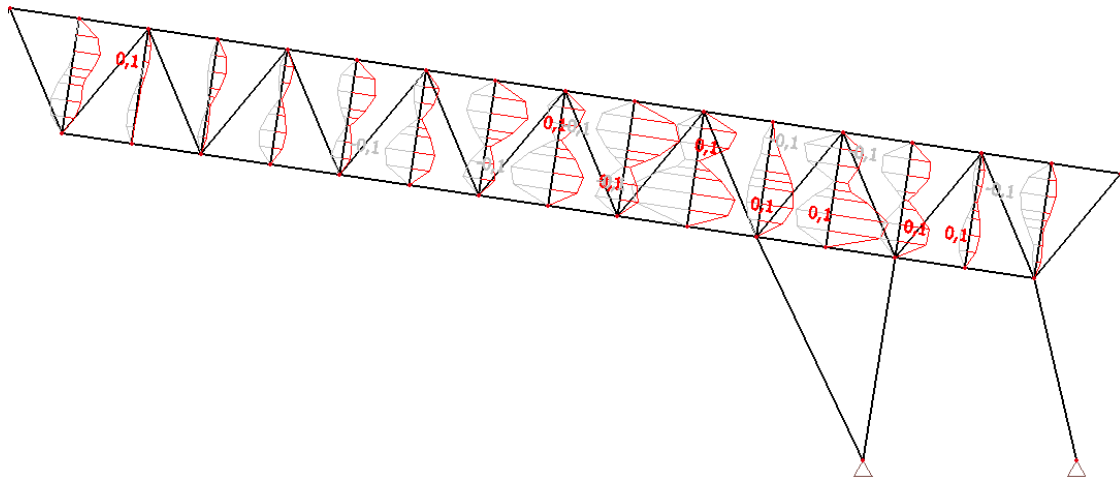
b	150 mm					
h	180 mm					
l	1150 mm					
síla N	198,3 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia				
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>					
i(y)	51,96 mm					
i(z)	43,30 mm					
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	7,344 Mpa				Normálové napětí v tlaku
$\lambda = \frac{\ell_{ef}}{i}$	=	22,132 (pro y)	26,558 (pro z)			Štíhlostní poměr
$\sigma_{c,ent} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	223,662 (pro y)	155,320 (pro z)		[Mpa]	
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,ent}}}$	=	0,360	0,432			
$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$	=	0,568	0,600			Součinitel vzpěrnosti
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,993	0,984			
<b>POSOUZENÍ:</b>		$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$				
pro y	0,398 <	1		VYHOVUJE		
pro z	0,402 <	1		VYHOVUJE		

## 3.3.3 Prvek 3: svislice



Obr. 45: Svislice příhradového nosníku





Obr. 46: Vnitřní síly dolního pásu (N tah/tlak, V, M, průhyb)

### 3.3.3.1 Průřezové charakteristiky

	120x150	
b	120	mm
h	150	mm
l	1900	mm
$A = b \cdot h$	18000	mm <sup>2</sup>
$I_y = 1/12 \cdot b \cdot h^3$	33750000	mm <sup>4</sup>
$I_z = 1/12 \cdot h \cdot b^3$	21600000	mm <sup>4</sup>
$W_y = 1/6 \cdot b \cdot h^2$	900000	mm <sup>3</sup>
$W_z = 1/6 \cdot h \cdot b^2$	720000	mm <sup>3</sup>
$i_y = h / \sqrt{12}$	43,3012702	mm
$i_z = b / \sqrt{12}$	34,6410162	mm

Obr. 47: Průřezové charakteristiky horního pásu, „l“ je vzpěrná délka prvku

### 3.3.3.2 Průhyb

Vzpěrná délka prvku:	1900	mm	
Průhyb dle Scia:	0,1	mm	
Povolený průhyb $l/350$ :	5,43	mm	
<b>POSOUZENÍ:</b>	0,1	<	5,43 [mm]
		VYHOVUJE	

## 3.3.3.3 Posouzení pevnosti v tahu

b	120 mm			
h	150 mm			
síla N	10,05 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia		
$f_{t,0,d}$	14,4 N/mm <sup>2</sup>			
$N_{R,d} = A \cdot f_{t,0,d} \geq N_{E,d}$				
	259200	>	10050 [N]	VYHOVUJE

## 3.3.3.4 Posouzení pevnosti v tlaku

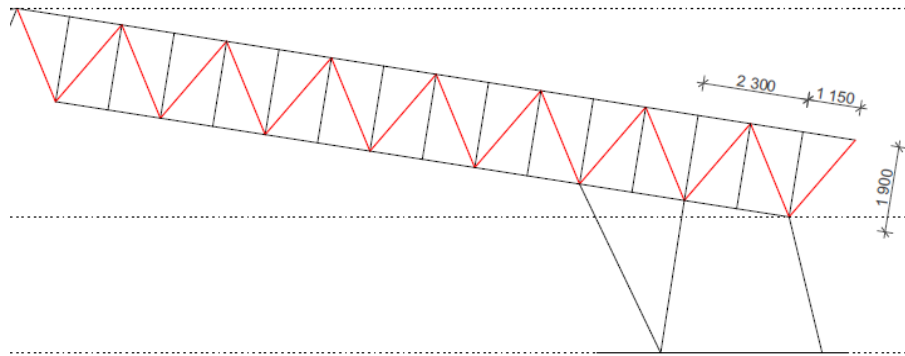
## 3.3.3.4.1 Pevnost v prostém tlaku

b	120 mm			
h	150 mm			
síla N	13,23 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia		
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>			
$N_{R,d} = A \cdot f_{c,0,d} \geq N_{E,d}$				
	334080	>	13230 [N]	VYHOVUJE

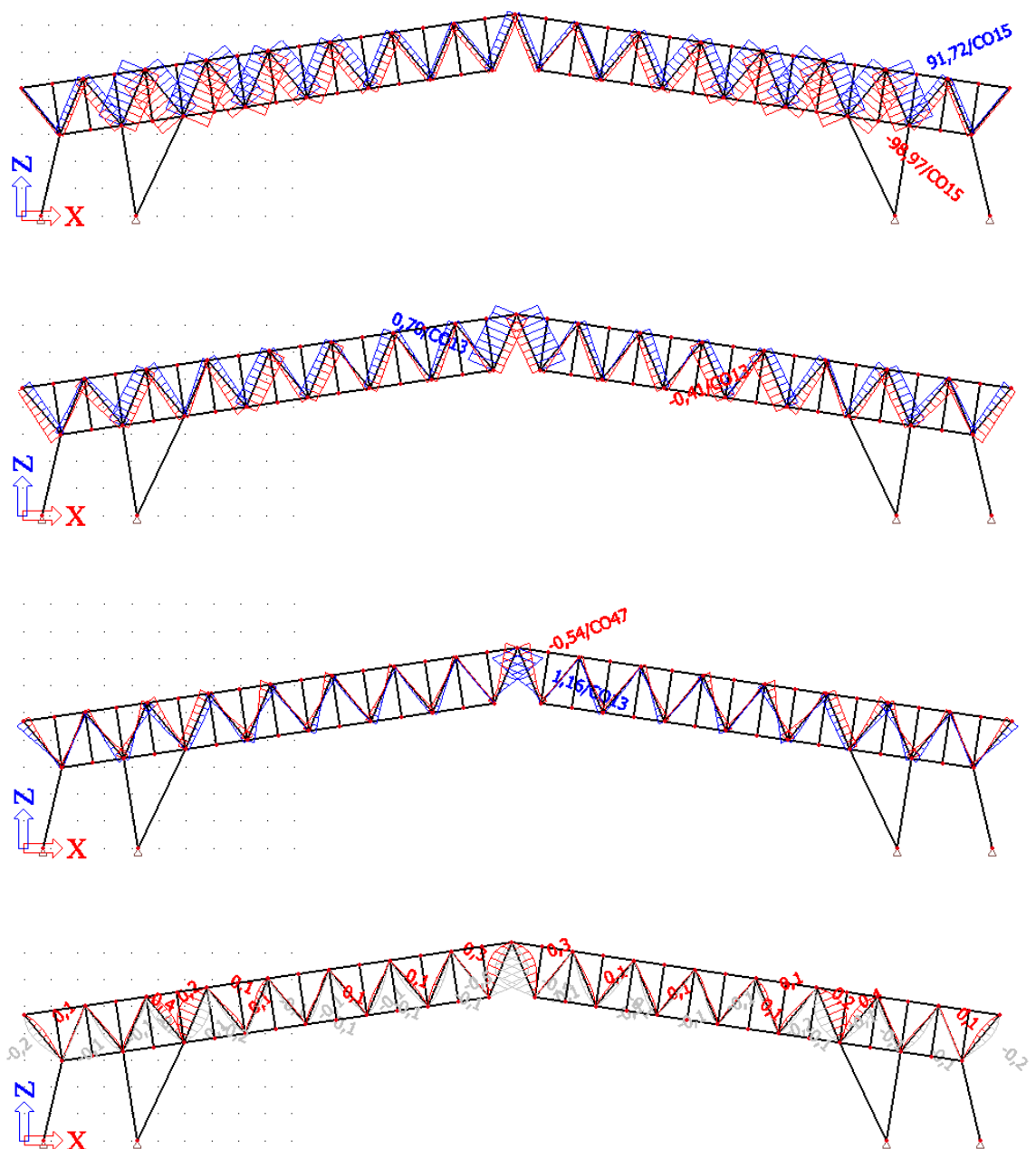
## 3.3.3.4.2 Pevnost ve vzpěrném tlaku

b	120 mm			
h	150 mm			
l	1900 mm			
síla N	13,23 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia		
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>	
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>			
i(y)	43,30 mm			
i(z)	34,64 mm			
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	0,735 Mpa		Normálové napětí v tlaku
$\lambda = \frac{\ell_{ef}}{i}$	=	43,879 (pro y)	54,848 (pro z)	Štíhlostní poměr
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	56,901 (pro y)	36,416 (pro z)	[Mpa]
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	0,714	0,892	
$k = 0,5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2 \right]$	=	0,776	0,928	Součinitel vzpěrnosti
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,927	0,846	
<b>POSOUZENÍ:</b>		$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$		
pro y	0,043 <	1	VYHOVUJE	
pro z	0,047 <	1	VYHOVUJE	

3.3.4 Prvek 4: diagonála



Obr. 48: Diagonály příhradového nosníku



Obr. 49: Vnitřní síly v diagonálách (N tah/tlak, V, M, průhyb)

## 3.3.4.1 Průřezové charakteristiky

	150x150	
b	150	mm
h	150	mm
l	2220	mm
$A = b \cdot h$	22500	mm <sup>2</sup>
$I_y = 1/12 \cdot b \cdot h^3$	42187500	mm <sup>4</sup>
$I_z = 1/12 \cdot h \cdot b^3$	42187500	mm <sup>4</sup>
$W_y = 1/6 \cdot b \cdot h^2$	1125000	mm <sup>3</sup>
$W_z = 1/6 \cdot h \cdot b^2$	1125000	mm <sup>3</sup>
$i_y = h/\sqrt{12}$	43,3012702	mm
$i_z = b/\sqrt{12}$	43,3012702	mm

Obr. 50: Průřezové charakteristiky horního pásu, „l“ je vzpěrná délka prvku

## 3.3.4.2 Průhyb

Vzpěrná délka prvku:	2220 mm		
Průhyb dle Scia:	0,5 mm		
Povolený průhyb l/350:	6,34 mm		
<b>POSOUZENÍ:</b>	0,5	<	6,34 [mm]
		VYHOVUJE	

## 3.3.4.3 Posouzení pevnosti v tahu

b	150 mm		
h	150 mm		
síla N	91,72 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia	
$f_{t,0,d}$	14,4 N/mm <sup>2</sup>		
	$N_{R,d} = A \cdot f_{t,0,d} \geq N_{E,d}$		
	324000	>	91720 [N] VYHOVUJE

## 3.3.4.4 Posouzení pevnosti v tlaku

## 3.3.4.1 Pevnost v prostém tlaku

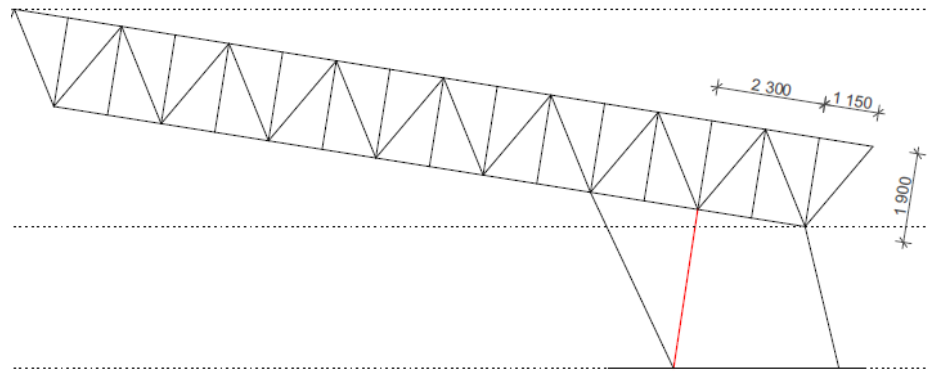
b	150 mm		
h	150 mm		
síla N	98,97 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia	
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>		
	$N_{R,d} = A \cdot f_{c,0,d} \geq N_{E,d}$		
	417600	>	98970 [N] VYHOVUJE

## 3.3.4.2 Pevnost ve vzpěrném tlaku

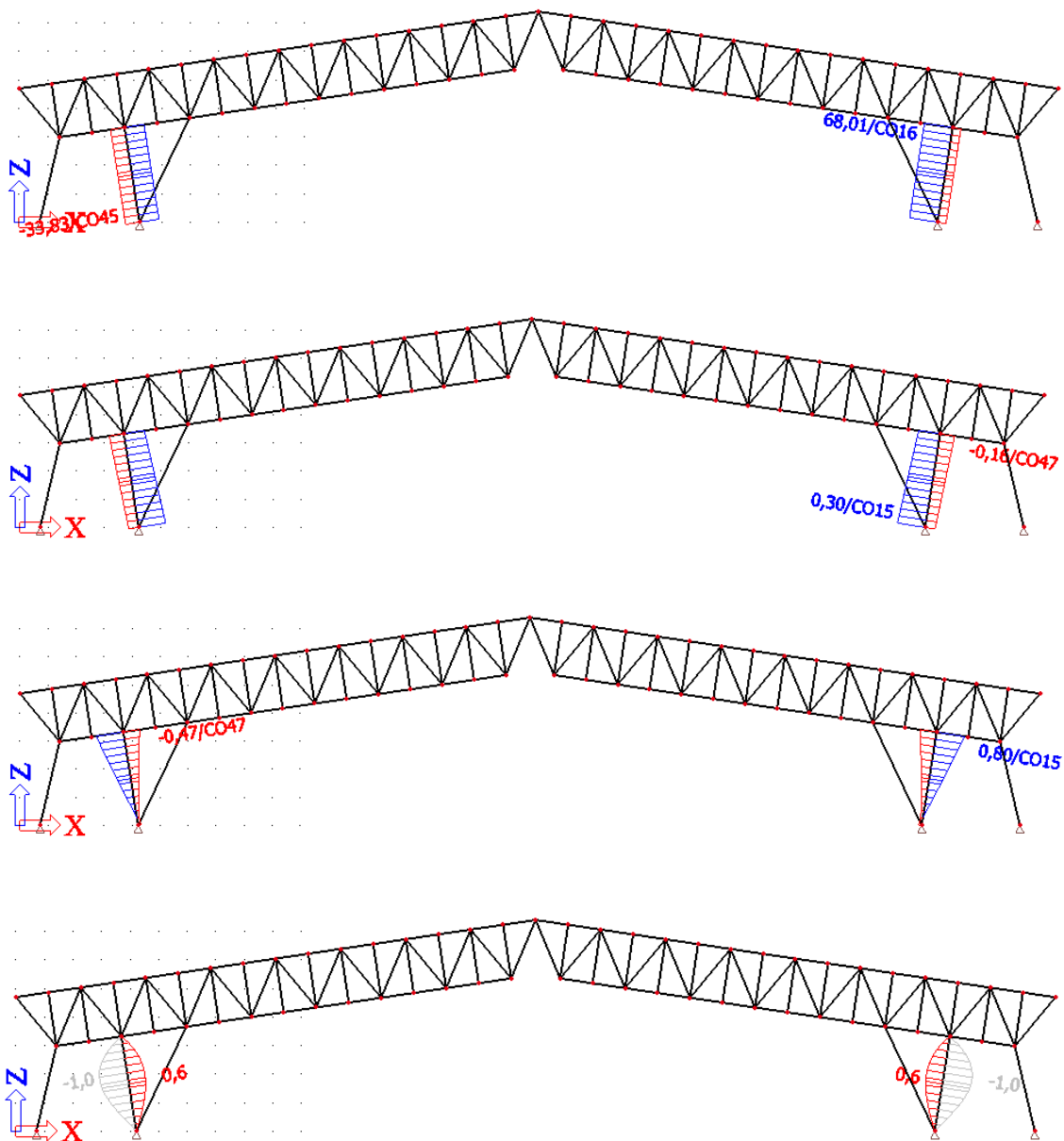
b	150 mm					
h	150 mm					
l	2220 mm					
síla N	98,97 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia				
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>					
i(y)	43,30 mm					
i(z)	43,30 mm					
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	4,399 Mpa				Normálové napětí v tlaku
$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$	=	51,269 (pro y)	51,269 (pro z)			Štíhlostní poměr
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	41,679 (pro y)	41,679 (pro z)		[Mpa]	
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	0,834	0,834			
$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$		0,875	0,875			Součinitel vzpěrnosti
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,879	0,879			
<b>POSOUZENÍ:</b>		$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$				
	pro y	0,270 <	1			VYHOVUJE
	pro z	0,270 <	1			VYHOVUJE



3.3.5 Prvek 5: táhlo stojiny



Obr. 51: Táhlo stojiny haly



Obr. 52: Vnitřní síly v diagonálách (N tah/tlak, V, M, průhyb)

## 3.3.5.1 Průřezové charakteristiky

	150x150	
b	150	mm
h	150	mm
l	3400	mm
$A = b \cdot h$	22500	mm <sup>2</sup>
$I_y = 1/12 \cdot b \cdot h^3$	42187500	mm <sup>4</sup>
$I_z = 1/12 \cdot h \cdot b^3$	42187500	mm <sup>4</sup>
$W_y = 1/6 \cdot b \cdot h^2$	1125000	mm <sup>3</sup>
$W_z = 1/6 \cdot h \cdot b^2$	1125000	mm <sup>3</sup>
$i_y = h/\sqrt{12}$	43,3012702	mm
$i_z = b/\sqrt{12}$	43,3012702	mm

Obr. 53: Průřezové charakteristiky horního pásu, „l“ je vzpěrná délka prvku

## 3.3.5.2 Průhyb

Vzpěrná délka prvku:	3400	mm		
Průhyb dle Scia:	1	mm		
Povolený průhyb l/350:	9,71	mm		
<b>POSOUZENÍ:</b>	1	<	9,71 [mm]	
		VYHOVUJE		

## 3.3.5.3 Posouzení pevnosti v tahu

b	150	mm		
h	150	mm		
síla N	68,01	kN	Největší síla na daném prutu dle Scia	
$f_{t,0,d}$	14,4	N/mm <sup>2</sup>		
$N_{R,d} = A \cdot f_{t,0,d} \geq N_{E,d}$				
	324000	>	68010 [N]	VYHOVUJE

## 3.3.5.4 Posouzení pevnosti v tlaku

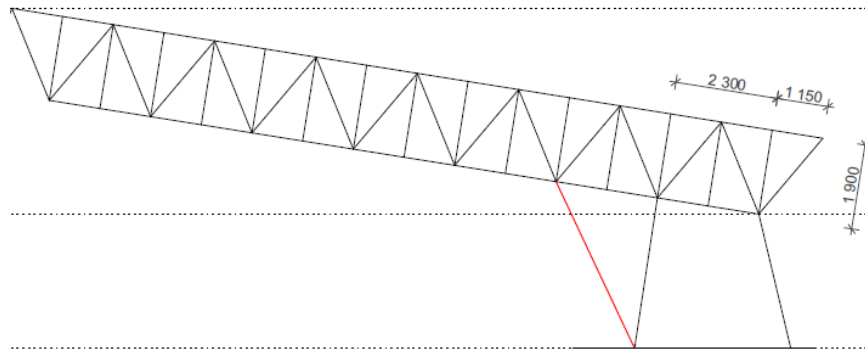
## 3.3.5.4.1 Pevnost v prostém tlaku

b	150	mm		
h	150	mm		
síla N	33,83	kN	Největší síla na daném prutu dle Scia	
$f_{c,0,d}$	18,56	N/mm <sup>2</sup>		
$N_{R,d} = A \cdot f_{c,0,d} \geq N_{E,d}$				
	417600	>	33830 [N]	VYHOVUJE

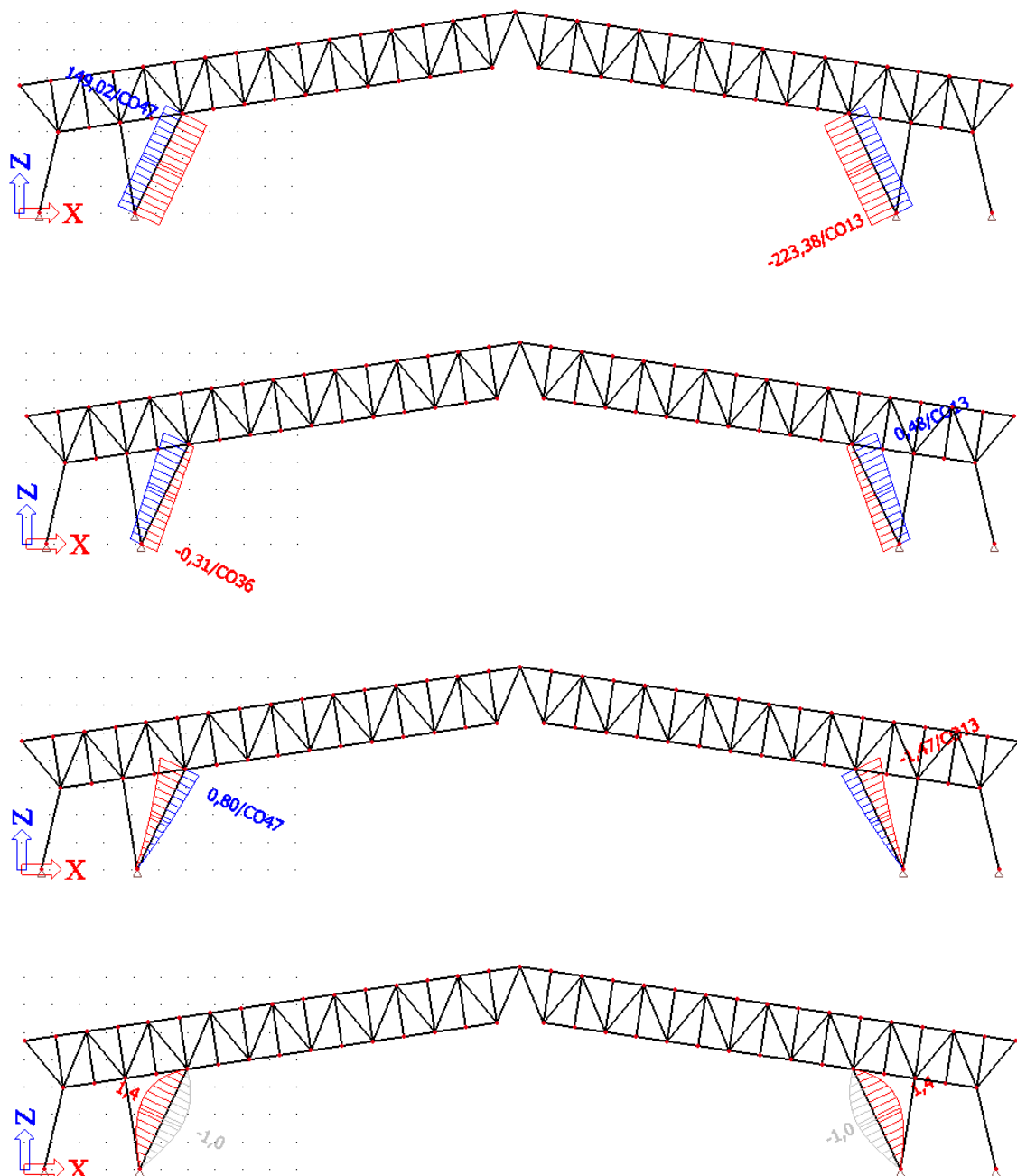
## 3.3.5.4.2 Pevnost ve vzpěrném tlaku

b	150 mm				
h	150 mm				
l	3400 mm				
síla N	33,83 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia			
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>		
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>				
i(y)	43,30 mm				
i(z)	43,30 mm				
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	1,504 Mpa			Normálové napětí v tlaku
$\lambda = \frac{\ell_{ef}}{i}$	=	78,520 (pro y)	78,520 (pro z)		Štíhlostní poměr
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	17,769 (pro y)	17,769 (pro z)	[Mpa]	
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	1,278	1,278		
$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$	=	1,365	1,365		Součinitel vzpěrnosti
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,542	0,542		
<b>POSOUZENÍ:</b>		$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$			
pro y	0,149 <	1		VYHOVUJE	
pro z	0,149 <	1		VYHOVUJE	

3.3.6 Prvek 6: stojina



Obr. 54: Stojina haly



Obr. 55: Vnitřní síly v diagonálách (N tah/tlak, V, M, průhyb)

## 3.3.6.1 Průřezové charakteristiky

	150x180	
b	150	mm
h	180	mm
l	4120	mm
$A = b \cdot h$	27000	mm <sup>2</sup>
$I_y = 1/12 \cdot b \cdot h^3$	72900000	mm <sup>4</sup>
$I_z = 1/12 \cdot h \cdot b^3$	50625000	mm <sup>4</sup>
$W_y = 1/6 \cdot b \cdot h^2$	1620000	mm <sup>3</sup>
$W_z = 1/6 \cdot h \cdot b^2$	1350000	mm <sup>3</sup>
$i_y = h/\sqrt{12}$	51,9615242	mm
$i_z = b/\sqrt{12}$	43,3012702	mm

Obr. 56: Průřezové charakteristiky horního pásu, „l“ je vzpěrná délka prvku

## 3.3.6.2 Průhyb

Vzpěrná délka prvku:	4120 mm		
Průhyb dle Scia:	1,4 mm		
Povolený průhyb l/350:	11,77 mm		
<b>POSOUZENÍ:</b>	1,4	<	11,77 [mm]
		VYHOVUJE	

## 3.3.6.3 Posouzení pevnosti v tahu

b	150 mm			
h	180 mm			
síla N	149,02 kN		Největší síla na daném prutu dle Scia	
$f_{t,0,d}$	14,4 N/mm <sup>2</sup>			
	$N_{R,d} = A \cdot f_{t,0,d} \geq N_{E,d}$			
	388800	>	149020 [N]	VYHOVUJE

## 3.3.6.4 Posouzení pevnosti v tlaku

## 3.3.6.4.1 Pevnost v prostém tlaku

b	150 mm			
h	180 mm			
síla N	223,38 kN		Největší síla na daném prutu dle Scia	
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>			
	$N_{R,d} = A \cdot f_{c,0,d} \geq N_{E,d}$			
	501120	>	223380 [N]	VYHOVUJE

## 3.3.6.4.2 Pevnost ve vzpěrném tlaku

b	150 mm				
h	180 mm				
l	4120 mm				
síla N	223,38 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia			
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>		
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>				
i(y)	51,96 mm				
i(z)	43,30 mm				
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	8,273 Mpa			Normálové napětí v tlaku
$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$	=	79,289 (pro y)	95,147 (pro z)		Štíhlostní poměr
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	17,426 (pro y)	12,101 (pro z)	[Mpa]	
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	1,290	1,548		
$k = 0,5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2 \right]$	=	1,382	1,761		Součinitel vzpěrnosti
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,533	0,385		
<b>POSOUZENÍ:</b>	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$				
pro y	0,836 <	1			VYHOVUJE
pro z	1,159 <	1			NEVYHOVUJE

Ve vzpěrném tlaku prvek nevyhoví, bude proto třeba zvětšit průřez stojiny. Konkrétně tedy:

**150x180 → 150x250**

Jelikož prvek při předchozích posouzeních vyhověl, nebude třeba je opakovat, protože vlastní tíha prvku tvoří pouze malé, téměř zanedbatelné procento výsledných vnitřních sil.

## 3.3.6.5 Průřezové charakteristiky (nový průřez)

	150x250	
b	150	mm
h	250	mm
l	4120	mm
A = b*h	37500	mm <sup>2</sup>
$I_y = 1/12*b*h^3$	195312500	mm <sup>4</sup>
$I_z = 1/12*h*b^3$	70312500	mm <sup>4</sup>
$W_y = 1/6*b*h^2$	3125000	mm <sup>3</sup>
$W_z = 1/6*h*b^2$	1875000	mm <sup>3</sup>
$i_y = h/\sqrt{12}$	72,1687836	mm
$i_z = b/\sqrt{12}$	43,3012702	mm

Obr. 57: Průřezové charakteristiky horního pásu – nový průřez

## 3.3.6.6 Pevnost ve vzpěrném tlaku (nový průřez)

b	150 mm				
h	250 mm				
l	4120 mm				
síla N	223,36 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia			
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>		
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>				
i(y)	72,17 mm				
i(z)	43,30 mm				
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	5,956 Mpa			Normálové napětí v tlaku
$\lambda = \frac{\ell_{ef}}{i}$	=	57,088 (pro y)	95,147 (pro z)		Štíhlostní poměr
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	33,615 (pro y)	12,101 (pro z)	[Mpa]	
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	0,929	1,548		
$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$		0,963	1,761		Součinitel vzpěrnosti
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,822	0,385		
<b>POSOUZENÍ:</b>		$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$			
pro y	0,390 <	1		VYHOVUJE	
pro z	0,834 <	1		VYHOVUJE	

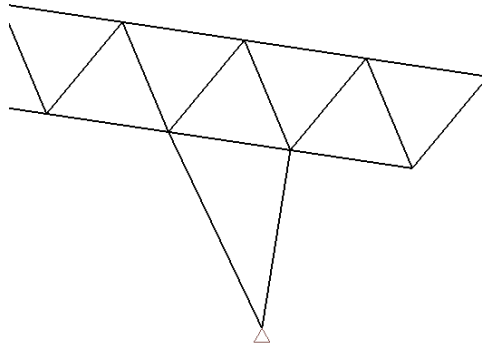
## 3.3.7 Rozměry jednotlivých prvků

Prvek	Rozměry [mm]	Vzpěrná délka prvku [mm]
Horní pás	150/180	1150
Dolní pás	150/180	1150
Svislice	120/150	1900
Diagonála	150/150	2220
Táhlo stojiny	150/150	3400
Stojina	150/250	4120

Tab. 4: Rozměry jednotlivých prvků z lepeného lamelového dřeva GL32h

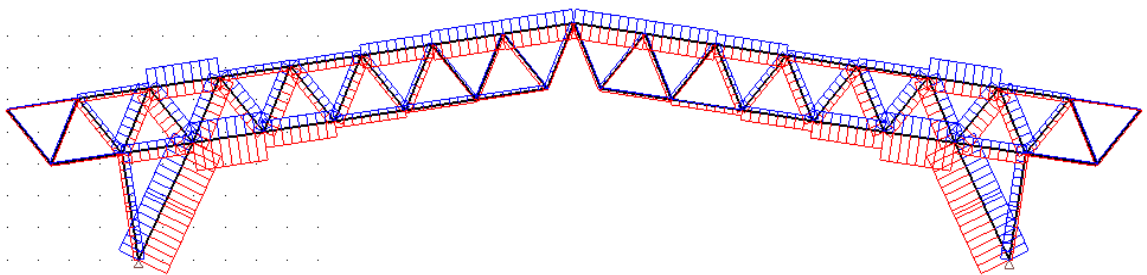
## 4. Zjednodušení konstrukce, dimenzování

Jelikož jsou v některých částech konstrukce relativně malé vnitřní síly ( $N$ ,  $V$ ,  $M$ ) a osazení těchto prvků do konstrukce by z hlediska spojů bylo velmi náročné, dojde k zjednodušení příhradové konstrukce a tedy i opětovnému dimenzování prvků.



Obr. 58: Část zjednodušené konstrukce

Nově bude konstrukce obsahovat pouze 5 částí z lepeného lamelového dřeva, které bude nutno posoudit. V tomto finálním výpočtu bude rovněž zohledněno rozličné zatížení jednotlivých prvků – dojde tedy k návrhu více různých průřezů tak, aby **průřezy vyhověly** a zároveň **byly ekonomicky šetrné**. Předběžně lze tedy počítat s několika velikostmi diagonál a pravděpodobně i se změnou průřezu horního a dolního pásu příhradové konstrukce.



Obr. 57: Normálové síly ve zjednodušené konstrukci

### 4.1 Vstupní údaje

Nebudeme prvky opětovně znovu předběžně dimenzovat. Nejprve se přesvědčíme, zda již navržené průřezy nevyhoví i na zjednodušené konstrukci.



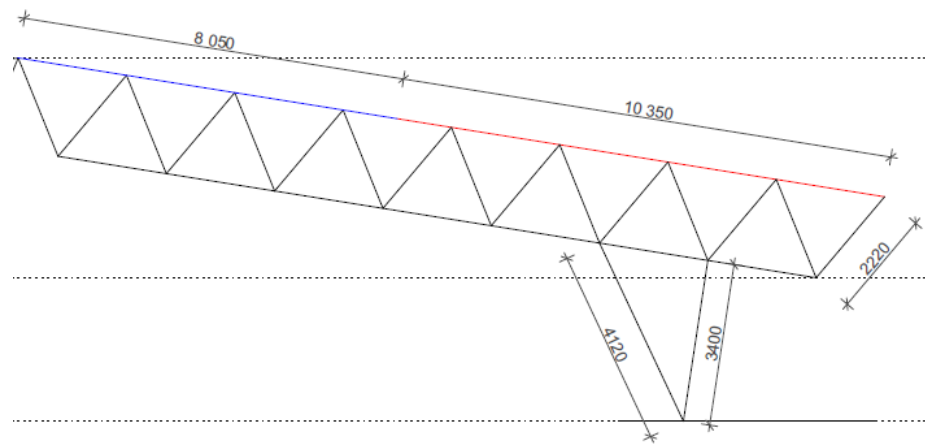
<b>Prvek</b>	<b>Rozměry [mm]</b>	<b>Vzpěrná délka prvku [mm]</b>
Horní pás	150/180	2300
Dolní pás	150/180	2300
Diagonála	150/150	2220
Táhlo stojiny	150/150	3400
Stojina	150/250	4120

Tab. 5: Rozměry jednotlivých prvků z lepeného lamelového dřeva GL32h

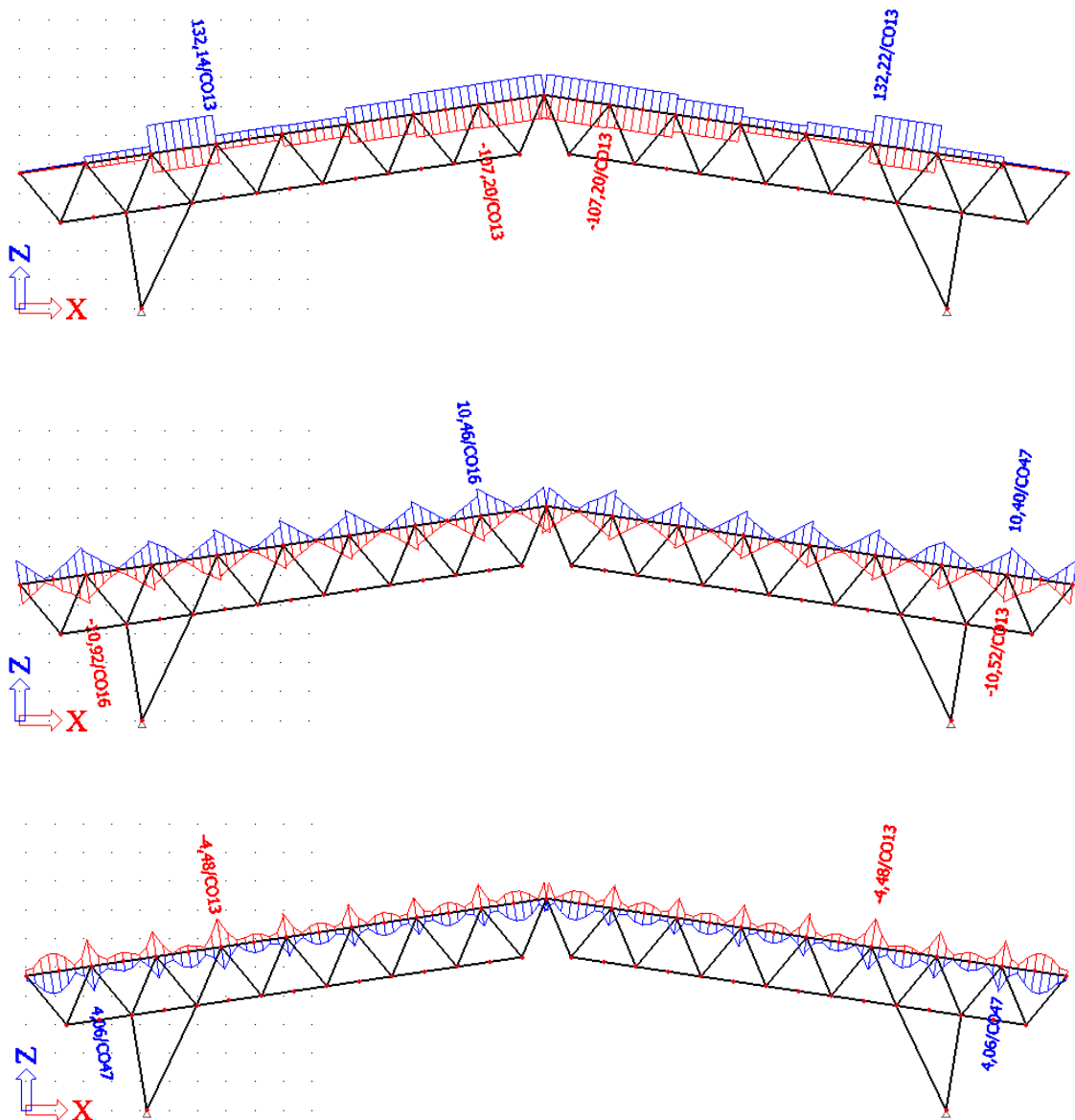
#### 4.2 Materiálové charakteristiky

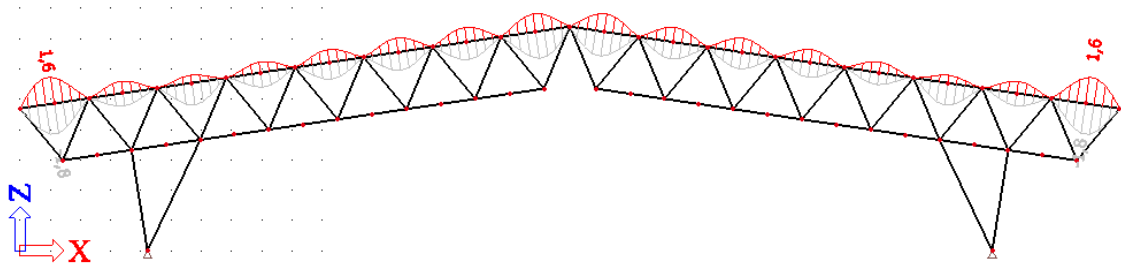
- zůstávají stejné jako u složitějšího typu konstrukce – viz kapitola 3.2.

## 4.3 Prvek 1: horní pás – nosník uvnitř objektu



Obr. 58: Horní pás, barevně rozdělen na dvě části kvůli převozu na stavbu, dle průběhu normálové síly





Obr. 59: Vnitřní síly v horním pasu (N tah/tlak, V, M, průhyb)

#### 4.3.1 Průřezové charakteristiky

	150x180	
b	150	mm
h	180	mm
l	2300	mm
$A = b \cdot h$	27000	mm <sup>2</sup>
$I_y = 1/12 \cdot b \cdot h^3$	72900000	mm <sup>4</sup>
$I_z = 1/12 \cdot h \cdot b^3$	50625000	mm <sup>4</sup>
$W_y = 1/6 \cdot b \cdot h^2$	1620000	mm <sup>3</sup>
$W_z = 1/6 \cdot h \cdot b^2$	1350000	mm <sup>3</sup>
$i_y = h/\sqrt{12}$	51,9615242	mm
$i_z = b/\sqrt{12}$	43,3012702	mm

Obr. 60: Průřezové charakteristiky prvku

#### 4.3.2 Průhyb

Vzpěrná délka prvku:	1300 mm		
Průhyb dle Scia:	1,8 mm		
Povolený průhyb l/350:	3,71 mm		
<b>POSOUZENÍ:</b>	1,8	<	3,71 [mm]
		VYHOVUJE	

#### 4.3.3 Posouzení pevnosti v tahu

Jelikož se při různých zatíženích prvky mohou být namáhány tahem i tlakem, bude třeba posoudit všechny prvky na tah i na tlak.

$$N_{R,d} = A \cdot f_{t,0,d} \geq N_{E,d} \quad (N_{R,d} = A \cdot f_{t,90,d} \geq N_{E,d})$$

Obr. 61: Vzorec pro posouzení pevnosti v tahu rovnoběžně s vlákny (kolmo k vláknům)

b	150 mm			
h	180 mm			
síla N	132,22 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia		
$f_{t,0,d}$	14,4 N/mm <sup>2</sup>			
$N_{R,d} = A \cdot f_{t,0,d} \geq N_{E,d}$				
	388800	>	132220 [N]	VYHOVUJE

#### 4.3.4 Posouzení pevnosti v tlaku

##### 4.3.4.1 Pevnost v prostém tlaku

$$N_{R,d} = A \cdot f_{c,0,d} \geq N_{E,d} \quad (N_{R,d} = A \cdot f_{c,90,d} \geq N_{E,d})$$

Obr. 62: Vzorec pro posouzení pevnosti v prostém tlaku rovnoběžně s vlákny (kolmo k vláknům)

b	150 mm			
h	180 mm			
síla N	107,2 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia		
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>			
$N_{R,d} = A \cdot f_{c,0,d} \geq N_{E,d}$				
	501120	>	107200 [N]	VYHOVUJE

##### 4.3.4.2 Pevnost ve vzpěrném tlaku

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

kde  $\sigma_{c,0,d}$  je návrhové napětí v tlaku;

$f_{c,0,d}$  - návrhová pevnost;

$k_{c,z}$ ,  $k_{c,y}$  - součinitelé vzpěrnosti.

Obr. 63: Podmínka pro vzpěrný tlak

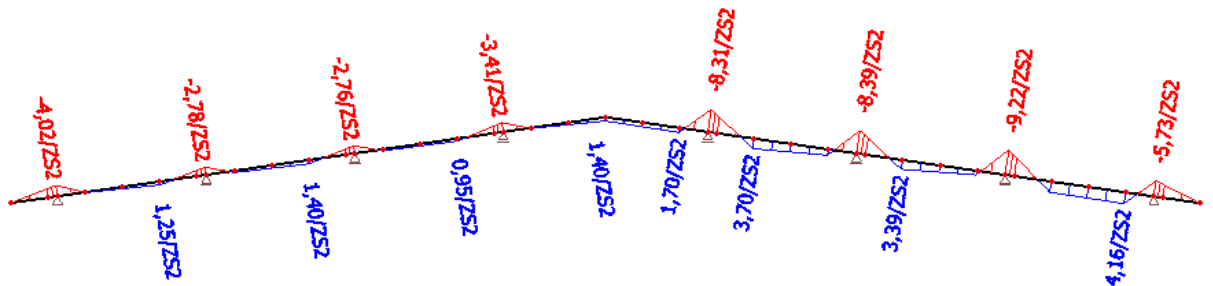
Kde:

$\beta_c = 0,1$  (pro lepené lamelové dřevo)

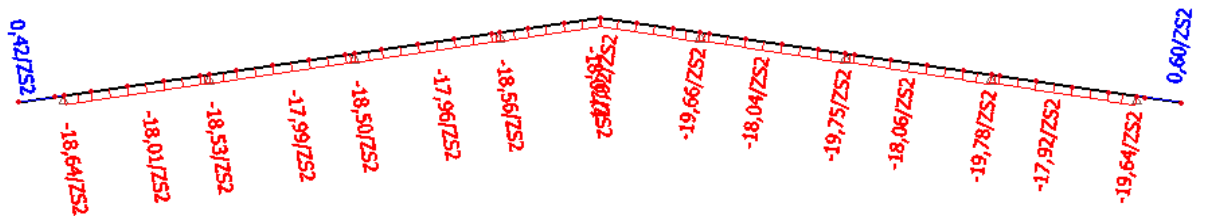
b	150 mm					
h	180 mm					
l	1300 mm					
síla N	107,2 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia				
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>					
i(y)	51,96 mm					
i(z)	43,30 mm					
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	3,970 Mpa				Normálové napětí v tlaku
$\lambda = \frac{\ell_{ef}}{i}$	=	25,019 (pro y)	30,022 (pro z)			Štíhlostní poměr
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	175,026 (pro y)	121,545 (pro z)		[Mpa]	
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	0,407	0,488			
$k = 0,5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2 \right]$	=	0,588	0,629			Součinitel vzpěrnosti
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,987	0,976			
<b>POSOUZENÍ:</b>		$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$				
pro y	0,217 <		1		VYHOVUJE	
pro z	0,219 <		1		VYHOVUJE	

#### 4.4 Prvek 1: horní pás – štítový nosník

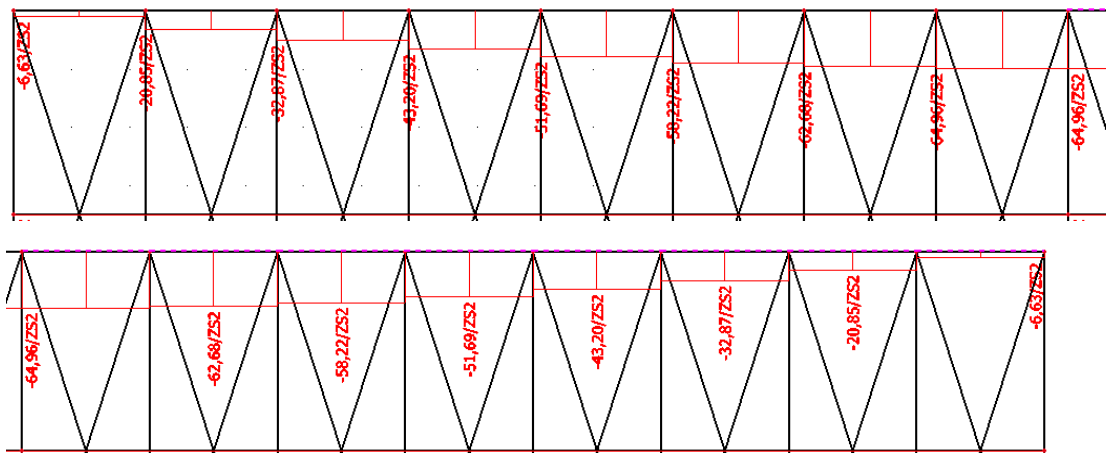
Štítový nosník se bude chovat odlišně než nosníky uvnitř objektu kvůli odlišnému, složitějšímu, zatížení. Zatížení bude opět rozpočítáno na vaznice, započítáme i síly z působení větru na štítovou stěnu.



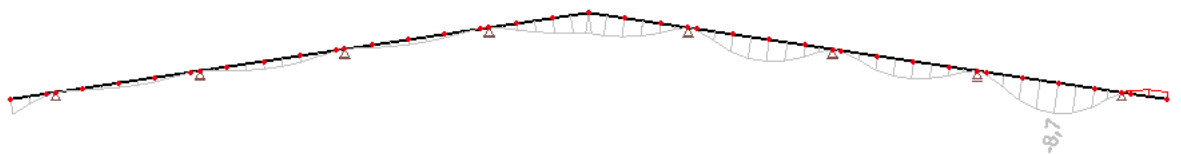
Obr. 64: Vykreslení momentů na horním pásu nosníku ve štítu



Obr. 65: Vykreslení normálových sil na horním pásu nosníku ve štítu, od vaznic



Obr. 66: Normálové síly od působení větru na štít, nosník rozdělen na dvě poloviny



Obr. 67: Průhyby na horním pásu od působení vaznic

## 4.4.1 Posouzení na průhyb

Vzpěrná délka prvku:	4600 mm		
Průhyb dle Scia:	8,7 mm		
Povolený průhyb l/350:	13,14 mm		
<b>POSOUZENÍ:</b>	8,7	<	13,14 [mm]
			VYHOVUJE

## 4.4.2a Posouzení kombinace N+M nad podporou

b	150 mm				
h	180 mm				
l	2300 mm				
síla N	71,44 kN	Moment	8,39 kNm		
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>		
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,d}$	20,48 N/mm <sup>2</sup>		
i(y)	51,96 mm				
i(z)	43,30 mm				
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	2,646 Mpa	Normálové napětí v tlaku	$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W}$	= 10,358 Mpa
$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$					
Štíhlostní poměr	=	44,264 (pro y)	53,116 (pro z)	$W = (b \cdot h^3) / 6 =$	810000 mm <sup>3</sup>
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	55,916 (pro y)	38,830 (pro z) [Mpa]		
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	0,720	0,864		
$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$					
Součinitel vzpěrnosti		0,780	0,902		
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,925	0,863		
<b>Kombinace ohyb + vzpěr</b>				$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$	
pro y		0,660 <	1	VYHOVUJE	
pro z		0,671 <	1	VYHOVUJE	

## 4.4.2b Posouzení kombinace N+M v poli

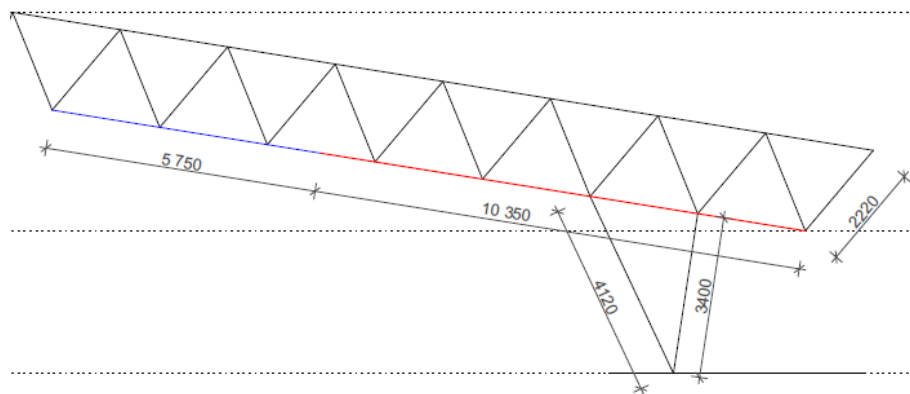
b	150 mm					
h	180 mm					
l	2300 mm					
síla N	61,26 kN		Moment	3,39 kNm		
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>		$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>		
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>		$f_{m,d}$	20,48 N/mm <sup>2</sup>		
i(y)	51,96 mm					
i(z)	43,30 mm					
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	2,269 Mpa	Normálové napětí v tlaku	$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W}$	=	4,185 Mpa
$\lambda = \frac{\ell_{ef}}{i}$						
Štíhlostní poměr	=	44,264 (pro y)	53,116 (pro z)	$W = (b \cdot h^3) / 6 =$		810000 mm <sup>3</sup>
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	55,916 (pro y)	38,830 (pro z) [Mpa]			
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	0,720	0,864			
$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$						
Součinitel vzpěrnosti		0,780	0,902			
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,925	0,863			
<b>Kombinace ohyb + vzpěr</b>			$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$			
pro y		0,336 <	1	VYHOVUJE		
pro z		0,346 <	1	VYHOVUJE		

## 4.4.2c Posouzení kombinace N+M u hřebene

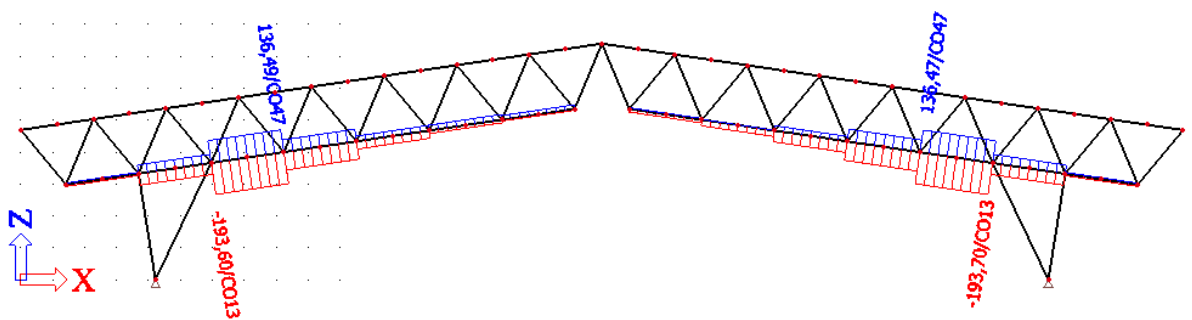
b	150 mm					
h	180 mm					
l	2300 mm					
síla N	82,71 kN		Moment	1,4 kNm		
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>		$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>		
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>		$f_{m,d}$	20,48 N/mm <sup>2</sup>		
i(y)	51,96 mm					
i(z)	43,30 mm					
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	3,063 Mpa	Normálové napětí v tlaku	$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W}$	=	1,728 Mpa
$\lambda = \frac{\ell_{ef}}{i}$						
Štíhlostní poměr	=	44,264 (pro y)	53,116 (pro z)	$W = (b \cdot h^3) / 6 =$		810000 mm <sup>3</sup>
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	55,916 (pro y)	38,830 (pro z) [Mpa]			
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	0,720	0,864			
$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$						
Součinitel vzpěrnosti		0,780	0,902			
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,925	0,863			
<b>Kombinace ohyb + vzpěr</b>			$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$			
pro y		0,263 <	1	VYHOVUJE		
pro z		0,276 <	1	VYHOVUJE		



## 4.5 Prvek 2: dolní pás



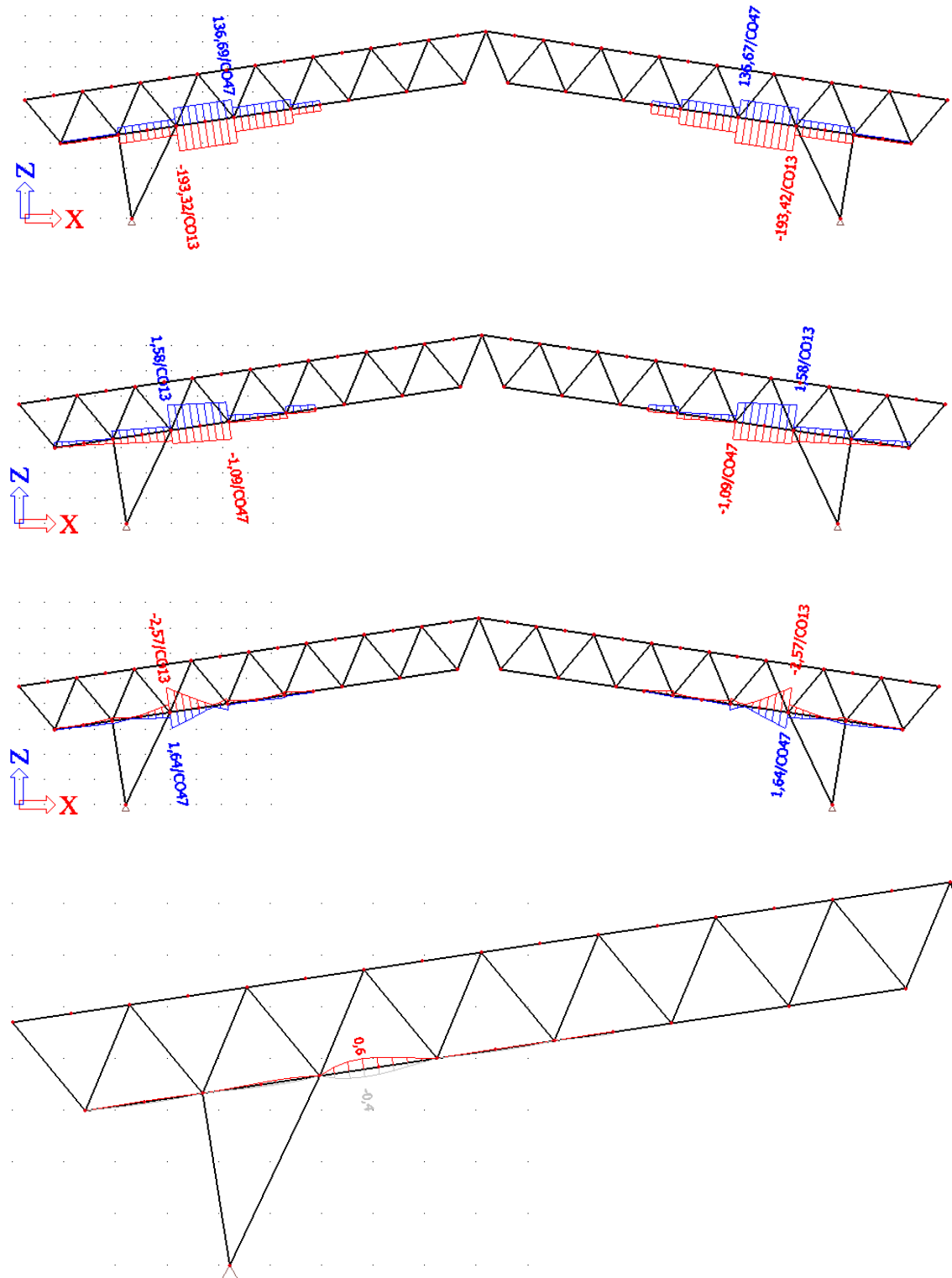
Obr. 68: Horní pás, barevně rozdělen na dvě části kvůli převozu na stavbu, dle průběhu normálové síly



Obr. 69: Vnitřní síly v dolním pásu (N tah/tlak)

Normálové síly na obou částech dolního pasu jsou velikostně rozdílné, lze tedy navrhnout nový, menší průřez pro méně namáhanou část. Výška prvku zůstane stejná kvůli spojmům, měnit se bude pouze šířka prvku.

## 4.5.1 Průřez 150x180 (v délce 10,35 m)



Obr. 70: Vnitřní síly v dolním pasu (N tah/tlak, V, M, průhyb) – delší část

## 4.5.1.1 Průřezové charakteristiky (původní průřez)

	150x180	
b	150	mm
h	180	mm
l	2300	mm
$A = b \cdot h$	27000	mm <sup>2</sup>
$I_y = 1/12 \cdot b \cdot h^3$	72900000	mm <sup>4</sup>
$I_z = 1/12 \cdot h \cdot b^3$	50625000	mm <sup>4</sup>
$W_y = 1/6 \cdot b \cdot h^2$	1620000	mm <sup>3</sup>
$W_z = 1/6 \cdot h \cdot b^2$	1350000	mm <sup>3</sup>
$i_y = h/\sqrt{12}$	51,9615242	mm
$i_z = b/\sqrt{12}$	43,3012702	mm

Obr. 71: Průřezové charakteristiky prvku

## 4.5.1.2 Průhyb

Vzpěrná délka prvku:	2300 mm		
Průhyb dle Scia:	0,6 mm		
Povolený průhyb $l/350$ :	6,57 mm		
<b>POSOUZENÍ:</b>	0,6	<	6,57 [mm]
		VYHOVUJE	

## 4.5.1.3 Posouzení pevnosti v tahu

b	150 mm			
h	180 mm			
síla N	136,69 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia		
$f_{t,0,d}$	14,4 N/mm <sup>2</sup>			
	$N_{R,d} = A \cdot f_{t,0,d} \geq N_{E,d}$			
	388800	>	136690 [N]	VYHOVUJE

## 4.5.1.4 Posouzení pevnosti v tlaku

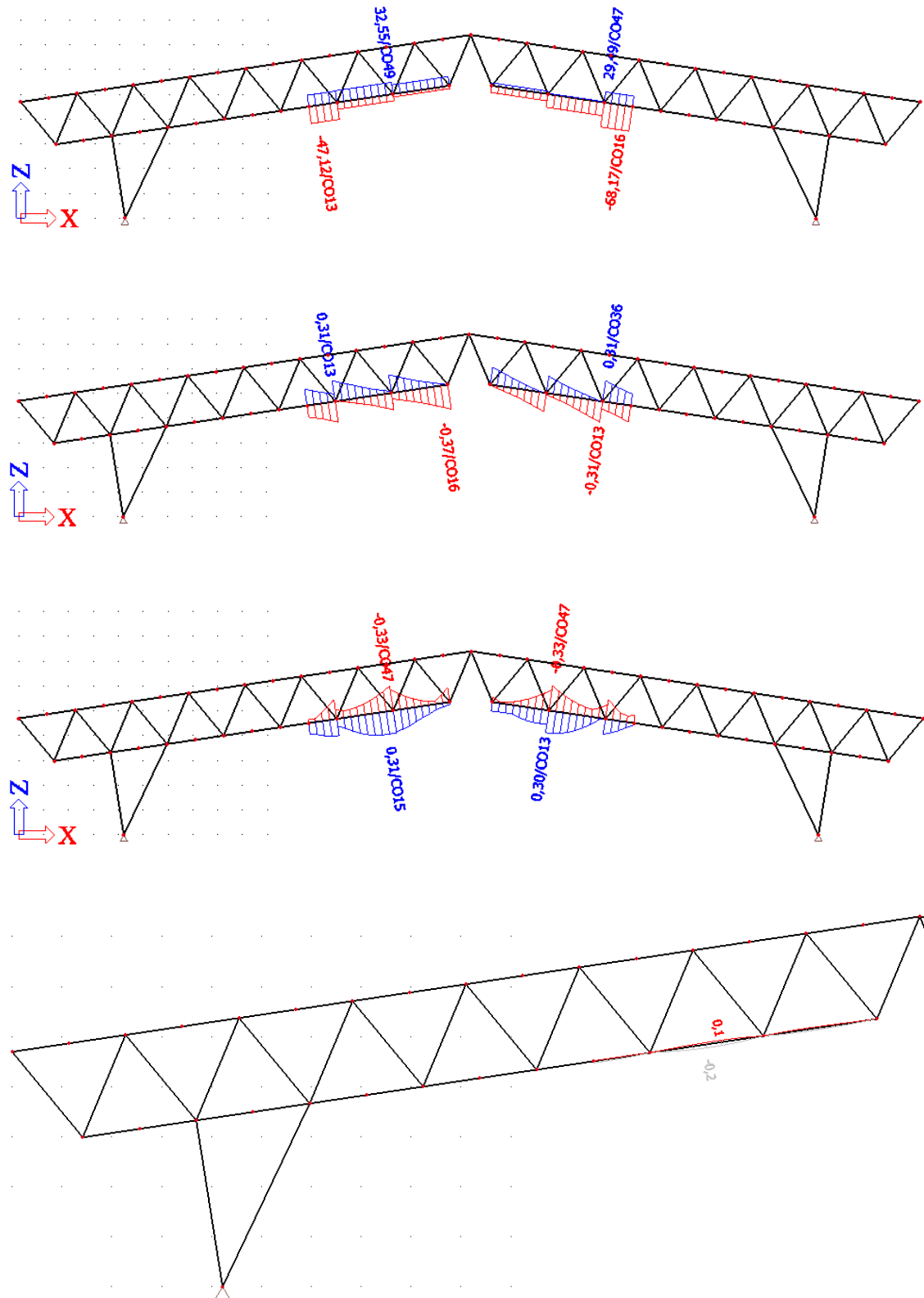
## 4.5.1.4.1 Pevnost v prostém tlaku

b	150 mm			
h	180 mm			
síla N	193,42 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia		
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>			
	$N_{R,d} = A \cdot f_{c,0,d} \geq N_{E,d}$			
	501120	>	193420 [N]	VYHOVUJE

## 4.5.1.4.2 Pevnost ve vzpěrném tlaku

b	150 mm						
h	180 mm						
l	2300 mm						
síla N	193,42 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia					
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>				
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>						
i(y)	51,96 mm						
i(z)	43,30 mm						
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	7,164 Mpa					Normálové napětí v tlaku
$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$	=	44,264 (pro y)	53,116 (pro z)				Štíhlostní poměr
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	55,916 (pro y)	38,830 (pro z)		[Mpa]		
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	0,720	0,864				
$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$	=	0,780	0,902				Součinitel vzpěrnosti
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,925	0,863				
<b>POSOUZENÍ:</b>		$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$					
pro y	0,417 <		1		VYHOVUJE		
pro z	0,447 <		1		VYHOVUJE		

4.5.2 Průřez 120x180 (v délce 5,75m)



Obr. 72: Vnitřní síly v dolním pasu (N tah/tlak, V, M, průhyb) – kratší část

## 4.5.2.1 Průřezové charakteristiky (nový průřez)

	120x180	
b	120	mm
h	180	mm
l	2300	mm
$A = b \cdot h$	21600	mm <sup>2</sup>
$I_y = 1/12 \cdot b \cdot h^3$	58320000	mm <sup>4</sup>
$I_z = 1/12 \cdot h \cdot b^3$	25920000	mm <sup>4</sup>
$W_y = 1/6 \cdot b \cdot h^2$	1296000	mm <sup>3</sup>
$W_z = 1/6 \cdot h \cdot b^2$	864000	mm <sup>3</sup>
$i_y = h/\sqrt{12}$	51,9615242	mm
$i_z = b/\sqrt{12}$	34,6410162	mm

Obr. 73: Průřezové charakteristiky prvku

## 4.5.2.2 Průhyb

Vzpěrná délka prvku:	2300 mm		
Průhyb dle Scia:	0,2 mm		
Povolený průhyb $l/350$ :	6,57 mm		
<b>POSOUZENÍ:</b>	0,2	<	6,57 [mm]
		VYHOVUJE	

## 4.5.2.3 Posouzení pevnosti v tahu

b	120 mm			
h	180 mm			
síla N	32,55 kN		Největší síla na daném prutu dle Scia	
$f_{t,0,d}$	14,4 N/mm <sup>2</sup>			
	$N_{R,d} = A \cdot f_{t,0,d} \geq N_{E,d}$			
	311040	>	32550 [N]	VYHOVUJE

## 4.5.2.4 Posouzení pevnosti v tlaku

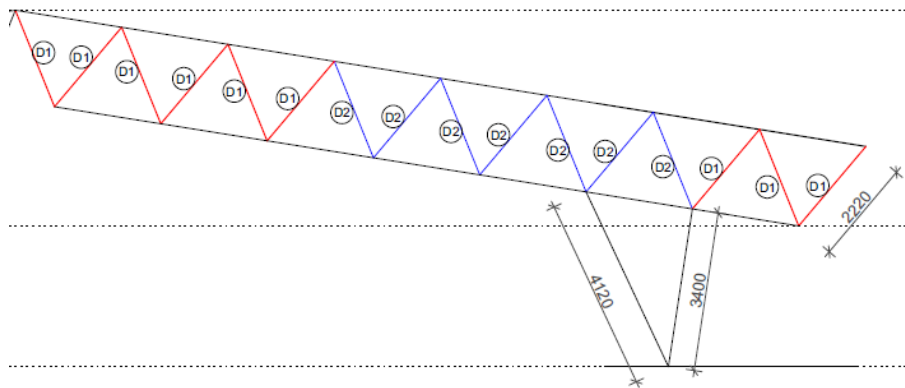
## 4.5.2.4.1 Pevnost v prostém tlaku

b	120 mm			
h	180 mm			
síla N	68,17 kN		Největší síla na daném prutu dle Scia	
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>			
	$N_{R,d} = A \cdot f_{c,0,d} \geq N_{E,d}$			
	400896	>	68170 [N]	VYHOVUJE

## 4.5.2.4.2 Pevnost ve vzpěrném tlaku

b	120 mm						
h	180 mm						
l	2300 mm						
síla N	68,17 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia					
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>				
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>						
i(y)	51,96 mm						
i(z)	34,64 mm						
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	3,156 Mpa					Normálové napětí v tlaku
$\lambda = \frac{\ell_{ef}}{i}$	=	44,264 (pro y)	66,395 (pro z)				Štíhlostní poměr
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	55,916 (pro y)	24,851 (pro z)			[Mpa]	
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	0,720	1,080				
$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$		0,780	1,122				Součinitel vzpěrnosti
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,925	0,701				
<b>POSOUZENÍ:</b>		$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$					
	pro y	0,184 <	1			VYHOVUJE	
	pro z	0,243 <	1			VYHOVUJE	

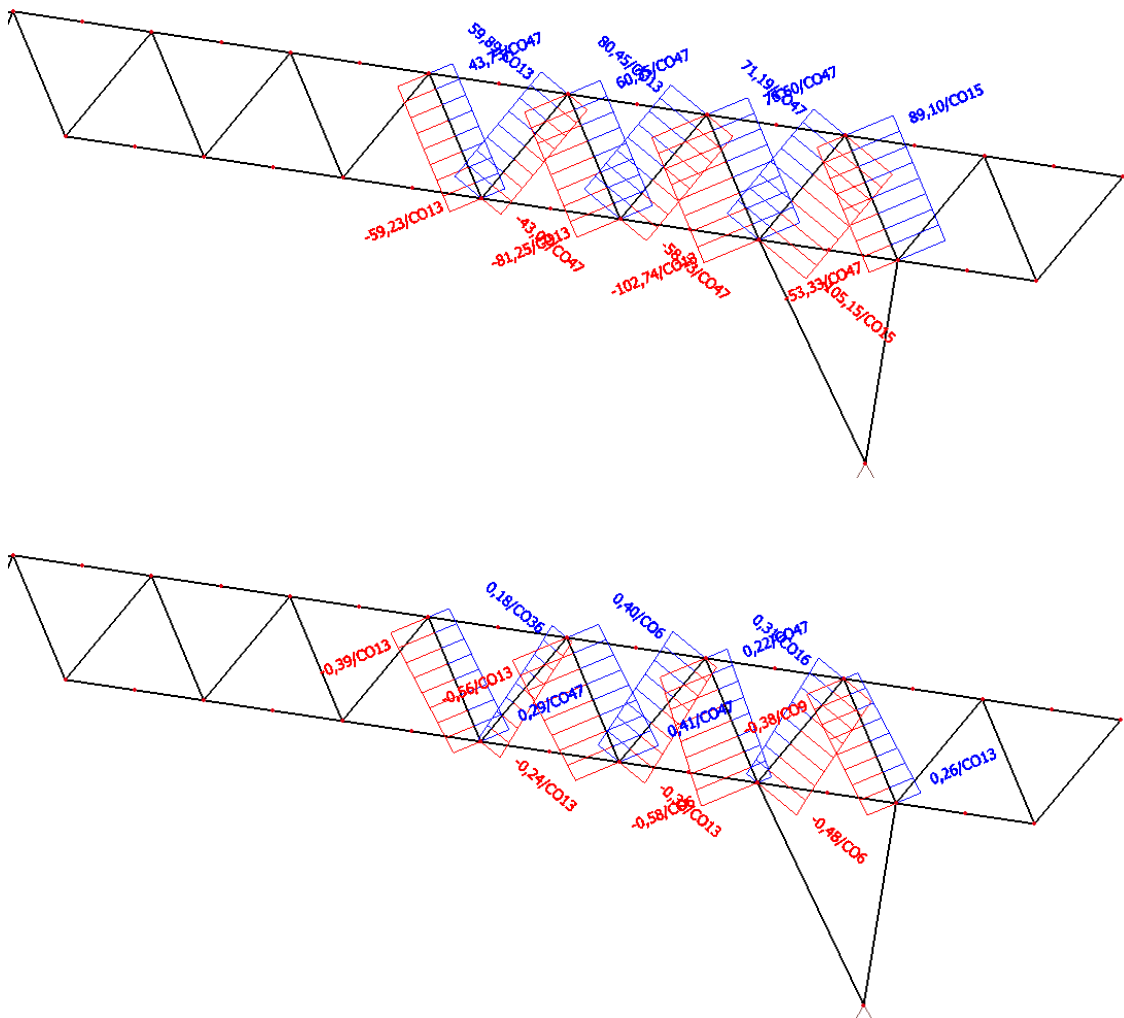
## 4.6 Prvek 3: diagonála



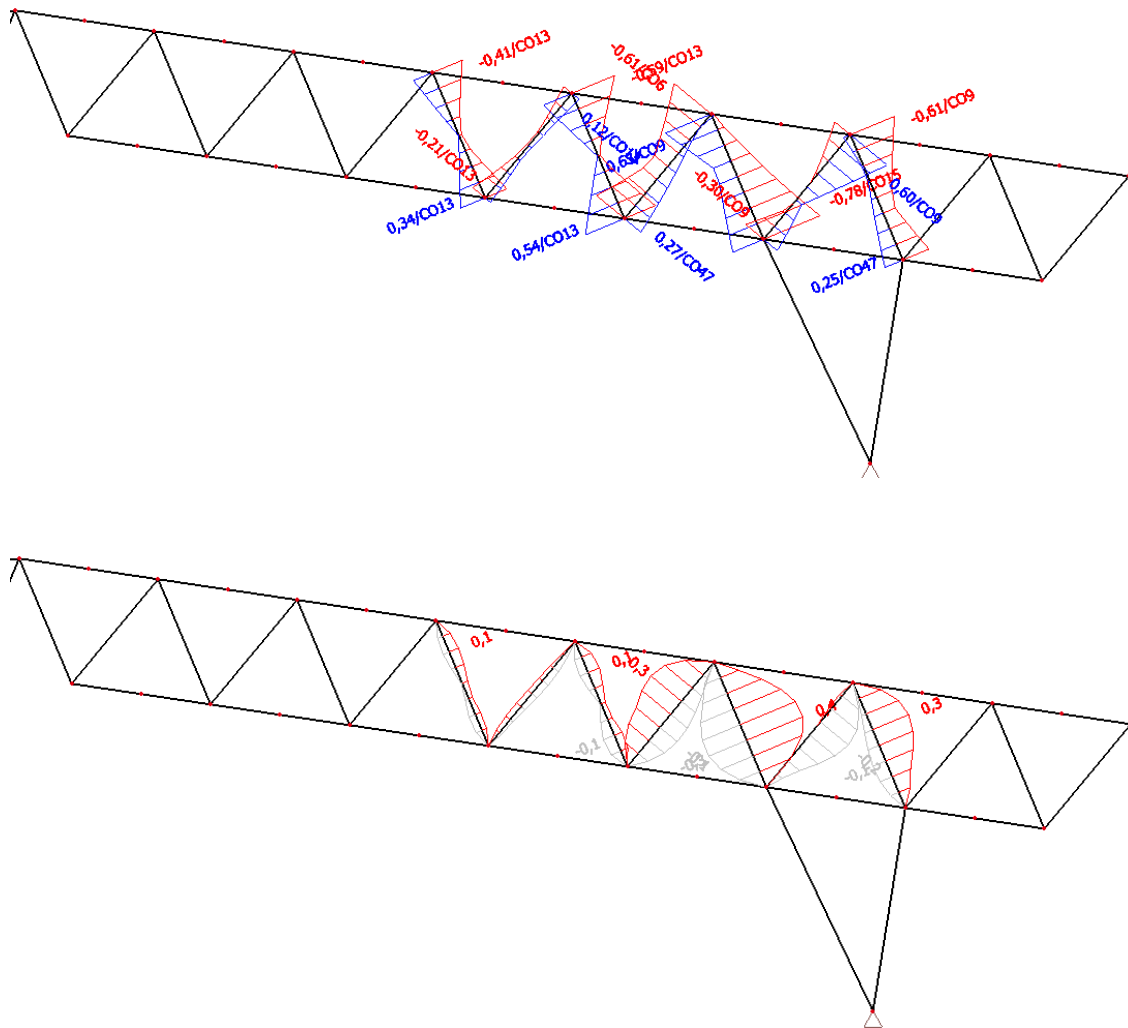
Obr. 74: Část konstrukce s dvěma rozdílnými průřezy diagonál

Kvůli ekonomičnosti navrhujeme dvě velikosti průřezu – pro více namáhané prvky ponecháme již navržený průřez **150x150**, pro méně namáhané **120x120**.

## 4.6.1 Diagonála D2 (původní rozměr 150x150)







Obr. 75: Vnitřní síly v diagonálách (N tah/tlak, V, M, průhyb)

#### 4.6.1.1 Průřezové charakteristiky

	150X150	
b	150	mm
h	150	mm
l	2220	mm
$A = b \cdot h$	22500	mm <sup>2</sup>
$I_y = 1/12 \cdot b \cdot h^3$	42187500	mm <sup>4</sup>
$I_z = 1/12 \cdot h \cdot b^3$	42187500	mm <sup>4</sup>
$W_y = 1/6 \cdot b \cdot h^2$	1125000	mm <sup>3</sup>
$W_z = 1/6 \cdot h \cdot b^2$	1125000	mm <sup>3</sup>
$i_y = h / \sqrt{12}$	43,3012702	mm
$i_z = b / \sqrt{12}$	43,3012702	mm

## 4.6.1.2 Průhyb

Vzpěrná délka prvku:	2220	mm		
Průhyb dle Scia:	0,4	mm		
Povolený průhyb I/350:	6,34	mm		
<b>POSOUZENÍ:</b>	0,4	<	6,34	[mm]
				VYHOVUJE

## 4.6.1.3 Posouzení pevnosti v tahu

b	150	mm		
h	150	mm		
síla N	89,1	kN	Největší síla na daném prutu dle Scia	
$f_{t,0,d}$	14,4	N/mm <sup>2</sup>		
	$N_{R,d} = A \cdot f_{t,0,d} \geq N_{E,d}$			
	324000	>	89100	[N] VYHOVUJE

## 4.6.1.4 Posouzení pevnosti v tlaku

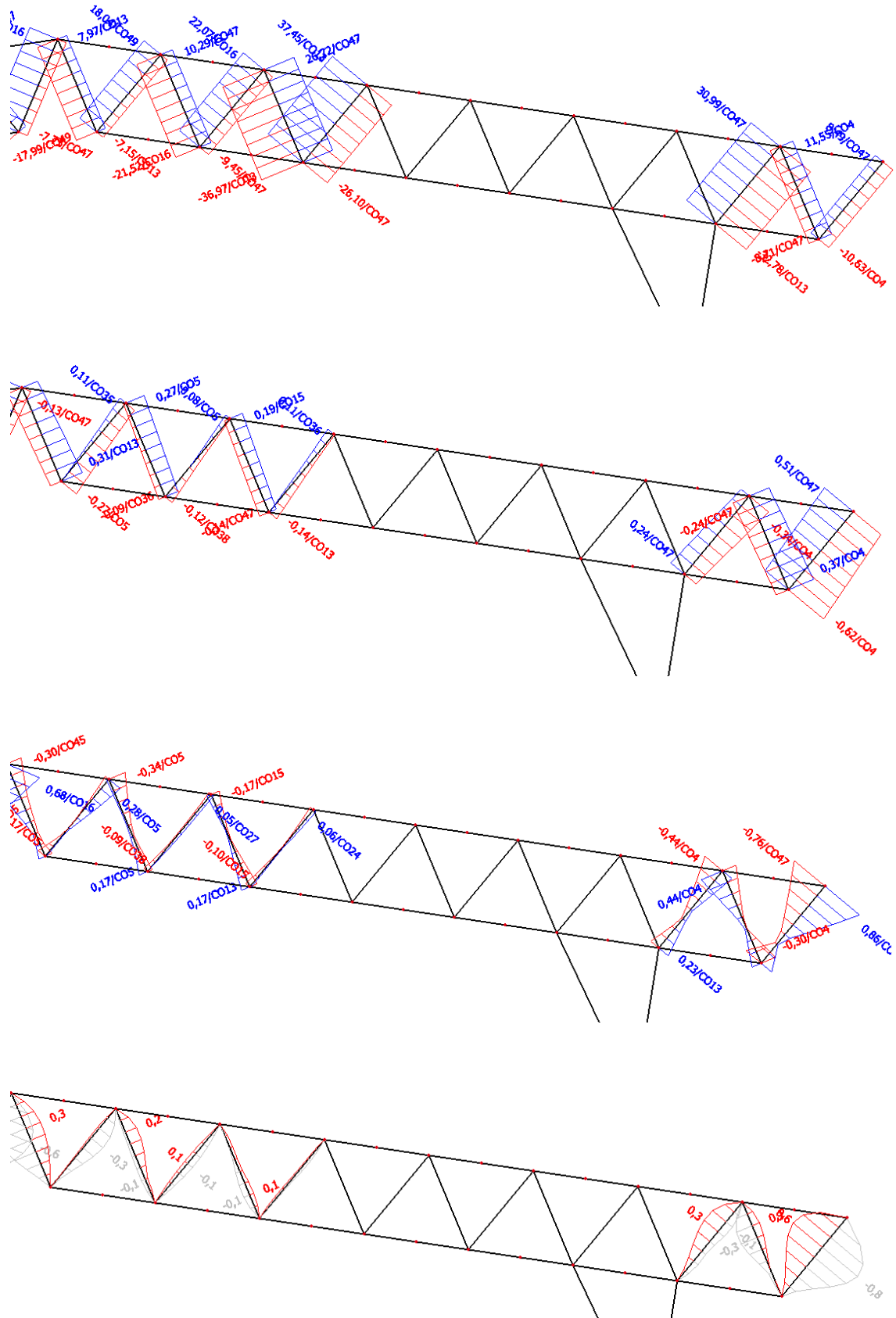
## 4.6.1.4.1 Pevnost v prostém tlaku

b	150	mm		
h	150	mm		
síla N	105,15	kN	Největší síla na daném prutu dle Scia	
$f_{c,0,d}$	18,56	N/mm <sup>2</sup>		
	$N_{R,d} = A \cdot f_{c,0,d} \geq N_{E,d}$			
	417600	>	105150	[N] VYHOVUJE

## 4.6.1.4.2 Pevnost ve vzpěrném tlaku

b	150 mm					
h	150 mm					
l	2220 mm					
síla N	105,15 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia				
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>					
$i(y)$	43,30 mm					
$i(z)$	43,30 mm					
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	4,673 Mpa				Normálové napětí v tlaku
$\lambda = \frac{\ell_{ef}}{i}$	=	51,269 (pro y)	51,269 (pro z)			Štíhlostní poměr
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	41,679 (pro y)	41,679 (pro z)		[Mpa]	
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	0,834	0,834			
$k = 0,5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2 \right]$		0,875	0,875			Součinitel vzpěrnosti
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,879	0,879			
<b>POSOUZENÍ:</b>		$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$				
	pro y	0,286 <	1		VYHOVUJE	
	pro z	0,286 <	1		VYHOVUJE	

4.6.2 Diagonála D1 (zmenšený průřez 120x120)



Obr. 76: Vnitřní síly v diagonálách (N tah/tlak, V, M, průhyb)

## 4.6.2.1 Průřezové charakteristiky

	120x120	
b	120	mm
h	120	mm
l	2220	mm
$A = b \cdot h$	14400	mm <sup>2</sup>
$I_y = 1/12 \cdot b \cdot h^3$	17280000	mm <sup>4</sup>
$I_z = 1/12 \cdot h \cdot b^3$	17280000	mm <sup>4</sup>
$W_y = 1/6 \cdot b \cdot h^2$	576000	mm <sup>3</sup>
$W_z = 1/6 \cdot h \cdot b^2$	576000	mm <sup>3</sup>
$i_y = h/\sqrt{12}$	34,6410162	mm
$i_z = b/\sqrt{12}$	34,6410162	mm

Obr. 77: Průřezové charakteristiky prvku

## 4.6.2.2 Průhyb

Vzpěrná délka prvku:	2220 mm		
Průhyb dle Scia:	0,8 mm		
Povolený průhyb l/350:	6,34 mm		
<b>POSOUZENÍ:</b>	0,8	<	6,34 [mm]
		VYHOVUJE	

## 4.6.2.3 Posouzení pevnosti v tahu

b	120 mm			
h	120 mm			
síla N	37,45 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia		
$f_{t,0,d}$	14,4 N/mm <sup>2</sup>			
	$N_{R,d} = A \cdot f_{t,0,d} \geq N_{E,d}$			
	207360	>	37450 [N]	VYHOVUJE

## 4.6.2.4 Posouzení pevnosti v tlaku

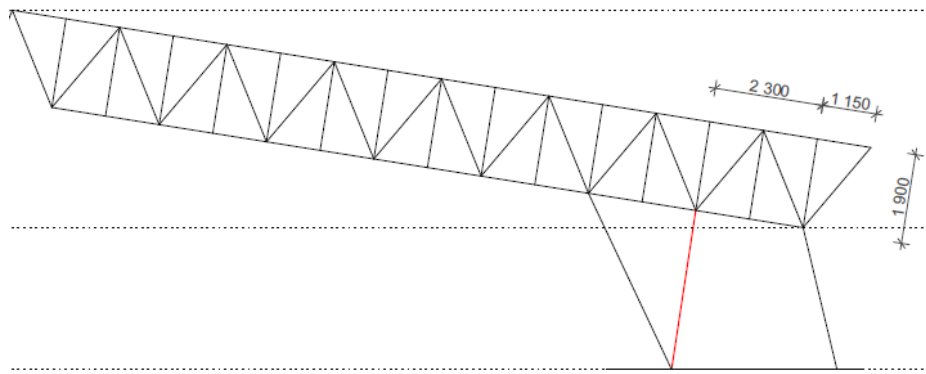
## 4.6.2.4.1 Pevnost v prostém tlaku

b	120 mm			
h	120 mm			
síla N	36,97 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia		
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>			
	$N_{R,d} = A \cdot f_{c,0,d} \geq N_{E,d}$			
	267264	>	36970 [N]	VYHOVUJE

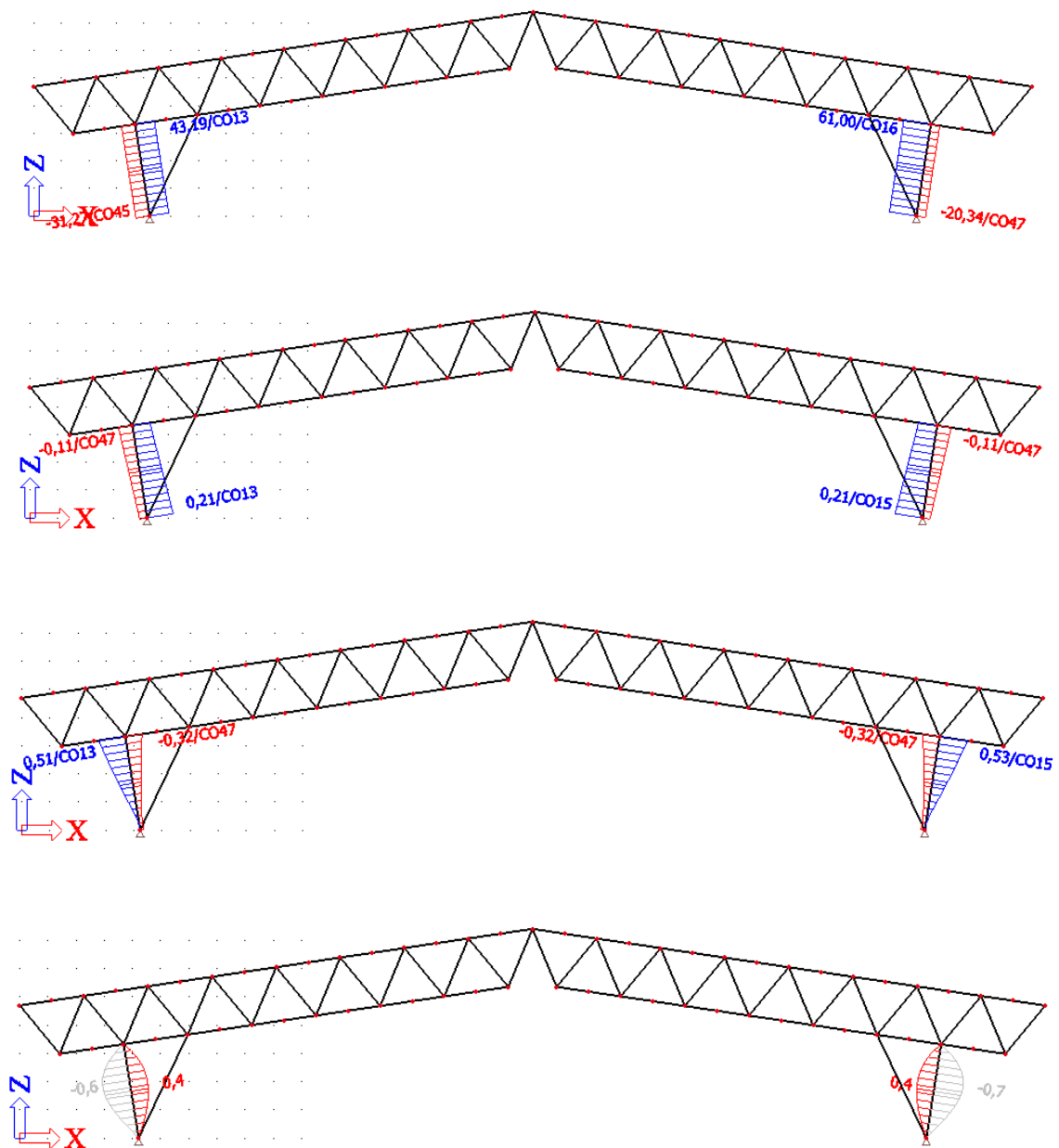
## 4.6.2.4.2 Pevnost ve vzpěrném tlaku

b	120 mm					
h	120 mm					
l	2220 mm					
síla N	36,97 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia				
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>					
$i(y)$	34,64 mm					
$i(z)$	34,64 mm					
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	2,567 Mpa				Normálové napětí v tlaku
$\lambda = \frac{\ell_{ef}}{i}$	=	64,086 (pro y)	64,086 (pro z)			Štíhlostní poměr
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	26,675 (pro y)	26,675 (pro z)		[Mpa]	
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	1,043	1,043			
$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$	=	1,081	1,081			Součinitel vzpěrnosti
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,733	0,733			
<b>POSOUZENÍ:</b>		$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$				
	pro y	0,189 <	1		VYHOVUJE	
	pro z	0,189 <	1		VYHOVUJE	

4.7 Prvek 4: táhlo stojiny



Obr. 78: Táhlo stojiny haly



Obr. 79: Vnitřní síly v táhle stojiny (N tah/tlak, V, M, průhyb)





## 4.7.4.2 Pevnost ve vzpěrném tlaku

b	150 mm				
h	150 mm				
l	3400 mm				
síla N	31,27 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia			
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>		
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>				
i(y)	43,30 mm				
i(z)	43,30 mm				
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	1,390 Mpa			Normálové napětí v tlaku
$\lambda = \frac{\ell_{ef}}{i}$	=	78,520 (pro y)	78,520 (pro z)		Štíhlostní poměr
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	17,769 (pro y)	17,769 (pro z)		[Mpa]
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	1,278	1,278		
$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$	=	1,365	1,365		Součinitel vzpěrnosti
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,542	0,542		
<b>POSOUZENÍ:</b>		$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$			
pro y	0,138 <	1		VYHOVUJE	
pro z	0,138 <	1		VYHOVUJE	

## 4.7.5 Posouzení pevnosti v ohybu s klopením

b	150 mm				
h	150 mm				
l	3400 mm				
Moment	0,53 kNm	Největší síla na daném prutu dle Scia			
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{m,k}$	32 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{m,d}$	20,48 N/mm <sup>2</sup>				
$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 b^2 E_{0,05}}{h \ell_{ef}}$	=	375,347 MPa			kritické napětí za ohybu
$\ell_{ef}$	pro příhradovou konstrukci bereme jako 0,9*I	=	3060		
$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,m}$	=	1,341	nebo	1	součinitel vzpěrné a torzní stability
$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$	=	0,292			poměrná štíhlost
$k_{crit} \cdot f_{m,d}$	=	20,48 MPa			redukováná a návrhová pevnost
$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W}$	=	0,942 Mpa			
W	= (b*h*h)/6	=	562500		
		$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d}$			
<b>POSOUZENÍ:</b>		0,942 <	20,48 MPa		VYHOVUJE

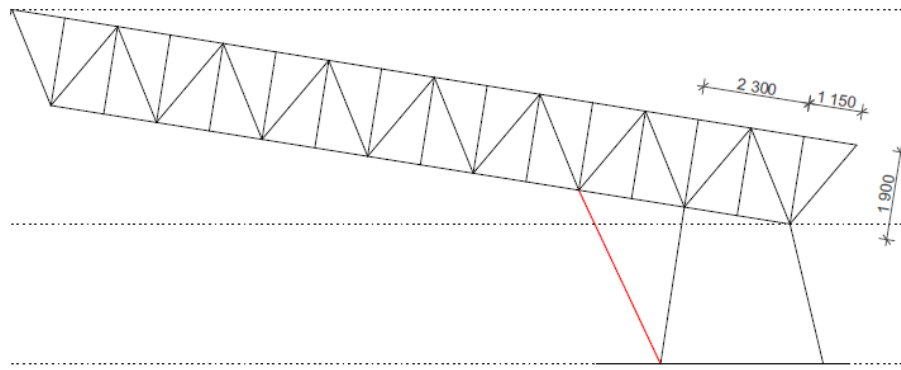
## 4.7.6 Posouzení pevnosti v ohybu a tlaku/tahu

<b>Kombinace ohyb + tlak</b>								
$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit}f_{m,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$	tj.	0,121	<	1	VYHOVUJE	$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	
						Tlaková síla	31,27 kN	(ze Scia)
						Tlakové napětí	1,390 MPa	
<b>Kombinace ohyb + tah</b>								
$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit}f_{m,d}} + \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$	tj.	0,192	<	1	VYHOVUJE	$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	
						Tahová síla	61 kN	(ze Scia)
						Tahové napětí	2,711 MPa	

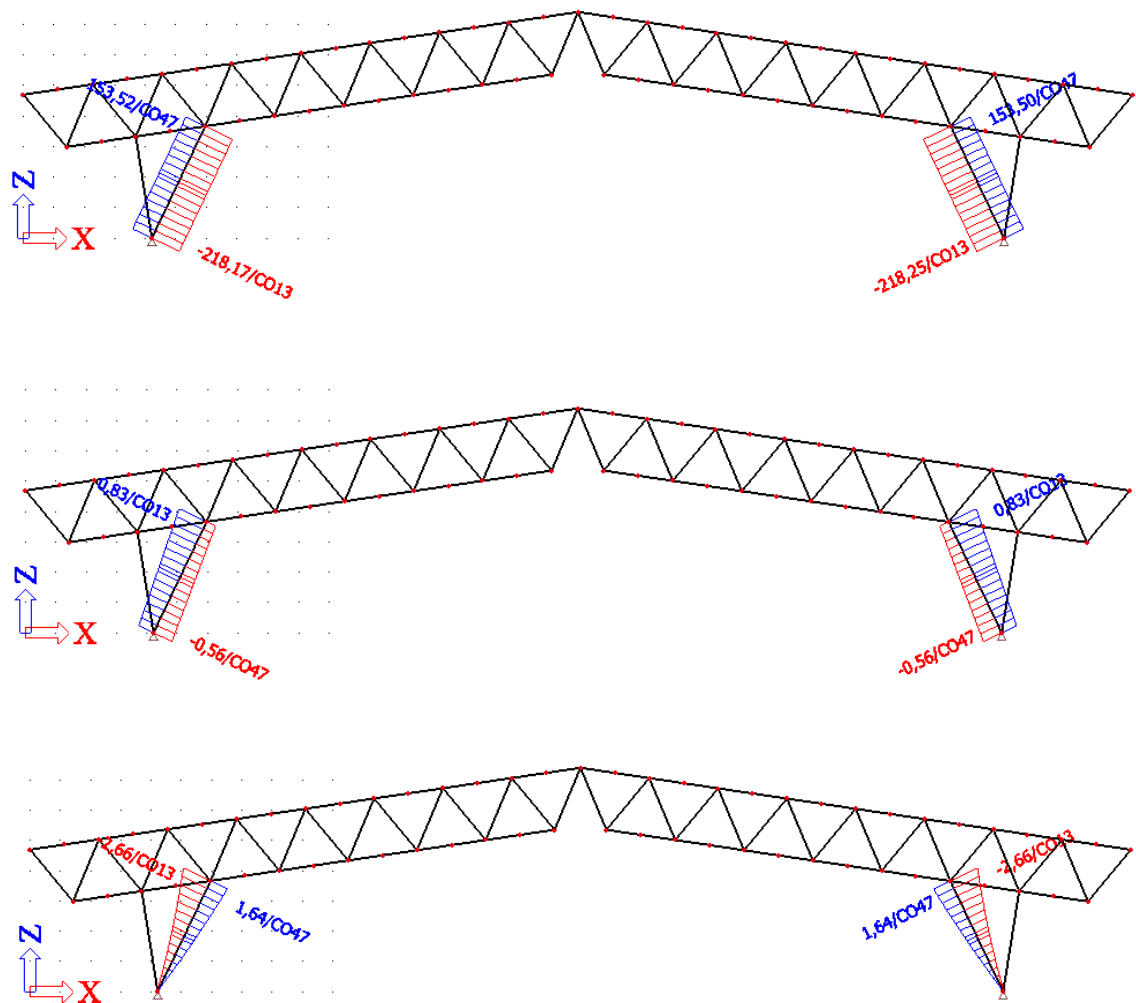
## 4.7.7 Posouzení pevnosti ve smyku

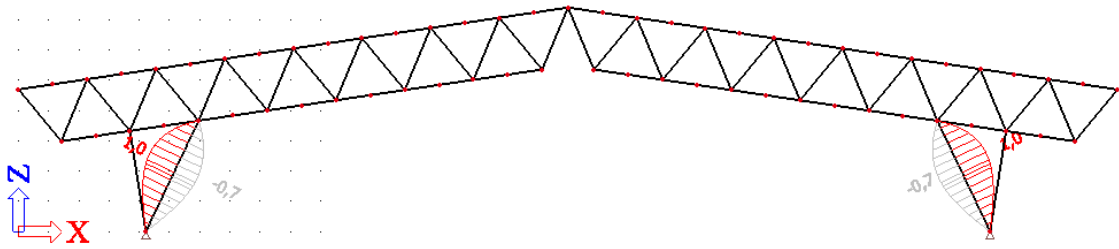
$f_{v,k}$	3,8 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{v,d}$	2,432 N/mm <sup>2</sup>				
b	150 mm				
h	150 mm				
Posouvací síla	0,21 kN			Největší síla na daném prutu dle Scia	
$V_{R,d} = A \cdot f_{v,d}$	=	85500			
<b>POSOUZENÍ:</b>	85500	>	210	VYHOVUJE	

4.8 Prvek 5: stojina



Obr. 81: Stojina haly





Obr. 81: Vnitřní síly ve stojně (N tah/tlak, V, M, průhyb)

## 4.8.1 Průřezové charakteristiky

	150x250	
b	150	mm
h	250	mm
l	4120	mm
$A = b \cdot h$	37500	mm <sup>2</sup>
$I_y = 1/12 \cdot b \cdot h^3$	195312500	mm <sup>4</sup>
$I_z = 1/12 \cdot h \cdot b^3$	70312500	mm <sup>4</sup>
$W_y = 1/6 \cdot b \cdot h^2$	3125000	mm <sup>3</sup>
$W_z = 1/6 \cdot h \cdot b^2$	1875000	mm <sup>3</sup>
$i_y = h / \sqrt{12}$	72,1687836	mm
$i_z = b / \sqrt{12}$	43,3012702	mm

Obr.82: Průřezové charakteristiky prvku

## 4.8.2 Průhyb

Vzpěrná délka prvku:	4120 mm		
Průhyb dle Scia:	1 mm		
Povolený průhyb l/350:	11,77 mm		
<b>POSOUZENÍ:</b>	1	<	11,77 [mm]
		VYHOVUJE	

## 4.8.3 Posouzení pevnosti v tahu

b	150 mm			
h	250 mm			
síla N	153,52 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia		
$f_{t,0,d}$	14,4 N/mm <sup>2</sup>			
		$N_{R,d} = A \cdot f_{t,0,d} \geq N_{E,d}$		
	540000	>	153520 [N]	VYHOVUJE

## 4.8.4 Posouzení pevnosti v tlaku

## 4.8.4.1 Pevnost v prostém tlaku

b	150 mm				
h	250 mm				
síla N	218,25 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia			
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>				
	$N_{R,d} = A \cdot f_{c,0,d} \geq N_{E,d}$				
	696000	>	218250 [N]		VYHOVUJE

## 4.8.4.2 Pevnost ve vzpěrném tlaku

b	150 mm				
h	250 mm				
l	4120 mm				
síla N	218,25 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia			
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>		
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>				
i(y)	72,17 mm				
i(z)	43,30 mm				
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	5,820 Mpa			Normálové napětí v tlaku
$\lambda = \frac{\ell_{ef}}{i}$	=	57,088 (pro y)	95,147 (pro z)		Štíhlostní poměr
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	33,615 (pro y)	12,101 (pro z)	[Mpa]	
$\lambda_{vel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	0,929	1,548		
$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{vel} - 0,3) + \lambda_{vel}^2]$	=	0,963	1,761		Součinitel vzpěrnosti
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{vel}^2}}$	=	0,822	0,385		
<b>POSOUZENÍ:</b>	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$				
	pro y	0,381 <	1	VYHOVUJE	
	pro z	0,815 <	1	VYHOVUJE	

## 4.8.5 Posouzení pevnosti v ohybu s klopením

b	150 mm				
h	250 mm				
l	4120 mm				
Moment	2,66 kNm	Největší síla na daném prutu dle Scia			
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{m,k}$	32 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{m,d}$	20,48 N/mm <sup>2</sup>				
$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 b^2 E_{0,05}}{h l_{ef}}$	=	189,684 MPa		kritické napětí za ohybu	
$l_{ef}$	pro příhradovou konstrukci bereme jako 0,9* $l$	=	3708		
$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,m}$	=	1,252	nebo	1 součinitel vzpěrné a torzní stability	
$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$	=	0,411		$k_{crit} = 1,0$ pro $\lambda_{rel} \leq 0,75$ $= 1,6 - 0,75 \cdot \lambda_{rel}$ pro $0,75 < \lambda_{rel} \leq 1,40$ $= 1/\lambda_{rel}^2$ pro $1,40 < \lambda_{rel}$	
$k_{crit} \cdot f_{m,d}$	=	20,48 MPa		poměrná štíhlost	
$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W}$	=	1,702 MPa		redukovaná a návrhová pevnost	
$W = \frac{(b \cdot h^3)}{6}$	=	1562500			
		$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d}$			
<b>POSOUZENÍ:</b>		1,702	<	20,48 MPa	VYHOVUJE

## 4.8.6 Posouzení pevnosti v ohybu a tlaku/tahu

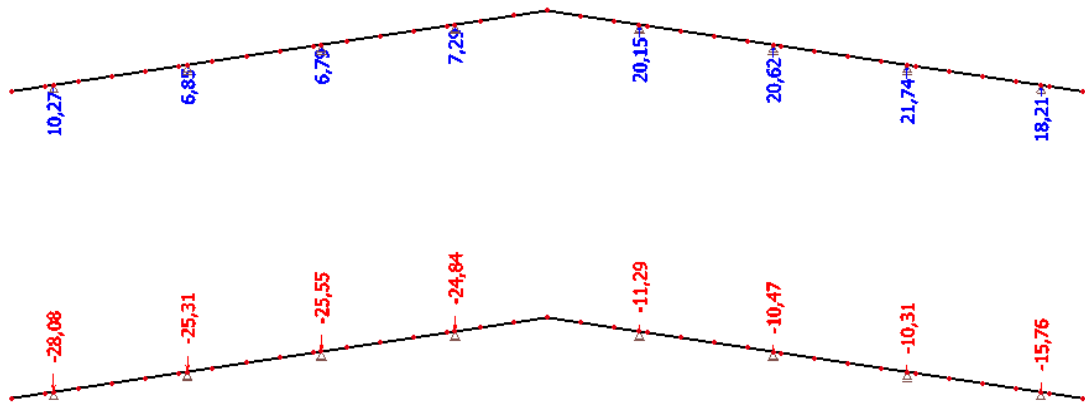
<b>Kombinace ohyb + tlak</b>					
$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$	tj.	0,397	<	1	VYHOVUJE
		$f_{c,0,d}$		18,56 N/mm <sup>2</sup>	
		Tlaková síla		218,25 kN	(ze Scia)
		Tlakové napětí		5,820 MPa	
<b>Kombinace ohyb + tah</b>					
$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} + \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$	tj.	0,304	<	1	VYHOVUJE
		$f_{c,0,d}$		18,56 N/mm <sup>2</sup>	
		Tahová síla		153,52 kN	(ze Scia)
		Tahové napětí		4,094 MPa	

## 4.8.7 Posouzení pevnosti ve smyku

$f_{v,k}$	3,8 N/mm <sup>2</sup>				
$f_{v,d}$	2,432 N/mm <sup>2</sup>				
b	150 mm				
h	250 mm				
Posouvací síla	0,83 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia			
$V_{R,d} = A \cdot f_{v,d}$	=	142500			
<b>POSOUZENÍ:</b>		142500	>	830	VYHOVUJE

## 4.9 Sloupky štítové stěny

## 4.9.1 Zatížení sloupků



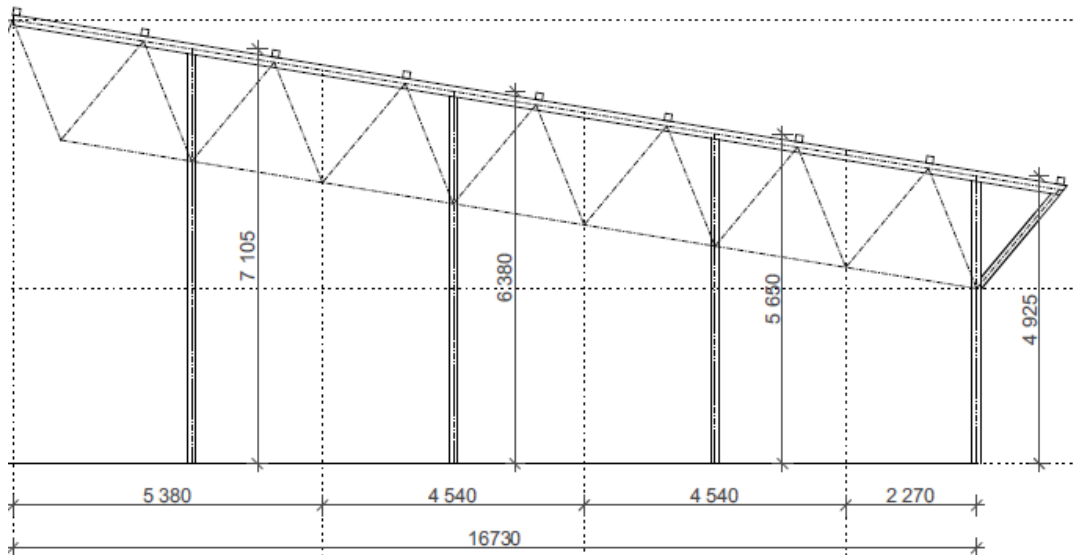
Obr. 83: Reakce od vaznic

Momenty bude třeba vypočítat dle větru působícího na štítovou stěnu. Tento vítr je dle kapitoly 2.1.3 roven:

$$w_D = +417,76 \quad \text{N/m}^2$$

$$w_E = -179,04 \quad \text{N/m}^2$$

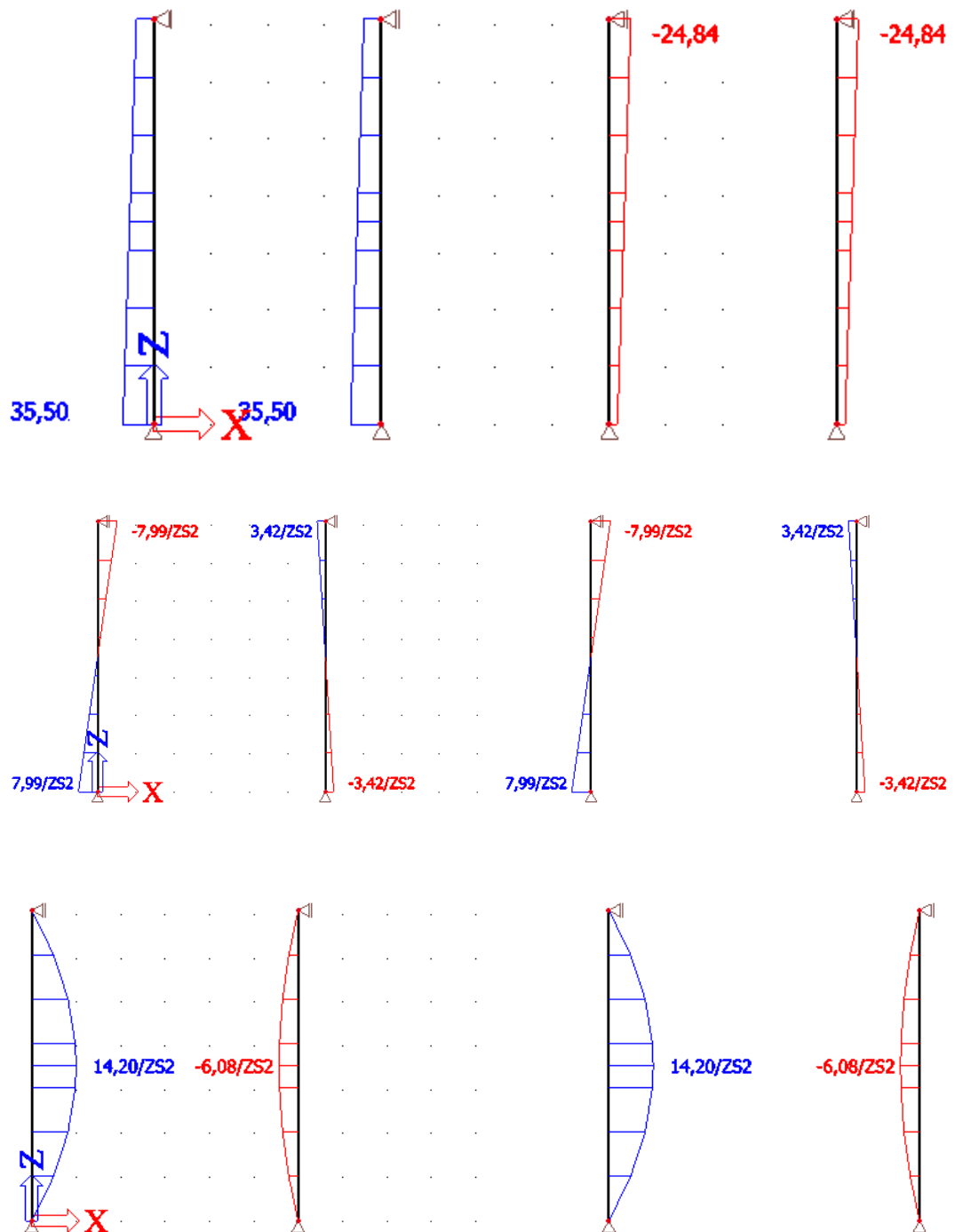
Ověřovat budeme nejvíce zatížené sloupky (tj. 24,84 kN a 20,15 kN) v závislosti na jejich délce a zatěžovací šířce.



Obr. 84: Umístění sloupků, výšky sloupků, zatěžovací šířky

Ověřujeme průřez **200 x 280 mm**.

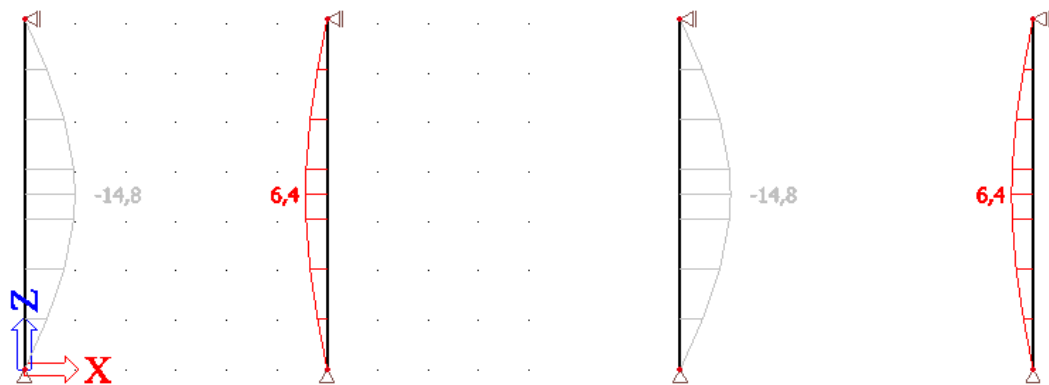
## 4.9.2 Jednotlivá zatížení sloupků



Obr. 85: Vnitřní síly na konstrukci s největší vztěrnou délkou (N,V,M)



## 4.9.3 Průhyb



Obr. 86: Průhyb sloupků při zatížení +20,15 a - 24,84 kN a větrem z oblastí D a E.

Vzpěrná délka prvku:	7105 mm		
Průhyb dle Scia:	14,8 mm		
Povolený průhyb $l/350$ :	20,30 mm		
<b>POSOUZENÍ:</b>	14,8	<	20,30 [mm]
		VYHOVUJE	

## 4.9.4 Posouzení na tah

b	200 mm			
h	280 mm			
síla N	35,5 kN	Největší síla na daném prutu dle Scia		
$f_{t,0,d}$	14,4 N/mm <sup>2</sup>			
	$N_{R,d} = A \cdot f_{t,0,d} \geq N_{E,d}$			
	806400	>	35500 [N]	VYHOVUJE

## 4.9.5 Posouzení na tlak a vzpěr

b	200 mm						
h	280 mm						
l	7105 mm						
síla N	24,84 kN		Moment	14,2 kNm			
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>		$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>		$f_{m,d}$	20,48 N/mm <sup>2</sup>			
i(y)	80,83 mm						
i(z)	57,74 mm						
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	0,444 Mpa	Normálové napětí v tlaku	$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W}$	=	5,434 Mpa	
$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$							
Štíhlostní poměr	=	87,902 (pro y)	123,062 (pro z)	W = (b*h*h)/6 =		2613333 mm <sup>3</sup>	
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	14,179 (pro y)	7,234 (pro z) [Mpa]				
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	1,430	2,002				
$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$							
Součinitel vzpěrnosti		1,579	2,590				
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,445	0,236				
<b>Kombinace ohyb + vzpěr</b>				$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$			
pro y		0,319 <	1	VYHOVUJE			
pro z		0,366 <	1	VYHOVUJE			

## 4.9.6 Posouzení na ohyb

b	200 mm					
h	280 mm					
l	7105 mm					
Moment	14,2 kNm		Největší síla na daném prutu dle Scia			
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>					
$f_{m,k}$	32 N/mm <sup>2</sup>					
$f_{m,d}$	20,48 N/mm <sup>2</sup>					
$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 b^2 E_{0,05}}{h l_{ef}}$	=	182,038 MPa	kritické napětí za ohybu			
$l_{ef}$	pro příhradovou konstrukci bereme jako 0,9*l	=	6394,5			
$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,m}$	=	1,246	nebo	1	součinitel vzpěrné a torzní stability	
$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$	=	0,419				
$k_{crit} \cdot f_{m,d}$	=	20,48 MPa	redukovaná a návrhová pevnost			
$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W}$	=	5,434 Mpa				
W	=	(b*h*h)/6 =	2613333,3			
			$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d}$			
<b>POSOUZENÍ:</b>		5,434	<	20,48 MPa	VYHOVUJE	

## 4.9.7 Posouzení na kombinaci ohybu a tahu/tlaku

<b>Kombinace ohyb + tlak</b>					
$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$	tj.	0,289	<	1	VYHOVUJE
					$f_{c,0,d}$ 18,56 N/mm <sup>2</sup>
					Tlaková síla 24,84 kN (ze Scia)
					Tlakové napětí 0,444 MPa
<b>Kombinace ohyb + tah</b>					
$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} + \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$	tj.	0,299	<	1	VYHOVUJE
					$f_{c,0,d}$ 18,56 N/mm <sup>2</sup>
					Tahová síla 35,5 kN (ze Scia)
					Tahové napětí 0,634 MPa

## 4.9.8 Posouzení na smyk

$f_{v,k}$	3,8	N/mm <sup>2</sup>			
$f_{v,d}$	2,432	N/mm <sup>2</sup>			
b	200	mm			
h	280	mm			
Posouvací síla	7,99	kN			Největší síla na daném prutu dle Scia
$V_{R,d} = A \cdot f_{v,d}$	=	212800			
<b>POSOUZENÍ:</b>	212800	>	7990		VYHOVUJE

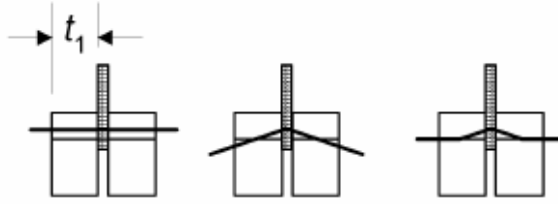
## 4.10 Rozměry jednotlivých prvků dle dimenzace

<b>Prvek</b>	<b>Rozměry [mm]</b>	<b>Vzpěrná délka prvku [mm]</b>
Horní pás	150/180	2300
Dolní pás	150/180 a 120/180	2300
Diagonála	150/150 a 120/120	2220
Táhlo stojiny	150/150	3400
Stojina	150/250	4120

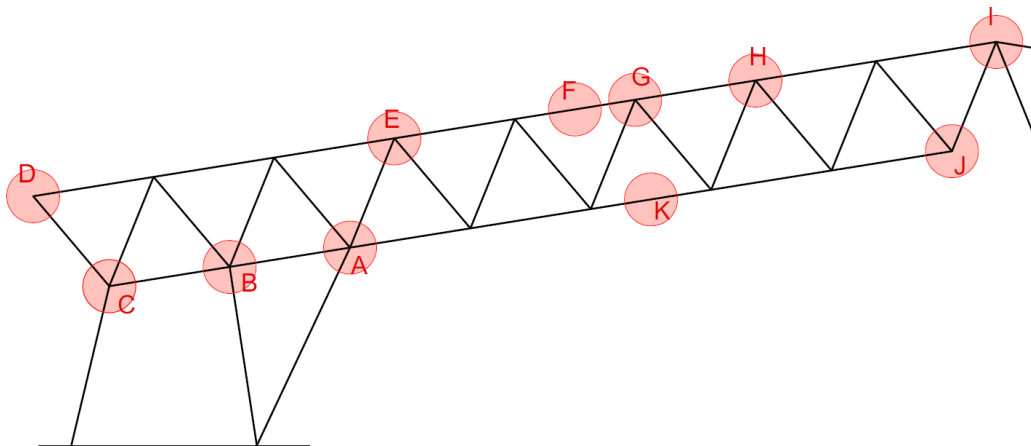
Tab. 6: Konečné rozměry jednotlivých prvků z lepeného lamelového dřeva GL32h

Sloupky podpírající horní pás štítové stěny budou o rozměru 200x280 mm (využití 66,9%).

## 5. Spojé

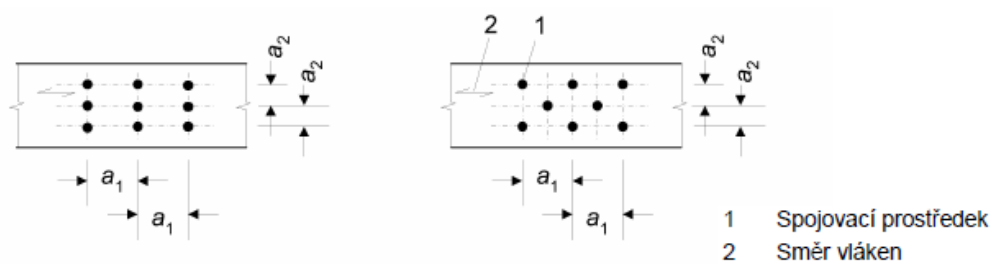


Obr. 87: Vybraný typ spoje a jeho možná poškození (dřevo-ocel-dřevo)

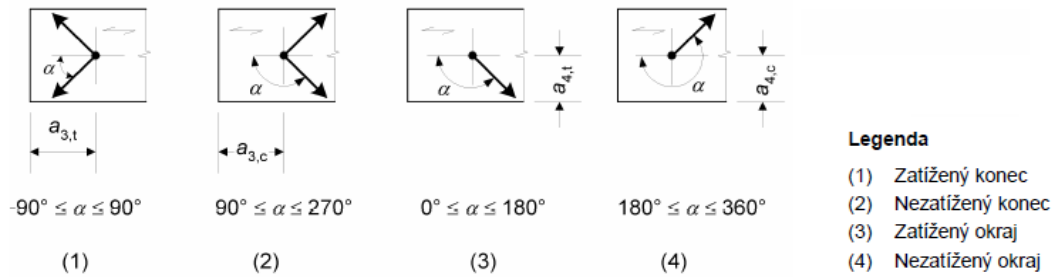


Obr. 88: Přehled ověřovaných spojů

Spoje budou posuzovány pomocí výpočtu provedeného v programu Excel. Celý výpočet bude znázorněn v kapitole 5.1.4.2 Návrh diagonály, v dalších kapitolách budou použity pouze vstupní údaje spoje a výsledky. Ověření prvku, zda je realizace spoje možná či bude muset dojít k zvětšení průřezu, bude provedeno ručně dle:



Obr. 89: Rozmístění svorníků, vzdálenosti svorník-svorník



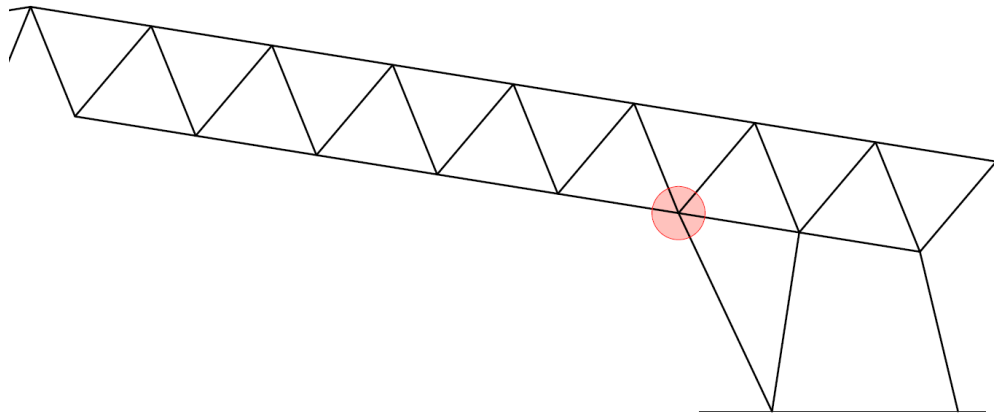
Obr. 90: Vzdálenost svorníků od okrajů a konců prvku

Rozteče a vzdálenosti od konců/okrajů (viz obrázek 8.7)	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti
$a_1$ (rovnoběžně s vlákny)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 +  \cos \alpha ) d$
$a_2$ (kolmo k vláknům)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$4 d$
$a_{3,t}$ (zatížený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$\max(7 d; 80 \text{ mm})$
$a_{3,c}$ (nezatížený konec)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$	$\max[(1 + 6 \sin \alpha) d; 4d]$
	$150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$	$4 d$
	$210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$\max[(1 + 6 \sin \alpha) d; 4d]$
$a_{4,t}$ (zatížený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$\max[(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d]$
$a_{4,c}$ (nezatížený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3 d$

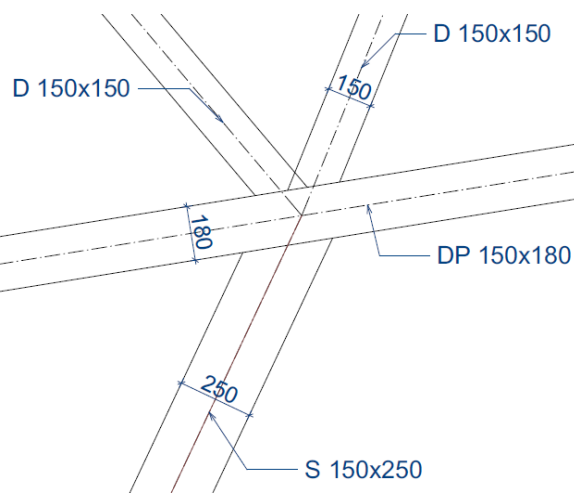
Obr. 91: Vlastní výpočet jednotlivých vzdáleností svorníků

Pozn. Spoje by dle normy měly být namáhány na max. 70%. Toto ověření je zaneseno ve výpočtu v Excelu – vyhovující výsledky tedy toto kritérium zohledňují.

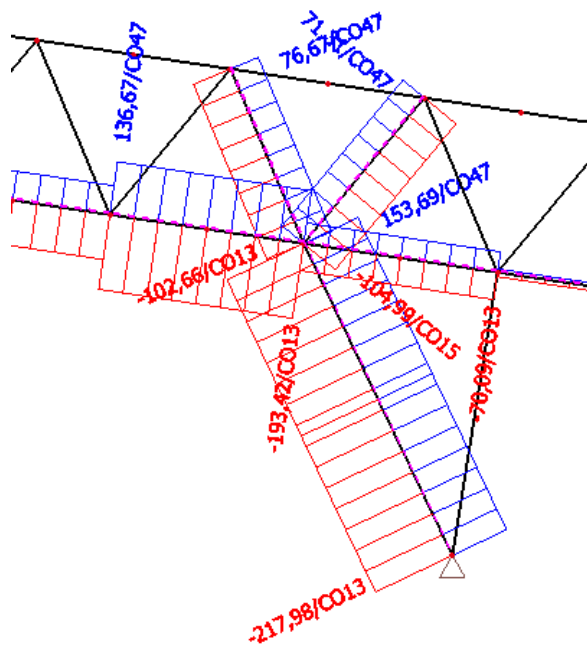
5.1 Spoj A: Stojina



Obr. 92: Umístění spoje v rámci konstrukce haly



Obr. 93: Jednotlivé prvky ve spoji

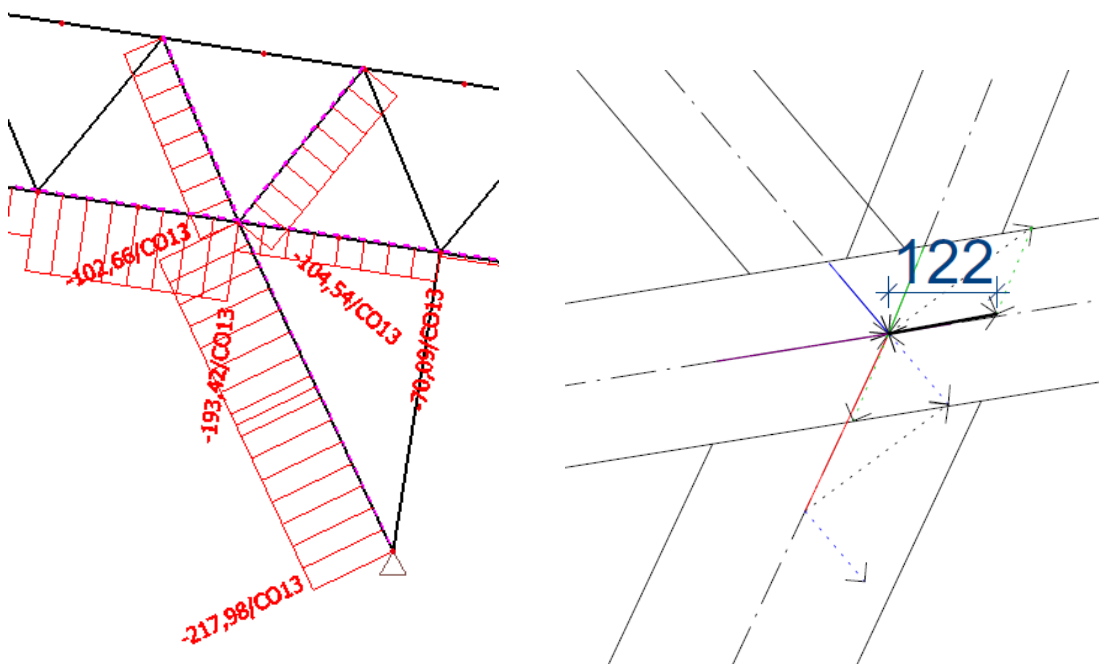


Obr. 94: Zatížení, která na spoji vyvodí maximální normálové síly

Lze předpokládat, že nejhorší možné varianty zatížení spoje, tj. varianty, které bude třeba prověřit, vzejdou z jedné z kombinací zatížení, které v daném místě konstrukce vyvíjí maximální normálové síly (viz obrázek 94). Je tedy třeba prověřit kombinace CO13, CO15 a CO47 a na tyto kombinace následně navrhnout spoj.

- **CO13:** vlastní tíha + střešní plášť + sníh na celé střeše
- **CO15:** vlastní tíha + střešní plášť + sníh na celou střechu (prim.) + vítr na stěnu (sek.)
- **CO47:** vlastní tíha + střešní plášť + vítr na štít budovy

### 5.1.1 Normálové síly vyvozené CO13

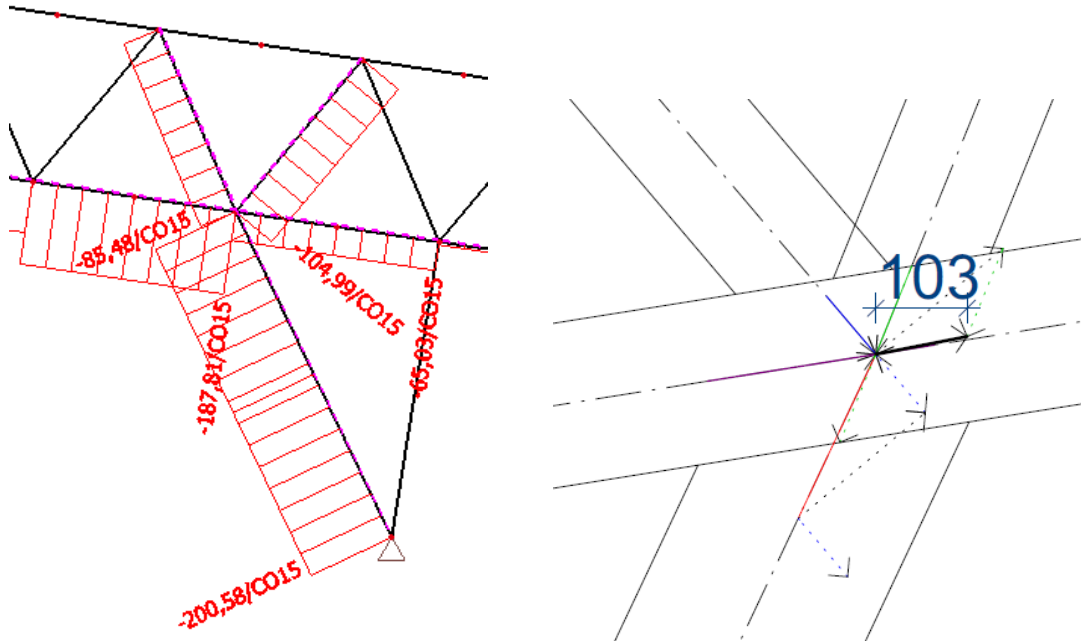


Obr. 95: Normálové síly od CO13, grafické výpočet výslednice sil působící na dolní pás [kN]

Odchylka výslednice od normálové síly v dolním pásu je  $1,26^\circ$



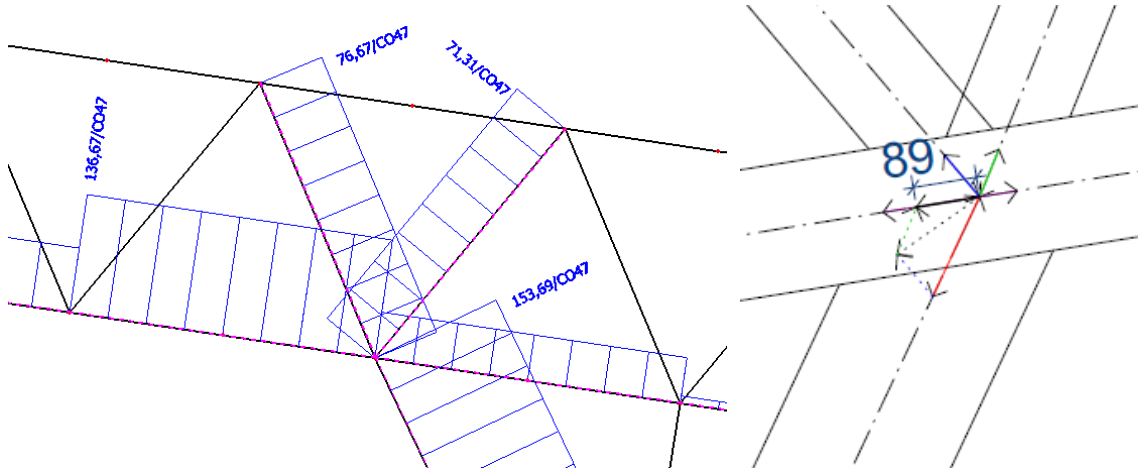
## 5.1.2 Normálové síly vyvozené CO15



Obr. 96: Normálové síly od CO15, grafické výpočet výslednice sil působící na dolní pás [kN]

Odchylka výslednice od normálové síly v dolním pásu je  $1,95^\circ$

## 5.1.3 Normálové síly vyvozené CO47



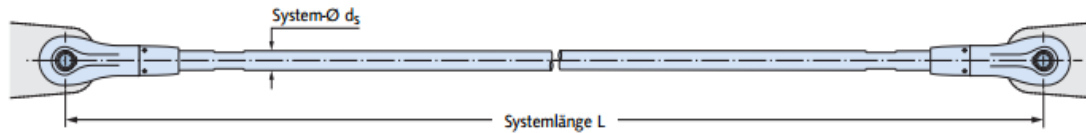
Obr. 97: Normálové síly od CO47, grafické výpočet výslednice sil působící na dolní pás [kN]

Odchylka výslednice od normálové síly v dolním pásu je  $0^\circ$

## 5.1.4 Návrh spoje

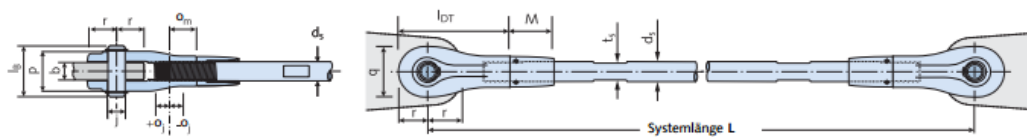
- Spoj budeme navrhovat na tlakovou sílu  $-122$  kN (vyvozenou CO13).

5.1.4.1 Návrh podélného táhla



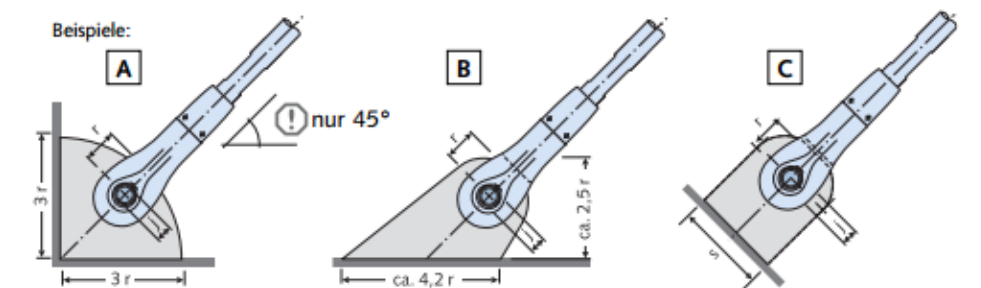
System DETAN-S460, Europäische Technische Zulassung ETA-05/0207												
System - Ø d <sub>s</sub> [mm]	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52	56
Lieferbare minimale Systemlänge L [mm]												
Stab feuerverzinkt	250	310	360	440	520	560	600	700	810	940	990	1050
Lieferbare maximale Systemlänge L mit einem Stab [mm]												
Stab feuerverzinkt	6060	6070	12080	12100	12120	12140	12140	12170	12220	12260	12270	12290

Obr. 98: Průměry a délky kovových táhla



Systemmaße [mm]; Werkstoffe: siehe Tabelle oben												
System - Ø	d <sub>s</sub>	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52
Gabellänge	L <sub>DT</sub>	60	73	89	110	133	147	160	192	225	265	285
Bolzenlänge	l <sub>B</sub>	28	32	44	52	60	65	72	84	97	111	119
Gabelbreite	p	20	24	33	40	46	51	57	68	79	90	98
Gabelhöhe	q	26	31	41	51	61	69	75	90	105	119	125
Einschraubtiefe	o <sub>m</sub>	15,0	18,5	22,5	27,0	34,0	37,5	42,5	51,0	55,0	62,5	70,5
Einschr.-justiermaß	o <sub>j</sub>	5,0	6,5	7,5	8,0	11,0	12,5	12,5	14,0	15,0	17,5	20,0
Länge Kontermutter	M	24,5	37,0	41,0	50,0	58,0	63,0	64,0	72,0	83,0	91,0	98,0
Zugstabsmontage		Schlüsselweite t <sub>s</sub>										
		8	10	14	18	21	24	27	32	36	41	46
Montage Kontermutter	Schonbackenzange verwenden	mit Hakenschlüssel										
		25-28	30-32	34-36	40-42	45-50	52-55	68-75	68-75	80-90		
Randabstand	r											
Bohrung Ø	j	→ siehe Tabelle Anschlussblech-Maße Seite 13										
Dicke Anschlussblech	b											

Obr. 99: Rozměry hlavice táhla



System - Ø	d <sub>s</sub>	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52
Dicke Anschlussblech	b	8	10	15	18	20	22	25	30	35	40	45
Bohrung	Ø j	9,5	11,5	15,5	19,5	23,5	26,5	29,5	33,5	41	47	49
Lochposition	r	15	18	24	29	35	39	43	51	60	70	76
Mindestbreite	s	28	33	40	51	64	73	80	94	113	129	142

Obr. 100: Rozměry přípoje

Táhly se dále zabírá samostatná kapitola.

## 5.1.4.2 Návrh diagonály

## 5.1.4.2.1 Vstupní údaje, návrh spoje

Uvažujeme největší normálovou sílu v diagonálách dle obrázku 94 – tj 104,99 kN.

Svorníkový spoj		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku		150 mm	
tloušťka ocelové desky		15 mm	
tloušťka	$t_1$	67,5 mm	
hustota dřeva	$\rho_k$	430 kg/m <sup>3</sup>	
úhel zatížení k vláknům		0 °	
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$	400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
Normálová síla (Scia)!!!		104,99 kN	
počet řad		2 řady	
počet svorníků		4 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky		58 18 mm	
Pevnost v tlaku (dřevo) $f_{c,90,k}$		3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku	$A_s$	157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

Předpokládáme tedy svorník o průměru 16 mm, pevnostní třída 5.8. Spoj proběhne za pomoci ocelové desky tlusté 15 mm. Svorníky budou umístěny ve **2 řadách po 4 kusech**.

## 5.1.4.2.2 Výpočet

Abychom zjistili sílu, kterou je spoj schopen přenést, musíme vypočítat sílu:

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

kde  $F_{v,Rk}$  je charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku;

$f_{h,k}$  charakteristická pevnost v otlacení ve dřevěném prvku;

$t_1$  je menší tloušťka krajního dřevěného prvku nebo hloubka vniku;

$t_2$  tloušťka středního dřevěného prvku;

$d$  průměr spojovacího prostředku;

$M_{y,Rk}$  charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku;

$F_{ax,Rk}$  charakteristická únosnost na vytažení spojovacího prostředku.

Obr. 101: Výpočet síly  $F_{v,Rk}$

Vezmeme-li neznámé popořadě:

**Charakteristická pevnost v otláčení ve dřevěném prvku –  $f_{h,k}$**

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 (1 - 0,01 d) \rho_k$$

$f_{h,0,k}$  je charakteristická pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny v  $\text{N/mm}^2$ ;

$\rho_k$  charakteristická hustota dřeva v  $\text{kg/m}^3$ ;

$\alpha$  úhel zatížení vzhledem k vláknům;

$d$  průměr svorníku v mm.

Kde:

$$k_{90} = \begin{cases} 1,35 + 0,015 d & \text{pro dřevo jehličnatých dřevin} \\ 1,30 + 0,015 d & \text{pro LVL} \\ 0,90 + 0,015 d & \text{pro dřevo listnatých dřevin} \end{cases}$$

Obr. 102, 103: Výpočet  $f_{h,k}$

Ve výpočtu postupujeme dle neznámých – hustotu dřeva (kapitola 3.2), průměr svorníků a úhel zatížení vzhledem k vláknům známe, můžeme tedy vypočítat  $f_{h,0,k}$  a dále tedy i charakteristickou pevnost v otláčení. Dosazení proběhlo prostřednictvím Excelu:

$$f_{h,0,k} = 29,6184 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,k} = 29,6184 \text{ N/mm}^2$$

**Charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prostředku –  $M_{y,Rk}$**

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

kde  $M_{y,Rk}$  je charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti v Nmm;

$f_{u,k}$  charakteristická pevnost v tahu v  $\text{N/mm}^2$ ;

$d$  je průměr svorníku v mm.

Obr. 104: Vzorec pro výpočet momentu

Charakteristickou pevnost lze najít v kapitole 3.2, průměr svorníku známe, moment tedy lze vypočítat (dosadíme do Excelu). Odtud:

$$M = 202676,4 \text{ N}$$

**Charakteristická únosnost na vytažení spojovacího prostředku –  $F_{ax,Rk}$** 

Tato hodnota se připočítává pouze k druhé a třetí variantě síly  $F_{v,Rk}$ . Hodnota síly je tak shodná buď s:

- 25% první části vzorce (pro obě varianty, ve kterých  $F_{ax,Rk}$  figuruje)
- 25% otláčení pod podložkou či přetržení svorníku

Přičítávat k  $F_{v,Rk}$  se bude příslušné minimum z takto vypočtených hodnot.

Odtud:

$A(s) \cdot f_{u,k} / 1,25$	15700,00	nebo	13652,17	pro $f_{y,k}$
$A(net) \cdot 3 \cdot f_{c,90,d}$	5909,34			
<b>min:</b>	<b>5909,34 [N]</b>			
<b>A(net) =</b>	<b>2387,61 mm<sup>2</sup></b>			
	<b>plocha podložky</b>			

Obr. 105: Výpočet sil otláčení pod podložkou/přetržení svorníku, všechny hodnoty v [N]

**Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku –  $F_{v,Rk}$** 

Pokud se tedy vrátíme k již nastíněným vzorcům:

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

Obr. 106: Vzorce pro výpočet  $F_{v,Rk}$

Získáme tak hodnoty:

F1 =	31987,9 [N]			31987,9		
F2 =	17313,6 [N] + Fax	4328,40	=	21642,0	21642,0	F(min) !!!
F3 =	22540,8 [N] + Fax	5635,21	=	28176,1		

$F_{ax,Rk}$  získaný výpočtem otláčení/přetržení není menší než 25% první části síly (tj. hodnoty dle vzorce), jako  $F_{ax,Rk}$  proto uvažujeme právě čtvrtinu z první části výpočtu. Získáme tak sílu **21,642 kN**. Lze přejít k posouzení.

## 5.1.4.2.3 Posouzení navrženého spoje

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	104540,00 N	
F(celk.)	=	192317,11 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
	104540,00	<	192317,11 N
			<b>VYHOVÍ</b>
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

Kde:

- F(max) je maximální normálová síla v prvku dle programu Scia.
- F(celk.) se řídí nastíněným výpočtem, hodnota je přenásobena součinitelem  $k_{mod}$  (=0,9) a podělena  $\gamma$  (=1,3)
- n(ef) získáme z:

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n^{0,9} \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \end{array} \right. = 4$$

$$= 3,209 \quad n_{ef} = 3,21$$

$d$  průměr svorníku;  
 $n$  počet svorníků v řadě.

kde:

Rozteče a vzdálenosti od konců/okrajů	Úhel	Minimální rozteče nebo vzdálenosti
$a_1$ (rovnoběžně s vlákny)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 +  \cos \alpha ) d$
min. $a_1 =$	80 mm	tj. min vzdálenost svorníků
Pro efektivitu použijeme:	$a_1 =$	150 mm

Nyní je nutné vypočtené hodnoty zakreslit do příslušného detailu, abychom ověřili, že se svorníky na daný průřez vejdou:

## 5.1.4.2.4 Posouzení spoj

Spoj: **2 řady svorníků po 4 kusech**

Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty, vzorce viz obr. 89, 90):

- $a_{3,t} = 112 \text{ mm}$  (zatížený konec)  $\rightarrow$  vzdálenost prvek - prvek
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj)  $\rightarrow$  vzdálenost svorník – okraj prvku při osově síle
- $a_2 = 64 \text{ mm}$  (vzdálenost řad)

Průřez prvku bude muset být zvětšen  $\rightarrow 150 \times 180 \text{ mm}$

## 5.1.4.3 Návrh stojiny

## 5.1.4.3.1 Vstupní údaje, návrh spoje

Pro tento spoj budou navrženy **2 řady svorníků po 7 kusech**:

Svorníkový spoj		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku			150 mm
tloušťka ocelové desky			15 mm
tloušťka	$t_1$		67,5 mm
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			0 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$	400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>		<b>217,98 kN</b>	
počet řad		2 řady	
počet svorníků		7 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky		58	18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$	3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku	$A_s$	157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

## 5.1.4.3.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	217980,00 N	
F(celk.)	=	318238,10 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
	217980,00	<	318238,10 N
		<b>VYHOVÍ</b>	
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

## 5.1.4.3.3 Posouzení spoj

Spoj **2 řady svorníků po 7 kusech**

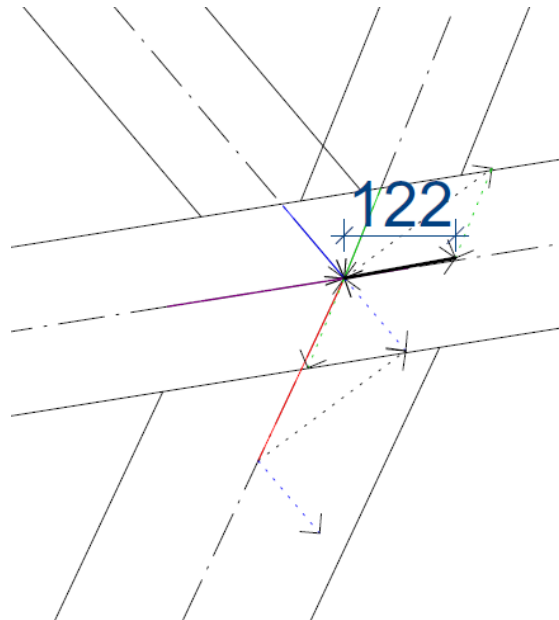
Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{3,t} = 112 \text{ mm}$  (zatížený konec) → vzdálenost prvek - prvek
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku při osově síle
- $a_2 = 64 \text{ mm}$  (vzdálenost řad)

Nedojde ke změně průřezu prvku.

#### 5.1.4.4 Návrh dolního pásu

Z možností uvedených v kapitolách 5.1.1, 5.1.2 a 5.1.3 vybereme nejméně příznivou výslednici sil. Výsledek budeme počítat nejen na tuto sílu, ale zároveň budeme uvažovat i odlišný úhel. Při rozmístění svorníků proto budeme muset uvažovat vzdálenosti pro „zatížený okraj“ a „nezatížený okraj“ (viz obr. 90) dle směru výslednice sil.



Obr. 107: Výslednice sil působících na spoj s největší hodnotou (CO13)

#### 5.1.4.4.1 Vstupní údaje, návrh spoje

Pro tento spoj budou navrženy **2 řady svorníků po 6 kusech**:

<b>Svorníkový spoj</b>		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku			150 mm
tloušťka ocelové desky			15 mm
tloušťka	$t_1$		67,5 mm
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			1,26 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$		500 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$		400 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>			<b>122 kN</b>
počet řad			2 řady
počet svorníků			6 svorníků
vnější/vnitřní průměr podložky			58 18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$		3,3 N/mm <sup>2</sup>
Průřez svorníku	$A_s$		157 mm <sup>2</sup>
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			



## 5.1.4.4.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	122000,00 N	
F(celk.)	=	206082,82 N	
kde $F(\text{celk.}) = \text{počet stříhů} * \text{počet řad} * n(\text{ef}) * F(v, R_k)$			
a tedy:			
	122000,00	<	206082,82 N
		VYHOVÍ	
Pozn. lze upravovat $a_1$ v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

## 5.1.4.4.3 Posouzení spoj

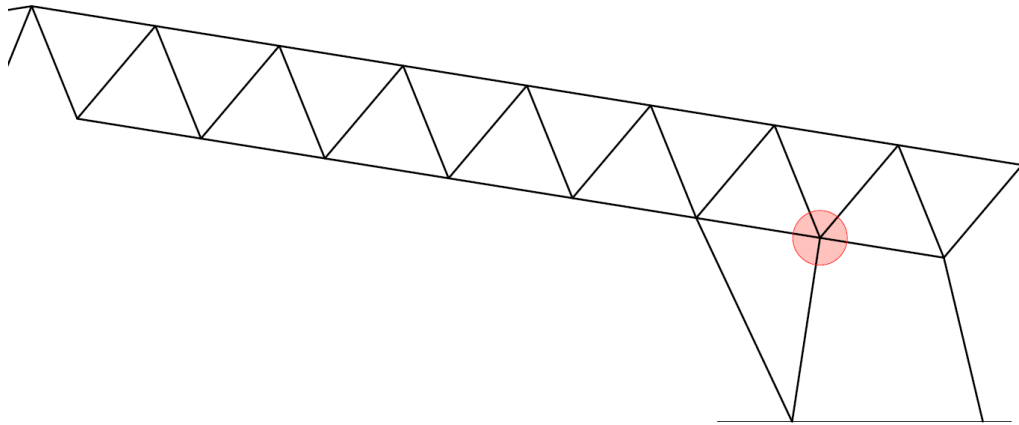
Spoj **2 řady svorníků po 6 kusech**

Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

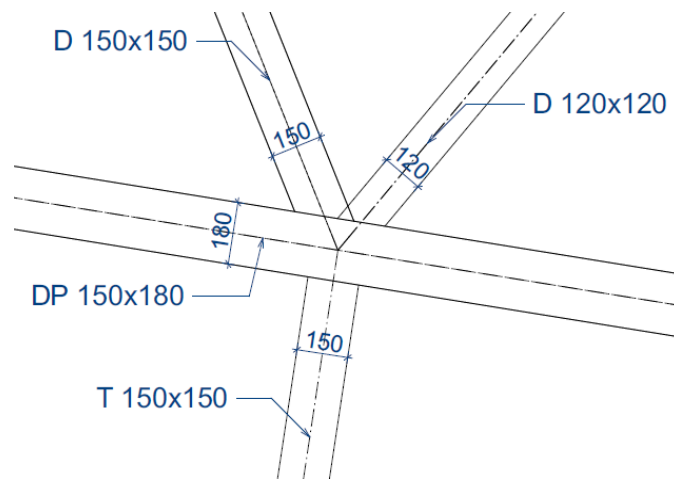
- $a_{4,t} = 63 \text{ mm}$  (zatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj, síla pod úhlem  $1,26^\circ$
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku
- $a_2 = 64 \text{ mm}$  (vzdálenost řad)

V rámci osazení svorníků muselo dojít k rozšíření prvku a to na → **150x200 mm**

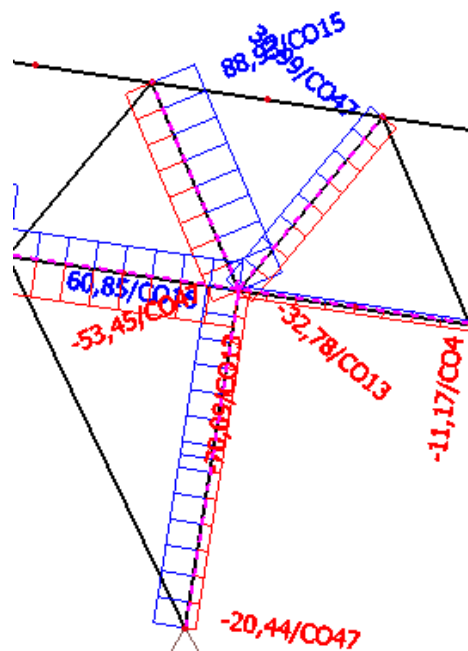
## 5.2 Spoj B: Táhlo



Obr. 108: Umístění spoje v rámci konstrukce haly



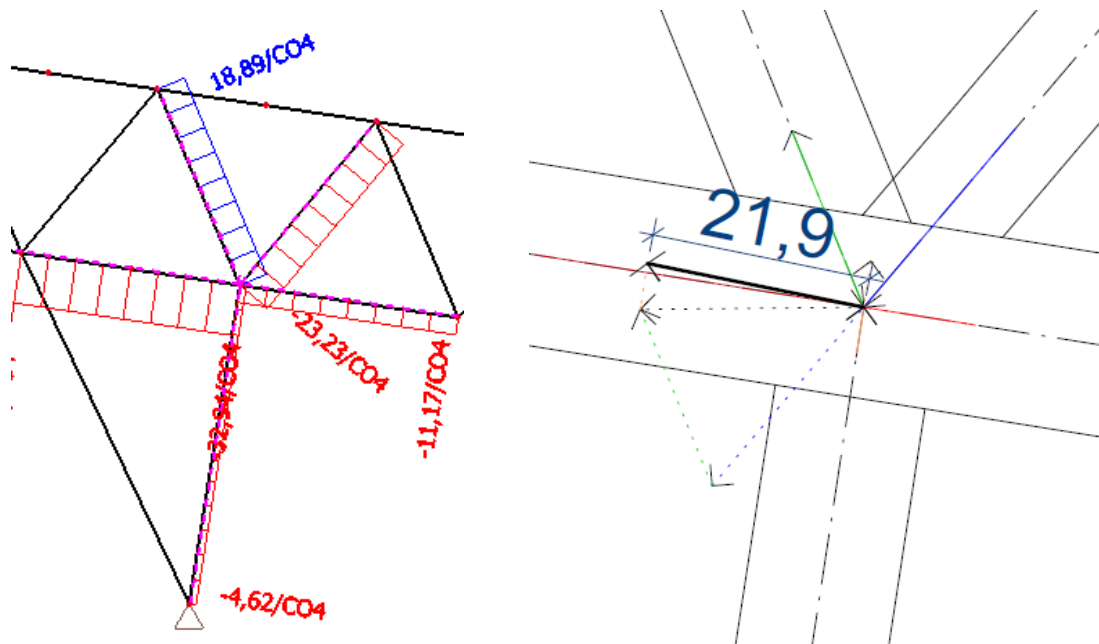
Obr. 109: Jednotlivé prvky ve spoji



Obr. 110: Jednotlivá dominantní zatížení působící ve spoji (CO04, CO13, CO15, CO16, CO47)

- **CO04:** vlastní tíha + střešní plášť + užité zatížení na krajích střechy
- **CO13:** vlastní tíha + střešní plášť + sníh na celé střeše
- **CO15:** vlastní tíha + střešní plášť + sníh na celé střeše + vítr na stěnu (tlak)
- **CO16:** vlastní tíha + střešní plášť + sníh odtátý + vítr na stěnu (tlak)
- **CO47:** vlastní tíha + střešní plášť + vítr na štít

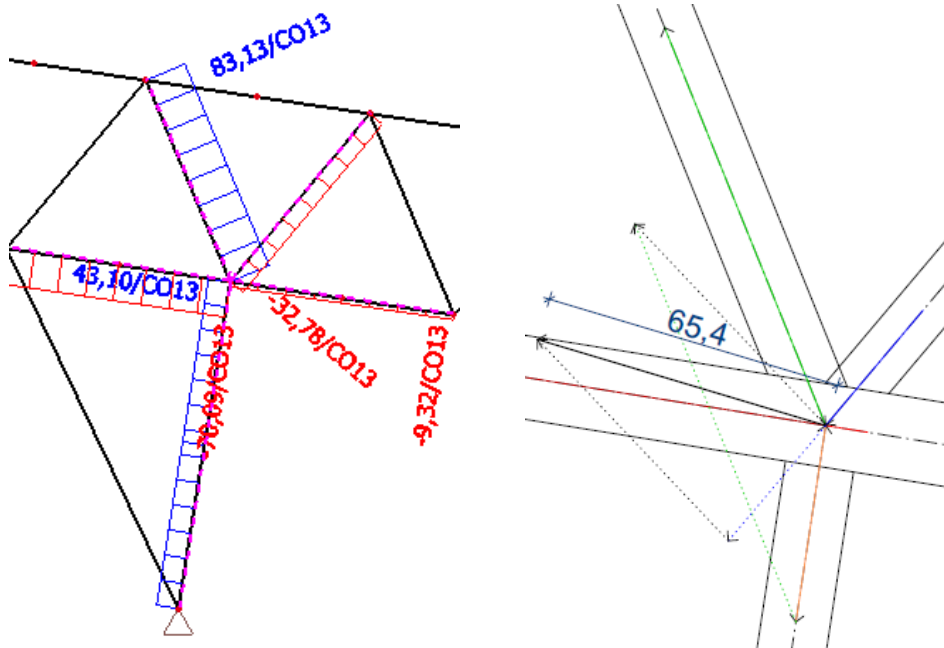
### 5.2.1 Normálové síly vyvozené CO04



Obr. 111: Normálové síly od CO04, grafické výpočet výslednice sil působící na dolní pás [kN]

Odchylka výslednice od normálové síly v dolním pásu je  $2,37^\circ$

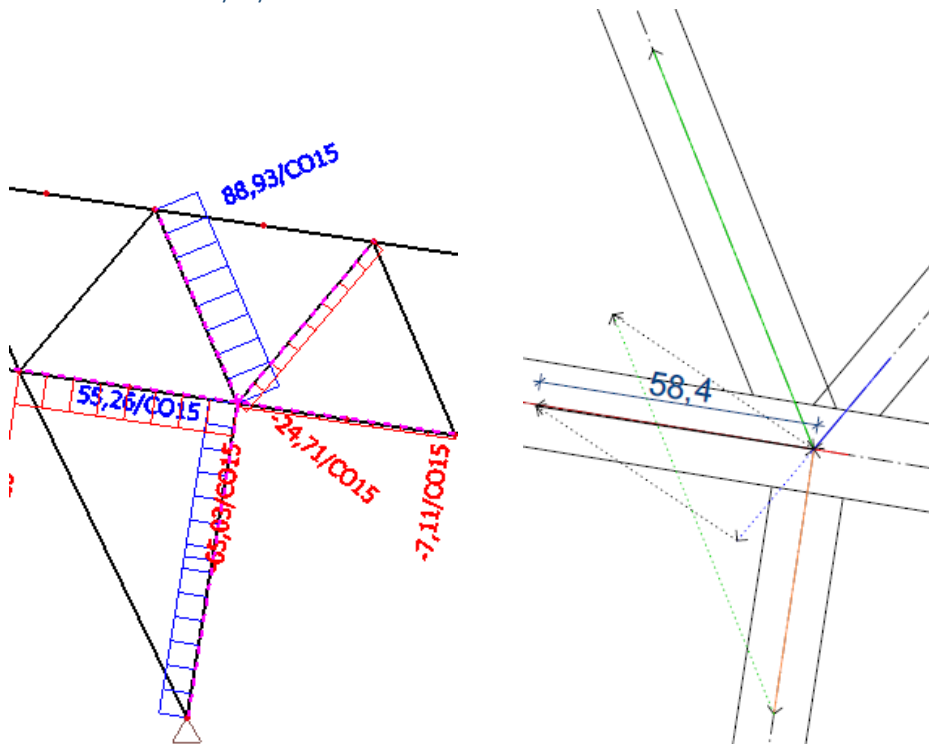
## 5.2.2 Normálové síly vyvozené CO13



Obr. 112: Normálové síly od CO13, grafické výpočet výslednice sil působící na dolní pás [kN]

Odchylka výslednice od normálové síly v dolním pásu je  $7,49^\circ$

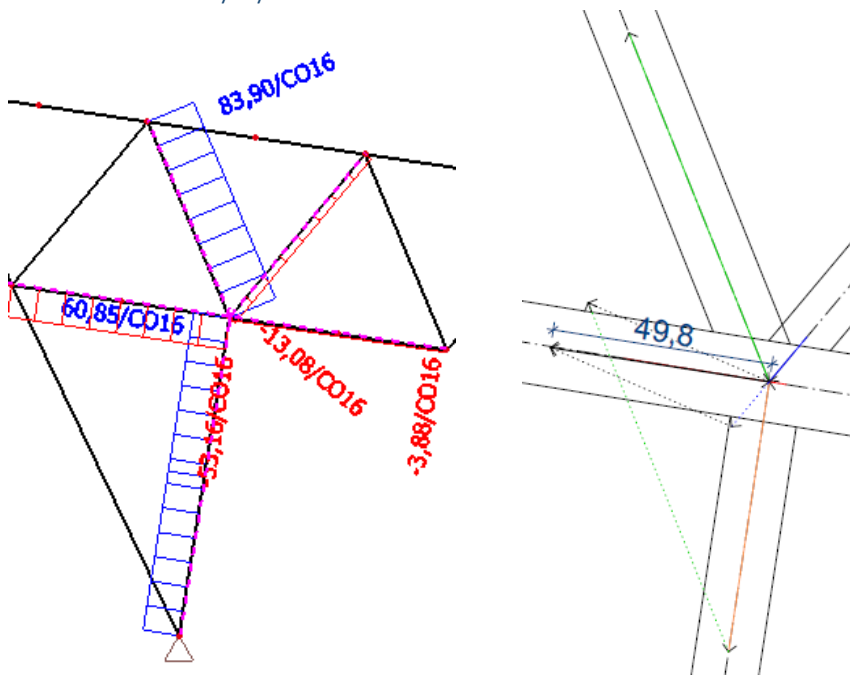
## 5.2.3 Normálové síly vyvozené CO15



Obr. 113: Normálové síly od CO15, grafické výpočet výslednice sil působící na dolní pás [kN]

Odchylka výslednice od normálové síly v dolním pásu je  $0,32^\circ$

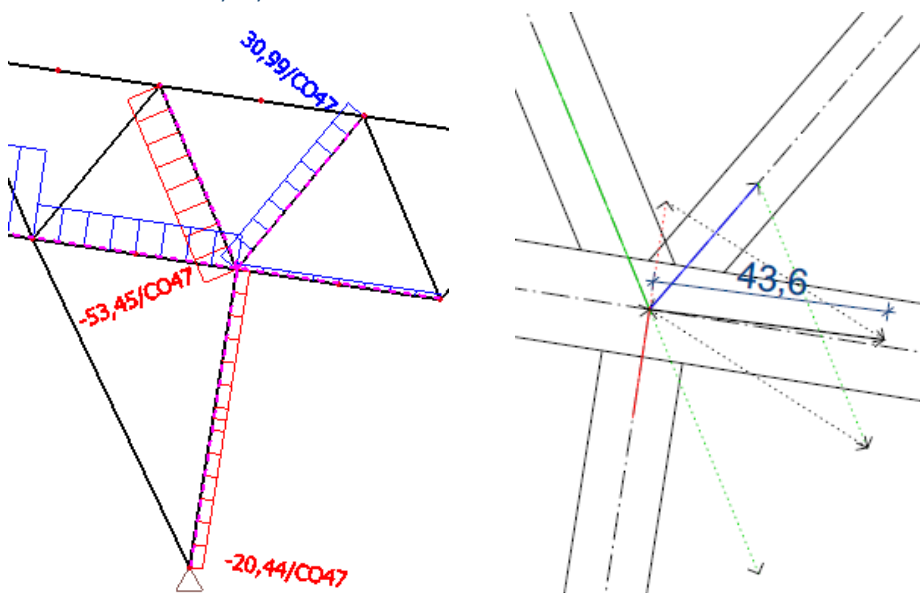
## 5.2.4 Normálové síly vyvozené CO16



Obr. 114: Normálové síly od CO16, grafické výpočet výslednice sil působící na dolní pás [kN]

Odchylka výslednice od normálové síly v dolním pásu je  $0,31^\circ$

## 5.2.5 Normálové síly vyvozené CO47



Obr. 115: Normálové síly od CO4, grafické výpočet výslednice sil působící na dolní pás [kN]

Odchylka výslednice od normálové síly v dolním pásu je  $1,62^\circ$

## 5.2.6 Návrh spoje

## 5.2.6.1 Návrh diagonály

## 5.2.6.1.1 Průřez 150x150

## 5.2.6.1.1.1 Vstupní údaje, návrh spoje

Pro tento spoj budou navrženy **2 řady svorníků po 3 kusech**:

Svorníkový spoj		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku			150 mm
tloušťka ocelové desky			15 mm
tloušťka	$t_1$		67,5 mm
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			0 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$	400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
Normálová síla (Scia)!!!		88,93 kN	
počet řad		2 řady	
počet svorníků		3 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky		58	18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$	3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku	$A_s$	157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

## 5.2.6.1.1.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	88930,00 N	
F(celk.)	=	148447,56 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
	88930,00	<	148447,56 N
		<b>VYHOVÍ</b>	
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

## 5.2.6.1.1.3 Posouzený spoj

V rámci osazení svorníků muselo dojít k rozšíření prvku a to na → **150x180 mm**

Spoj: **2 řady svorníků po 3 kusech**

Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{3,t} = 112 \text{ mm}$  (zatížený konec) → vzdálenost prvek-prvek
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku
- $a_2 = 64 \text{ mm}$  (vzdálenost řad)

## 5.2.6.1.2 Průřez 120x120

## 5.2.6.1.2.1 Vstupní údaje, návrh spoje

Pro tento spoj, aby se předešlo rozšiřování prvku, bude navržena **1 řada svorníků po 3 kusech**:

<b>Svorníkový spoj</b>		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku			120 mm
tloušťka ocelové desky			15 mm
tloušťka	$t_1$		52,5 mm
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			0 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$		500 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$		400 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>			<b>32,78 kN</b>
počet řad			1 řady
počet svorníků			3 svorníků
vnější/vnitřní průměr podložky			58 18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$		3,3 N/mm <sup>2</sup>
Průřez svorníku	$A_s$		157 mm <sup>2</sup>
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

## 5.2.6.1.2.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	32780,00 N	
F(cek.)	=	66005,65 N	
kde F(cek.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
	32780,00	<	66005,65 N
			<b>VYHOVÍ</b>
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

## 5.2.6.1.2.3 Posouzený spoj

Spoj **1 řada svorníků po 3 kusech**

Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{3,t} = 112 \text{ mm}$  (zatížený konec) → vzdálenost prvek-prvek
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku

Není třeba zvětšovat průřez prvku

## 5.2.6.2 Návrh táhla

## 5.2.6.2.1 Vstupní údaje, návrh spoje

Pro tento spoj, aby nemuselo dojít k rozšíření prvku, bude navržena **1 řada svorníků po 5 kusech**:

Svorníkový spoj		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku			150 mm
tloušťka ocelové desky			15 mm
tloušťka	$t_1$		67,5 mm
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			0 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$	400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
Normálová síla (Scia)!!!		70,09 kN	
počet řad			1 řady
počet svorníků			5 svorníků
vnější/vnitřní průměr podložky		58	18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$	3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku	$A_s$	157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

## 5.2.6.2.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	70090,00 N	
F(celk.)	=	117545,75 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
	70090,00	<	117545,75 N
			<b>VYHOVÍ</b>
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

## 5.2.6.2.3 Posouzení spoje

Spoj **1 řada svorníků po 5 kusech**

Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

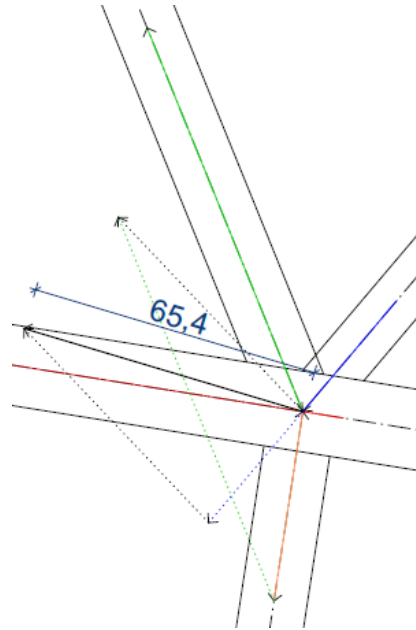
- $a_{3,t} = 112 \text{ mm}$  (zatížený konec) → vzdálenost prvek-prvek
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku

Není třeba zvětšovat průřez prvku.



### 5.2.6.3 Návrh dolního pásu

Z možností uvedených v kapitolách 5.2.1-5 vybereme nejméně příznivou výslednici sil. Výsledek budeme počítat nejen na tuto sílu, ale zároveň budeme uvažovat i odlišný úhel. Při rozmístění svorníků proto budeme muset uvažovat vzdálenosti pro „zatížený okraj“ a „nezatížený okraj“ (viz obr. 90) dle směru výslednice sil.



Obr. 116: Výslednice zatížení spoje s největší hodnotou, od CO13

#### 5.2.6.3.1 Vstupní údaje, návrh spoje

Pro tento spoj, který byl rozšířen již v rámci posouzení předchozího spoje (kapitola 5.1), budou navrženy **2 řady svorníků po 4 kusech**:

Svorníkový spoj		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku			150 mm
tloušťka ocelové desky			15 mm
tloušťka	$t_1$		67,5 mm
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			7,49 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$		500 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{v,b}$		400 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>			<b>65,4 kN</b>
počet řad			2 řady
počet svorníků			4 svorníků
vnější/vnitřní průměr podložky			58 18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$		3,3 N/mm <sup>2</sup>
Průřez svorníku	$A_s$		157 mm <sup>2</sup>
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

## 5.2.6.3.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	65400,00	N
F(celk.)	=	144308,77	N
kde $F(\text{celk.}) = \text{počet stříhů} * \text{počet řad} * n(\text{ef}) * F(\text{v}, R_k)$			
a tedy:			
		65400,00	< 144308,77 N
		VYHOVÍ	
Pozn. lze upravovat $a_1$ v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

## 5.2.6.3.3 Posouzený spoj

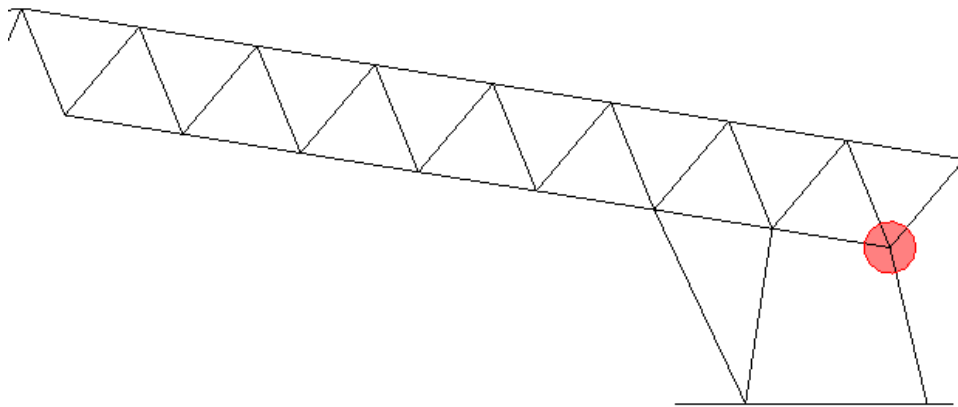
K rozšíření prvku došlo již při návrhu předchozího spoje A → **150x200 mm**.

Spoj **2 řady svorníků po 4 kusech**

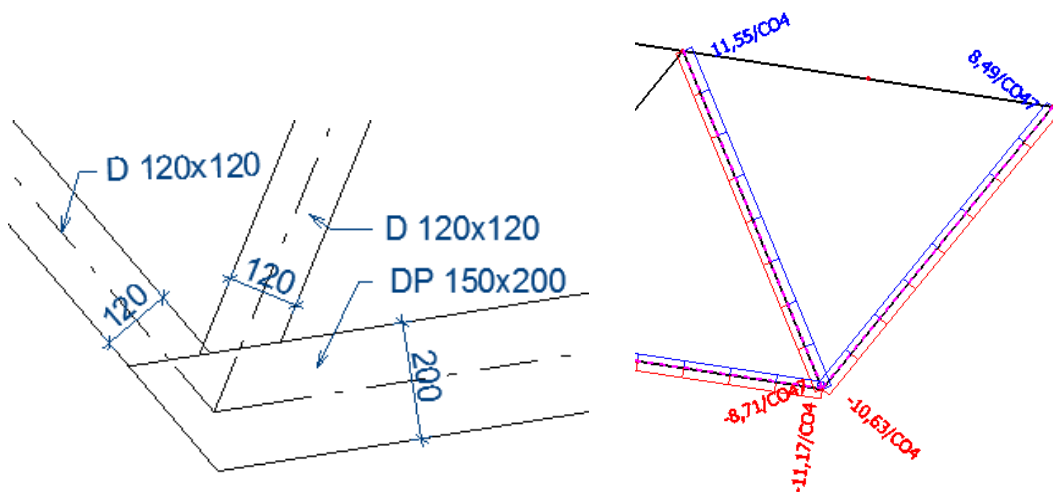
Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{4,t} = 62 \text{ mm}$  (zatížený okraj) → vzdálenost svorník-okraj prvku, úhel 7,49°.
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku
- $a_2 = 64 \text{ mm}$  (vzdálenost řad)

## 5.3 Spoj C: Roh s kovovým táhlem



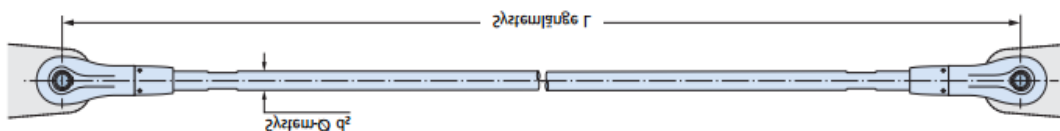
Obr. 117: Umístění spoje v rámci konstrukce haly



Obr. 118: Jednotlivé prvky ve spoji, normálové síly od nejméně příznivých kombinací zatížení

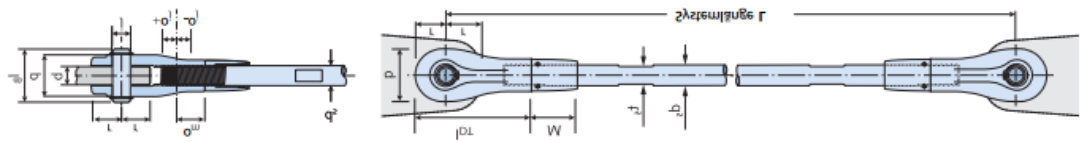
Jednotlivé spoje budou navrhovány na maximální osovou sílu, jelikož ve spoji není žádný průběžný prvek.

## 5.3.1 Návrh táhla



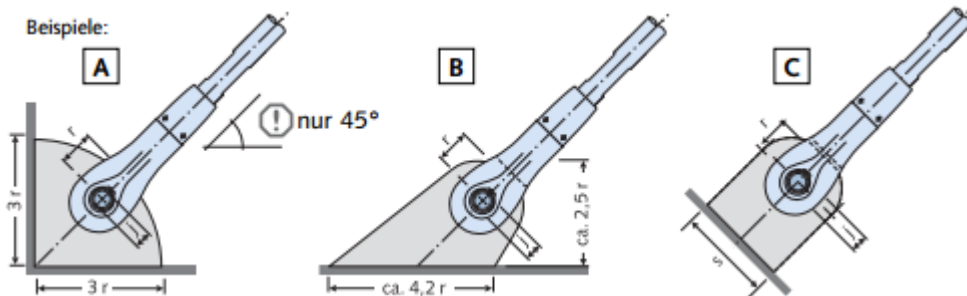
System DETAN-5460, Europäische Technische Zulassung ETA-05/0207												
System - $\varnothing d_s$ [mm]	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52	56
Lieferbare minimale Systemlänge L [mm]												
Stab feuerverzinkt	250	310	360	440	520	560	600	700	810	940	990	1050
Lieferbare maximale Systemlänge L mit einem Stab [mm]												
Stab feuerverzinkt	6060	6070	12080	12100	12120	12140	12140	12170	12220	12260	12270	12290

Obr. 119: Průměry a délky kovových táhel



Systemmaße [mm]; Werkstoffe: siehe Tabelle oben												
System - Ø	d <sub>S</sub>	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52
Gabellänge	L <sub>DT</sub>	60	73	89	110	133	147	160	192	225	265	285
Bolzenlänge	l <sub>B</sub>	28	32	44	52	60	65	72	84	97	111	119
Gabelbreite	p	20	24	33	40	46	51	57	68	79	90	98
Gabelhöhe	q	26	31	41	51	61	69	75	90	105	119	125
Einschraubtiefe	o <sub>M</sub>	15,0	18,5	22,5	27,0	34,0	37,5	42,5	51,0	55,0	62,5	70,5
Einschr.-justiermaß	o <sub>J</sub>	5,0	6,5	7,5	8,0	11,0	12,5	12,5	14,0	15,0	17,5	20,0
Länge Kontermutter	M	24,5	37,0	41,0	50,0	58,0	63,0	64,0	72,0	83,0	91,0	98,0
Zugstmontage		Schlüsselweite t <sub>s</sub>										
		8	10	14	18	21	24	27	32	36	41	46
Montage Kontermutter	Schonbackenzange verwenden	mit Hakenschlüssel										
		25-28	30-32	34-36	40-42	45-50	52-55	68-75	68-75	80-90		
Randabstand	r											
Bohrung Ø	j	→ siehe Tabelle Anschlussblech-Maße Seite 13										
Dicke Anschlussblech	b											

Obr. 120: Rozměry hlavice táhla



System - Ø	d <sub>S</sub>	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52
Dicke Anschlussblech	b	8	10	15	18	20	22	25	30	35	40	45
Bohrung	Ø j	9,5	11,5	15,5	19,5	23,5	26,5	29,5	33,5	41	47	49
Lochposition	r	15	18	24	29	35	39	43	51	60	70	76
Mindestbreite	s	28	33	40	51	64	73	80	94	113	129	142

Obr. 121: Rozměry přípoje

Táhly se dále zabírá samostatná kapitola.

## 5.3.2. Návrh spoje

## 5.3.2.1 Návrh diagonál

## 5.3.2.1.1 Vstupní údaje, návrh spoje

<b>Svorníkový spoj</b>			platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku			5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm	
tloušťka LLD prvku			120 mm	
tloušťka ocelové desky			15 mm	
tloušťka	$t_1$		52,5 mm	
hustota dřeva			$\rho_k$	430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			0 °	
char. pevnost v tahu			$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku			$f_{y,b}$	400 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
Normálová síla (Scia)!!!			11,55 kN	
počet řad			1 řady	
počet svorníků			2 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky			58	18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)			$f_{c,90,k}$	3,3 N/mm <sup>2</sup>
Průřez svorníku			$A_s$	157 mm <sup>2</sup>
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.				

## 5.3.2.1.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>				
F(max)	=		11550,00 N	
F(celk.)	=		45824,63 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)				
a tedy:				
		11550,00	<	45824,63 N
			<b>VYHOVÍ</b>	
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:				150

## 5.3.2.1.3 Posouzený spoj

Spoj **1 řada svorníků po 2 kusech**

Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{3,t} = 112 \text{ mm}$  (zatížený konec) → vzdálenost prvek - prvek
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku při osové síle
- $a_2 = 64 \text{ mm}$  (vzdálenost řad)

Průřez prvku nemusí být zvětšen.

## 5.3.2.2 Návrh dolního pásu

## 5.3.2.2.1 Vstupní údaje, návrh spoje

<b>Svorníkový spoj</b>			platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku			5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm	
tloušťka LLD prvku			150 mm	
tloušťka ocelové desky			15 mm	
tloušťka	$t_1$		67,5 mm	
hustota dřeva			$\rho_k$	430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			20,8 °	
char. pevnost v tahu			$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku			$f_{y,b}$	400 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
Normálová síla (Scia)!!!			11,17 kN	
počet řad			2 řady	
počet svorníků			2 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky			58	18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)			$f_{c,90,k}$	3,3 N/mm <sup>2</sup>
Průřez svorníku			$A_s$	157 mm <sup>2</sup>
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.				

## 5.3.2.2.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>				
	F(max)	=	11170,00 N	
	F(celk.)	=	77547,85 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)				
a tedy:				
	11170,00	<	77547,85 N	
			<b>VYHOVÍ</b>	
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:				150

## 5.3.2.2.3 Posouzení spoje

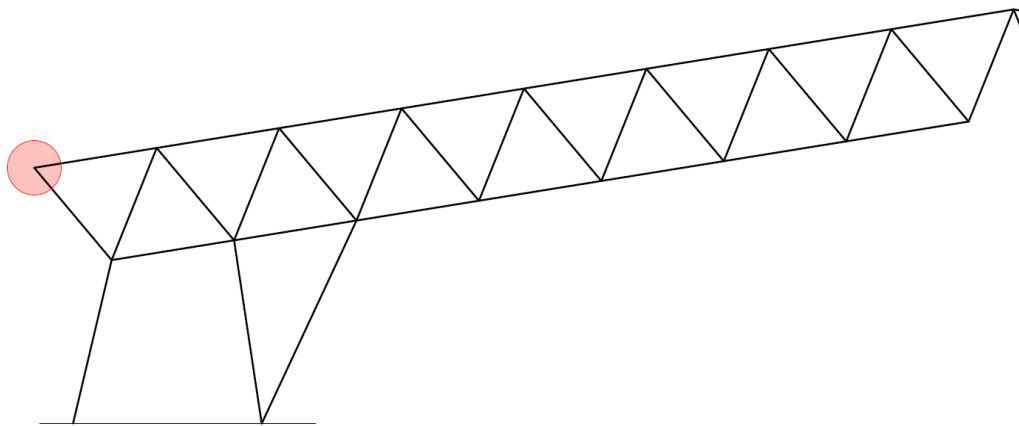
Spoj **2 řady svorníků po 2 kusech**

Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

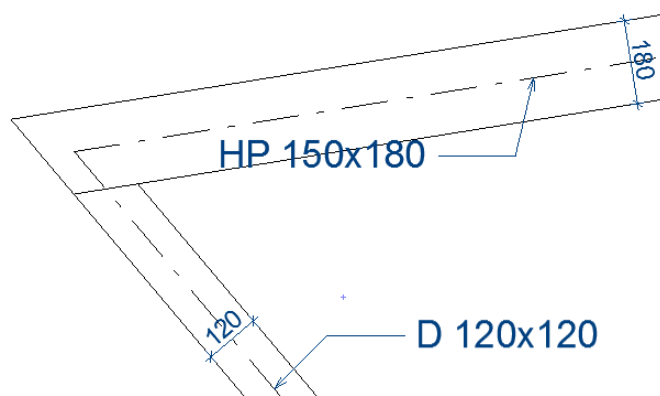
- $a_{3,t} = 112 \text{ mm}$  (zatížený konec) → vzdálenost prvek - prvek
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku při osově síle
- $a_2 = 64 \text{ mm}$  (vzdálenost řad)

Průřez prvku bude zvětšen v souladu se spojem A → **150x200 mm**

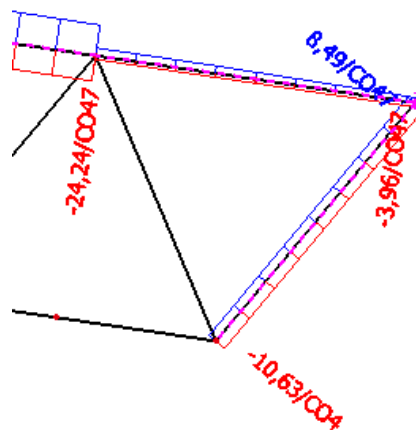
## 5.4 Spoj D: Roh haly u horního pásu



Obr. 122: Umístění spoje v rámci konstrukce haly



Obr. 123: Prvky ve spoji



Obr. 124: Normálové síly působící na konstrukci

Jelikož se ve spoji nenachází žádný průběžný prvek, spoj bude navrhován na maximální osově, tj. normálové síly. Jak je vidět z obrázku výše, normálové síly v prvcích jsou velmi malé, spoj tedy bude citlivě doplněn svorníky navíc.

## 5.4.1 Návrh diagonály

## 5.4.1.1 Vstupní údaje, návrh spoje

<b>Svorníkový spoj</b>			platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku			5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm	
tloušťka LLD prvku			120 mm	
tloušťka ocelové desky			15 mm	
tloušťka	$t_1$		52,5 mm	
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>	
úhel zatížení k vláknům			0 °	
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$		500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$		400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>			<b>10,62 kN</b>	
počet řad			1 řady	
počet svorníků			2 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky			58	18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo) $f_{c,90,k}$			3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku $A_s$			157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.				

## 5.4.1.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>				
F(max)	=		10620,00 N	
F(celk.)	=		45824,63 N	
kde $F(\text{celk.}) = \text{počet stříhů} * \text{počet řad} * n(\text{ef}) * F(v, R_k)$				
a tedy:				
		10620,00	<	45824,63 N
			<b>VYHOVÍ</b>	
Pozn. lze upravovat $a_1$ v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:				150

## 5.4.1.3 Posouzení spoje

Nemuselo dojít k rozšíření prvku.

Spoj **1 řada svorníků po 2 kusech**

Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty)

- $a_{3,t} = 112 \text{ mm}$  (zatížený konec) → vzdálenost prvek-prvek
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku



## 5.4.2 Návrh horního pasu

## 5.4.2.1 Vstupní údaje, návrh spoje

<b>Svorníkový spoj</b>		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku			150 mm
tloušťka ocelové desky			15 mm
tloušťka $t_1$			67,5 mm
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			0 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$	400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
Normálová síla (Scia)!!!		7,39 kN	
počet řad		2 řady	
počet svorníků		2 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky		58	18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$	3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku	$A_s$	157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

## 5.4.2.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	7390,00 N	
F(celk.)	=	103060,19 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
		7390,00	< 103060,19 N
			<b>VYHOVÍ</b>
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

## 5.4.2.3 Posouzení spoje

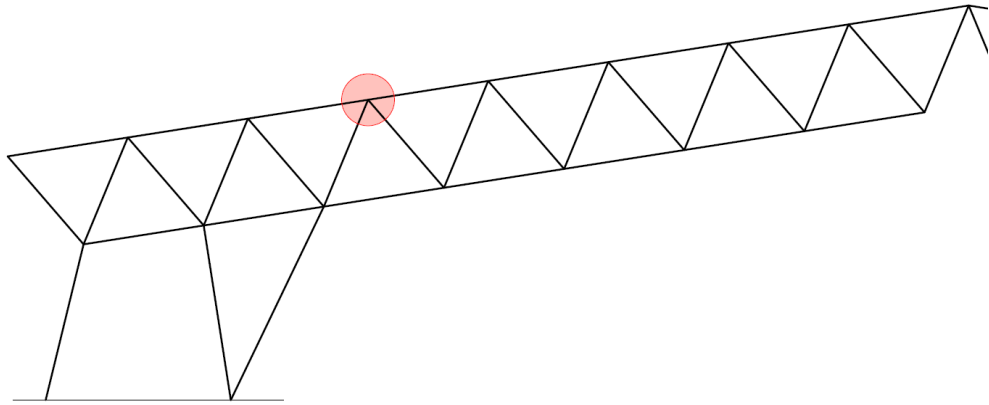
Dojde k rozšíření průřezu prvku na **150x200** mm.

Spoj **2 řady svorníků po 2 kusech**

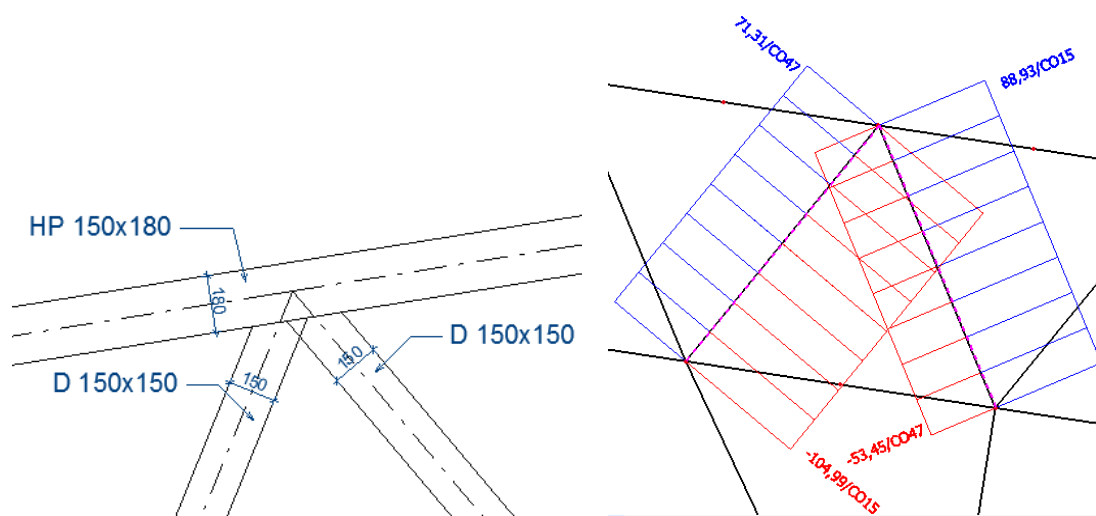
Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{3,t} = 112$  mm (zatížený konec) → vzdálenost prvek-prvek
- $a_{4,c} = 48$  mm (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku
- $a_2 = 64$  mm (vzdálenost řad)

## 5.5 Spoj E: Diagonály horního pásu (větší průřez)

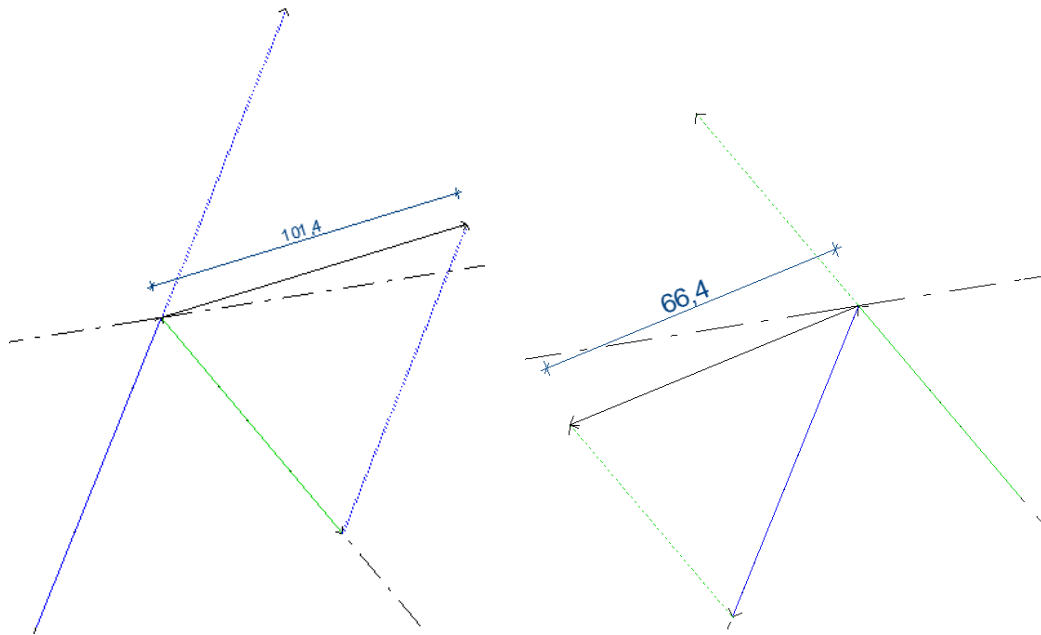


Obr. 125: Umístění spoje v rámci konstrukce haly



Obr. 126: Prvky vybrané části konstrukce, zatížení od nejméně příznivých kombinací

- **CO15:** vlastní tíha + střešní plášť + sníh na celé střeše (prim.) + vítr na stěnu (tlak, sek.)
- **CO47:** vlastní tíha + střešní plášť + vítr na štít objektu



Obr. 127: Výslednice sil působící na průběžný prvek horního pasu (CO15, CO47)

### 5.5.1 Návrh spoje

#### 5.5.1.1 Návrh diagonály

Diagonály jsou stejného průřezu, vybereme největší sílu, která na diagonálu tohoto průřezu působí, tj. 104,99 kN.

##### 5.5.1.1.1 Vstupní údaje, návrh spoje

<b>Svorníkový spoj</b>		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku			150 mm
tloušťka ocelové desky			15 mm
tloušťka	$t_1$		67,5 mm
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			0 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$	400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>		<b>104,99 kN</b>	
počet řad		2 řady	
počet svorníků		4 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky		58	18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$	3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku	$A_s$	157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

## 5.5.1.1.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>				
	F(max)	=	104990,00	N
	F(celk.)	=	192317,11	N
kde $F(\text{celk.}) = \text{počet stříhů} * \text{počet řad} * n(\text{ef}) * F(\text{v}, R_k)$				
	a tedy:			
			104990,00	<
				192317,11 N
			VYHOVÍ	
Pozn. lze upravovat $a_1$ v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:				150

## 5.5.1.1.3 Posouzený spoj

Spoj **2 řady svorníků po 4 kusech**

Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{3,t} = 112 \text{ mm}$  (zatížený konec) → vzdálenost prvek - prvek
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku při osově síle
- $a_2 = 64 \text{ mm}$  (vzdálenost řad)

Průřez prvku byl již v dřívější fázi zvětšen → **150x180 mm**

## 5.5.1.2 Návrh horního pásu

Spoj na horním pásu bude posuzován na sílu 101,4 kN působící pod úhlem 7,8°.

## 5.5.1.2.1 Vstupní údaje, návrh spoje

<b>Svorníkový spoj</b>		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ) M16	tj. d =	16 mm	
tloušťka LLD prvku		150 mm	
tloušťka ocelové desky		15 mm	
tloušťka $t_1$		67,5 mm	
hustota dřeva $\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>	
úhel zatížení k vláknům		7,8 °	
char. pevnost v tahu $f_{u,b}$		500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku $f_{y,b}$		400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>		<b>101,4 kN</b>	
počet řad		2 řady	
počet svorníků		6 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky		58 18 mm	
Pevnost v tlaku (dřevo) $f_{c,90,k}$		3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku $A_s$		157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

## 5.5.1.2.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	101400,00 N	
F(celk.)	=	201435,03 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
	101400,00	<	201435,03 N
		<b>VYHOVÍ</b>	
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

## 5.5.1.2.3 Posouzení spoje

Spoj **2 řady svorníků po 6 kusech**

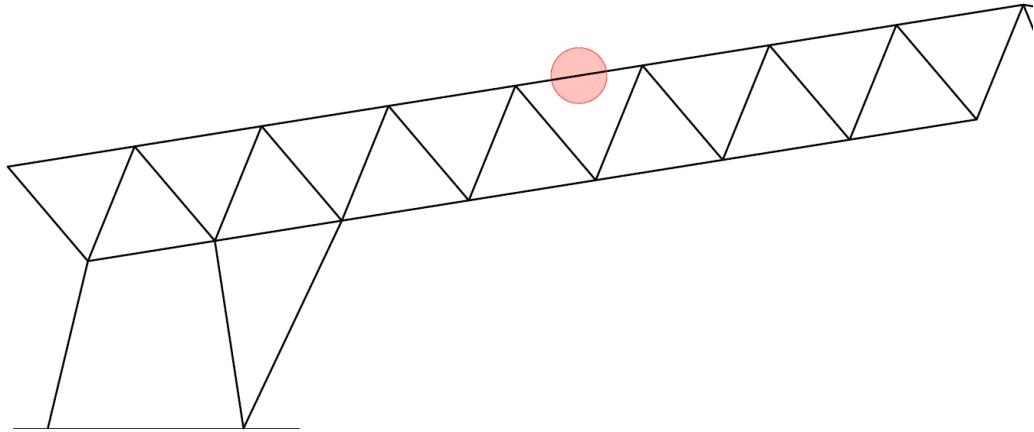
Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{4,t} = 64 \text{ mm}$  (zatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj, síla pod úhlem 7,8°
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku
- $a_2 = 64 \text{ mm}$  (vzdálenost řad)

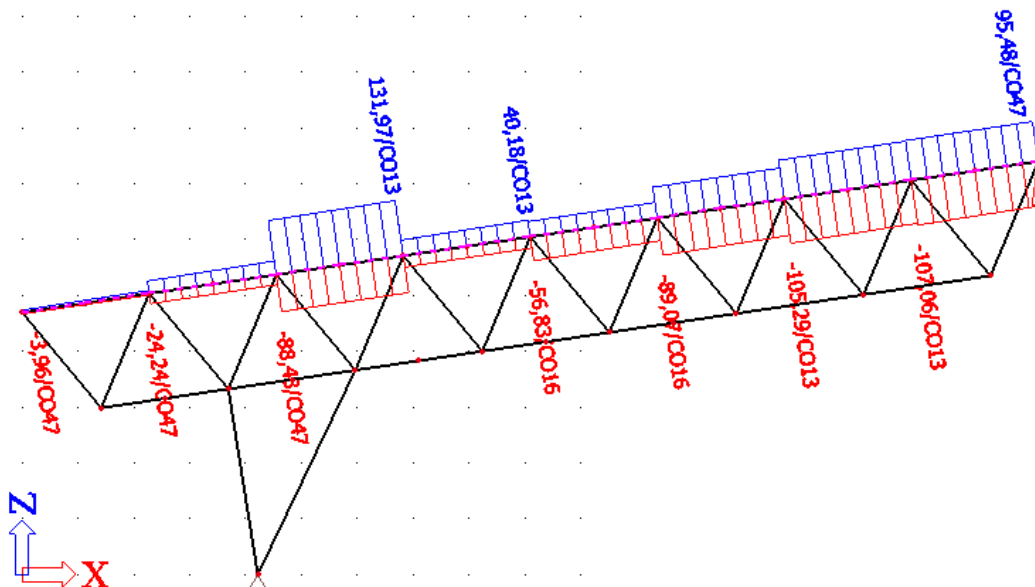
Pozor! Z výslednice sil vyplývá, že zatíženy mohou být oba okraje prvku. Je proto třeba tuto skutečnost zohlednit při tvorbě styčnickového plechu!

V rámci osazení svorníků muselo dojít k rozšíření prvku a to na → **150x200 mm**

## 5.6 Spoj F: Spoj průřezů horního pásu



Obr. 128: Umístění spoje v rámci konstrukce haly



Obr. 129: Průběh normálových sil na konstrukci

Průřez prvku je neměnný – tj 150x200 mm (zvětšeno dle dříve ověřených spojů). V poli, kde je spoj umístěn, je maximální normálová síla 89,07 kN.

## 5.6.1 Vstupní údaje, návrh spoje

<b>Svorníkový spoj</b>		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16 tj. d =	16 mm	
tloušťka LLD prvku		150 mm	
tloušťka ocelové desky		15 mm	
tloušťka	$t_1$	67,5 mm	
hustota dřeva	$\rho_k$	430 kg/m <sup>3</sup>	
úhel zatížení k vláknům		0 °	
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$	400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>		<b>89,07 kN</b>	
počet řad		2 řady	
počet svorníků		3 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky		58 18 mm	
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$	3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku	$A_s$	157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

## 5.6.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	89070,00 N	
F(celk.)	=	148447,56 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
		89070,00 <	148447,56 N
		<b>VYHOVÍ</b>	
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

## 5.6.3 Posouzený spoj

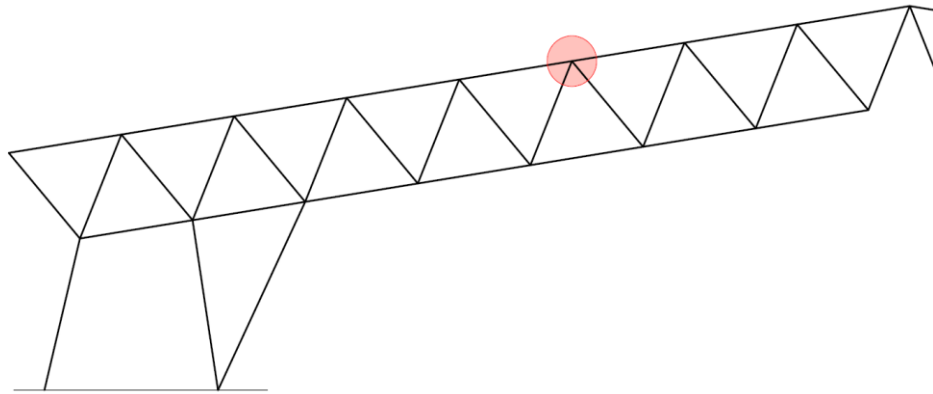
Dojde k rozšíření průřezu prvku na **150x200 mm** (u dřívějších ověření spojů)

Spoj **2 řady svorníků po 3 kusech (na prvek)**

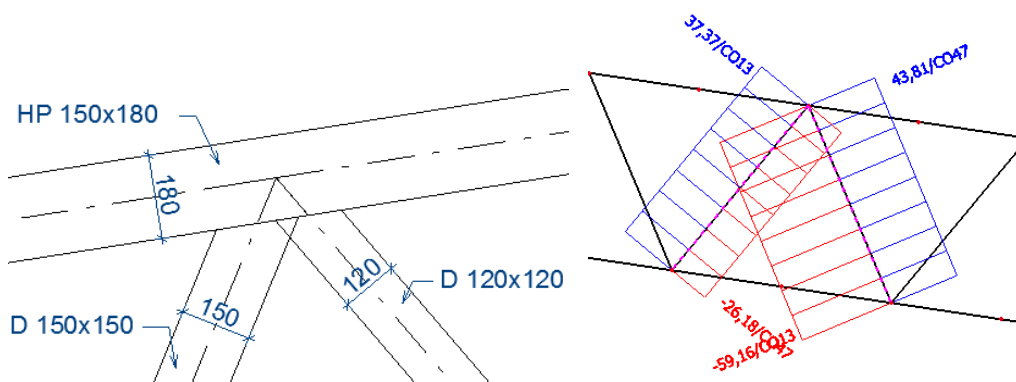
Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{3,t} = 112 \text{ mm}$  (zatížený konec) → vzdálenost prvek-prvek
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku
- $a_2 = 64 \text{ mm}$  (vzdálenost řad)

## 5.7 Spoj G: Diagonály u horního pásu (styk diagonál rozdílných průřezů)



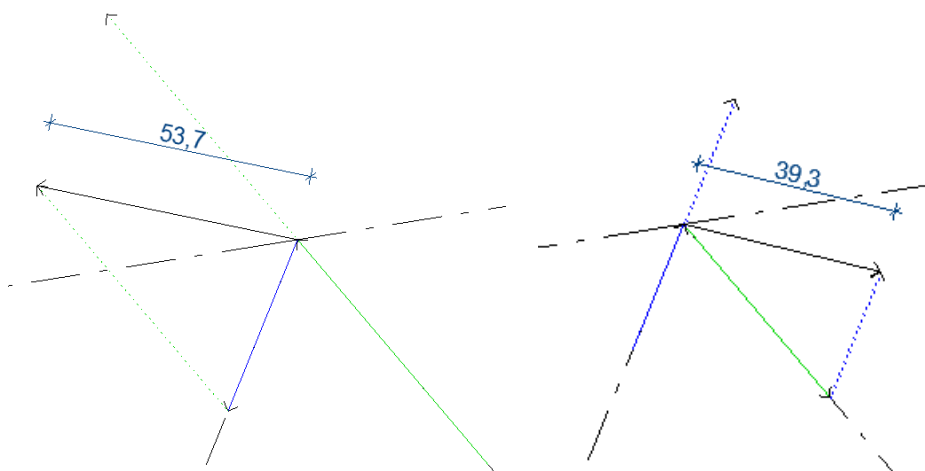
Obr. 130: Umístění spoje v rámci konstrukce haly



Obr. 131: Jednotlivé prvky ve spoji, normálové síly od nejméně příznivých zatížení

Nejméně příznivé podmínky vzejdou z kombinací zatížení:

- **CO13:** vlastní tíha + střešní plášť + sníh na celé střeše
- **CO47:** vlastní tíha + střešní plášť + vítr na štít budovy



Obr. 132: Výslednice zatížení CO13 (úhel 20,8°) a CO47 (úhel 13,5°)

Spoj budeme navrhovat na sílu 53,7 kN, která působí pod úhlem 20,8°.



## 5.7.1 Návrh spoje

## 5.7.1.1 Návrh diagonály (větší průřez)

## 5.7.1.1.1 Vstupní údaje, návrh spoje

<b>Svorníkový spoj</b>		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku			150 mm
tloušťka ocelové desky			15 mm
tloušťka	$t_1$		67,5 mm
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			0 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$	400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>		<b>59,16 kN</b>	
počet řad		2 řady	
počet svorníků		3 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky		58	18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$	3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku	$A_s$	157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

## 5.7.1.1.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	59160,00	N
F(celk.)	=	148447,56	N
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
		59160,00	< 148447,56 N
			<b>VYHOVÍ</b>
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			
			150

## 5.7.1.1.3 Posouzení spoje

Spoj **2 řady svorníků po 3 kusech**

Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{3,t} = 112$  mm (zatížený konec) → vzdálenost prvek - prvek
- $a_{4,c} = 48$  mm (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku při osové síle
- $a_2 = 64$  mm (vzdálenost řad)

Průřez prvku byl již dříve zvětšen na **150x180 mm**.

## 5.7.1.2 Návrh diagonály (menší průřez)

## 5.7.1.2.1 Vstupní údaje, návrh spoje

<b>Svorníkový spoj</b>		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku			120 mm
tloušťka ocelové desky			15 mm
tloušťka	$t_1$		52,5 mm
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			0 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$	400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>		<b>37,37 kN</b>	
počet řad		1 řady	
počet svorníků		3 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky		58	18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$	3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku	$A_s$	157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

## 5.7.1.2.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	37370,00 N	
F(celk.)	=	66005,65 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(eF) * F(v,Rk)			
a tedy:			
	37370,00	<	66005,65 N
		<b>VYHOVÍ</b>	
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

## 5.7.1.2.3 Posouzení spoje

Spoj **1 řada svorníků po 3 kusech**

Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{3,t} = 112 \text{ mm}$  (zatížený konec) → vzdálenost prvek - prvek
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku při osové síle
- $a_2 = 64 \text{ mm}$  (vzdálenost řad)

Průřez prvku zůstane nezvětšen.

## 5.7.1.3 Návrh horního pasu

## 5.7.1.3.1 Vstupní údaje, návrh spoje

Spoj budeme navrhovat na sílu 53,7 kN, která působí pod úhlem 20,8°.

Svorníkový spoj			platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku			5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm	
tloušťka LLD prvku			150 mm	
tloušťka ocelové desky			15 mm	
tloušťka	$t_1$		67,5 mm	
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>	
úhel zatížení k vláknům			20,8 °	
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$		500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$		400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>			<b>53,7 kN</b>	
počet řad			2 řady	
počet svorníků			4 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky			58 18 mm	
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$		3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku	$A_s$		157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.				

## 5.7.1.3.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	53700,00 N	
F(celk.)	=	144709,41 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
	53700,00	<	144709,41 N
<b>VYHOVÍ</b>			
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní: 150			

## 5.7.1.3.3 Posouzení spoje

Spoj **2 řady svorníků po 4 kusech**

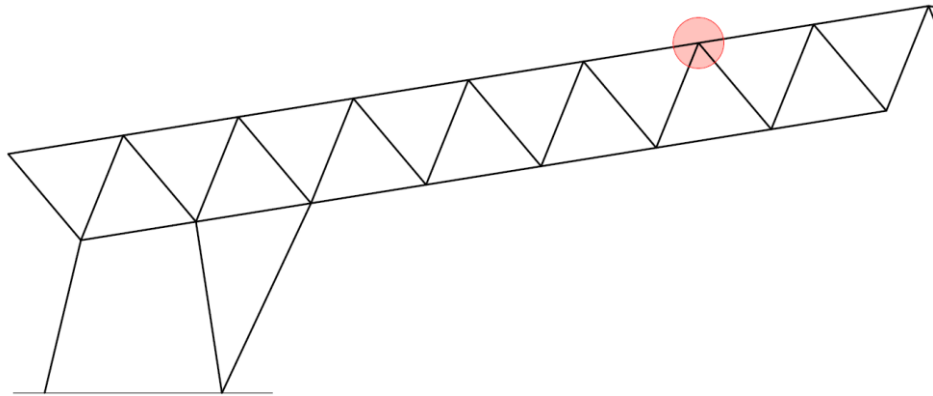
Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{4,t} = 62 \text{ mm}$  (zatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj, síla pod úhlem 33,4°
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku
- $a_2 = 64 \text{ mm}$  (vzdálenost řad)

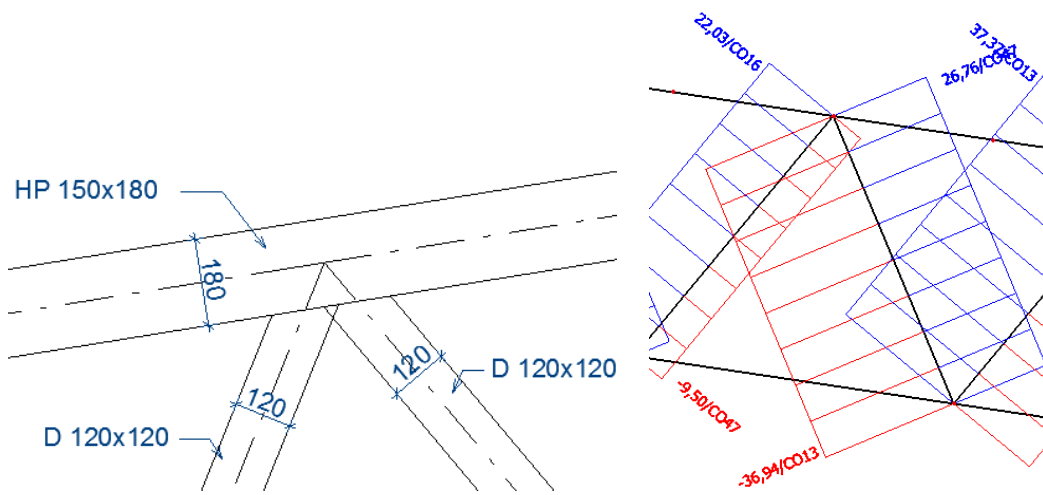
Z výslednice sil vyplývá, že zatíženy mohou být oba okraje prvku. Je proto třeba tuto skutečnost zohlednit při tvorbě styčnickového plechu.

V rámci osazení svorníků již dříve došlo k rozšíření prvku → **150x200 mm**.

## 5.8 Spoj H: Diagonály horního pásu (menší průřez)

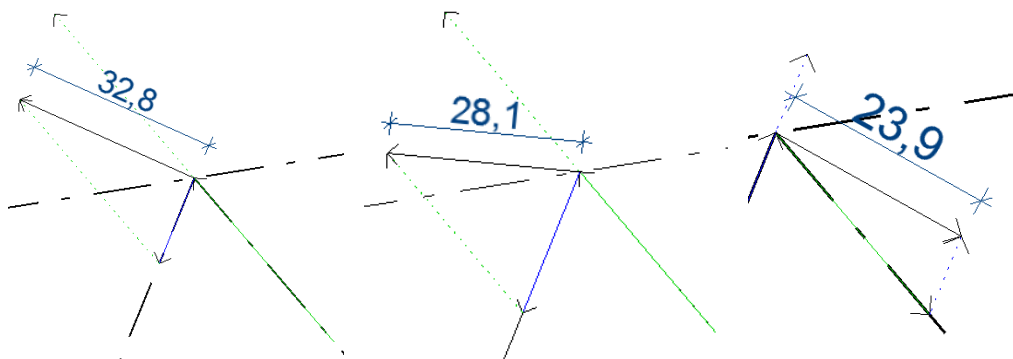


Obr. 133: Umístění spoje v rámci konstrukce haly



Obr. 134: Profily ve styčniku, normálové síly od nejméně příznivých zatížení

- **CO13:** vlastní tíha + střešní plášť + sníh na celé střeše
- **CO16:** vlastní tíha + střešní plášť + sníh odtátý + vítr na stěnu (tlak)
- **CO47:** vlastní tíha + střešní plášť + vítr na štít



Obr. 135: Výslednice zatížení od kombinací CO13 (úhel 33,4°), CO16 (úhel 14,7°), CO47 (úhel 38,3°)

## 5.8.1 Návrh spoje

## 5.8.1.1 Návrh diagonály

Největší síly v diagonále menšího průřezu není v naznačeném spoji, ale ve spoji, kde se diagonála menšího průřezu setkává s diagonálou většího průřezu. Spoj budeme navrhovat na tuto největší sílu → 37,37 kN

## 5.8.1.1.1 Vstupní údaje, návrh spoje

Svorníkový spoj		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku			120 mm
tloušťka ocelové desky			15 mm
tloušťka	$t_1$		52,5 mm
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			0 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$		500 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$		400 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
Normálová síla (Scia)!!!			37,37 kN
počet řad			1 řady
počet svorníků			3 svorníků
vnější/vnitřní průměr podložky			58 18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$		3,3 N/mm <sup>2</sup>
Průřez svorníku	$A_s$		157 mm <sup>2</sup>
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

## 5.8.1.1.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=		37370,00 N
F(cehk.)	=		66005,65 N
kde F(cehk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
		37370,00	< 66005,65 N
			<b>VYHOVÍ</b>
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

## 5.8.1.1.3 Posouzení spoje

Spoj **1 řada svorníků po 3 kusech**

Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{3,t} = 112 \text{ mm}$  (zatížený konec) → vzdálenost prvek - prvek
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku při osové síle
- $a_2 = 64 \text{ mm}$  (vzdálenost řad)

Průřez prvku zůstane nezvětšen.

## 5.8.1.2 Návrh horního pásu

Pro výpočet použijeme nejméně příznivou výslednici zatížení: 32,8 pod úhlem 33,4°.

## 5.8.1.2.1 Vstupní údaje, návrh spoje

Svorníkový spoj			platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku			5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm	
tloušťka LLD prvku			150 mm	
tloušťka ocelové desky			15 mm	
tloušťka	$t_1$		67,5 mm	
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>	
úhel zatížení k vláknům			33,4 °	
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$		500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$		400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
Normálová síla (Scia)!!!			32,8 kN	
počet řad			2 řady	
počet svorníků			4 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky			58	18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$		3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku	$A_s$		157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.				

## 5.8.1.2.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	32800,00 N	
F(celk.)	=	145625,68 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
	32800,00	<	145625,68 N
		<b>VYHOVÍ</b>	
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

## 5.8.1.2.3 Posouzení spoje

Spoj **2 řady svorníků po 4 kusech**

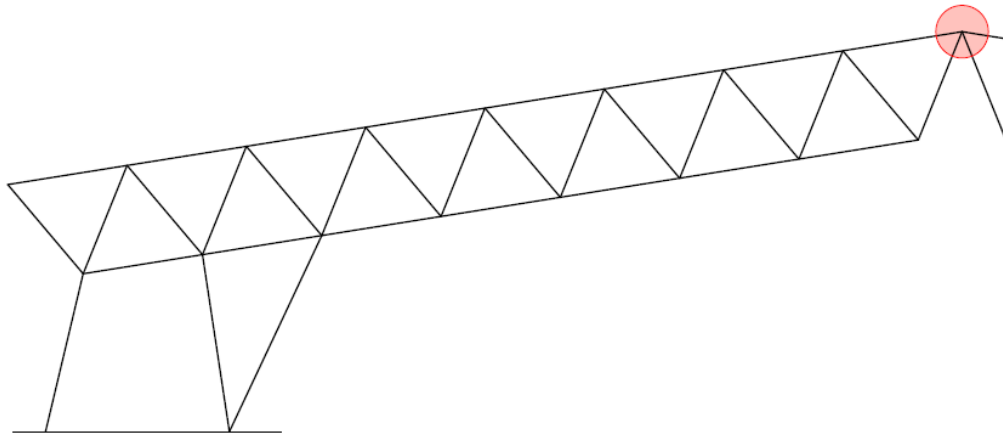
Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{4,t} = 62 \text{ mm}$  (zatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj, síla pod úhlem 33,4°
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku
- $a_2 = 64 \text{ mm}$  (vzdálenost řad)

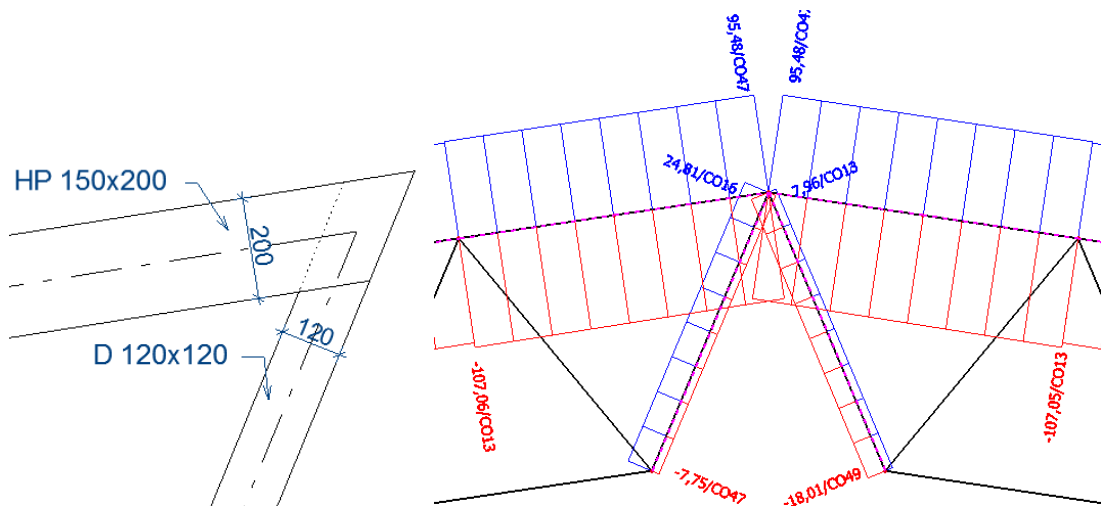
Z výslednice sil vyplývá, že zatíženy mohou být oba okraje prvku. Je proto třeba tuto skutečnost zohlednit při tvorbě styčnickového plechu.

V rámci osazení svorníků již dříve došlo k rozšíření prvku → **150x200 mm**

## 5.9 Spoj I: Vrcholový čep



Obr. 136: Umístění spoje v rámci konstrukce haly

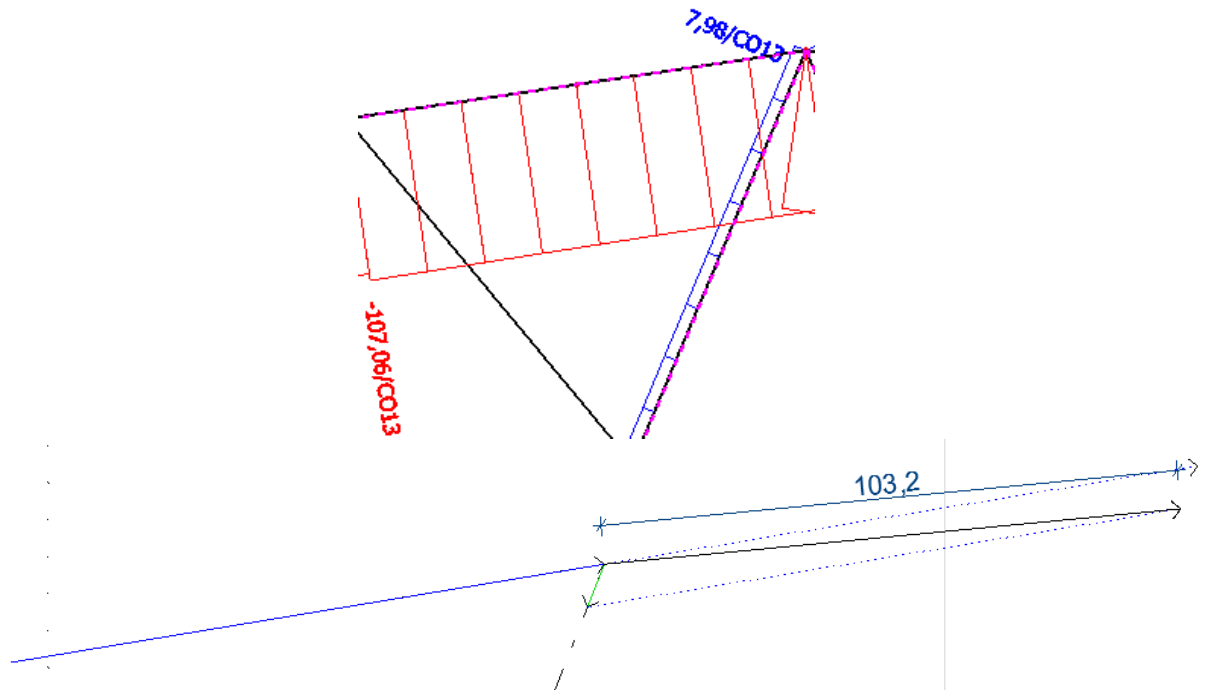


Obr 137: Prvky ve spoji, normálové síly od nejméně příznivých zatížení

Zatímco jednotlivé prvky budeme navrhovat na maximální normálovou sílu od nejméně příznivé kombinace zatížení, vrcholový čep musíme navrhnout na výslednici nejméně příznivého zatížení. Budeme tedy muset prověřit jednotlivé kombinace a rozhodnout, která výslednice bude stěžejní pro návrh čepu:

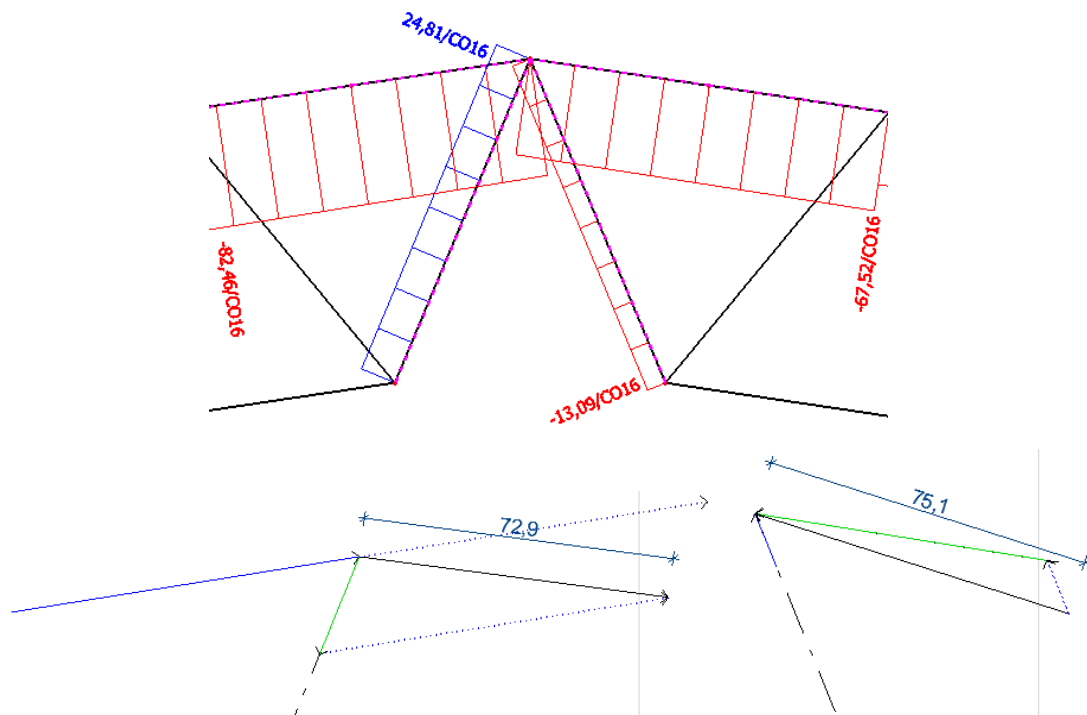
- **CO13:** vlastní tíha + střešní plášť + sníh na celé střeše
- **CO16:** vlastní tíha + střešní plášť + sníh odtátý + vítr na stěnu (tlak)
- **CO47:** vlastní tíha + střešní plášť + vítr na štít
- **CO49:** vlastní tíha + střešní plášť + vítr na stěnu (prim.) + odtátý sníh (sek.)

## 5.9.1 Normálové síly vyvozené od CO13



Obr. 138: Normálové síly od kombinace zatížení CO13, výslednice sil ve spoji

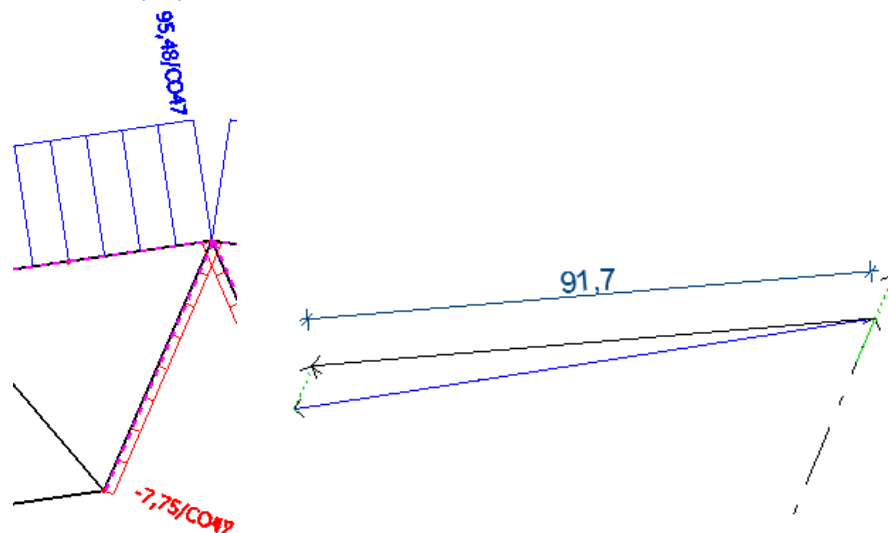
## 5.9.2 Normálové síly vyvozené od CO16



Obr. 139: Normálové síly od kombinace zatížení CO16, výslednice sil ve spoji

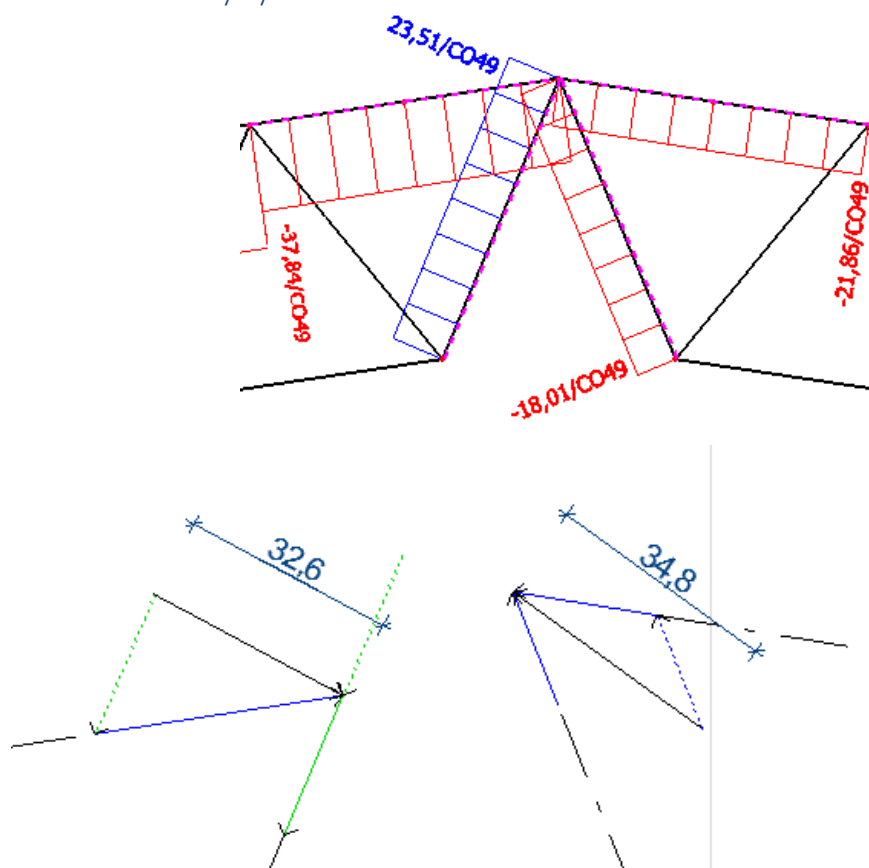


## 5.9.3 Normálové síly vyvozené od CO47



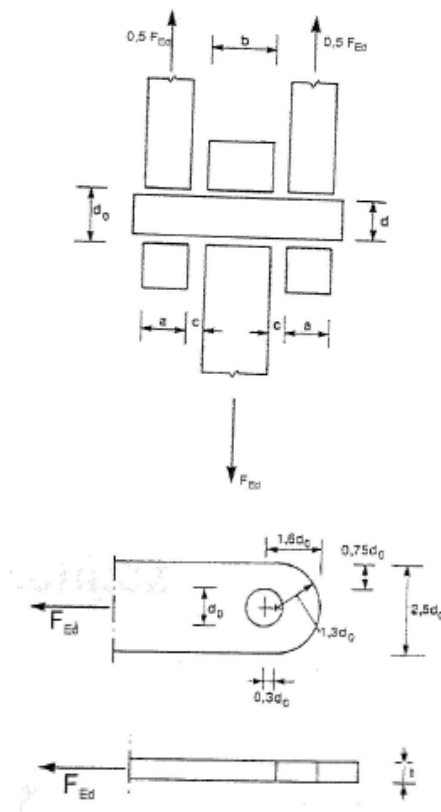
Obr. 140: Normálové síly od kombinace zatížení CO47 výslednice sil ve spoji

## 5.9.4 Normálové síly vyvozené od CO49



Obr. 141: Normálové síly od kombinace zatížení CO49, výslednice sil ve spoji

## 5.9.5 Návrh čepu



Obr. 142: Grafické vyobrazení čepu

## 5.9.5.1 Výpočet

<b>Maximální síla ve styčniku</b>	103,2 (CO13)	=	<b>105 kN</b>
<b>Vstupní údaje</b>	ocel S355		
$d$ je průměr čepu;	$d =$		25 mm
$f_y$ nižší z meze kluzu čepu a spojované části;	$f_y =$		355 MPa
$f_{up}$ mez pevnosti čepu;	$f_{up} =$		490 MPa
$f_{yp}$ mez kluzu čepu;	$f_{yp} =$		355 MPa
$t$ tloušťka spojované části;	$t =$		25 mm
$A$ plocha průřezu čepu.	$A =$		490,873852 mm <sup>2</sup>
<b>Únosnost čepu ve stříhu</b>			
$F_{v,Rd} = 0,6 A f_{up}/\gamma_{M2} \geq F_{v,Ed}$	115453,5 N		VYHOVUJE
<b>únosnost plechu a čepu v otláčení</b>			
$F_{t,Rd} = 1,5 t d f_f/\gamma_{M0} \geq F_{t,Ed}$	332812,5 N		VYHOVUJE
<b>únosnost čepu v ohybu</b>			
$M_{Rd} = 1,5 W_{ef} f_{yp}/\gamma_{M0} \geq M_{Ed}$	3267379 Nm		VYHOVUJE
	$W_{el} =$	6135,923	
<b>únosnost čepu ve stříhu a ohybu</b>			
$\left[ \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[ \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1$	0,827112	<	1
			VYHOVUJE

- Průměr čepu  $d_0 = 25$  mm
- Průměr otvoru pro čep  $d = 27$  mm

## 5.9.6 Návrh spoje

## 5.9.6.1 Návrh diagonály

## 5.9.6.1.1 Vstupní údaje, návrh spoje

<b>Svorníkový spoj</b>		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku			120 mm
tloušťka ocelové desky			15 mm
tloušťka	$t_1$		52,5 mm
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			0 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$	400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>		<b>24,81 kN</b>	
počet řad		1 řady	
počet svorníků		2 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky		58	18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$	3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku	$A_s$	157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

## 5.9.6.1.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	24810,00 N	
F(celk.)	=	45824,63 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
	24810,00	<	45824,63 N
		<b>VYHOVÍ</b>	
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

## 5.9.6.1.3 Posouzený spoj

Nemuselo dojít k rozšíření prvku.

Spoj **1 řada svorníků po 2 kusech**

Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{3,t} = 112 \text{ mm}$  (zatížený konec) → vzdálenost prvek-prvek
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku

## 5.9.6.2 Návrh horního pasu

<b>Svorníkový spoj</b>		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku			150 mm
tloušťka ocelové desky			15 mm
tloušťka	$t_1$		67,5 mm
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			0 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$	400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>		<b>107,06 kN</b>	
počet řad		2 řady	
počet svorníků		4 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky		58	18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$	3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku	$A_s$	157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

## 5.9.6.2.1 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	107060,00 N	
F(celk.)	=	192317,11 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
		107060,00	< 192317,11 N
		<b>VYHOVÍ</b>	
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

## 5.9.6.2.2 Posouzený spoj

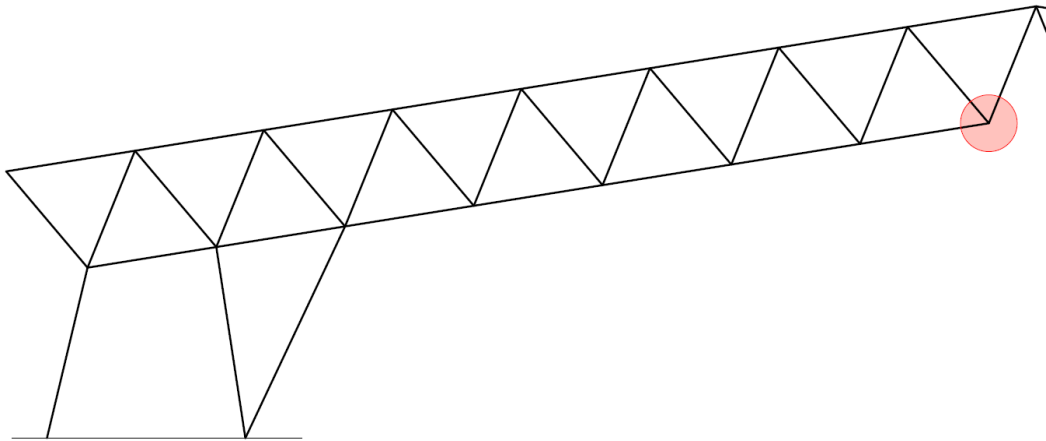
Již dříve došlo k rozšíření průřezu prvku na **150x200** mm.

Spoj **2 řady svorníků po 4 kusech**

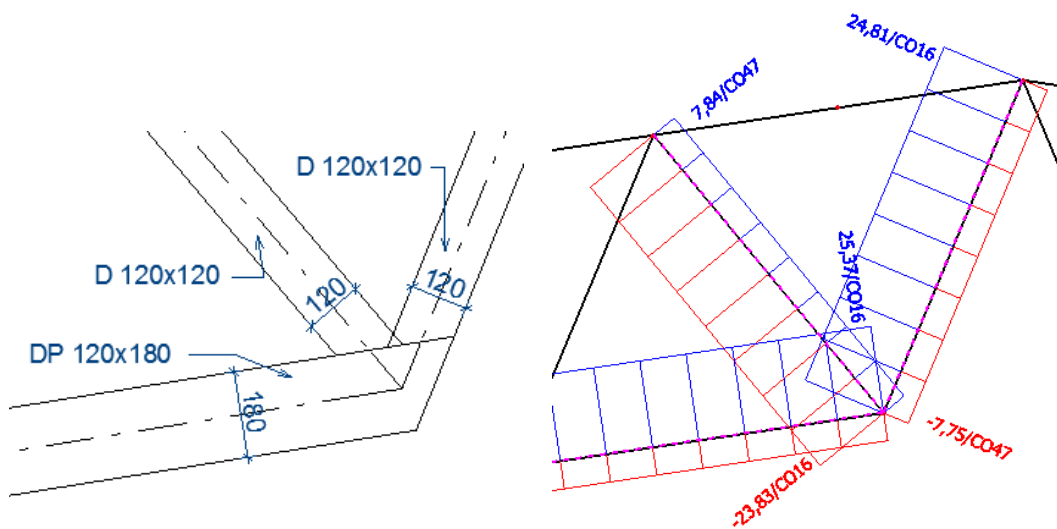
Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{3,t} = 112$  mm (zatížený konec) → vzdálenost prvek-prvek
- $a_{4,c} = 48$  mm (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku
- $a_2 = 64$  mm (vzdálenost řad)

## 5.10 Spoj J: Roh u vrcholu, dolní pás



Obr. 143: Umístění spoje v rámci konstrukce haly



Obr. 144: Prvky ve spoji, normálové síly od nejméně příznivých zatížení

Ve spoji není průběžný prvek, spoj proto navrhujeme přímo na osové síly zobrazené na obrázku 144.

## 5.10.1 Návrh spoje

## 5.10.1.1 Návrh diagonály

## 5.10.1.1.1 Vstupní údaje, návrh spoje

<b>Svorníkový spoj</b>		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku			120 mm
tloušťka ocelové desky			15 mm
tloušťka	$t_1$		52,5 mm
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			0 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$	400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>		<b>24,81 kN</b>	
počet řad		1 řady	
počet svorníků		2 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky		58	18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$	3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku	$A_s$	157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

## 5.10.1.1.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	24810,00 N	
F(celk.)	=	45824,63 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
		24810,00	< 45824,63 N
		<b>VYHOVÍ</b>	
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

## 5.10.1.1.3 Posouzený spoj

Spoj **1 řada svorníků po 2 kusech**

Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{3,t} = 112 \text{ mm}$  (zatížený konec) → vzdálenost prvek - prvek
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku při osově síle
- $a_2 = 64 \text{ mm}$  (vzdálenost řad)

Průřez prvku nemusí být zvětšen.

## 5.10.1.2 Návrh dolního pásu

## 5.10.1.2.1 Vstupní údaje, návrh spoje

<b>Svorníkový spoj</b>		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ) M16	tj. d =	16 mm	
tloušťka LLD prvku		120 mm	
tloušťka ocelové desky		15 mm	
tloušťka $t_1$		52,5 mm	
hustota dřeva	$\rho_k$	430 kg/m <sup>3</sup>	
úhel zatížení k vláknům		0 °	
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$	400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>		25,37 kN	
počet řad		2 řady	
počet svorníků		2 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky		58 18 mm	
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$	3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku	$A_s$	157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

## 5.10.1.2.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	25370,00 N	
F(cehk.)	=	91649,26 N	
kde F(cehk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
	25370,00	<	91649,26 N
		<b>VYHOVÍ</b>	
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

## 5.10.1.2.3 Posouzený spoj

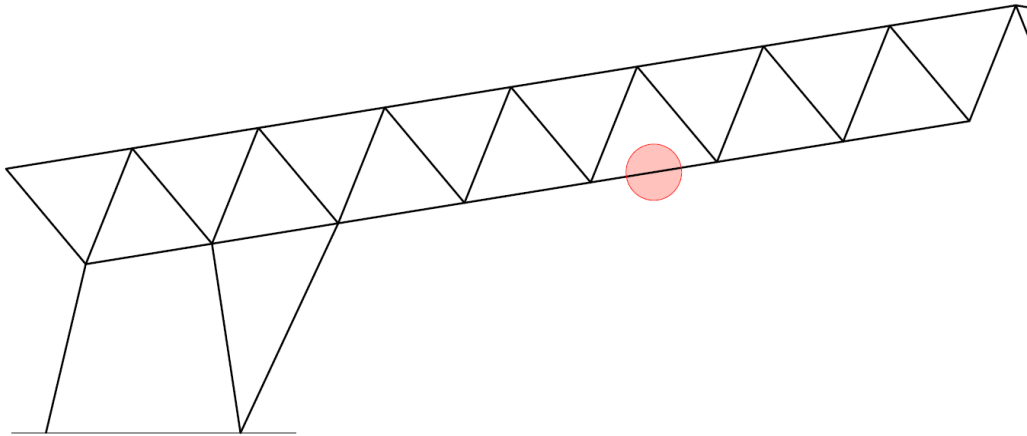
Spoj **2 řady svorníků po 2 kusech**

Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

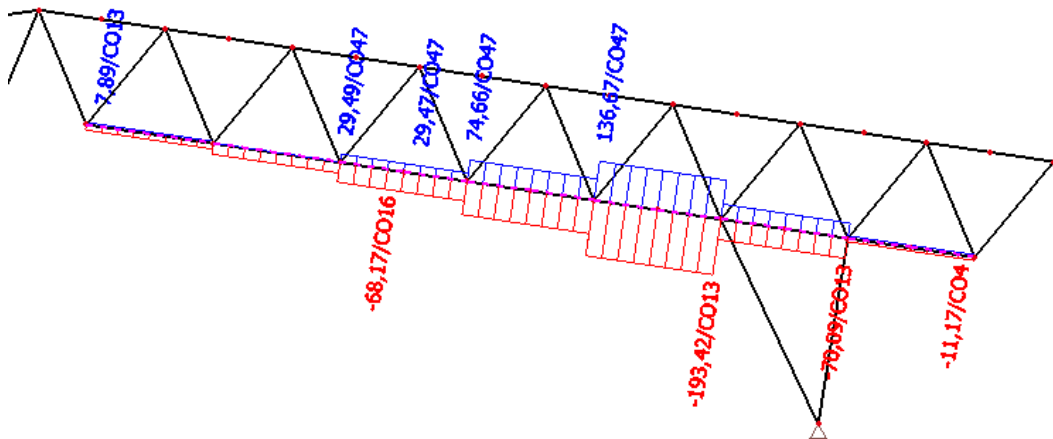
- $a_{3,t} = 112 \text{ mm}$  (zatížený konec) → vzdálenost prvek - prvek
- $a_{4,c} = 48 \text{ mm}$  (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku při osově síle
- $a_2 = 64 \text{ mm}$  (vzdálenost řad)

Průřez prvku bude zvětšen v souladu se spojem A → **120x200 mm**.

## 5.11 Spoj K: Spoj průřezů dolního pásu



Obr. 145 Umístění spoje v rámci konstrukce haly



Obr. 146: Průběh normálových sil na konstrukci

Průřez prvku se ve třetím poli od vrcholu mění – tj z 120x200 mm na 150x200 mm (větší průřez byl zvětšen v souladu se spojem A, menší byl zvětšen pro snazší spoj). V poli, kde je spoj umístěn, je maximální normálová síla 68,17 kN.



## 5.11.1 Vstupní údaje, návrh spoje

<b>Svorníkový spoj</b>				platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku			5.8		
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm		
tloušťka LLD prvku			150 mm		
tloušťka ocelové desky			15 mm		
tloušťka	$t_1$		67,5 mm		
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>		
úhel zatížení k vláknům			0 °		
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$		500 N/mm <sup>2</sup>	dle tříd	
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$		400 N/mm <sup>2</sup>	dle tříd	
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>			<b>68,17 kN</b>		
počet řad			2 řady		
počet svorníků			2 svorníků		
vnější/vnitřní průměr podložky			58 18 mm		
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$		3,3 N/mm <sup>2</sup>		
Průřez svorníku	$A_s$		157 mm <sup>2</sup>		
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.					

<b>Svorníkový spoj</b>				platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku			5.8		
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm		
tloušťka LLD prvku			120 mm		
tloušťka ocelové desky			15 mm		
tloušťka	$t_1$		52,5 mm		
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>		
úhel zatížení k vláknům			0 °		
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$		500 N/mm <sup>2</sup>	dle tříd	
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$		400 N/mm <sup>2</sup>	dle tříd	
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>			<b>68,17 kN</b>		
počet řad			2 řady		
počet svorníků			2 svorníků		
vnější/vnitřní průměr podložky			58 18 mm		
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$		3,3 N/mm <sup>2</sup>		
Průřez svorníku	$A_s$		157 mm <sup>2</sup>		
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.					

## 5.11.2 Výpočet

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	68170,00 N	
F(celk.)	=	103060,19 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:		68170,00 < 103060,19 N	
		<b>VYHOVÍ</b>	
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní: 150			

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	68170,00 N	
F(celk.)	=	91649,26 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:		68170,00 < 91649,26 N	
		<b>VYHOVÍ</b>	
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní: 150			

## 5.11.3 Posouzený spoj

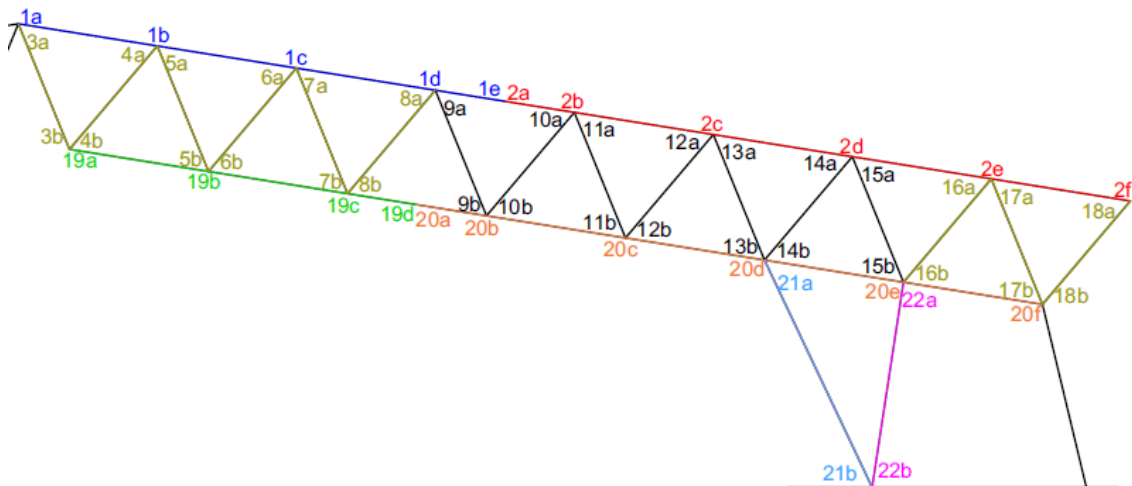
Dojde k rozšíření průřezu prvku na **150x200** mm (u dřívějších ověření spojů) a **120x200** mm (zvětšeno v souladu s navazujícím prvkem).

Spoj **2 řady svorníků po 2 kusech (na prvek)**

Vzdálenosti svorníků (minimální hodnoty):

- $a_{3,t} = 112$  mm (zatížený konec) → vzdálenost prvek-prvek
- $a_{4,c} = 48$  mm (nezatížený okraj) → vzdálenost svorník – okraj prvku
- $a_2 = 64$  mm (vzdálenost řad)

## 5.12 Celkový přehled spojů



Obr. 147: Přehled jednotlivých prvků a spojů

Počty svorníků byly v případě některých prvků upraveny – došlo k přidání svorníků z důvodu možného dalšího namáhání spojů od sil přenášených táhly.

## 5.12.1 Horní pás

Číslo prvku	Vzpěrná délka [mm]	Průřez	Počet svorníků [ř x ks]
1a	2300	150x200	2x4
1b	2300	150x200	2x4
1c	2300	150x200	2x4
1d	2300	150x200	2x4
1e	1150	150x200	2x3

2a	1150	150x200	2x3
2b	2300	150x200	2x6
2c	2300	150x200	2x6
2d	2300	150x200	2x6
2e	2300	150x200	2x4
2f	2300	150x200	2x2

Tab. 7: Přehled spojů na horním pásu

## 5.12.2 Diagonály – menší průřez

Číslo prvku	Vzpěrná délka [mm]	Průřez	Počet svorníků [ř x ks]
3a	2220	120x120	1x2
3b	2220	120x120	1x2
4a	2220	120x120	1x3
4b	2220	120x120	1x2
5a	2220	120x120	1x3
5b	2220	120x120	1x3
6a	2220	120x120	1x3
6b	2220	120x120	1x3
7a	2220	120x120	1x3
7b	2220	120x120	1x3
8a	2220	120x120	1x3
8b	2220	120x120	1x3
16a	2220	120x120	1x3
16b	2220	120x120	1x3
17a	2220	120x120	1x3
17b	2220	120x120	1x2
18a	2220	120x120	1x2
18b	2220	120x120	1x2

Tab. 8: Přehled spojů diagonál (menší průřez)

## 5.12.3 Diagonály – větší průřez

Číslo prvku	Vzpěrná délka [mm]	Průřez	Počet svorníků [ř x ks]
9a	2220	150x180	2x3
9b	2220	150x180	2x3
10a	2220	150x180	2x3
10b	2220	150x180	2x3
11a	2220	150x180	2x3
11b	2220	150x180	2x4
12a	2220	150x180	2x4
12b	2220	150x180	2x4
13a	2220	150x180	2x4

13b	2220	150x180	2x4
14a	2220	150x180	2x4
14b	2220	150x180	2x4
15a	2220	150x180	2x4
15b	2220	150x180	2x3

Tab. 9: přehled spojů na diagonálách (větší průřez)

## 5.12.4 Dolní pás

Číslo prvku	Vzpěrná délka [mm]	Průřez	Počet svorníků [ř x ks]
19a	2300	120x200	2x2
19b	2300	120x200	2x4
19c	2300	120x200	2x4
19d	1150	120x200	2x2

20a	1150	150x200	2x2
20b	2300	150x200	2x6
20c	2300	150x200	26x
20d	2300	150x200	2x6
20e	2300	150x200	2x4
20f	2300	150x200	2x2

Tab. 10: Přehled spojů na dolním pásu

## 5.12.5 Stojina

Číslo prvku	Vzpěrná délka [mm]	Průřez	Počet svorníků [ř x ks]
21a	4120	150x250	2x7
21b	4120	150x250	2x7

Tab. 11: Přehled spojů na stojině

## 5.12.6 Táhlo

Číslo prvku	Vzpěrná délka [mm]	Průřez	Počet svorníků [ř x ks]
22a	3400	150x150	1x5
22b	3400	150x150	1x5

Tab. 12: Přehled spojů na táhle

## 5.13 průřezů po zohlednění spojů

Prvek	Průřez [mm]	Vzpěrná délka [mm]	Přibližné využití průřezu [%]
Horní pás	150x200	2300	75,3
Dolní pás (větší)	150x200	2300	66,7
Dolní pás (menší)	120x200	2300	26,3
Diagonála (větší)	150x180	2220	33,3
Diagonála (menší)	120x120	2220	49,2
Táhlo stojiny	150x150	3400	23,7
Stojina	180x250	4120	63,3

Tab. 13: Přehled průřezů po zohlednění spojů a jejich využití

Při kontrole využití průřezu muselo dojít k zvětšení průřezu stojiny, která byla využita na 98%. V případě oslabení průřezu by tedy hrozilo poškození či zřícení konstrukce.

## 6. Táhla

V objektu se nachází několik typů ocelových táhel (pro realizaci zvolena zn. Dekan). Tato táhla lze rozdělit na:

1. Táhla ve štítové stěně
2. Táhla mezi jednotlivými nosníky
3. Táhla nosník – základ
4. Táhla v podélné stěně
5. Táhla ve střešní konstrukci

Dimenze těchto táhel vychází z:

Ad 1) Táhla o průměru 16 mm neslouží k přenosu zatížení, slouží pouze ke stabilizaci konstrukce, jejich podrobnější výpočet proto není nezbytně nutný. Táhlo viz „Spoj M, var. a/b“.

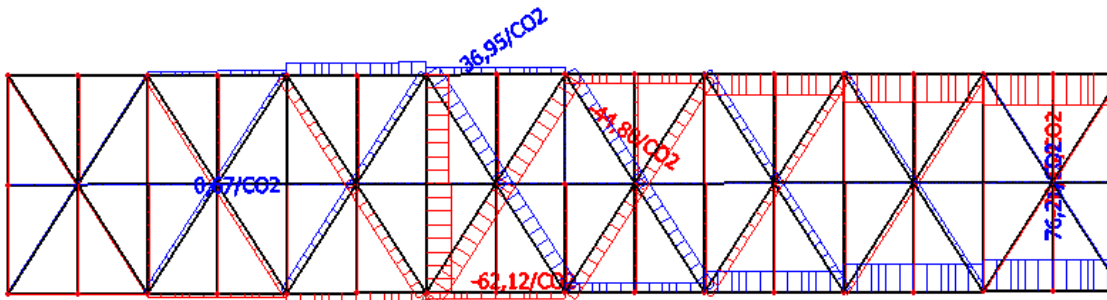
Ad 2) Dimenze táhel vychází z výpočtu táhel typu 4. Táhla viz „Spoj A“ a „Spoj J“.

Ad 3) Táhlo dle výsledků z programu Scia přenáší minimální zatížení, jeho dimenze proto byla navržena jako táhlo o průměru 20 mm (viz „Spoj C“).

Ad 4) Táhla připevněná ke konstrukci nosníku a stojin musí být posouzena – výpočtem bude navržen průřez táhla a bude ověřeno, zda stávající spoje vydrží přenos dalších sil.

Ad 5) Táhla ve střešní konstrukci, připevněná ke spojům vaznic, musí být posouzena – výpočtem bude navržen průřez táhla, dojde k návrhu vrutového spoje pro plech vaznic.

### 6.1 Návrh táhla ve střešní konstrukci



Obr. 148: Výřez konstrukce střechy s táhly

Konstrukce zohledňuje nejen zatížení od jednotlivých vaznic, ale i spojitě zatížení (dle normy) zohledňující počet jednotlivých ztužidel v konstrukci.

$$q_d = (k_1 * n * N_d) / (k_{f3} * l) = 0,252 \text{ kN/m}$$

kde:

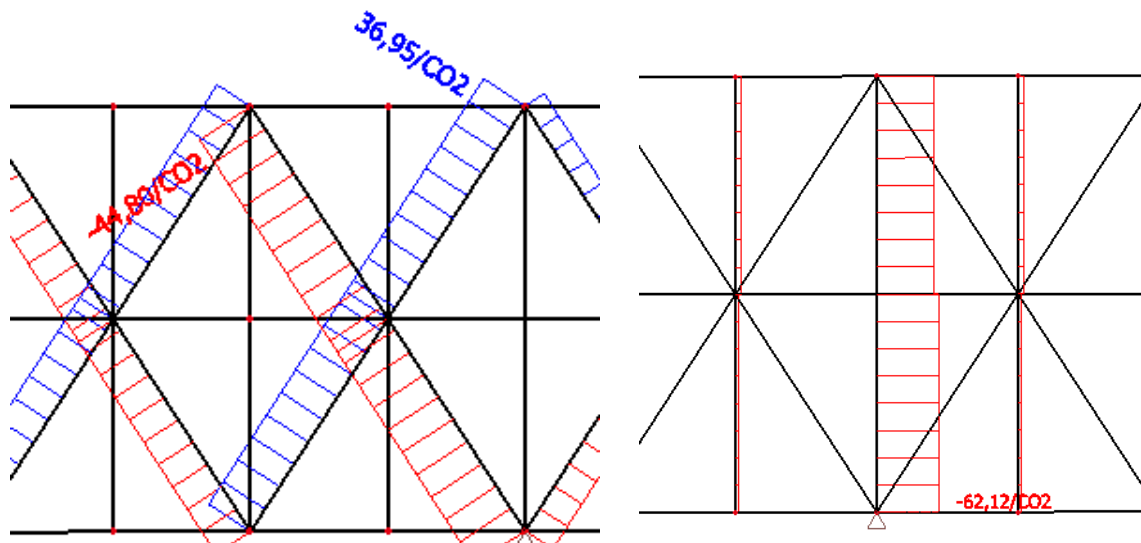
$$k_1 = \min(1; (15/l)^{1/2}) = \min(1; 0,7333) \Rightarrow 0,7333$$

$$l = \text{rozpětí od stojiny ke stojině} = 27,9 \text{ m}$$

$$n = \text{počet nosníků} / \text{počet soustav ztužidel} = 12/4 = 3$$

$N_d$  = maximální síly dle Scia = 95,5 kN dle zatížení na běžném nosníku

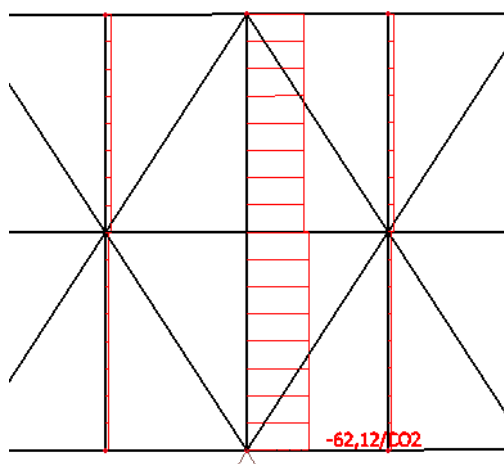
$k_{f3}$  = modifikační součinitel = 30



Obr. 149: Největší zatížení táhel střešní konstrukce, maximální síla v konstrukci střechy (v úrovni stojin)

Jak vyplývá z výsledku zatížení střešní konstrukce, je nutné mezi jednotlivé nosníky, které nesou i soustavu táhel, přidat prvek do úrovně horního pásu. Tento prvek pomůže přenést sílu, která se ve střešním plášti nad stojinami nachází.

### 6.1.1 Návrh přidaného vodorovného prvku



Obr. 150: Zatížení pro přidaný prvek

Vaznice v místě má rozměr 180 x 300 (h), tento průřez rozšíříme dalším prvkem, aby došlo ke snazšímu přenosu zatížení. Pro tyto účely postačí prvek o rozměrech 180 x 200 mm (výška shodná s výškou horního pásu příhradového nosníku).

Pozn. zatížení momentem bylo převzato z momentů na jednotlivých vaznicích – tj. maximální moment na vaznici.

Dohromady pak oba prvky (vaznice, přidaný prvek) odolají zatížení takto:

b	180 mm						
h	500 mm						
l	7000 mm						
síla N	63 kN		Moment	22,43 kNm			
$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>		$f_{c,0,k}$	29 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{0,05}$	11100 N/mm <sup>2</sup>		$f_{m,d}$	20,48 N/mm <sup>2</sup>			
i(y)	144,34 mm						
i(z)	51,96 mm						
$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$	=	0,700 Mpa	Normálové napětí v tlaku	$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W}$	=	2,991 Mpa	
$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$							
Štíhlostní poměr	=	48,497 (pro y)	134,715 (pro z)	$W = (b \cdot h^3) / 6 =$		7500000 mm <sup>3</sup>	
$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$	=	46,579 (pro y)	6,037 (pro z) [Mpa]				
$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$	=	0,789	2,192				
$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$							
Součinitel vzpěrnosti		0,836	2,997				
$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$	=	0,900	0,198				
<b>Kombinace ohyb + vzpěr</b>				$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1$			
pro y		0,188 <	1	VYHOVUJE			
pro z		0,336 <	1	VYHOVUJE			

Kombinace ohyb + tlak							
$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$	tj.	0,184 <	1	VYHOVUJE	$f_{c,0,d}$	18,56 N/mm <sup>2</sup>	
					Tlaková síla	63 kN	(ze Scia)
					Tlakové napětí	0,700 MPa	

Rozšíření prvkem 180x200 mm obstojí.

Tento prvek bude připojen spojem o 3 svornících M16 ve 2 řadách:



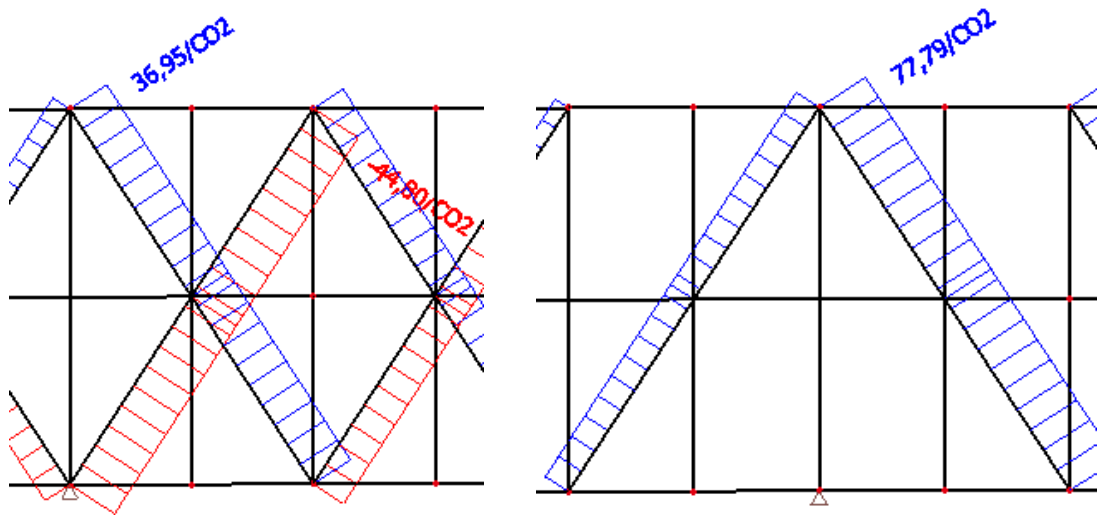
<b>Svorníkový spoj</b>		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku			180 mm
tloušťka ocelové desky			15 mm
tloušťka	$t_1$		82,5 mm
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			0 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$	400 N/mm <sup>2</sup>	dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>		63 kN	
počet řad		2 řady	
počet svorníků		3 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky		58	18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$	3,3 N/mm <sup>2</sup>	
Průřez svorníku	$A_s$	157 mm <sup>2</sup>	
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=	63000,00 N	
F(celk.)	=	167756,97 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
	63000,00	<	167756,97 N
		<b>VYHOVÍ</b>	
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

Přídavný prvek viz „Detail 4“.

## 6.1.2 Návrh táhla

Navrhujeme táhlo o průřezu **20 mm**. Uvažujeme ocel S355, která má dle tabulek návrhovou pevnost 443,48 MPa.



Obr. 151: Zatížení v táhlech před a po odstranění táhel v tlaku

$$A = \pi \cdot r^2 = 314,16 \text{ mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = 443,478 \text{ N/mm}^2$$

$$77,79 \text{ kN} < A \cdot f_{t,0,d}$$

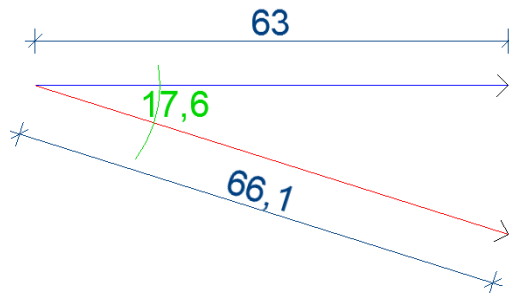
$$77\,790 \text{ N} < 139\,322,7 \text{ N}$$

**Táhlo d = 20 mm vyhoví.**

Táhlo viz např. „Detail 3“, „Střecha“.

## 6.2 Návrh táhla v podélné stěně

Pro výpočet uvažujeme sílu, která prochází přidaným prvkem (tj. 63 kN) přerozdělenou do příslušných směrů. Táhlo a přídavný prvek svírají 17,6 stupně (úhel vychází z pole 7 m – vzdálenost nosníků – x 2,22 m – výška pole, ve kterém se ztužidla nachází). Výsledná síla procházející táhlem tak bude následující:



Obr. 152: Síla procházející táhlem v podélné stěně

Po odebrání prvku v tlaků, jako u předchozího výpočtu, tak taženým táhlem bude procházet síla přibližně 132,2 kN (reálná síla bude menší, viz předchozí případ). Navrhujeme táhlo:

$$d = 30 \text{ mm}$$

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

$$f_{t,0,d} = 443,478 \text{ N/mm}^2$$

$$77,79 \text{ kN} < A \cdot f_{t,0,d}$$

$$132\,200 \text{ N} < 317\,010,4 \text{ N}$$

**Táhlo d = 30 mm vyhoví.**

Táhlo viz např. „Podélný řez“, „Detail 4“.

### 6.2.1 Ověření spojů

Přidaná táhla dodatečně zatíží spoj A a spoj E. Je tedy třeba zvážit, zda navržené svorníky mají dostatečnou rezervu, aby přidanou sílu přenesly:

- **Spoj A:** 2 řady po 6 svornících; využití spoje cca 44 %.
- **Spoj E:** 2 řady po 6 svornících; využití spoje cca 50%.

Spoje mají dostatečnou rezervu, aby přidání táhel svorníky nepoškodilo, a tak neohrozilo stabilitu a bezpečnost konstrukce.

## 7. Detaily

### 7.1 Detaily štítové stěny

**Sloupky podpírající horní pás štítové stěny** budou o rozměru 200x280 mm (využití 66,9%), viz kapitola 4.9.

#### 7.1.1 Spoj L: Horní pás a sloupek

##### 7.1.1.1 Návrh přípoje sloupku

<b>Svorníkový spoj</b>		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku			150 mm
tloušťka ocelové desky			15 mm
tloušťka	$t_1$		67,5 mm
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			0 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$		500 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$		400 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>			<b>32,55 kN</b>
počet řad			1 řady
počet svorníků			3 svorníků
vnější/vnitřní průměr podložky			58 18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$		3,3 N/mm <sup>2</sup>
Průřez svorníku	$A_s$		157 mm <sup>2</sup>
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=		32550,00 N
F(celk.)	=		74223,78 N
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
		32550,00	<
			74223,78 N
			<b>VYHOVÍ</b>
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní: 150			

##### 7.1.1.1.1 Posouzení spoj

Spoj bude proveden pomocí **3 svorníků v 1 řadě** na ose prvku

- Vzdálenost svorníků: 150 mm
- Vzdálenost od zatíženého konce: 120 mm
- Vzdálenost od konce plechu: 50 mm

Nedojde ke zvětšení rozměru prvku.

## 7.1.1.2 Návrh horního pásu

<b>Svorníkový spoj</b>		platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku		5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm
tloušťka LLD prvku			150 mm
tloušťka ocelové desky			15 mm
tloušťka	$t_1$		67,5 mm
hustota dřeva	$\rho_k$		430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			90 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$		500 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku	$f_{y,b}$		400 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
<b>Normálová síla (Scia)!!!</b>			<b>32,55 kN</b>
počet řad			2 řady
počet svorníků			4 svorníků
vnější/vnitřní průměr podložky			58 18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)	$f_{c,90,k}$		3,3 N/mm <sup>2</sup>
Průřez svorníku	$A_s$		157 mm <sup>2</sup>
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.			

<b>POSOUZENÍ:</b>			
F(max)	=		32550,00 N
F(celk.)	=		147171,12 N
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
		32550,00	< 147171,12 N
			<b>VYHOVÍ</b>
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:			150

## 7.1.1.2.1 Posouzený spoj

Spoj bude proveden pomocí 4 svorníků ve 2 řadách.

- Vzdálenost svorníků: 150 mm
- Vzdálenost od zatíženého konce: 120 mm
- Vzdálenost od zatíženého okraje: min 61 mm
- Vzdálenost řad: min 64 mm
- Vzdálenost od nezatíženého okraje: min 48 mm
- Vzdálenost od konce plechu: 50 mm

Nedojde ke zvětšení rozměru prvku.

### 7.1.2 Spoj L: varianta „a“ a „b“

Na několika místech konstrukce, viz výkres štítové konstrukce, došlo k rozšíření spoje o plechy pro zajištění táhla. Toto táhlo (zn. Dekan) o průměru 16 mm slouží pouze k zajištění stability, jejich úkolem není přenášet jakákoli zatížení.

### 7.1.3 Spoj M: Křížení na sloupku kvůli snížení vzpěrné délky

#### 7.1.3.1 Návrh sloupku

Paždík – vodorovný prvek, je na sloupky napojen ve výšce 3 metrů. Sloup není přerušen, jedná se pouze o zkrácení vzpěrné délky. Prvek proto bude proříznut, dojde k vložení plechu a ten bude zachycen 1 svorníkem M16.

#### 7.1.3.2 Návrh vodorovného prvku

Prvek není zatížen nijak specificky, slouží pouze ke zkrácení vzpěrné délky sloupků ve výšce 3m od terénu. Spoj proto odhadujeme stejný jako u sloupku v předchozím případě (spoj horní pás – sloupek) – tj. 1 řada po 3 svornících.

Prvek navrhujeme 150x280, tj. se šířkou shodnou se sloupkem

### 7.1.4 Spoj M: varianta „a“ a „b“

Na několika místech konstrukce, viz výkres řezu – štítový nosník, došlo k rozšíření spoje o plechy pro zajištění táhla. Toto táhlo (zn. Dekan) o průměru 16 mm slouží pouze k zajištění stability, jejich úkolem není přenášet jakákoli zatížení.

### 7.1.5 Spoj N: Okraj haly

#### 7.1.5.1 Návrh sloupku

Spoj sloupku zůstává stejný – navržený na maximální normálovou sílu, tj. 1 řada po 3 svornících. Jelikož se jedná o spoj na průběžném prvku, navrhujeme tak **1 řadu po 4 svornících**.

#### 7.1.5.2 Návrh vodorovného prvku

Prvek není zatížen nijak specificky, slouží pouze ke zkrácení vzpěrné délky sloupků ve výšce 3m od terénu. Spoj proto odhadujeme stejný jako u sloupku – tj. 1 řada po 3 svornících.

Prvek navrhujeme 150x280, tj. se šířkou shodnou se sloupkem

#### 7.1.5.3 Návrh diagonály

Použijeme dřívě posouzený spoj (Spoj C) – tj. 1 řada po 2 svornících. U štítové stěny **neuvažujeme táhlo**.

### 7.1.6 Detail 1: Ukotvení sloupku do terénu

Přestože v předchozích spojích se pro maximální normálovou sílu osvědčily 3 svorníky v jedné řadě, pro spoj sloupku a plechu patky použijeme **2 svorníky ve 2 řadách**.

Ukotvení proběhne pomocí kotev Hilti skrz vyztuženou betonovou patku o rozměru 600x600 mm. Rozměry uvedené v tabulce technických dat jsou pro nevyztužený beton, můžeme si tedy dovolit řídit se minimální vzdáleností od okraje (80 mm) a minimální osovou vzdáleností (80 mm). Mezi patkou a plechem bude provedena vyrovnávací vrstva.

Data jsou kompatibilní s		ETA 12/0006 (HIT-Z + HIT-HY 200-A) a EOTA TR 029 ETA 12/0028 (HIT-Z + HIT-HY 200-R) a EOTA TR 029 ETA 15/0296 (HIT-Z-D TP + HIT-HY 200-A) a EOTA TR 029				
Základní materiál		Beton > C20/25 (B25), přiklepem nebo diamantem vrtaný kotevní otvor				
HIT-Z/HIT-Z-D TP šroub		M8	M10	M12	M16	M20
Průměr vrtání	$d_o$ [mm]	10	12	14	18	22
Průměr otvoru v kotevní desce	$d_i$ [mm] <sup>1)</sup>	9*/11**	12*/14**	14*/16**	18*/20**	22*/24**
Efektivní kotevní hloubka	$h_{ef}$ [mm]	70	90	110	145	180
Vzdálenost od okraje	$c_{cr,sp}$ [mm]	175	260	345	410	560
Osová vzdálenost	$s_{cr,sp}$ [mm]	350	520	690	820	1120
Minimální vzdálenost od okraje	$c_{min}$ [mm]	40	50	60	80	100
Minimální osová vzdálenost	$s_{min}$ [mm]	40	50	60	80	100
Minimální tloušťka betonu	$h_{min}$ [mm]	130	150	170	245	280
Úťahovací moment	$T_{inst}$ [Nm]	10	25	40	80	150
Orientační spotřeba kotvicí hmoty	[ml]	4	7	10	19	32
<b>Beton bez trhlin</b>						
Dovolené namáhání v tahu	$N_{rec}$ [kN]	11,4	18,1	25,9	42,0	58,1
Dovolené namáhání ve smyku	$V_{rec}$ [kN]	6,9	10,9	15,4	27,4	41,7
Návrhová únosnost v tahu	$N_{Rd}$ [kN]	16,0	25,3	36,2	58,8	81,3
Návrhová únosnost ve smyku	$V_{Rd}$ [kN]	9,6	15,2	21,6	38,4	58,4
<b>Beton s trhlinami</b>						
Dovolené namáhání v tahu	$N_{rec}$ [kN]	10,0	14,6	19,8	29,9	41,4
Dovolené namáhání ve smyku	$V_{rec}$ [kN]	6,9	10,9	15,4	27,4	41,7
Návrhová únosnost v tahu	$N_{Rd}$ [kN]	14,1	20,5	27,7	41,9	58,0
Návrhová únosnost ve smyku	$V_{Rd}$ [kN]	9,6	15,2	21,6	38,4	58,4

Obr. 153: Technická data pro použití HIT-HY 200 s kotevním šroubem HIT-Z.

### 7.1.6 Detail 1: varianta „a“

Na několika místech konstrukce, viz výkres řezu - štítový nosník, došlo k rozšíření spoje o plechy pro zajištění táhla. Toto táhlo (zn. Dekan) o průměru 16 mm slouží pouze k zajištění stability, jejich úkolem není přenášet jakákoli zatížení.

## 7.2 Detaily haly

### 7.2.1 Detail 2: Ukotvení stojiny do terénu

Svorníky stojiny a táhla uvažujeme stejné jako u styku s horním pásem, pro snazší vytvoření spoje ale přípoj táhla upravíme:

- **Stojina** 2 řady po 7 svornících
- **Táhlo** 1 řada po 4 svornících, ale dojde ke zvětšení svorníku (M16 → M20), spoj je stále naddimenzován

### 7.2.2 Detail 3: Spoj vaznice – horní pás nosníku

Vaznice budou vzájemně spojeny dvojicí svorníků přes plech 20 mm. Plech bude k hornímu pásu nosníku upevněn vrutovým spojem s vruty M10:

U vrutových spojů o průměru > 6mm probíhá ověření dle kapitoly 8.5.1 normy ČSN EN 1995-1-1, tedy obdobně jako u svorníkových spojů:

<b>Vrutový spoj (3 vruty)</b>	<b>F(v,Ed)</b>	<b>30500 N (dle Scia)</b>
Průměr vrutu		10 mm
hustota dřeva	$\rho_k$	430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům		90 °
char. pevnost v tahu	$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup>
délka vrutu	L	140 mm
hloubka vniku do dřeva	$t_1$	120 mm
tloušťka plechu	t	20 mm
Počet řad		2
počet vrutů		4 ks

<b>Posouzení</b>			
F (max Scia) =		30500 N	
F (celková) =		42654,70 N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)			
a tedy:			
	42654,7	>	30500 N
		<b>VYHOVUJE</b>	
vzdálenost vrutů volíme:			60 mm

K tomuto spoji bude lokálně připojena i soustava táhel – spoj je proto naddimenzován.

Jelikož ve vrcholu příhradoviny bude vaznice zdvojená, dojde k posunu spoje oproti osám styčnicku – zatížení tak bude přenášeno dvojnásobným průřezem vaznice. Průřez horního nosníku a související spoj jsou dostatečně naddimenzovány, aby posun přípoje vaznice



neovlivnil spolehlivost svorníkového spoje nebo bezpečnost konstrukce. Posun je volen s ohledem na normou danou bezpečnou vzdálenost vrutu od konce prvku (min cca 40 mm) a zároveň s ohledem na svorníky vrcholového spoje.

Viz „Detail 6“.

### 7.2.2.1 Spoj vaznic

Svorníkový spoj			platí pro svorníky do 30 mm	
pevnostní třída svorníku			5.8	
šroub (typ)	M16	tj. d =	16 mm	
tloušťka LLD prvku			150 mm	
tloušťka ocelové desky			20 mm	
tloušťka	$t_1$		65 mm	
hustota dřeva			$\rho_k$	430 kg/m <sup>3</sup>
úhel zatížení k vláknům			0 °	
char. pevnost v tahu			$f_{u,b}$	500 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
char. pevnost v tlaku			$f_{y,b}$	400 N/mm <sup>2</sup> dle třídy svorníku
Normálová síla (Scia)!!!			30 kN	
počet řad			1 řady	
počet svorníků			2 svorníků	
vnější/vnitřní průměr podložky			58	18 mm
Pevnost v tlaku (dřevo)			$f_{c,90,k}$	3,3 N/mm <sup>2</sup>
Průřez svorníku			$A_s$	157 mm <sup>2</sup>
Pozn. výpočet pro 1 desku (střední prvek), tj. na 2 stříhy.				

<b>POSOUZENÍ:</b>				
F(max)	=	30000,00	N	
F(celk.)	=	43151,20	N	
kde F(celk.) = počet stříhů * počet řad * n(ef) * F(v,Rk)				
a tedy:				
		30000,00	<	43151,20 N
				<b>VYHOVÍ</b>
Pozn. lze upravovat a1 v rozmezí cca 120-150 mm, nyní:				80

- Vzdálenost svorníků = 80 mm
- Vzdálenost od okraje = min 48 mm → síly jsou osové
- Vzdálenost od zatíženého konce = min 112

## 8. Obvodový plášť

Objekt je opláštěn dvěma typy lehkého obvodového pláště – samonosným proskleným pláštěm modulové fasády, jehož sloupky jsou připevněny k okrajům nosníku, a tepelně izolovanými panely trapézového plechu připevněného ke sloupkům ve štítové stěně.

**Výrobci:** Wicona, Clearmont, Schuco ad.

Fasáda se uplatňuje následujícím způsobem:

### 1. Prosklená fasáda

Tento typ obvodového pláště se uplatňuje na podélných stěnách (77 m) objektu a odkrývá tak pohled na vnitřní dřevěnou konstrukci. Fasáda se skládá s fixních a otevíravých skel.

Pozn. je třeba počítat s polepem na ochranu ptáků.



Obr. 154: Prosklená fasáda s pohledy do interiéru

### 2. Plná fasáda

Tento typ - trapézové plechy - se uplatňuje ve štítové stěně. Plechy byly zvoleny pro svou odolnost vůči kořenovému systému vegetace – projekt předpokládá lokální uplatnění popínavých rostlin na fasádě (dle firmy Liko-S).

Fasáda předpokládá nenáročnou, v našich podmínkách prosperující rostliny a bezúdržbové rostliny, nejpravděpodobněji tak například břečťan nebo psí víno.



Obr. 155: Příklad existujících objektů s uplatněním vegetace v rámci fasády

## 9. Zdroje

### 9.1 Normy

- ČSN EN 1990 (73 002). Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: ČNI, 2003
- ČSN EN 1991-1-1 (73 1701) Eurokód: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČNI, 2006

### 9.2 Literatura

- Studnička, Jiří; Holický, Milan: Ocelové konstrukce 20, Zatížení podle Eurokódu. Vydavatelství ČVUT, Praha 2003

### 9.3 Webové stránky

- Kuklík, Petr: Dimenzování prvků dřevěných konstrukcí [online]. Dostupné z: [http://www.prolignum.cz/fileadmin/prolignum/media.cz/7\\_Dimenzovani\\_prvku\\_dravenych\\_konstrukci\\_Petr\\_Kuklik.pdf](http://www.prolignum.cz/fileadmin/prolignum/media.cz/7_Dimenzovani_prvku_dravenych_konstrukci_Petr_Kuklik.pdf)
- *Sendvičové panely Lindab, Technické údaje* [online]. Dostupné z: [http://www.lindab.com/cz/Documents/Stresni%20systemy/Sendvicove\\_panely/Sendvicove\\_panely\\_Lindab.pdf](http://www.lindab.com/cz/Documents/Stresni%20systemy/Sendvicove_panely/Sendvicove_panely_Lindab.pdf)
- *Zelené fasády* [online]. Dostupné z: <http://www.zelenafasada.cz/zelene-fasady>
- *Fasády Wicona* [online]. Dostupné z: <https://www.wicona.com/cs/cz/Produkty/Fasady/>
- *Fasády Schuoco* [online]. Dostupné z: <https://www.schuoco.com/web2/cz/architekti/vyrobky/fasady>
- *Lehké obvodové pláště Clearmont* [online]. Dostupné z: <http://www.clearmont.cz/lehke-obvodove-plaste/>