

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební



DIPLOMOVÁ PRÁCE
STATICKÝ VÝPOČET

2017

Bc. Petrás Michal



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: PETRÁS Jméno: Michal Osobní číslo: 396562
Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Multifunkční kulturní hala
Název diplomové práce anglicky: Multi-purpose cultural hall
Pokyny pro vypracování:
Návrh a posouzení ocelové konstrukce multifunkční haly včetně řešení prostorové tuhosti - ztužidla, řešení všech významných detailů, kotvení, výkresová dokumentace v obvyklém rozsahu (dispoziční výkresy 1:100, 1:200) a výkresy řešených detailů 1:10, technická zpráva.

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího diplomové práce: Doc. Ing. Martina Eliášová, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 3.10.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

[Podpis]
Podpis vedoucího práce

[Podpis]
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“.

3.10.2016
Datum převzetí zadání

[Podpis]
Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Multifunkční kulturní hala vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet použité literatury, které uvádím v seznamu literatury přiložené k diplomové práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorkém, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 8.1.2017

Bc. Petrás Michal

.....

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval především své vedoucí diplomové práce Doc. Ing. Martině Eliášové, CSc. za cenné rady, které mi poskytla při jejím vypracování a za trpělivost vloženou do vedení této práce.

Název diplomové práce:

Multifunkční kulturní hala

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je navržení a posouzení ocelové konstrukce multifunkční haly včetně řešení prostorové tuhosti. Součástí návrhu a posouzení jsou všechny vodorovné nosné konstrukce, hlavní svislé nosné konstrukce a významné detaily.

Pro řešení této práce jsem navrhl: ocelový trubkový vazník, vazník kombinující ocel a dřevo, hlavní svislé konstrukce z oceli a vestavbu haly z válcovaných profilů. Prostorová tuhost je zajištěna vetknutými patkami a ztužidly.

Výsledkem této diplomové práce je statický výpočet obsahující všechny výpočty, technickou zprávu ke statickému výpočtu, přílohy se všemi použitými dokumenty a výstupy ze statického programu a výkresovou dokumentaci v obvyklém rozsahu.

Klíčová slova:

Ocelový trubkový vazník, vazník kombinující dřevo a ocel, svislé nosné konstrukce, prostorová tuhost, jednolodní hala

Diploma's Thesis title:

Multi-purpose cultural hall

ABSTRACT

The aim of this thesis is to propose an assessment steel construction of multi-purpose hall including the solution of spatial rigidity. Part of the assessment are all horizontal structures, main vertical supporting structure and significant details.

For this thesis I suggested to use a steel tube truss, steel truss combining wood, the main vertical structure of steel and installation in the hall of rolled profiles. Spatial rigidity is ensured by cantileverer flaps and by bracings.

The result of this thesis is a static calculation with all calculations, technical report to the static calculation, attachments with all the applicable documents and outputs from the static PROGRAM and drawings in the normal range

Key words:

Steel tube truss, truss combining wood and steel, vertical supporting constructions, spatial rigidity, nave hall

OBSAH

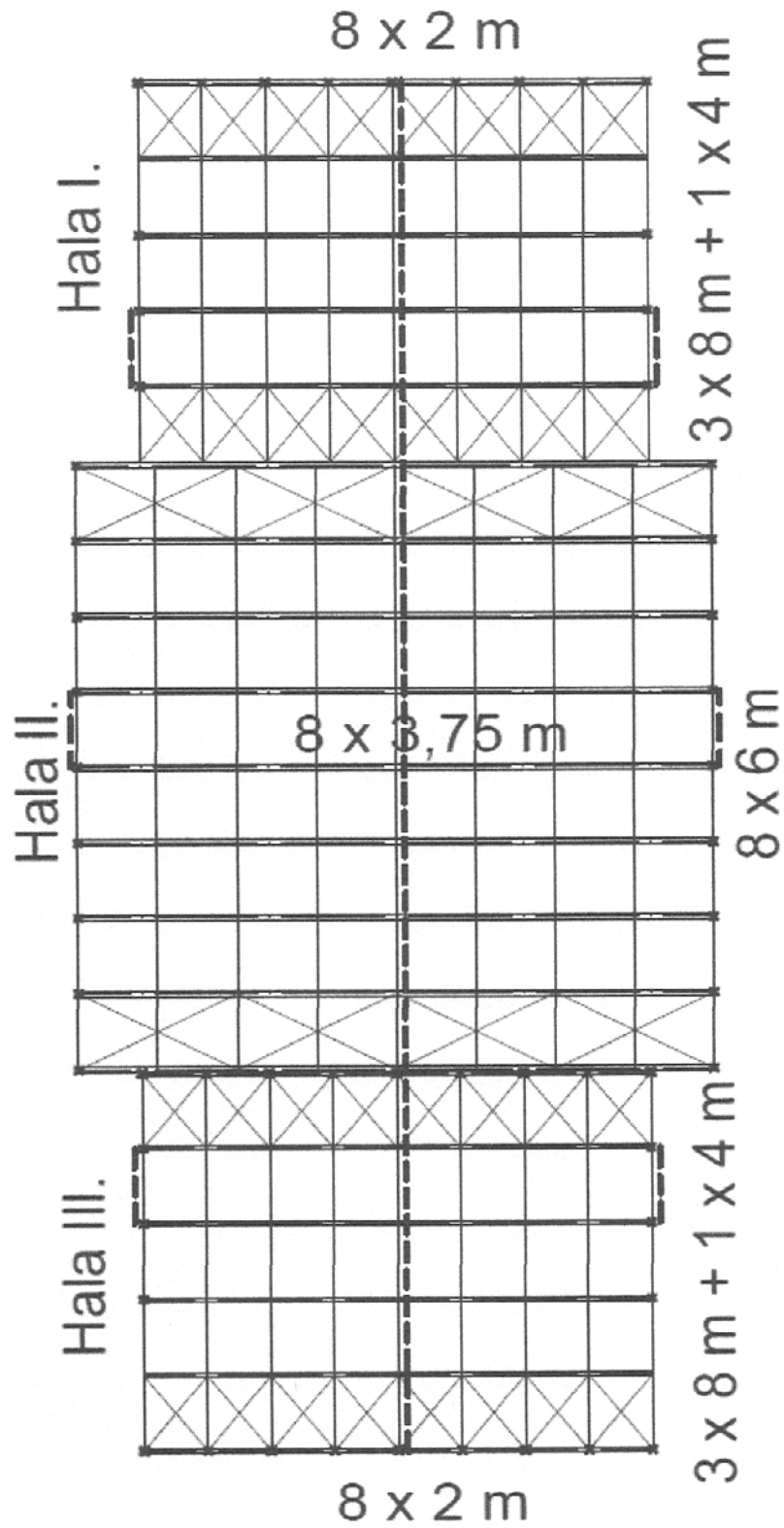
1. Situace	1
2. Výpočet zatížení	2
2.1. Zatížení vlastní tíhou	2
2.2. Zatížení sněhem	3
2.3. Zatížení větrem	4
3. Vaznice	8
3.1. Spojitá vaznice	8
3.2. Zatížení na vaznici	9
3.3. Vnitřní síly	10
3.4. Posouzení vaznice – MSÚ	13
3.5. Posouzení vaznice – MSP	15
4. Vazník	16
4.1. Geometrie vazníku	16
4.2. Výpočet zatížení	16
4.3. Posouzení vazníku	21
5. Sloup – Hala I.	25
5.1. Předběžný odhad profilu	25
5.2. MSP	25
5.3. MSÚ	25
6. Patka sloupu – Hala I.	28
6.1. Průřez patky	30
6.2. Připojení výztuh	31
6.3. Kotevní šrouby	32
6.4. Kotevník příčník	33
6.5. Přenos vodorovné síly do patky	34
7. Ztužení – Hala I. a Hala III.	35
7.1. Příčné ztužidlo ve střešní rovině	35
7.2. Přenos tlaku ve svislici vaznicí	37
7.3. Podélné ztužení Haly I. a III.	38
8. Štítová stěna Haly I. a III.	41
8.1. Zjištění rozhodujícího sloupku	41
8.2. Posouzení MSÚ – kombinace G+S	41
8.3. Posouzení MSÚ – kombinace $G_{min}+W$	42
8.4. Příčné ztužení ve štítových stěnách	45
9. Střešní panely – Hala II.	46
9.1. Výpočet zatížení	46
9.2. Posouzení	46
10. Vaznice – Hala II.	48
10.1. Dovočet zatížení na vaznice	48
10.2. Posouzení na ohyb	49
10.3. Posouzení smykového napětí	50
10.4. Posouzení průhybu	50
11. Vazník Dřevo – Ocel	51
11.1. Geometrie vazníku	51
11.2. Výpočet zatížení	51
11.3. Vnitřní síly pro kombinaci $G_{max} + s_{max}$	54

11.3.1. Tabulka s posouzením tažených prutů	54
11.3.2. Tabulka s posouzením tlačných prutů	55
12. Ocelový sloup – Vazba s vazníkem DK – OK	56
12.1. Výpočet zatížení	56
12.2. Vnitřní síly od rozhodující kombinace	58
12.3. Předběžný odhad profilu	59
12.4. Mezní stav použitelnosti	59
12.5. Mezní stav únosnosti	59
13. Patka sloupu	62
13.1. Průřez patky	64
13.2. Připojení výztuh k patnímu plechu	65
13.3. Kotevní šrouby	66
13.4. Kotevní příčník	67
13.5. Přenos vodorovné síly do patky	68
14. Ztužení haly II.	69
14.1. Příčné ztužidlo ve střešní rovině	69
14.2. Podélné ztužidlo	70
15. Štítová stěna Hala II.	72
15.1. Zatížení rozhodujícího sloupku	72
15.2. Vnitřní síly	72
15.3. Posouzení	73
16. Výpočet vestavby	74
16.1. Výpočet zatížení	75
16.2. Stropní konstrukce	76
16.3. Sloup	95
16.4. Patka sloupu	97
16.5. Přípoj stropních nosníků	100
17. Sloup – Hala III.	105
17.1. Předběžný návrh profilu sloupu	105
17.2. Mezní stav použitelnosti	105
17.3. Mezní stav únosnosti	105
18. Patka sloupu – Hala III.	108
18.1. Průřez patky	110
18.2. Připojení výztuh k patnímu plechu	111
18.3. Kotevní šrouby	112
18.4. Kotevní příčník	113
18.5. Přenos vodorovné síly do patky	114



1. Situace

Předmětem návrhu je budova multifunkční kulturní haly. Půdorys haly je jednodílná hala podélně rozdělena na 3 různé šířky.





2. Výpočet zatížení

2.1. Zatížení vlastní tíhou

2.1.1. Zatížení vaznic střešním pláštěm nad auditoriem

Skladba NOVATOP R300 - 7

Vrstva	tl. [mm]	Hustota [kg/m ³]	m [kg/m ²]	g [kN/m ²]
Plech	3	7850	23,55	0,2355
Latě	30	500	0,9375	0,009375
Steico Therm	120	160	19,2	0,192
Steico Flex	240	50	12	0,12
Dřevěná prkna	27	500	13,5	0,135
Min. Izolace	80	50	4	0,04
Sádrovl. Deska	12	1200	14,4	0,144
			Celkem	0,875875

2.1.2. Zatížení vaznic střešním pláštěm nad přední a zadní částí - střešní panel Kingspan

KS 1000 RW

Vrstva	hmotnost [kg/m ²]	g [kN/m ²]
PUR Panel	13,63	0,1363

2.1.3. Zatížení vaznic střešním pláštěm nad přední a zadní částí - prosklená část

Vrstva	Hmotnost [kg/m ²]	g [kN/m ²]
Izolační dvojskla 2 x 8 mm	40	0,4

2.1.4. Vlastní tíha dřevěné vaznice

Materiál	B [mm]	H [mm]	Hustota [kg/m ³]	m [kg/m]	g [kN/m]
C24	150	350	410	21,525	0,21525

2.1.5. Vlastní tíha ocelové vaznice

Průřez	Mat.	m [kg/m]	g [kN/m]
IPE 180	Ocel	18,8	0,188



2.2. Výpočet zatížení sněhem

2.2.1. Určení charakteristické hodnoty s_k

Charakteristická hodnota s_k se určuje podle sněhové mapy ČR

Místo stavby haly se nachází v oblasti I. Tudiž charakteristická hodnota je

$$s_k = 0,7 \quad \text{kg/m}^2$$

2.2.2. Určení dalších reprezentativních hodnot ψ_0, ψ_1, ψ_2

Kombinační hodnota ψ_{0s} $\psi_0 = 0,5$

Častá hodnota ψ_{1s} $\psi_1 = 0,2$

Kvazistálá hodnota ψ_{2s} $\psi_2 = 0$

2.2.3. Určení součinitele expozice na základě zbulky

Typ krajiny	C_e
otevřená	0,8
normální	1
chráněná	1,2

Tab: Typ krajiny

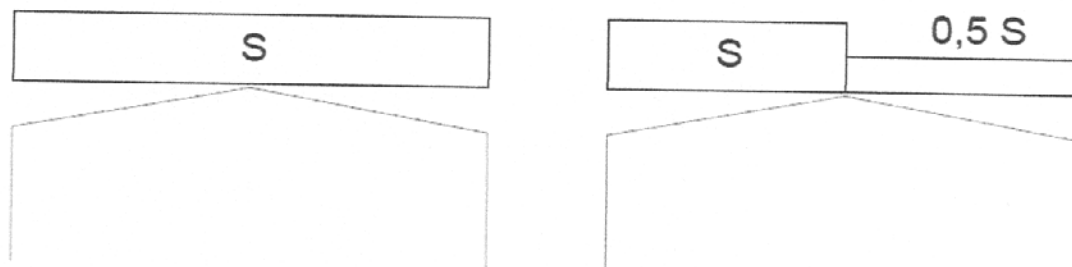
2.2.4. Určení tvarových součinitelů μ_i

Určení součinitelů závisí na sklonu střechy

$$\text{Sklon střechy } \alpha = 4,933$$

Úhel sklonu střechy	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$		
μ_1	0,8	=	0,8
μ_2	$0,8 + 0,8\alpha / 30$	=	0,932

2.2.5. Určení zatěžovacích obrazců pro sedlovou střechu



2.2.6. Zatížení pro trvalou a dočasnou návrhovou situaci

$$s = \mu_1 * C_e * C_t * s_k = 0,56 \text{ kN/m}^2$$



2.3. Výpočet zatížení větrem

2.3.1. Základní rychlost větru v_b

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0}$$

$$c_{dir} = 1$$

$$c_{season} = 1$$

$$v_{b,0} = 25$$

c_{dir} součinitel směru větru

c_{season} součinitel ročního období

$v_{b,0}$ základní rychlost větru

- viz. Mapa větrných oblastí

$$v_b = 25 \text{ m/S}$$

2.3.2. Charakteristická střední rychlost větru $v_m(z)$

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

$c_0(z)$ součinitel orografie

$c_r(z)$ součinitel drsnosti terénu

z_0 parametr drsnosti terénu

z_{min} min. výška

z_{max} uvažuje se 200 m

k_r součinitel terénu

Kategorie terénu III

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

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

viz. materiály

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

$$k_r = 0,215$$

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

$$c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{pro } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$c_r(15) = 0,843$$

$$c_0(z) = 1$$

$$v_m(z) = 21,07 \text{ m/s}$$

2.3.3. Maximální dynamický tlak $q_0(z)$

$$q_0(z) = [1 + 7 * lv(z)] * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2 = C_e(z) * q_b$$

$$q_b = 0,5 * \rho * v_b^2$$

$$q_b = 390,6 \text{ pa}$$

$$C_e(z) \text{ součinitel expozice viz [5]}$$

$$C_e(z) = 2$$

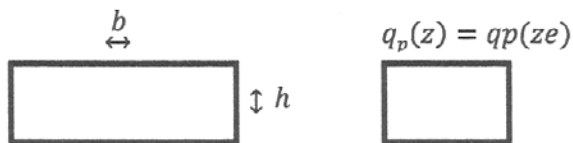
$$q_0(z) = 781,3 \text{ pa}$$



2.3.4. Součinitele tlaku pro pozemní stavby - Cpe a Cpe,1

Závislost dynamického tlaku na výšce:

Platí: $h \leq b$

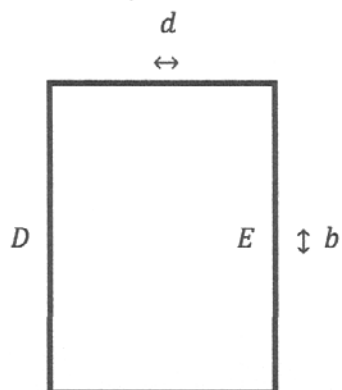


h [m] = 10

b [m] = 30

Rozdělení pláště na oblasti

Půdorys



d [m] = 30

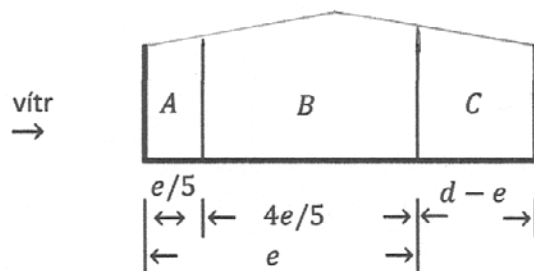
b [m] = 112

$$e = \min(b, 2h)$$

e [m] = 20

Platí: $e < d$

Pohled pro $e < d$



Výpočet velikosti oblastí :

Oblast A : $e/5 = 4$ [m]

$h_{\min} = 5$ [m]

$A_{\text{ref,min}} = 20$ [m]

Oblast B : $4e/5 = 16$ [m]

$h_{\min} = 5$ [m]

$B_{\text{ref,min}} = 80$ [m]

Oblast C : $d-e = 10$ [m]

$h_{\min} = 5$ [m]

$C_{\text{ref,min}} = 50$ [m]

Oblast D : $b = 112$ [m]

$h_{\min} = 5$ [m]

$D_{\text{ref}} = 656$ [m]

$b_1 = 64$ [m]

$b_2 = 48$ [m]

$h_1 = 5$ [m]

$h_2 = 7$ [m]

Oblast E :

$E_{\text{ref}} = D_{\text{ref}} = 656$ [m]



Určení poměru h/d pro určení součinitelů vnějšího tlaku

Oblast	A	B	C	D	E
h/d	0,167	0,167	0,167	0,233	0,233

Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku

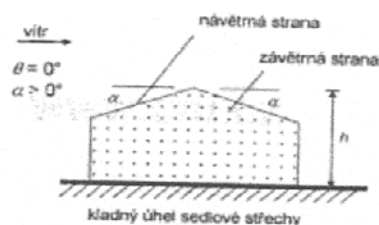
Oblas	A	B	C	D	E
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
$\leq 0,25$	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3

2.3.5. Celkový tlak w_e na stěny budovy

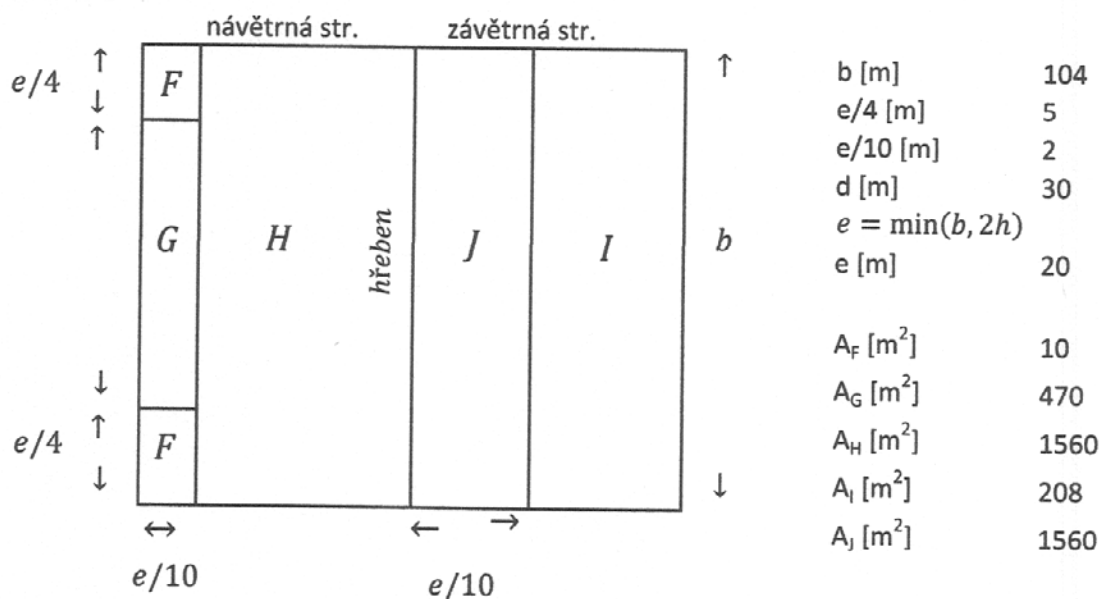
Oblast	A	B	C	D	E
q_w [Pa]	-937,5	-625	-390,63	546,875	-234,375

* znaménková konvence: + = Tah, - = Tlak

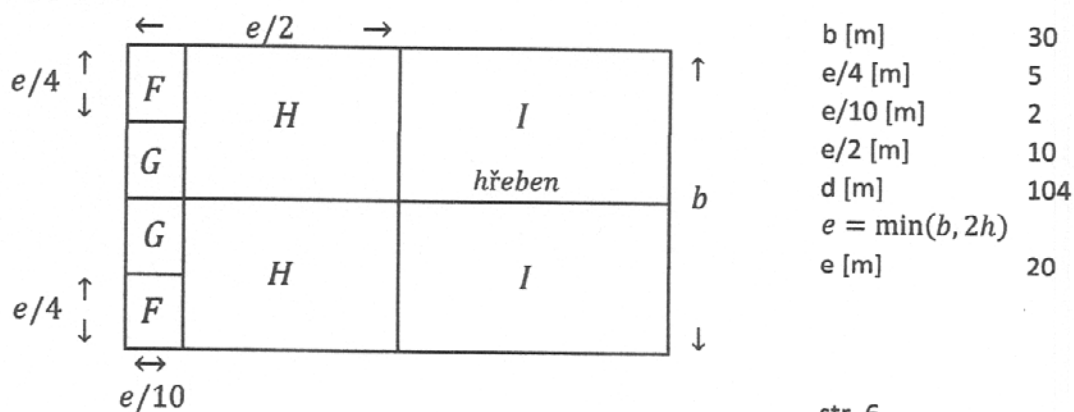
2.3.6. Výpočet tlaku větru na sedlovou střechu



2.3.6. a) Směr větru $\theta = 0^\circ$



2.3.6. b) Směr větru $\theta = 90^\circ$





Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku

Úhel sklonu α	Oblast pro směr větru $\theta = 0^\circ$				
	F	G	H	I	J
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
5°	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
					-0,6

Úhel sklonu α	Oblast pro směr větru $\theta = 90^\circ$			
	F	G	H	I
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
5°	-1,8	-1,3	-0,7	-0,6

2.3.7. Celkový tlak w_e na sedlovou střechu

Oblast	Oblast pro směr větru $\theta = 0^\circ$				
	F	G	H	I	J
w_e [pa]	-1328,125	-937,5	-468,75	-468,75	156,25
					-468,75

Oblast	Oblast pro směr větru $\theta = 90^\circ$			
	F	G	H	I
w_e [pa]	-1406,25	-1015,63	-546,88	-468,75



3. Vaznice

Rozhodující kombinace pro MSÚ, na které je nutno vaznice posoudit, jsou :

- stálé zatížení + sníh
- min. Stálé + sání větru

V MSP je třeba posoudit průhyb vaznice:

- od veškerého zatížení ($\gamma_f = 1,0$), doporučený mezní průhyb je $\delta_{lim} = \frac{L}{200}$
- od nahodilého zatížení ($\gamma_f = 1,0$), doporučený mezní průhyb je $\delta_2 = \frac{L}{250}$

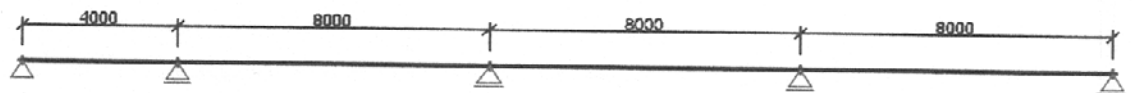
Statický systém	Konstrukce	Rozpětí [m]
Spojité nosník	plnostěnné	6,0 - 9,0

3.1. Spojité plnostěnné vaznice o více polích

Spojité plnostěnné vaznice lze navrhovat podle teorie pružnosti, vhodnější je ale pro tíhové zatížení ($q = \text{stálé} + \text{sníh}$) návrh podle teorie plasticity. Vaznici navrhujeme na vyrovnaný ohybový moment ve vnitřním poli a nad podporou, musí platit

$$M_{pl, Rd} \geq M_{Ed} = \frac{qL^2}{16}$$

Statické rozvržení



obr. [1]

Výpočet zatížení

Zatěžovací šířka [m]

3

$\gamma_G [-]$

1,35

$\gamma_G [-]$

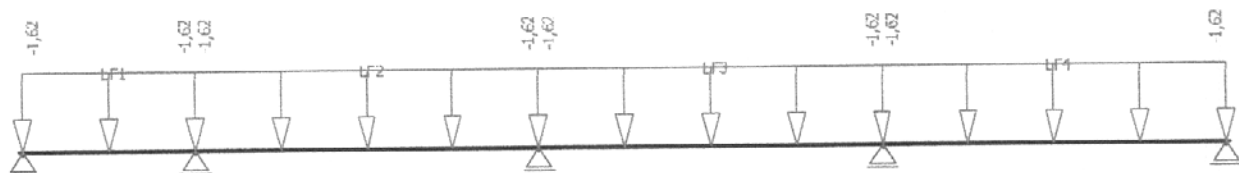
1,5

	Char. Zatížení [kN/m ²]	Návrh. Zat [kN/m ²]	N. Zat. [kN/m]
Stálé zatížení	0,400	0,540	1,620
Min. Stálé zatížení	0,136	0,184	0,552
Sníh	0,560	0,840	2,520
Sání větru (H) _{$\theta=0^\circ$}	-0,469	-0,703	-3,164
Sání větru (H) _{$\theta=90^\circ$}	-0,547	-0,820	-3,691
Sání větru (F) _{$\theta=90^\circ$}	-1,328	-1,992	-5,977
Sání větru (G) _{$\theta=90^\circ$}	-1,016	-1,523	-4,570

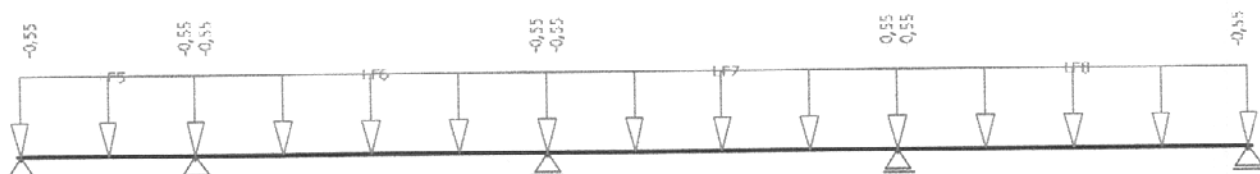


3.2. Zatížení na vaznice

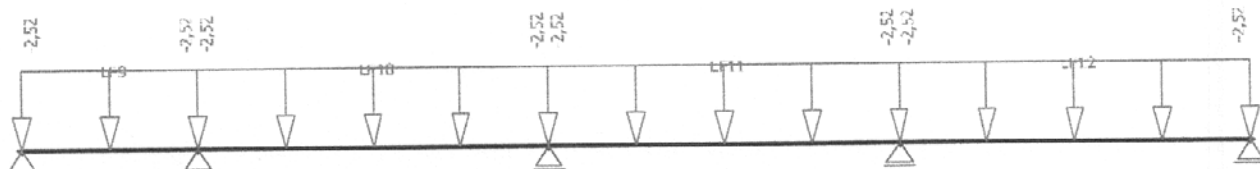
3.2.1. Stálé zatížení [kN/m]



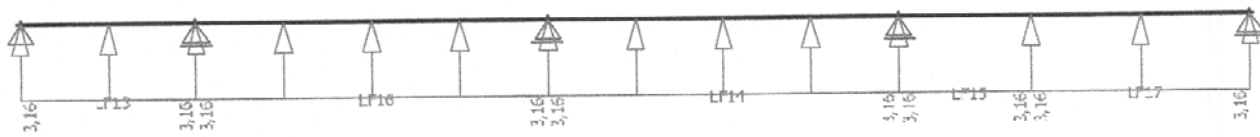
3.2.2. Min. Stálé zatížení [kN/m]



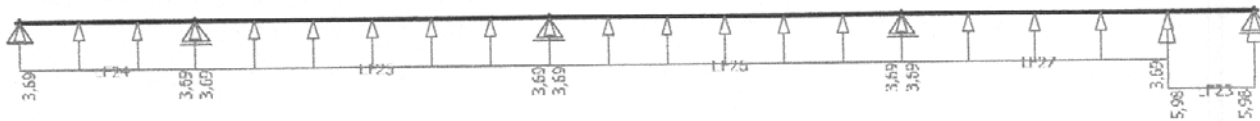
3.2.3. Sníh [kN/m]



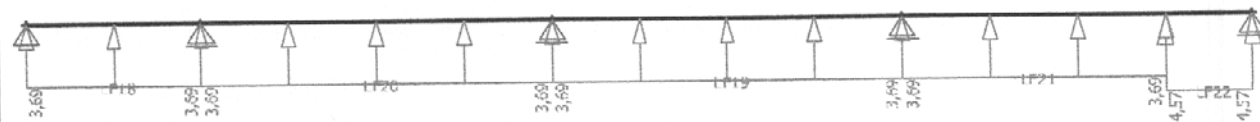
3.2.4. Sání větru [kN/m] - $\theta = 0^\circ$ (Oblast H)



3.2.5. Sání větru [kN/m] - $\theta = 90^\circ$ (Oblast F + H)



3.2.6. Sání větru [kN/m] - $\theta = 90^\circ$ (Oblast G + H)

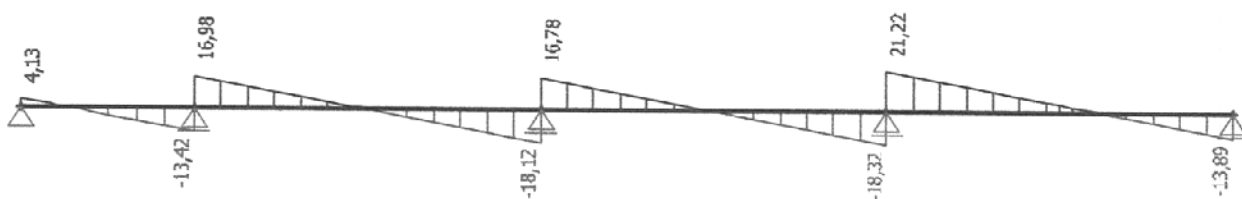




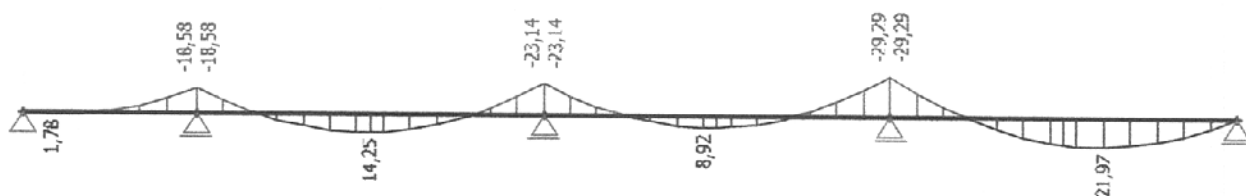
3.3. Vnitřní síly

3.3.1. Kombinace max.stálé zatížení a sněž

V_{ed} [kN]

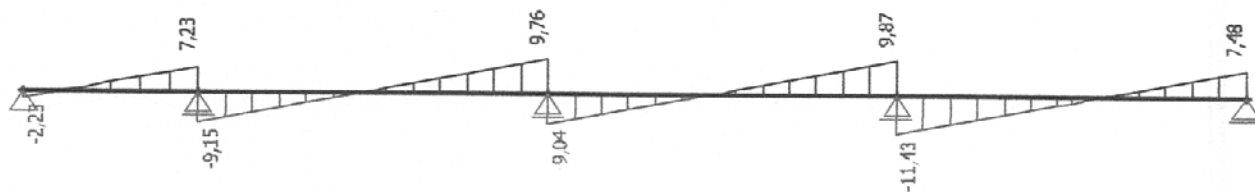


M_{ed} [kN]

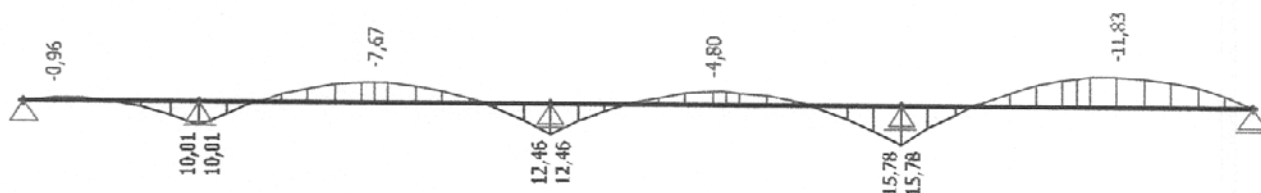


3.3.2. Kombinace min.stálé zatížení a sání větru $\theta = 0^\circ$ (Oblast H)

V_{ed} [kN]

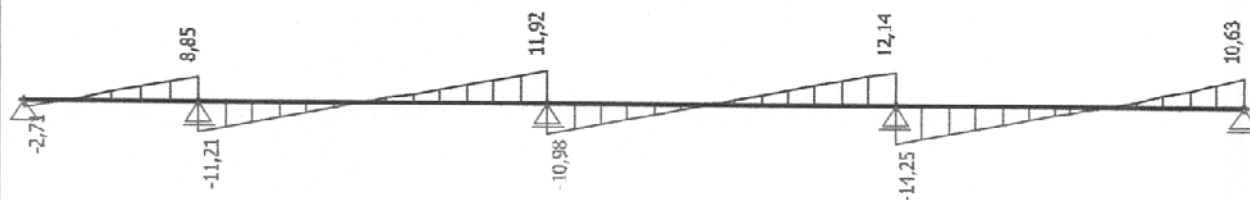


M_{ed} [kN]



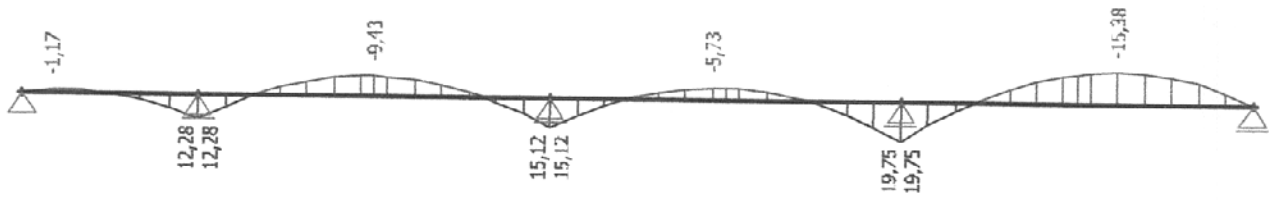
3.3.3. Kombinace min.stálé zatížení a sání větru $\theta = 90^\circ$ (Oblast F+H)

V_{ed} [kN]



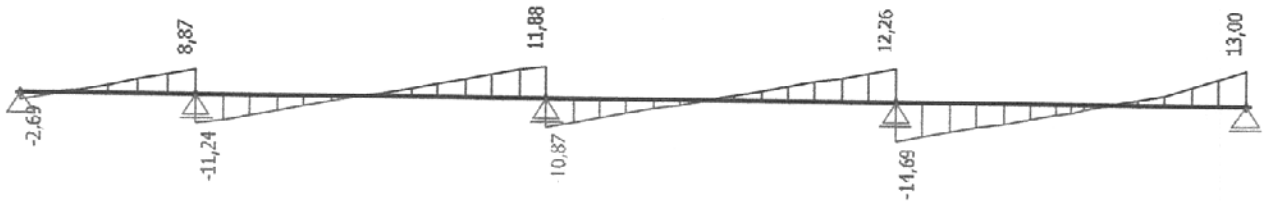


M_{ed} [kN]

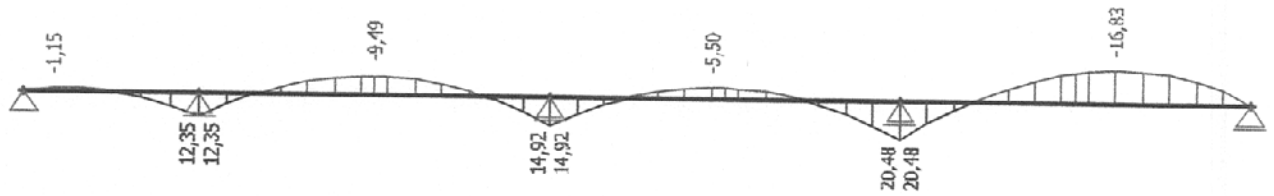


3.3.4. Kombinace min.stálé zatížení a sání větru $\theta = 90^\circ$ (Oblast G+H)

V_{ed} [kN]

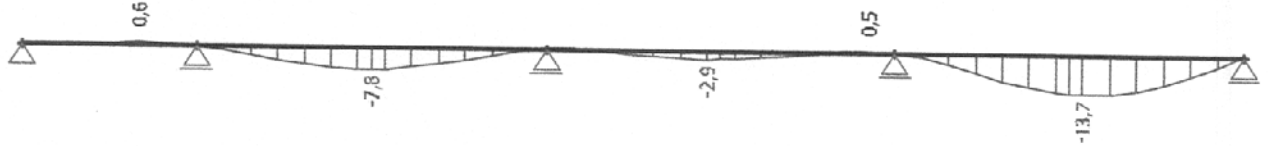


M_{ed} [kN]

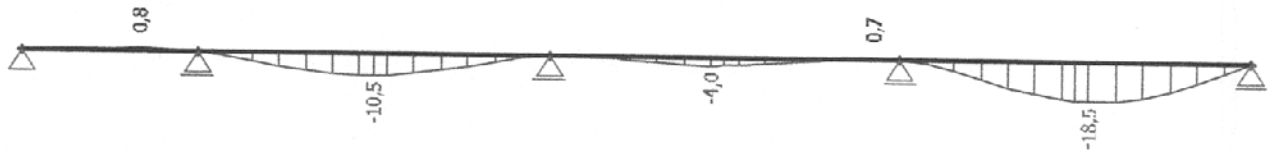


3.3.5. Průhyb

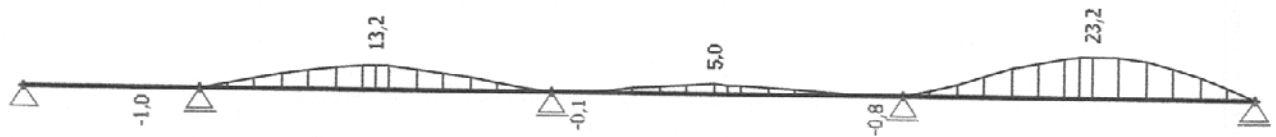
Veškeré zatížení [mm]



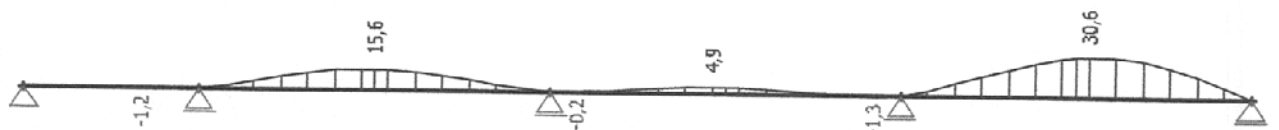
Sníh [mm]



Vítr - oblast H [mm]

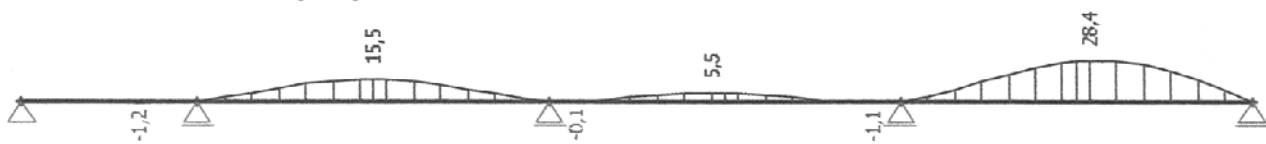


Vítr - oblast F + H [mm]





Vítr - oblast G + H [mm]





3.4. Posouzení vaznice

Průřezové charakteristiky

Profil	IPE 180	rozměry viz příloha
A [m ²]	2,39E-03	h [mm] 180
A _{v,z} [m ²]	1,13E-03	b [mm] 91
I _y [m ⁴]	1,32E-05	t _w [mm] 5,3
I _z [m ⁴]	1,01E-06	t _f [mm] 8
W _{ply} [m ³]	1,66E-04	r [mm] 9
W _{plz} [m ³]	3,46E-05	
I _t [m ⁴]	4,79E-08	
I _w [m ⁶]	7,43E-09	
i _y [mm]	74	
i _z [mm]	21	

Materiálové charakteristiky

f _y [MPa]	355
E [GPa]	210
G [GPa]	81

Zatřídění průřezu : dle ČSN EN 1993-1-1, viz příloha [] strana 67 v tabulkách

Pásnice

Ohyb pro ocel S355 → Třída průřezu 1

Stolina

Tlak pro ocel S355 → Třída průřezu 2

3.4.1. KOMBINACE G + S

MSÚ - Smyk

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{1,13 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{\sqrt{3} * 1,0} = 230,58 \text{ kN}$$

V_{ed,y} [kN] 27,89 ... rozhodující kombinace stálé + sněh
posouzení

$$\frac{V_{Ed,y}}{V_{pl,Rd,y}} = \frac{27,89}{230,58} = 0,121 \leq 1,0$$

→ Smyková síla je menší než polovina plastické smykové únosnosti, lze tedy její účinek na únosnost v ohybu zanedbat

MSÚ - Ohyb

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{ply} * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,66 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{1,0} = 58,93 \text{ kNm}$$

M_{ed,y} [kNm] 28,88 ... rozhodující kombinace stálé + sněh
posouzení

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{28,88}{58,93} = 0,490 \leq 1,0$$

→ Profil IPE 180 na ohyb vyhovuje



3.4.2. KOMBINACE $G_{min} + W$

MSÚ - Ohyb s klopením - Při kombinaci min. Stálé + sání větru je únosnost vaznice ovlivněna klopením. Průběh momentů beru z programu SCIA ingeneer viz obr. . Výpočet pomocí metody kritického momentu.

Musí platit:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} * W_{pl,y} * f_{yd} \geq M_{Ed}$$

Vzpěrné délky stanovené podle podmínek uložení prutu

$$L_z = 6325 \text{ mm}$$

$$L_w = 6325 \text{ mm}$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z * GI_t}}{L}$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + k_{wt}^2} \right]$$

pro nosníky konstantního průřezu
symetrické k ose tuhosti y-y

součinitele vzpěrné délky je možné vzít rovno 1 pokud není provedeno speciální opatření k zamezení deplanace

$$k_z = 1,0, k_w = 1,0$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w * L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{\pi}{1,0 * 6419} \sqrt{\frac{210\,000 * 7431 * 10^6}{81\,000 * 4,79 * 10^4}} = 0,310$$

Pro symetrický průřez platí : $C_2 = 0$

Hodnotu pro C_1 vezmeme z tabulky NB.3.2 v závislosti na hodnotách součinitelů k_y, k_z, k_w a k_{wt}

$$\text{Pro } k_{wt} \leq C_{1,1} \text{ platí: } C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) = 1,13 + (1,13 - 1,13) = 1,13$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + k_{wt}^2} \right] = \frac{1,13}{1} \left[\sqrt{1 + 0,310^2} \right] = 1,183$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z * GI_t}}{L} = 1,183 \frac{\pi \sqrt{210\,000 * 1,01 * 10^6 * 81\,000 * 4,79 * 10^4}}{6325}$$

$$\underline{\underline{= 16,87 * 10^6 \text{ Nmm} = 16,87 \text{ kNm}}}$$

Následuje výpočet poměrné štíhlosti (pro průřez třídy 1)

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl} * f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{166\,400 * 355}{16,87 * 10^6}} = 1,869$$

Stanovení součinitele vzpěrnosti při klopení

Je potřeba přiřadit vzpěrnou křivku - pro válcovaný profil se bere křivka a \rightarrow té přísluší součinitel imperfekce $\alpha_1 = 0,21$.

$$\phi = 0,5 * [1 + \alpha_1 * (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] =$$

$$= 0,5 * [1 + 0,21 * (1,869 - 0,2) + 1,869^2] = 2,422$$



$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{3,234 + \sqrt{3,234^2 - 2,422^2}} = 0,457$$

Momentová únosnost při klopení

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} * W_{pl,y} * f_{yd} \geq M_{Ed}$$

$$M_{b,Rd} = 0,477 * 166\,400 * 355 \geq 16,83 \text{ kNm}$$

$$M_{b,Rd} = 26,91 \text{ kNm}$$

Vaznice na klopení vyhovuje

3.5. Posouzení MSP

1) Veškeré zatížení

Pro veškeré zatížení platí limitní průhyb roven:

$$\delta_{lim} = \frac{L}{200} = \frac{8000}{200} = 40 \text{ mm}$$

$$\delta_1 = 21,7 \text{ mm} \quad \text{viz obr. [22] - příloha 1, str.8}$$

Nosník na MSP od veškerého zatížení vyhovuje

2) Nahodilé zatížení

Pro nahodilé zatížení platí limitní průhyb roven:

$$\delta_2 = \frac{L}{250} = \frac{8000}{250} = 32 \text{ mm}$$

$$\delta_{snih} = 19,1 \text{ mm} \quad \text{viz obr. [73] - příloha 1, str.26}$$

$$\delta_{vitr,H} = 12,5 \text{ mm} \quad \text{viz obr. [74] - příloha 1, str.26}$$

$$\delta_{vitr,F+H} = 12,1 \text{ mm} \quad \text{viz obr. [75] - příloha 1, str.26}$$

$$\delta_{vitr,G+H} = 18,4 \text{ mm} \quad \text{viz obr. [76] - příloha 1, str.26}$$

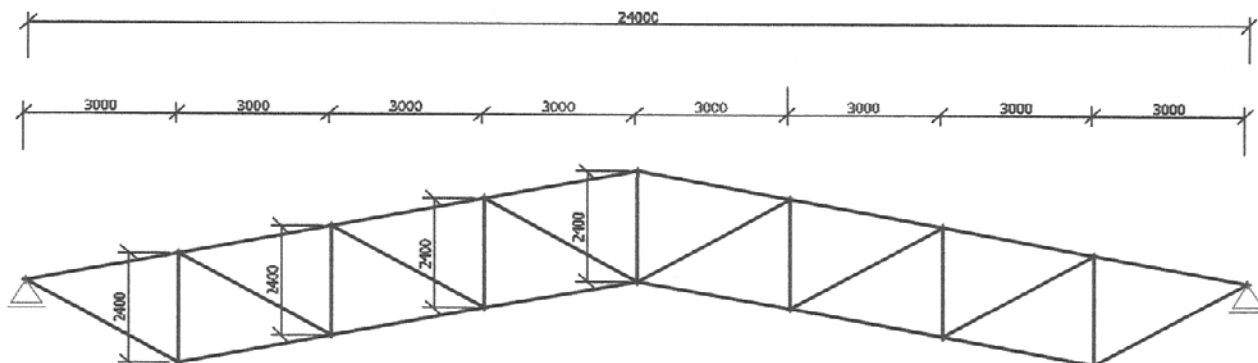
Nosník na MSP od nahodilého zatížení vyhovuje



4. Vazník

4.1. Geometrie vazníku

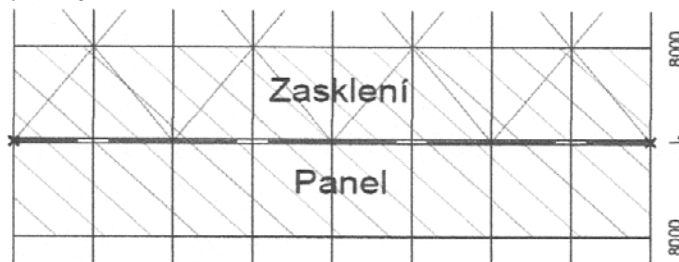
Rozpětí vazníku je 24 m, a je navržen jako příhradový. Výška vazníku je proměnná od 1,6 m v podporách po 4 m ve středu. Vazník je přibližně ve třetinách rozdělen, aby bylo možné jej dopravit na stavbu. Délka krajních částí je tedy 8,7 m, délka vnitřní části je 6,6 m. Vazník je osově souměrný. Geometrie je patrná z obrázku.



4.2. Výpočet zatížení

4.2.1. Výpočet kombinace $G_{max} + S$

Nejvíce zatížena bude 2. příčná vazba, protože nese polovinu zasklené části a polovinu části zastřešenou panely.



	Návrhová zatížení na vaznici [kN/m]	Návrhová zatížení na okapovou vaznici [kN/m]
Stálé - sklo	1,62	0,81
Stálé - panel	0,552	0,276
Sníh	3,36	1,68
Polovina sněhu	1,68	0,84
Vl. tíha vaznice	0,188	0,188

Síly od okapové vaznice

G_{max} a plný sníh

$$F_1 = 0,81 * 4 + 0,276 * 4 + 1,68 * 8 + 0,188 * 8 = 19,288 \text{ kN}$$

G_{max} a polovina sněhu

$$F_2 = 0,81 * 4 + 0,276 * 4 + 0,84 * 8 + 0,188 * 8 = 12,568 \text{ kN}$$

Síly od běžné vaznice

G_{max} a plný sníh

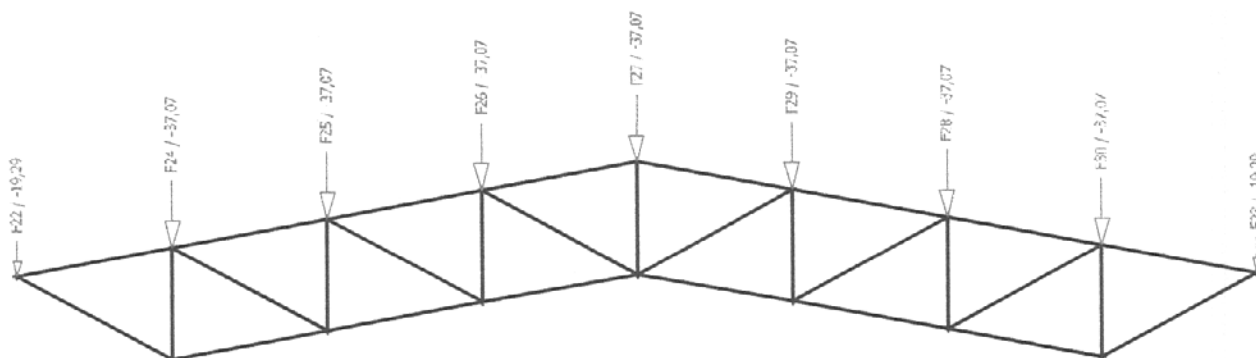
$$F_3 = 1,62 * 4 + 0,552 * 4 + 3,36 * 8 + 0,188 * 8 = 37,072 \text{ kN}$$

G_{max} a polovina sněhu

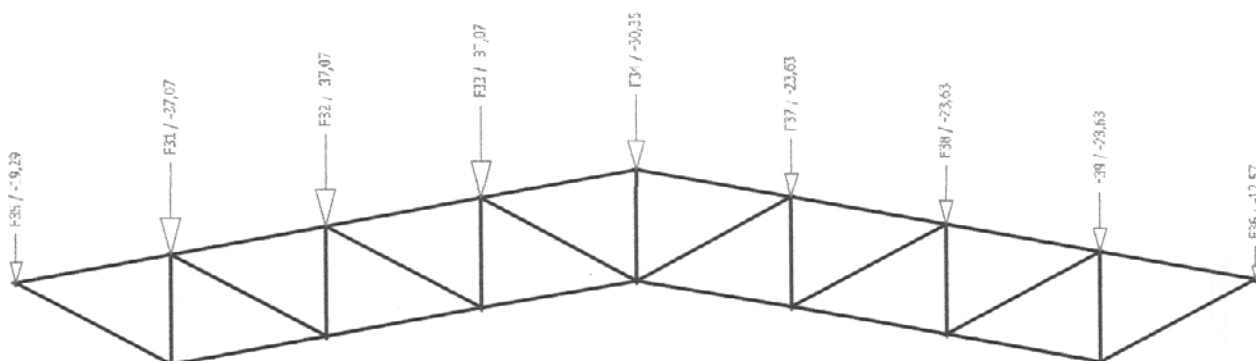
$$F_4 = 1,62 * 4 + 0,552 * 4 + 1,68 * 8 + 0,188 * 8 = 23,632 \text{ kN}$$



Kombinace G + S_{max}



Kombinace G + S_{0,5}



4.2.2. Výpočet kombinace G_{min} + W_{sání}

Bude zapotřebí vzít v úvahu první a třetí příčnou vazbu pro $\theta = 0^\circ$ a první, druhou a třetí pro $\theta = 90^\circ$. První je zatížena těžším zastřešením a působí na ní větší sání větru. Třetí vazba je zatížena lehčím střešním pláštěm (PUR panely) a menším sáním větru.

	Návrhová zatížení na vaznci [kN/m]	Návrhová zatížení na okapovou vaznci [kN/m]
Stálé - sklo	1,62	0,81
Stálé - panel	0,552	0,276
Vítr _{θ=0°} (F)	-5,977	-2,9885
Vítr _{θ=0°} (G)	-4,217	-2,1085
Vítr _{θ=0°} (H)	-2,1096	-1,0548
Vítr _{θ=0°} (J ₁)	-2,1096	-1,0548
Vítr _{θ=0°} (J ₂)	0,702	0,351
Vítr _{θ=0°} (I)	-2,1096	-1,0548
Vítr _{θ=90°} (F)	-6,327	-3,1635
Vítr _{θ=90°} (G)	-4,57	-2,285
Vítr _{θ=90°} (H)	-2,457	-1,2285
Vítr _{θ=90°} (I)	-2,1096	-1,0548
VI. Tíha vaznice	0,188	0,188



4.2.2. Výpočet kombinace $G_{\min} + W_{\text{sání}}$

1) První příčná vazba - $\theta=0^\circ$

Zatěžovací šířka je rovna polovině rozpětí vaznice = 4m

Síly na vazníku - index odpovídá pořadí uzlu

$$F_1 = 0,81 * 4 - 2,989 * 4 + 0,188 * 4 = -7,964 \text{ kN}$$

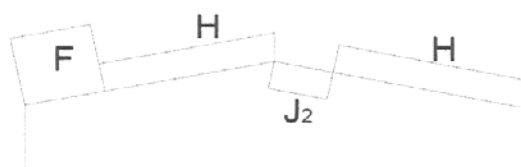
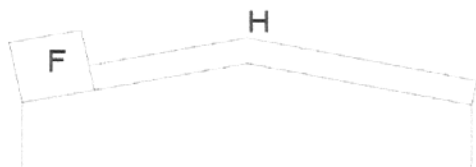
$$F_{2,3,4} = 1,62 * 4 - 2,109 * 4 + 0,188 * 4 = -1,204 \text{ kN}$$

$$F_{5,1} = 1,62 * 4 - 2,109 * 4 + 0,188 * 4 = -1,204 \text{ kN} \quad \dots 2 \text{ rozdílné síly pro } J_1 \text{ a } J_2$$

$$F_{5,2} = 1,62 * 4 - 1,055 * 4 + 0,351 * 4 + 0,188 * 4 = 4,416 \text{ kN}$$

$$F_{6,7,8} = 1,62 * 4 - 2,109 * 4 + 0,188 * 4 = -1,204 \text{ kN}$$

$$F_9 = 0,81 * 4 - 1,055 * 4 + 0,188 * 4 = -0,228 \text{ kN}$$



2) Třetí příčná vazba - $\theta=0^\circ$

Zatěžovací šířka je rovna rozpětí vaznice = 8m

$$F_1 = 0,276 * 8 - 2,109 * 8 + 0,188 * 8 = -13,16 \text{ kN}$$

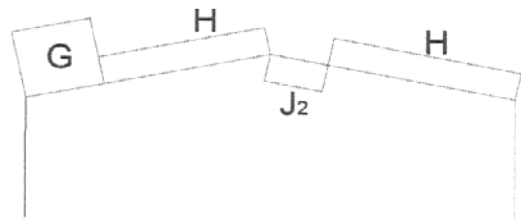
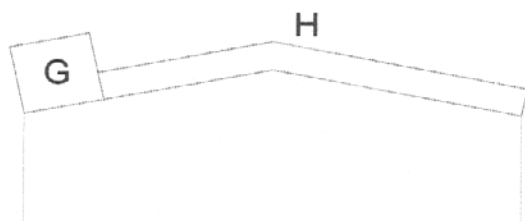
$$F_{2,3,4} = 0,552 * 8 - 2,109 * 8 + 0,188 * 8 = -10,952 \text{ kN}$$

$$F_{5,1} = 0,552 * 8 - 2,109 * 8 + 0,188 * 8 = -10,952 \text{ kN} \quad \dots 2 \text{ rozdílné síly pro } J_1 \text{ a } J_2$$

$$F_{5,2} = 0,552 * 8 - 1,055 * 8 + 0,351 * 8 + 0,188 * 8 = 0,288 \text{ kN}$$

$$F_{6,7,8} = 0,552 * 8 - 2,109 * 8 + 0,188 * 8 = -10,952 \text{ kN}$$

$$F_9 = 0,276 * 8 - 1,055 * 8 + 0,188 * 8 = -4,728 \text{ kN}$$



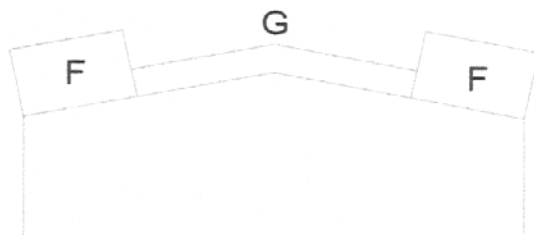
3) První příčná vazba - $\theta=90^\circ$

Zatěžovací šířka je rovna polovině rozpětí vaznice = 4m

$$F_{1,9} = 0,81 * 4 - 3,164 * 2 - 1,229 * 2 + 0,188 * 4 = -4,794 \text{ kN}$$

$$F_{2,8} = 1,62 * 4 - 6,327 * 2 - 2,247 * 2 + 0,188 * 4 = -9,936 \text{ kN}$$

$$F_{3,4,5,6,7} = 1,62 * 4 - 4,57 * 2 - 2,247 * 2 + 0,188 * 4 = -6,422 \text{ kN}$$



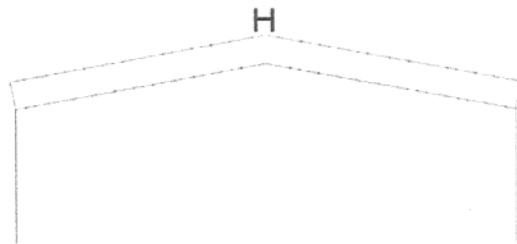


4) Druhá příčná vazba - $\theta=90^\circ$

Zatěžovací šířka je rovna rozpětí vaznice = 8m

$$F_{1,9} = 0,81 * 4 + 0,276 * 4 - 1,0548 * 2 - 1,229 * 6 + 0,188 * 8 = -3,635 \text{ kN}$$

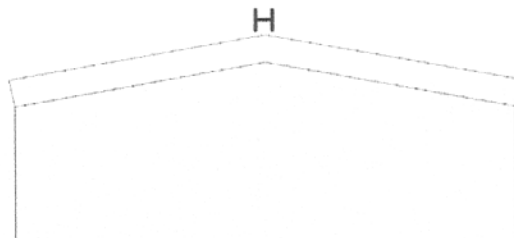
$$F_{2,3,4,5,6,7,8} = 1,62 * 4 + 0,552 * 4 - 2,109 * 2 - 2,457 * 6 + 0,188 * 8 = -8,768 \text{ kN}$$



5) Třetí příčná vazba - $\theta=90^\circ$

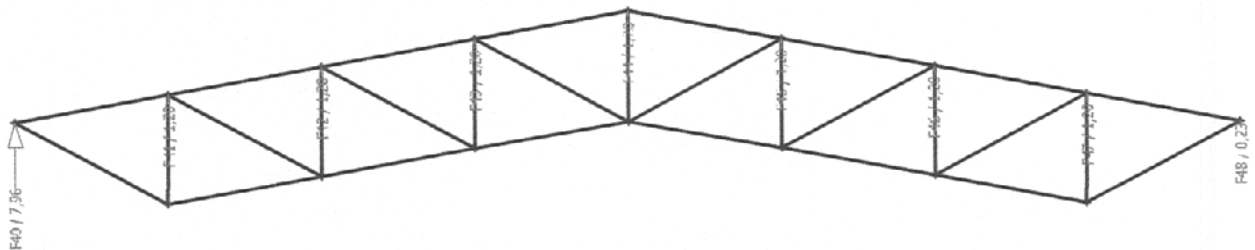
$$F_{1,9} = 0,276 * 8 - 1,0548 * 8 + 0,188 * 8 = -4,7264 \text{ kN}$$

$$F_{2,3,4,5,6,7,8} = 0,552 * 8 - 2,1096 * 8 + 0,188 * 8 = -10,957 \text{ kN}$$

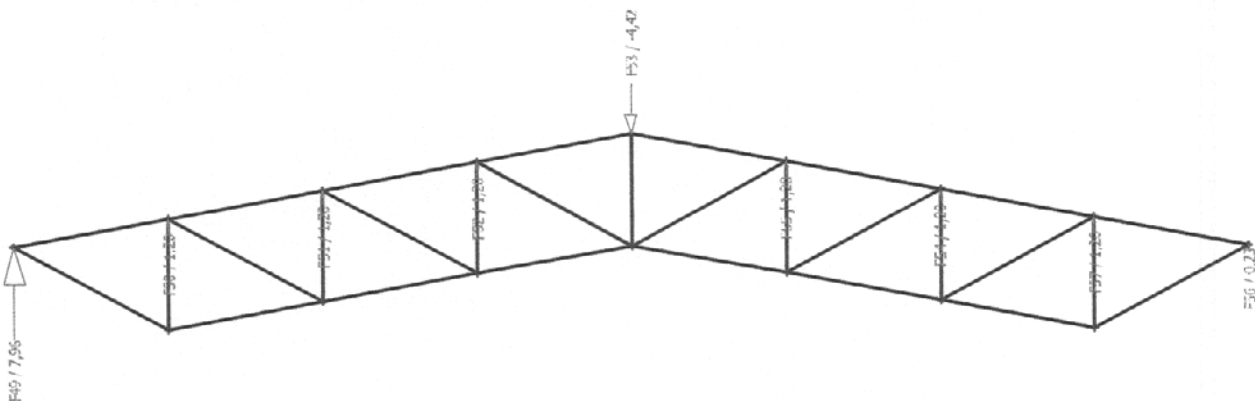


4.2.3. Zatížení $G_{\min} + W_{\text{sání}}$

1) První příčná vazba - $\theta=0^\circ$ - Oblast J sání

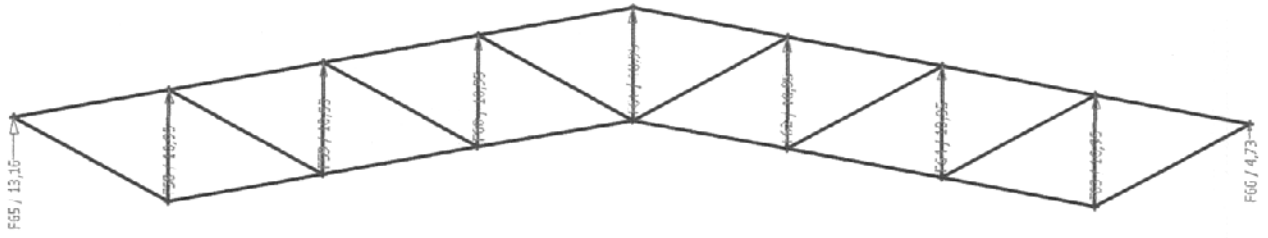


2) První příčná vazba - $\theta=0^\circ$ - Oblast J tlak

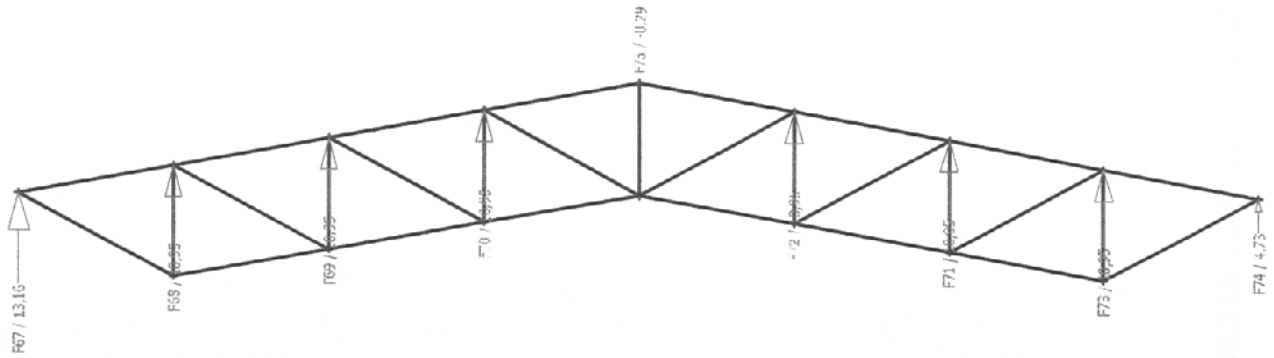




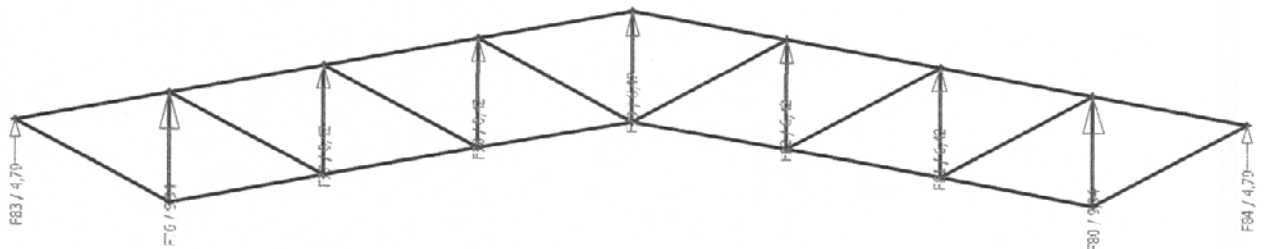
3) Třetí příčná vazba - $\theta=0^\circ$ - Oblast J sání



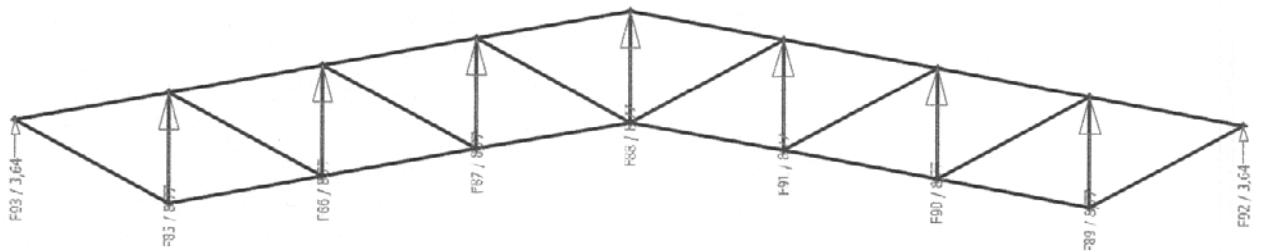
4) Třetí příčná vazba - $\theta=0^\circ$ - Oblast J tlak



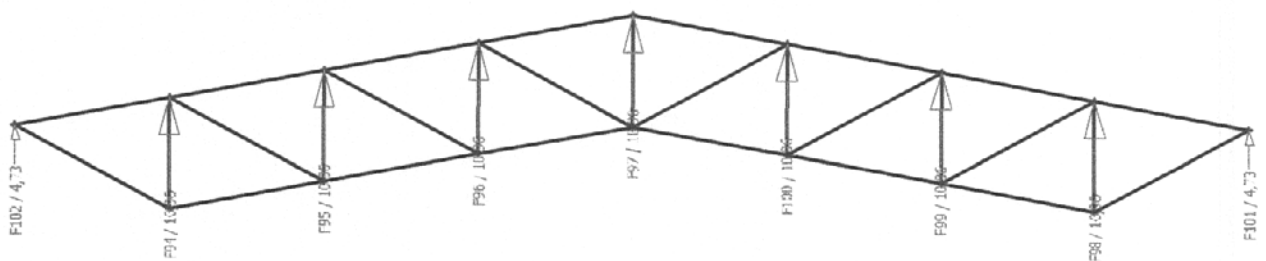
5) První příčná vazba - $\theta=90^\circ$



6) Druhá příčná vazba - $\theta=90^\circ$



7) Třetí příčná vazba - $\theta=90^\circ$





4.3. Posouzení vazníku

4.3.1. Posouzení prutů

Posouzení prutů bude provedeno v tab.. Působící normálové síly jsou převzaty z obr. [13] a obr. [21] - viz přílohy

Prut	$N_{ed(tah)}$ kN	Profil d x t	A mm ²	i mm	f_y MPa	$N_{t,Rd}$ kN	$N_{ed}/N_{t,Rd}$	
S	371,11	168 x 4,5	2311	57,8	355	820,405	0,45235	<1,0
H	94,08	114x5,6	1907	38,4	355	676,985	0,138969	<1,0
D ₁	197,9	63,5 x 4,5	834	20,9	355	296,07	0,668423	<1,0
D ₂	141,67	63,5 x 4,5	834	20,9	355	296,07	0,478502	<1,0
D ₃	84,95	48,3 x 4,5	619	15,6	355	219,745	0,386584	<1,0
D ₄	28,35	48,3 x 4,5	619	15,6	355	219,745	0,129013	<1,0
V ₁	33,14	70 x 4,5	926	23,2	355	328,73	0,100812	<1,0
V ₂	24,05	70 x 4,5	926	23,2	355	328,73	0,07316	<1,0
V ₃	14,84	51 x 5,0	723	16,4	355	256,665	0,057819	<1,0
V ₄	119,56	51 x 5,0	723	16,4	355	256,665	0,465821	<1,0

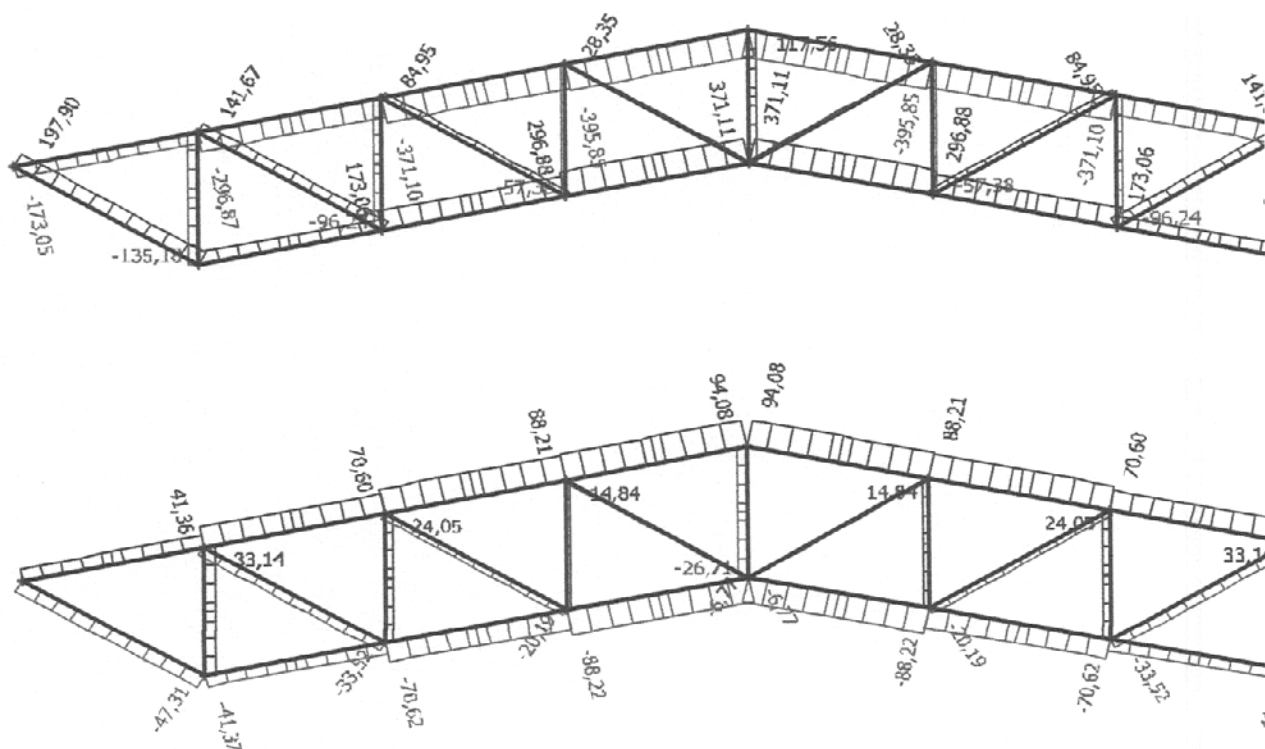
Veličiny v tabulce jsou vypočteny pomocí následujících vztahů:

Tah: $N_{t,Rd} = A * f_{yd}$

Tlak: $\lambda = \frac{L_{cr}}{i}$ $\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{\lambda}{93,9} * \sqrt{\frac{f_y}{235}}$

Návrhová pevnost oceli S355:

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{355}{1,0} = 355 \text{ MPa}$$

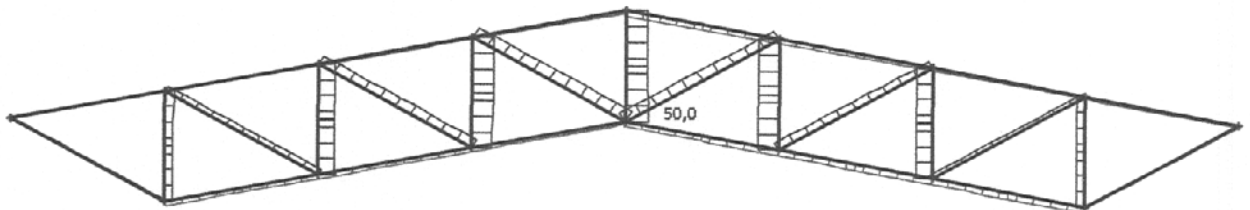




Prut	N_{ed} (tlak) kN	Profil d x t	$L_{teor.}$ mm	L_{cr}/L -	L_{cr} mm	λ	λ_{rel}	χ	$N_{b,Rd}$ kN	$N_{ed}/N_{b,Rd}$	
S	88,22	168 x 4,5	12000	1	12000	207,61	2,7175	0,125	102,6	0,86026	<1,0
H	395,85	114 x 5,6	3059	0,9	2753	79,661	1,0427	0,638	431,9	0,9165	<1,0
D ₁	47,31	63,5 x 4,5	3499	0,75	2624	167,42	2,1914	0,188	55,66	0,84996	<1,0
D ₂	33,52	63,5 x 4,5	3499	0,75	2624	167,42	2,1914	0,188	55,66	0,60222	<1,0
D ₃	20,19	48,5 x 4,5	3499	0,75	2624	224,29	2,9359	0,108	23,73	0,85073	<1,0
D ₄	6,77	48,5 x 4,5	3499	0,75	2624	224,29	2,9359	0,108	23,73	0,28526	<1,0
V ₁	135,18	70 x 4,5	2400	0,75	1800	103,45	1,3541	0,443	145,6	0,92826	<1,0
V ₂	96,24	70 x 4,5	2400	0,75	1800	103,45	1,3541	0,443	145,6	0,66086	<1,0
V ₃	57,38	51 x 5,0	2400	0,75	1800	146,34	1,9155	0,24	61,6	0,9315	<1,0
V ₄	26,71	51 x 5,0	2400	0,75	1800	146,34	1,9155	0,24	61,6	0,43361	<1,0

4.3.2. Ověření svislého průhybu vazníku

Maximální průhyb ze softwaru SCIA ingeneer [mm]



$$\delta = 50 \text{ mm} < \delta_{q, lim} = \frac{L}{250} = \frac{24000}{250} = 96 \text{ mm}$$

Konstrukce na průhyb vyhoví



4.3.3. Montážní styk

Horní pás

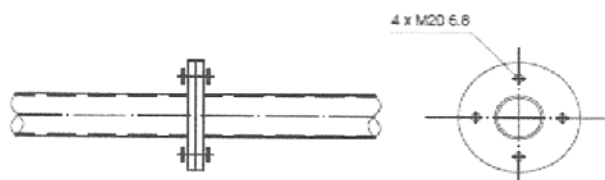
$$N_{\max,Ed} = 395,85 \text{ kN (tlak)}$$

$$N_{\max,Ed} = 94,08 \text{ kN (tah)}$$

Styk navrhují jako konstatní, s opracováním styčných ploch. Je třeba posoudit šrouby na tah s vlivem páčení.

Návrh: 4 x M20 6.8

únosnost šroubu na tah $F_{t,Rd} = 88,2 \text{ kN}$ (viz. Tabulky str. 77)



Nejmenší tloušťka desky, při které nedojde k páčení:

$$t_e = 4,3 * \left(\frac{b * d^2}{a} \right)^{\frac{1}{3}} = 31,92 \text{ mm}$$

$$a \text{ [mm]} \quad 45$$

$$b \text{ [mm]} \quad 46$$

$$d \text{ [mm]} \quad 20$$

$$t \text{ [mm]} \quad 20$$

Součinitel zvětšující působení sílu vlivem páčení

$$\gamma_p = 1 + 0,005 * \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1,31$$

Tah 199,72 kN vyvozuje sílu ve šroubech

$$\gamma_p * N_{t,Ed} = 122,90 \text{ kN} < 4 * F_{t,Rd} = 352,8$$

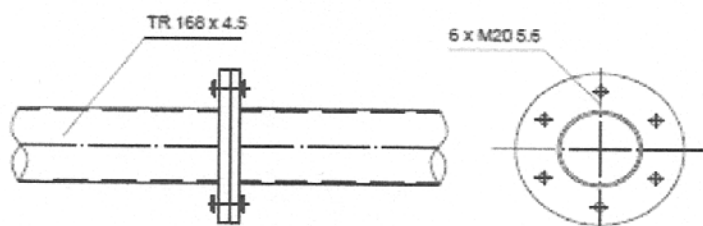
Spodní pás:

$$N_{\max,Ed} = 88,22 \text{ kN (tlak)}$$

$$N_{\max,Ed} = 371,11 \text{ kN (tah)}$$

Návrh: 6 x M20 5.6

únosnost šroubu na tah $F_{t,Rd} = 88,2 \text{ kN}$ (viz. Tabulky str. 77)



Nejmenší tloušťka desky, při které nedojde k páčení:

$$t_e = 4,3 * \left(\frac{b * d^2}{a} \right)^{\frac{1}{3}} = 32,95 \text{ mm}$$

$$a \text{ [mm]} \quad 40$$

$$b \text{ [mm]} \quad 45$$

$$d \text{ [mm]} \quad 20$$

$$t \text{ [mm]} \quad 20$$

Součinitel zvětšující působení sílu vlivem páčení

$$\gamma_p = 1 + 0,005 * \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1,35$$

Tah 372,2 kN vyvozuje sílu ve šroubech

$$\gamma_p * N_{t,Ed} = 499,97 \text{ kN} < 6 * F_{t,Rd} = 529,20$$

Šrouby vyhoví



Svar trubky k čelní desce

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{N_d}{a * l} = 108 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \quad 216 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{Mw}} = 453 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví



5. Sloup

5.1. Předběžný odhad profilu sloupu

$$w_{k,mean} = \frac{(w_1 + w_2)}{2} = \frac{0,55 * 8 + 0,23 * 8}{2} = 3,12 \text{ kNm}^{-1}$$

$$\frac{w_{k,mean} * H^4}{8 * EI_y} \leq \frac{H}{150}$$

$$I_y \geq \frac{150 * w_{k,mean} * H^3}{8 * E} \geq \frac{150 * 3,12 * 7600^3}{8 * 210\,000} = 122,29 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Návrh sloupu: HEA 280	A [mm ²]	9726
	I _y [mm ⁴]	136700000

5.2. Mezní stav použitelnosti

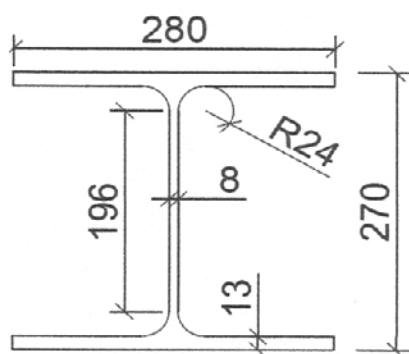
$$\delta_{lim} = \frac{h}{150} = 50,7 \text{ mm} \quad \text{viz Přílohy str.}$$

5.3. Mezní stav únosnosti

Vnitřní síly z rozhodující kombinace

M _{Ed} [kNm]	139,85	
N _{Ed} [kNm]	44,85	... v patce
V _{Ed} [kN]	44,2	... v patce

Návrh: Profil HEA 280	Ocel S235	F _{yd} [MPa]	235
	A [mm ²]		9726
	A _{v,z} [mm ²]		3174
	I _y [mm ⁴]		136700000
	W _{pl,y} [mm ³]		1112000
	W _{el,y} [mm ³]		1013000
	i _y [mm]		119
	I _z [mm ⁴]		47630000
	i _z [mm]		70
	I _t [mm ⁴]		621000
	I _w [mm ⁶]		7,854E+11



Posouzení

O únosnosti rozhoduje stabilita prutu. Vliv smyku lze zanedbat.

Vzpěrné délky:

Vzpěrná délka v rovině rámu $L_{cr,y} = 2 * 7,6 = 15,2 \text{ m}$ (sloup působí jako konzola)

Vzpěrná délka z roviny rámu $L_{cr,z} = 2,55 \text{ m}$ (vzdálenost pažďíků)

Štíhlosti

→ poměrná štíhlost

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{15200}{119} = 127,7$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{127}{93,9} = 1,36$$



$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{2550}{70} = 36,4$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{36,4}{93,9} = 0,388$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9$$

Součinitele vzpěrnosti:

$$\chi_y = \chi_{min} = 0,438 \quad \text{pro křivku vzpěrné pevnosti b (podle[4])}$$

$$\chi_z = \chi_{min} = 0,93 \quad \text{pro křivku vzpěrné pevnosti c (podle[4])}$$

Určení kritického momentu M_{cr}

$L = 7600$ mm (výška sloupu, protože tlačená pásnice je v příčném směru podepřena v patce a ve vrcholu)

$k_z = 1,0$ (na obou koncích úseku prutu o délce L je možné natočení průřezu okolo y menší tuhosti z)

$k_w = 0,7$ (v patce je přivařený podélnými výztuhami - bráněno deplanaci, v uložení vazníků je deplanace volná)

Průběh momentu po délce prutu si zjednodušeně představíme jako trojúhelníkový. Z [5], tab. 1.4 je pro $k_z = 1,0$

$$C_{1,0} = 1,77$$

$$C_{1,1} = 1,85$$

Výpočet (podle postupu ve skriptech [5], oddíl 1.3.2):

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w * L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{\pi}{0,7 * 7600} \sqrt{\frac{210000 * 785 * 10^9}{81000 * 621 * 10^3}} = 1,069 \gg 1,0$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) * \kappa_{wt} = 1,77 + (1,85 - 1,77) * 1,0 = 1,85 \leq C_{1,1} = 1,85$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \sqrt{1 + \kappa_{wt}^2} = \frac{1,85}{1,0} \sqrt{1 + 1^2} = 2,616$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_y * GI_t}}{L} = 2,616 \frac{\pi \sqrt{210000 * 1367 * 621 * 10^8}}{7600} = 1299,0 \text{ kNm}$$

Poměrná štíhlost (pro průřez třídy 1 nebo 2 s plastickým průřezovým modulem)

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1112 * 10^3 * 235}{1299 * 10^6}} = 0,201$$

Součinitel klopení χ_{LT} pro křivku vzpěrné pevnosti a (válcovaný nosník, $h/b < 2$):

$$\chi_{LT} = 0,999$$

Interakce tlaku s ohybem

Vliv osové síly na zvětšení ohybového momentu a vliv tvaru momentové plochy

Při geometrickém vyjádření vzpěrné délky konzoly leží bod vetknutí v polovině vzpěrné délky. Tvar momentu pro určení součinitele C_{my} tedy odpovídá obrázku:



Součinitel C_{my} se určí pro výše uvedený průběh momentů na délce $L_{cr,y}$:

$$\alpha_h = M_h/M_s = 0$$

$$C_{my} = 0,90 + 0,10 * \alpha_h = 0,90 + 0,0 = 0,90$$

Součinitel C_{mLT} se určí pro stejný průběh momentů, jaký byl uvažován pro výpočet M_{cr} .

Pro zjednodušeně lineární průběh momentů platí:

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 * 0 = 0,6$$

kde ψ je poměr krajních momentů ($-1 \leq \psi \leq 1$)

Interakční součinitele k_{yy} , k_{zy} se určí pro pruty, které jsou náchylné ke zkroucení, a pro třídu průřezu 1.

$$k_{yy} = \min \left\{ \frac{C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right)}{C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right)} \right\} =$$

$$= \min \left\{ \frac{0,90 \left(1 + (1,36 - 0,2) \frac{44,85}{0,438 * 9726 * 235/1,0} \right)}{0,90 \left(1 + 0,8 \frac{44,85}{0,438 * 9726 * 235/1,0} \right)} \right\} = \min \left\{ \frac{0,754}{0,799} \right\} = 0,754$$

Pro $\bar{\lambda}_z = >$:

$$k_{zy} = \max \left\{ \frac{1 - \frac{0,1\bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0,25} \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right)}{1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right)} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \frac{1 - \frac{0,1 * 0,388}{0,6 - 0,25} \left(\frac{44,85}{0,438 * 9726 * 235/1,0} \right)}{1 - \frac{0,1}{0,6 - 0,25} \left(\frac{44,85}{0,438 * 9726 * 235/1,0} \right)} \right\} = \max \left\{ \frac{1,007}{1,019} \right\} = 1,019$$

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}} = \frac{44,85}{0,438 * 9726 * 235/1,0} + 0,754 \frac{139,85}{0,99 * 1112 * 10^3 * 235/1,0} =$$

$$= 0,045 + 0,404 = 0,449 < 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}} = \frac{44,85}{0,93 * 9726 * 235/1,0} + 1,019 \frac{139,85}{0,99 * 1112 * 10^3 * 235/1,0} =$$

$$= 0,021 + 0,535 = 0,557 < 1$$



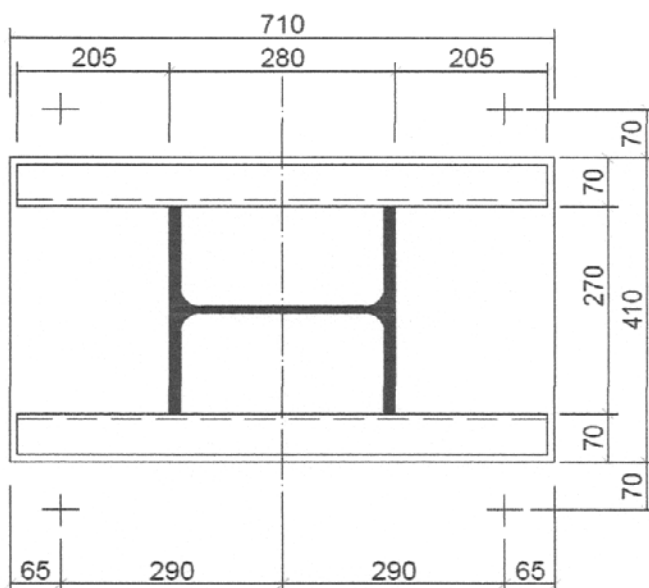
6. Patka sloupu - Hala I.

Patka je vetknutá. Posoudí se na 2 kombinace zatížení:

a) kombinaci s největším momentem a současně působící velkou tlakovou silou

b) kombinace s největším poměrem M_{ed}/N_{ed} , případně tahovou normálovou silou

	Levý sloup			Pravý sloup		
	$V_{ed} = R_y$	$N_{ed} = R_z$	M_{ed}	$V_{ed} = R_y$	$N_{ed} = R_z$	M_{ed}
	kN	kN	kNm	kN	kN	kNm
CO1	25,2	129,23	78,26	17,76	135,05	75,85
CO2	44,2	44,85	139,85	27,4	54,55	117,01
CO3	45,53	-56,08	144,7	26,26	-46,39	112,16
CO4	34,6	-55,37	50,4	34,6	-55,37	50,4



Geometrie:

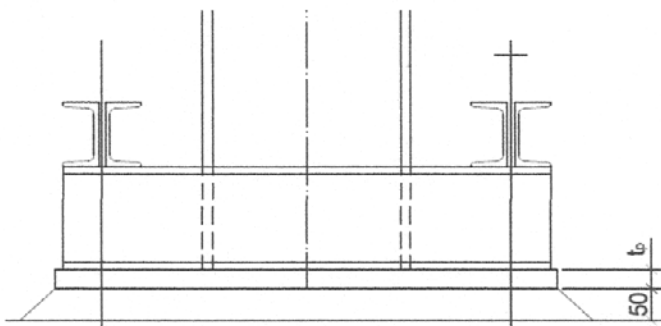
Geometrie ocelové patky:

a [mm]	750
b [mm]	420
t_p [mm]	30 ...patní plech
r_t [mm]	290

Beton C16/20 f_{ck} [MPa] 16

γ_c [-] 1,5

Výška podlití má být větší než 0,1 násobek menšího z půdorysných rozměrů patky, tj. 42. Volíme 50 mm.



Rozměry betonové patky:

půdorysně:

a_c [mm]	2000
b_c [mm]	1200
výška:	
h [mm]	720

Započitatelné rozměry betonové patky

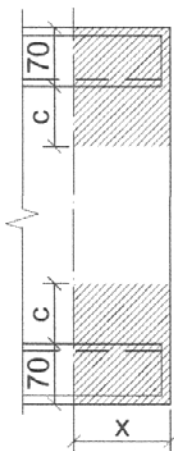
$$a_1 = \min(a_c, 3a, a + h) = \min(2000, 3 \cdot 750, 750 + 720) = 1470 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(b_c, 3b, b + h) = \min(1200, 3 \cdot 420, 420 + 720) = 1140 \text{ mm}$$



Součinitel koncentrace napětí $k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a * b}} = \sqrt{\frac{1430 * 1130}{750 * 420}} = 2,31$

Návrhová pevnost betonu $f_{jd} = \frac{2 * k_j * f_{ck}}{3 * \gamma_c} = \frac{2 * 2,31 * 16}{3 * 1,5} = 16,40 \text{ MPa}$



Přesah desky

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_{yd}}{3f_{jd}}} = 30 \sqrt{\frac{235}{3 * 16,40}} = 65,56 \text{ mm}$$

Účinná šířka patního plechu (viz obr.)

$$b_{eff} = 2 * 70 + 2 * c = 2 * 70 + 2 * 65,56 = 271,1 \text{ mm}$$

		CO1	CO2	CO3	CO4
M_{Ed}	kNm	62,30	139,85	144,70	50,40
N_{Ed}	kN	209,33	44,85	-56,08	-55,37
e	mm	298	3118	-2580	-910
x_1	mm	1287	1281	1279	1313
$x_2 = x$	mm	43	49	49	17
N_c	kN	191,15	218,36	219,23	76,79
T	kN	-18,18	173,51	275,31	132,16

Veličiny uvedené v tabulce:

- excentricita působíště normálové síly

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

- x je délka tlačené oblasti pod patním plechem, určí se z momentové podmínky rovnováhy k působíšti šroubů, viz obr. :

$$N_{Ed}(e + r_1) = N_c \left(r_1 + \frac{a}{2} - \frac{x}{2} \right)$$

$$\text{kde } N_c = b_{eff} * x * f_{jd}$$

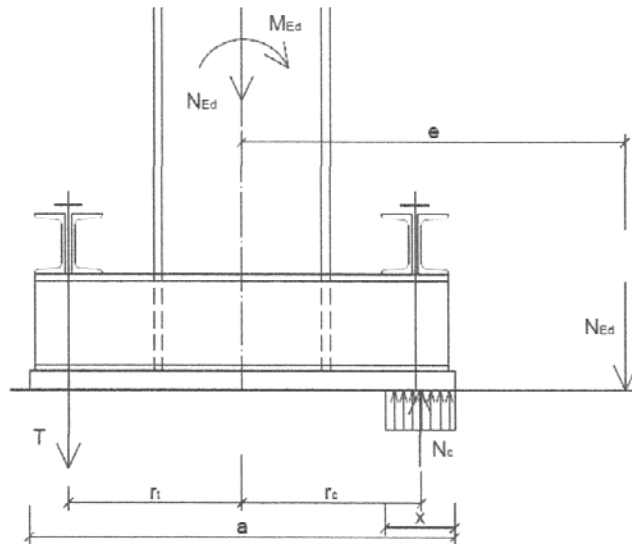
Z těchto dvou rovnic se získá kvadratická rovnice pro x :

$$b_{eff} f_{jd} x^2 - b_{eff} f_{jd} (2r_t + a)x + 2N_{Ed}(e + r_t) = 0$$

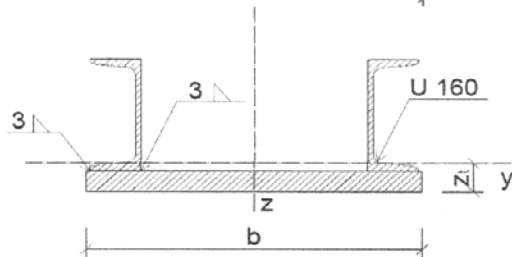
x_1, x_2 jsou kořeny kvadratické rovnice, fyzikální smysl má kořen x_2

- Síla do kotevních šroubů vyplýne ze svislé podmínky rovnováhy:

$$T = N_c - N_{Ed}$$



Průřez patky



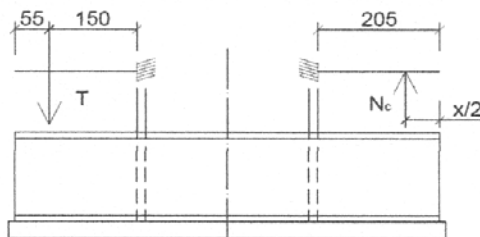
Patní plech:		30	x	420	mm
Výztuhy 2x U160	A	4800 mm ²			
	I _y	1,9E+07 mm ⁴			
	A _{vz}	2520 mm ²			

Svařený průřez:

$$A = 30 \cdot 420 + 4800 = 17400 \text{ mm}^2$$

$$z_T = \frac{\sum A_j z_j}{A} = \frac{30 \cdot 420 \cdot 15 + 4800 \cdot (80 + 30)}{17100} = 41,21 \text{ mm}$$

$$I_y = \frac{30^3 \cdot 420}{12} + 30 \cdot 420 \cdot (41,21 - 15)^2 + 2 \cdot 9,25 \cdot 10^6 + 4800 \cdot (160/2 + 30 - 41,21)^2 = 5,08E+07 \text{ mm}^4$$



Průřez patky působí jak konzola namáhaná silou ve šroubech T nebo silou mezi betonem a ocelí N_c, viz obrázek. Posoudí se na kombinaci ohybu a smyku:

- tlačaná strana patky - rozhoduje CO3

$$M_p = N_c \left(b_{eff} - \frac{x}{2} \right) = 226,25 \left(271,1 - \frac{51}{2} \right) = 54,73 \text{ kNm}$$

$$V_p = N_c = 219,23 \text{ kN}$$

- tažená strana patky - rozhoduje CO3

$$M_l = T \cdot 0,155 = 282,33 \cdot 0,155 = 42,67 \text{ kNm}$$

$$V_l = T = 275,31 \text{ kN}$$



Protože průřez není symetrický okolo osy y , není možné použít zjednodušený vztah. Výpočet s využitím plastických únosností by byl pracný a proto průřez posoudím pružně.

$$W_{y,h} = \frac{5,08 \cdot 10^7}{160 + 30 - 41,21} = 341512,17 \text{ mm}^3$$

$$W_{y,d} = \frac{5,08 \cdot 10^7}{41,21} = 1233159 \text{ mm}^3$$

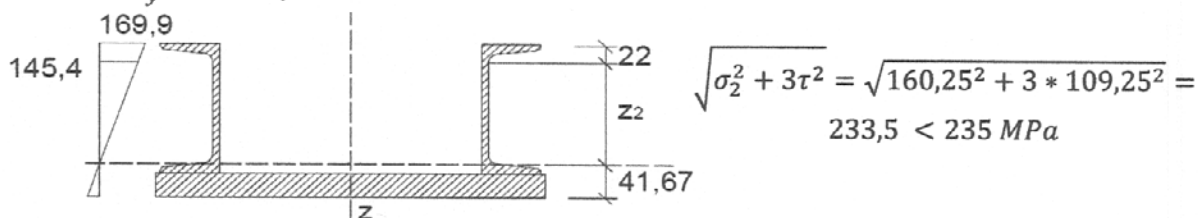
$$\sigma_{h,max} = \frac{M_{max}}{W_{y,h}} = \frac{54,73 \cdot 10^6}{341512} = 160,25 \text{ MPa} < f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} \cong \frac{V_{max}}{A_{vz}} = \frac{275,31}{2520} = 109,25 \text{ MPa} < \frac{235}{\sqrt{3}} = 135,7 \text{ MPa}$$

Protože 109,25 MPa je větší než $0,5 \cdot 135,7 \text{ MPa}$ je potřeba posoudit kombinaci $M + V$.

Normálové napětí v bodě 2 (viz obrázek průřezu)

$$\sigma_2 = \frac{M_{max}}{I_y} Z_2 = \frac{54,73 \cdot 10^6}{5,08 \cdot 10^7} (190 - 41,21 - 22) = 136,75 \text{ MPa}$$



Připojení podélných výztuh k patnímu plechu

Návrh: Koutové svary $a = 3 \text{ mm}$, dva svary na jednu výztuhu U160

Svare jsou namáhány podélným smykem silou V_p od ohybu průřezu patky (viz výše) a současně do patního plechu přenášejí reakce sloupu M_{Ed} , N_{Ed} a V_{Ed} . Posouzení je třeba provést v lici sloupu, kde se projeví vliv síly V_p (řez 1-1), a na konci patky, kde je větší vliv momentu M_{Ed} (řez 2-2) - Rozhoduje levý sloup při CO1, kde působí největší síla V_p a současně největší moment M_{Ed} :

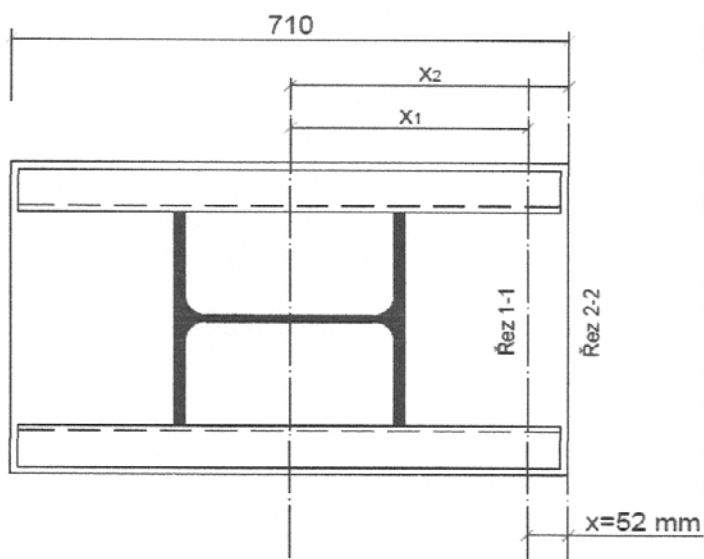
N_{Ed} [kN]	56,08
M_{Ed} [kNm]	144,70
V_{Ed} [kN]	45,53
V_p [kN]	219,23

Napětí ve svarech:

$$\tau_{||} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + \frac{V_p S_{f,y}}{I_y 4 a_{we}}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed}}{I_y} x_i$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sigma_{we} / \sqrt{2}$$

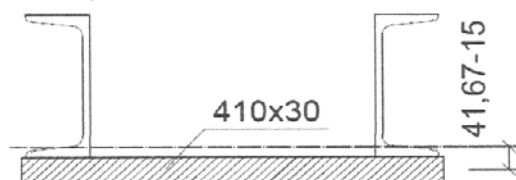


kde $A_{we} = 4 \cdot 3 \cdot 730 = 8280 \text{ mm}^2$

$$I_{we} = \frac{4 \cdot 3}{12} \cdot 730^3 = 389017000 \text{ mm}^4$$



statický moment k rovině svaru



$$S_{f,y} = 420 \cdot 30 \cdot (41,21 - 15) = 330206,9 \text{ mm}^3$$

Řez 1 - 1

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + \frac{V_p S_{f,y}}{I_y 4 a_{we}} = \frac{45,53}{8280} + \frac{219230 \cdot 330207}{5,08 \cdot 10^7 \cdot 4 \cdot 3} = 124,22 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed}}{I_{we}} x_i = \frac{56,08}{8280} + \frac{144,7}{389,0 \cdot 10^6} \cdot 326 = 119,48 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = 119,5 / \sqrt{2} = 84,48 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{119,5^2 + 3(119,5^2 + 124,22^2)} = 273,57 \text{ MPa}$$

$$\leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Řez 2 - 2

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + 0 = \frac{45,53}{8280} = 5,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed}}{I_w} x_i = \frac{56,08}{8280} + \frac{144,7}{389 \cdot 10^6} \cdot 355 = 170,44 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{170,44}{\sqrt{2}} = 120,52 \text{ MPa}$$

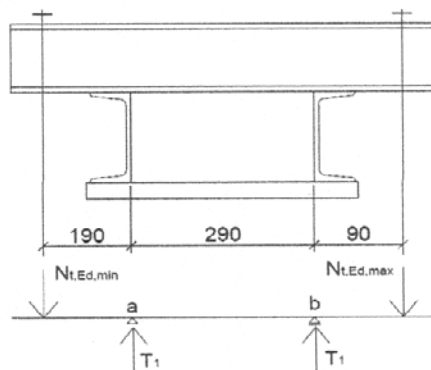
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{120,5^2 + 3(120,5^2 + 5,5^2)} = 241,22 \text{ MPa}$$

$$\leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Svary podélných výtuh k patnímu plechu vyhoví.

Kotevní šrouby

Při určení sil do jednoho šroubu musím vzít v úvahu toleranci osazení šroubu, kterou uvažuji +/- 50 mm. Největší sílu do šroubu $N_{t,Ed,max}$ určím z momentové podmínky k působišti síly $N_{t,Ed,min}$. Rozhoduje kombinace s největší silou do kotevních šroubů T - CO3



$$T_1 = \frac{T_{max}}{2} = \frac{275,3}{2} = 137,66 \text{ kN}$$



Určení působíště síly $N_{t,Ed,min}$ z momentové podmínky rovnováhy:

$$N_{t,Ed,max} = \frac{137,7 * (190 + 460)}{560} = 159,8 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed,min} = 275,3 - 159,8 = 115,5 \text{ kN}$$

Návrh: M36 x 3 $A_s = 865 \text{ mm}^2$, průměr dřívku $D = 40 \text{ mm}$

Porušení v místě řezaného závitu: ... Rozhoduje

$$F_{t,Rd} = 0,85 \frac{0,9 A_s f_u}{\gamma_{M2}} = 0,85 \frac{0,9 * 865 * 360}{1,25} = 190,6 \text{ kN} > 159,8 \text{ kN}$$

porušení v místě dřívku:

$$F_{t,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1256 * 235}{1,0} = 295 \text{ kN} > 159,8 \text{ kN}$$

Kotevní příčník

Statické schéma kotevního příčníku je patrné ze statického schématu zatížení kotevních šroubů.

$$M_{a,d} = 159,8 * 0,09 = 14,38 \text{ kNm}$$

$$V_{a,d} = 159,8 \text{ kN}$$

$$M_{b,d} = 115,5 * 0,19 = 21,95 \text{ kNm}$$

$$V_{b,d} = 115,5 \text{ kN}$$

Návrh : 2x U 120	$W_{pl,y} [\text{mm}^3]$	145200
	$A_{v,z} [\text{mm}^2]$	1870

Posouzení:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} * f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{1870 * 235}{\sqrt{3}} = 253,72 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} * f_{yd} = 145200 * 235 = 34,12 > M_{Ed,max} = 21,95 \text{ kNm}$$

Průřez a:

$$\rho = \left(\frac{2V_{a,d}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 * 168,2}{253,72} - 1 \right)^2 = 0,11$$

$$M_{V,Rd} = \left(W_{pl} - \frac{\rho A_v^2}{4t_w} \right) = \left(145200 - \frac{0,11 * 1870^2}{4 * 6} \right) = 140,99 \text{ kNm}$$

$> M_{Ed,max} = 21,95 \text{ kNm}$

Průřez b:

$$\rho = \left(\frac{2V_{b,d}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 * 121,2}{253,72} - 1 \right)^2 = 0,002$$

$$M_{V,Rd} = \left(W_{pl} - \frac{\rho A_v^2}{4t_w} \right) = \left(145200 - \frac{0,002 * 1870^2}{4 * 6} \right) = 144,70 \text{ kNm}$$

$> M_{Ed,max} = 21,95 \text{ kNm}$



Přenos vodorovné posouvací síly do betonové patky

Rozhodující je kombinace zatížení s největší vodorovnou reakcí při nejmenší svislé tlakové síle ve spáře mezi ocelí a betonem. Rozhoduje tedy CO4, budu posuzovat reakce levého sloupu (tab.):

$$R_{y,Ed} \text{ [kN]} \quad 34,6 \quad (\text{vodorovná reakce})$$

$$N_c \text{ [kN]} \quad 76,79 \quad \text{tlaková síla v spáře mezi ocelí a betonem - viz tab.}$$

Nejdříve posoudím, zda se posouvací síla nepřeneset třením mezi patním plechem a betonem (součinitel tření $\mu = 0,2$).

$$V_{Ed}^{\square} = \mu N_c = 0,2 * 76,79 = 15,36 \text{ kN} < R_{y,Ed} = 34,6 \text{ kN}$$

Tření není dostatečné.

Do tlakové síly ve spáře mezi ocelí a betonem mohou započítat i vliv utažení kotevních šroubů. Předepíšeme předepnutí šroubů při utažení alespoň na sílu $0,15 * A_s * f_{yd}$.

Potom mohu brát v úvahu:

$$N_c' = N_c + 0,15 * A_s f_{yd} = 76,79 + 0,15 * 115,5 = 198,75 \text{ kN}$$

$$V_{Ed}' = 0,2 * 198,8 = 39,75 \text{ kN} > R_{y,Ed} = 34,6 \text{ kN}$$

Pro přenos vodorovné reakce není třeba navrhnout zarážka.



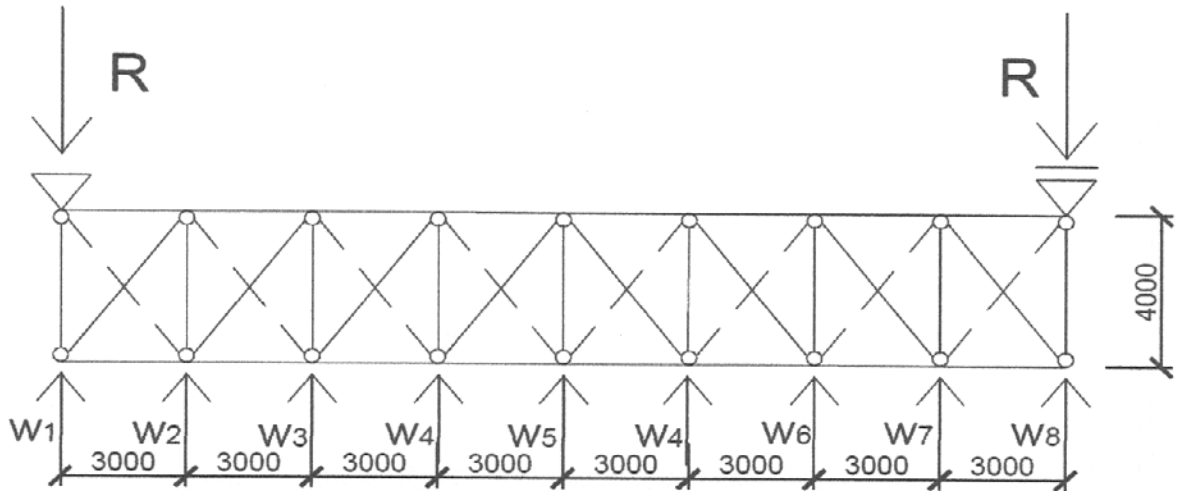
7. Ztužení haly I. a III.

7.1. Příčné ztužidlo ve střešní rovině

7.1.1. GEOMETRIE, ZATÍŽENÍ, VNITŘNÍ SÍLY

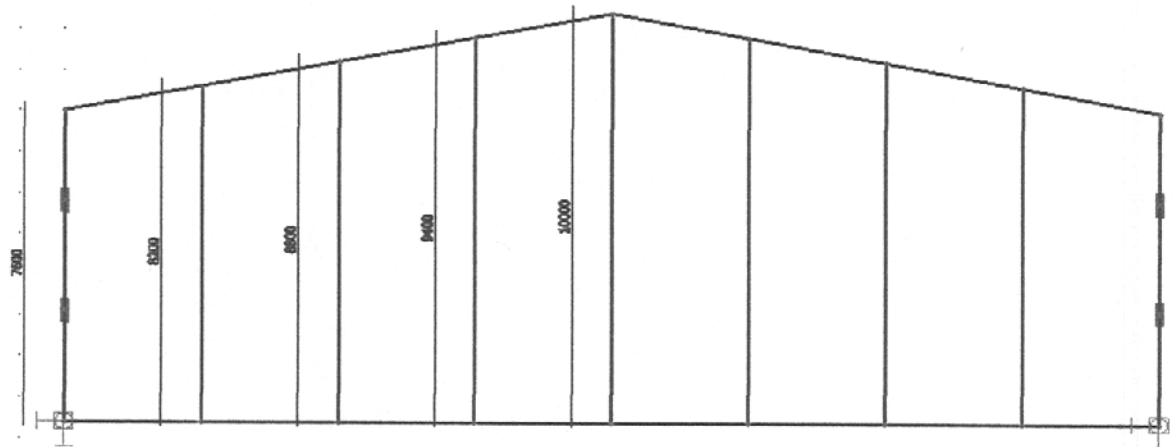
Ve střeše je navrženo 1 příčné ztužidlo, u štítu haly. Zatížení větrem tedy celé přisoudíme krajnímu ztužidlu.

Geometrické schéma



Počítat budu jen s taženými diagonálami, tlačené (ve schématu čárkované) nebudu uvažovat, protože navrhuji pouze táhla.

Schéma sloupku ve štítové stěně



Rozhoduje sání větru při zatížení příčným větrem. Budeme zjednodušeně předpokládat oblast A na 6 metrů (první tři sloupky) a oblast B na zbylých 18 metrů (zbývající sloupky).

Oblast A - $q_w = 0,94 \text{ kN/m}^2$

Oblast B - $q_w = 0,63 \text{ kN/m}^2$



Zatížení od sání větru

$$W_{1,Ed} = 0,94 * 1,5 * 1,5 * 7,6/2 = 8,1 \text{ kN}$$

$$W_{2,Ed} = 0,94 * 1,5 * 3 * 8,2/2 = 17,3 \text{ kN}$$

$$W_{3,Ed} = (0,94 * 1,5 * 1,5 + 0,63 * 1,5 * 1,5) * 8,8/2 = 15,543 \text{ kN}$$

$$W_{4,Ed} = 0,63 * 1,5 * 3 * 9,4/2 = 13,78 \text{ kN}$$

$$W_{5,Ed} = 0,63 * 1,5 * 3 * 10/2 = 14,18 \text{ kN}$$

$$W_{6,Ed} = 0,63 * 1,5 * 3 * 8,8/2 = 12,48 \text{ kN}$$

$$W_{7,Ed} = 0,63 * 1,5 * 3 * 8,2/2 = 11,59 \text{ kN}$$

$$W_{8,Ed} = 0,63 * 1,5 * 1,5 * 7,6/2 = 5,39 \text{ kN}$$

Vnitřní síly

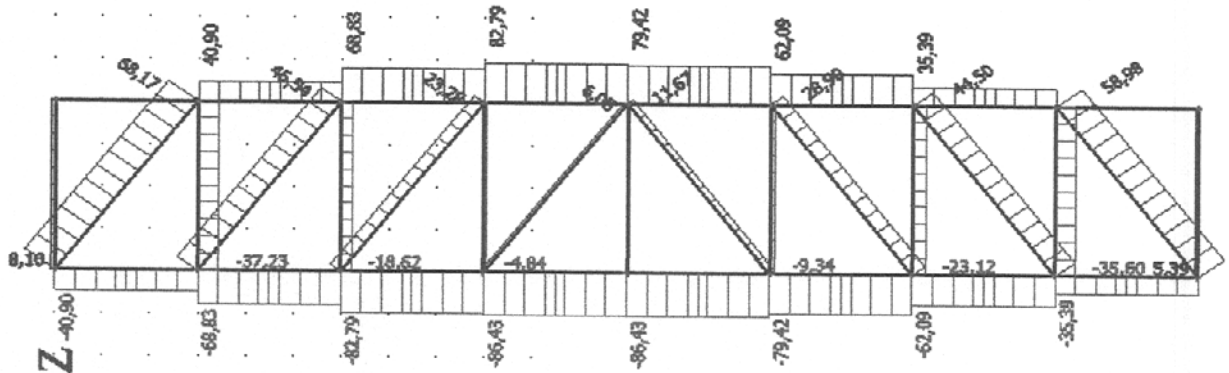
Reakce [kN] 62,63

Diagonála D₁ [kN] 68,17

Pás N_{max} [kN] tah 82,79

Pás N_{max} [kN] tlak 86,43

Svislice [kN] 37,23



Zatížení od max. tlaku větru

$$W_{1+9,Ed} = 0,55 * 1,5 * 1,5 * 7,6/2 = 4,455 \text{ kN}$$

$$W_{2+8,Ed} = 0,55 * 1,5 * 3 * 8,2/2 = 10,15 \text{ kN}$$

$$W_{3+7,Ed} = 0,55 * 1,5 * 3 * 8,8/2 = 10,89 \text{ kN}$$

$$W_{4+6,Ed} = 0,55 * 1,5 * 3 * 9,4/2 = 11,63 \text{ kN}$$

$$W_{5,Ed} = 0,55 * 1,5 * 3 * 10/2 = 12,38 \text{ kN}$$

Vnitřní síly

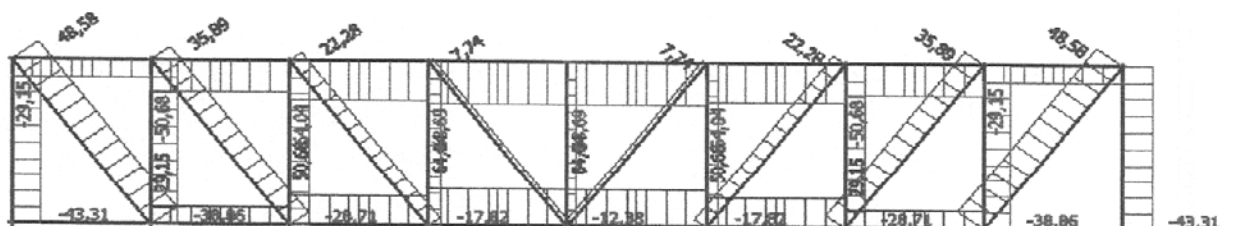
Reakce [kN] 43,31

Diagonála D₁ [kN] 48,58

Pás N_{max} [kN] tah 64,08

Pás N_{max} [kN] tlak 68,89

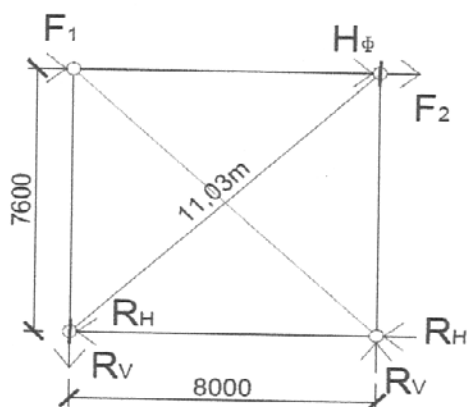
Svislice [kN] 43,31





7.3. Podélné ztužení Hala I a III

7.3.1. Schéma a zatížení



Zatížení větrem na štíty od podélného větru

Návětrná strana při max. Tlaku větru - $F_{1,Ed} = 43,31$ kN (max. Tlak) - Hala I.

Závětrná strana při max. Sání větru $F_{2,Ed} = 52,50$ kN (max. Tah) - Hala II.

Zatížení vlivem rámových imperfekcí - hala I.

Největší síla ve sloupu od zatížení bez vlivu větru (KZ5) - $N_{Ed} = 163,02$ kN)

Součinitele pro vliv výšky a počtu sloupů a počtu podlaží na jednu ztužidlo:

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{7,6}} = 0,725, \text{ pro } \alpha_h \geq \frac{2}{3} \text{ platí } \alpha_h = \frac{2}{3}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 + \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 + \left(1 + \frac{1}{3}\right)} = 0,815$$

Ekvivalentní počáteční natočení sloupů

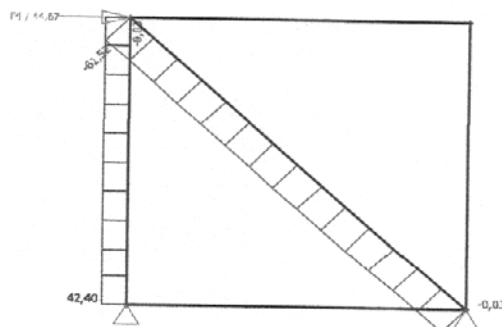
$$\phi = \phi_0 * \alpha_h * \alpha_m = \frac{2}{3} * 0,815 * \frac{1}{200} = \frac{163}{60000}$$

Ztužidlo přenáší vodorovnou síly z podélné stěny haly I. Ekvivalentní vodorovná síla ze všech sloupů je tedy:

$$H_\phi = \phi \sum N = \frac{163}{60000} * 3 * 163,02 = 1,33 \text{ kN}$$

Pro max. tlak větru tedy platí :

$$N_{Ed} = 61,52 \text{ kN}$$





Zatížení vlivem rámových imperfekcí - Hala III.

Největší síla ve sloupu od zatížení bez vlivu větru (KZ5) - $N_{Ed} = 529 \text{ kN}$

Součinitele pro vliv výšky a počtu sloupů a počtu podlaží na jednu ztužidlo:

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{7,6}} = 0,725, \text{ pro } \alpha_h \geq \frac{2}{3} \text{ platí } \alpha_h = \frac{2}{3}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 + \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 + \left(1 + \frac{1}{3}\right)} = 0,815$$

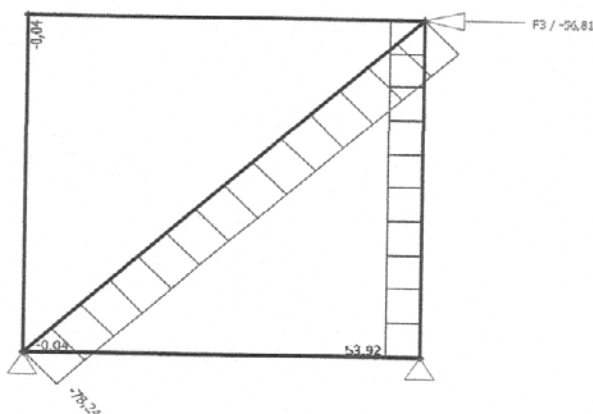
Ekvivalentní počáteční natočení sloupů

$$\phi = \phi_0 * \alpha_h * \alpha_m = \frac{2}{3} * 0,815 * \frac{1}{200} = \frac{163}{60000}$$

Ztužidlo přenáší vodorovnou sílu z podélné stěny haly III. Ekvivalentní vodorovná síla ze všech sloupů je tedy:

$$H_\phi = \phi \sum N = \frac{163}{60000} * 3 * 529 = 4,31 \text{ kN}$$

Pro max. sání tedy platí:



$$N_{Ed,max} = 74,11 \text{ kN}$$

Navrhovat budu trubkový profil na tlak. Rozhodující bude posouzení na vzpěr.
Rozhodující bude vybočení z roviny kde je vzpěrná délka rovna 11,03m.

7.3.2. Posouzení:

$$L_{cr} = 11,03 \text{ m}$$

Návrh TR 127 x 11

$$A = 4009 \text{ mm}^2$$

$$I = 6800000 \text{ mm}^4$$

Pružná kritická síla:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 210\,000 * 68 * 10^5}{11\,030^2} = 115,8 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{4009 * 235}{115,8 * 10^3}} = 2,852$$



Součinitel vzpěrnosti:

$\chi = 0,114$ pro křivku vzpěrné pevnosti a

Vzpěrná tlaková únosnost

$$N_{b,Rd} = \chi * A * f_{yd} = 0,114 * 4009 * 235 = 107,4 \text{ kN} > 74,11 \text{ kN}$$

Profil TR 127 x 11 na vzpěr vyhoví



8. Štítová stěna Hala I. a III.

8.1. Zjistění rozhodujícího sloupku

S1

L1 [m] 8,2

w_{1,k} [kN/m] 2,82

S2

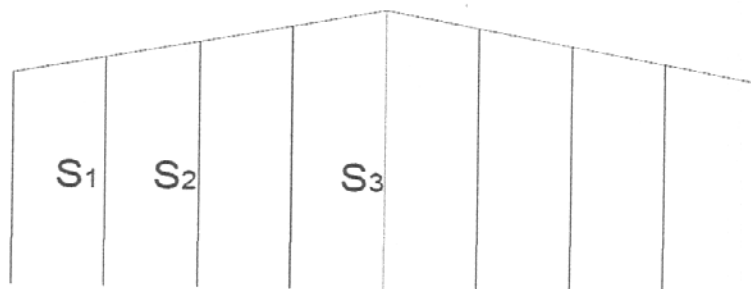
L2 [m] 8,8

w_{2,k} [kN/m] 2,36

S3

L3 [m] 10

w_{3,k} [kN/m] 1,89



Výběr rozhodujícího sloupku podle MSP

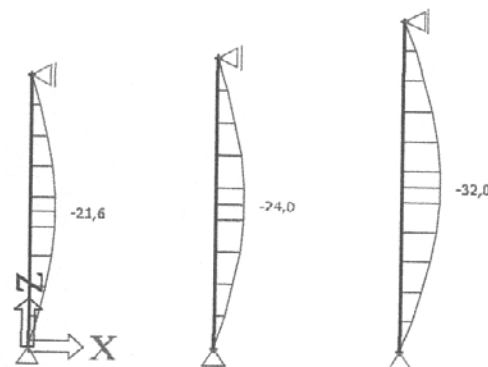
$$\delta_{lim,1} = \frac{L_1}{300} = \frac{8\,200}{300} = 27,33\text{ mm}$$

$$\delta_{lim,2} = \frac{L_2}{300} = \frac{8\,800}{300} = 29,33\text{ mm}$$

$$\delta_{lim,3} = \frac{L_3}{300} = \frac{10\,000}{300} = 33,33\text{ mm}$$

Rozhodující je sloupek S3 - pro průřez HEA 200

$$\delta_3 = 32\text{ mm} < \delta_{lim,3} = 33,33\text{ mm}$$



Ověření ručním výpočtem

$$\delta_n = \frac{5 qL^4}{384 EI_y} = \frac{5 \cdot 1,89 \cdot 10\,000^4}{384 \cdot 210\,000 \cdot 36920000} = 31,74\text{ mm}$$

8.2. Posouzení MSÚ -

a) Kombinace - Stálé max. + Sníh

$$N_{Ed, střecha} = 1,62 \cdot 4 + 3,36 \cdot 4 + 0,188 \cdot 4 = 20,67\text{ kN}$$

$$N_{Ed,1} = 0,4 \cdot 1,35 \cdot 3,75 \cdot 3 = 6,075\text{ kN}$$

$$N_{Ed,2} = 0,4 \cdot 1,35 \cdot 2,50 \cdot 3 = 4,05\text{ kN}$$

$$N_{Ed,3} = 0,4 \cdot 1,35 \cdot 2,50 \cdot 3 = 4,05\text{ kN}$$

Návrh sloupu

Návrh průřezu : HEA 200	m [kg]	42,3		
	A [mm ²]	5383		
	I _y [mm ⁴]	3,7E+07	I _w [mm ⁶]	108*10 ⁹
	I _z [mm ⁴]	1,3E+07		
	A _{vz} [mm ²]	1808		
S235, pro tlak třída 1				



Posouzení:

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = 10,0 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 2,5 \text{ m}$$

Je zřejmé, že při stejných vzpěrných délkách k oboum osám bude rozhodující vybočení k ose z (menší moment setrvačnosti).

Pružná kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 210\,000 * 92,46 * 10^5}{10\,000^2} = 520,2 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{5383 * 235}{520,2 * 10^3}} = 1,559$$

$$\bar{\lambda}_z = 1,559$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = 0,321 \text{ pro křivku vzpěrné pevnosti b}$$

Vzpěrná tlaková únosnost

$$N_{b,Rd} = \chi * A * f_{yd} = 0,321 * 5383 * 235 = 406,1 \text{ kN}$$

b) Kombinace - Stálé min. + sání větru

Zatížení ohyb + smyk + ohyb

Posouzení

O únosnosti rozhoduje stabilita prutu. Vliv smyku lze zanedbat.

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} * \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 1808 * \frac{235}{\sqrt{3}} = 245,3 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 14,18 \text{ kN} < 0,5 * V_{pl,Rd} = 122,6 \text{ kN}$$

Vzpěrné délky:

Vzpěrná délka z roviny stěny $L_{cr,y} = 10,0 \text{ m}$ (sloup působí jako prostý nosník)

Vzpěrná délka v rovině stěny $L_{cr,z} = 2,5 \text{ m}$ (vzdálenost paždíků)

Štíhlosti

→ poměrná štíhlost

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{10\,000}{82,8} = 120,7$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{127}{93,9} = 1,29$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{2\,500}{49,8} = 50,2$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{50,2}{93,9} = 0,535$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9$$



Součinitele vzpěrnosti:

$$\chi_y = \chi_{min} = 0,432 \quad \text{pro křivku vzpěrné pevnosti b (podle[4])}$$

$$\chi_z = 0,823 \quad \text{pro křivku vzpěrné pevnosti c (podle[4])}$$

Určení kritického momentu M_{cr}

$L = 10000$ mm (výška sloupu, protože tlačená pásnice je v příčném směru podepřena v patce a ve vrcholu)

$k_z = 1,0$ (na obou koncích úseku prutu o délce L je možné natočení průřezu okolo y menší tuhosti z)

$k_w = 1,0$ (nebráněno deplanaci)

Průběh momentu po délce prutu si zjednodušeně představíme jako trojúhelníkový. Z [5], tab. 1.4 je pro $k_z = 1,0$

$$C_{1,0} = 1,13$$

$$C_{1,1} = 1,13$$

Výpočet (podle postupu v normě [9]):

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w * L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{\pi}{1,0 * 10000} \sqrt{\frac{210000 * 108 * 10^9}{81000 * 209 * 10^3}} = 0,363$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) * \kappa_{wt} = 1,13 \leq C_{1,1} = 1,85$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \sqrt{1 + \kappa_{wt}^2} = \frac{1,13}{1,0} \sqrt{1 + 0,363^2} = 1,202$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_y * GI_t}}{L} = 1,202 \frac{\pi \sqrt{210000 * 369,2 * 81000 * 209 * 10^8}}{10000} = 152,2 \text{ kNm}$$

Poměrná štíhlost (pro průřez třídy 1 nebo 2 s plastickým průřezovým modulem)

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{429500 * 235}{152,2 * 10^6}} = 0,663$$

Součinitel klopení χ_{LT} pro křivku vzpěrné pevnosti b (válcovaný nosník, $h/b < 2$):

$$\chi_{LT} = 0,789$$

Interakce tlaku s ohybem

Vliv osové síly na zvětšení ohybového momentu a vliv tvaru momentové plochy

Součinitel C_{my} se určí stejně jako při výpočtu kritického momentu.

$$C_{my} = 1,13$$



Interakční součinitele k_{yy} , k_{zy} se určí pro pruty, které jsou náchylné ke zkoucení, a pro třídu průřezu 1.

$$k_{yy} = \min \left\{ \frac{C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)}{C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)} \right\} =$$

$$= \min \left\{ \frac{1,13 \left(1 + (1,29 - 0,2) \frac{18,566}{0,432 * 5383 * 235 / 1,0} \right)}{1,13 \left(1 + 0,8 \frac{18,566}{0,432 * 5383 * 235 / 1,0} \right)} \right\} = \min \left\{ \frac{1,172}{1,161} \right\} = 1,161$$

Pro $\bar{\lambda}_z = > :$

$$k_{zy} = \max \left\{ \frac{1 - \frac{0,1 \bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0,25} \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)}{1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \frac{1 - \frac{0,1 * 0,535}{1,13 - 0,25} \left(\frac{18,566}{0,432 * 5383 * 235 / 1,0} \right)}{1 - \frac{0,1}{1,13 - 0,25} \left(\frac{18,566}{0,432 * 5383 * 235 / 1,0} \right)} \right\} = \max \left\{ \frac{0,998}{0,996} \right\} = 0,998$$

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}} = \frac{18,566}{0,432 * 5383 * 235 / 1,0} + 1,0 \frac{35,44}{0,663 * 429500 * 235 / 1,0} =$$

$$= 0,034 + 0,53 = 0,57 < 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}} = \frac{18,566}{0,832 * 5383 * 235 / 1,0} + 0,998 \frac{35,44}{0,663 * 429500 * 235 / 1,0} =$$

$$= 0,018 + 0,53 = 0,546 < 1$$

Sloup na vzpěr s ohybem vyhoví



8.4. Příčné ztužení ve štítových stěnách

8.4.1. Maximální zatížení bude při příčném větru. Zatěžovací šířka je 4 metry a výška sloupu 7,6m.

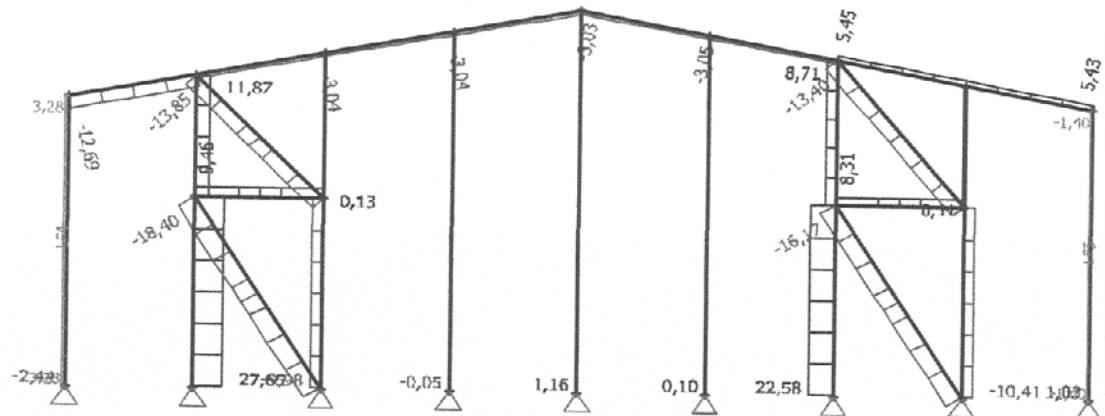
$$w_D \text{ [kN/m}^2\text{]} = 0,546 \text{ tlak}$$

$$w_E \text{ [kN/m}^2\text{]} = 0,234 \text{ sání}$$

$$W_{D,R} \text{ [kN/m]} = 3,276 \quad \dots \text{vynásobeno zat. šířkou a součinitelem} = 1,5$$

$$W_{E,R} \text{ [kN/m]} = 1,404$$

Normálové síly - navrhuji pruty pouze tlačené, ve výsledné konstrukci budou trubky dány i tažené.



$$N_{Ed,max} = 18,40 \text{ kN}$$

Navrhovat budu trubkový profil na tlak. Rozhodující bude posouzení na vzpěr.
Rozhodující bude vybočení z roviny kde je vzpěrná délka rovna 5,831m.

8.4.2. Posouzení:

Návrh TR 70 x 5

$$A = 1021 \text{ mm}^2$$

$$I = 542000 \text{ mm}^4$$

$$L_{cr} = 5,831 \text{ m}$$

Pružná kritická síla:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 210\,000 * 5,42 * 10^5}{5\,831^2} = 31,9 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1021 * 235}{31,93 * 10^3}} = 2,741$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = 0,117 \text{ pro křivku vzpěrné pevnosti a}$$

Vzpěrná tlaková únosnost

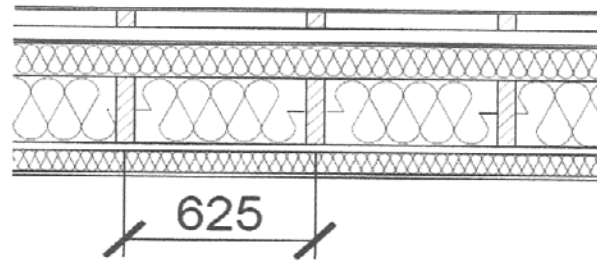
$$N_{b,Rd} = \chi * A * f_{yd} = 0,117 * 1021 * 235 = 28,07 \text{ kN} > 18,4 \text{ kN}$$

Profil TR 70 x 5 na vzpěr vyhoví



9. Střešní panely - Hala II.

Rozměr	b [mm]	60 l[mm]	3750
	h [mm]	240	



Rozteče nosných trámů b_e [mm] 625
 2 potřebné modely panelů
 1) Dvě pole s převislým koncem - 2 x 3,75 metrů + 0,25 metrů
 2) Spojitý nosník přes 2 pole - 2 x 3,75

9.1. Výpočet zatížení

Zatížení od střešního panelu - g_k	0,876 kN/m ²	0,547 kN/m
Zatížení od sněhu - q_k	0,56 kN/m ²	0,35 kN/m

V_{ed} [kN]	3,11
M_{ed} [kNm]	2,29

9.2. Posouzení

Návrhová pevnost v ohybu a ve smyku

$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} =$	14,77 MPa	k_{mod}	0,8
$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} =$	1,66 MPa	$f_{m,k}$ [MPa]	24
		$f_{v,k}$ [MPa]	2,7
		γ_M	1,3

$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 * b^2 * E_{0,05}}{h * l_{ef}} =$	47,90 MPa	$E_{0,05}$	7400
--	-----------	------------	------

$l_{ef} = (0,9 * 0,5l) + 2 * b =$	1807,5 mm
-----------------------------------	-----------

9.2.1. Posouzení ohybu

Poměrná štíhlost

$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} =$	0,71	$\Rightarrow k_{crit} = 1$	[4] viz metriály na dřevo
--	------	----------------------------	---------------------------

Normálové napětí za ohybu

$\sigma_{m,d} = \frac{M_{ed}}{W} =$	3,98 MPa	$W = \frac{1}{6} b h^2 =$	576000 mm ³
-------------------------------------	----------	---------------------------	------------------------

$\sigma_{m,d} < f_{m,d}$
3,98 MPa < 14,7 MPa

Nosník na ohyb vyhovuje



9.2.2. Posouzení smykového napětí

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

účinná šířka průřezu

$$b_{ef} = k_{cr} * b$$

$$k_{cr} = 0,67 \dots \text{viz [4]}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3V_{ed}}{2A} = 0,5 \text{ MPa}$$

$$0,48 \text{ MPa} \leq 1,67 \text{ MPa}$$

Nosník na smyk vyhovuje

9.2.3. Posouzení průhybu :

limitní průyb pro konečný průhyb od stálého a nahodilého zatížení:

$$\delta_{max} = \frac{l}{250} = 15 \text{ mm} \quad \text{viz Přílohy str.}$$

$$\delta_1 = 10,3 \text{ mm}$$

$$\delta_1 < \delta_{max}$$

Nosník na průhyb vyhoví



10. Posouzení vaznice

10.1. Dopočet zatížení na vaznice

	g_k [kN/m ²]
Stálé zatížení střešního panelu bez KVH nosníku	0,876
Příspěvek zatížení od vlastní tíhy KVH nosníku	0,081
Celkové zatížení od panelu	0,957

Hustota dřeva [kg/m ³]	350			
Rozměr KVH panelu	b [mm]	60	h [mm]	240
Hmotnost na m' [kg/m]	5,04	→	g_k [kN/m]	0,050
Vzdálenost nosníků [mm]	625	→	g_k [kN/m ²]	0,081

Rekapitulace zatížení	g_k, q_k	g_d, q_d
Stálé zatížení od panelu [kN/m ²]	0,957	1,291
Sníh [kN/m ²]	0,560	0,840
Příčný vítr - oblast G [kN/m ²]	-0,938	-1,407
Příčný vítr - oblast H [kN/m ²]	-0,469	-0,704
Příčný vítr - oblast J [kN/m ²]	-0,469	-0,704
Příčný vítr - oblast I [kN/m ²]	0,156	0,234
Podélný vítr - oblast I [kN/m ²]	-0,469	-0,704

Dohledat detailní popis kombinaci podle normy na zatížení

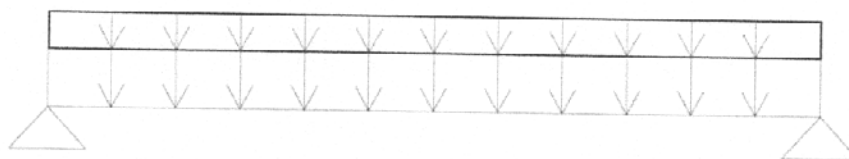
- 1) Kombinace - Max. Stále + sníh
- 2) Kombinace - Min. Stálé + max. Sání větru

- 1) Max. Stále + sníh

Výpočet zatížení na vaznici

$$g_d = * l = 1,291 * 3,75 = 4,864 \text{ kN/m}$$

$$q_d = 0,84 * l = 0,84 * 3,75 = 3,15 \text{ kN/m}$$



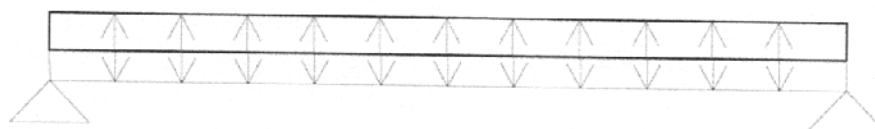
Sníh
Max. Stálé

- 2) Min. Stálé + max. Sání větru

Výpočet zatížení na vaznici

$$g_d = 0,957 * \psi * l = 0,957 * 0,7 * 3,75 = 2,512 \text{ kN/m}$$

$$q_d = -1,407 * l_1 - 0,704 * l_2 = -1,407 * 0,125 - 0,704 * 3,625 = -2,728 \text{ kN/m}$$



Max. Sání
Min. Stálé



10.2. Posouzení na ohyb

Dřevo KVH - C24

$f_{m,g,k}$ [MPa]	24	gamma	1,25
$f_{v,k}$ [MPa]	2,5	l [mm]	6000
$E_{0,mean}$ [MPa]	11000		
$E_{0,05}$ [MPa]	7400		
k_{mod} [-]	0,9		



Návrhová hodnota pevnosti v ohybu a ve smyku

$$f_{m,g,d} = \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} * k_{mod} = \frac{24}{1,25} * 0,9 = 16,61 \text{ MPa} \quad 17,28$$

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} * k_{mod} = \frac{2,5}{1,25} * 0,9 = 1,73 \text{ MPa} \quad 1,8$$

Minimální průřezový modul

$$W_{min} = \frac{M_{Ed}}{f_{m,g,d}} = \frac{36,66 * 10^6}{17,28} = 2121528 \text{ [mm}^3\text{]}$$

Návrh průřezu

$$W = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} * 150 * 350^2 = 3062500 \text{ [mm}^3\text{]}$$

b [mm] 150

h [mm] 350

Posouzení normálového napětí za ohybu

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} * f_{m,d}$$

Kritické napětí za ohybu

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 * b^2 * E_{0,05}}{h * l_{ef}} = \frac{0,78 * 150^2 * 7400}{350 * (0,9 * 6000 + 800)} = 60,829 \text{ MPa}$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{60,829}} = 0,628$$

Pro $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$ platí $k_{crit} = 1,0$

Redukovaná návrhová pevnost

$$k_{crit} * f_{m,d} = 1,0 * 16,61 \text{ MPa}$$

Normálové napětí za ohybu

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{ed}}{W} = 11,860 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} < f_{m,d}$$

$$11,86 \text{ MPa} < 14,7 \text{ MPa}$$

Nosník na ohyb vyhovuje



10.3. Posouzení smykového napětí

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

účinná šířka průřezu

$$b_{ef} = k_{cr} * b = 0,67 * 150 = 100,5 \text{ mm}$$

$k_{cr} = 0,67$ - pro rostlé dřevo ... Viz materiály

$$\tau_{v,d} = \frac{3V_{ed}}{2A} = 0,69771 \text{ MPa}$$

$$0,61 \text{ MPa} \leq 1,67 \text{ MPa}$$

Nosník na smyk vyhovuje

10.4. Posouzení průhybu nosníku

Průhyb od jednotkového rovnoměrného zatížení $q_{ref} = 1,0 \text{ kN/m}$

$$w_{ref} = \frac{5 * q_{ref} * l^4}{384 EI} = \frac{5 * 1,0 * 6000^4 * 12}{384 * 11\,000 * 150 * 350^3} = 2,862 \text{ mm}$$

Okamžitý průhyb od stálého zatížení

$$g_k = 0,957 \text{ kN/m}$$

$$w_{1,inst} = 0,957 * w_{ref} = 0,957 * 2,862 = 2,739 \text{ mm}$$

Okamžitý průhyb od nahodilého zatížení

$$q_k = 0,84 \text{ kN/m}$$

$$w_{2,inst} = 0,84 * w_{ref} = 0,840 * 2,862 = 2,404 \text{ mm}$$

Okamžitý průhyb od stálého a proměnného zatížení

$$w_{inst} = 2,739 + 2,404 = 5,144 \text{ mm}$$

Konečný čistý průhyb od stálého a proměnného zatížení

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

$$w_{net,fin} = 2,739(1 + 0,6) + 2,404(1 + 0 * 0,8) = 6,787 \text{ mm} < l/350 = 17,14 \text{ mm}$$

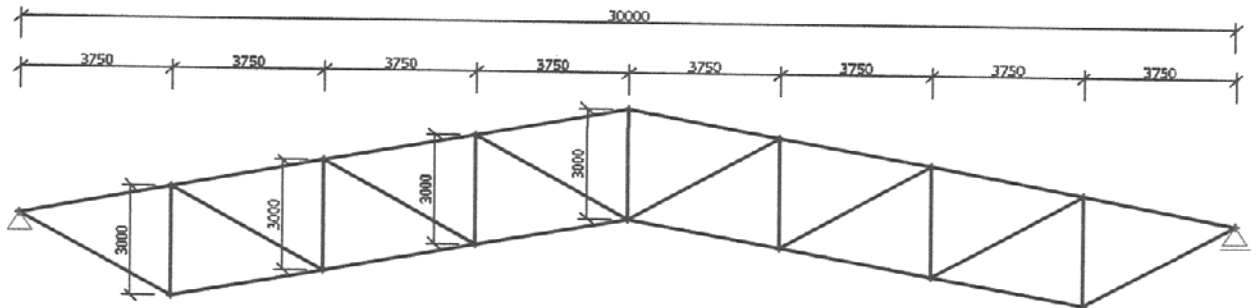
Nosník na průhyb vyhovuje



11. Vazník Dřevo - Ocel

11.1. Geometrie vazníku

Rozpětí vazníku je 30 m, a je navržen jako příhradový. Výška vazníku je proměnná od 2 m v podporách po 5 m ve středu. Vazník je přibližně ve třetinách rozdělen, aby bylo možné jej dopravit na stavbu. Délka krajních částí je tedy 6 m, délka vnitřní části je 6 m. Vazník je osově souměrný. Geometrie je patrná z obrázku.



11.2. Výpočet zatížení

11.2.1. Výpočet kombinace $G_{max} + S$

Všechny vnitřní příčné vazby budou zatíženy stejně.

	Návrhové zatížení na vaznici [kN/m]	Návrhové zatížení na okapovou vaznici [kN/m]
Stálé zatížení*	4,842	2,421
Sníh	3,150	1,575
Polovina sněhu	1,575	0,788
Vl.tíha vaznice	0,248	0,248

* Stálé zatížení od střešního pláště včetně vlastní tíhy panelového nosníku

Výpočet vlastní tíhy vaznice

Hustota dřeva C24 350 kg/m³
 Hmotnost na m' 18,38 kg/m

Síly od běžné vaznice

G_{max} a plný sníh

$$F_1 = 4,842 \cdot 6 + 3,15 \cdot 6 + 0,248 \cdot 6 = 49,44 \text{ kN}$$

G_{max} a polovina sněhu

$$F_2 = 4,842 \cdot 6 + 1,575 \cdot 6 + 0,284 \cdot 6 = 39,99 \text{ kN}$$

Síly od okapové vaznice

G_{max} a plný sníh

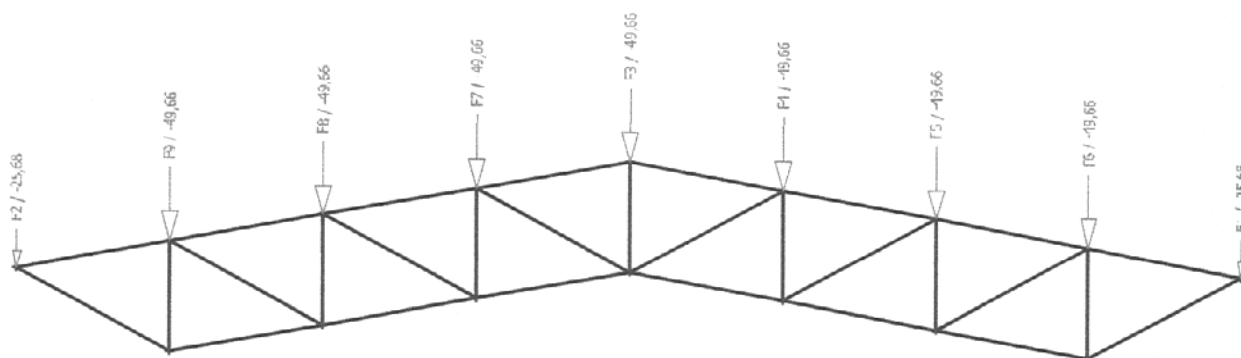
$$F_3 = 2,421 \cdot 6 + 1,575 \cdot 6 + 0,284 \cdot 6 = 25,464 \text{ kN}$$

G_{max} a polovina sněhu

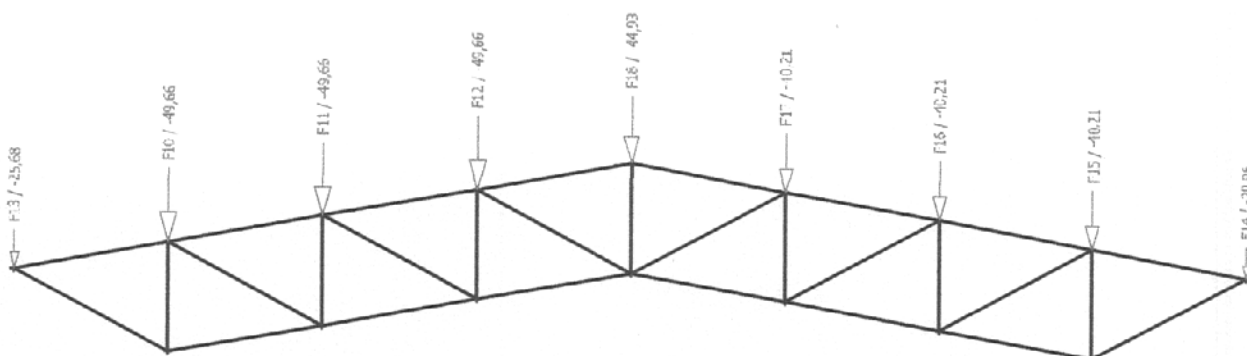
$$F_4 = 2,421 \cdot 6 + 0,788 \cdot 6 + 0,284 \cdot 6 = 20,737 \text{ kN}$$



Kombinace G + S_{max}



Kombinace G + S_{0,5}



11.2.2. Výpočet kombinace G_{min} + W_{sání}

Pro zatížení příčným větrem vezmeme v úvahu jednu z vnitřních příčných vazeb. Vyskytnou se sání pro oblasti G, H, J a I. Při zatížení podélným větrem je celý vazník zatížen sáním z oblasti I.

	Návrhové zatížení na vaznici [kN/m]	Návrhové zatížení na okapovou vaznici [kN/m]
Stálé zatížení*	2,511	1,255
Vítr _{θ=0°} (G)	-3,516	-1,758
Vítr _{θ=0°} (H)	-1,759	-0,879
Vítr _{θ=0°} (J ₁)	0,585	0,293
Vítr _{θ=0°} (J ₂)	-1,759	-0,879
Vítr _{θ=0°} (I)	-1,759	-0,879
Vítr _{θ=90°} (F)	-1,759	-0,879
Vl.tíha vaznice	0,129	0,129

* Stálé zatížení od střešního pláště včetně vlastní tíhy panelového nosníku



Výpočet kombinace $G_{\min} + W_{\text{sání}}$

1) Vnitřní příčná vazba - $\theta = 0^\circ$

Zatěžovací šířka je rozpětí vaznice $l = 6 \text{ m}$

Síly na vazníku - index odpovídá pořadí uzlu

$$F_1 = 1,255 * 6 - 1,758 * 6 + 0,129 * 6 = -2,244 \text{ kN}$$

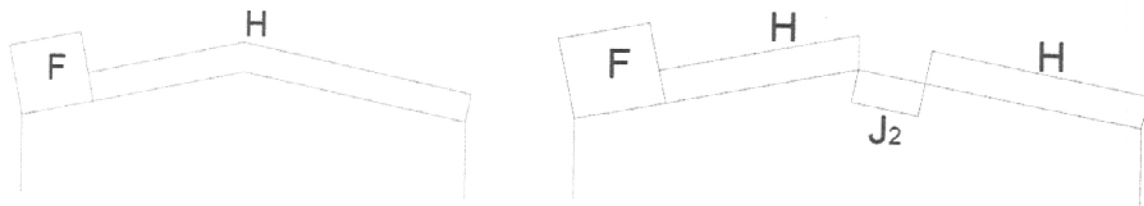
$$F_{2,3,4} = 2,511 * 6 - 1,759 * 6 + 0,129 * 6 = 5,286 \text{ kN}$$

$$F_5^1 = 2,511 * 6 - 0,879 * 6 + 0,293 * 6 + 0,129 * 6 = 12,324 \text{ kN}$$

$$F_5^2 = 2,511 * 6 - 0,879 * 6 - 0,879 * 6 + 0,129 * 6 = 5,296 \text{ kN}$$

$$F_{6,7,8} = 2,511 * 6 - 1,759 * 6 + 0,129 * 6 = 5,286 \text{ kN}$$

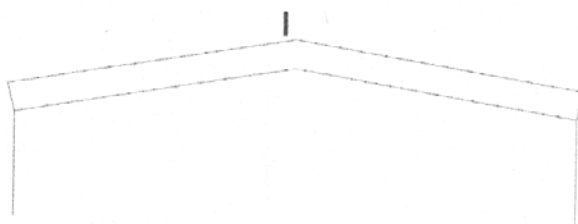
$$F_9 = 1,255 * 6 - 0,879 * 6 + 0,129 * 6 = 3,027 \text{ kN}$$



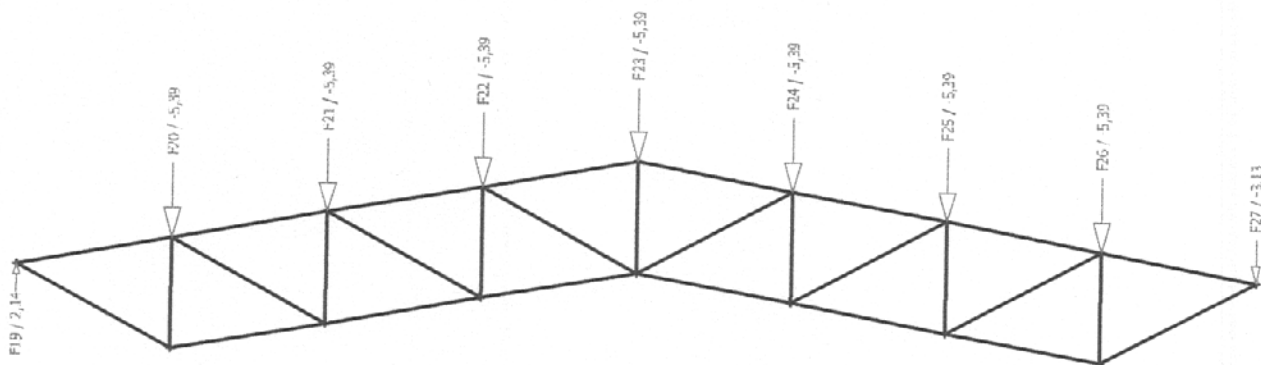
2) Vnitřní příčná vazba - $\theta = 90^\circ$

$$F_{1,9} = 1,255 * 6 - 0,879 * 6 + 0,129 * 6 = 3,025 \text{ kN}$$

$$F_{2-8} = 2,511 * 6 - 1,759 * 6 + 0,129 * 6 = 5,286 \text{ kN}$$



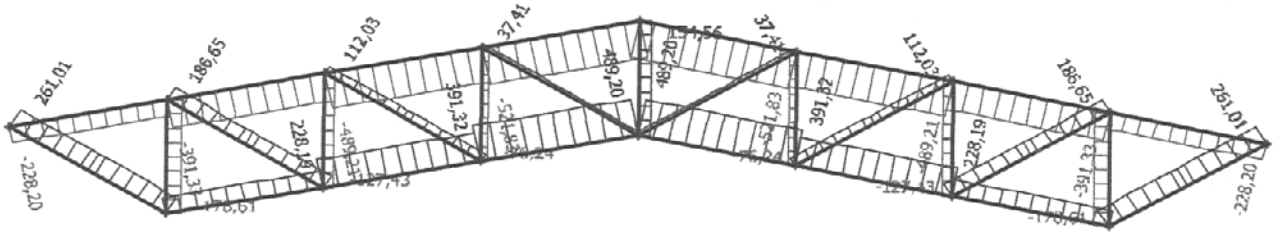
Největší sání na vazník bude vyvozovat zatížení příčným větrem viz.obr



Ani zatížení největším sáním nezpůsobí převrácení vnitřních sil. (Změna tažených prutů na tlačené a naopak - jako tomu bylo ocelového vazníku.)



11.3. Vnitřní síly pro rozhodující kombinaci $G_{max} + S_{max}$



Tažené pruty budou navrženy jako ocelové. Posouzení prutů bude provedeno v tabulce. Působící normálové síly jsou převzaty z obr. []

Prut	N_{ed} (tah) kN	Profil \emptyset	A mm ²	i mm	f_y MPa	$N_{t,Rd}$ kN	$N_{ed}/N_{t,Rd}$	
S	539,42	48	1808,64	57,8	460	662,9	0,814	<1,0
D ₁	287,91	36	1017,36	20,9	460	367,5	0,783	<1,0
D ₂	205,72	27	572,265	18,6	460	206,7	0,995	<1,0
D ₃	123,38	24	452,16	15,6	460	158,6	0,778	<1,0
D ₄	41,09	24	452,16	14,8	460	158,6	0,259	<1,0
V ₄	165	27	572,265	13,3	460	206,7	0,7983	<1,0

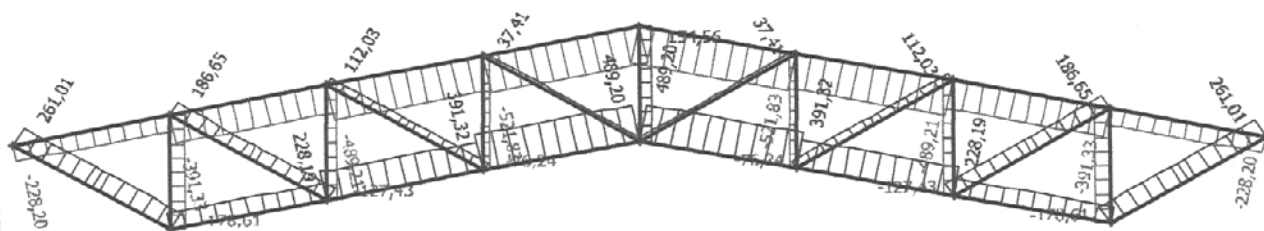
Veličiny v tabulce jsou vypočteny pomocí následujících vztahů:

Tah: $N_{t,Rd} = A * f_{yd}$

Tlak: $\lambda = \frac{L_{cr}}{i}$ $\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{\lambda}{93,9} * \sqrt{\frac{f_y}{235}}$

Návrhová pevnost oceli S355:

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{355}{1,0} = 355 \text{ MPa}$$



Tlačené pruty budou navrženy jako dřevěné. Níže jsou uvedeny vzorce pro výpočet. Výsledky jsou uvedeny pro všechny prvky v tabulce. Působící síly viz obr []

$$\lambda_y = \frac{l_{ef}}{i_y}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{ef}}{i_z}$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$$

$$I_z = \frac{1}{12} b^3 * h$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}}$$

$$A = b * h$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} =$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

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

$$N_{Rd} = k_c * A * f_{c,d}$$

Prut	N _{ed} (tlak)	b x h	L	i _z	λ _z	σ _{c,crit}	λ _{rel}	k	k _c	N _{Rd} [kN]	
	kN	mm	mm	mm	[-]	MPa	[-]	[-]	[-]	kN	
H	575,77	300 x 750	15000	92,38	162,38	3,515	2,44	3,59	0,16	597,422	0,964
V ₁	196,83	120 x 180	3000	40,41	74,231	16,82	1,12	1,17	0,67	241,989	0,813
V ₂	140,23	120 x 180	3000	34,64	86,603	12,357	1,30	1,40	0,52	146,143	0,96
V ₃	83,78	100 x 140	3000	34,64	86,603	12,357	1,30	1,40	0,52	146,143	0,573



12. Ocelový sloup - vazba s vazníkem dřevo-ocel

12.1. Výpočet zatížení

Pro určení vnitřních sil bude zapotřebí stanovit 2 kombinace pro zatížení

- a) Stálé + sníh + ψ_0 příčný vítr (pro vítr $\psi_0 = 0,6$, viz [2])
- b) Stálé + ψ_0 sníh + příčný vítr (pro sníh $\psi_0 = 0,5$, viz [2])

	Návrhové zatížení na vaznici [kN/m]	Návrhové zatížení na okapovou vaznici [kN/m]
Stálé zatížení*	5,090	2,669
Sníh	3,150	1,575
Vítr _{$\theta=0^\circ$} (G)	-3,516	-1,758
Vítr _{$\theta=0^\circ$} (H)	-1,759	-0,879
Vítr _{$\theta=0^\circ$} (J ₁)	0,585	0,293
Vítr _{$\theta=0^\circ$} (J ₂)	-1,759	-0,879
Vítr _{$\theta=0^\circ$} (I)	-1,759	-0,879

Výpočet kombinace Stálé + sníh + ψ_0 příčný vítr - CO1

... Největší N na sloupu

$$F_1 = 2,669 * 6 + 1,575 * 6 - 0,6 * 1,758 * 6 = 19,135 \text{ kN}$$

$$F_{2,3,4} = 5,09 * 6 + 3,15 * 6 - 0,6 * 1,758 * 6 = 43,111 \text{ kN}$$

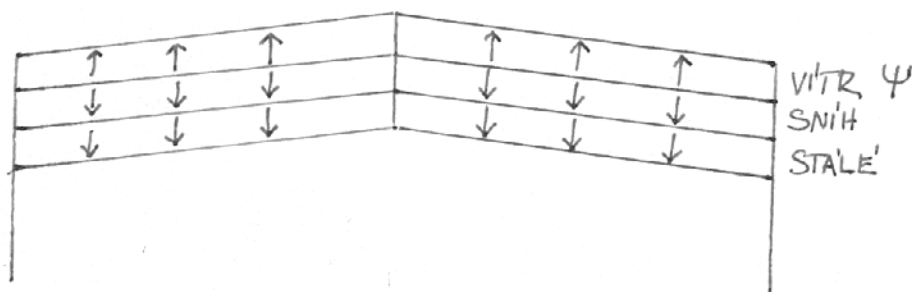
$$F_5 = 5,09 * 6 + 3,15 * 6 - 0,6 * (0,879 - 0,293) * 6 = 47,33 \text{ kN}$$

$$F_{6,7,8} = 5,09 * 6 + 3,15 * 6 - 0,6 * 1,758 * 6 = 43,111 \text{ kN}$$

$$F_9 = 2,669 * 6 + 1,575 * 6 - 0,6 * 0,879 * 6 = 22,299 \text{ kN}$$

$$w_1 = 0,547 * 6 * 0,6 * 1,5 = 2,9535 \text{ kN/m}$$

$$w_2 = 0,234 * 6 * 0,6 * 1,5 = 1,2636 \text{ kN/m}$$



Výpočet kombinace Stálé + ψ_0 sníh + příčný vítr - CO2

... Největší deformace a M

$$F_1 = 2,669 * 6 + 0,5 * 1,575 * 6 - 1,758 * 6 = 10,191 \text{ kN}$$

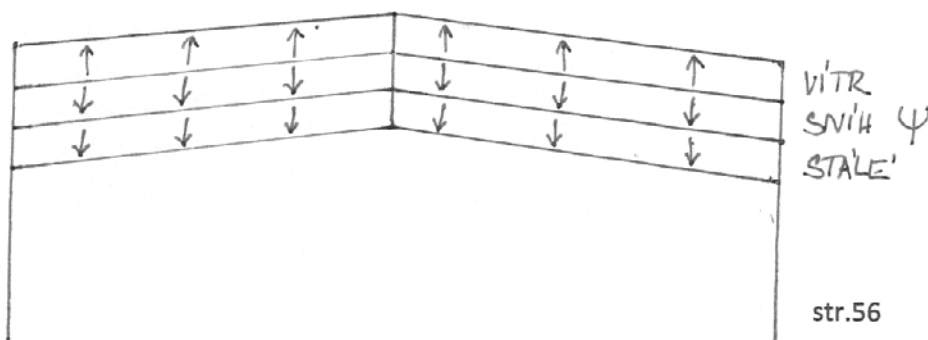
$$F_{2,3,4} = 5,09 * 6 + 0,5 * 3,15 * 6 - 1,758 * 6 = 29,442 \text{ kN}$$

$$F_{5,6,7,8} = 5,09 * 6 + 0,5 * 3,15 * 6 - 1,758 * 6 = 29,442 \text{ kN}$$

$$F_9 = 2,669 * 6 + 0,5 * 1,575 * 6 - 0,879 * 6 = 15,465 \text{ kN}$$

$$w_1 = 0,547 * 6 * 1,5 = 4,923 \text{ kN/m}$$

$$w_2 = 0,234 * 6 * 1,5 = 2,106 \text{ kN/m}$$





Výpočet kombinace $G_{\min} + W_{\text{sání}} - CO3$

1) Vnitřní příčná vazba - $\theta = 0^\circ$

Zatěžovací šířka je rozpětí vaznice $l = 6 \text{ m}$

Síly na vazníku - index odpovídá pořadí uzlu

$$F_1 = 1,255 * 6 - 1,758 * 6 + 0,129 * 6 = -2,244 \text{ kN}$$

$$F_{2,3,4} = 2,511 * 6 - 1,759 * 6 + 0,129 * 6 = 5,286 \text{ kN}$$

$$F_5^1 = 2,511 * 6 - 0,879 * 6 + 0,293 * 6 + 0,129 * 6 = 12,324 \text{ kN}$$

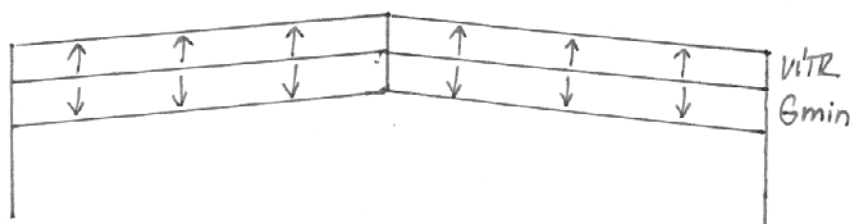
$$F_5^2 = 2,511 * 6 - 0,879 * 6 - 0,879 * 6 + 0,129 * 6 = 5,296 \text{ kN}$$

$$F_{6,7,8} = 2,511 * 6 - 1,759 * 6 + 0,129 * 6 = 5,286 \text{ kN}$$

$$F_9 = 1,255 * 6 - 0,879 * 6 + 0,129 * 6 = 3,027 \text{ kN}$$

$$w_1 = 0,547 * 6 * 1,5 = 4,923 \text{ kN/m}$$

$$w_2 = 0,234 * 6 * 1,5 = 2,106 \text{ kN/m}$$



Výpočet kombinace $G_{\min} + W_{\text{sání}} - CO4$

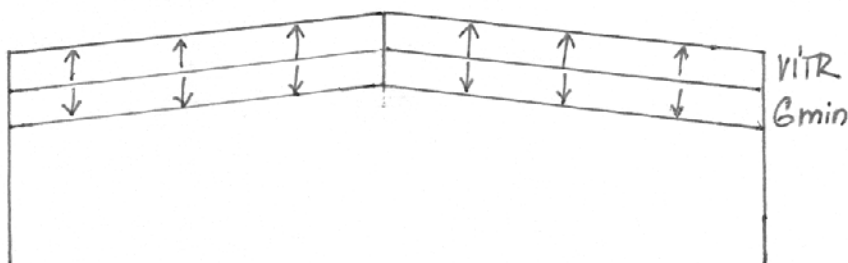
2) Vnitřní příčná vazba - $\theta = 90^\circ$

$$F_{1,9} = 1,255 * 6 - 0,879 * 6 + 0,129 * 6 = 3,025 \text{ kN}$$

$$F_{2-8} = 2,511 * 6 - 1,759 * 6 + 0,129 * 6 = 5,286 \text{ kN}$$

$$w_1 = 0,391 * 6 * 1,5 = 3,519 \text{ kN/m}$$

$$w_2 = 0,391 * 6 * 1,5 = 3,519 \text{ kN/m}$$



Výpočet kombinace pro MSP - Stálé + ψ_0 sníh + příčný vítr - CO5

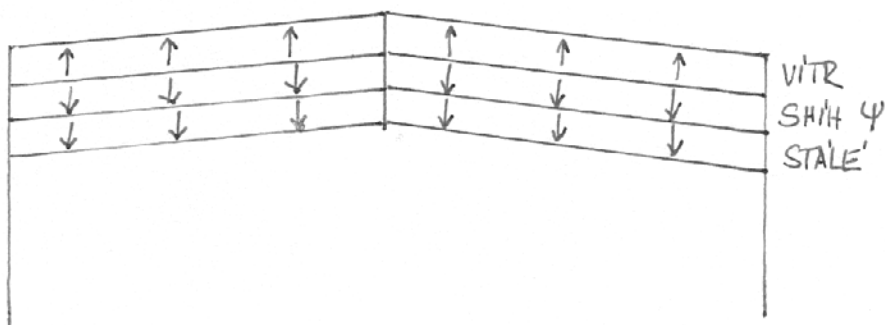
$$F_1 = 2,669 * 6/1,35 + 0,5 * 1,575 * 6/1,5 - 1,758 * 6/1,5 = 7,98 \text{ kN}$$

$$F_{2-8} = 5,09 * 6/1,35 + 0,5 * 3,15 * 6/1,5 - 1,758 * 6/1,5 = 16,64 \text{ kN}$$

$$F_9 = 2,669 * 6/1,35 + 0,5 * 1,575 * 6/1,5 - 0,879 * 6/1,5 = 11,496 \text{ kN}$$

$$w_1 = 0,547 * 6 = 3,282 \text{ kN/m}$$

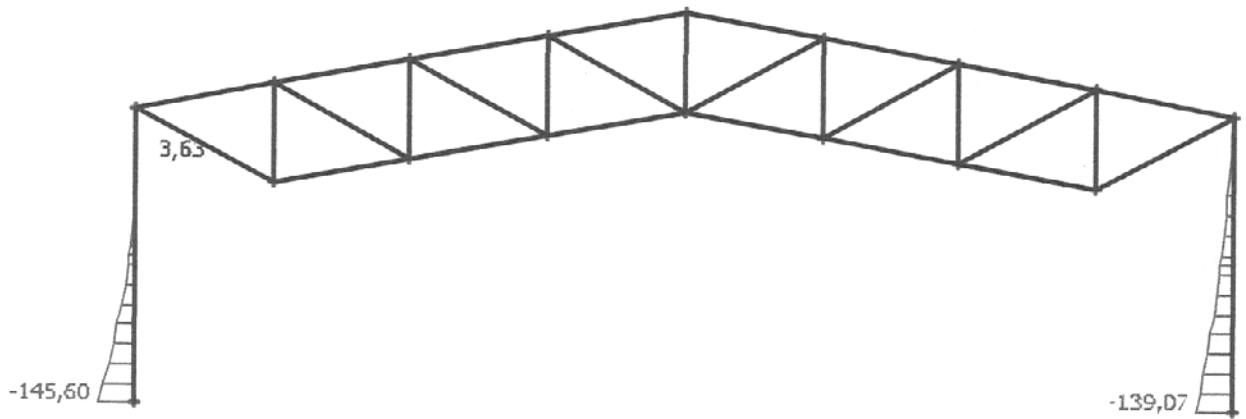
$$w_2 = 0,234 * 6 = 1,404 \text{ kN/m}$$



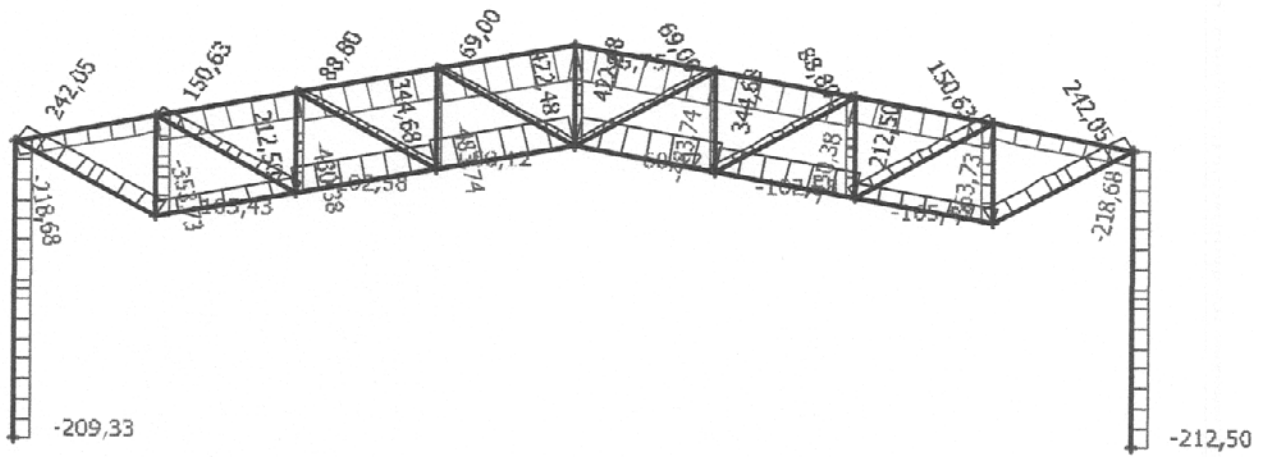


12.2. Vnitřní síly od rozhodující kombinace

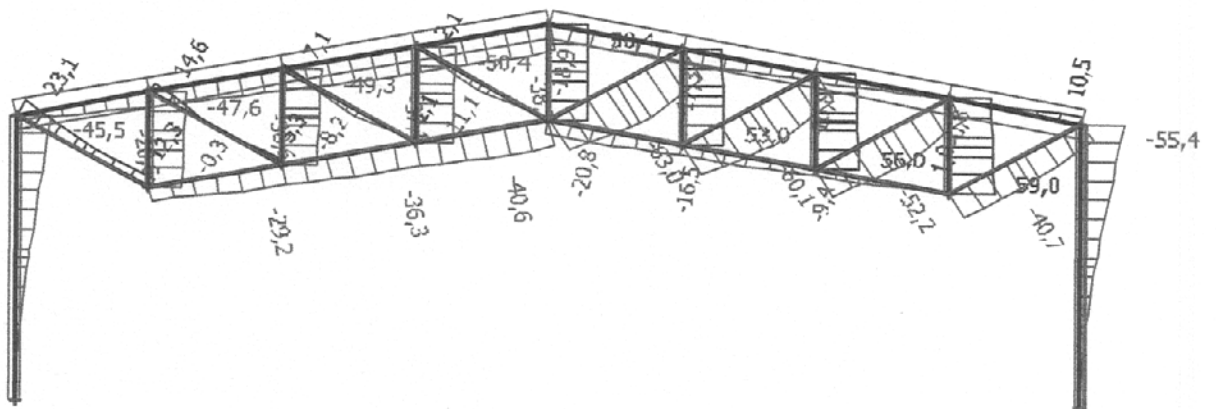
$M_{Ed}max$



$N_{Ed}max$



MSP [mm]





12.3. Předběžný odhad profilu sloupu

$$w_{k,mean} = \frac{(w_1 + w_2)}{2} = \frac{3,282 + 1,404}{2} = 2,343 \text{ kNm}^{-1}$$

$$\frac{w_{k,mean} * H^4}{8 * E I_y} \leq \frac{H}{150}$$

$$I_y \geq \frac{150 * w_{k,mean} * H^3}{8 * E} \geq \frac{150 * 2,343 * 9000^3}{8 * 210\,000} = 152,5 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Návrh sloupu: HEA 300	A [mm ²]	11250
	I _y [mm ⁴]	182600000

12.4. Mezní stav použitelnosti

$$\delta_{lim} = \frac{h}{150} = \frac{9000}{150} = 60 \text{ mm}$$

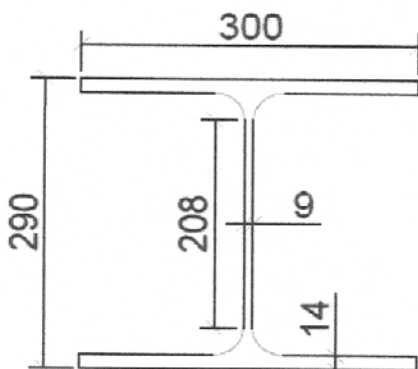
$\sigma_1 = 44 \text{ mm} \dots$ viz přílohy str. 26

12.5. Mezní stav únosnosti

Vnitřní síly z rozhodující kombinace

M _{Ed} [kNm]	145,6	
N _{Ed} [kN]	-209,33	... v patce
V _{Ed} [kN]	38,33	... v patce

Návrh: Profil HEA 300	Ocel S235	F _{yd} [MPa]	235
	A [mm ²]		11250
	A _{v,z} [mm ²]		3728
	I _y [mm ⁴]		182600000
	W _{pl,y} [mm ³]		1383000
	W _{el,y} [mm ³]		1260000
	i _y [mm]		127
	I _z [mm ⁴]		63100000
	i _z [mm]		74,9
	I _t [mm ⁴]		851700
	I _w [mm ⁶]		1,2E+12



Posouzení

O únosnosti rozhoduje stabilita prutu. Vliv smyku lze zanedbat.

Vzpěrné délky:

Vzpěrná délka v rovině rámu $L_{cr,y} = 2 * 9 = 18 \text{ m}$ (sloup působí jako konzola)

Vzpěrná délka z roviny rámu $L_{cr,z} = 2,5 \text{ m}$ (vzdálenost paždíků)

Štíhlosti

→ poměrná štíhlost

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{18\,000}{127} = 141,7$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{141,7}{93,9} = 1,509$$



$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{9000}{74,9} = 120,16$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{120,16}{93,9} = 1,28$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9$$

Součinitele vzpěrnosti:

$$\chi_y = \chi_{min} = 0,339 \quad \text{pro křivku vzpěrné pevnosti b (podle[4])}$$

$$\chi_z = \chi_{min} = 0,397 \quad \text{pro křivku vzpěrné pevnosti c (podle[4])}$$

Určení kritického momentu M_{cr}

$L = 9000$ mm (výška sloupu, protože tlačená pásnice je v příčném směru podepřena v patce a ve vrcholu)

$k_z = 1,0$ (na obou koncích úseku prutu o délce L je možné natočení průřezu okolo y menší tuhosti z)

$k_w = 0,7$ (v patce je přivařený podélnými výztuhami - bráněno deplanaci, v uložení vazníku je deplanace volná)

Průběh momentu po délce prutu si zjednodušeně představíme jako trojúhelníkový. Z [5], tab. 1.4 je pro $k_z = 1,0$

$$C_{1,0} = 1,77$$

$$C_{1,1} = 1,85$$

Výpočet (podle postupu ve skriptech [5], oddíl 1.3.2):

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w * L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{\pi}{0,7 * 9000} \sqrt{\frac{210000 * 1200 * 10^9}{81000 * 852 * 10^3}} = 0,953$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) * \kappa_{wt} = 1,77 + (1,85 - 1,77) * 0,953 = 1,84 \leq C_{1,1} = 1,85$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \sqrt{1 + \kappa_{wt}^2} = \frac{1,84}{1,0} \sqrt{1 + 0,953^2} = 2,542$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_y * GI_t}}{L} = 2,541 \frac{\pi \sqrt{210000 * 1826 * 81000 * 852 * 10^8}}{9000} = 1442 \text{ kNm}$$

Poměrná štíhlost (pro průřez třídy 1 nebo 2 s plastickým průřezovým modulem)

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1383000 * 235}{1442 * 10^6}} = 0,225$$

Součinitel klopení χ_{LT} pro křivku vzpěrné pevnosti a (válcovaný nosník, $h/b < 2$):

$$\chi_{LT} = 0,993$$

Interakce tlaku s ohybem

Vliv osové síly na zvětšení ohybového momentu a vliv tvaru momentové plochy

Při geometrickém vyjádření vzpěrné délky konzoly leží bod vetknutí v polovině vzpěrné délky. Tvar momentu pro určení součinitele C_{my} tedy odpovídá obrázku:



Součinitel C_{my} se určí pro výše uvedený průběh momentů na délce $L_{cr,y}$:

$$\alpha_h = M_h/M_s = 0$$

$$C_{my} = 0,90 + 0,10 * \alpha_h = 0,90 + 0,0 = 0,90$$

Součinitel C_{mLT} se určí pro stejný průběh momentů, jaký byl uvažován pro výpočet M_{cr} .

Pro zjednodušeně lineární průběh momentů platí:

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 * 0 = 0,6$$

kde ψ je poměr krajních momentů ($-1 \leq \psi \leq 1$)

Interakční součinitele k_{yy} , k_{zy} se určí pro pruty, které jsou náchylné ke zkroucení, a pro třídu průřezu 1.

$$k_{yy} = \min \left\{ \frac{C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right)}{C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right)} \right\} =$$

$$= \min \left\{ \frac{0,90 \left(1 + (1,509 - 0,2) \frac{209,33}{0,339 * 11250 * 235/1,0} \right)}{0,90 \left(1 + 0,8 \frac{209,33}{0,339 * 11250 * 235/1,0} \right)} \right\} = \min \left\{ \frac{1,175}{1,068} \right\} = 1,068$$

Pro $\bar{\lambda}_z = >$:

$$k_{zy} = \max \left\{ \frac{1 - \frac{0,1\bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0,25} \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right)}{1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right)} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \frac{1 - \frac{0,1 * 1,28}{0,6 - 0,25} \left(\frac{209,33}{0,339 * 11250 * 235/1,0} \right)}{1 - \frac{0,1}{0,6 - 0,25} \left(\frac{209,33}{0,339 * 11250 * 235/1,0} \right)} \right\} = \max \left\{ \frac{0,927}{0,943} \right\} = 0,943$$

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}} = \frac{209,33}{0,339 * 11250 * 235/1,0} + 1,0 \frac{145,6}{0,993 * 1383000 * 235/1,0} =$$

$$= 0,234 + 0,48 = 0,715 < 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}} = \frac{209,33}{0,397 * 11250 * 235/1,0} + 0,95 \frac{145,6}{0,993 * 1383000 * 235/1,0} =$$

$$= 0,199 + 0,43 = 0,625 < 1$$

Sloup na vzpěr s ohybem vyhoví



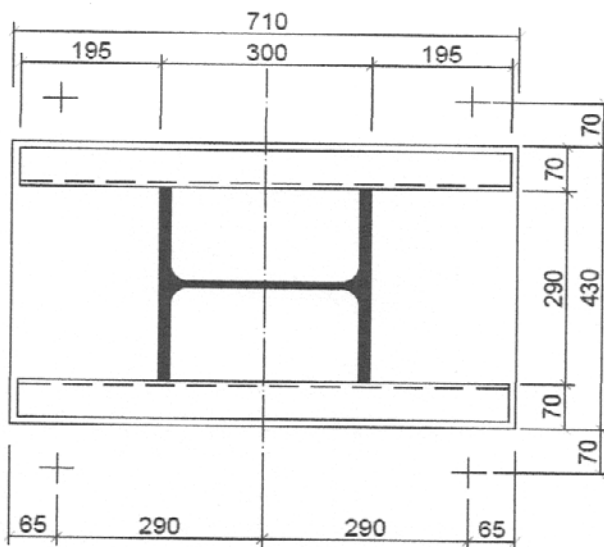
13. Patka sloupu

Patka je vetknutá. Posoudí se na 2 kombinace zatížení:

a) kombinaci s největším momentem a současně působící velkou tlakovou silou

b) kombinace s největším poměrem M_{Ed}/N_{Ed} , případně tahovou normálovou silou

	Levý sloup			Pravý sloup		
	$V_{Ed} = R_y$	$N_{Ed} = R_z$	M_{Ed}	$V_{Ed} = R_y$	$N_{Ed} = R_z$	M_{Ed}
	kN	kN	kNm	kN	kN	kNm
CO1	22,01	209,33	78,49	15,94	212,5	92,31
CO2	38,33	150,44	145,6	24,93	155,71	139,07
CO3	38,83	56,26	150,1	24,43	61,54	134,58
CO4	20,57	61,53	42,6	20,57	61,53	42,6



Geometrie:

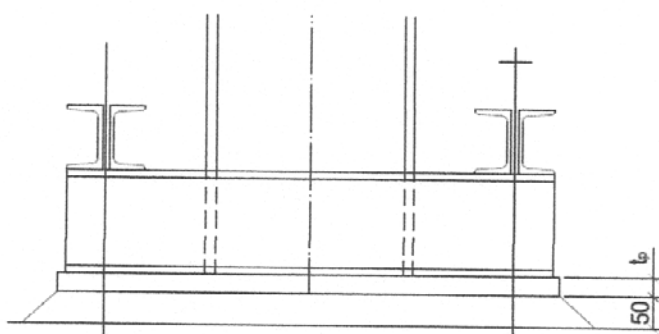
Geometrie ocelové patky:

a [mm]	710
b [mm]	430
t_p [mm]	30 ...patní plech
r_t [mm]	290

Beton C16/20 f_{ck} [MPa] 16

γ_c [-] 1,5

Výška podlití má být větší než 0,1 násobek menšího z půdorysných rozměrů patky, tj. 43. Volíme 50 mm.



Rozměry betonové patky:

půdorysně:

a_c [mm] 2000

b_c [mm] 1200

výška:

h [mm] 720

Započitatelné rozměry betonové patky

$$a_1 = \min(a_c, 3a, a + h) = \min(2000, 3 \cdot 710, 710 + 720) = 1430 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(b_c, 3b, b + h) = \min(1200, 3 \cdot 430, 430 + 720) = 1150 \text{ mm}$$

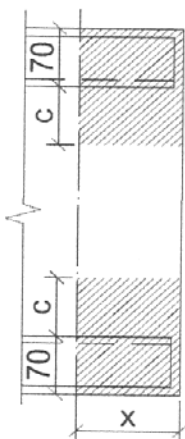


Součinitel koncentrace napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a * b}} = \sqrt{\frac{1430 * 1150}{710 * 430}} = 2,32$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \frac{2 * k_j * f_{ck}}{3 * \gamma_c} = \frac{2 * 2,32 * 16}{3 * 1,5} = 16,51 \text{ MPa}$$



Přesah desky

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_{yd}}{3f_{jd}}} = 30 \sqrt{\frac{235}{3 * 16,5}} = 65,35 \text{ mm}$$

Účinná šířka patního plechu (viz obr.)

$$b_{eff} = 2 * 70 + 2 * c = 2 * 70 + 2 * 65,35 = 270,7 \text{ mm}$$

		CO1	CO2	CO3	CO4
M_{Ed}	kNm	62,30	145,60	150,10	42,60
N_{Ed}	kN	209,33	150,44	56,26	61,53
e	mm	298	968	2668	692
x_1	mm	1246	1237	1236	1275
$x_2 = x$	mm	44	53	54	15
N_c	kN	197,47	235,35	242,95	66,82
T	kN	-11,86	84,91	186,69	5,29

Veličiny uvedené v tabulce:

- excentricita působíště normálové síly

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

- x je délka tlačené oblasti pod patním plechem, určí se z momentové podmínky rovnováhy k působíšti šroubů, viz obr. :

$$N_{Ed}(e + r_1) = N_c \left(r_1 + \frac{a}{2} - \frac{x}{2} \right)$$

$$\text{kde } N_c = b_{eff} * x * f_{jd}$$

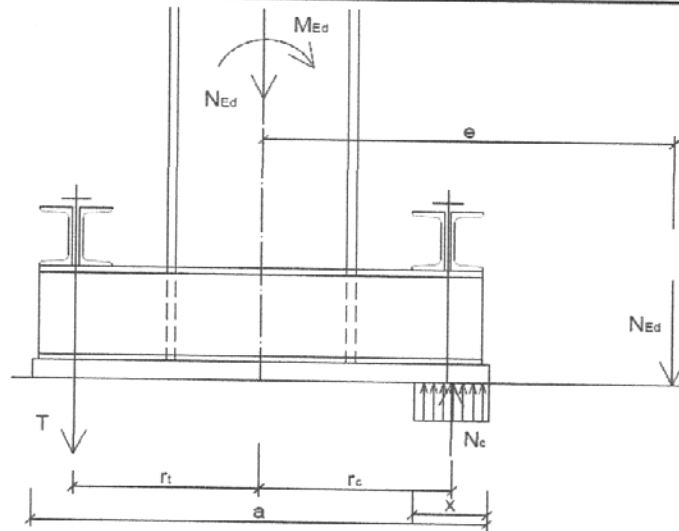
Z těchto dvou rovnic se získá kvadratická rovnice pro x :

$$b_{eff} f_{jd} x^2 - b_{eff} f_{jd} (2r_t + a)x + 2N_{Ed}(e + r_t) = 0$$

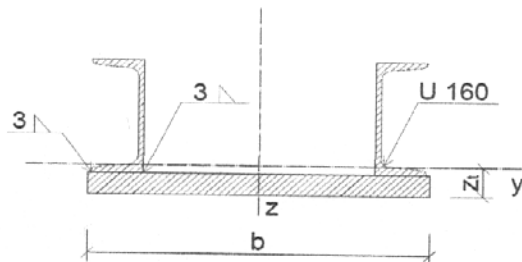
x_1, x_2 jsou kořeny kvadratické rovnice, fyzikální smysl má kořen x_2

- Síla do kotevních šroubů vyplýne ze svislé podmínky rovnováhy:

$$T = N_c - N_{Ed}$$



13.1. Průřez patky



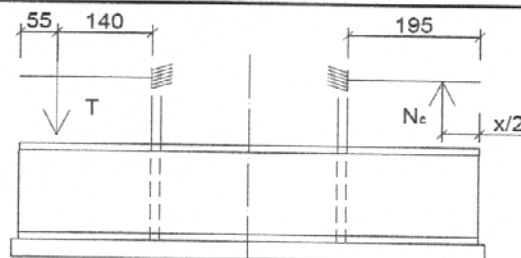
Patní plech:		30	x	430	mm
Výztuhy 2x U160	A	4800 mm ²			
	I _y	1,9E+07 mm ⁴			
	A _{vz}	2520 mm ²			

Svařený průřez:

$$A = 30 \cdot 430 + 4800 = 17700 \text{ mm}^2$$

$$z_T = \frac{\sum A_j z_j}{A} = \frac{30 \cdot 430 \cdot 15 + 4800 \cdot (80 + 30)}{17700} = 40,76 \text{ mm}$$

$$I_y = \frac{430 \cdot 30^3}{12} + 30 \cdot 430 \cdot (40,76 - 15)^2 + 19 \cdot 10^6 + 4800 \cdot (80 + 30 - 40,76)^2 = 5,10E+07 \text{ mm}^4$$



Průřez patky působí jak konzola namáhaná silou ve šroubech T nebo silou mezi betonem a ocelí N_c, viz obrázek. Posoudí se na kombinaci ohybu a smyku:

- tlačaná strana patky - rozhoduje CO3

$$M_p = N_c \left(b_{eff} - \frac{x}{2} \right) = 242 (271 - 27) = 60,40 \text{ kNm}$$

$$V_p = N_c = 242,95 \text{ kN}$$

- tažená strana patky - rozhoduje CO3

$$M_l = T \cdot 0,14 = 186,69 \cdot 0,14 = 26,14 \text{ kNm}$$

$$V_l = T = 186,69 \text{ kN}$$



Protože průřez není symetrický okolo osy y , není možné použít zjednodušený vztah. Výpočet s využitím plastických únosností by byl pracný a proto průřez posoudím pružně.

$$W_{y,h} = \frac{51,01 \cdot 10^6}{160 + 30 - 40,76} = 342003,69 \text{ mm}^3$$

$$W_{y,d} = \frac{51,01 \cdot 10^6}{40,76} = 1252117,5 \text{ mm}^3$$

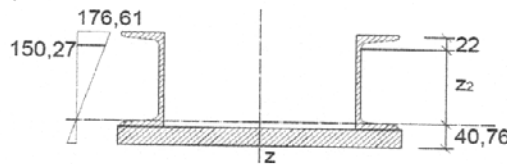
$$\sigma_{h,max} = \frac{M_{max}}{W_{y,h}} = \frac{60,40}{342003} = 176,61 \text{ MPa} < f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} \cong \frac{V_{max}}{A_{vz}} = \frac{242,95}{2520} = 96,41 \text{ MPa} < \frac{235}{\sqrt{3}} = 135,7 \text{ MPa}$$

Protože 96,41 MPa je větší než $0,5 \cdot 135,7 \text{ MPa}$ je nutné posoudit kombinaci $M + V$.

$$\sigma_2 = \frac{M_{max}}{I_y} Z_2 = \frac{60,40}{51,01 \cdot 10^6} \cdot (190 - 22 - 40,76) = 150,27 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_2^2 + 3\tau^2} = \sqrt{150,27^2 + 3 \cdot 96,41^2} = 224,6 \text{ MPa} < 235 \text{ MPa}$$



Průřez patky s výztuhami vyhoví

13.2. Připojení podélných výztuh k patnímu plechu

Návrh: Koutové svary $a = 3 \text{ mm}$, dva svary na jednu výztuhu U160

Svary jsou namáhány podélným smykem silou V_p od ohybu průřezu patky (viz výše) a současně do patního plechu přenášejí reakce sloupu M_{Ed} , N_{Ed} a V_{Ed} . Posouzení je třeba provést v lici sloupu, kde se projevívá vliv síly V_p (řez 1-1), a na konci patky, kde je větší vliv momentu M_{Ed} (řez 2-2) - Rozhoduje levý sloup při CO3, kde působí největší síla V_p a současně největší moment M_{Ed} :

N_{Ed} [kN]	56,26
M_{Ed} [kNm]	150,10
V_{Ed} [kN]	38,83
V_p [kN]	242,95

Napětí ve svarech:

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + \frac{V_p S_{f,y}}{I_y 4 a_{we}}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed}}{I_y} x_i$$

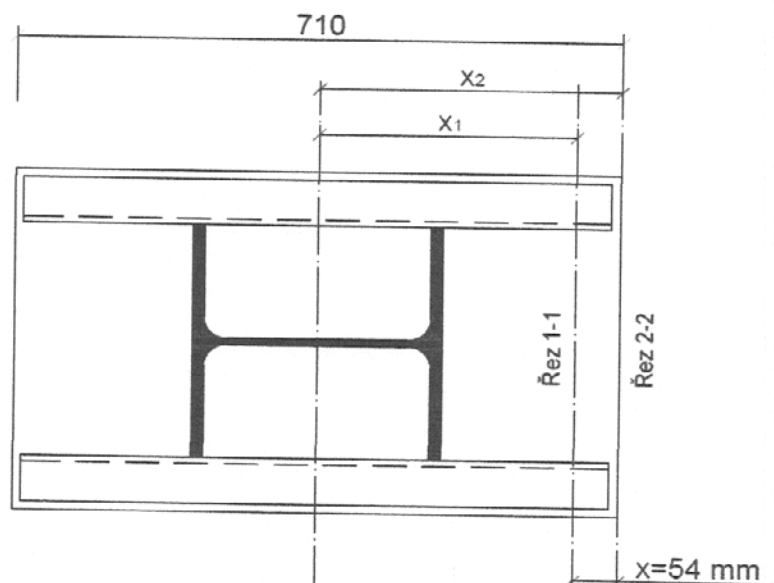
$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sigma_{we} / \sqrt{2}$$

kde $A_{we} = 4 \cdot 3 \cdot 680 =$

8160 mm²

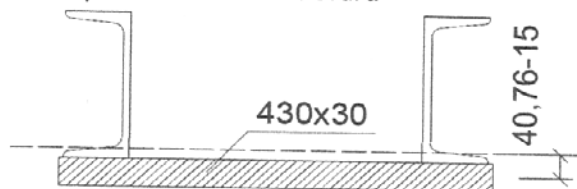
$$I_{we} = \frac{4 \cdot 3}{12} \cdot 680^3 =$$

314432000 mm⁴





statický moment k rovině svaru



$$S_{f,y} = 430 * 30 * (40,76 - 15) = 332338,98$$

Řez 1 - 1

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + \frac{V_p S_{f,y}}{I_y 4 a_{we}} = \frac{38,83}{8160} + \frac{242,9 * 332338,98}{51,07 * 10^6 * 4 * 2} = 83,86 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed}}{I_{we}} x_i = \frac{56,26}{8160} + \frac{150,1 * 10^6}{314432000} (355 - 54) = 186,91 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{186,91}{\sqrt{2}} = 132,17 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{132,2^2 + 3(132,2^2 + 83,86^2)} = 301,61 \text{ MPa}$$

$$\leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 * 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Řez 2 - 2

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + 0 = \frac{38,83}{8160} = 4,76 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed}}{I_y} x_i = \frac{56,26}{8160} + \frac{150,1 * 10^6}{314432000} (355) = 216,94 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{216,94}{\sqrt{2}} = 153,40 \text{ MPa}$$

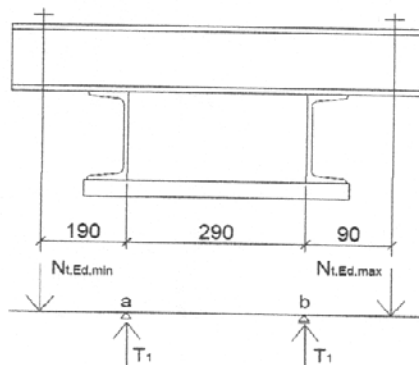
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{153,4^2 + 3(153,4^2 + 4,76^2)} = 306,91 \text{ MPa}$$

$$\leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 * 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Svary podélných výtuh k patnímu plechu vyhoví.

13.3. Kotevní šrouby

Při určení sil do jednoho šroubu musím vzít v úvahu toleranci osazení šroubu, kterou uvažuji +/- 50 mm. Největší sílu do šroubu $N_{t,Ed,max}$ určím z momentové podmínky k působišti síly $N_{t,Ed,min}$. Rozhoduje kombinace s největší silou do kotevních šroubů T - CO3



$$T_1 = \frac{T_{max}}{2} = \frac{186,7}{2} = 93,35 \text{ kN}$$



Určení působivé síly $N_{t,Ed,min}$ z momentové podmínky rovnováhy:

$$N_{t,Ed,max} = \frac{93,4 * (190 + 480)}{560} = 109,7 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed,min} = 186,7 - 109,7 = 76,9 \text{ kN}$$

Návrh: M30 $A_s = 561 \text{ mm}^2$, průměr dřívku $D = 32 \text{ mm}$

porušení v místě řezaného závitu: ... rozhoduje

$$F_{t,Rd} = 0,85 \frac{0,9 A_s f_u}{\gamma_{M2}} = 0,85 * \frac{0,9 * 561 * 360}{1,25} = 123,6 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{803,8 * 235}{1,0} = 188,9 \text{ kN}$$

13.4. Kotevní příčník

Statické schéma kotevního příčníku je patrné ze statického schématu zatížení kotevních šroubů.

$$M_{a,d} = 186,7 * 0,09 = 9,88 \text{ kNm}$$

$$V_{a,d} = 186,7 \text{ kN}$$

$$M_{b,d} = 76,9 * 0,19 = 14,62 \text{ kNm}$$

$$V_{b,d} = 76,9 \text{ kN}$$

Návrh: 2x U 80

$$W_{pl,y} [\text{mm}^3] \quad 63600$$

$$A_{v,z} [\text{mm}^2] \quad 980$$

Posouzení:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{980 * 235}{\sqrt{3}} = 132,964 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} * f_{yd} = 63600 * 234 = 14,946 > M_{Ed,max} = 13,8 \text{ kNm}$$

Průřez a:

$$\rho = \left(\frac{2V_{a,d}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 * 186,7}{132,9} - 1 \right)^2 = 0,157$$

$$M_{V,Rd} = \left(W_{pl} - \frac{\rho A_v^2}{4t_w} \right) = \left(63600 - \frac{0,157 * 980^2}{4 * 6} \right) = 55,14 \text{ kNm}$$

$$\rho = \left(\frac{2V_{b,d}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 * 76,9}{132,9} - 1 \right)^2 = 0,025$$

$$M_{V,Rd} = \left(W_{pl} - \frac{\rho A_v^2}{4t_w} \right) = \left(63600 - \frac{0,025 * 980^2}{4 * 6} \right) = 63,10 \text{ kNm}$$



13.5. Přenos vodorovné posouvací síly do betonové patky

Rozhodující je kombinace zatížení s největší vodorovnou reakcí při nejmenší svislé tlakové síle ve spáře mezi ocelí a betonem. Rozhoduje tedy CO4, budu posuzovat reakce levého sloupu (tab.):

$$R_{y,Ed} \text{ [kN]} \quad 20,57 \quad (\text{vodorovná reakce})$$

$$N_c \text{ [kN]} \quad 66,82 \quad \text{Tlaková síla v spáře mezi ocelí a betonem - viz tab.}$$

Nejdříve posoudím, zda se posouvací síla nepřenese třením mezi patním plechem a betonem (součinitel tření $\mu = 0,2$).

$$V_{Ed}' = \mu N_c = 0,2 * 66,82 = 13,36 \text{ kN} < R_{y,Ed} = 20,57 \text{ kN}$$

Tření není dostatečné.

Do tlakové síly ve spáře mezi ocelí a betonem mohu započítat i vliv utažení kotevních šroubů. Předepíšeme předepnutí šroubů při utažení alespoň na sílu $0,1 * A_s * f_{yd}$.

Potom mohu brát v úvahu:

$$N_c' = N_c + 0,1 * A_s f_{yd} = 66,82 + 0,1 * 527,34 = 119,5521 \text{ kN}$$

$$V_{Ed}' = 0,2 * 119,55 = 23,91 \text{ kN} > R_{y,Ed} = 20,57 \text{ kN}$$

Pro přenos vodorovné reakce není třeba navrhnout zarážka.

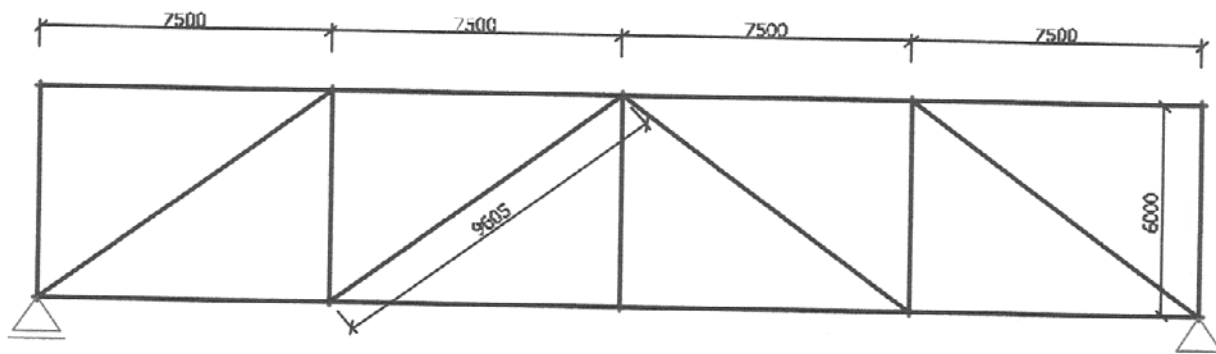


14. Ztužení haly II.

14.1. Příčné ztužidlo ve střešní rovině

14.1.1. Geometrie, zatížení a vnitřní síly

Ve střeše jsou navržena 2 příčná ztužidla u štítů haly. Jednomu ztužidlu přisoudím maximální zatížení sáním větru. Druhé ztužidlo nadimenzuji stejně a rezervu přisoudím na zatížení třením větru. U zatížení od maximálního tlaku větru ověřím zda tlaková síla do vaznice nezpůsobí její vybočení.



Síly do uzlů v příhradové konstrukci odpovídají silám od sloupků štítové stěny. Geometrie štítové stěny je patrná z kapitoly 15. První pole je zatíženo oblastí A a zbytek polí je zatíženo oblastí B. Následuje výpočet jednotlivých sil:

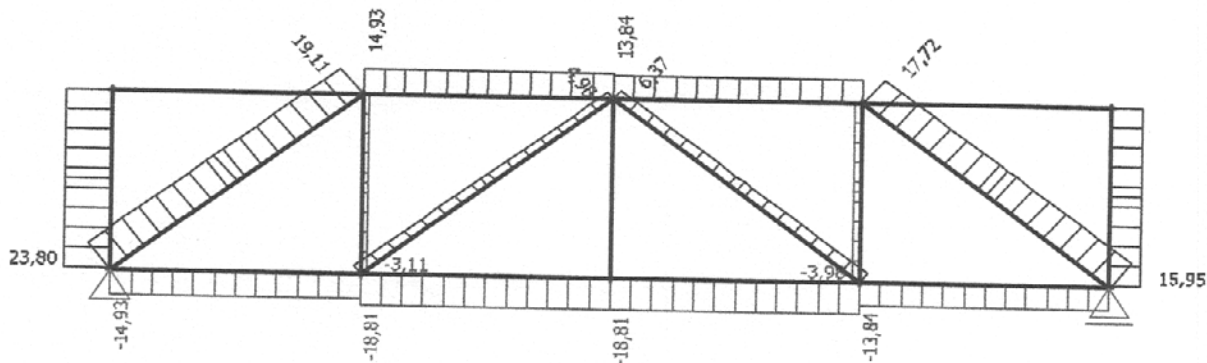
Sání:

$$W_{1,Ed} = 0,94 * 1,5 * \frac{7,5}{2} * \frac{9}{2} = 23,8 \text{ kN}$$

$$W_{2,Ed} = (0,94 * 1,5 * \frac{7,5}{2} + 0,63 * 1,5 * 7,5/2) * \frac{2}{2} = 8,83 \text{ kN}$$

$$W_{3,4,Ed} = 0,63 * 1,5 * 7,5 * \frac{2}{2} = 7,09 \text{ kN}$$

$$W_{5,Ed} = 0,63 * 1,5 * \frac{7,5}{2} * \frac{9}{2} = 15,95 \text{ kN}$$



14.1.2. Vnitřní síly - sání

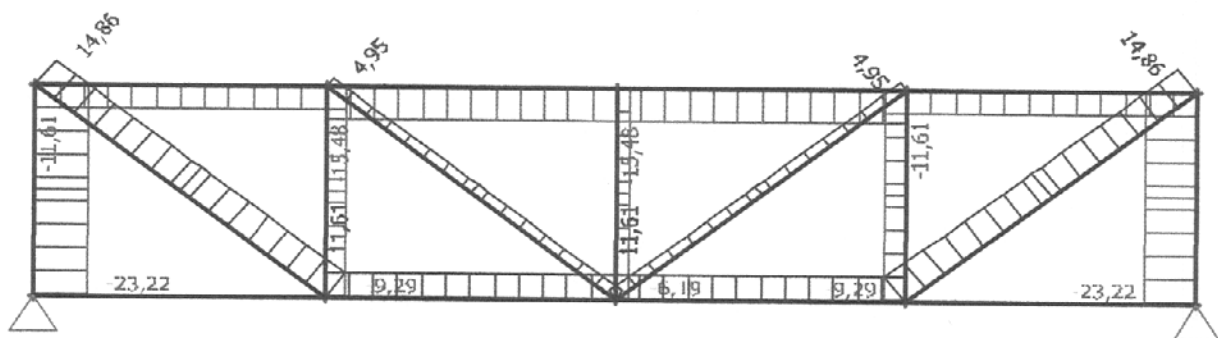
Reakce [kN]	35,74 (tah)	
Diagonála [kN]	19,11 (tah)	
Pás Nmax [kN]	18,81	... DK vazník - nerozhodující
Svislice [kN]	3,11 (tlak)	



Maximální tlak větru

$$W_{1,5,Ed} = 0,55 * 1,5 * \frac{7,5}{2} * \frac{9}{2} = 13,93 \text{ kN}$$

$$W_{2,3,4,Ed} = 0,55 * 1,5 * 7,5 * \frac{2}{2} = 6,19 \text{ kN}$$



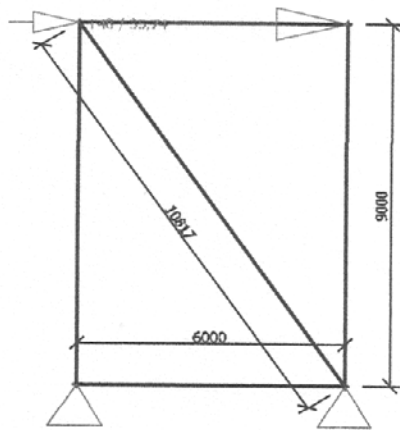
14.1.3. Vnitřní síly - Tlak

Reakce [kN]	23,22 (tlak)	
Diagonála [kN]	14,86 (tah)	
Pás Nmax [kN]	15,48	... DK vazník - nerozhodující
Svislice [kN]	23,22 (tlak)	

Max Tah v diagonále je 19,11 kN. Navrhuji systém táhel DETAN - S460 s průměrem 16mm.
 NRd = 70,5 kN. Menší průměr nelze zvolit, protože nesplňuje podmínku výrobce na maximální délku. Viz přílohy str.

14.2. Podélné ztužení Hala II

14.2.1. Schéma a zatížení



Zatížení větrem na štíty od podélného větru

Návětrná strana při max. Tlaku větru - $F_{1,Ed} = 23,22 \text{ kN}$ (max. Tlak)

Závětrná strana při max. Sání větru $F_{2,Ed} = 35,74 \text{ kN}$ (max. Tah)

Zatížení vlivem rámových imperfekcí

Největší síla ve sloupu od zatížení bez vlivu větru (KZ5) - $N_{Ed} = 209,33 \text{ kN}$



Součinitele pro vliv výšky a počtu sloupů a počtu podlaží na jednu ztužidlo:

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{9}} = 0,66, \text{ pro } \alpha_h \geq \frac{2}{3} \text{ platí } \alpha_h = \frac{2}{3}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 + \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 + \left(1 + \frac{1}{9}\right)} = 0,782$$

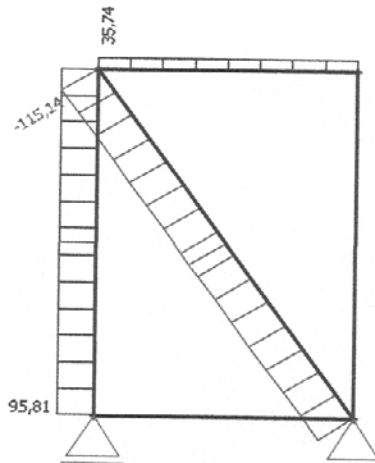
Ekvivalentní počáteční natočení sloupů

$$\phi = \phi_0 * \alpha_h * \alpha_m = \frac{2}{3} * 0,782 * \frac{1}{200} = \frac{391}{150\,000}$$

Ztužidlo přenáší vodorovnou sílu z podélné stěny haly I. Ekvivalentní vodorovná síla ze všech sloupů je tedy:

$$H_\phi = \phi \sum N = \frac{391}{150\,000} * 9 * 209,33 = 4,91 \text{ kN}$$

Pro max. zatížení větrem tedy platí: $N_{ed,max} = 115,14 \text{ kN}$



14.2.2. Posouzení:

$$L_{cr} = 10,82 \text{ m}$$

Návrh TR 127 x 12,5

$$A = 4496 \text{ mm}^2$$

$$I = 7460000 \text{ mm}^4$$

Pružná kritická síla:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 210\,000 * 74,6 * 10^5}{10\,820^2} = 132,1 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{4496 * 235}{132,1 * 10^3}} = 2,829$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = 0,116 \text{ pro křivku vzpěrné pevnosti a}$$

Vzpěrná tlaková únosnost

$$N_{b,Rd} = \chi * A * f_{yd} = 0,116 * 4496 * 235 = 122,6 \text{ kN} > 115,14 \text{ kN}$$

Profil TR 127 x 12,5 na vzpěr vyhoví



15. Štítová stěna Hala II.

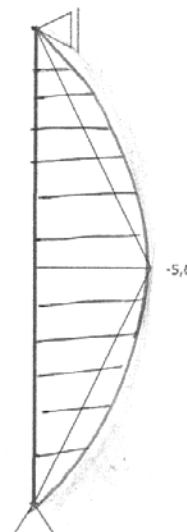
15.1. Zjistění rozhodujícího sloupku

Všechny sloupky v této štítové stěně mají totožnou délku a to 2 metry.
Rozhodující bude první sloupek který je zatížen spojitým zatížením 5,8575 kN/m.

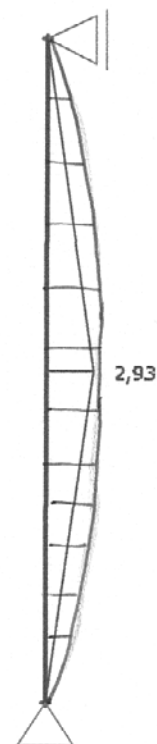
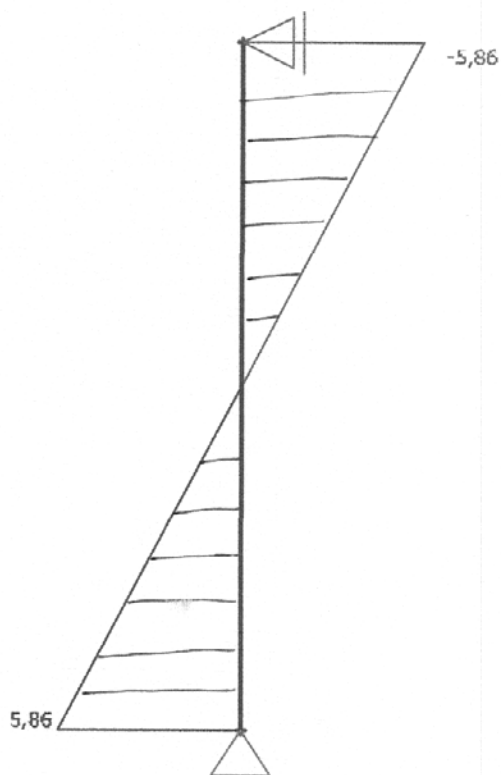
Výběr rozhodujícího sloupku podle MSP

$$\delta_{lim,1} = \frac{L_1}{300} = \frac{2\,000}{300} = 6,66\text{ mm}$$

Volím proto průřez 80:
pro ten vychází maximální průhyb 2,9 mm.
Tento průřez tedy na průhyb bezpečně vyhoví.



15.2. Vnitřní síly





15.3. Posouzení

$$W_{pl,min} = \frac{M_{max}}{f_{y,d}} = \frac{2,93 \cdot 10^6}{355} = 8253,5 \text{ mm}^3$$

Profil U80

$$W_{pl,y} = 31,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$M_{rd} = W_{pl,y} \cdot f_{y,d} = 31,8 \cdot 10^3 \cdot 355 = 11,29 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$= 11,29 \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = 11,3 \text{ kNm} > 2,93 = M_{Ed}$$

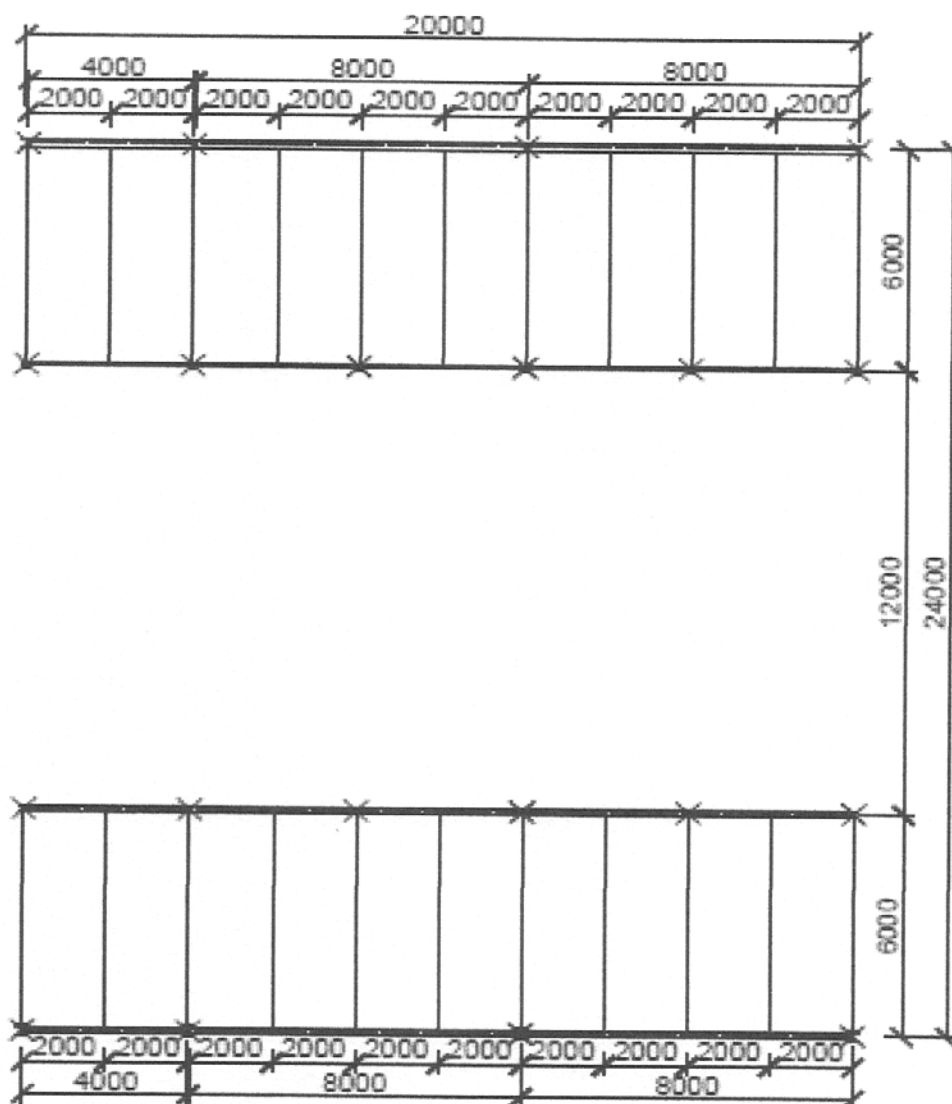


16. Výpočet vestavby

Vestavba se nachází v zadní ocelové hale. Tato vestavbu je navržena jako dvoupatrová a bude sloužit jako zázemí pro divadelní potřeby a kanceláře. Půdorysné schéma, příčný i podélný řez jsou patrné z obrázku. Konstrukční výška podlaží je 2,5 m. V příčném směru má vestavba jeden trakt o délce 6 m. V podélném směru jsou 3 pole s rozměry 4+8+8 m, celková délka je tedy 20 m.

Strop přízemí je vytvořen monolitickou betonovou deskou, betonovanou do ztraceného bednění z trapézového plechu. Deska je podepřena stropnicemi s roztečí 2 m. Všechny stropní nosníky jsou napojeny kloubově a jsou spřaženy s betonovou deskou pomocí přivařených spřahovacích trnů. Stropnice i průvlaky budou při betonáži podepřeny. Strop druhého patra je také vytvořen jako monolitická betonová deska, ale její zatížení bude pouze výjimečné.

Dispoziční výkres a detaily patek a přípojů budou součástí výkresové dokumentace.





16.1. Výpočet zatížení

Jelikož se jedná o vestavbu nebudu brát v úvahu zatížení sněhem a větrem. Bude se posuzovat pouze na zatížení od vlastní tíhy a od užitého zatížení. Pro posuzování plechů je nutné určit odděleně zatížení v montážním a provozním stádiu. Jelikož jsou stropnice i průvlak při montáži podepřeny mohu je posuzovat pouze v provozním stádiu.

a) Montážní stádium

Stálé	g_k [kN/m ²]	γ_G [-]	g_d [kN/m ²]
betonová deska	2,26	1,35	3,051
trapézový plech (odhad)	0,1	1,35	0,135
celkem	2,36	1,35	3,186

Betonová deska: tíha čerstvého betonu je 26 kN/m³.

$$\text{srovnávací tloušťka: } t_{\text{deska}} = 70 + 50 \frac{54 + 30,5}{250} = 87 \text{ mm}$$

$$0,087 \text{ m} * 26 \text{ kN/m}^3 = 2,26 \text{ kN/m}^2$$

Proměnné	q_k [kN/m ²]	γ_Q [-]	q_d [kN/m ²]
rovnoměrné	0,75	1,5	1,125
zvětšené na čtverci 3 x 3 m	1,5	1,5	2,25

b) Provozní stádium

Stálé	g_k [kN/m ²]	γ_G [-]	g_d [kN/m ²]
nášlapná vrstva tl. 60 mm	1,2	1,35	1,62
betonová deska: 0,087 m*25 kN/m ²	2,18	1,35	2,943
trapézový plech (odhad)	0,1	1,35	0,135
podhled	0,15	1,35	0,2025
celkem:	3,63	1,35	4,9005

Proměnné	q_k [kN/m ²]	γ_Q [-]	q_d [kN/m ²]
užitné zatížení	2,5	1,5	3,75
přímístitelné příčky s vlastní tíhou mezi 0,1 kN/m a 0,2 kN/m	0,8	1,5	1,2
celkem:	3,3	1,5	4,95

c) Provozní stádium - "střecha"

Stálé	g_k [kN/m ²]	γ_G [-]	g_d [kN/m ²]
betonová deska: 0,087 m*25 kN/m ²	2,18	1,35	2,943
trapézový plech (odhad)	0,1	1,35	0,135
podhled	0,15	1,35	0,2025
celkem:	2,43	1,35	3,2805

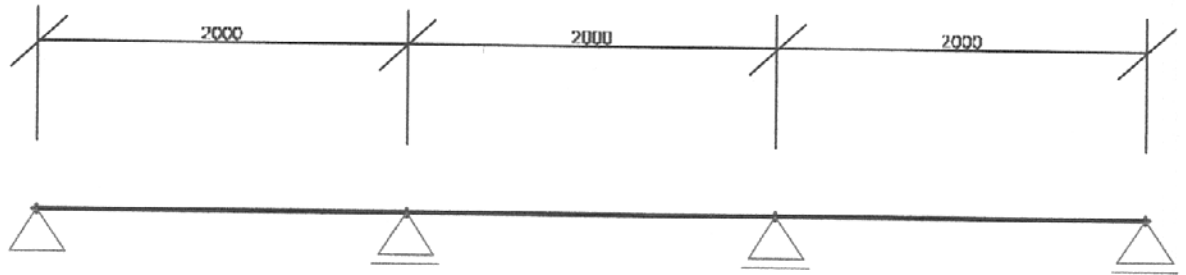
Proměnné	q_k [kN/m ²]	γ_Q [-]	q_d [kN/m ²]
užitné zatížení	1	1,5	1,5
celkem:	1	1,5	1,5



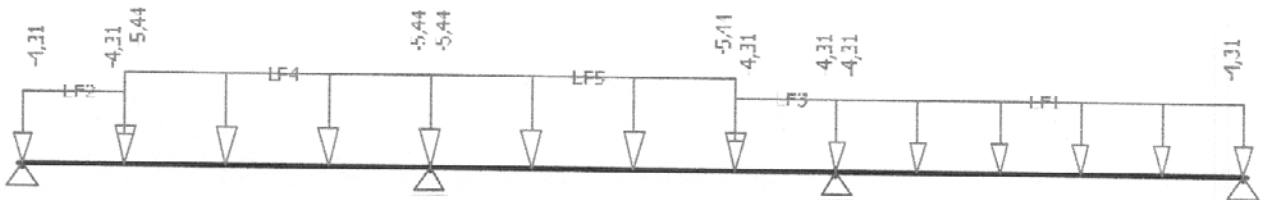
16.2. Stropní konstrukce

16.2.1. Trapézové plechy

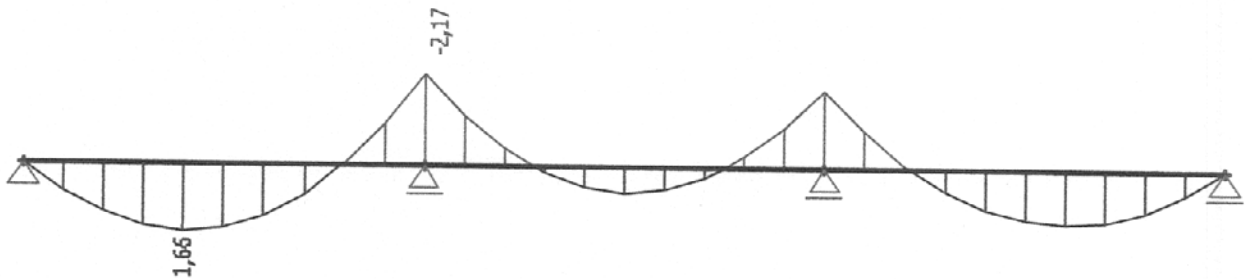
Statické schéma



Trapézový plech je navržen jako spojitý nosník o třech polích pro přenos zatížení v montážním stádiu. Rozpětí pole odpovídá vzdálenosti stropnic.



Ohybový moment



Potřebný průřezový modul pro TR plech z oceli S320

$$(f_{yd} = f_y / \gamma_{M1} = 320 / 1,0 = 320 \text{ MPa})$$

$$W_{min} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{2,17 \cdot 10^6}{320} = 6781 \text{ mm}^3/\text{m}$$

Návrh: TR 50/250/0,75 mm ocel S320GD

m [kg/m²] 7,55

W_{eff,min} [mm³/m] 8030

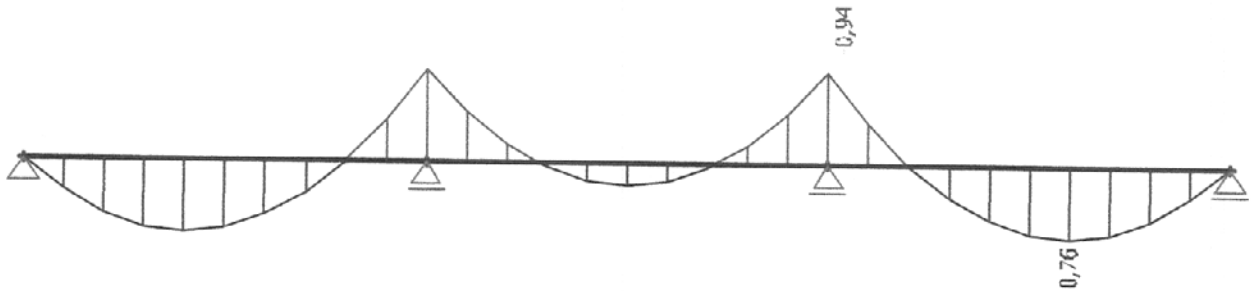
I_{eff,min} [mm⁴/m] 212000



Posouzení plechu
MSÚ - momentová únosnost

$$M_{eff,Rd} = W_{eff} * f_{yc} = 8\,030 * 320 = 2,57 * 10^6 \text{ Nmm/m} = 2,57 \text{ kNm/m}$$

MSP - průhyb
Průhyb se určí pouze od stálého zatížení.



$$\delta = \frac{1}{E I_{eff}} \left(\frac{5}{384} g_k L^4 + \frac{1}{16} M_{b,k} L^2 \right) = \frac{1}{210\,000 * 212\,000} *$$

$$* \left(\frac{5}{384} 2,36 * 2000^4 - \frac{1}{16} 0,94 * 10^6 * 2000^2 \right) = 5,77 \text{ mm}$$

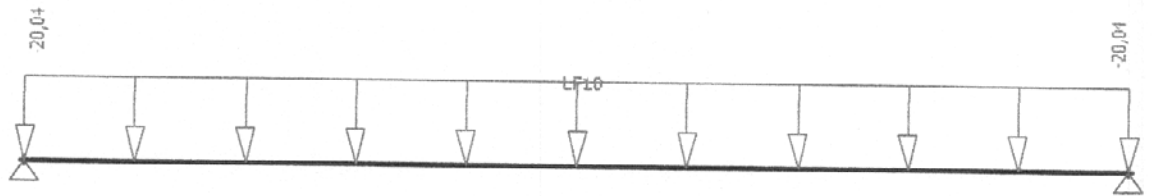
$$\delta = 5,77 \text{ mm} \leq \frac{t_{deska}}{10} = \frac{87}{10} = 8,7 \text{ mm}$$

Není třeba uvažovat rybníkový efekt, trapézový plech vyhoví.

16.2.2. Stropnice

Stropnice je připevněna kloubově k průvlaku. Návrh a posouzení je uvedeno pro běžnou (vnitřní) stropnici s rozpětím 6 m. Stropnice je při betonáži podepřena.

Statické schéma



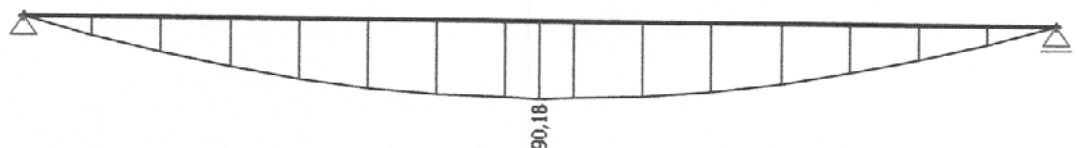
16.2.2.1. Zatížení a vnitřní síly

Výpočet zatížení viz strana

$$g_d + q_d = (4,90 + 4,95) * 2,0 + 0,34 = 20,04 \text{ kN/m}$$

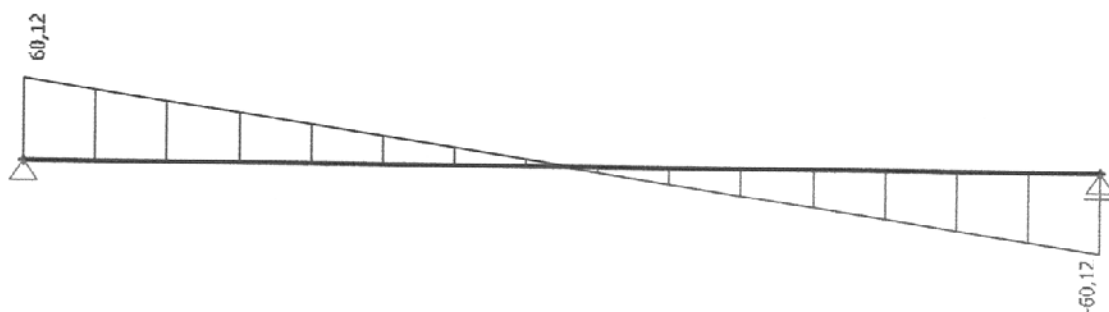
Vnitřní síly

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} f L^2 = \frac{1}{8} 20,04 * 6^2 = 90,18 \text{ kNm}$$





$$V_{Ed} = \frac{1}{2} f L = \frac{1}{2} * 20,04 * 6 = 60,12 \text{ kN}$$



Potřebný průřezový modul pro ocel S355 pokud by moment měl přenést samotný ocelový profil.

$$W_{min} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{90,12 * 10^6}{355} = 253 * 10^3 \text{ mm}^3$$

Návrh: IPE 160	m [kg/m]	15,8	-	Skutečná tíha profilu je menší než odhad, nebude tedy přepočítávat zatížení.
	A [mm ²]	2009		
	W _{pl,y} [mm ³]	123900		
	I _y [mm ⁴]	8690000		
	A _{vz} [mm ²]	966		

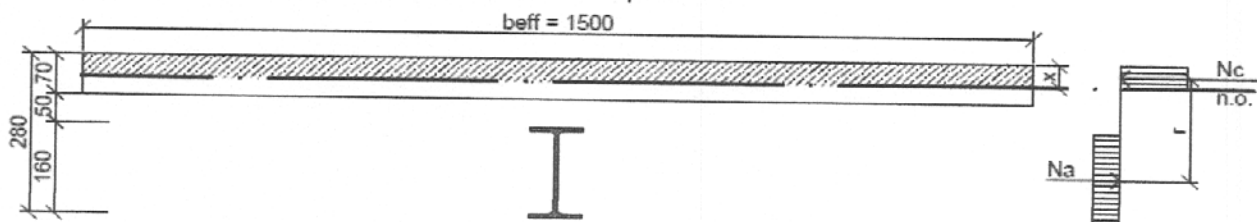
16.2.2.2. Posouzení stropnice

MSÚ

Posuzuje se:

- momentová únosnost
- smyková únosnost
- spřažení

Plastická ohybová únosnost ocelobetonového průřezu



Účinná šířka desky:

$$b_{eff} = 2b_{e1} = L/4 = 6000/4 = 1500 \text{ mm}$$

$$b_{eff} < B = 2000 \text{ mm, proto platí } b_{eff} = 1500 \text{ mm}$$

Beton C25/30 f_{ck} [MPa] 25

$$f_{cd} = 0,85 \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \frac{25}{1,5} = 14,17 \text{ MPa}$$



Předpoklad : neutrální osa leží v betonové desce (viz obr.).

Rovnováha vnitřních sil:

$$N_a = N_c$$

$$A_a * f_{yd} = x * b_{eff} * f_{cd}$$

$$2009 * 355 = x * 1500 * 14,2$$

$$x = \frac{2009 * 355}{1500 * 14,2} = 33,5 \text{ mm} < 70 \text{ mm} \quad \dots \text{předpoklad splněn}$$

Výpočet momentové únosnosti

$$r = \frac{160}{2} + 50 + 70 - \frac{33,5}{2} = 183,33 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = N_a * r = N_c * r = 2009 * 355 * 183,33 = 130,7 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,Rd} = 130,7 * 10^6 \text{ Nmm} = 130,7 \text{ kNm} > M_{Ed} = 90,18 \text{ kNm}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 966 * 355 / \sqrt{3} = 198,0 * 10^3 \text{ N} = 198,9 \text{ kN} \gg V_{Ed} = 60,12 \text{ kN}$$

Profil IPE 160 na únosnost vyhoví

16.2.2.3. Spřažení: přivařený trn 19/100

Únosnost jednoho trnu:

$$P_{Rd,1} = 0,8 f_u \frac{\pi d^2}{4} \frac{1}{\gamma_V} = 0,8 * 360 * \frac{\pi * 19^2}{4} \frac{1}{1,25} = 65 325 \text{ N}$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}} \frac{1}{\gamma_V} = 0,29 * 1 * 19^2 \sqrt{25 * 31000} \frac{1}{1,25} = 73 730 \text{ N}$$

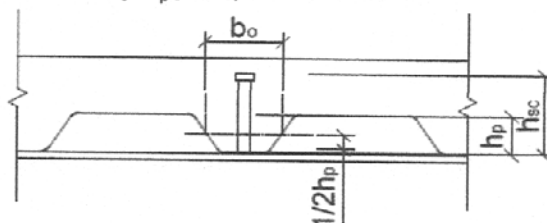
kde $\alpha = 1$ pro $h_{sc} > 4 d$ $\frac{h_{sc}}{d} = \frac{100}{19} = 5,3 > 4$

E_{cm} je sečnový modul pružnosti betonu

Je zapotřebí redukovat únosnost trnu součinitelem k_t , protože se trn nachází v žebrové desce.

$$k_t = \frac{0,7 b_0}{\sqrt{n_r} h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7 * 84,5}{\sqrt{1} * 50} \left(\frac{100}{50} - 1 \right) = 1,18$$

kde n_r je počet trnů v žebru
 h_{sc} výška trnu,
 rozměry b_0 , h_p jsou patrné z obrázku.



Při uvážení pouze jednoho trnu $d \leq 20 \text{ mm}$ v každé vlně se pro trny přivařené přes plech tl. menší nebo rovné 1 mm omezuje hodnota $k_t \leq 0,85$.



Únosnost trnu v žebře $P_{Rd} = 0,85 * 65,3 = 55,5 \text{ kN}$

Síla na sprážením na jedné polovině nosníku (viz obr.):

$$F_{cf} = N_C = N_A = 2009 * 355 = 713,2 * 10^3 \text{ N} = 713 \text{ kN}$$

Počet potřebných trnů na jedné polovině nosníku:

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{713}{55,5} = 12,9 \Rightarrow 13 \text{ trnů}$$

Trny lze umístit pouze do žebber trapézového plechu. Na polovinu nosníku lze tedy umístit $3000/250 = 12$ trnů.

Jelikož lze umístit méně trnů, než kolik je třeba pro úplné sprážením posoudím na částečné sprážením.

Plastická momentová únosnost samotného IPE profilu se stanoví z následujícího vztahu:

$$M_{a,pl,Rd} = W_{pl,y} * f_y = 123\,900 * 355 = 44,0 * 10^6 \text{ Nmm} = 44,0 \text{ kNm}$$

Při neúplném sprážením je třeba přenést následující sílu

$$F_C = \frac{M_{Ed} - M_{a,pl,Rd}}{M_{pl,Rd} - M_{a,pl,Rd}} F_{cf} = \frac{90,18 - 44,0}{130,7 - 44,0} * 713 = 379,9 \text{ kN}$$

$$n_f = \frac{F_C}{P_{Rd}} = \frac{379,9}{55,5} = 6,85 \Rightarrow 7 \text{ trnů}$$

Výsledný počet trnů je menší než počet žebber.

Navržen spráhovací trn 19/100 do každého žebra.

16.2.2.4. Posouzení - MSP

Posoudí se:

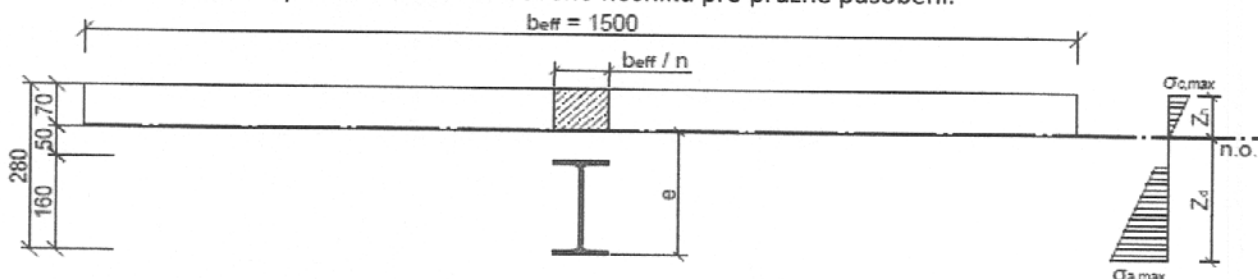
- pružné posouzení nosníku při provozním zatížení (součinitel zatížení
- průhyb

$$\gamma_G = \gamma_Q \Rightarrow 1,0$$

Vnitřní síly:

$$M_{Ek} = \frac{1}{8} f_k L^2 = \frac{1}{8} * 14,11 * 6^2 = 63,49 \text{ kNm}$$

Určení ideálního průřezu ocelobetonového nosníku pro pružné působení.



Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování betonu lze určit přibližně jako:

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31\,000}{2} = 15\,500 \text{ MPa}$$

Pracovní součinitel (poměr modulů pružnosti oceli a betonu)

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210\,000}{15\,500} = 13,55$$



Plocha ideálního průřezu

$$A_i = 2009 + 70 * \frac{1500}{13,55} = 9\,758 \text{ mm}^2$$

Těžiště ideálního průřezu

$$e = \frac{2009 * 160/2 + 70 * 1500/13,55 * (160 + 50 + 70/2)}{9\,758} = 211,0 \text{ mm}$$

Neutrální osa prochází betonovou deskou.

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = 8,693 * 10^6 + 2009 * (211 - 80)^2 + \frac{1}{13,55} \left(\frac{1500 * 70^3}{12} + 1500 * 70 * (211 - 160 - 50 - 70/2)^2 \right) = 55,29 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Největší napětí v ocelovém profilu je v jeho spodních vláknech

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} z_d = \frac{63,49 * 10^6}{55,29 * 10^6} * 211 = 242,3 \text{ MPa} \leq f_y = 355 \text{ MPa}$$

Největší napětí v betonové desce:

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n * I_i} z_h = \frac{63,49 * 10^6}{13,55 * 55,29 * 10^6} * (280 - 211) = 5,85 \text{ MPa}$$

$$5,85 \text{ MPa} \leq 0,85 f_{ck} = 0,85 * 25 = 21,25 \text{ MPa}$$

Nosník při provozním zatížení působí pružně.

Celkový průhyb nesmí narušit vzhled objektu. Ověřím tedy pouze hodnotu průhybu od proměnného zatížení.

$$\delta_2 = \frac{5 q_p L^4}{384 E I_i} = \frac{5 (3,3 * 10^{-3} * 2,0 * 10^3) * 6\,000^4}{384 * 210\,000 * 55,29 * 10^6} = 9,59 \text{ mm}$$

$$9,59 \text{ mm} < \frac{L}{250} = \frac{6000}{250} = 24 \text{ mm}$$

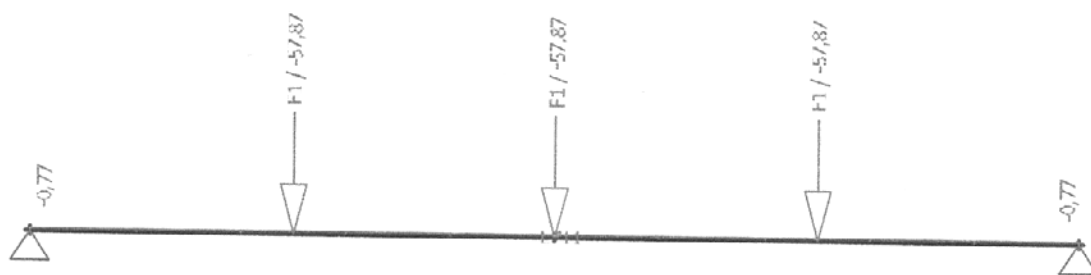
Průhyb vyhoví

Profil IPE 160 vyhoví



16.2.3. Průvlak - délky 8 metrů na vnější straně

Navrhuji nejdelší průvlak. Všechny průvlakly budou zatíženy stejnou silou.
Statické schéma + zatížení



16.2.3.1. Zatížení a vnitřní síly

Při návrhu prvků stropní desky lze redukovat užité zatížení stejného původu redukčním součinitelem α_A :

dohledat v OK 2 zatizeni cvut praha 2011

$$\alpha_A = \frac{5}{7}\psi_0 + \frac{A_0}{A} = \frac{5}{7}0,7 + \frac{10}{3 \cdot 8} = 0,916$$

$$0,6 < \alpha_A < 1,0$$

kde: A - zatěžovací plocha
A₀ - referenční plocha 10 m²
 ψ_0 - kombinační součinitel je pro kancelářské plochy roven 0,7

Reakce z připojených stropnic:

$$F_{Ek} = ((3,63 + 2,5 \cdot 0,916 + 0,8) \cdot 2 + 0,16) \cdot \frac{6}{2} = 40,8 \text{ kN}$$

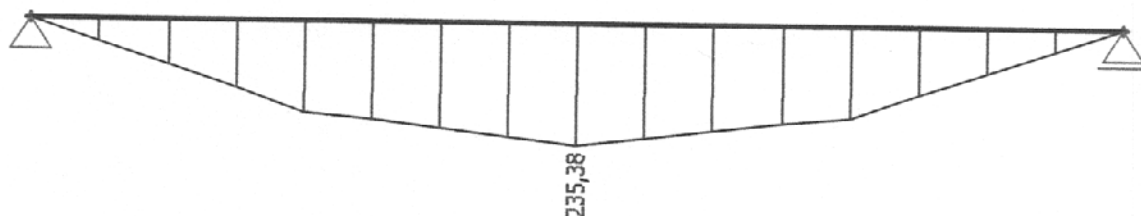
$$F_{Ed} = ((4,9 + 3,75 \cdot 0,916 + 1,2) \cdot 2 + 0,22) \cdot \frac{6}{2} = 57,87 \text{ kN}$$

Vlastní tíha průvlaku (IPE 360):

$$g_k = 0,571 \text{ kN/m}$$

$$g_d = 0,571 \cdot 1,35 = 0,771 \text{ kN/m}$$

Ohybový moment



$$M_{Ed} = 237,65 \text{ kNm}$$

Potřebný průřezový modul pro ocel S355 za předpokladu, že by samotný ocelový profil měl přenést moment M_{Ed} .

$$W_{min} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{237,65 \cdot 10^6}{355} = 669 \,437 \text{ mm}^3$$



Vzhledem k průhybu volím profil IPE 360. Tento profil má větší W_y větší než W_{min} proto nebudu posuzovat spřažení, protože zatížení momentem přenese profil samotný.

Návrh: IPE 360	m [kg/m]	57,1
	A [mm ²]	7273
	$W_{pl,y}$ [mm ³]	1019000
	I_y [mm ⁴]	1,6E+08
	A_{vz} [mm ²]	3514

16.2.3.2. Posouzení průvlaku

MSÚ

Posuzuje se:

- momentová únosnost
- smyková únosnost

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \frac{f_{yd}}{\gamma_{M1}} = 1\,019\,000 * \frac{355}{1,0} = 361,7 * 10^3 N = 361,75 kN \gg M_{Ed} = 237,7 kN$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 3514 * \frac{355}{\sqrt{3}} = 679,65 * 10^3 N = 680 kN \gg V_{Ed} = 89,89 kN$$

Profil IPE 360 na únosnost vyhoví

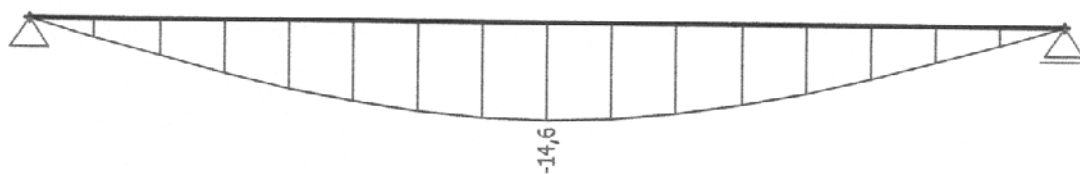
16.2.3.3. Posouzení - MSP

Posoudí se:

a) průhyb

Celkový průhyb nesmí narušit vzhled objektu. Ověřím tedy pouze hodnotu průhybu od proměnného zatížení.

$$F_{qk} = ((2,5 * 0,916 + 0,8) * 2) * \frac{6}{2} = 18,54 kN$$



$$\delta_2 = 14,6 \text{ mm viz obr.}$$

$$14,6 \text{ mm} < \frac{L}{400} = \frac{8\,000}{400} = 20 \text{ mm}$$

Průhyb vyhoví

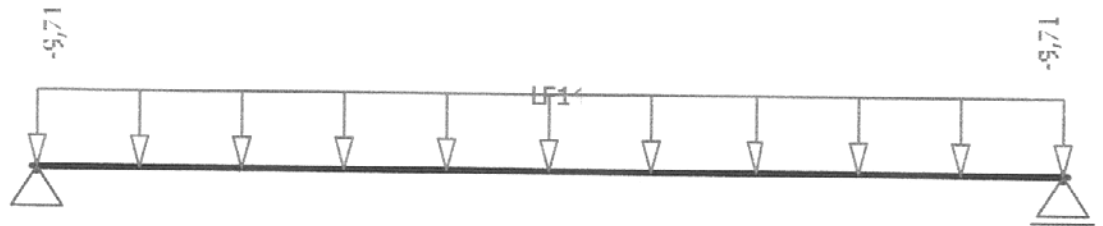
Profil IPE 360 vyhoví



16.2.4. Stropnice - prvního patra

Stropnice je připevněna kloubově k průvlaku. Návrh a posouzení je uvedeno pro běžnou (vnitřní) stropnici s rozpětím 6 m. Stropnice je při betonáži podepřena.

Statické schéma + zatížení

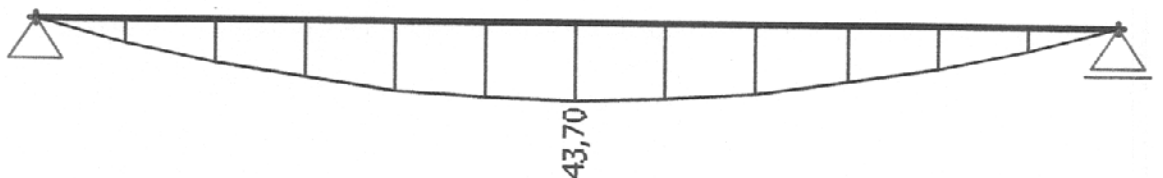


Výpočet zatížení viz strana

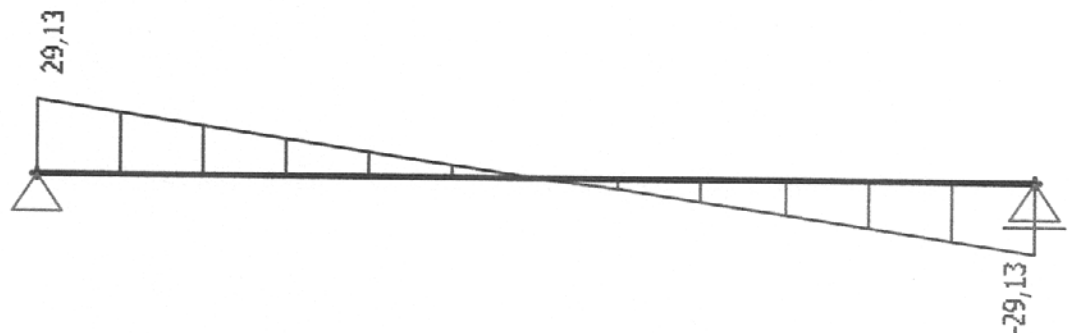
$$g_d + q_d = (3,28 + 1,5) * 2,0 + 0,15 = 9,71 \text{ kN/m}$$

16.2.4.1. Zatížení a vnitřní síly

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} f L^2 = \frac{1}{8} * 9,71 * 6^2 = 43,7 \text{ kNm}$$



$$V_{Ed} = \frac{1}{2} f L = \frac{1}{2} * 9,71 * 6 = 29,13 \text{ kN}$$



Potřebný průřezový modul pro ocel S355 pokud by moment měl přenést samotný ocelový profil.

$$W_{min} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{43,7 * 10^6}{355} = 123,084 * 10^3 \text{ mm}^3$$

Návrh: IPE 100	m [kg/m]	8,1
	A [mm ²]	1032
	W _{pl,y} [mm ³]	39410
	I _y [mm ⁴]	1710000
	A _{vz} [mm ²]	509



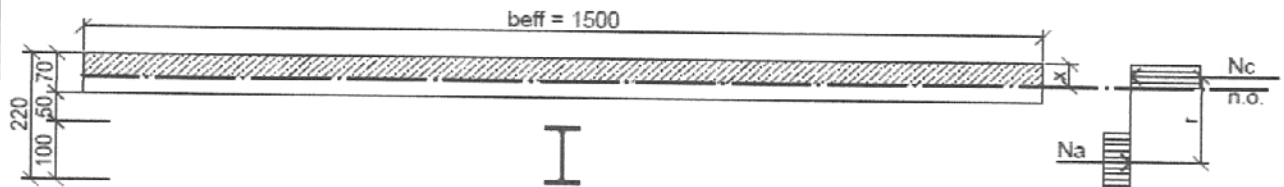
16.2.4.2. Posouzení stropnice

MSÚ

Posuzuje se:

- momentová únosnost
- smyková únosnost
- spřažení

Plastická ohybová únosnost ocelobetonového průřezu



Účinná šířka desky:

$$b_{eff} = 2b_{e1} = L/4 = 6000/4 = 1500 \text{ mm}$$

$$b_{eff} < B = 2000 \text{ mm}, \text{ proto platí } b_{eff} = 1500 \text{ mm}$$

Beton C25/30 f_{ck} [MPa] 25

$$f_{cd} = 0,85 \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 \frac{25}{1,5} = 14,17 \text{ MPa}$$

Předpoklad : neutrální osa leží v betonové desce (viz obr.).

Rovnováha vnitřních sil:

$$N_a = N_c$$

$$A_a * f_{yd} = x * b_{eff} * f_{cd}$$

$$1032 * 355 = x * 1500 * 14,2$$

$$x = \frac{1032 * 355}{1500 * 14,2} = 17,24 \text{ mm} < 70 \text{ mm} \quad \dots \text{předpoklad splněn}$$

Výpočet momentové únosnosti

$$r = \frac{100}{2} + 50 + 70 - \frac{17,24}{2} = 161,38 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = N_a * r = N_c * r = 1032 * 355 * 161,38 = 59,123 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,Rd} = 59,123 * 10^6 \text{ Nmm} = 59,1 \text{ kNm} > M_{Ed} = 43,70 \text{ kNm}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 509 * \frac{355}{\sqrt{3}} = 104,32 * 10^3 \text{ N} = 104,3 \text{ kN} \gg V_{Ed} = 29,13 \text{ kN}$$

Profil IPE 100 na únosnost vyhoví



16.2.4.3. Spřažení: přivařený trn 19/100

Únosnost jednoho trnu:

$$P_{Rd,1} = 0,8 f_u \frac{\pi d^2}{4} \frac{1}{\gamma_V} = 0,8 * 360 * \frac{\pi * 16^2}{4} \frac{1}{1,25} = 46\,323\,N$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}} \frac{1}{\gamma_V} = 0,29 * 1 * 16^2 \sqrt{25 * 31000} \frac{1}{1,25} = 52\,285\,N$$

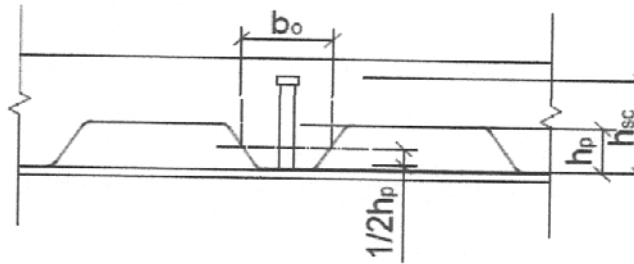
kde $\alpha = 1$ pro $h_{sc} > 4d$ $\frac{h_{sc}}{d} = \frac{100}{16} = 6,25 > 4$

E_{cm} je sečnový modul pružnosti betonu

Je zapotřebí redukovat únosnost trnu součinitelem k_t , protože se trn nachází v žebrové desce.

$$k_t = \frac{0,7 b_0}{\sqrt{n_r} h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7 * 84,5}{\sqrt{1} * 50} \left(\frac{100}{50} - 1 \right) = 1,18$$

kde n_r je počet trnů v žebru
 h_{sc} výška trnu,
 rozměry b_0 , h_p jsou patrné z obrázku.



Při uvážení pouze jednoho trnu $d \leq 20$ mm v každé vlně se pro trny přivařené přes plech tl. menší nebo rovné 1 mm omezuje hodnota $k_t \leq 0,85$.

Únosnost trnu v žebru $P_{Rd} = 0,85 * 46,3 = 39,37$ kN

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku (viz obr.):

$$F_{cf} = N_C = N_A = 1032 * 355 = 366,4 * 10^3 N = 366\,kN$$

Počet potřebných trnů na jedné polovině nosníku:

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{366}{39,37} = 9,3 \Rightarrow 10 \text{ trnů}$$

Trny lze umístit pouze do žeborů trapézového plechu. Na polovinu nosníku lze tedy umístit $3000/250 = 12$ trnů.

Navrhují tedy trn 16/100 do každého žebra. Stropnice bude navržena s rezervou. Při tomto návrhu spřažený nosník vyhoví.

Navržen spřahovací trn 16/100 do každého žebra.



16.2.4.4. Posouzení - MSP

Posoudí se:

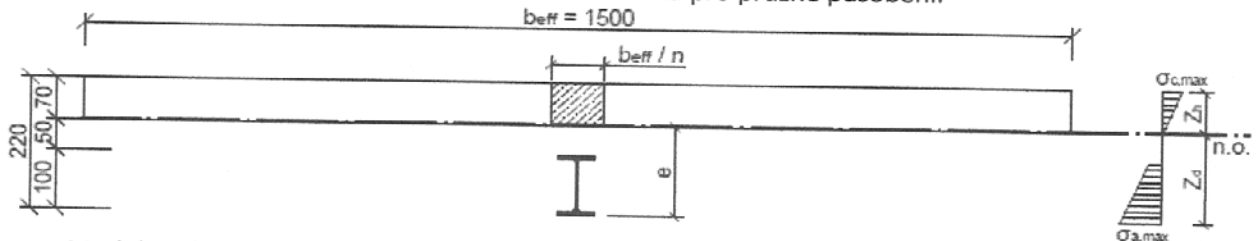
- a) pružné posouzení nosníku při provozním zatížení (součinitel zatížení
b) průhyb

$$\gamma_G = \gamma_Q \Rightarrow 1,0$$

Vnitřní síly:

$$M_{Ek} = \frac{1}{8} f_k L^2 = \frac{1}{8} * 6,98 * 6^2 = 31,41 \text{ kNm}$$

Určení ideálního průřezu ocelobetonového nosníku pro pružné působení.



Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování betonu lze určit přibližně jako:

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31\ 000}{2} = 15\ 500 \text{ MPa}$$

Pracovní součinitel (poměr modulů pružnosti oceli a betonu)

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210\ 000}{15\ 500} = 13,55$$

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = 1032 + 70 * \frac{1500}{13,55} = 8\ 781 \text{ mm}^2$$

Těžiště ideálního průřezu

$$e = \frac{1032 * 100/2 + 70 * 1500/13,55 * (100 + 50 + 70/2)}{8\ 878} = 169,1 \text{ mm}$$

Neutrální osa prochází betonovou deskou.

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = 1,71 * 10^6 + 1032 * (169 - 50)^2 + \frac{1}{13,55} \left(\frac{1500 * 70^3}{12} + 1500 * 70 * (169 - 100 - 50 - 70/2)^2 \right) = 21,47 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Největší napětí v ocelovém profilu je v jeho spodních vláknech

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} z_d = \frac{31,41 * 10^6}{21,47 * 10^6} * 169 = 247,4 \text{ MPa} \leq f_y = 355 \text{ MPa}$$

Největší napětí v betonové desce:

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n * I_i} z_h = \frac{31,41 * 10^6}{13,55 * 21,48 * 10^6} * (220 - 169) = 5,49 \text{ MPa}$$

$$5,49 \text{ MPa} \leq 0,85 f_{ck} = 0,85 * 25 = 21,25 \text{ MPa}$$

Nosník při provozním zatížení působí pružně.



Celkový průhyb nesmí narušit vzhled objektu. Ověřím tedy pouze hodnotu průhybu od proměnného zatížení.

$$\delta_2 = \frac{5 q_p L^4}{384 E I_i} = \frac{5 (1 \cdot 10^{-3} * 2,0 * 10^3) * 6 000^4}{384 * 210 000 * 21,48 * 10^6} = 7,48 \text{ mm}$$

$$7,48 \text{ mm} < \frac{L}{250} = \frac{6000}{250} = 24 \text{ mm}$$

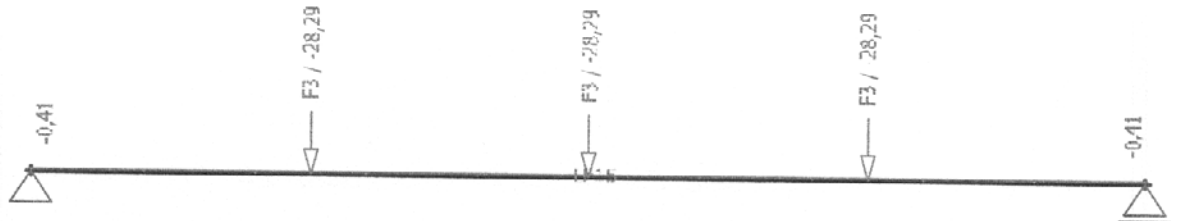
Průhyb vyhoví

Profil IPE 100 vyhoví

16.2.5. Průvlak - délka 8 metrů, vnější, druhé patro

Navrhuji nejdelší průvlak. Všechny průvlaky budou zatíženy stejnou silou.

Statické schéma + zatížení



16.2.5.1. Zatížení a vnitřní síly

Při návrhu prvků stropní desky lze redukovat užité zatížení stejného původu redukčním součinitelem α_A :

dohledat v OK 2 zatizeni cvut praha 2011

$$\alpha_A = \frac{5}{7} \psi_0 + \frac{A_0}{A} = \frac{5}{7} 0,7 + \frac{10}{3 * 8} = 0,916$$

$$0,6 < \alpha_A < 1,0$$

kde: A - zatěžovací plocha

A_0 - referenční plocha 10 m²

ψ_0 - kombinační součinitel je pro kancelářské plochy roven 0,7

Reakce z připojených stropnic:

$$F_{Ek} = ((2,43 + 1 * 0,916) * 2 + 0,081) * \frac{6}{2} = 20,319 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = ((3,28 + 1,5 * 0,916) * 2 + 0,122) * \frac{6}{2} = 28,29 \text{ kN}$$

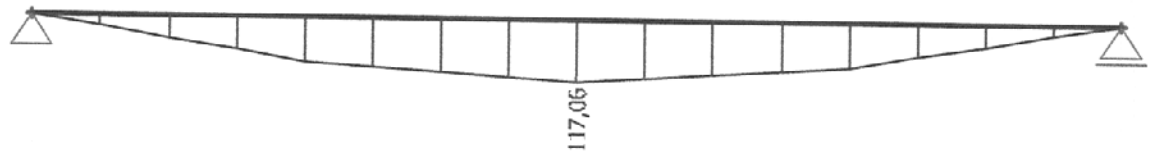
Vlastní tíha průvlaku (IPE 240):

$$g_k = 0,307 \text{ kN/m}$$

$$g_d = 0,307 * 1,35 = 0,415 \text{ kN/m}$$



Ohybový moment



$$M_{Ed} = 117,06 \text{ kNm}$$

Potřebný průřezový modul pro ocel S355 za předpokladu, že by samotný ocelový profil měl přenést moment M_{Ed} .

$$W_{min} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{117,06 \cdot 10^6}{355} = 329\,746 \text{ mm}^3$$

Vzhledem k průhybu volím profil IPE 240. Tento profil má větší W_y větší než W_{min} proto nebudu posuzovat spřažení, protože zatížení momentem přeneše profil samotný.

Návrh: IPE 240	m [kg/m]	30,7
	A [mm ²]	3912
	$W_{pl,y}$ [mm ³]	366600
	I_y [mm ⁴]	3,9E+07
	A_{vz} [mm ²]	1914

16.2.5.2. Posouzení průvlaku

MSÚ

Posuzuje se:

momentová únosnost

smyková únosnost

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \frac{f_{yd}}{\gamma_{M1}} = 366\,600 \cdot \frac{355}{1,0} = 130,1 \cdot 10^3 \text{ Nm} = 130,1 \text{ kNm} \gg M_{Ed} = 117 \text{ kNm}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 1914 \cdot \frac{355}{\sqrt{3}} = 392,3 \cdot 10^3 \text{ N} = 392 \text{ kN} \gg V_{Ed} = 44,38 \text{ kN}$$

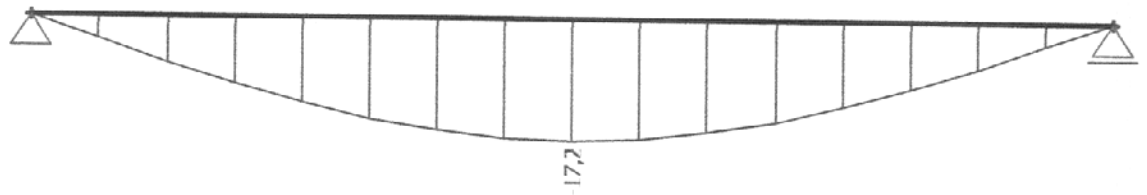
Profil IPE 240 na únosnost vyhoví



16.2.5.3. Posouzení - MSP

Posoudí se:

a) průhyb



Celkový průhyb nesmí narušit vzhled objektu. Ověřím tedy pouze hodnotu průhybu od proměnného zatížení.

$$F_{qk} = ((1 * 0,916) * 2) * \frac{6}{2} = 5,496 \text{ kN}$$

$$\delta_2 = 17,2 \text{ mm viz obr.}$$

$$17,2 \text{ mm} < \frac{L}{400} = \frac{8\,000}{400} = 20 \text{ mm}$$

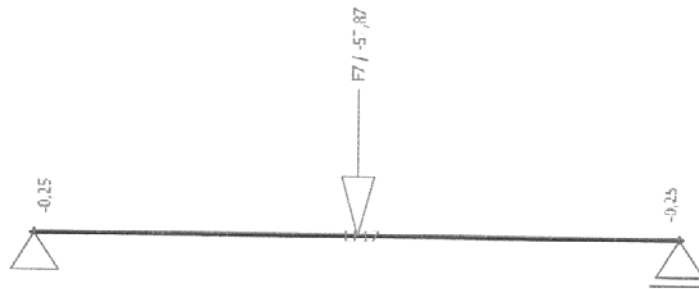
Průhyb vyhoví

Profil IPE 240 vyhoví



16.2.6. Průvlak na rozpětí 4 metrů - přízemí

Navrhuji nejkratší průvlak. Všechny průvlaky budou zatíženy stejnou silou.
Statické schéma + zatížení



16.2.6.1. Zatížení

Při návrhu prvků stropní desky lze redukovat užité zatížení stejného původu redukčním součinitelem α_A : viz [2]

$$\alpha_A = \frac{5}{7} \psi_0 + \frac{A_0}{A} = \frac{5}{7} 0,7 + \frac{10}{3 * 8} = 0,916$$

$$0,6 < \alpha_A < 1,0$$

kde: A - zatěžovací plocha
A₀ - referenční plocha 10 m²
 ψ_0 - kombinační součinitel je pro kancelářské plochy roven 0,7

Reakce z připojených stropnic:

$$F_{Ek} = ((3,63 + 2,5 * 0,916 + 0,8) * 2 + 0,16) * \frac{6}{2} = 40,8 \text{ kN}$$

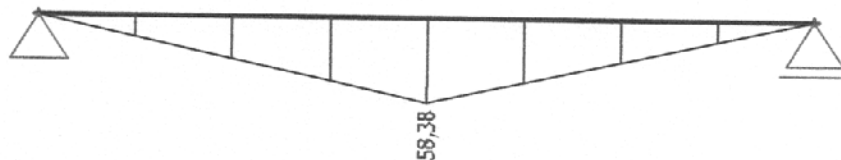
$$F_{Ed} = ((4,9 + 3,75 * 0,916 + 1,2) * 2 + 0,22) * \frac{6}{2} = 57,87 \text{ kN}$$

Vlastní tíha průvlaku (IPE 180):

$$g_k = 0,188 \text{ kN/m}$$

$$g_d = 0,188 * 1,35 = 0,254 \text{ kN/m}$$

Ohybový moment



$$M_{Ed} = 58,38 \text{ kNm}$$

Potřebný průřezový modul pro ocel S355 za předpokladu, že by samotný ocelový profil měl přenést moment M_{Ed} .

$$W_{min} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{58,38 * 10^6}{355} = 164\,451 \text{ mm}^3$$



Vzhledem k průhybu volím profil IPE 360. Tento profil má větší W_y větší než W_{min} proto nebudu posuzovat spřažení, protože zatížení momentem přenese profil samotný.

Návrh: IPE 180	m [kg/m]	18,8
	A [mm ²]	2395
	$W_{pl,y}$ [mm ³]	166400
	I_y [mm ⁴]	1,3E+07
	A_{vz} [mm ²]	1125

16.2.6.2. Posouzení průvlaku

MSÚ

Posuzuje se:

- momentová únosnost
- smyková únosnost

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \frac{f_{yd}}{\gamma_{M1}} = 166\,400 * \frac{355}{1,0} = 59,072 * 10^3 N = 59,07 kN \gg M_{Ed} = 58,38 kN$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 2395 * 355 / \sqrt{3} = 230,58 * 10^3 N = 231 kN \gg V_{Ed} = 29,44 kN$$

Profil IPE 180 na únosnost vyhoví

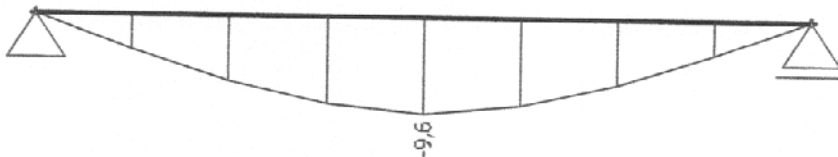
16.2.6.3. Posouzení - MSP

Posoudí se:

a) průhyb

Celkový průhyb nesmí narušit vzhled objektu. Ověřím tedy pouze hodnotu průhybu od proměnného zatížení.

$$F_{qk} = ((2,5 * 0,916 + 0,8) * 2) * \frac{6}{2} = 18,54 kN$$



$$\delta_2 = 9,6 \text{ mm viz obr.}$$

$$9,6 \text{ mm} < \frac{L}{400} = \frac{4\,000}{400} = 10 \text{ mm}$$

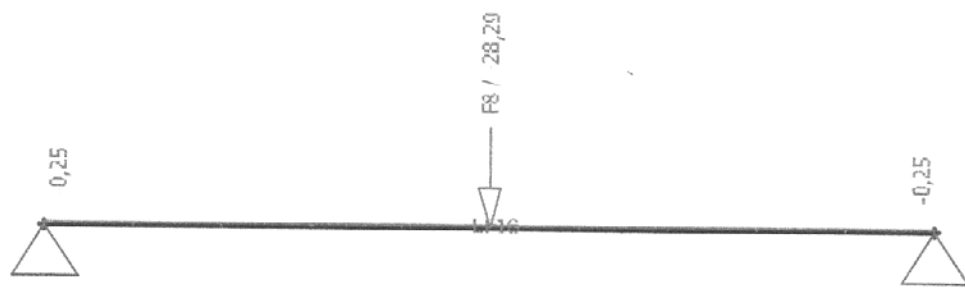
Průhyb vyhoví

Profil IPE 180 vyhoví



16.2.7. Průvlak na rozpětí 4 metrů - druhé patro

Navrhuji nejkratší průvlak. Všechny průvlaky budou zatíženy stejnou silou.
Statické schéma + zatížení



16.2.7.1. Zatížení a vnitřní síly

Při návrhu prvků stropní desky lze redukovat užité zatížení stejného původu redukčním součinitelem α_A : viz [2]

$$\alpha_A = \frac{5}{7}\psi_0 + \frac{A_0}{A} = \frac{5}{7}0,7 + \frac{10}{3 \cdot 8} = 0,916$$

$$0,6 < \alpha_A < 1,0$$

kde: A - zatěžovací plocha
 A_0 - referenční plocha 10 m²
 ψ_0 - kombinační součinitel je pro kancelářské plochy roven 0,7

Reakce z připojených stropnic:

$$F_{Ek} = ((2,43 + 1 \cdot 0,916) \cdot 2 + 0,081) \cdot \frac{6}{2} = 20,319 \text{ kN}$$

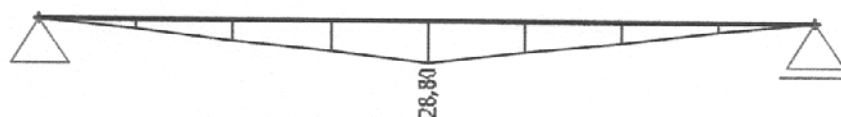
$$F_{Ed} = ((3,28 + 1,5 \cdot 0,916) \cdot 2 + 0,122) \cdot \frac{6}{2} = 28,29 \text{ kN}$$

Vlastní tíha průvlaku (IPE 140):

$$g_k = 0,129 \text{ kN/m}$$

$$g_d = 0,129 \cdot 1,35 = 0,254 \text{ kN/m}$$

Ohybový moment



$$M_{Ed} = 28,80 \text{ kNm}$$

Potřebný průřezový modul pro ocel S355 za předpokladu, že by samotný ocelový profil měl přenést moment M_{Ed} .

$$W_{min} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{28,80 \cdot 10^6}{355} = 81\,127 \text{ mm}^3$$



Vzhledem k průhybu volím profil IPE 140. Tento profil má větší W_y větší než W_{min} proto nebudu posuzovat spřažení, protože zatížení momentem přenese profil samotný.

Návrh: IPE 140	m [kg/m]	12,9
	A [mm ²]	1643
	$W_{pl,y}$ [mm ³]	88340
	I_y [mm ⁴]	5412000
	A_{vz} [mm ²]	764

16.2.7.2. Posouzení průvlaku

MSÚ

Posuzuje se:

momentová únosnost

smyková únosnost

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \frac{f_{yd}}{\gamma_{M1}} = 88\,340 * \frac{355}{1,0} = 31,36 * 10^3 N = 31,36 kN \gg M_{Ed} = 28,8 kN$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 764 * \frac{355}{\sqrt{3}} = 156,59 * 10^3 N = 157 kN \gg V_{Ed} = 14,65 kN$$

Profil IPE 140 na únosnost vyhoví

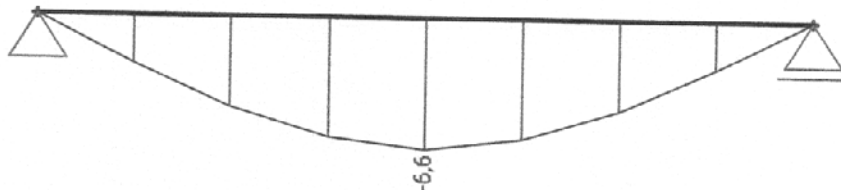
16.2.7.3. Posouzení - MSP

Posoudí se:

a) průhyb

Celkový průhyb nesmí narušit vzhled objektu. Ověřím tedy pouze hodnotu průhybu od proměnného zatížení.

$$F_{qk} = ((2,5 * 0,916 + 0,8) * 2) * \frac{6}{2} = 18,54 kN$$



$\delta_2 = 6,6 \text{ mm}$ viz obr.

$$6,6 \text{ mm} < \frac{L}{400} = \frac{4\,000}{400} = 10 \text{ mm}$$

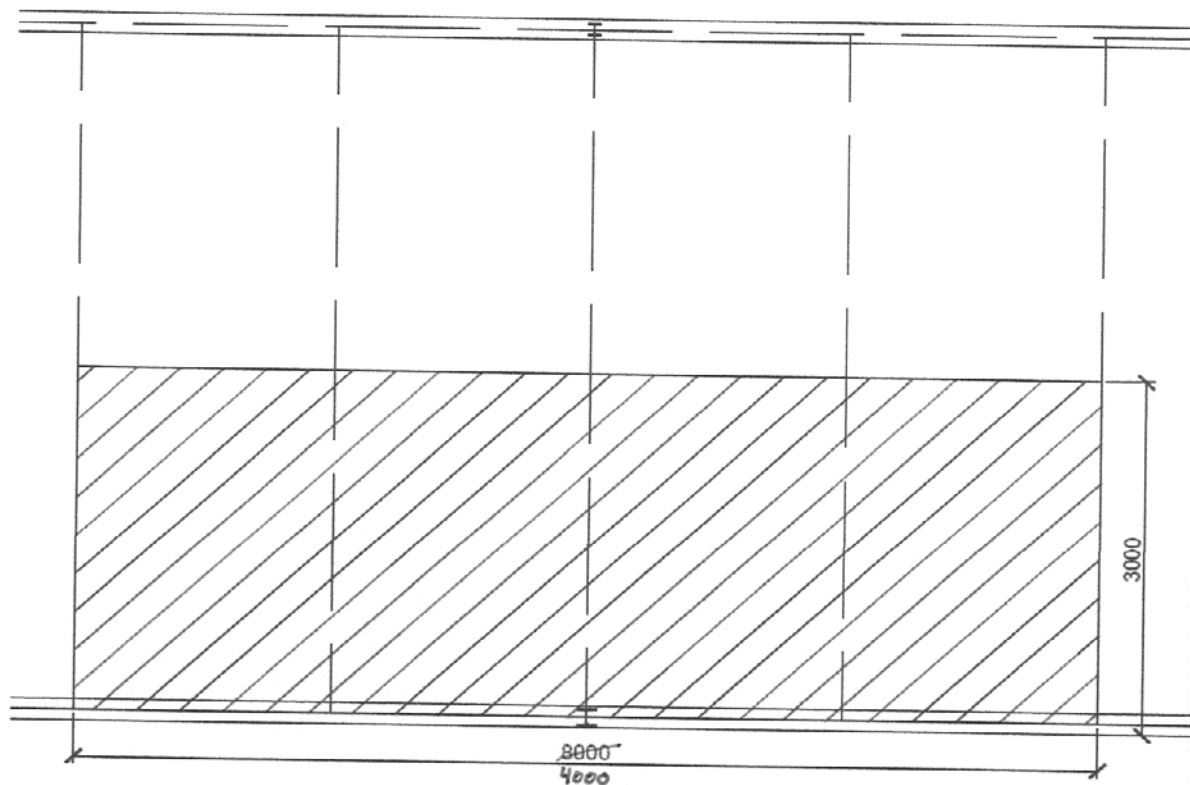
Průhyb vyhoví

Profil IPE 140 vyhoví



16.3. Sloup

Sloup bude navržen s konstantním průřezem po celé výšce. Návrhové síly jsou malé a proto nemá cenu navrhovat změnu průřezu.



Zatížení sloupu

$$\text{Maximální zatěžovací plocha } A = 8 \cdot 3 = 24 \text{ m}^2$$



16.3.1. Výpočet zatížení na sloup

a) Strop prvního podlaží

Stálé		F_{Ek} [kN]	γ_G [-]	F_{Ed} [kN]
Tíha stropu viz str.	$3,63 \text{ kN/m}^2 * 12 \text{ m}^2$	43,56	1,35	58,81
Tíha stropnice - IPE 160	$0,16 \text{ kN/m} * 3 \text{ m} * 3$	1,44	1,35	1,94
Tíha průvlaku - IPE 180	$0,188 \text{ kN/m} * 8 \text{ m}$	0,752	1,35	1,02
celkem:		45,752	1,35	61,77

Proměnné		F_{Ek} [kN]	γ_G [-]	F_{Ed} [kN]
užitné zatížení	$2,5 \text{ kN/m}^2 * 12 \text{ m}^2$	30	1,5	45
přemístitelné příčky	$0,8 \text{ kN/m}^2 * 12 \text{ m}^2$	9,6	1,5	14,4
celkem:		39,6	1,5	59,4

b) Strop posledního podlaží

Stálé		F_{Ek} [kN]	γ_G [-]	F_{Ed} [kN]
Tíha stropu viz str.	$2,43 \text{ kN/m}^2 * 12 \text{ m}^2$	29,16	1,35	39,37
Tíha stropnice-IPE 100	$0,081 \text{ kN/m} * 3 \text{ m} * 3$	0,729	1,35	0,98
Tíha průvlaku - IPE 140	$0,129 \text{ kN/m} * 4 \text{ m}$	0,516	1,35	0,70
celkem:		30,41	1,35	41,05

Proměnné		F_{Ek} [kN]	γ_G [-]	F_{Ed} [kN]
užitné zatížení	$1,0 \text{ kN/m}^2 * 12 \text{ m}^2$	12	1,5	18
celkem:		12	1,5	18

Sloupy jsou namáhány centrickým tlakem.

Návrhová síla do spodní části sloupu:

$$N_{Ed,1} = 61,77 + 59,4 + 41,05 + 18 = 180,21 \text{ kN}$$

Návrh sloupu

Návrh průřezu 1: HEA 140

Minimální návrh sloupu 140 kvůli napojení IPE 180

m [kg] 24,7

A [mm²] 3142

I_y [mm⁴] 1E+07

I_z [mm⁴] 3893000

S355, pro tlak třída 1

16.3.2. Posouzení:

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 2,7 \text{ m}$$

Je zřejmé, že při stejných vzpěrných délkách k obou osám bude rozhodující vybočení k ose z (menší moment setrvačnosti).

Pružná kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 210\,000 * 38,93 * 10^5}{2700^2} = 1107 \text{ kN}$$



Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{3142 * 355}{1107 * 10^3}} = 1,004$$

$$\bar{\lambda}_z = 1,0$$

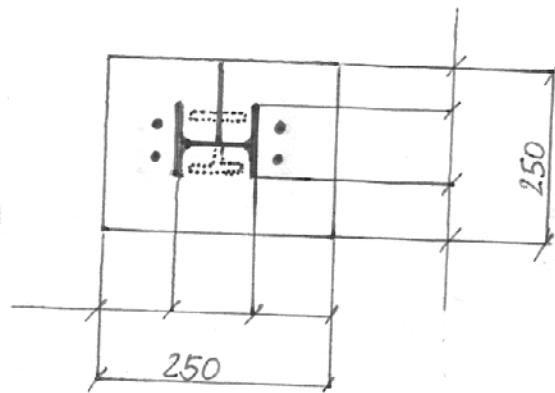
Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = 0,540 \text{ pro křivku vzpěrné pevnosti c}$$

Vzpěrná tlaková únosnost

$$N_{b,Rd} = \chi * A * f_{yd} = 0,54 * 3142 * 355 = 602,3 \text{ kN}$$

16.4. Patka Sloupu



Patky skeletu jsou navrženy jako kloubové z nevyztuženého patního plechu a přenášejí pouze svislé zatížení. Kotevní šrouby jsou navrženy

Betonová patka má rozměry $a_c = m \times a_b = m \times h = m$

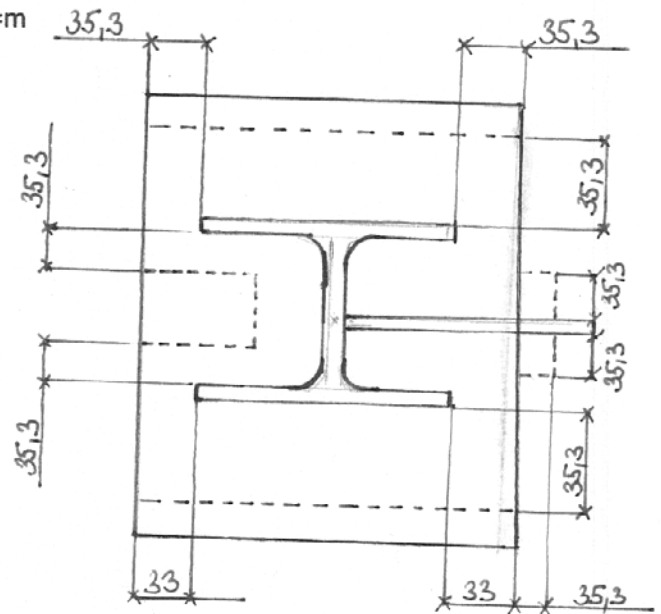
Započitatelné rozměry betonové patky

Součinitel kontrakce napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a_0 * b_0}} = \sqrt{\frac{420 * 420}{140 * 140}} = 3$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \frac{\beta_j * k_j * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2/3 * 3 * 16}{1,5} = 21,33$$





Účinná šířka patní desky

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_{yd}}{3f_{jd}}} = 15 * \sqrt{\frac{355}{2 * 21,33}} = 35,33 \text{ mm}$$

Účinná plocha patní desky se stanoví rozšířením profilu o účinnou šířku patní desky. V mém případě účinná šířka nepřesahuje rozměr ocelové desky a proto ji započítám plně.

$$A_{eff} = 27\,552 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_{jd} = 27\,552 * 21,33 = 587,7 \text{ kN} > 365,98 \text{ kN}$$

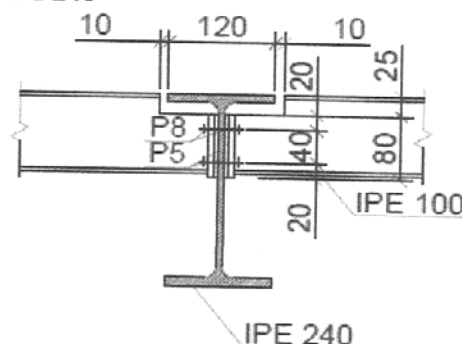
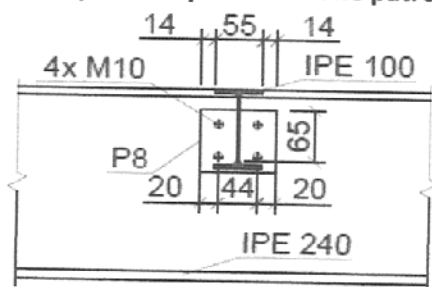
Patka vyhoví.



16.5. Přípoje stropních nosníků

Všechny přípoje jsou provedeny s čelní deskou a nepřenáší moment, použity jsou šrouby jakosti 5.6. Z hlediska montáže navrhuji pod čelní desku nenosnou podložku z plechu P5.

16.5.1. Přípoj stropnice na průvlak-Druhé patro IPE 100 na IPE 240



Reakce z navržené stropnice: $R_{Ed} = 29,13$ kN

16.5.1.1. Návrh šroubů: M10 5.6

Únosnost šroubu na stříh: $F_{v,Rd} = 13,9$ kN závit po celé délce šroubu

Únosnost šroubu na otláčení: $F_{b,Rd} = 20,9$ kN pro $t = 10$ mm, S355, dop. Rozteče
- Uvedené únosnosti šroubů jsou převzaty z tabulek [4].

Potřebný počet šroubů

- stříh $\frac{R_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{29,13}{13,9} = 2,096$

- otláčení čelní deska tl. 8 mm, zatížena jednou stropnicí
stojina průvlaku tl. 6,2 mm, zatížena jednou stropnicí ... Rozhoduje

$$\frac{R_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{29,13}{0,62 * 20,9} = 2,248$$

Návrh: 4 šrouby M10 5.6.

16.5.1.2. Návrh svaru: koutový svar $2 \times a = 3$ mm, délka $L_{we} = 60$ mm

(svar uvažují pouze na stojině)

Návrhová pevnost $f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{510}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,25} = 261,73$ MPa

Únosnost svaru

$$F_{w,Rd} = 2 a L_{we} f_{vw,d} = 2 * 3 * 60 * 261,7 = 94,22$$
 MPa

Smyková únosnost oslabeného průřezu stropnice

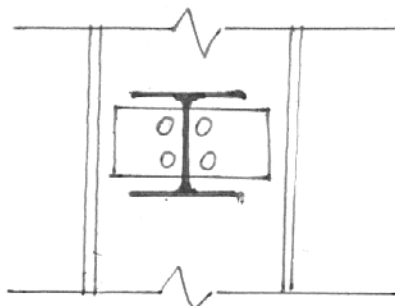
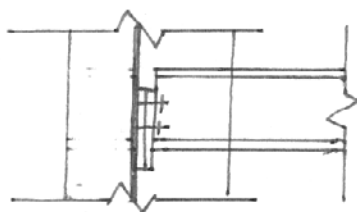
$$A_{vz} = t_w L_{we} = 4,1 * 60 = 307,5$$
 mm²

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} f_{yd} / \sqrt{3} = 308 * \frac{355}{\sqrt{3}} = 63,02$$
 kN

Navržený přípoj vyhoví.



16.5.2. Přípoj stropnice na sloup - Druhé patro IPE 100 na HEA 140 a na HEA 280



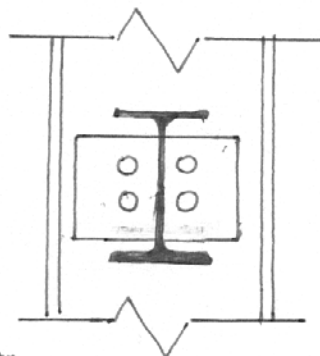
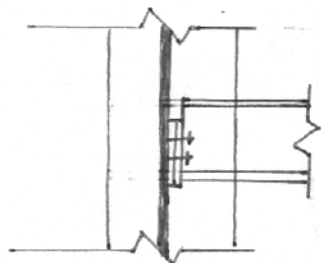
Přípoj navrhují stejně jako přípoj stropnice na průvlak. Při posouzení se liší pouze únosnost šroubu na otláčení stojiny sloupu:

Tloušťka stojiny HEA 100 $t_w = 5,0$ mm

$$\frac{R_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{29,13}{0,5 * 20,9} = 2,788$$

Návrh: 4 šrouby M10 5.6.

16.5.3. Přípoj průvlaku na sloup - Druhé patro IPE 360 na HEA 140



Reakce průvlaku: $R_{Ed} = 44,38$ kN viz str.

16.5.3.1. Návrh šroubů: M12 5.6

Únosnost šroubu na stříh: $F_{v,Rd} = 24,28$ kN závit po celé délce šroubu

Únosnost šroubu na otláčení: $F_{b,Rd} = 54,6$ kN pro $t = 10$ mm, S355, dop. Rozteče

- Uvedené únosnosti šroubů jsou převzaty z tabulek [4].

Potřebný počet šroubů

- stříh $\frac{R_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{44,38}{24,28} = 1,828$

- otláčení čelní deska tl. 8 mm, zatížena jednou stropnicí
pásnice sloupu tl. 8,0 mm, zatížená jednou stropnicí

$$\frac{R_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{44,38}{0,8 * 54,6} = 1,016$$

Návrh: 4 šrouby M12 5.6.



16.5.3.2. Návrh svaru: koutový svar 2 x a = 3 mm, délka L_{we} = 95 mm

(svar uvažují pouze na stojině)

$$\text{Návrhová pevnost} \quad f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{510}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,25} = 261,73 \text{ MPa}$$

Únosnost svaru

$$F_{w,Rd} = 2 a L_{we} f_{vw,d} = 2 * 3 * 95 * 261,7 = 149,19 \text{ kN}$$

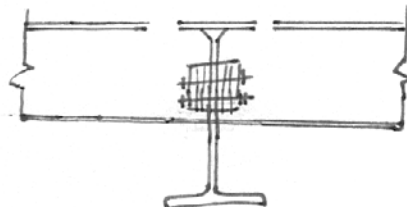
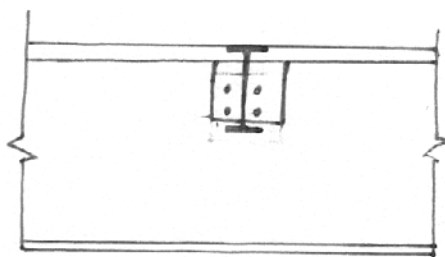
Smyková únosnost oslabeného průřezu stropnice

$$A_{vz} = t_w L_{we} = 6,2 * 95 = 589 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} f_{yd} / \sqrt{3} = 589 * \frac{355}{\sqrt{3}} = 120,72 \text{ kN}$$

Navržený přípoj vyhoví.

16.5.4. Přípoj stropnice na průvlak- První patro IPE 160 na IPE 360



Reakce z navržené stropnice: R_{Ed} = 60,12 kN

16.5.4.1. Návrh šroubů: M12 5.6

Únosnost šroubu na stříh: $F_{v,Rd} = 20,2 \text{ kN}$ závit po celé délce šroubu

Únosnost šroubu na otláčení: $F_{b,Rd} = 54,6 \text{ kN}$ pro t = 10 mm, S355, dop. Rozteče
- Uvedené únosnosti šroubů jsou převzaty z tabulek [4].

stř.

Potřebný počet šroubů

- stříh $\frac{R_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{60,12}{20,2} = 2,976$

- otláčení čelní deska tl. 8 mm, zatížena jednou stropnicí
stojina průvlaku tl. 8,0 mm, zatížena jednou stropnicí

$$\frac{R_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{60,12}{0,8 * 54,6} = 1,376$$

Návrh: 4 šrouby M12 5.6.



16.5.4.2. Návrh svaru: koutový svar 2 x a = 3 mm, délka L_{we} = 95 mm

(svar uvažují pouze na stojině)

$$\text{Návrhová pevnost} \quad f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{510}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,25} = 261,73 \text{ MPa}$$

Únosnost svaru

$$F_{w,Rd} = 2 a L_{we} f_{vw,d} = 2 * 3 * 130 * 261,7 = 149,19 \text{ kN}$$

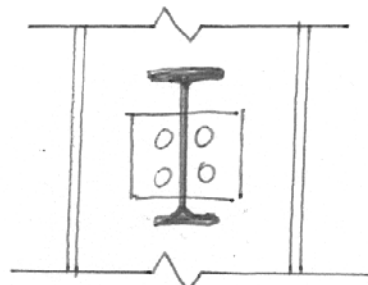
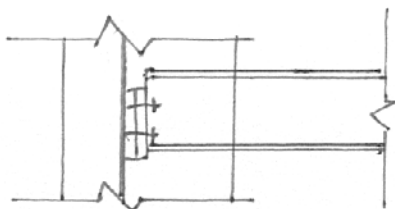
Smyková únosnost oslabeného průřezu stropnice

$$A_{vz} = t_w L_{we} = 5 * 130 = 475 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} f_{yd} / \sqrt{3} = 650 * \frac{355}{\sqrt{3}} = 97,36 \text{ kN}$$

Navržený přípoj vyhoví.

16.5.5. Přípoj stropnice na sloup - První patro IPE 160 na HEA 100



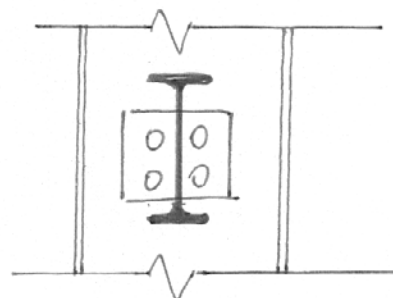
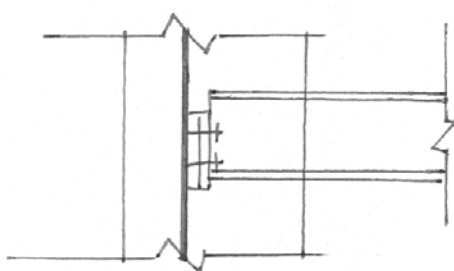
Přípoj navrhují stejně jako přípoj stropnice na průvlak. Při posouzení se liší pouze únosnost šroubu na otláčení stojiny sloupu:

Tloušťka stojiny HEA 100 $t_w = 5,0 \text{ mm}$

$$\frac{R_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{60,12}{0,5 * 54,6} = 2,202$$

Návrh: 4 šrouby M12 5.6.

16.5.6. Přípoj průvlaku na sloup - První patro IPE 180 na HEA 140 + na HEA 280



Reakce průvlaku: $R_{Ed} = 89,89 \text{ kN}$ viz str.

16.5.6.1. Návrh šroubů: M12 5.6

Únosnost šroubu na stříh: $F_{v,Rd} = 24,28 \text{ kN}$ závit po celé délce šroubu

Únosnost šroubu na otláčení: $F_{b,Rd} = 54,6 \text{ kN}$ pro $t = 10 \text{ mm}$, S355, dop. Rozteče
- Uvedené únosnosti šroubů jsou převzaty z tabulek [4].



Potřebný počet šroubů

- stříh
$$\frac{R_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{89,89}{24,28} = 3,702$$

- otláčení čelní deska tl. 8 mm, zatížena jednou stropnicí
pásnice sloupu tl. 8,0 mm, zatížena jednou stropnicí ... Rozhoduje

$$\frac{R_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{89,89}{0,8 * 54,6} = 2,058$$

Návrh: 4 šrouby M12 5.6.

16.5.6.2. Návrh svaru: koutový svar 2 x a = 3 mm, délka L_{we} = 95 mm

(svar uvažují pouze na stojině)

Návrhová pevnost
$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{M2}} = \frac{510}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,25} = 261,73 \text{ MPa}$$

Únosnost svaru

$$F_{w,Rd} = 2 a L_{we} f_{vw,d} = 2 * 3 * 95 * 261,7 = 149,19 \text{ kN}$$

Smyková únosnost oslaběného průřezu stropnice

$$A_{vz} = t_w L_{we} = 3 * 95 = 589 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} f_{yd} / \sqrt{3} = 589 * \frac{355}{\sqrt{3}} = 120,72 \text{ kN}$$

Navržený přípoj vyhoví.



17. Sloup - Hala III.

17.1. Předběžný odhad profilu sloupu

$$w_{k,mean} = \frac{(w_1 + w_2)}{2} = \frac{0,55 * 8 + 0,23 * 8}{2} = 3,12 \text{ kNm}^{-1}$$

$$\frac{w_{k,mean} * H^4}{8 * EI_y} \leq \frac{H}{150}$$

$$I_y \geq \frac{150 * w_{k,mean} * H^3}{8 * E} \geq \frac{150 * 3,12 * 7600^3}{8 * 210\,000} = 122,29 * 10^6 \text{ mm}^4$$

Návrh sloupu: HEA 280	A[mm ²]	9726
	I _y [mm ⁴]	136700000

17.2. Mezní stav použitelnosti

$$\delta_{lim} = \frac{h}{150} = 51 \text{ mm}$$

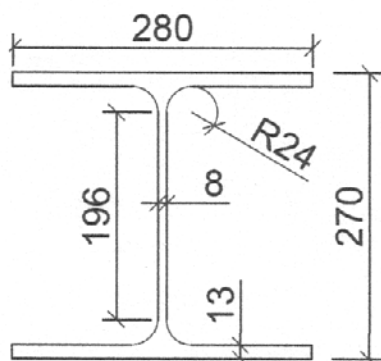
$$\delta_1 = 46,3 \text{ mm} \dots \text{viz přílohy obr} - 26$$

17.3. Mezní stav únosnosti

Vnitřní síly z rozhodující kombinace

M _{Ed} [kNm]	139,85		
N _{Ed} [kNm]	374	... v patce	: zatížení hala I. + přitížení od vestavby
V _{Ed} [kN]	44,2	... v patce	

Návrh: Profil HEA 280	Ocel S235	F _{yd} [MPa]	235
	A [mm ²]		9726
	A _{v,z} [mm ²]		3174
	I _y [mm ⁴]		136700000
	W _{pl,y} [mm ³]		1112000
	W _{el,y} [mm ³]		1013000
	i _y [mm]		119
	I _z [mm ⁴]		47630000
	i _z [mm]		70
	I _t [mm ⁴]		621000
	I _w [mm ⁶]		7,854E+11



17.3.1. Posouzení

O únosnosti rozhoduje stabilita prutu. Vliv smyku lze zanedbat.

Vzpěrné délky:

Vzpěrná délka v rovině rámu $L_{cr,y} = 2 * 7,6 = 15,2 \text{ m}$ (sloup působí jako konzola)

Vzpěrná délka z roviny rámu $L_{cr,z} = 2,55 \text{ m}$ (vzdálenost paždíků)

Štíhlosti

→ poměrná štíhlost

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{15200}{119} = 127,7$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{127}{93,9} = 1,36$$



$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{2550}{70} = 36,4$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{36,4}{93,9} = 0,388$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9$$

Součinitele vzpěrnosti:

$$\chi_y = \chi_{min} = 0,438 \quad \text{pro křivku vzpěrné pevnosti b (podle[4])}$$

$$\chi_z = \chi_{min} = 0,93 \quad \text{pro křivku vzpěrné pevnosti c (podle[4])}$$

Určení kritického momentu M_{cr}

$L = 7600$ mm (výška sloupu, protože tlačená pásnice je v příčném směru podepřena v patce a ve vrcholu)

$k_z = 1,0$ (na obou koncích úseku prutu o délce L je možné natočení průřezu okolo y menší tuhosti z)

$k_w = 1,0$ (nebráněno deplanaci, v uložení vazníku je deplanace volná)

Průběh momentu po délce prutu si zjednodušeně představíme jako trojúhelníkový. Z [5], tab. 1.4 je pro $k_z = 1,0$

$$C_{1,0} = 1,77$$

$$C_{1,1} = 1,85$$

Výpočet (podle postupu v normě [9]):

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w * L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{\pi}{0,7 * 7600} \sqrt{\frac{210000 * 785 * 10^9}{81000 * 621 * 10^3}} = 1,069 \gg 1,0$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) * \kappa_{wt} = 1,77 + (1,85 - 1,77) * 1,0 = 1,85 \leq C_{1,1} = 1,85$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \sqrt{1 + \kappa_{wt}^2} = \frac{1,85}{1,0} \sqrt{1 + 1^2} = 2,616$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_y * GI_t}}{L} = 2,616 \frac{\pi \sqrt{210000 * 1367 * 621 * 10^8}}{7600} = 1299,0 \text{ kNm}$$

Poměrná štíhlost (pro průřez třídy 1 nebo 2 s plastickým průřezovým modulem)

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1112 * 10^3 * 235}{1299 * 10^6}} = 0,201$$

Součinitel klopení χ_{LT} pro křivku vzpěrné pevnosti a (válcovaný nosník, $h/b < 2$):

$$\chi_{LT} = 0,999$$

Interakce tlaku s ohybem

Vliv osové síly na zvětšení ohybového momentu a vliv tvaru momentové plochy

Při geometrickém vyjádření vzpěrné délky konzoly leží bod vetknutí v polovině vzpěrné délky. Tvar momentu pro určení součinitele C_{my} tedy odpovídá obrázku:



Součinitel C_{my} se určí pro výše uvedený průběh momentů na délce $L_{cr,y}$:

$$\alpha_h = M_h/M_s = 0$$

$$C_{my} = 0,90 + 0,10 * \alpha_h = 0,90 + 0,0 = 0,90$$

Součinitel C_{mLT} se určí pro stejný průběh momentů, jaký byl uvažován pro výpočet M_{cr} .

Pro zjednodušeně lineární průběh momentů platí:

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 * 0 = 0,6$$

kde ψ je poměr krajních momentů ($-1 \leq \psi \leq 1$)

Interakční součinitele k_{yy} , k_{zy} se určí pro pruty, které jsou náchylné ke zkroucení, a pro třídu průřezu 1.

$$k_{yy} = \min \left\{ \frac{C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right)}{C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right)} \right\} =$$

$$= \min \left\{ \frac{0,90 \left(1 + (1,36 - 0,2) \frac{374}{0,438 * 9726 * 235/1,0} \right)}{0,90 \left(1 + 0,8 \frac{374}{0,438 * 9726 * 235/1,0} \right)} \right\} = \min \left\{ \frac{0,754}{0,799} \right\} = 0,754$$

Pro $\bar{\lambda}_z = >$:

$$k_{zy} = \max \left\{ \frac{1 - \frac{0,1\bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0,25} \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right)}{1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right)} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \frac{1 - \frac{0,1 * 0,388}{0,6 - 0,25} \left(\frac{374}{0,438 * 9726 * 235/1,0} \right)}{1 - \frac{0,1}{0,6 - 0,25} \left(\frac{374}{0,438 * 9726 * 235/1,0} \right)} \right\} = \max \left\{ \frac{1,007}{1,019} \right\} = 1,019$$

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}} = \frac{374}{0,438 * 9726 * 235/1,0} + 0,754 \frac{139,85}{0,99 * 1112 * 10^3 * 235/1,0} =$$

$$= 0,374 + 0,404 = 0,778 < 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}} = \frac{3744}{0,93 * 9726 * 235/1,0} + 1,019 \frac{139,85}{0,99 * 1112 * 10^3 * 235/1,0} =$$

$$= 0,176 + 0,536 = 0,712 < 1$$

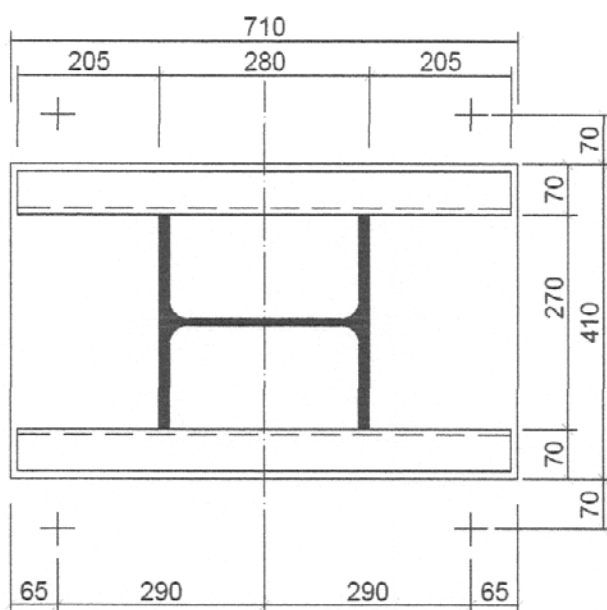


18. Patka sloupu - Hala I.

Patka je vetknutá. Posoudí se na 2 kombinace zatížení:

- kombinaci s největším momentem a současně působící velkou tlakovou silou
- kombinace s největším poměrem M_{Ed}/N_{Ed} , případně tahovou normálovou silou

	Levý sloup			Pravý sloup		
	$V_{ed} = R_y$	$N_{ed} = R_z$	M_{ed}	$V_{ed} = R_y$	$N_{ed} = R_z$	M_{ed}
	kN	kN	kNm	kN	kN	kNm
CO1	25,2	495,13	78,26	17,76	500,95	75,85
CO2	44,2	374,16	139,85	27,4	383,86	117,01
CO3	45,53	273,23	144,7	26,26	282,92	112,16
CO4	34,6	273,94	50,4	34,6	273,94	50,4



Geometrie:

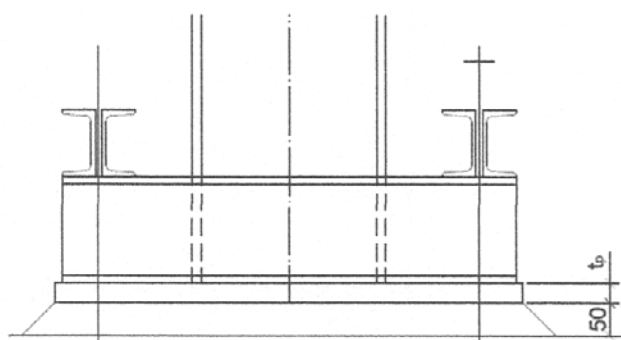
Geometrie ocelové patky:

a [mm]	710
b [mm]	410
t_p [mm]	30 ...patní plech
r_t [mm]	290

Beton C16/20 f_{ck} [MPa] 16

γ_c [-] 1,5

Výška podlití má být větší než 0,1 násobek menšího z půdorysných rozměrů patky, tj. 41 Volíme 50 mm.



Rozměry betonové patky:

půdorysně:

a_c [mm] 2000

b_c [mm] 1200

výška:

h [mm] 900

Započítatelné rozměry betonové patky

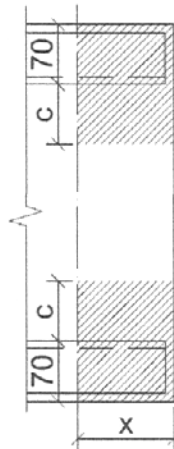
$$a_1 = \min(a_c, 3 a, a + h) = \min(2000, 3 * 710, 710 + 900) = 1610 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(b_c, 3 b, b + h) = \min(1200, 3 * 410, 410 + 900) = 1200 \text{ mm}$$



Součinitel koncentrace napětí $k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a * b}} = \sqrt{\frac{1610 * 1200}{710 * 410}} = 2,57$

Návrhová pevnost betonu $f_{jd} = \frac{2 k_j * f_{ck}}{3 \gamma_c} = \frac{2 * 2,36 * 16}{3 * 1,5} = 18,32 \text{ MPa}$



Přesah desky

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 f_{jd}}} = 30 \sqrt{\frac{235}{3 * 16,75}} = 62,03 \text{ mm}$$

Účinná šířka patního plechu (viz obr.)

$$b_{eff} = 2 * 70 + 2 * c = 2 * 70 + 2 * 62,03 = 264,1 \text{ mm}$$

		CO1	CO2	CO3	CO4
M_{Ed}	kNm	62,30	139,85	144,70	50,40
N_{Ed}	kN	209,33	374,16	273,23	273,94
e	mm	298	374	530	184
x_1	mm	1249	1244	1242	1274
$x_2 = x$	mm	41	46	48	16
N_c	kN	196,92	224,93	233,04	79,14
T	kN	-12,41	-149,23	-40,19	-194,80

Ve všech šroubech vychází pouze tlak

Veličiny uvedené v tabulce:

- excentricita působišť normálové síly

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

- x je délka tlačené oblasti pod patním plechem, určí se z momentové podmínky rovnováhy k působišti šroubů, viz obr. :

$$N_{Ed}(e + r_1) = N_c \left(r_1 + \frac{a}{2} - \frac{x}{2} \right)$$

$$\text{kde } N_c = b_{eff} x f_{jd}$$

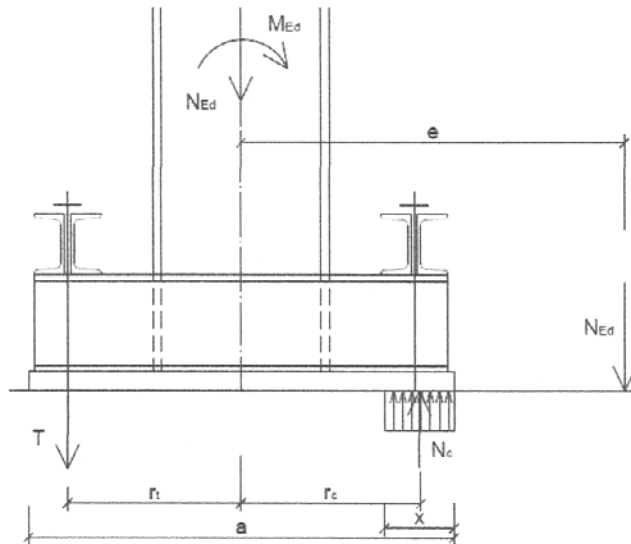
Z těchto dvou rovnic se získá kvadratická rovnice pro x :

$$b_{eff} f_{jd} x^2 - b_{eff} f_{jd} (2r_t + a)x + 2N_{Ed}(e + r_t) = 0$$

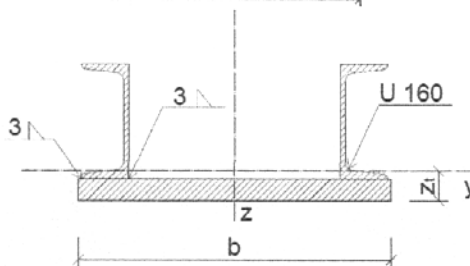
x_1, x_2 jsou kořeny kvadratické rovnice, fyzikální smysl má kořen x_2

- Síla do kotevních šroubů vyplývá ze svislé podmínky rovnováhy:

$$T = N_c - N_{Ed}$$



18.1. Průřez patky



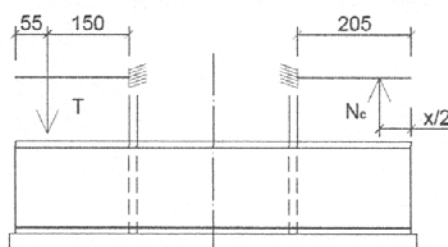
Patní plech:		30	x	410	mm
Výztuhy 2x U160	A	4800 mm ²			
	I _y	1,9E+07 mm ⁴			
	A _{vz}	2520 mm ²			

Svařený průřez:

$$A = 30 * 410 + 4800 = 17100 \text{ mm}^2$$

$$z_T = \frac{\sum A_j z_j}{A} = \frac{30 * 410 * 15 + 4800 * (80 + 30)}{17100} = 41,67 \text{ mm}$$

$$I_y = \frac{30^3 * 410}{12} + 30 * 410 * (41,67 - 15)^2 + 2 * 9,25 * 10^6 + 4800 * (160/2 + 30 - 41,67)^2 = 5,06E+07 \text{ mm}^4$$



Průřez patky působí jak konzola namáhaná silou ve šroubech T nebo silou mezi betonem a ocelí N_c viz obrázek. Posoudí se na kombinaci ohybu a smyku:

- tlačaná strana patky - rozhoduje CO3

$$M_p = N_c \left(b_{eff} - \frac{x}{2} \right) = 233,7 \left(264,1 - \frac{48}{2} \right) = 56,80 \text{ kNm}$$

$$V_p = N_c = 233,04 \text{ kN}$$

- "tažená" strana patky - cele patka pouze tlačena

$$M_l = T * 0,155 = -12,42 * 0,155 = -1,92 \text{ kNm}$$

$$V_l = T = -12,41 \text{ kN}$$



Protože průřez není symetrický okolo osy y, není možné použít zjednodušený vztah. Výpočet s využitím plastických únosností by byl pracný a proto průřez posoudím pružně.

$$W_{y,h} = \frac{5,06 \cdot 10^7}{160 + 30 - 41,67} = 341005,62 \text{ mm}^3$$

$$W_{y,d} = \frac{5,06 \cdot 10^7}{41,67} = 1213980 \text{ mm}^3$$

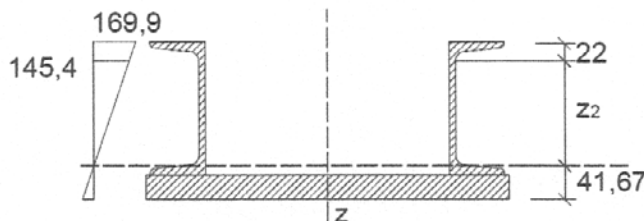
$$\sigma_{h,max} = \frac{M_{max}}{W_{y,h}} = \frac{56,8 \cdot 10^6}{341006} = 166,56 \text{ MPa} < f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} \cong \frac{V_{max}}{A_{vz}} = \frac{233,71}{2520} = 92,48 \text{ MPa} < \frac{235}{\sqrt{3}} = 135,7 \text{ MPa}$$

Protože 92,48 MPa je větší než 0,5 * 135,7 MPa je potřeba posoudit kombinaci M + V.

Normálové napětí v bodě 2 (viz obrázek průřezu)

$$\sigma_2 = \frac{M_{max}}{I_y} Z_2 = \frac{56,8 \cdot 10^6}{5,06 \cdot 10^7} (190 - 41,67 - 22) = 142,6 \text{ MPa}$$



$$\sqrt{\sigma_2^2 + 3\tau^2} = \sqrt{142,6^2 + 3 \cdot 92,48^2} = 216,7 < 235 \text{ MPa}$$

18.2. Připojení podélných výtuh k patnímu plechu

Návrh: Koutové svary a = 3 mm, dva svary na jednu výtuhu U160

Svary jsou namáhány podélným smykem silou V_p od ohybu průřezu patky (viz výše) a současně do patního plechu přenášejí reakce sloupu M_{Ed} , N_{Ed} a V_{Ed} . Posouzení je třeba provést v lici sloupu, kde se projevívá vliv síly V_p (řez 1-1), a na konci patky, kde je větší vliv momentu M_{Ed} (řez 2-2) - Rozhoduje levý sloup při CO1, kde působí největší síla V_p a současně největší moment M_{Ed} :

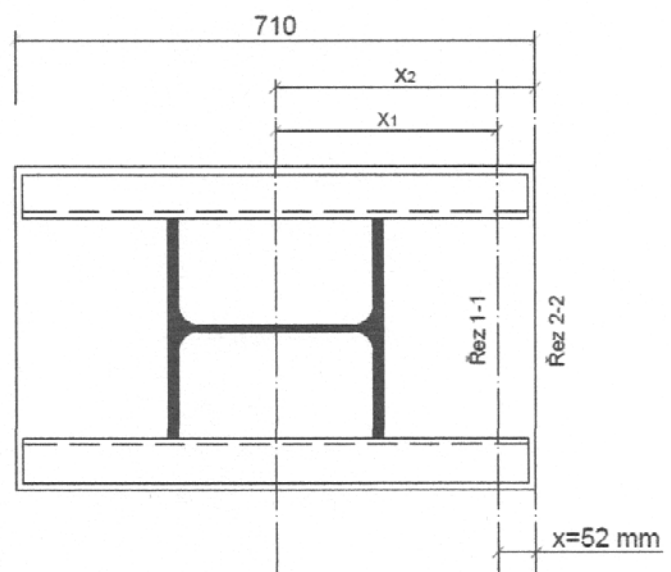
N_{Ed} [kN]	-273,23
M_{Ed} [kNm]	144,70
V_{Ed} [kN]	45,53
V_p [kN]	233,04

Napětí ve svarech:

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + \frac{V_p S_{f,y}}{I_y^4 a_{we}}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed}}{I_y} x_i$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sigma_{we} / \sqrt{2}$$

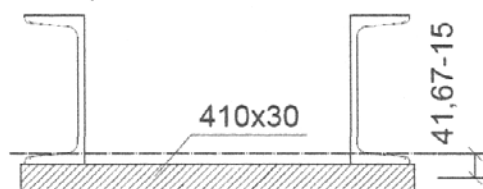


kde $A_{we} = 4 \cdot 3 \cdot 690 = 8280 \text{ mm}^2$

$$I_{we} = \frac{4 \cdot 3}{12} \cdot 690^3 = 328509000 \text{ mm}^4$$



statický moment k rovině svaru



$$S_{f,y} = 410 \cdot 30 \cdot (41,67 - 15) = 328000 \text{ mm}^3$$

Řez 1 - 1

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + \frac{V_p S_{f,y}}{I_y 4 a_{we}} = \frac{45,53}{8280} + \frac{233710 \cdot 328000}{5,06 \cdot 10^7 \cdot 4 \cdot 3} = 131,43 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed}}{I_{we}} x_i = \frac{273,03}{8280} + \frac{144,7}{328,5 \cdot 10^6} \cdot 658 = 166,46 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = 166,46 / \sqrt{2} = 117,71 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{117,71^2 + 3(117,71^2 + 131,43^2)} = 327,48 \text{ MPa}$$

$$\leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Řez 2 - 2

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + 0 = \frac{45,53}{8280} = 5,50 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed}}{I_y} x_i = \frac{273,03}{8280} + \frac{144,7}{328,5 \cdot 10^6} \cdot 355 = 226,81 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{226,81}{\sqrt{2}} = 160,38 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{160,38^2 + 3(160,38^2 + 5,5^2)} = 320,90 \text{ MPa}$$

$$\leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Svary podélných výztuh k patnímu plechu vyhoví.

18.3. Kotevní šrouby

Při určení sil do jednoho šroubu musím vzít v úvahu toleranci osazení šroubu, kterou uvažuji +/- 50 mm. Největší sílu do šroubu $N_{t,Ed,max}$ určím z momentové podmínky k působišti síly $N_{t,Ed,min}$. Rozhoduje kombinace s největší silou do kotevních šroubů T - CO3

Jelikož jsou kotevní šrouby namáhány pouze tlakem navrhuji konstručně nejmenší možné lepené kotvy do betonu od firmy Hilti. Technické listy od výrobce vkládám do příloh.

Rozhodující bude namáhání ve smyku - V_{ed} 45,51 kN

Smykové namáhání na jeden šroub je tedy = 11,3775 kN

Návrh kotevního šroubu HIT-V M12 ... viz Příloha 6

$T_{max} = 1/2 T$ -6,20 kN



Určení působišťe síly $N_{t,Ed,min}$ z momentové podmínky rovnováhy:

$$N_{t,Ed,max} = \frac{-6,2 * (190 + 460)}{560} = -7,2 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed,min} = -12,41 + 7,2 = -5,21 \text{ kN}$$

18.4. Kotevní příčník

Statické schéma kotevního příčníku je patrné ze statického schématu zatížení kotevních šroubů.

$$M_{a,d} = 7,2 * 0,09 = 0,65 \text{ kNm}$$

$$V_{a,d} = 7,2 \text{ kN}$$

$$M_{b,d} = 5,21 * 0,19 = 0,99 \text{ kNm}$$

$$V_{b,d} = 5,21 \text{ kN}$$

Návrh : 2x U 80	$W_{pl,y}$ [mm ³]	31800
	$A_{v,z}$ [mm ²]	980

Posouzení:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} * f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{980 * 235}{\sqrt{3}} = 132,96 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} * f_{yd} = 31800 * 235 = 7,47 > M_{Ed,max} = 0,99 \text{ kNm}$$

Průřez a:

$$\rho = \left(\frac{2V_{a,d}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 * 7,2}{132,96} - 1 \right)^2 = 1,22$$

$$M_{V,Rd} = \left(W_{pl} - \frac{\rho A_v^2}{4t_w} \right) = \left(31800 - \frac{1,22 * 980^2}{4 * 6} \right) = 10,73 \text{ kNm}$$

$> M_{Ed,max} = 0,99 \text{ kNm}$

Průřez b:

$$\rho = \left(\frac{2V_{b,d}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 * 5,21}{132,96} - 1 \right)^2 = 1,16$$

$$M_{V,Rd} = \left(W_{pl} - \frac{\rho A_v^2}{4t_w} \right) = \left(31800 - \frac{1,163 * 980^2}{4 * 6} \right) = 11,86 \text{ kNm}$$

$> M_{Ed,max} = 0,99 \text{ kNm}$



18.5. Přenos vodorovné posouvací síly do betonové patky

Rozhodující je kombinace zatížení s největší vodorovnou reakcí při nejmenší svislé tlakové síle ve spáře mezi ocelí a betonem. Rozhoduje tedy CO4, budu posuzovat reakce levého sloupu (tab.):

$$R_{y,Ed} \text{ [kN]} \quad 34,6 \quad (\text{vodorovná reakce})$$

$$N_c \text{ [kN]} \quad 79,14 \quad \text{Tlaková síla v spáře mezi ocelí a betonem - viz tab.}$$

Nejdříve posoudím, zda se posouvací síla nepřenese třením mezi patním plechem a betonem (součinitel tření $\mu = 0,2$).

$$V_{Ed}^{\square} = \mu N_c = 0,2 * 79,14 = 15,83 \text{ kN} < R_{y,Ed} = 34,6 \text{ kN}$$

Tření není dostatečné.

Do tlakové síly ve spáře mezi ocelí a betonem mohu započítat i vliv utažení kotevních šroubů. Předepíšeme předepnutí šroubů při utažení alespoň na sílu $0,3 * A_s * f_{yd}$.

Potom mohu brát v úvahu:

$$N_c' = N_c + 0,3 * A_s f_{yd} = 79,14 + 0,3 * 31,89 = 111,04 \text{ kN}$$

$$V_{Ed}' = 0,2 * 111,04 = 22,2 \text{ kN} > R_{y,Ed} = 34,6 \text{ kN} \quad \text{neplatí}$$

Pro přenos vodorovné reakce je třeba navrhnout zarážku.

Svislice ztužidla

Ověření vzpěrné únosnosti - v úvodním posouzení normálová síla není zanesena ale bude nutno ji ověřit protože budou vaznice přenášet část síly od větru

Vzpěrná únosnost

$L_{cr,y}$ [m]

4 je potřeba vložit táhla na l/2

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 54,05$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 190,48$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,9 * 1 = 93,9$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 2,029$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,576$$

Křivky vzpěrné pevnosti

...viz. Tabulka z ocelových tabulek - vložit do příloh

$$\frac{h}{b} = 2, \quad t_f \leq 40 \text{ mm}$$

$$y - y \quad a \Rightarrow \quad \alpha_y = 0,217$$

$$z - z \quad b \Rightarrow \quad \alpha_z = 0,849$$

$$\phi_y = 0,5 [1 + \alpha_y * (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,7064483$$

$$\phi_z = 0,5 [1 + \alpha_z * (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 3,3336054$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 + \bar{\lambda}_y^2}} = 0,618$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 + \bar{\lambda}_z^2}} = 0,138$$

$$\chi = \min \{\chi_y, \chi_z\} = 0,138$$

$$N_{B,Rd} = \chi * \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = 77,620 \text{ kN} > 43,31 \text{ kN}$$

Literatura

- [1] Vraný T., Jandera M., Eliášová M. : Ocelové konstrukce 2. Cvičení, ČVUT Praha, 2011, ISBN 978-80-01-04368-4
- [2] Studnička J., Holický M., Marková J. : Ocelové konstrukce 2 – zatížení, ČVUT Praha, 2011 ISBN 978-80-01-05815-2
- [3] Vraný T., Wald F.: Ocelové konstrukce – Tabulky, ČVUT Praha, 2009, ISBN 978-80-01-03140-7
- [4] Kuklík P., Kuklíková A., Mikeš K., Dřevěné konstrukce 1 – Cvičení, ČVUT Praha, 2008, ISBN 978-80-01-03980-9
- [5] WALD, František. Základy navrhování ocelových konstrukcí podle ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-1-8. Ostrava: Česká asociace ocelových konstrukcí, 2010. ISBN 978-80-904535-0-0.
- [6] ČSN EN 1991-1-1, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [7] ČSN EN 1991-1-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem
- [8] ČSN EN 1991-1-4, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem
- [9] ČSN EN 1993-1-1, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební



DIPLOMOVÁ PRÁCE
PŘÍLOHY

2017

Bc. Petrás Michal

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební



DIPLOMOVÁ PRÁCE

PŘÍLOHA 1 – Výstupy z programu SCIA Engineer

Obsah

Varianty geometrie vazníku.....	3
Varianta 1	3
Varianta 2	3
Varianta 3	4
Varianta 4	5
Vazník Hala I. a III. – Ocel.....	6
Průhyb od návrhového zatížení.....	8
Sloup – Hala I. a III.	8
CO1 – $G_{\max} + S_{\max} + \psi W_{\text{příčný}}$	8
CO2 – $G_{\max} + \psi S_{\max} + W_{\text{příčný}}$	9
CO3 – $G_{\min} + W_{\text{příčný}}$	10
CO4 – 1 – $G_{\min} + W_{\text{podélný}}$	11
CO4 – 2 – $G_{\min} + W_{\text{podélný}}$	13
MSP – rozhoduje KZ3.....	14
Ztužení haly I. a III.....	14
Zatížení	14
Vnitřní síly.....	15
Štítová stěna.....	15
MSP – výběr kritického sloupku	15
Kombinace G + S.....	16
Kombinace $G_{\min} + W$	16
Příčné ztužení ve štítu	17
Vnitřní síly na ztužidla.....	17
Střešní panel.....	18
Vnitřní síly.....	18
MSP – průhyb nosníku.....	18
Vaznice	19
Vnitřní síly.....	19
Vazník Dřevo-ocel.....	19
Normálové síly.....	19
Vnitřní síly od vlastní tíhy	20
Ocelový sloup – vazník DK – OK	20
CO1.....	20
CO2.....	21

CO3	22
CO4	23

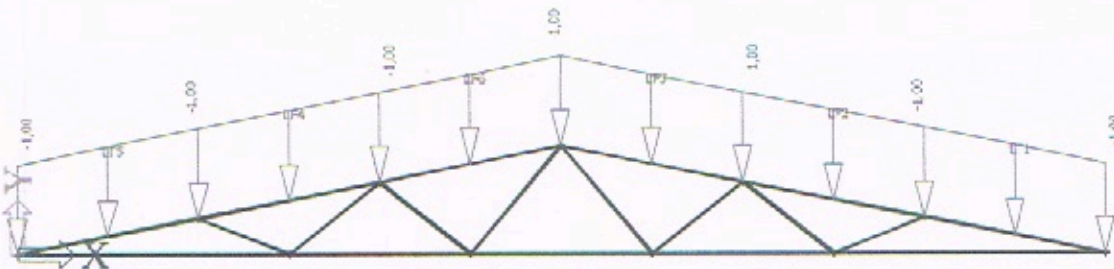
Varianty geometrie vazníku

Varianta 1

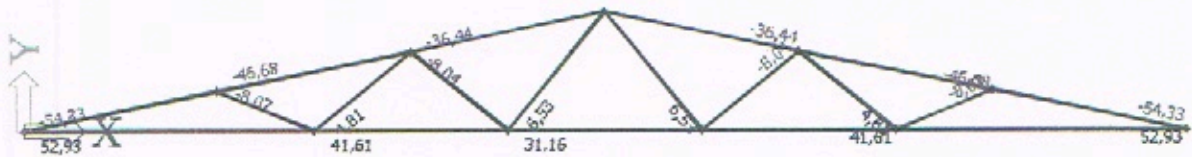
Obrázek 1 - Geometrie



Obrázek 2 - Jednotkové zatížení [kN/m]

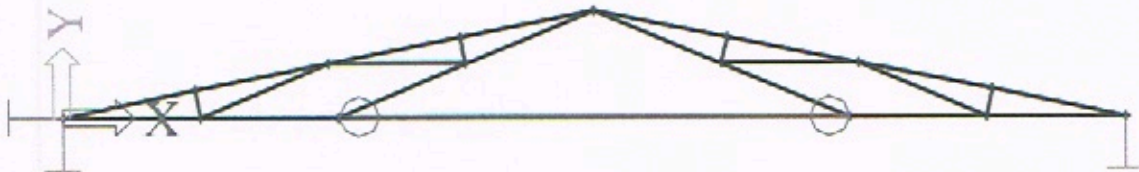


Obrázek 3 - N [kN]

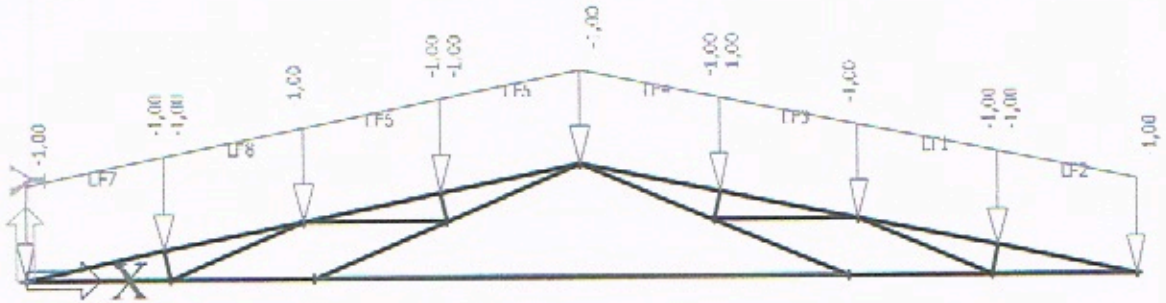


Varianta 2

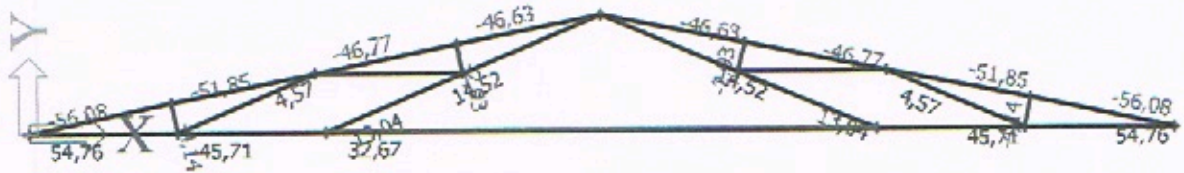
Obrázek 4 - Geometrie



Obrázek 5 - Jednotkové zatižení [kN/m]

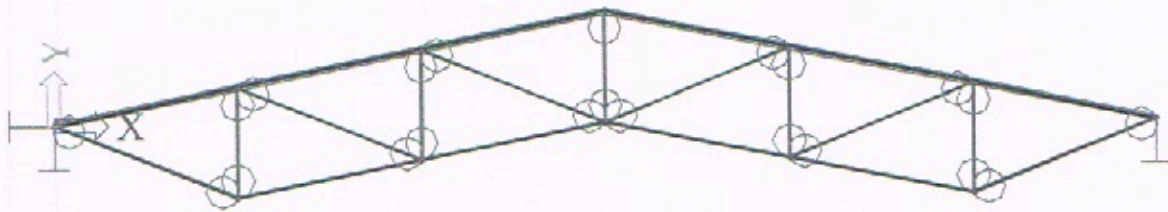


Obrázek 6 - N [kN]

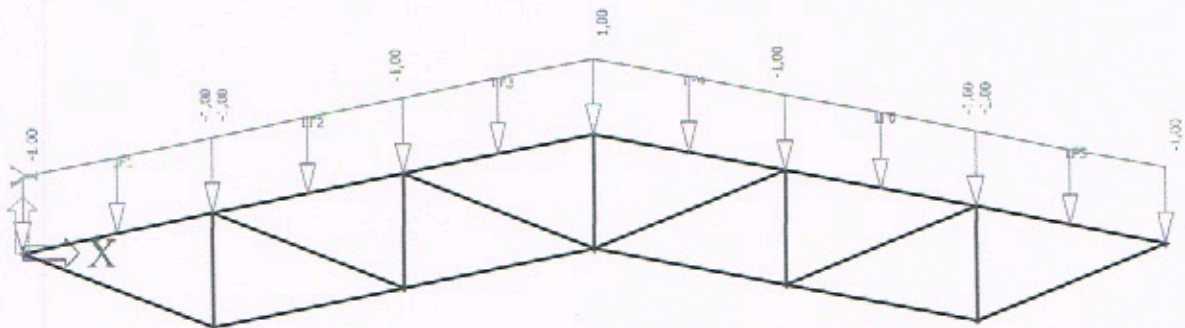


Varianta 3

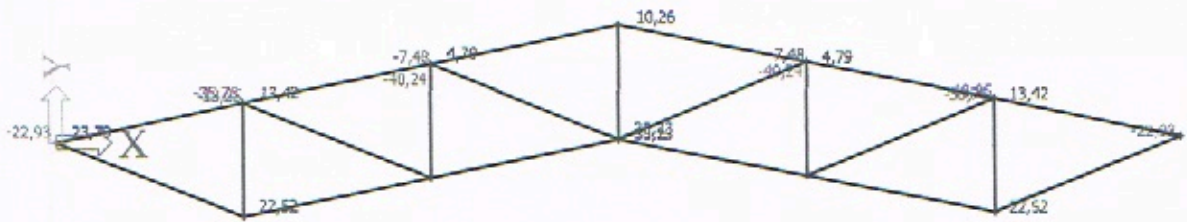
Obrázek 7 - Geometrie



Obrázek 8 - Jednotkové zatižení [kN/m]

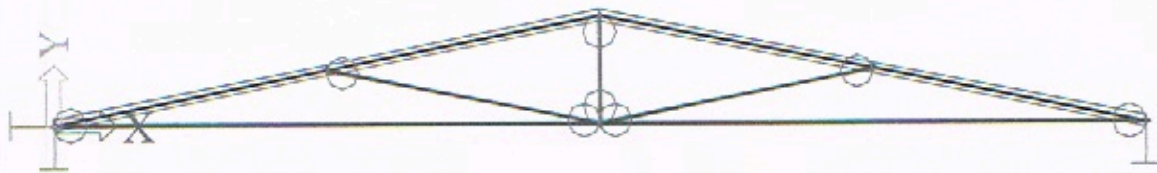


Obrázek 9 - N [kN]

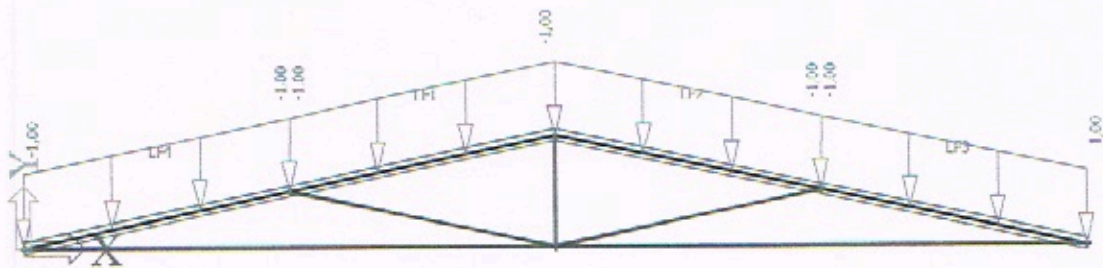


Varianta 4

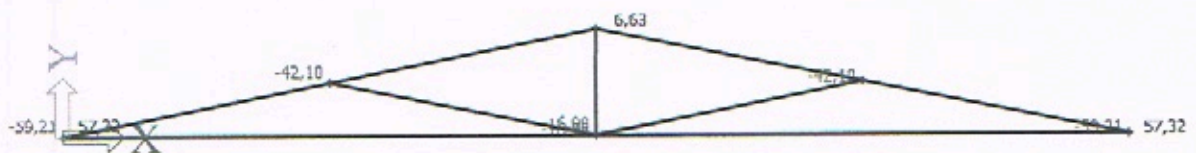
Obrázek 10- Geometrie



Obrázek 11 - Jednotkové zatížení [kN/m]



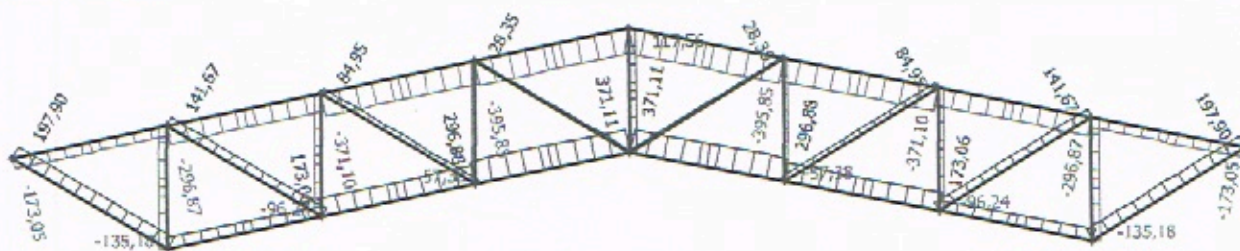
Obrázek 12 - N [kN]



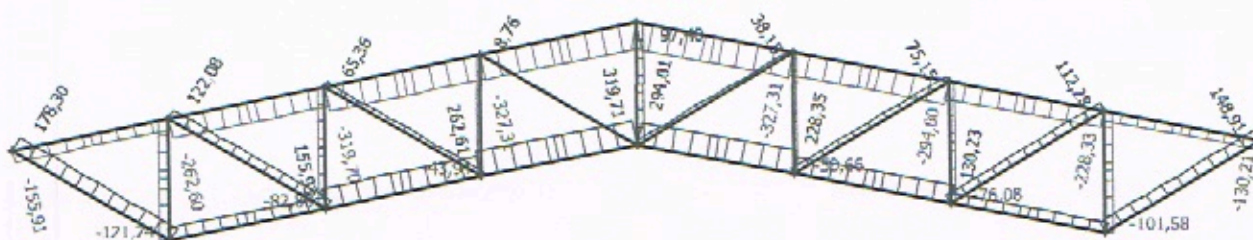
Vazník Hala I. a III. – Ocel

Normálové síly na vazníku

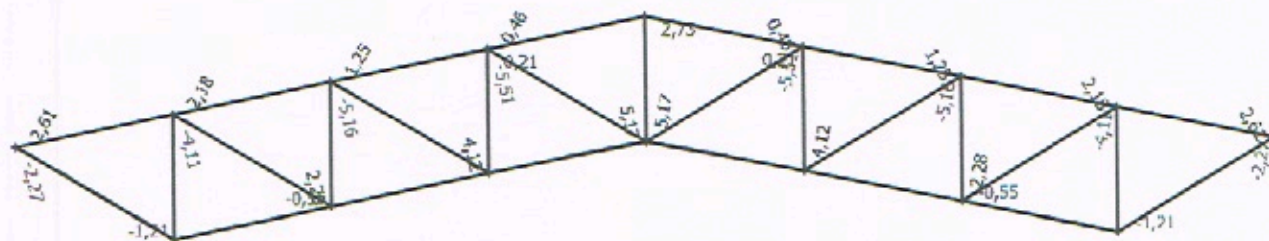
Obrázek 13 - CO1 -



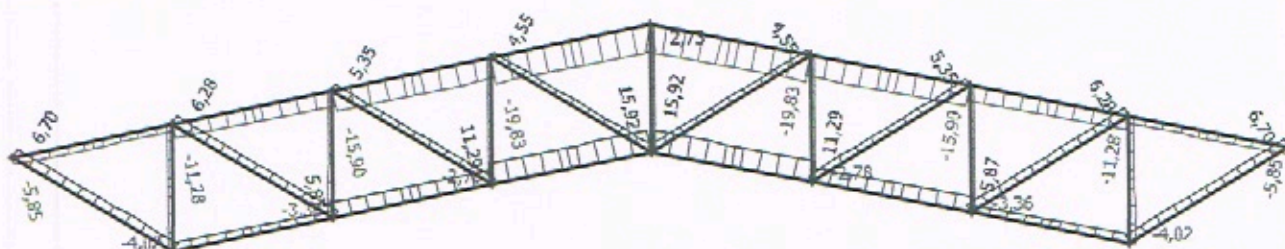
Obrázek 14 - CO2 -



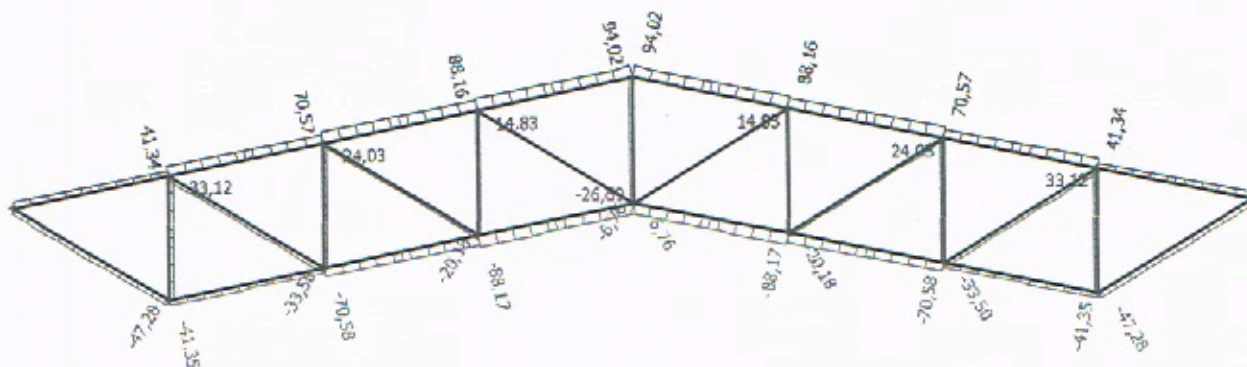
Obrázek 15 - CO3 -



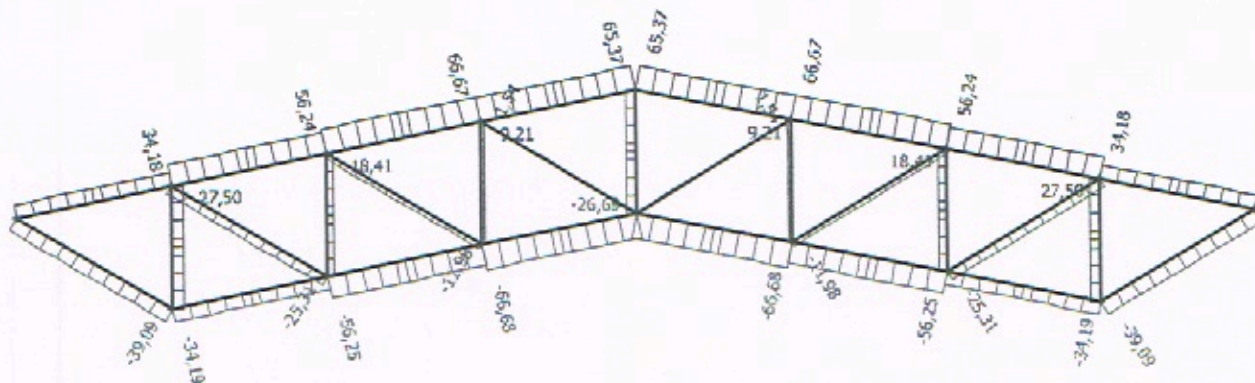
Obrázek 16 - CO4 -



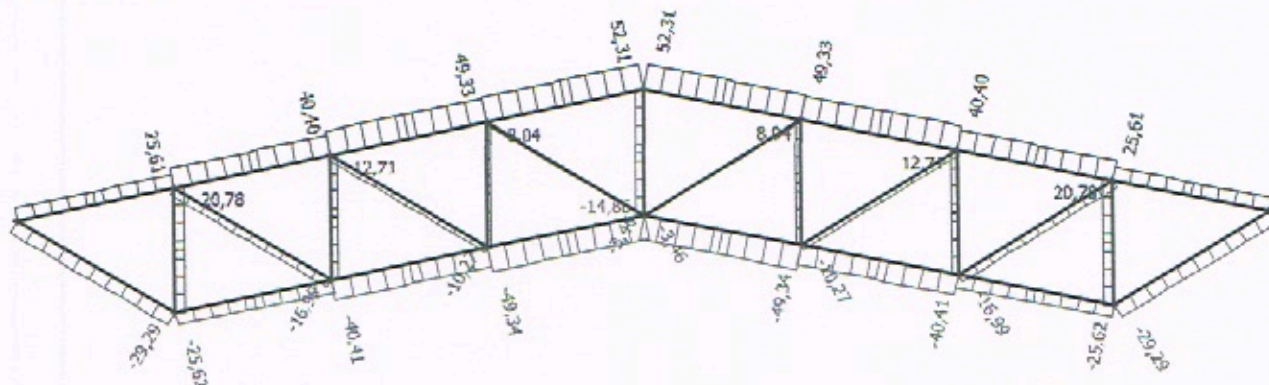
Obrázek 17 - C05 -



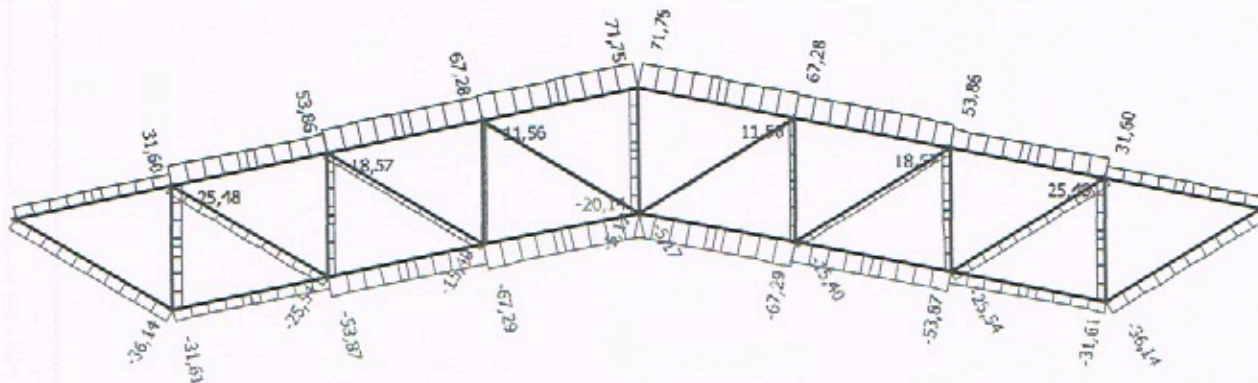
Obrázek 18 - C06 -



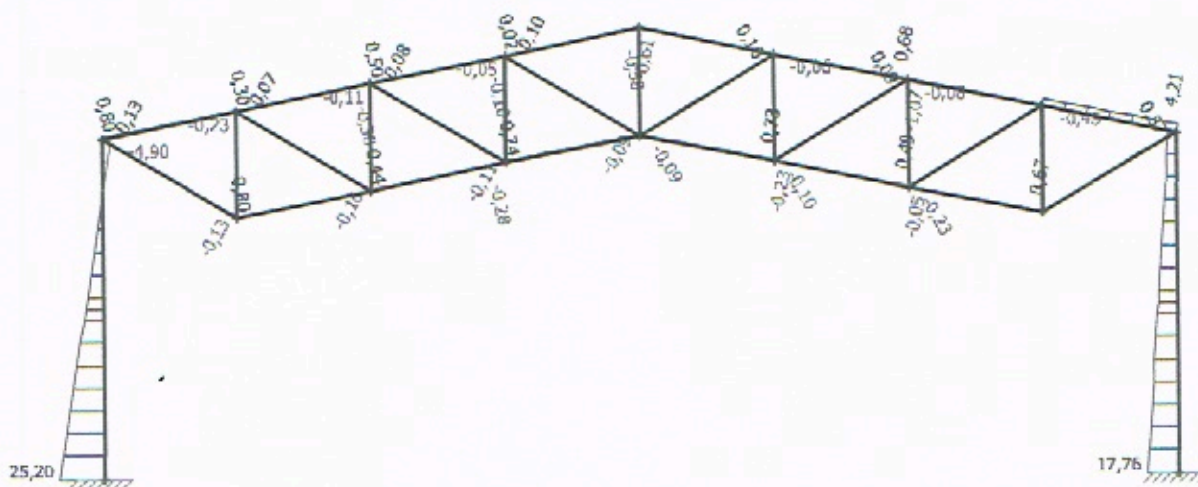
Obrázek 19 - C07 -



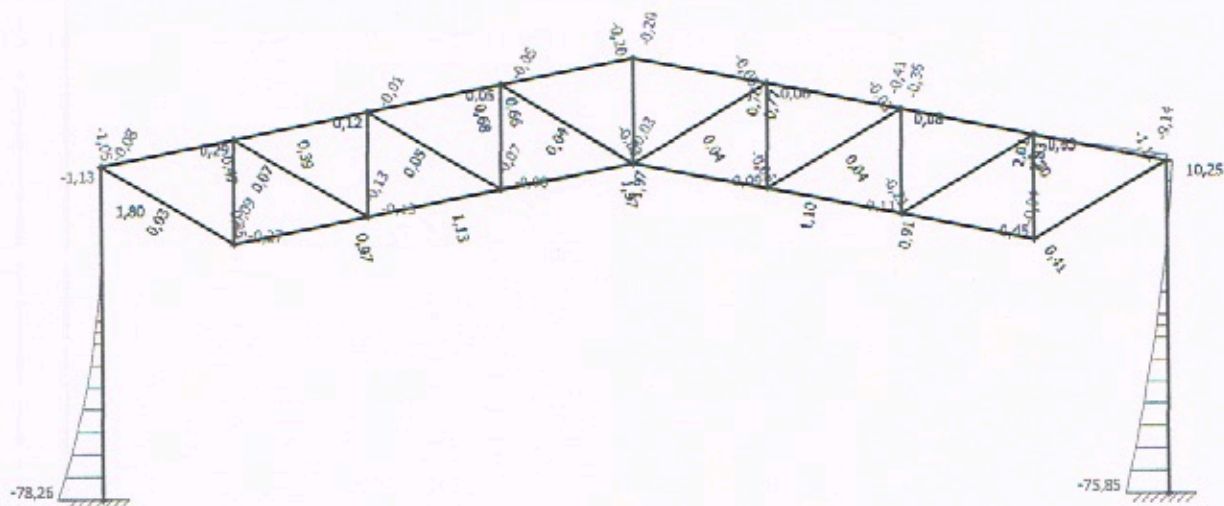
Obrázek 20 - C08 -



Obrázek 24 - V [kN]

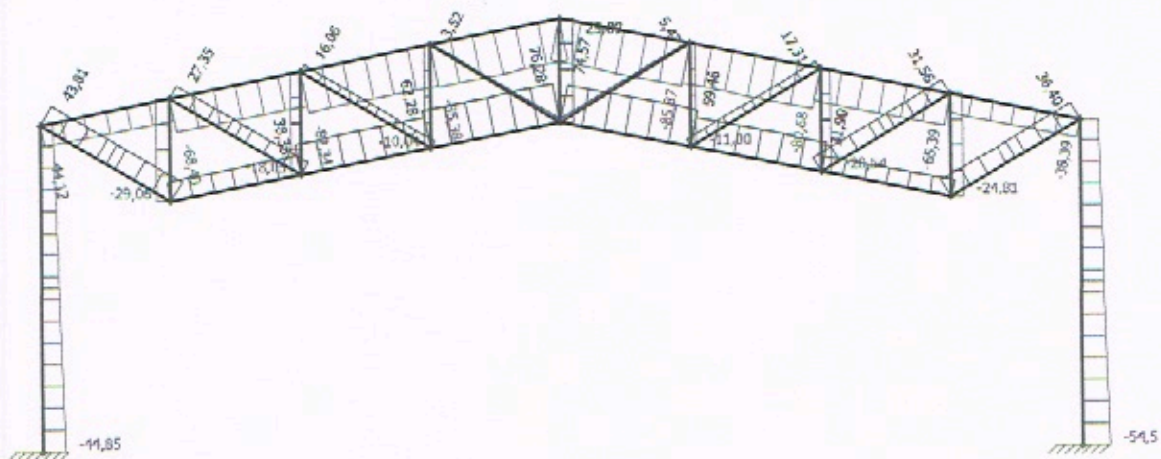


Obrázek 25 - M [kNm]

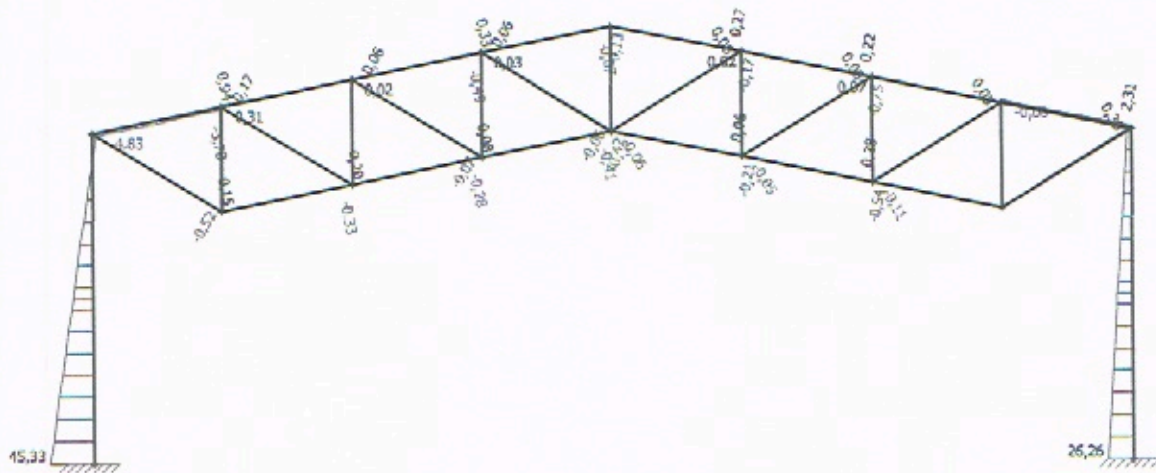


$$CO_2 - G_{\max} + \psi S_{\max} + W_{\text{příčný}}$$

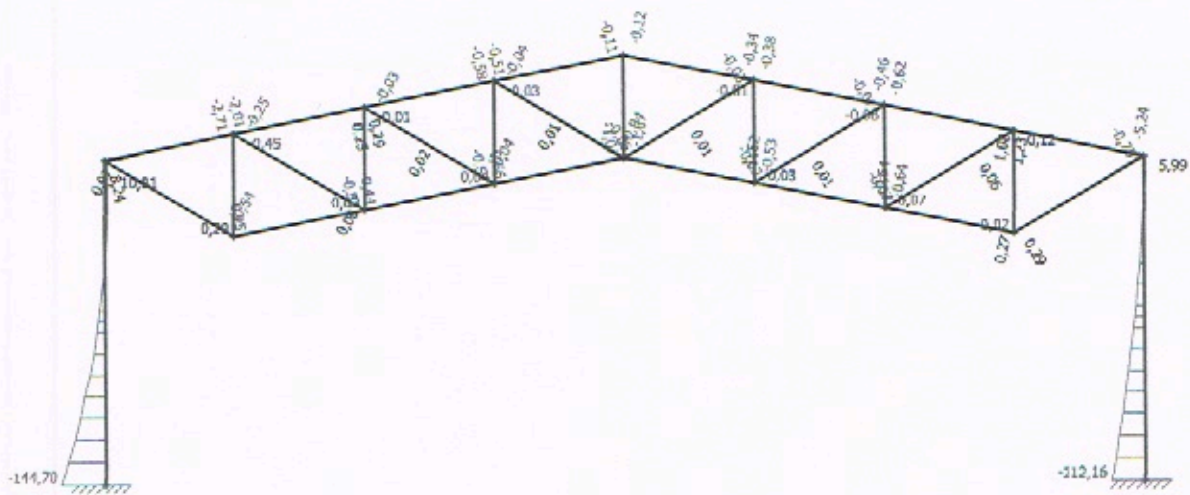
Obrázek 26 - N [kN]



Obrázek 30 - V [kN]

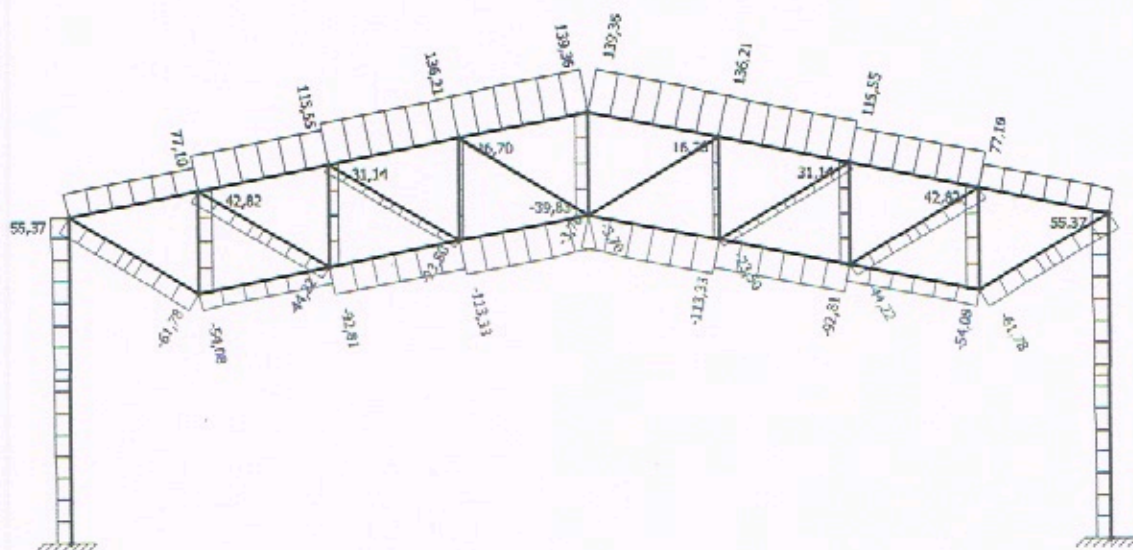


Obrázek 31 - M [kNm]

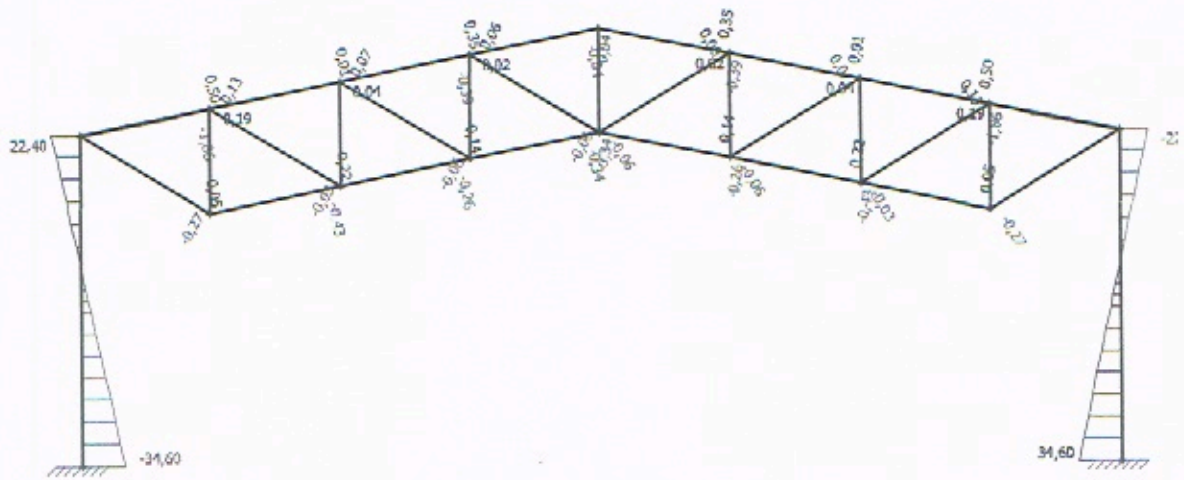


CO4 - 1 - $G_{min} + W_{podélný}$

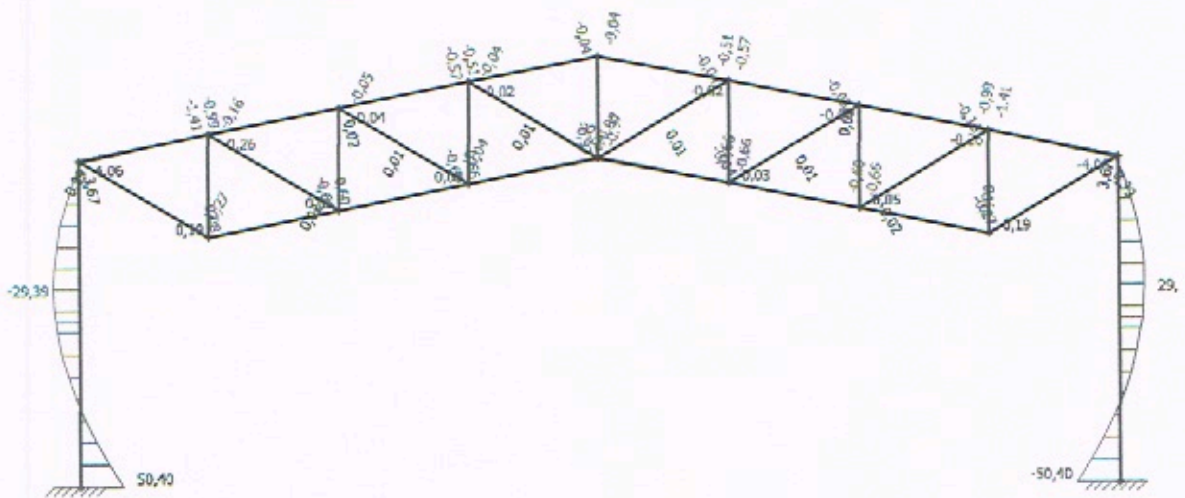
Obrázek 32 - N [kN]



Obrázek 33 - V [kN]



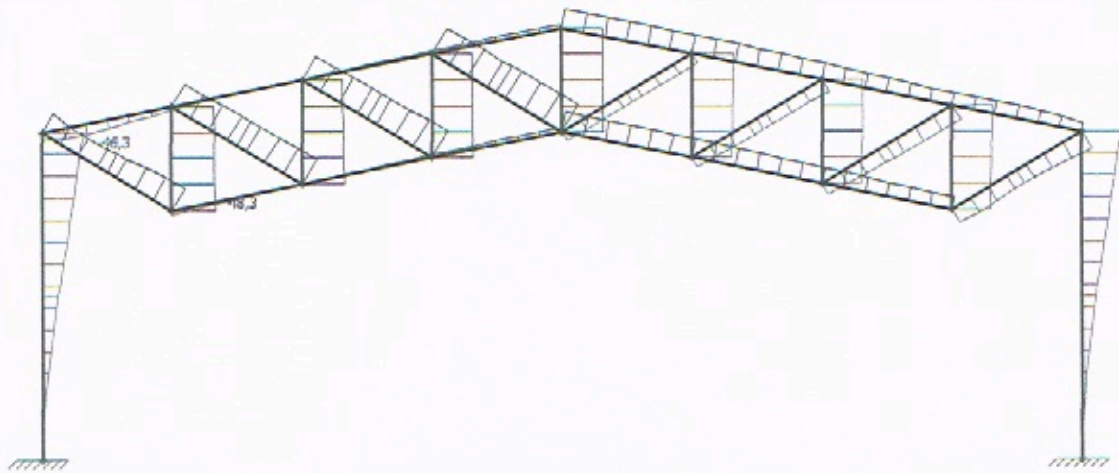
Obrázek 34 - M [kNm]



MSP – rozhoduje KZ3

Návrhové hodnoty

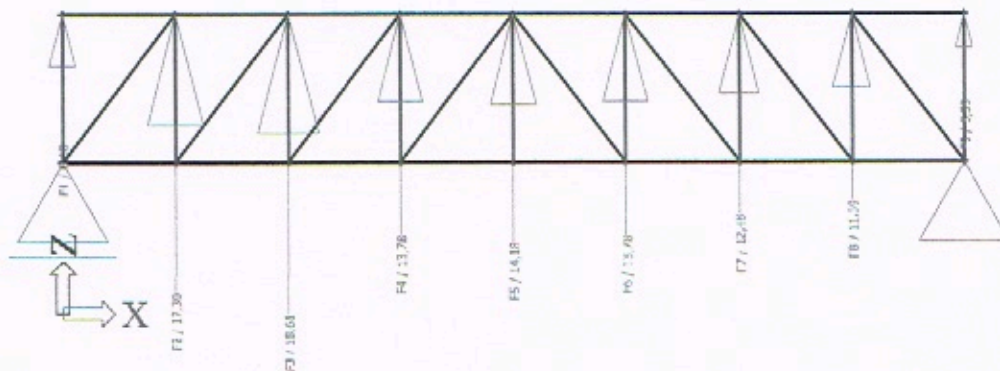
Obrázek 38 - MSP [mm]



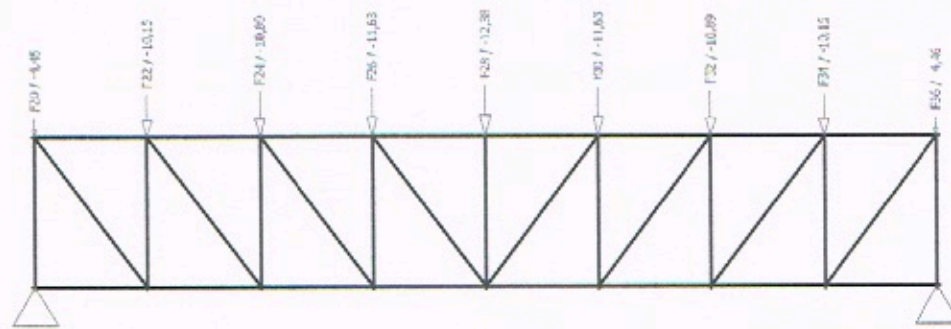
Ztužení haly I. a III.

Zatížení

Obrázek 39 - max. Sání

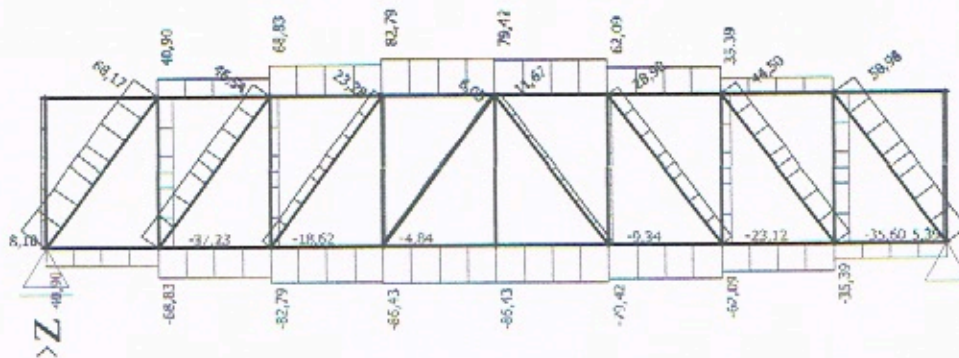


Obrázek 40 - max. tlak

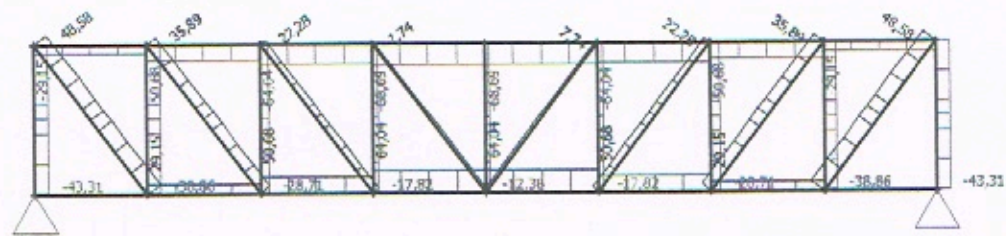


Vnitřní síly

Obrázek 41 - N [kN]



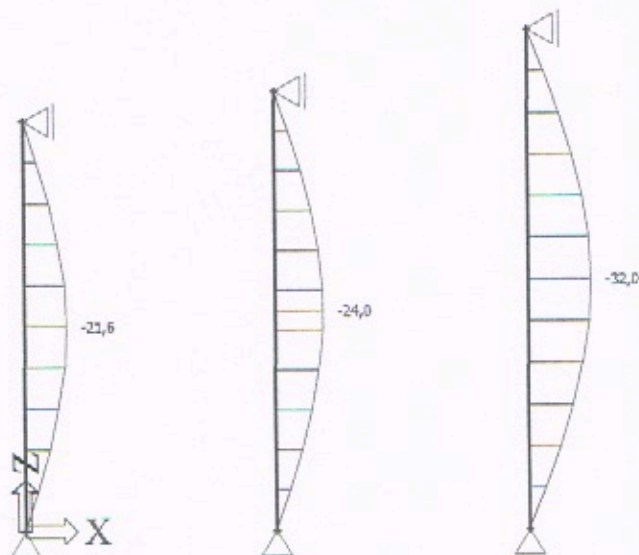
Obrázek 42 - N [kN]



Štítová stěna

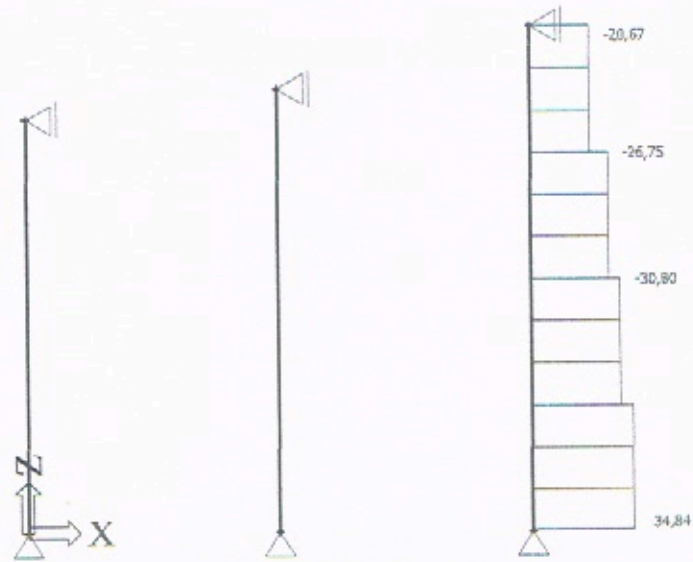
MSP – výběr kritického sloupku

Obrázek 43 - MSP [mm]



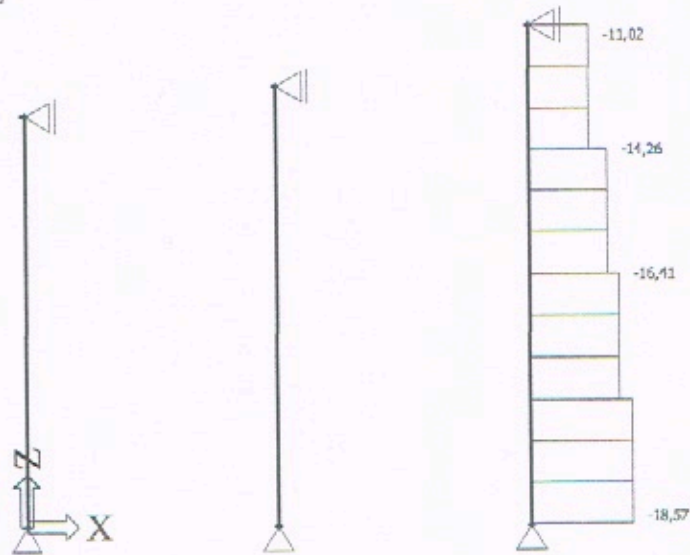
Kombinace G + S

Obrázek 44 - N [kN]

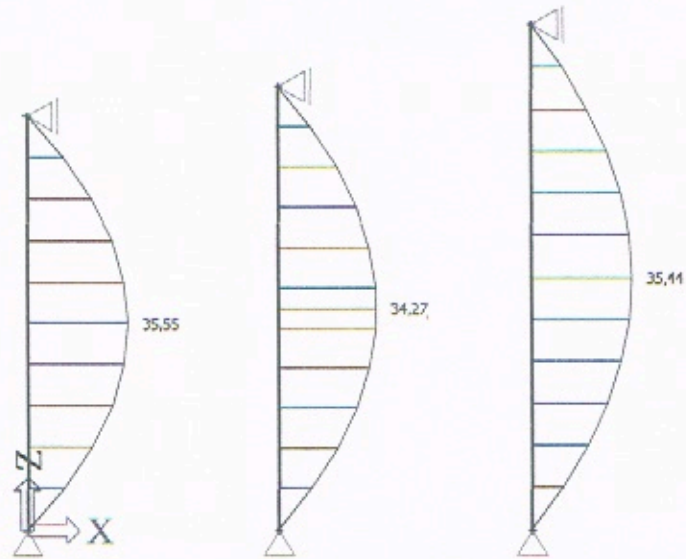


Kombinace G_{min} + W

Obrázek 45 - N [kN]



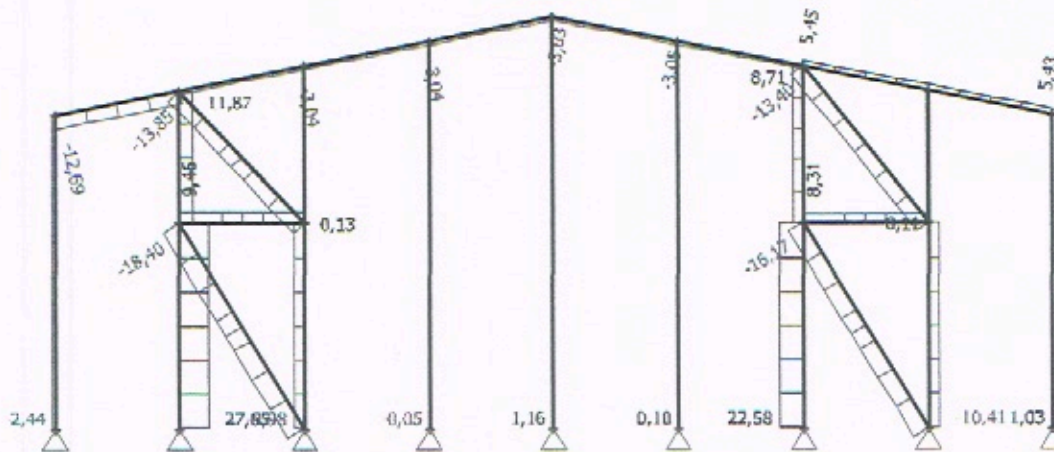
Obrázek 46 - M [kNm]



Příčné ztužení ve štítu

Vnitřní síly na ztužidla

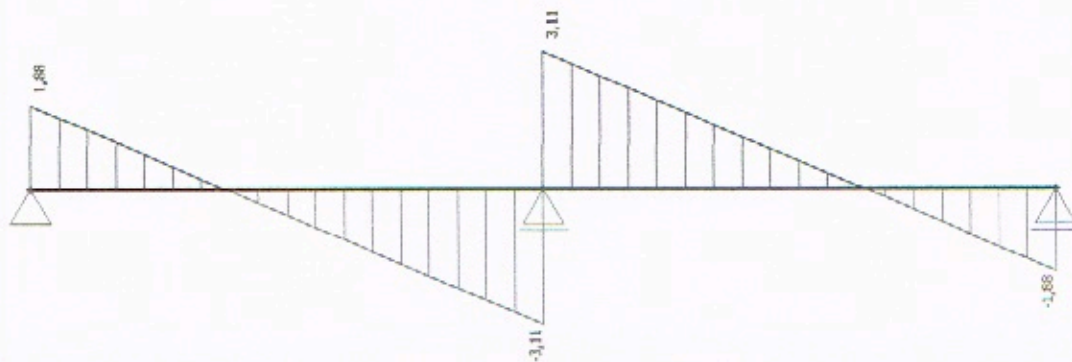
Obrázek 47 - N [kN]



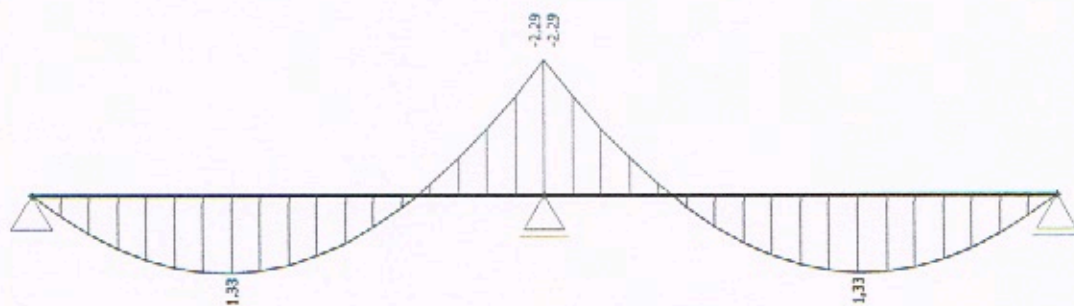
Střešní panel

Vnitřní síly

Obrázek 48 - V [kN]

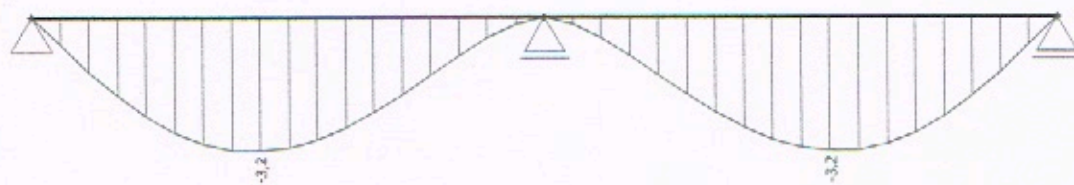


Obrázek 49 - M [kNm]



MSP – průhyb nosníku

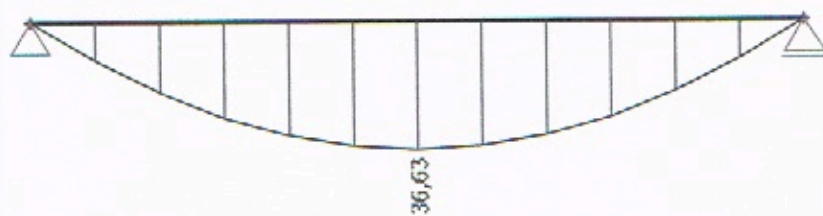
Obrázek 50 - Průhyb [mm]



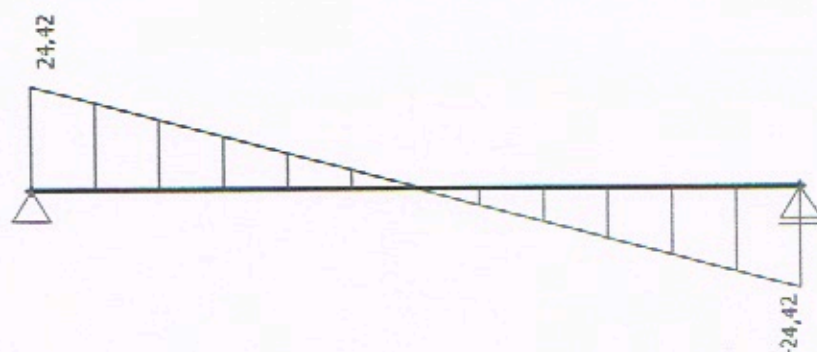
Vaznice

Vnitřní síly

Obrázek 51 - M [kNm]



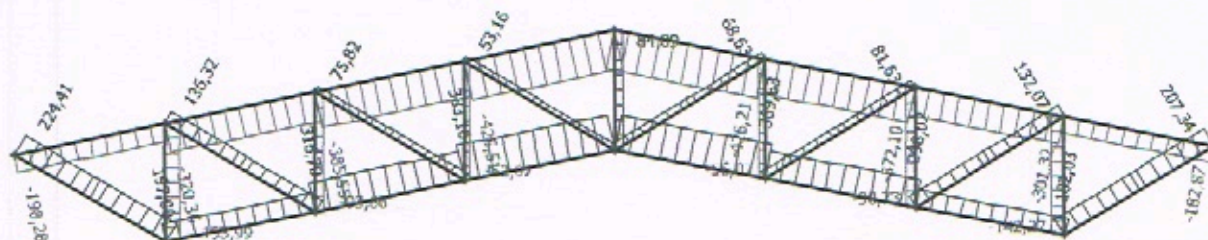
Obrázek 52 - V [kN]



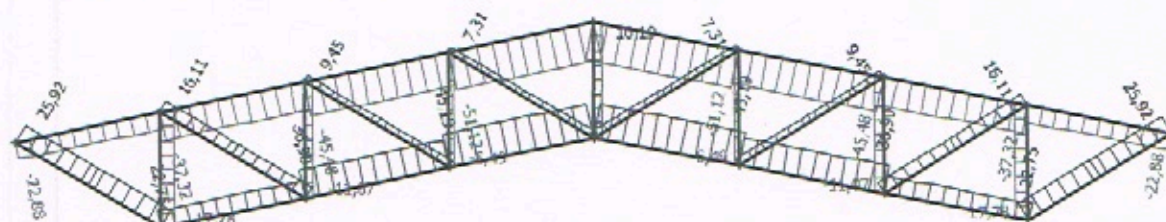
Vazník Dřevo-ocel

Normálové síly

Obrázek 53 - N [kN] - kombinace G+0,5S

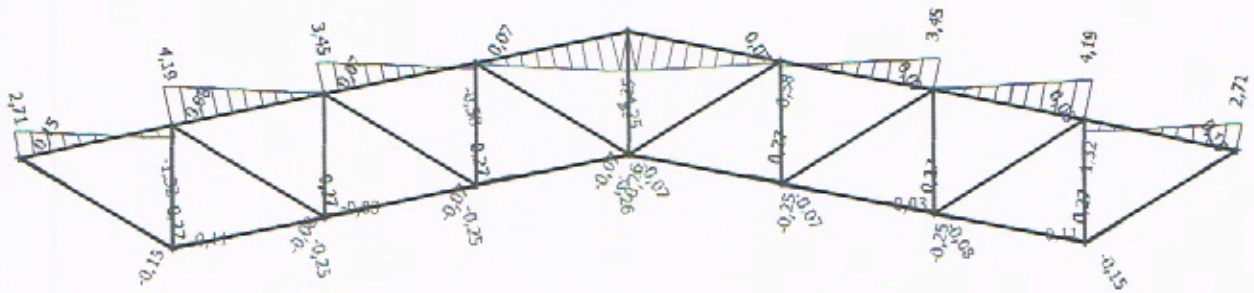


Obrázek 54 - N [kN] - kombinace Gmin + Wsání

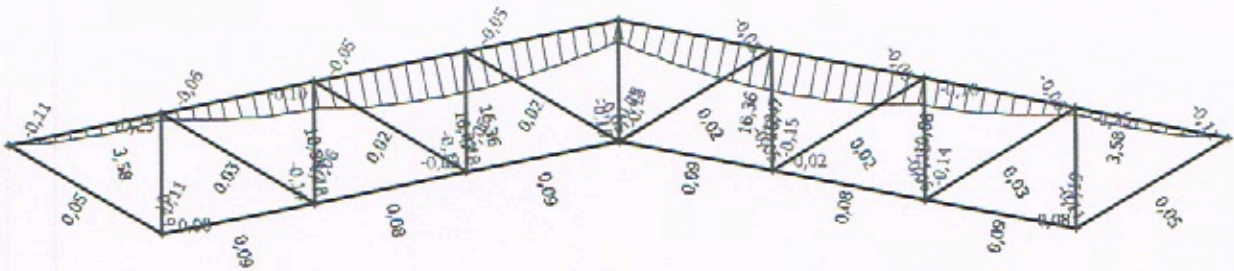


Vnitřní síly od vlastní tíhy

Obrázek 55 - V [kN]



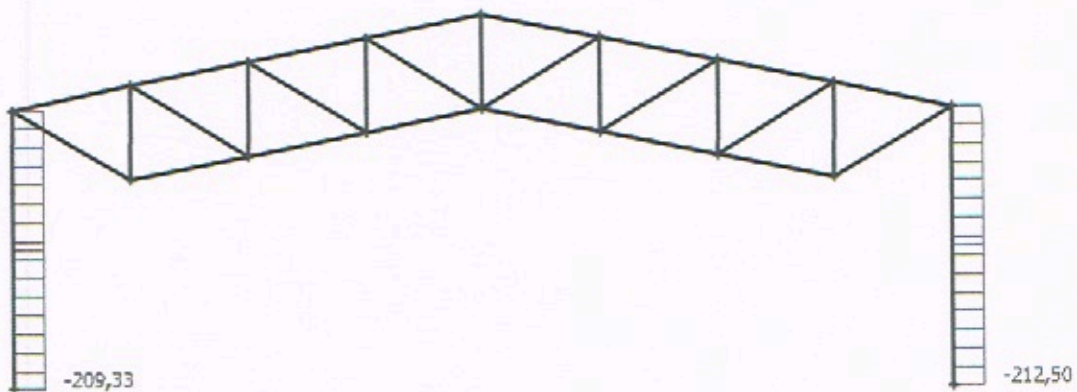
Obrázek 56 - M [kNm]



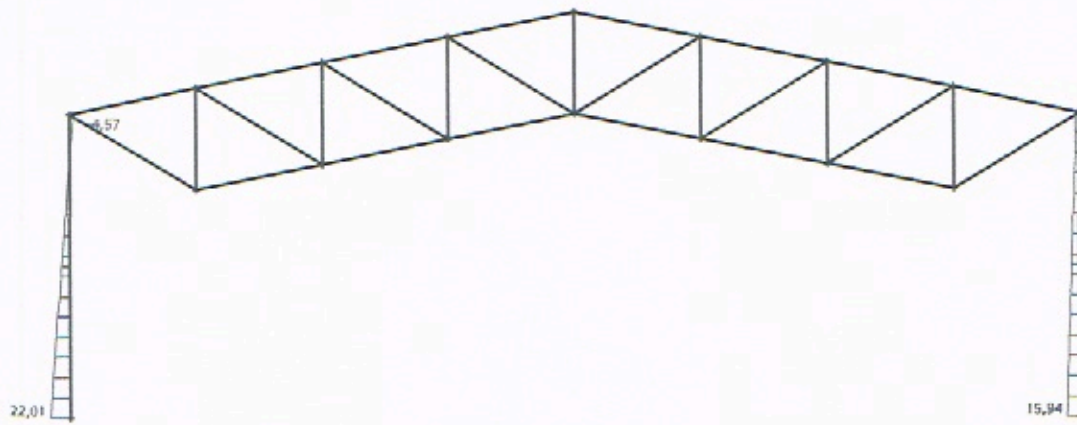
Ocelový sloup – vazník DK – OK

CO1

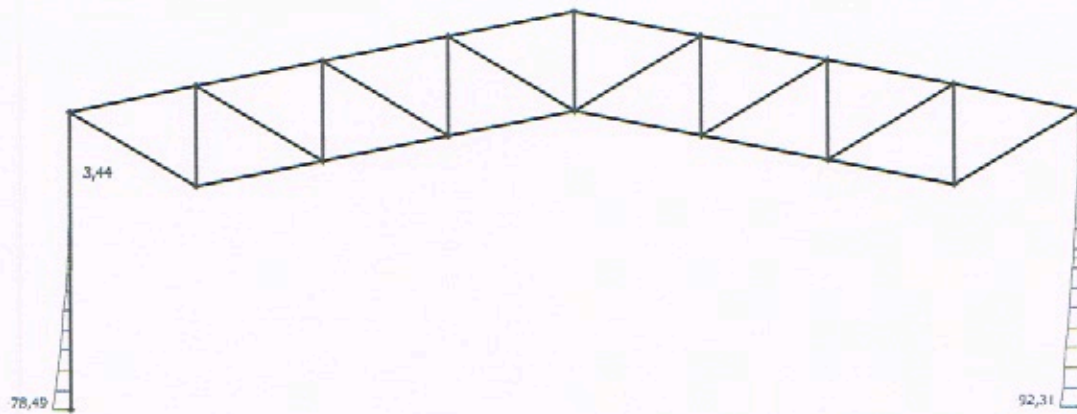
Obrázek 57 - N [kN]



Obrázek 58 - V [kN]

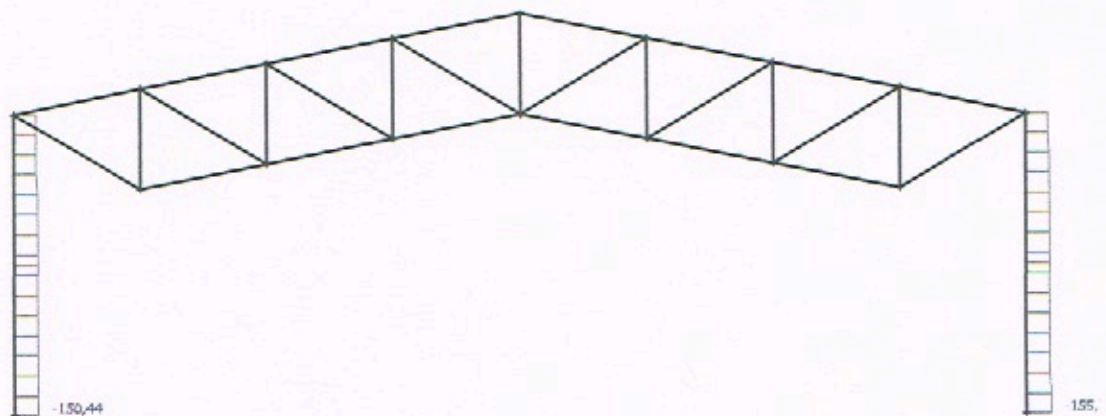


Obrázek 59 - M [kNm]

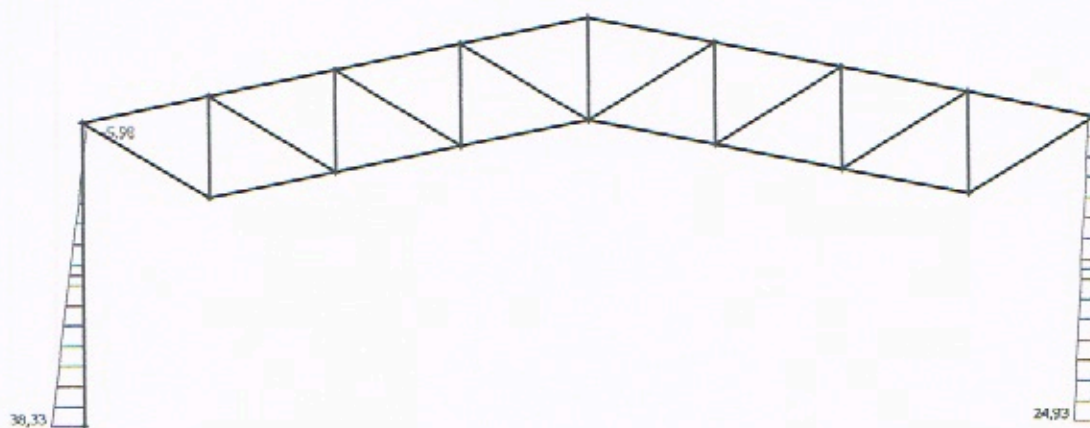


CO2

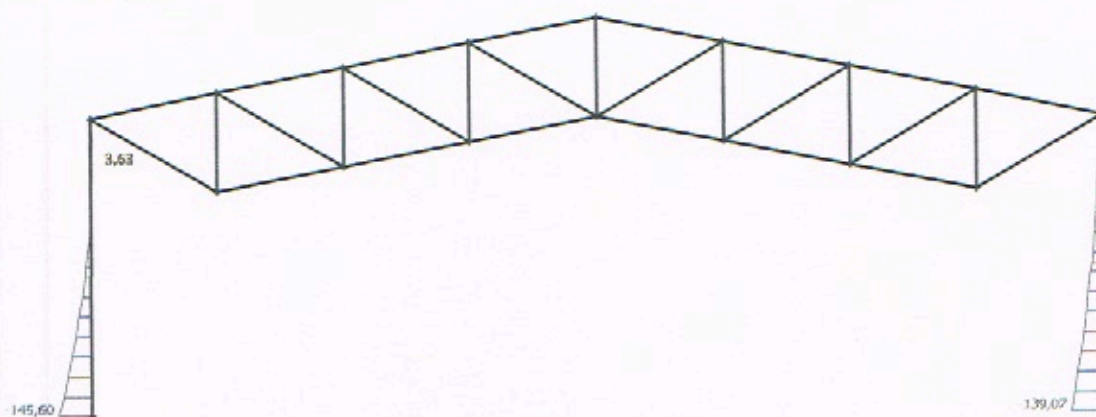
Obrázek 60 - N [kN]



Obrázek 61 - V [kN]

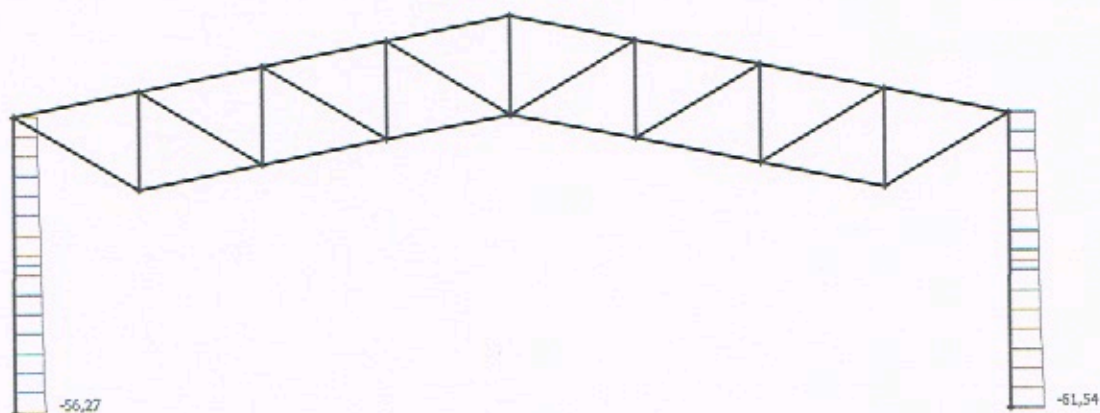


Obrázek 62 - M [kNm]

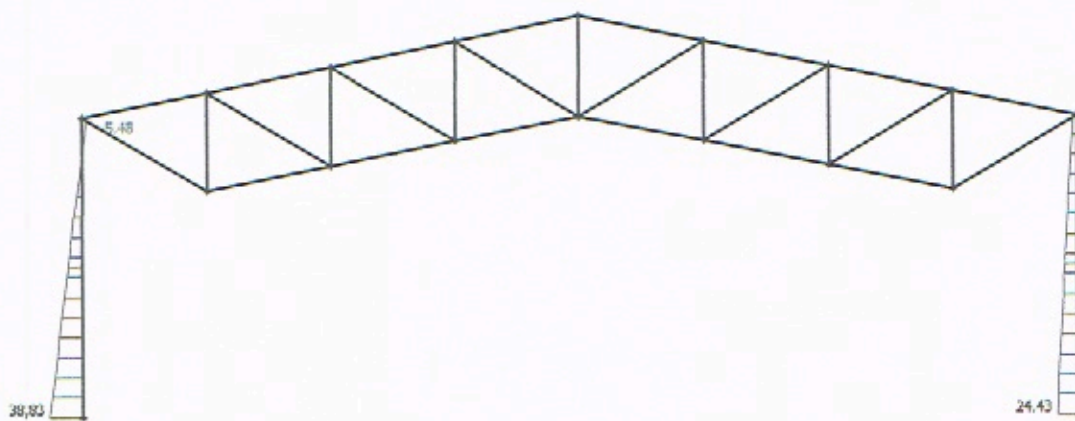


CO3

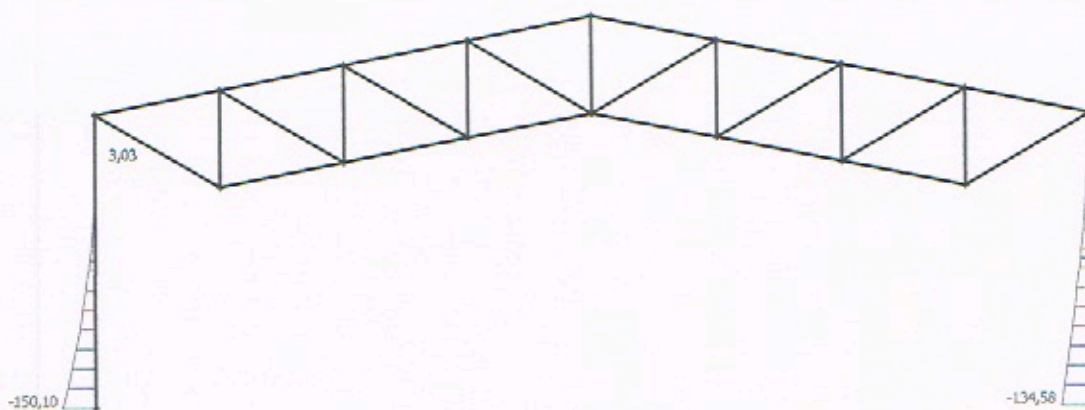
Obrázek 63 - N [kN]



Obrázek 64 - V [kN]

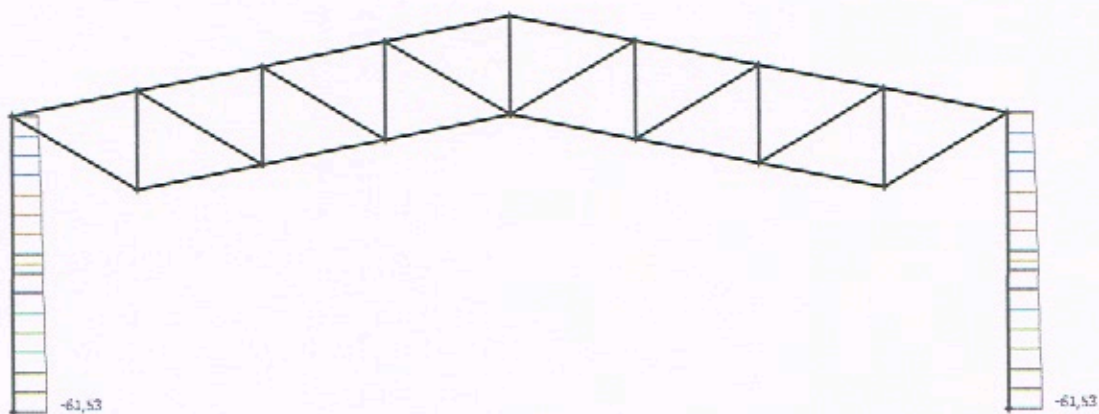


Obrázek 65 - M [kNm]

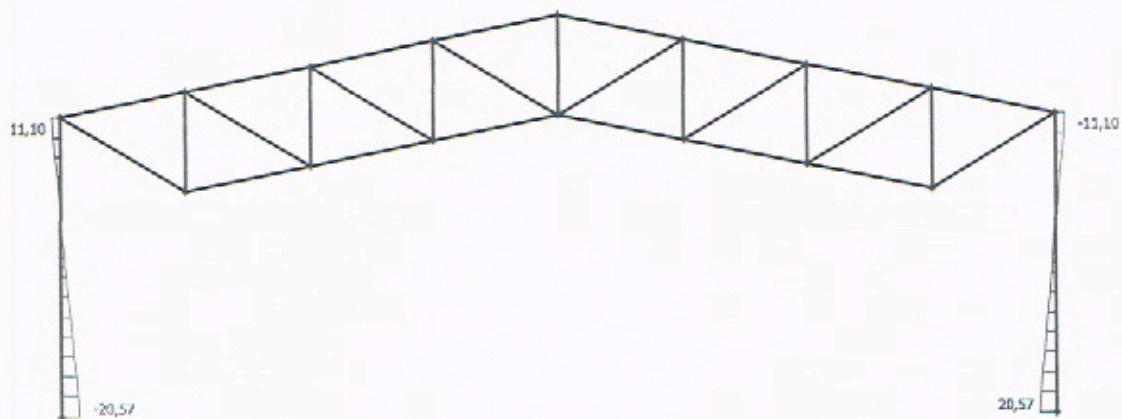


CO4

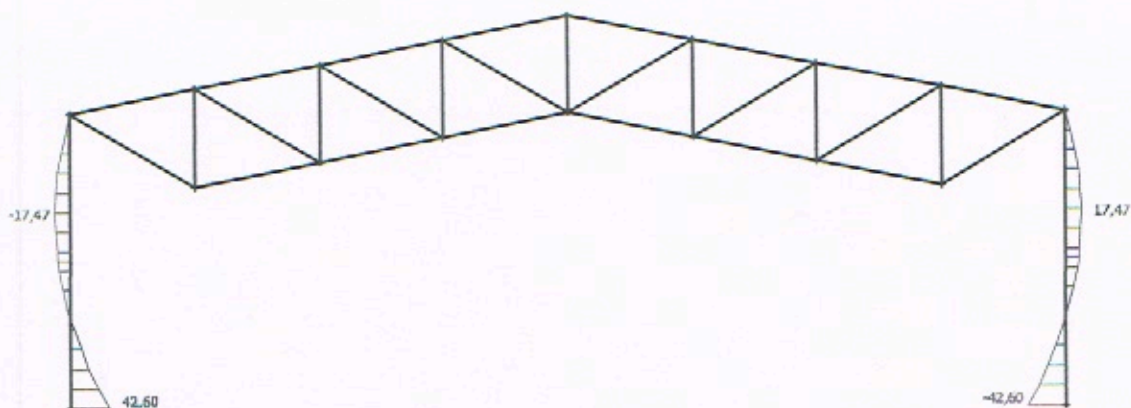
Obrázek 66 - N [kN]



Obrázek 67 - V [kN]



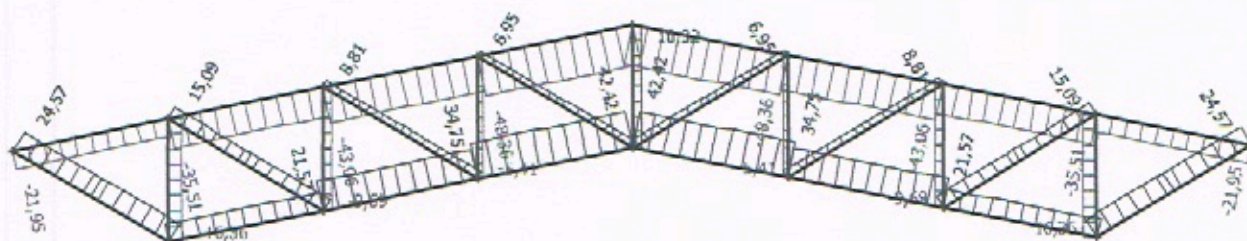
Obrázek 68 - M [kNm]



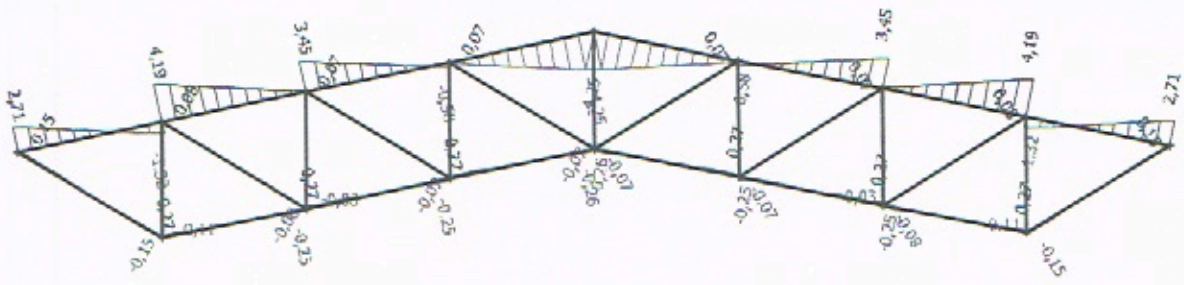
Vazník DK – OK

Zatížení od vlastní tíhy

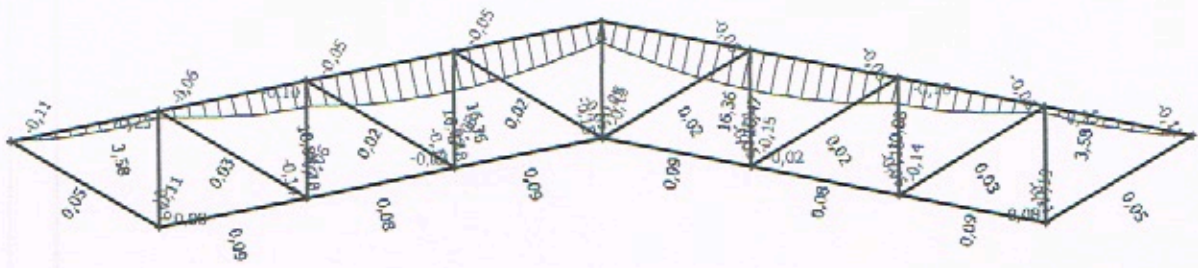
Obrázek 69 - N [kN]



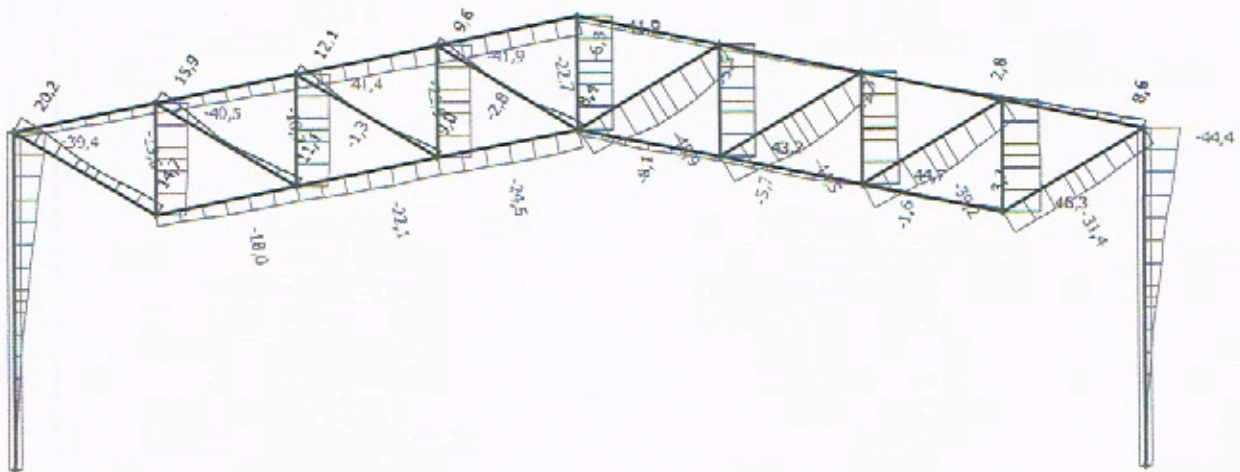
Obrázek 70 - V [kN]



Obrázek 71 - M [kNm]

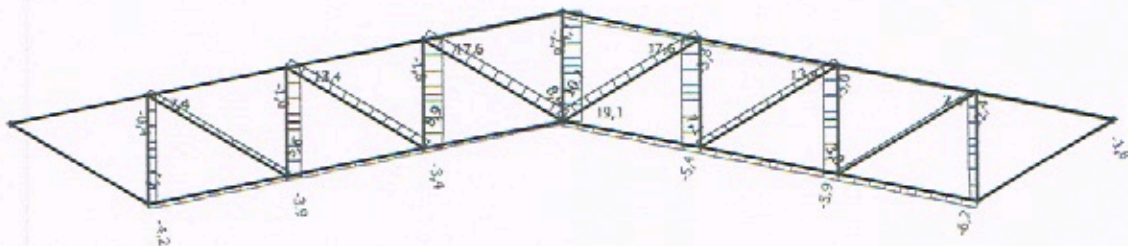


Obrázek 72 - maximalni posun -[mm]

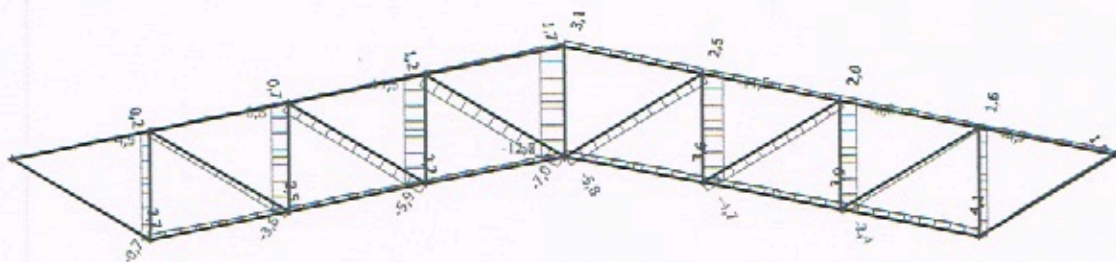


Ad1) Průhyb ocelového vazníku

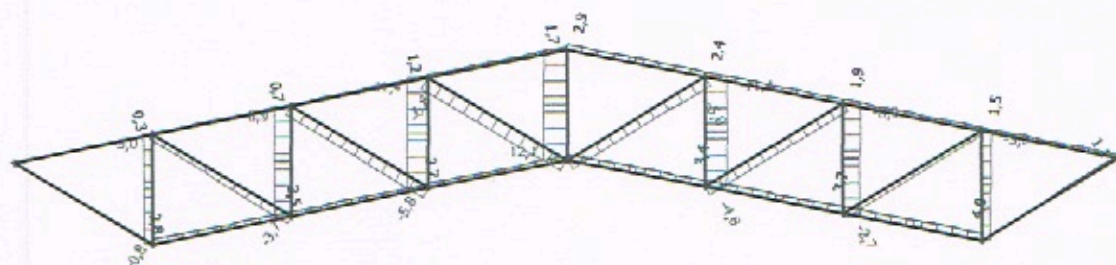
Obrázek 73 - průhyb od sněhu [mm]



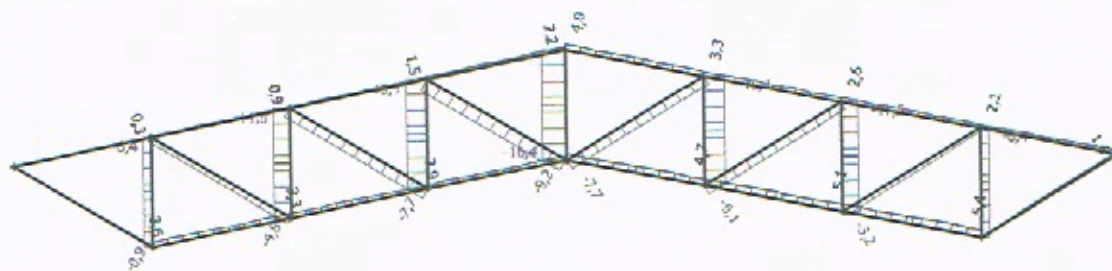
Obrázek 74 - průhyb od větru h [mm]



Obrázek 75 - průhyb od větru f+h [mm]



Obrázek 76 - průhyb v_{tr} g+h [mm]



Seznam obrázků

- Obrázek 1 - Geometrie
- Obrázek 2 - Jednotkové zatížení [kN/m]
- Obrázek 3 - N [kN]
- Obrázek 4- Geometrie
- Obrázek 5 - Jednotkové zatížení [kN/m]
- Obrázek 6 - N [kN]
- Obrázek 7- Geometrie
- Obrázek 8 - Jednotkové zatížení [kN/m]
- Obrázek 9 - N [kN]
- Obrázek 10- Geometrie
- Obrázek 11 - Jednotkové zatížení [kN/m]
- Obrázek 12 - N [kN]
- Obrázek 13 - CO1 -
- Obrázek 14 - CO2 -
- Obrázek 15 - CO3 -
- Obrázek 16 - CO4 -
- Obrázek 17 - CO5 -
- Obrázek 18 - CO6 -
- Obrázek 19 - CO7 -
- Obrázek 20 - CO8 -
- Obrázek 21 - CO9 -
- Obrázek 22 – MSP
- Obrázek 23 - N [kN]
- Obrázek 24 - V [kN]
- Obrázek 25 - M [kNm]
- Obrázek 26 - N [kN]
- Obrázek 27 - V [kN]
- Obrázek 28 - M [kNm]
- Obrázek 29 - N [kN]
- Obrázek 30 - V [kN]
- Obrázek 31 - M [kNm]
- Obrázek 32 - N [kN]
- Obrázek 33 - V [kN]
- Obrázek 34 - M [kNm]
- Obrázek 35 - N [kN]
- Obrázek 36 - V [kN]
- Obrázek 37 - M [kNm]
- Obrázek 38 - MSP [mm]
- Obrázek 39 - max. Sání
- Obrázek 40 - max. tlak
- Obrázek 41 - N [kN]
- Obrázek 42 - N [kN]
- Obrázek 43 - MSP [mm]
- Obrázek 44 - N [kN]
- Obrázek 45 - N [kN]
- Obrázek 46 - M [kNm]

Obrázek 47 - N [kN]
Obrázek 48 - V [kN]
Obrázek 49 - M [kNm]
Obrázek 50 - Průhyb [mm]
Obrázek 51 - M [kNm]
Obrázek 52 - V [kN]
Obrázek 53 - N [kN] - kombinace G+0,5S
Obrázek 54 - N [kN] - kombinace Gmin + Wsání
Obrázek 55 - V [kN]
Obrázek 56 - M[kNm]
Obrázek 57 - N [kN]
Obrázek 58 - V [kN]
Obrázek 59 - M [kNm]
Obrázek 60 - N [kN]
Obrázek 61 - V [kN]
Obrázek 62 - M [kNm]
Obrázek 63 - N [kN]
Obrázek 64 - V [kN]
Obrázek 65 - M [kNm]
Obrázek 66 - N [kN]
Obrázek 67 - V [kN]
Obrázek 68 - M [kNm]
Obrázek 69 - N [kN]
Obrázek 70 - V [kN]
Obrázek 71 - M [kNm]
Obrázek 72 - maximalni posun -(mm)
Obrázek 73 - průhyb od sněhu [mm]
Obrázek 74 - průhyb od větru h [mm]
Obrázek 75 - průhyb od větru f+h [mm]
Obrázek 76 - průhyb vítr g+h [mm]

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

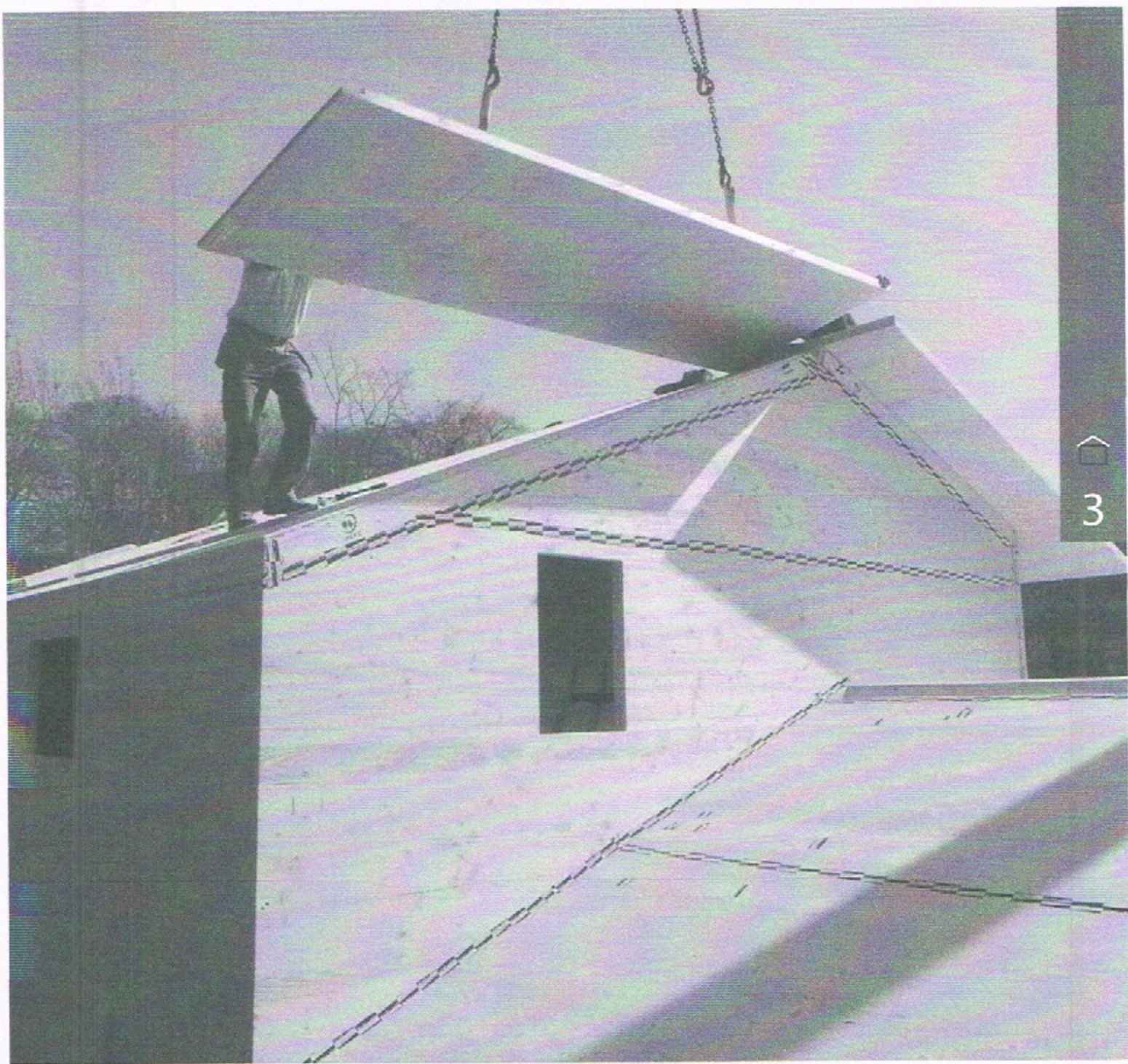


DIPLOMOVÁ PRÁCE

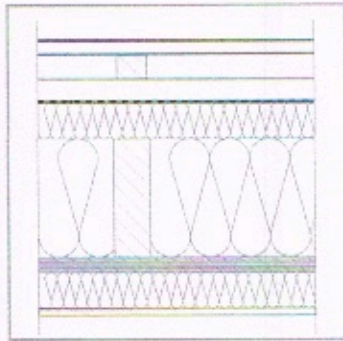
PŘÍLOHA 2 – Střešní panely Novatop

2017

Bc. Petrás Michal



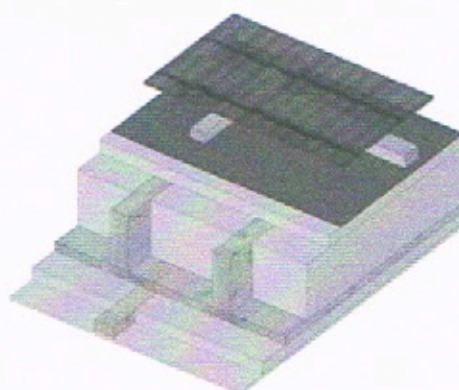
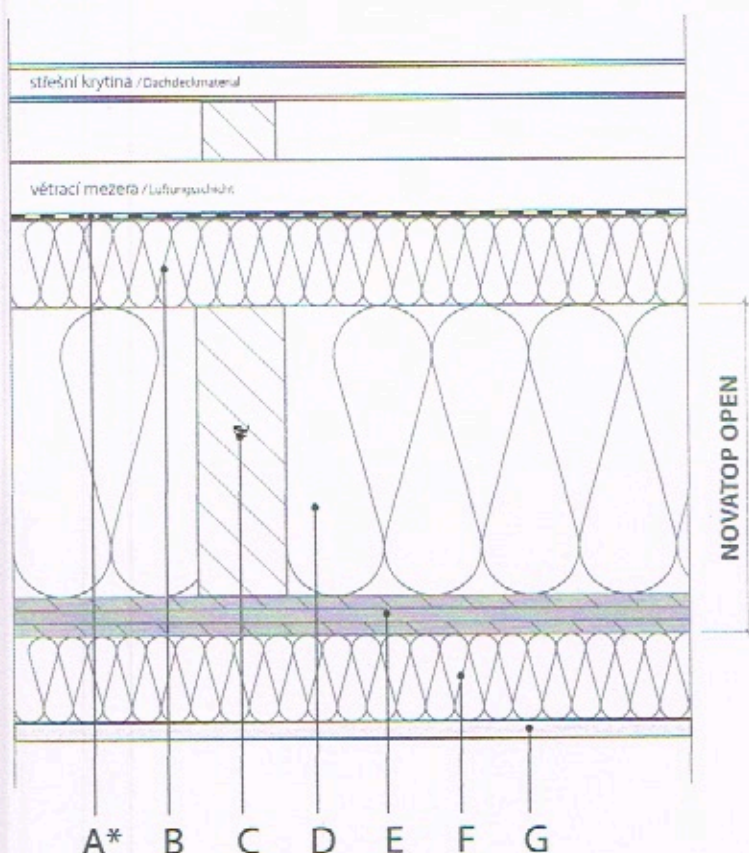
CZ Střechy
D Dächer



www.novatop-system.com

NOVATOP

SKLADBA STŘECHY / Dachaufbau



* DIFUZNÍ FÓLII LZE NAHRADIT NAPŘÍKLAD DIFUZNÍ DŘEVOVLÁKNITOU DESKOU (DHF, DFP)
 / Diffusionsfolie kann zum Beispiel durch Diffusionsholzfaserplatte (DHF, DFP) ersetzt werden

R 300		1	2	3	4	5	6	7	8		
Rozměry (mm) / Dimensionen	Difuz. střešní fólie (sd = cca 0,02 m) / Diffusionsdachfolie	A	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Steico Therm ($\lambda = 0,041 \text{ W/mK}$, $\rho = 160 \text{ kg/m}^3$)	B			40	40	60	80	120	160	
	NOVATOP OPEN	KVH (BSH, DUO, TRIO)	C	200	200	200	200	240	240	240	280
		Steico Flex ($\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$, $\rho = 50 \text{ kg/m}^3$)	D	200	200	200	200	240	240	240	280
		Spodní deska / Unterplatte	E	27	27	27	27	27	27	27	27
	Minerální izolace ($\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$, $\rho = 50 \text{ kg/m}^3$) / Mineraldämmung	F		40		40		40	80	120	
	Sádrovláknitá deska (FERMACELL) / Gipsfaserplatte	G		12		12		12	12	12	
	Celková tloušťka konstrukce / Gesamtstärke der Konstruktion	Σ	227	279	267	319	327	399	479	599	
Požární odolnost (stanoveno výpočtem) / Feuerwiderstand (bestimmt durch Berechnung)	REI [min]	30	45	30	45	30	45	45	45		
Součinitel prostupu tepla / Wärmedurchgangszahl	U [W/m ² K]	0,24	0,20	0,19	0,16	0,15	0,13	0,10	0,08		
Užití konstrukce / Konstruktionsverwendung		standard	standard	standard	standard TOP	NEO	NEO TOP	FAKIV	FAKIV TOP		

POZNÁMKA: Použití těchto skladeb je nutné individuálně posoudit z hlediska stavební fyziky.
ANMERKUNG: Anwendung dieser Strukturen ist notwendig individuell aus Sicht der Bauphysik zu beurteilen.

ŠIKMÁ A PULTOVÁ STŘECHA – NOVATOP OPEN
 Steil- und Pultdach – NOVATOP OPEN

R 300

NOVATOP OPEN – PRO STROPY A STŘECHY

TYPY PROVEDENÍ

Tloušťka SWP: 27 mm (9/9/9), 19 mm (6/7/6).

Celkové výšky: 227 mm, 247 mm, 267 mm a jiné

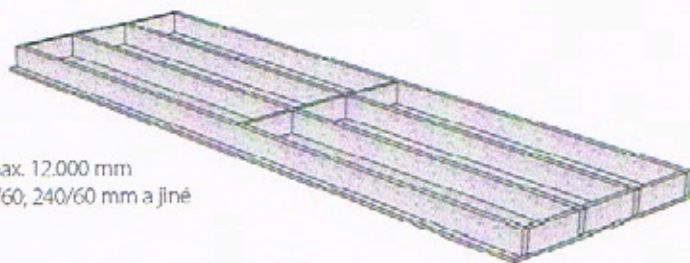
Šířky: 1030, 2090, 2450, max. 2.450 mm

Délky: dle projektové dokumentace, standardně 6.000, max. 12.000 mm

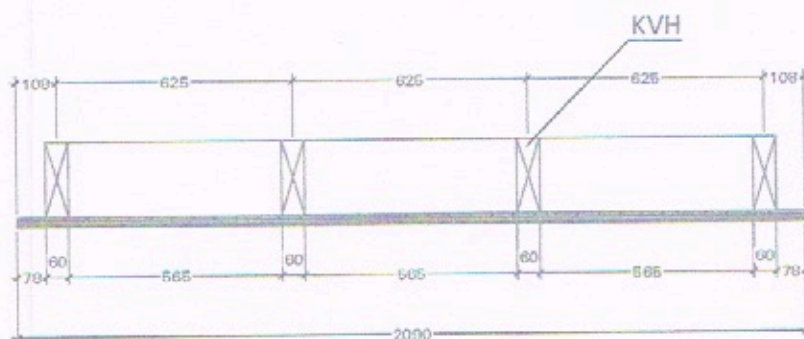
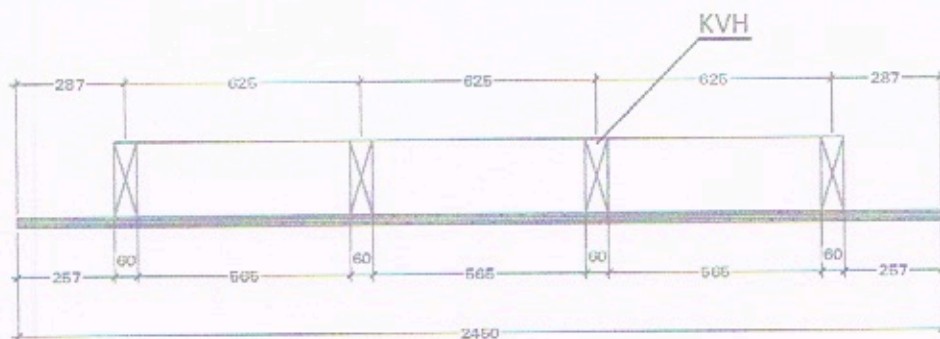
Rozměry KVH (DUO,TRIO,BSH, I-nosníky): 200/60; 220/60; 240/60 mm a jiné

Maximální formát: 12.000 x 2.450 mm

Prodloužení desky SWP s cinkovaným spojem.

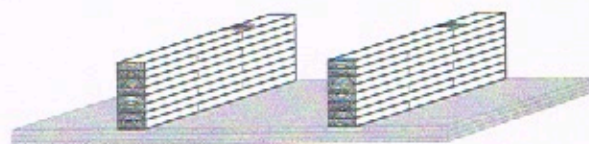
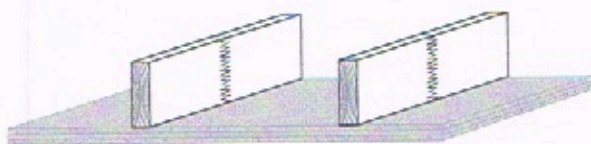


Standardní osová rozteč KVH (DUO, TRIO, BSH, I nosník): 625 mm, ostatní podle statického posouzení.



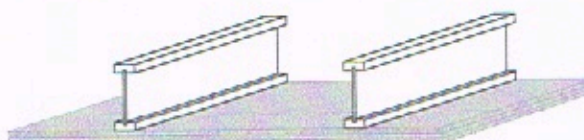
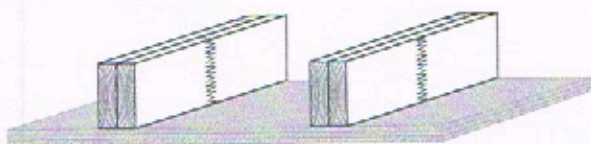
KVH

BSH



DUO (TRIO)

I nosník



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební



DIPLOMOVÁ PRÁCE

PŘÍLOHA 3 – Posudek střešního panelu Novatop
v programu TEPLLO

2017

Bc. Petrás Michal

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplota 2014 EDU

Název úlohy :
Zpracovatel : Michal
Zakázka :
Datum : 3.12.2016

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Ocel korozivzd	0,0030	17,0000	460,0	7900,0	1000000,0	0.0000
2	Pěnový polysty	0,3000	0,0510	1270,0	10,0	40,0	0.0000
3	Al folie 1	0,0000	204.0000	870,0	2700,0	500000,0	0.0000
4	Dřevo měkké (t	0,0240	0,1800	2510,0	400,0	157,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Ocel korozivzdorná	---
2	Pěnový polystyren 1 (do roku 2003)	---
3	Al folie 1	---
4	Dřevo měkké (tok kolmo k vláknům)	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -13.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.6 C
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31	20.6	55.1	1336.3	-4.4	81.2	342.9
2	28	20.6	57.3	1389.6	-2.9	80.8	387.4
3	31	20.6	58.8	1426.0	1.0	79.5	521.8
4	30	20.6	60.7	1472.1	5.7	77.5	709.4
5	31	20.6	64.9	1573.9	10.7	74.5	958.1
6	30	20.6	68.7	1666.1	13.9	72.0	1142.9
7	31	20.6	70.8	1717.0	15.5	70.4	1239.1
8	31	20.6	70.1	1700.0	15.0	70.9	1208.4
9	30	20.6	65.6	1590.9	11.3	74.1	991.8
10	31	20.6	61.0	1479.4	6.3	77.1	735.7
11	30	20.6	58.8	1426.0	0.9	79.5	518.1
12	31	20.6	57.7	1399.3	-2.6	80.7	396.8

Poznámka: Tai, RH_i a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).

Průměrná měsíční venkovní teplota Te byla v souladu s EN ISO 13788 snížena o 2 C

(orientační zohlednění výměny tepla sáláním mezi střešou a oblohou).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

Tepeľný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepeľný odpor konstrukce R : 6.016 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.162 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.18 / 0.21 / 0.26 / 0.36 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepeľně akumuláční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 1.6E+0013 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 63.8

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 2.1 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 19.27 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : **0.960**

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		T _{si} [C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
	T _{si,m} [C]	f _{Rsi,m}	T _{si,m} [C]	f _{Rsi,m}			
1	14.7	0.763	11.3	0.627	19.6	0.960	58.6
2	15.3	0.774	11.9	0.628	19.7	0.960	60.7
3	15.7	0.750	12.3	0.574	19.8	0.960	61.7
4	16.2	0.704	12.7	0.473	20.0	0.960	63.0
5	17.2	0.662	13.8	0.310	20.2	0.960	66.5
6	18.2	0.635	14.6	0.112	20.3	0.960	69.8
7	18.6	0.614	15.1	-----	20.4	0.960	71.7
8	18.5	0.620	15.0	-----	20.4	0.960	71.1
9	17.4	0.658	13.9	0.283	20.2	0.960	67.1
10	16.3	0.697	12.8	0.456	20.0	0.960	63.2
11	15.7	0.751	12.3	0.577	19.8	0.960	61.7
12	15.4	0.776	12.0	0.628	19.7	0.960	61.1

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	e
theta [C]:	20.1	20.1	-12.1	-12.1	-12.8
p [Pa]:	1334	182	177	168	166
p _{sat} [Pa]:	2345	2345	216	216	202

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p_{sat} je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 7.679E-0011 kg/(m².s)

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepeľnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební



DIPLOMOVÁ PRÁCE

PŘÍLOHA 4 – Střešní panely a stěnové panely
Kingspan

2017

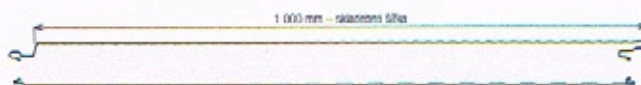
Bc. Petrás Michal

Tabulky únosnosti

KS1000 AWP

Stěnový panel KS1000 AWP 150 – kotvení ve skrytém spoji

plech vnější/vnitřní 0,6/0,4 mm, profilace M/Q, S280GD podle ČSN EN 14509



TLAK										
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení								
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00 [kN/m²]	
prostý nosník ▲	I., II., III.	40	46	62	76	88	99	108	118	Význam hodnot v tabulce: AA min. šířka krajní podpory [mm] X,XX max. rozpon [m] BB min. šířka střední podpory [mm] Příklady začlenění odstínu do skupiny: I. barevná skupina RAL 1015, 7035, 9002, 9010 II. barevná skupina RAL 8006, 9007 III. barevná skupina RAL 8004, 3009, 5010, 6020, 7016, 3000 Připustná deformace: – pro krátkodobá zatížení L/200 – pro dlouhodobá zatížení L/100 kde L je vzdálenost mezi podporami
		13,36	10,58	8,64	7,48	6,69	6,11	5,66	5,29	
		40	40	40	51	63	74	85	95	
spojitý nosník o 2 polích ▲ ▲	I.	9,27	7,14	6,19	5,62	5,22	4,93	4,67	4,45	
		60	60	75	101	128	149	170	189	
		40	40	40	51	63	74	85	95	
	II.	9,27	7,14	6,19	5,62	5,22	4,93	4,67	4,45	
		60	60	75	101	126	149	170	189	
		40	40	40	51	63	74	85	95	
III.	9,27	7,14	6,19	5,62	5,22	4,93	4,67	4,45		
	60	60	75	101	126	149	170	189		
	40	40	48	60	71	81	91	100		
spojitý nosník o 3 polích ▲ ▲ ▲	I.	12,13	8,71	7,20	6,30	5,70	5,26	4,91	4,64	
		60	67	95	120	142	162	182	200	
		40	40	48	60	71	81	91	100	
	II.	12,13	8,71	7,20	6,30	5,70	5,26	4,91	4,64	
		60	67	95	120	142	162	182	200	
		40	40	48	60	71	81	91	100	
III.	12,13	8,71	7,20	6,30	5,70	5,26	4,91	4,64		
	60	67	95	120	142	162	182	200		
	40	40	48	60	71	81	91	100		

SÁNÍ										
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení								
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00 [kN/m²]	
prostý nosník ▲	I., II., III.	11,64	7,64	5,10	3,82	3,06	2,55	2,19	1,91	Význam hodnot v tabulce: X,XX max. rozpon [m] Příklady začlenění odstínu do skupiny: I. barevná skupina RAL 1015, 7035, 9002, 9010 II. barevná skupina RAL 9006, 9007 III. barevná skupina RAL 8004, 3009, 5010, 6020, 7016, 3000 Připustná deformace: – pro krátkodobá zatížení L/200 – pro dlouhodobá zatížení L/100 kde L je vzdálenost mezi podporami
		11,64	7,64	5,10	3,82	3,06	2,55	2,19	1,91	
		11,64	7,64	5,10	3,82	3,06	2,55	2,19	1,91	
spojitý nosník o 2 polích ▲ ▲	I.	11,34	5,36	3,53	2,69	2,21	1,89	1,66	1,48	
		10,92	4,96	3,23	2,47	2,04	1,76	1,55	1,39	
		10,21	4,28	2,65	2,11	1,80	1,57	1,40	1,27	
	II.	11,64	6,62	4,32	3,19	2,34	1,84	1,54	1,34	
		11,64	6,47	4,17	3,05	2,34	1,84	1,54	1,34	
		11,64	6,22	3,92	2,83	2,22	1,84	1,54	1,34	

Minimální šířka krajní podpory je 40 mm, minimální šířka střední podpory je 60 mm, nevyplývá-li z tabulek pro zatížení v tlaku šířka větší.
 Pozn.: Uvedené rozpory jsou vypočteny pro případ upevnění panelu ve skrytém spoji pomocí 2 šroubů s roznášací podložkou Z15 a v místě každé podpory.

Tabulka platí pro běžná proměnná klimatická zatížení (typicky zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4). Pro jiné typy profilací, jiné tloušťky povrchových plechů a pro jiné požadavky zatížení (dlouhodobá zatížení, zatížení stálým teplotním gradientem v chladících apod.) kontaktujte technické oddělení pro konkrétní statické posouzení. Výpočty jsou provodeny v souladu s ČSN EN 14509. Hodnoty mezních zatížení uvedené v tabulkách porovnávejte s charakteristickými hodnotami zatížení. Výpočty berou v úvahu vlastní hmotnost panelů. Možné chyby a opomenutí vyhrazeny. Mějte prosím na paměti, že tato tabulka nenahrazuje statický výpočet.

Tabulky únosnosti

KS1000 RW



Střešní panel KS1000 RW 160
plech vnější/vnitřní 0,5 / 0,4 mm S280GD podle ČSN EN 14509

hodnota
zatížení

Systém	Skupina barev	charakteristické proměnné zatížení sněhem [kN/m ²]																			
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
Prostý nosník	I, II, III (f)	40	40	43	47	49	50	50	49	48	47	45	43	42	41	40	40	40	40	40	40
		9,04	7,74	6,27	5,26	4,50	3,90	3,39	2,96	2,58	2,26	1,98	1,76	1,58	1,44	1,32	1,22	1,14	1,07	1,01	0,97
I (f)		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	41	41	40	40	40	40	40	40
		6,88	4,87	3,85	3,23	2,80	2,50	2,26	2,08	1,93	1,80	1,70	1,61	1,53	1,44	1,32	1,22	1,14	1,07	1,01	0,97
Spojitý nosník o 2 polích		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	41	41	40	40	40	40	40	40
		6,88	4,87	3,85	3,23	2,80	2,50	2,26	2,08	1,93	1,80	1,70	1,61	1,53	1,44	1,32	1,22	1,14	1,07	1,01	0,97
II (f)		60	60	60	60	61	64	67	70	72	74	77	79	81	82	81	79	79	78	78	78
		6,88	4,87	3,85	3,23	2,80	2,50	2,26	2,08	1,93	1,80	1,70	1,61	1,53	1,44	1,32	1,22	1,14	1,07	1,01	0,97
III (f)		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	41	41	40	40	40	40	40	40
		6,88	4,87	3,85	3,23	2,80	2,50	2,26	2,08	1,93	1,80	1,70	1,61	1,53	1,44	1,32	1,22	1,14	1,07	1,01	0,97
I (f)		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		7,76	5,44	4,27	3,56	3,08	2,73	2,47	2,26	2,10	1,96	1,84	1,75	1,58	1,44	1,32	1,22	1,14	1,07	1,01	0,97
II (f)		60	60	60	60	63	67	70	73	76	78	81	83	86	84	82	81	79	79	78	78
		7,76	5,44	4,27	3,56	3,08	2,73	2,47	2,26	2,10	1,96	1,84	1,75	1,58	1,44	1,32	1,22	1,14	1,07	1,01	0,97
III (f)		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		7,76	5,44	4,27	3,56	3,08	2,73	2,47	2,26	2,10	1,96	1,84	1,75	1,58	1,44	1,32	1,22	1,14	1,07	1,01	0,97
o 3 a více polích		60	60	60	60	63	67	70	73	76	78	81	83	86	84	82	81	79	79	78	78
		7,76	5,44	4,27	3,56	3,08	2,73	2,47	2,26	2,10	1,96	1,84	1,75	1,58	1,44	1,32	1,22	1,14	1,07	1,01	0,97

barevná skupina (zatížení dle odstínu v RAL)
(f) - přípustná deformace pro krátkodobé zatížení L/200,
pro dlouhodobé L/100, kde L je rozpětí mezi podporami

..... AA - min. šířka krajní podpory;

X,XX - max. rozbor

BB - min. šířka střední podpory

Tabulka platí pro běžná proměnná klimatická zatížení. Při jiných požadavcích (dlouhodobá zatížení, tepelná zatížení v chladárnách apod.) je třeba provést zvláštní výpočet. Výpočty jsou provedeny v souladu s ČSN EN 14509. Hodnoty mezních zatížení uvedené v tabulkách porovnávají s charakteristickými hodnotami zatížení. Výpočty berou v úvahu vlastní hmotnost panelů. Možné chyby a opomenutí vyhrazeny. Máte prosím na paměti, že tato tabulka nenahrazuje statický výpočet.

Tabulky únosnosti

KS1000 RW



Střešní panel KS1000 RW 160

plech vnější/vnitřní 0,5 / 0,4 mm S280GD podle ČSN EN 14509

Systém	Skupina barev	K charakteristické proměnné zátěži, SÁNI větru [kN/m ²]											hodnota zátěží									
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75		3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
Prostý nosník	I, II, III (f)	9,49	8,58	7,50	6,66	6,07	5,51	5,08	4,74	4,46	4,23	4,03	3,85	3,70	3,57	3,45	3,33	3,24	3,14	3,04	2,94	
	I (f)	11,08	7,39	4,97	3,86	3,21	2,78	2,47	2,24	2,05	1,89	1,76	1,66	1,56	1,48	1,41	1,34	1,29	1,24	1,19	1,15	
	II (f)	11,08	6,78	4,56	3,56	2,96	2,60	2,32	2,11	1,94	1,80	1,68	1,58	1,50	1,42	1,36	1,30	1,25	1,20	1,16	1,12	
Spojitý nosník o 2 polích	III (f)	11,08	5,82	3,74	3,06	2,66	2,35	2,12	1,94	1,79	1,68	1,58	1,49	1,41	1,35	1,29	1,24	1,19	1,14	1,11	1,07	
	I (f)	13,48	8,80	5,84	4,45	3,64	3,10	2,72	2,44	2,22	2,04	1,90	1,78	1,67	1,58	1,50	1,44	1,38	1,32	1,27	1,23	
	II (f)	13,48	8,38	5,54	4,21	3,44	2,94	2,58	2,32	2,12	1,95	1,82	1,70	1,61	1,53	1,45	1,39	1,33	1,28	1,24	1,19	
Spojitý nosník o 3 a více polích	III (f)	13,48	7,72	5,06	3,84	3,15	2,70	2,38	2,15	1,97	1,83	1,71	1,61	1,52	1,45	1,38	1,32	1,27	1,23	1,18	1,15	

Mínimální šířka krajní podpory je 40 mm, minimální šířka střední podpory je 60 mm, navypovídá-li z tabulek pro zátěží v tlaku šířka větší.

barvná skupina (zatlčení dle odstínu v RAL)
 (f) - přípustná deformace pro krátkodobé zátěžení L/200,
 pro dlouhodobě L/100, kde L je rozpětí mezi podporami

max. rozpon

Tabulka platí pro běžná proměnná klimatická zátěžení. Příjmy požadavcích (dlouhodobá zátěžení, tepelní zátěžení v chladících apod.) je třeba provést zvláštní výpočet. Výpočty jsou provedeny v souladu s ČSN EN 14509. Hodnoty mezních zátěží uvedené v tabulkách porovnávají se s charakteristickými hodnotami zátěží. Výpočty berou v úvahu vlastní hmotnost panelů. Možné chyby a opomenutí vyhrazeny. Mějte prosím na paměti, že tato tabulka nahrazuje statický výpočet.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební



DIPLOMOVÁ PRÁCE

PŘÍLOHA 5 – Systém táhel Detan - Halfen

2017

Bc. Petrás Michal

DETAN STABSYSTEME

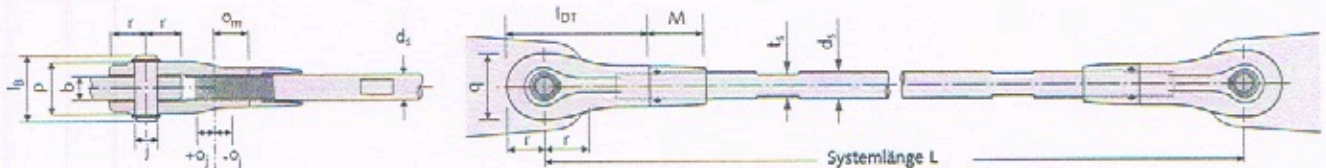
Zugstabsystem DETAN-S460, Europäische Technische Zulassung ETA-05/0207

Systembauteile – Werkstoffe und Ausführungen						
	Zugstab <i>- Stahl</i>		Gabelstück		Muffen, Kontermuttern	Kreisscheibe
System - Ø d _s [mm]	10 - 12	16 - 95	10 - 12	16 - 95	10 - 95	10 - 95
Werkstoff	S355J2	S460N	S355J2	G20 Mn5+QT	S355J2/S235JR	S355J2
Ausführung	FV	feuerverzinkt	feuerverzinkt	feuerverzinkt	feuerverzinkt	feuerverzinkt
	WB	walzblank	feuerverzinkt	feuerverzinkt	feuerverzinkt	feuerverzinkt

Tragfähigkeiten, System- und lieferbare Stablängen: Material: Stahl Festigkeitsklasse S355 (Ø d _s 10-12) bzw. S460N																
System - Ø d _s [mm]	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52	56	60	76	85	95
Bemessungswerte Tragfähigkeit																
Tragfähigkeit N _{R,d} [kN] ①	21,3	30,94	70,5	110,2	158,6	206,7	252,3	367,5	504,4	662,9	791,0	913,5	1063	1750	2227	2823
Lieferbare minimale Systemlänge L [mm]																
walzblank, feuerverz.	250	310	360	440	520	560	600	700	810	940	990	1050	1160	1480	1640	1810
Lieferbare maximale Systemlänge L mit einem Stab [mm] ②																
walzblank, feuerverz.	6060	6070	12080	12100	12120	12140	12140	12170	12220	12260	12270	12290	12320	15430	15480	15530
Lieferbare maximale Stablänge [mm]																
walzblank, feuerverz.	6000						12000						15000			

Die Teilsicherheitsbeiwerte für oben stehende Tabelle wurden gemäß ETA-Zulassung 05/0207 mit $\gamma_{M1} = 1,1$ und $\gamma_{M2} = 1,25$ angenommen. Sollten andere Teilsicherheitsbeiwerte gelten, sind die Traglasten anhand der ETA-Zulassung 05/0207, Kapitel 2.1.3 zu ermitteln.
 ① N_{R,d}: Designlast gem. Typenprüfung S-VVUE/060382 auf Basis der ETA-Zulassung 05/0207.
 ② Größere Systemlängen L aus mehreren Stäben mit Verbindungsmuffen möglich.
 ③ Schlüsselweite ab 700mm Stablänge möglich.

Gabelstück



Systemmaße [mm]; Werkstoffe: siehe Tabelle oben																	
System - Ø	d _s	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52	56	60	76 ③	85 ③	95 ③
Gabellänge	l _{DT}	60	73	89	110	133	147	160	192	225	265	285	305	335	460	520	580
Bolzenlänge	l _B	28	32	44	52	60	65	72	84	97	111	119	130	139	180	202	229
Gabelbreite	p	20	24	33	40	46	51	57	68	79	90	98	107	116	146	166	189
Gabelhöhe	q	26	31	41	51	61	69	75	90	105	119	125	137	146	196	216	236
Einschraubtiefe	o _m	15,0	18,5	22,5	27,0	34,0	37,5	42,5	51,0	55,0	62,5	70,5	77,5	85,0	115	130	155
Einschr.-justiermaß	o _j	5,0	6,5	7,5	8,0	11,0	12,5	12,5	14,0	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	39	45	60
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	105	112	148	165	205
Zugstabsmontage		Schlüsselweite t _s														mit Hakenschlüssel ④	
		8	10	14	18	21	24	27	32	36	41	46	50	55	90/6	90/6	155/6
Montage Kontermutter	Schonbackenzange verwenden	mit Hakenschlüssel															
		25-28	30-32	34-36	40-42	45-50	52-55	68-75	68-75	80-90	80-90	80-90	155/8	155/8	230/10		
Randabstand	r	→ siehe Tabelle Anschlussblech-Maße Seite 13															
Bohrung Ø	j	→ siehe Tabelle Anschlussblech-Maße Seite 13															
Dicke Anschlussblech	b	→ siehe Tabelle Anschlussblech-Maße Seite 13															

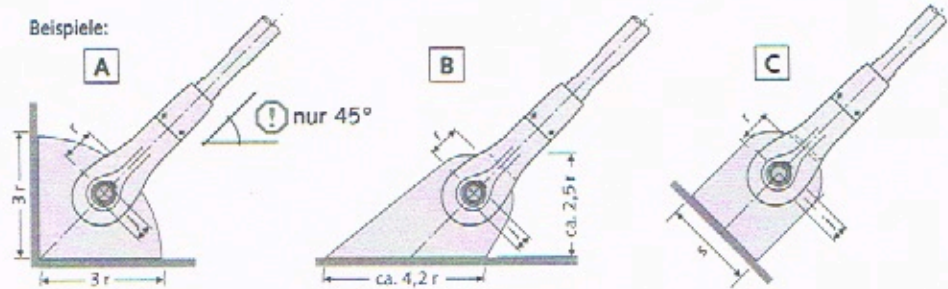
③ Lieferzeit auf Anfrage
 Korrosionsschutz: Stabgewinde feuerverzinkt, Gabelstücke mit Gewindestopfen verschlossen; siehe auch → Dichtungssystem Seite 20
 ④ Bei Benutzung eines Kettenspanners statt Hakenschlüssels, empfehlen wir die Oberfläche mit geeigneter Unterlagen zu schützen (betrifft auch die Muffen).

DETAN STABSYSTEME

Zugstabsystem DETAN-S460, Europäische Technische Zulassung ETA-05/0207

Anschlussbleche

Bei Einhaltung der in der Tabelle angegebenen Abmessungen ist die Krafteinleitung vom System in das Anschlussblech nachgewiesen. Die Bleche sind nicht im Lieferumfang enthalten.



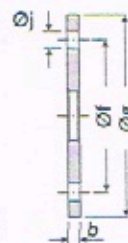
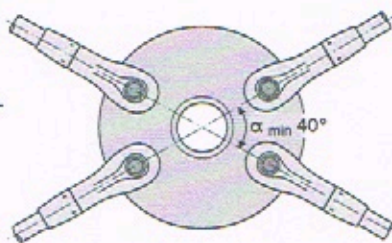
! Hinweis: A nur bei gleichzeitiger Verwendung der Kreisscheibe unter 45° montierbar, s. Seite 19.

Maße [mm]; Material – Mindestgüten für Ø 10 - 12: Stahl Festigkeitsklasse S235JR, für Ø 16 - 95: Stahl Festigkeitsklasse S355J2																	
System - Ø	d_s	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52	56	60	76	85	95
Dicke Anschlussblech	b	8	10	15	18	20	22	25	30	35	40	45	50	55	65	75	85
Bohrung	$\varnothing j$	9,5	11,5	15,5	19,5	23,5	26,5	29,5	33,5	41	47	49	53	57	76	86	96
Lochposition	r	15	18	24	29	35	39	43	51	60	70	76	83	88	129	149	159
Mindestbreite	s	28	33	40	51	64	73	80	94	113	129	142	151	161	216	240	270

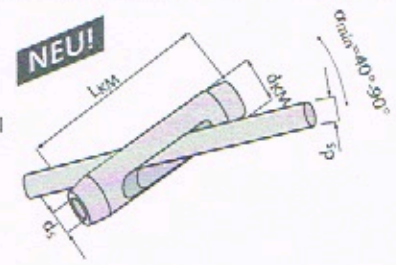
Auskreuzungen

Variante 1:
Kreisscheibe Standard
K40 (kleinster Anschluss-
winkel $\alpha_{min} = 40^\circ$)

Beispiel: Kreisscheibe
mit 4 Zugstäben
(max. 8 Zugstab-
anschlüsse möglich)



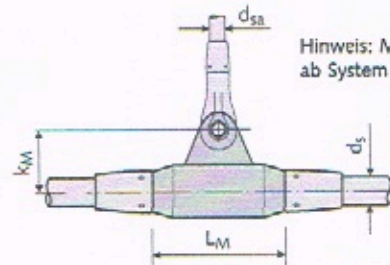
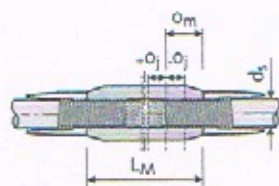
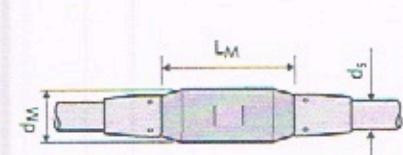
Variante 2:
Kreuzmuffe
(Anschlusswinkel
 $\alpha = 40^\circ - 90^\circ$)



Kreisscheibe: Maße [mm]; Werkstoff: Stahl Festigkeitsklasse S355J2, feuerverzinkt																	
System - Ø	d_s	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52	56	60	76	85	95
Lochkreisdurchmesser	$\varnothing f$	90	110	140	180	210	240	260	310	360	420	450	490	520	702	777	832
Kreisscheibe Außen - Ø	g	120	146	186	238	280	318	346	412	480	558	600	652	692	960	1075	1150

Kreuzmuffe: Maße [mm]; Werkstoff: Stahl Festigkeitsklasse S355J2, feuerverzinkt																	
Systemdurchmesser	d_s	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52	56	60	76	85	95
Muffenlänge	L_{KM}	100	120	142	166	200	222	242	284	310	348	400	440	478	631	710	830
Muffen - Ø	d_{KM}	20	24	32	39	46	52	57	70	80	93	101	112	120	154	173	194

Muffen



Hinweis: Muffe mit Segel
ab System - Ø 12



Maße [mm]; Werkstoff: Stahl Festigkeitsklasse S355J2, feuerverzinkt																	
System - Ø	d_s	10	12	16	20	24	27	30	36	42	48	52	56	60	76	85	95
Muffenlänge	L_M	40	50	62	78	94	104	120	140	158	180	195	210	245	328	370	450
Muffen - Ø	d_M	20	22	28	35	42	47	53	64	75	87	93	98	104	155	180	195
Einschraubtiefe	o_m	15,0	18,5	22,5	27,0	34,0	37,5	42,5	51,0	55,0	62,5	70,5	77,5	85,0	115	130	155
Einschr.-justiermaß	o_j	5,0	6,5	7,5	8,0	11,0	12,5	12,5	14,0	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	39	45	60
Abhänger, Syst. - Ø	d_{sa}	-	10	10	10	10	10	10	10	10	12	12	12	12	12	16	16
Abst. Aufhängeboh.	k_M	-	28,0	31,0	44,5	48,0	50,5	57,5	72,0	86,5	98,5	111,5	124,5	137,0	140,0	150,0	157,5
Größe Hakenschlüssel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	155/8	230/10	230/10

DETAN STABSYSTEME

Zugstabsystem DETAN-E aus nichtrostendem Stahl, Europäische Technische Zulassung ETA-11/0311

Systembauteile – Werkstoffe und Ausführungen					
	Zugstab ①	Gabelstück ②	Muffen ③, Kontermuttern ④	Bolzen ⑤, Sicherungsringe ①	Kreisscheibe ④
System - Ø d _s [mm]	6 - 30	6 - 30	6 - 30	6 - 30	6 - 30
Werkstoff	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl
Ausführung	poliert	poliert	poliert	poliert	poliert

① Sicherungsringe gemäß DIN 471, Edelstahl 1.4568
 ② Werkstoff Edelstahl, Festigkeitsklasse S460

③ Werkstoff Edelstahl, Festigkeitsklasse S355
 ④ Werkstoff Edelstahl, Festigkeitsklasse S235

Edelstahl gem. ETA 11/0311, Anlage 2 entspricht Korrosionswiderstandsklasse III der Zulassung Z-30.3-6.

Hinweis: Der Einsatz von DETAN-E ist hinsichtlich der Korrosionsbelastung bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen vom Planer in jedem Einzelfall zu prüfen.

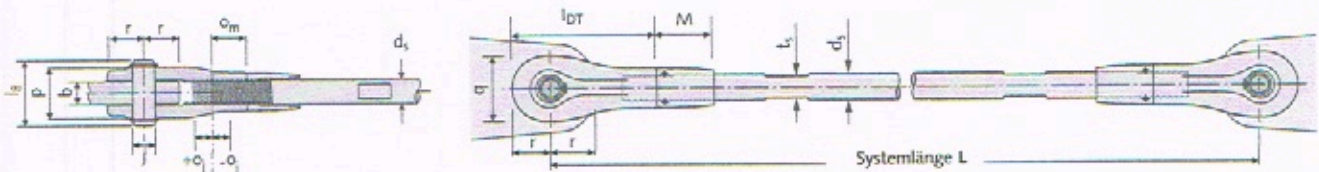
Tragfähigkeiten, System – und lieferbare Stablängen; Material: Edelstahl										
System - Ø d _s [mm]	6	8	10	12	16	20	24	27	30	
Bemessungswerte Tragfähigkeit										
Tragfähigkeit N _{Rd} [kN] ⑥	9,42	17,13	27,14	39,44	73,32	114,6	165,0	215,0	262,4	
Lieferbare minimale Systemlänge L [mm]										
poliert	190	210	250	310	360	440	520	560	600	
Lieferbare maximale Systemlänge L mit einem Stab [mm] ⑦										
poliert	3040	6050	6060	6070	6080	6100	6120	6140	6140	
Lieferbare maximale Stablänge [mm]										
poliert	3000				6000					

Der Teilsicherheitsbeiwert für oben stehende Tabelle wurde gemäß ETA-Zulassung 11/0311 mit $\gamma_{M1} = 1,1$ und $\gamma_{M2} = 1,25$ angenommen. Sollten andere Sicherheitsbeiwerte gelten, sind die Traglasten anhand der ETA-Zulassung 11/0311 zu ermitteln.

⑥ N_{Rd}: Designlast gem. Typenprüfung S-WUE/120315 DETAN-E auf Basis der ETA-Zulassung 11/0311.

⑦ Größere Systemlängen L aus mehreren Stäben mit Verbindungsmuffe möglich.

Gabelstück



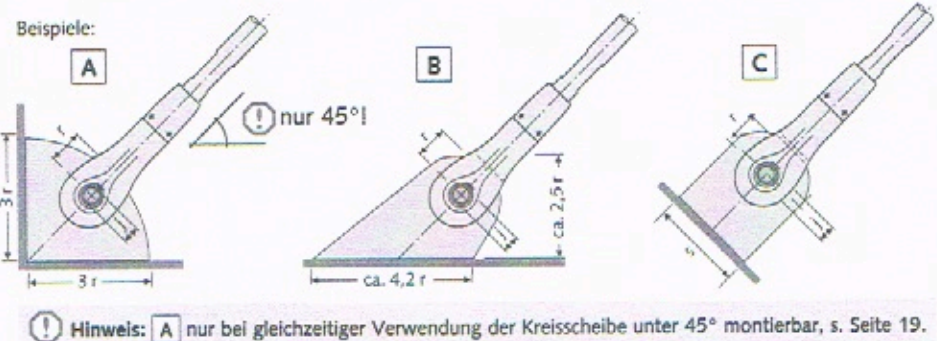
Systemmaße [mm]; Werkstoffe: siehe Tabelle oben										
System - Ø	d _s	6	8	10	12	16	20	24	27	30
Gabellänge	l _{DT}	42	50	60	73	89	110	133	147	160
Bolzenlänge	l _g	18	22	28	32	42	50	58	63	70
Gabelbreite	p	12	16	21	24	33	40	46	51	57
Gabelhöhe	q	17	21	26	31	41	51	61	69	75
Einschraubtiefe	o _m	10,5	12,5	15,0	18,5	22,5	27,0	34,0	37,5	42,5
Einschr.-justiermaß	o _j	4,5	4,5	5,0	6,5	7,5	8,0	11,0	12,5	12,5
Länge Kontermutter	M	17,5	20,0	24,5	37,0	41,0	50,0	58,0	63,0	64,0
Zugstabsmontage: Schlüsselweite	t _s	5	6	8	10	14	18	21	24	27
Montage Kontermutter Größe Hakenschlüssel		Schonbackenzange verwenden				25 - 28	30 - 32	34 - 36	40 - 42	45 - 50
Randabstand	r									
Bohrung Ø	j	→ siehe Tabelle Anschlussblech-Maße, Seite 15								
Dicke Anschlussblech	b									

DETAN STABSYSTEME

Zugstabsystem DETAN-E aus nichtrostendem Stahl, Europäische Technische Zulassung ETA-11/0311

Anschlussbleche

Bei Einhaltung der in der Tabelle angegebenen Abmessungen ist die Krafteinleitung vom System in das Anschlussblech nachgewiesen. Die Bleche sind **nicht** im Lieferumfang enthalten.



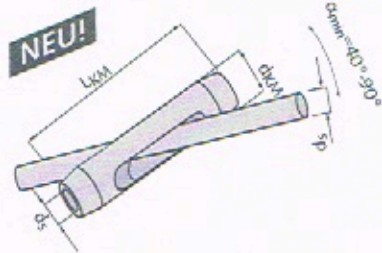
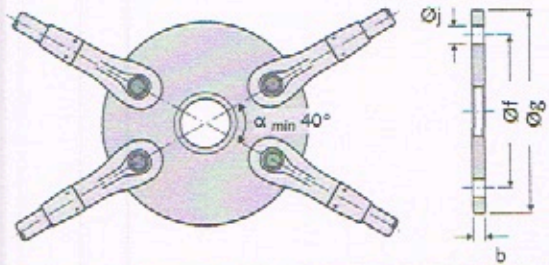
Maße [mm]; Material-Mindestgüten: Edelstahl, Festigkeitsklasse S235

System - Ø	d _S	6	8	10	12	16	20	24	27	30
Dicke Anschlussblech	b	6	8	10	12	16	20	22	25	30
Bohrung	Ø j	6,5	7,5	9,5	11,5	14,5	18,5	21,5	24,5	26,5
Lochposition	r	9	12	15	18	24	29	35	39	43
Mindestbreite	s	17	21	26	31	41	51	61	69	75

Auskreuzungen

Variante 1: **Kreisscheibe** Standard 40 (kleinster Anschlusswinkel $\alpha_{min} = 40^\circ$) Beispiel: Kreisscheibe mit 4 Zugstäben (max. 8 Zugstabsanschlüsse möglich)

Variante 2: **Kreuzmuffe** (Anschlusswinkel $\alpha = 40^\circ - 90^\circ$)



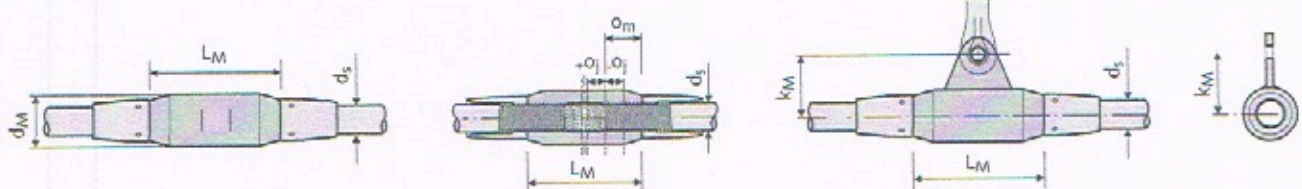
Kreisscheibe: Maße [mm]; Werkstoff: Edelstahl, Festigkeitsklasse S235

System - Ø	d _S	6	8	10	12	16	20	24	27	30
Lochkreis - Ø	f	55	75	90	110	140	180	210	240	260
Kreisscheibe Außen - Ø	g	73	99	120	146	186	238	280	318	346

Kreuzmuffe: Maße [mm]; Werkstoff: Edelstahl, Festigkeitsklasse S355

System Ø	d _S	6	8	10	12	16	20	24	27	30
Muffenlänge L _{KM}		70	85	100	120	142	166	200	222	242
Muffen - Ø	d _{KM}	14	17	20	24	32	39	46	52	57

Muffen



Maße [mm]; Werkstoff: Edelstahl, Festigkeitsklasse S355

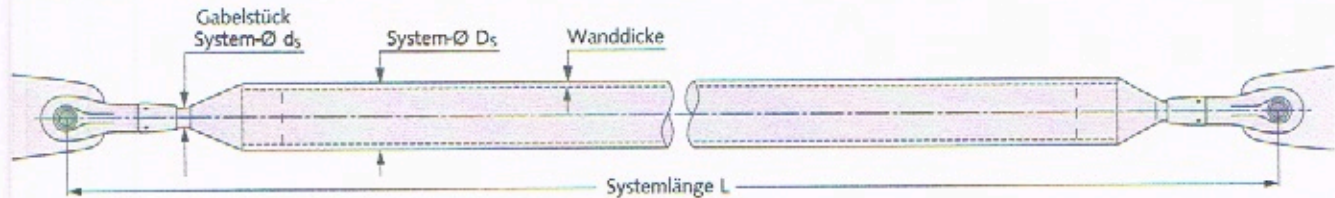
System - Ø	d _S	6	8	10	12	16	20	24	27	30
Muffenlänge	L _M	34	40	40	50	62	78	94	104	120
Muffen - Ø	d _M	12	15	20	22	28	35	42	47	53
Einschraubtiefe	o _m	10,5	12,5	15,0	18,5	22,5	27,0	34,0	37,5	42,5
Einschr.-justiermaß	o _j	4,5	4,5	5,0	6,5	7,5	8,0	11,0	12,5	12,5
Abhänger, Syst. - Ø	d _{sa}	-	-	-	6	6	8	8	10	10
Abst. Aufhängeboh.	k _m	-	-	-	27,5	33,0	37,0	44,0	50,5	57,5

DETAN STABSYSTEME

Lieferprogramm Übersicht: DETAN Druckstabsystem

DETAN Druckstab

Als Ergänzung zum DETAN Zugstabssystem bietet HALFEN auch Druckstäbe, die sich technisch wie optisch perfekt in das System einfügen. Druckstäbe bestehen aus Rohren mit großem Durchmesser, die an den Enden konisch reduziert sind, so dass standardmäßige DETAN Gabelstücke angeschlossen werden können.



Bestellbeispiel: Druckstabsystem, DETAN-S355, $D_s = 42$ mm, $L = 2000$ mm FV; Gabelkopf $d_s = 16$ mm

Rohrquerschnitte – Beispiele / empfohlene Auswahl

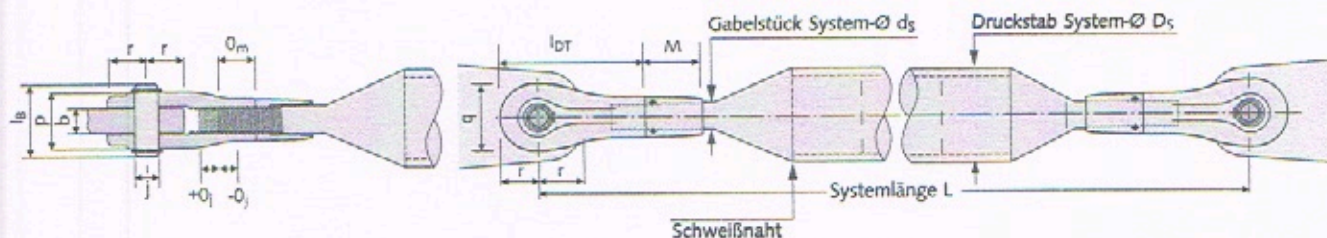
System - Ø D_s [mm]	42	54	60	76	89	114	139
Rohrdurchmesser [mm]	42,4	54,0	60,3	76,1	88,9	114,3	139,7
Wanddicke [mm]	2,6	2,6	2,9	2,9	3,2	3,6	4,0

Weitere im Handel erhältliche Rohrquerschnitte sind ebenfalls verfügbar. Bitte sprechen Sie uns an.



Eine statische Bemessung der Druckrohre ist in jedem Einzelfall notwendig. Sie kann mit der kostenfrei verfügbaren DETAN-Software durchgeführt werden. Wir unterstützen Sie gerne. Alternativ ist eine Anfrage mit Skizze, Systemmaßen und Nachweis der Tragfähigkeit möglich.

Systembauteile und Werkstoffe



Alle Gabelstück-Systemmaße und Abmessungen der Anschlussbleche – Seiten 12 - 13 (Stahl), 14 - 15 (Edelstahl)

Druckstabsysteme in Stahl

System - Ø D_s [mm]	Druckstab	Gabelstück	Kontermuttern
	42 - 139 bzw. gemäß Statik	gemäß Statik	wie Gabelstück
Werkstoff	S355J2	G20 Mn5+QT	S235JR
Ausführung	FV	feuerverzinkt	feuerverzinkt
	WB	walzblank	feuerverzinkt

Druckstabsysteme in Edelstahl

System - Ø D_s [mm]	Druckstab	Gabelstück	Kontermuttern
	42 - 139 bzw. gemäß Statik	gemäß Statik	wie Gabelstück
Werkstoff	S235	S460	S235
Ausführung	Edelstahl ⊕	Edelstahl ⊕	Edelstahl ⊕

⊕ Edelstahl entspricht Korrosionswiderstandsklasse III der Zulassung Z-30.3-6.

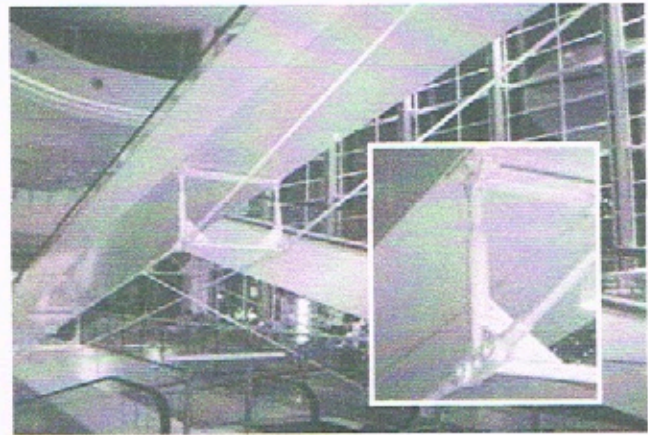
Hinweis: Der Einsatz von DETANE ist hinsichtlich der Korrosionsbelastung bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen vom Planer in jedem Einzelfall zu prüfen.

DETAN STABSYSTEME

DETAN Druckstabsystem

System Zusammenbau

- Justage der Länge an den Gabelstücken
- Konus (Drehteil) ist in das Rohr gesteckt und rundum verschweißt
- Ausführung mit mindestens einem Gabelstück ist als Sonderteil möglich



Duplex-Beschichtungen

Individuelles Design: Pulverbeschichtung

Durch eine schützende Pulverbeschichtung können zwei Funktionen erfüllt werden: Architektonische Gestaltung durch Farbgebung und Erhöhung des Korrosionsschutzes. Gerne beraten wir Sie diesbezüglich. Die Beschichtungen werden dann durch zertifizierte Fachfirmen vorgenommen.

Duplex-Beschichtung (Feuerverzinkung + Anstrich oder Pulverbeschichtung) nach EN ISO 12944-5.

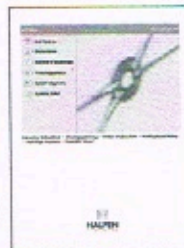


Einbau- und Sicherheitshinweise

Wichtige Einbau- und Sicherheitshinweise siehe Seite 19. Weitere Hinweise zum Einbau der DETAN Stabsysteme sind der Montageanleitung **INST_DT** zu entnehmen.



Eine Montageanleitung steht unter diesem QR-code zur Verfügung.
www.halfen.com/produkte/stabsysteme/detan-stabsystem/produktinformationen



Ein Video der Installation steht unter diesem QR-code zu Verfügung.

www.halfen.com/service/videos



Brandschutz

Brandschutzklassifizierung für Zugstab-systeme. Gerne beraten wir Sie persönlich bei Fragen hinsichtlich der jeweiligen Brandschutzklassifizierung.

Neu mit DIBt Zulassung:

Auf dem Markt existiert nun ein Hersteller mit reaktivem Brandschutzsystem auf Stahlzuggliedern mit Kreisprofil.



HALFEN Technische Beratungen

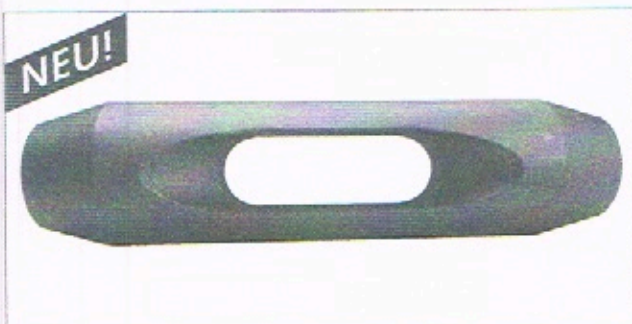
Weitere Informationen zum Thema Brandschutz bekommen Sie direkt bei HALFEN.



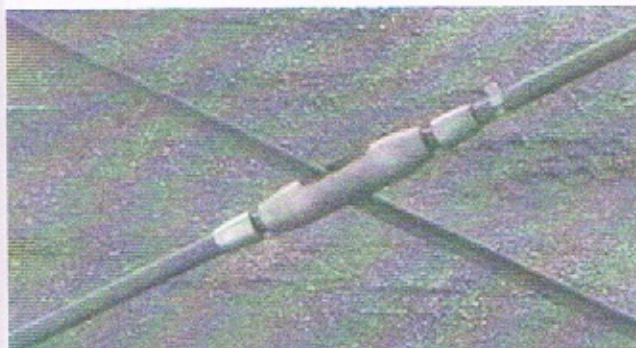
DETAN STABSYSTEME

DETAN - Kreuzmuffen und Druckstäbe

DETAN Kreuzmuffen



Kreuzmuffe für minimalen Auskreuzungswinkel von 40°



Auskreuzung mit Kreuzmuffe

DETAN Kreuzmuffen stellen eine Alternative zur Kreisscheibe dar. Die neue Kreuzmuffe ist nun uneingeschränkt auch für kleine Auskreuzungswinkel geeignet. Genau wie bei der Kreisscheibe sind nun Winkel ab 40° zwischen zwei Stäben möglich. Die Kreuzmuffe ersetzt alternativ eine Kreisscheibe mit 4 Anschlussgabelstücken. In beiden Fällen wird die gleiche Tragfähigkeit gewährleistet. Ebenso wie die Kreisscheibe gibt es diese Variante in zwei Ausführungen:

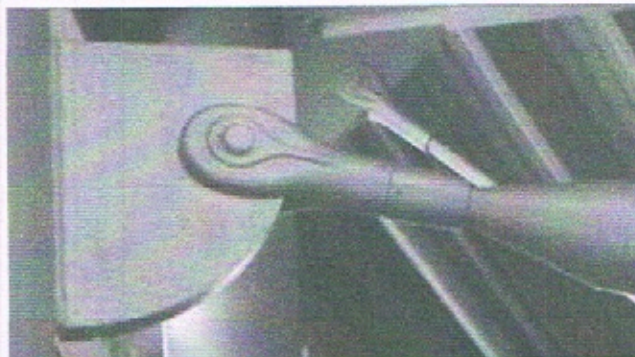
- feuerverzinkter Stahl
- Edelstahl.

DETAN Kreuzmuffen sind formschön und ermöglichen das berührungslose Kreuzen der Zugstäbe in einer Ebene. Weitere Vorteile sind geringe Kosten und die einfache Montage.

DETAN Druckstäbe



Abstützung zwischen äußeren Stahlstützen und innen liegenden Stahlträger



Verbindung Druckstabsystem an Anschlussblech

DETAN ist ein intelligentes System zur Kombination von Zug- und Druckstäben. Als Ergänzung zum DETAN Zugstabsystem bietet HALFEN auch Druckstäbe an, die sich technisch wie optisch perfekt in das System einfügen. Wie bei den Zugstäben wird durch den konischen Übergang an den Stabenden, durch die DETAN Gabelstücke und die DETAN Mutter das Design des Systems konsequent fortgesetzt. Das Konzept ist deshalb so überzeugend, da die DETAN Gabelstücke sowohl Zug- als auch Druckkräfte übertragen. Eine Kombination ist aus diesem Grunde technisch sinnvoll.

Wie DETAN-S460 und DETAN-E Zugstäbe sind auch die Druckstäbe in Stahl und Edelstahl lieferbar. Zusätzlich zu den vorhandenen Lagerrohren bietet HALFEN auch andere Abmessungen und Sonderlösungen an.

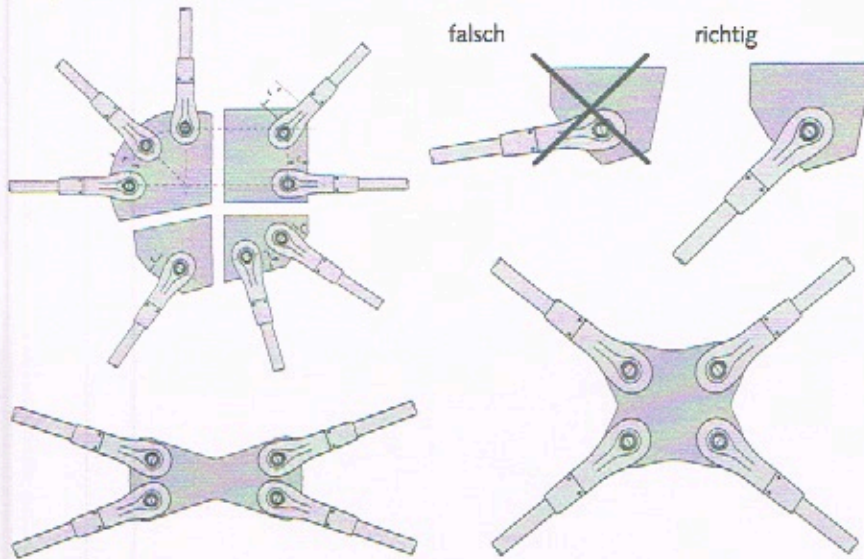
Die Druckstabsysteme werden mit Standardgabelköpfen und Muttern von HALFEN vormontiert.

DETAN STABSYSTEME

Anschlussblechkonstruktionen und Einbau

Beispiele – Anschlussblechkonstruktionen

Beispiele von Anschlussblechkonstruktionen



Die hier gezeigten Anschlussblechkonstruktionen stellen Sonderlösungen dar, wie die Form dieses Details aussehen kann. Anschlussbleche sind keine Standardkonstruktionen. Angebote werden gemäß individueller Fertigungszeichnungen erstellt.

HALFEN HUC Universal connection

Eine Produktinformation
Technik steht als Download
unter folgendem Link
zur Verfügung:



[www.halfen.com/Produkte/Bewehrungstechnik/HUC Universal connection](http://www.halfen.com/Produkte/Bewehrungstechnik/HUC%20Universal%20connection)

Einbau- und Sicherheitshinweise

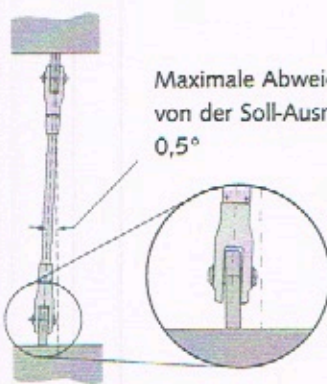


Abb. 1

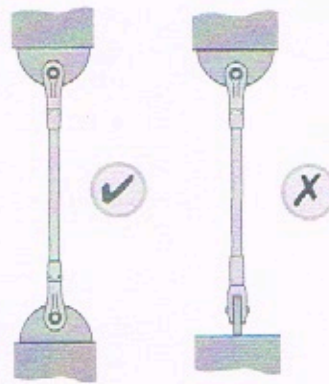


Abb. 2a

Abb. 2b

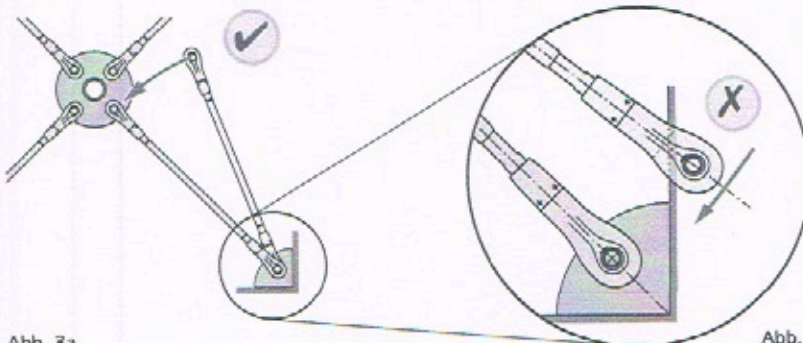


Abb. 3a

Abb. 3b

Gegenüberliegende Anschlussbleche müssen **richtig ausgerichtet** (Abb. 1) und **in einer Ebene** (Abb. 2a) angeordnet sein, so dass die Einleitung von Biegekräften ausgeschlossen ist. Um die Montierbarkeit sicherzustellen, muss das Gabelstück seitlich einschwenkbar sein. Diese Voraussetzung ist nicht immer gewährleistet (Abb. 3b). In diesen Fällen muss eine **Kreisscheibe angeordnet werden**. Diese ermöglicht dann den einwandfreien Montageablauf (Abb. 3a).

! Alle Bauteile der Stabsysteme sind vor der Montage auf einwandfreie Beschaffenheit zu kontrollieren. Beschädigte Bauteile dürfen nicht verwendet werden.

! Weitere Informationen können der Montageanleitung **INST_DT** entnommen werden (siehe Seite 17).

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební



DIPLOMOVÁ PRÁCE

PŘÍLOHA 6 – Lepené kotvy do betonu HIT-RE 500 -
HILTI

2017

Bc. Petrás Michal

HIT-RE 500 pro lepené kotvy do betonu

Dvoukomponentní lepicí hmota na bázi epoxidové pryskyřice pro těžké kotvení s kotevními šrouby HIT-V, HAS, závitovými pouzdry HIS-N a pro dodatečné vlepvání výztuží do betonu

Základní materiál:

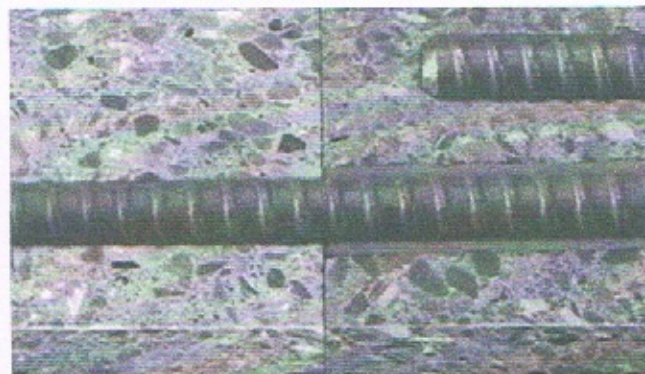
- Beton

Použití:

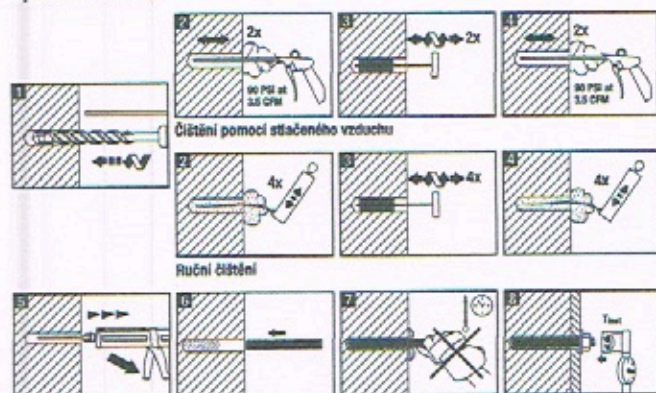
- Kotvení nosných ocelových konstrukcí, sloupů
- Schodiště, zábradlí, bezpečnostní bariéry
- Dodatečné vlepvání výztuží
- Spřahování nosných konstrukcí
- Kotvení v otvorech vrtaných diamantem

Výhody:

- Lepicí hmota s řadou technických certifikací a s jednou z nejvyšších únosností na trhu
- Snadné vytlačování i při nízkých teplotách
- Malé osové a okrajové vzdálenosti
- Možnost kotvení v otvorech vrtaných diamantovými korunkami
- Možnost dodatečného vlepvání výztuží ve shodě s ETA a EC2
- Neobsahuje nebezpečné chemické látky, splňuje zdravotní a bezpečnostní požadavky pro použití, skladování a přepravu
- Sladěný kompletní HIT Profi systém pro správné kotvení



Způsob osazení



Doby zpracování a vytvrzení:

Teplota °C	Typ. doba pro zpracování	Typ. doba pro vytvrzení
5	2,5 h	72 h
10	2 h	48 h
15	1,5 h	24 h
20	30 min	12 h
30	20 min	8 h
40	12 min	4 h



HIT-RE 500 lepicí hmota

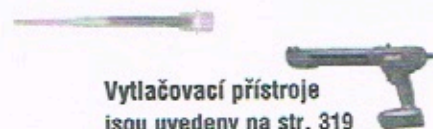
Označení	Objem balení (ml)	Objednáací množství (ks)	Č. výrobku
HIT-RE 500	330	1	426 676*
HIT-RE 500 + Hilti box	330	20	2021 273*
HIT-RE 500 + Hilti box	500	10	2021 274*
HIT-RE 500 + Hilti box	500	20	2021 275*
HIT-RE 500	1 400	1	426 671*



HIT-RE M směšovač

Označení	Objednáací množství (ks)	Č. výrobku
HIT-RE M	1	337 111

* 330, 500 a 1 400 ml balení obsahuje 1 x statický směšovač



Vytlačovací přístroje
jsou uvedeny na str. 319

Technická data pro použití s kotvním šroubem HIT-V

Výtah z ETA osvědčení		ETA 04/0027							
Základní materiál		Beton bez trhlín C20/25 (B25)							
		M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30
Průměr vrtání	d_0 (mm)	10	12	14	18	24	28	30	35
Efektivní kotvní hloubka	h_{ef} (mm)	80	90	110	125	170	210	240	270
Dovolené namáhání v tahu	N_{max} (kN)	8,6	13,8	19,8	24,0	38,1	52,3	63,9	76,2
Dovolené namáhání ve smyku	V_{max} (kN)	5,1	8,6	12,0	22,3	34,9	50,3	65,7	80,0
Okrajová vzdálenost	c_{crisp} (mm)	180	205	250	285	385	475	545	610
Osová vzdálenost	s_{crisp} (mm)	360	410	500	570	770	950	1090	1220
Minimální okrajová vzdálenost	c_{min} (mm)	40	50	60	80	100	120	135	150
Minimální osová vzdálenost	s_{min} (mm)	40	50	60	80	100	120	135	150
Minimální tloušťka betonu	h_{min} (mm)	110	120	140	165	220	270	300	340
Maximální utahovací moment	T_{max} (Nm)	10	20	40	80	150	200	270	300
Orientační spotřeba kotvicí hmoty	(ml)	4,4	6,4	9,5	15,1	41,8	63,3	67,2	122,3

Podmínky platnosti: Hodnoty dovoleného namáhání jsou platné pro jednu samostatnou kotvu bez vlivu okrajových vzdáleností. Max. dlouhodobá provozní teplota 24°C, max. krátkodobá provozní teplota 40°C. Přilepem vrtaný otvor v suchém nebo vlhkém betonu. Kotvní šroub HIT-V – kvalita oceli 5.8. Tloušťka betonu $\geq 2 h_{ef}$. Pro podrobnější informace použijte Fastening Technology Manual nebo Hilti PROFIS Anchor navrhovací software.

Technická data pro dodatečně vlepanou nosnou výztuž dle EC2

Výtah z ETA osvědčení		ETA 08/0105		Kotvení ***		Přesah ****	
Průměr výztuže [mm]	Průměr vrtaného otvoru [mm]	Návrhová kotvní délka l_{bd} [mm]	Návrhové únosnosti N_{bd} [kN]	Návrhová délka přesahu l_p [mm]	Návrhové únosnosti N_{pd} [kN]		
8	12 (10)*	113**	6,56	200**	11,57		
		200	11,57	320	18,51		
		378	21,87	378	21,87		
10	14 (12)*	142**	10,24	200**	14,44		
		300	21,67	300	21,67		
		473	34,13	473	34,13		
12	16 (14)*	170**	14,74	200**	17,34		
		360	31,19	360	31,19		
		567	49,13	567	49,13		
14	18	198**	20,09	210**	21,24		
		420	42,50	420	42,50		
		662	66,96	662	66,96		
16	20	227	26,22	240**	27,75		
		480	55,48	480	55,48		
		756	87,39	756	87,39		
18	22	255	33,13	270**	35,12		
		540	70,10	540	70,10		
		851	110,48	851	110,48		
20	25	284**	40,96	300**	43,35		
		600	86,66	600	86,66		
		945	136,52	945	136,52		
22	28	312**	49,57	330**	52,46		
		660	104,88	660	104,88		
		1040	165,27	1040	165,27		
24	32	340**	58,96	360**	62,43		
		720	124,75	720	124,75		
		1134	196,48	1134	196,48		
25	32	354**	64,04	375**	67,74		
		750	135,52	750	135,52		
		1181	213,48	1181	213,48		

* pro maximální délku kotvního otvoru 250 mm

** hodnoty odpovídající minimální kotvní délce

*** žebírková výztuž $f_y, k=500$ N/mm², Beton C20/25, $\alpha_1=\alpha_2=\alpha_3=\alpha_4=\alpha_5=1,0$

**** žebírková výztuž $f_y, k=500$ N/mm², Beton C20/25, $\alpha_1=\alpha_2=\alpha_3=\alpha_4=\alpha_5=1,0$

HAS-TZ kotevní šrouby

Dodáváno včetně šestihranné matky a podložky

Materiál: ocel 8.8 galvanicky pozinkovaná min. 5 µm,
nerezová ocel A4 (1.4401), nerezová ocel min. 6% Mo



Max. výška upevnění t _w (mm)	Délka šroubu (mm)	Osazovací hloubka (mm)	Ø vrtáku d _v (mm)	Baleno ks	Označení	Č. výrobku HAS-TZ galv. pozink	Č. výrobku HAS-RTZ nerez A4	Č. výrobku HAS-HCR-TZ HCR – 6% Mo
15	124	90	12	10	HAS-TZ M 10/75/15	310 018*	310 019*	336 269**
30	139	90	12	10	HAS-TZ M 10/75/30	308 383*	308 391*	336 270**
50	159	90	12	10	HAS-TZ M 10/75/50	308 384*	308 392*	336 271**
25	158	110	14	10	HAS-TZ M 12/95/25	308 385*	308 393*	336 272**
50	183	110	14	10	HAS-TZ M 12/95/50	308 386*	308 394*	336 273**
100	233	110	14	10	HAS-TZ M 12/95/100	308 387*	308 395*	336 274**
30	181	105	18	5	HAS-TZ M 16/105/30	308 388*	308 396*	336 275**
60	211	105	18	5	HAS-TZ M 16/105/60	308 389*	308 397*	336 276**
100	251	105	18	5	HAS-TZ M 16/105/100	308 390*	308 398*	336 277**
30	201	125	18	5	HAS-TZ M 16/125/30	332 519*	332 522*	336 278**
60	231	125	18	5	HAS-TZ M 16/125/60	332 520*	332 523*	336 279**
100	271	125	18	5	HAS-TZ M 16/125/100	332 521*	332 524*	336 280**
40	269	170	25	4	HAS-TZ M 20/170/40	335 943*	335 944*	335 945**

* Termín dodání nutno konzultovat

** Pouze na speciální zakázku

HIT-V kotevní šroub

Dodáváno včetně šestihranné matky a podložky

Materiál: galvanická pozink 5.8. resp. 8.8., nerezová ocel A4



Závět	Užitná délka (mm)	Délka šroubu (mm)	Vrtaný Ø d ₀ (mm)	Baleno ks	Označení	Č. výrobku HIT-V galv. pozink	Č. výrobku HIT-V-F žárový pozink	Č. výrobku HIT-V-R nerez A4
M 6	62	75	8	20	HIT-V M6x75	387 144		
M 6	92	105	8	20	HIT-V M6x105	387 145		
M 8	65	80	10	20	HIT-V M8x80	387 054	409 548	387 074**
M 8	95	110	10	20	HIT-V M8x110	387 055	409 549	387 075
M 8	135	150	10	20	HIT-V M8x150*	387 056	409 550	387 076
M10	78	95	12	10	HIT-V M10x95	387 057	409 551	387 077
M10	98	115	12	10	HIT-V M10x115	387 146	409 552	387 148
M10	113	130	12	10	HIT-V M10x130	387 058	409 553	387 078
M10	173	190	12	10	HIT-V M10x190*	387 059	409 554	387 079
M12	91	110	14	10	HIT-V M12x110	387 060	409 555	387 080**
M12	101	120	14	10	HIT-V M12x120	387 147	409 556	387 149**
M12	131	150	14	10	HIT-V M12x150	387 061	409 557	387 081
M12	201	220	14	10	HIT-V M12x220*	387 062	409 558	387 082
M12	261	280	14	10	HIT-V M12x280*	387 063	409 559	387 083
M16	127	150	18	5	HIT-V M16x150	387 064	409 560	387 084
M16	177	200	18	5	HIT-V M16x200	387 065	409 561	387 085
M16	277	300	18	5	HIT-V M16x300	387 066	409 562	387 086
M16	357	380	18	5	HIT-V M16x380*	387 067	409 563	387 087
M20	153	180	24	5	HIT-V M20x180	387 068	409 564	387 150
M20	233	260	24	5	HIT-V M20x260	387 069	409 565	387 088
M20	353	380	24	10	HIT-V M20x380	387 070	409 566	387 089**
M20	453	480	24	10	HIT-V M20x480	387 071	409 567	387 151**
M24	268	300	28	5	HIT-V M24x300	387 072	409 568	387 152
M24	418	450	28	5	HIT-V M24x450	387 073	409 569	387 153**

* Ocel kvality 8.8

** Dodací lhůta dle dohody

HIT-V-F kotevní šroub pro zádržné systémy (svodidla)

Dodáváno včetně šestihranné matky a podložky

Materiál: žárový pozink 8.8



Závět	Užitná délka (mm)	Délka šroubu (mm)	Vrtaný Ø d ₀ (mm)	Baleno ks	Označení	Č. výrobku HIT-V-F žárový pozink
M16	197	220	18	5	HIT-V-F M16x220	2062 594
M24	228	260	28	5	HIT-V-F M24x260	2062 595

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební



DIPLOMOVÁ PRÁCE

PŘÍLOHA 7 – Návrh dřevěných spojů dle ČSN EN
1996-1-1

2017

Bc. Petrás Michal

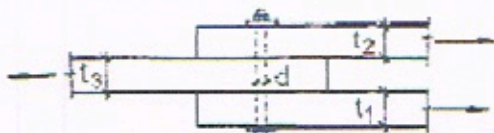
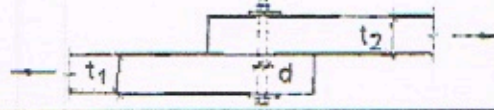
4.3 Ocelové svorníky

-se používají na spojování dřevěných prvků větších tloušťek a na zabezpečení tesařských, hřebíkových a hmoždíkových spojů. Svorníkové spoje jsou velmi poddajné. Poddajnost svorníkového spoje vedle zatlačení svorníku do dřeva způsobená i tím, že otvory pro svorníky se předvrtávají o průměr větší než je jmenovitý průměr svorníku, aby se svorník nemusel do otvoru zarážet.

V zájmu dobré funkce svorníkového spoje je třeba navrhovat dostatečně velké podložky. Délka čtvercové podložky pod svorníky má být nejméně 3,5 násobek průměru svorníku. Tloušťka podložek má být alespoň 0,3 násobek průměru svorníku, nejméně však 5 mm.

V nosném svorníkovém spoji musí být navrženy alespoň dva svorníky. Průměr svorníků musí být nejméně 10 mm (pro tloušťku jednotlivých spojovaných prvků nejvíce 80 mm), 12 mm (pro tloušťku jednotlivých spojovaných prvků větších než 80 mm).

Z tabulky 4.3 vypočteme příslušné hodnoty únosnosti T_{1d} a do dalšího výpočtu uvažujeme nejnižší hodnotu.

Svorníkové spojení	Dřevo jehličnaté (evropské)	Dřevo listnaté - tvrdé
dvoustřížné 	$11 \cdot t_3 \cdot d \cdot k$ - střední část: $50 \cdot d^2 \cdot \sqrt{k}$ $7 \cdot t_1 \cdot d \cdot k$ - krajní část: $33 \cdot d^2 \cdot \sqrt{k}$	$12,5 \cdot t_3 \cdot d \cdot k$ - střední část: $60 \cdot d^2 \cdot \sqrt{k}$ $8 \cdot t_1 \cdot d \cdot k$ - krajní část: $38 \cdot d^2 \cdot \sqrt{k}$
jednostřížné 	$5 \cdot t_1 \cdot d \cdot k$ $22 \cdot d^2 \cdot \sqrt{k}$	$6,25 \cdot t_1 \cdot d \cdot k$ $26 \cdot d^2 \cdot \sqrt{k}$

T_{1d} je výpočtová únosnost jednoho svorníku v N, t_1 menší tloušťka jednostřížně spojovaných prvků anebo menší tloušťka krajních prvků dvoustřížného spoje v mm, t_2 větší tloušťka jednostřížně spojovaných prvků anebo větší tloušťka krajních částí dvoustřížného spoje v mm, t_3 tloušťka středního prvku dvoustřížného spoje v mm, d průměr svorníku, k součinitel vyjadřující vliv odklonu působící síly od směru vláken dřeva (viz tab. 4.4).

Při použití ocelových příložek a působení síly ve směru vláken lze výpočtovou únosnost svorníku zvýšit o 25%.

Odklon působící síly od směru vláken ¹⁾	Průměr svorníku v mm																																																	
	10					12					16					20					24					10					12					16					20					26				
	součinitel k										součinitel \sqrt{k}																																							
0 rad	0°	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0																			
0,524 rad	30°	0,95	0,95	0,90	0,90	0,90	0,97	0,97	0,95	0,95	0,95	0,97	0,97	0,95	0,95	0,95	0,97	0,97	0,95	0,95	0,95	0,97	0,97	0,95	0,95	0,95	0,97	0,97	0,95	0,95	0,95																			
1,047 rad	60°	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,90	0,86	0,84	0,80	0,77	0,90	0,86	0,84	0,80	0,77	0,90	0,86	0,84	0,80	0,77	0,90	0,86	0,84	0,80	0,77	0,90	0,86	0,84	0,80	0,77																			
1,571 rad	90°	0,75	0,70	0,60	0,55	0,50	0,86	0,84	0,77	0,74	0,71	0,86	0,84	0,77	0,74	0,71	0,86	0,84	0,77	0,74	0,71	0,86	0,84	0,77	0,74	0,71	0,86	0,84	0,77	0,74	0,71																			

¹⁾ Pro mezilehlé velikosti úhlů a průměry svorníků lze interpolovat podle přímky.

Výpočet počtu svorníků

$$n = \frac{N \cdot \gamma_M}{T_{1d}} \cdot k_{mod}$$

n ... počet svorníků

N ... normálová síla v maximální hodnotě [N]

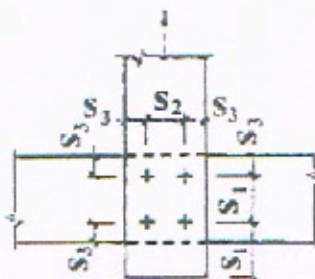
T_{1d} ... nejmenší výpočtová únosnost jednoho svorníku [N]

γ_M ... součinitel materiálu (gama)

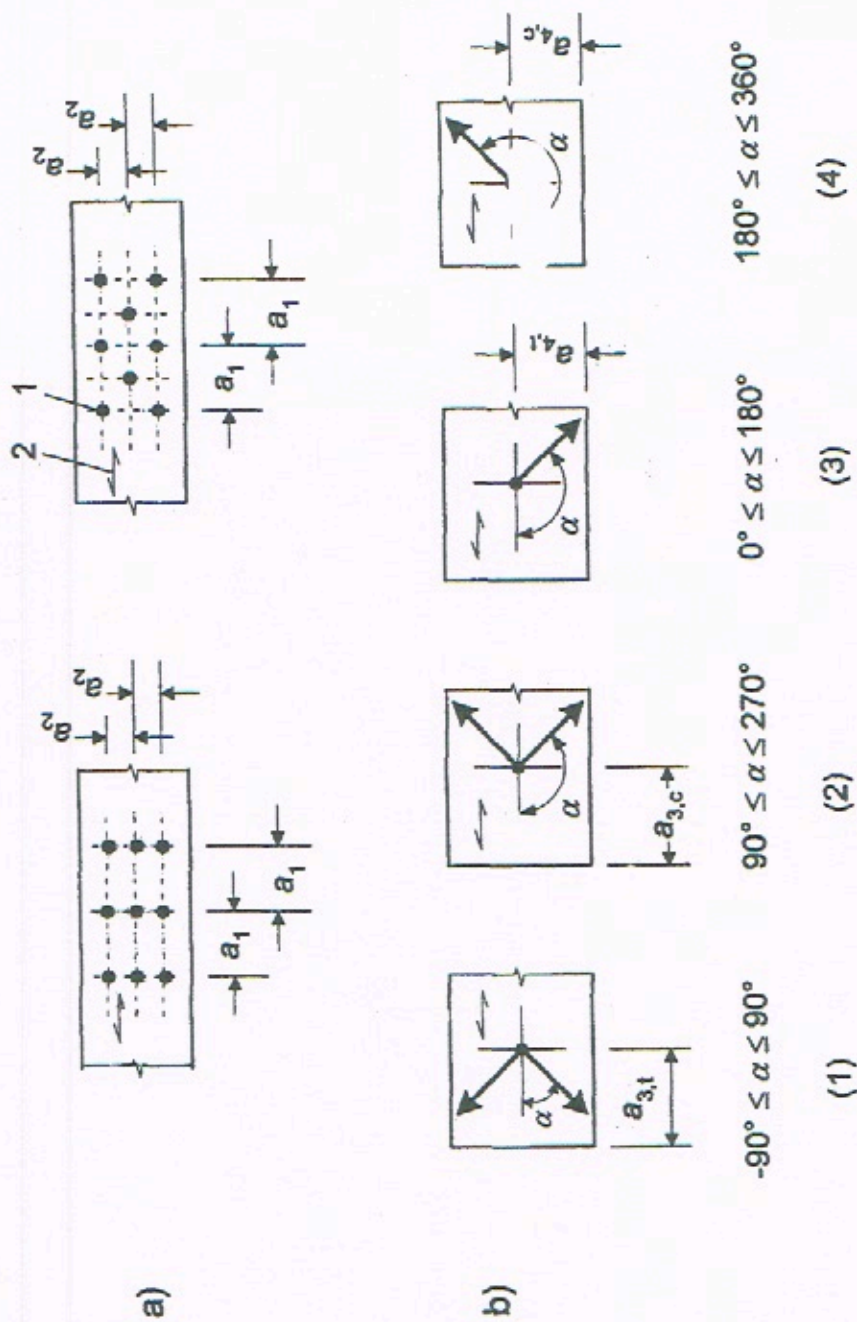
k_{mod} ... modifikační součinitel

Tabulka 4.5 Nejmenší osové vzdálenosti svorníků		Celková tloušťka prvku	
Nejmenší osová vzdálenost svorníků		>10 d	≤10 d
ve směru vláken ¹⁾	mezi svorníky	$s_1 = 7 \cdot d$	$s_1 = 6 \cdot d$
	od namáhaných okrajů		
kolmo na vlákna (kolmo na směr síly)	mezi svorníky	$s_2 = 3,5 \cdot d$	$s_2 = 3 \cdot d$
	od okrajů prvku	$s_3 = 3 \cdot d$	$s_3 = 2,5 \cdot d$
šikmo k vláknům (ve směru síly)	Od okrajů prvku	$s_4 = 3,5 \cdot d$	

¹⁾ s_1 = nejméně 100 mm
d...průměr svorníku



Rozteče hřebíků



Legenda

- (1) Zatížený konec
- (2) Nezatížený konec
- (3) Zatížený okraj
- (4) Nezatížený okraj
- 1 Spojovací prostředek
- 2 Směr vláken

Rozteče a vzdálenosti od konců a okrajů
 (a) rozteče rovnoběžné s vlákny v řadě a kolmo k vláknům mezi řadami,
 (b) vzdálenosti od okrajů a konců

Rozteče hřebíků (spoje: dřevo/dřevo)

Minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů a konců pro hřebíky

Rozteče nebo vzdálenosti	Úhel α	Minimální rozteče nebo vzdálenosti od konců/okrajů		s předvrtanými otvory
		bez předvrtaných otvorů	420 kg/m ³ < ρ_k ≤ 500 kg/m ³	
		$\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$ $d < 5 \text{ mm}$:		
Rozteč a_1 (rovnoběžné s vláknem)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(5+5 \cos \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$:	$(7+8 \cos \alpha) d$	$(4+ \cos \alpha) d$
Rozteč a_2 (kolmo k vláknům)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$(3+ \sin \alpha) d$
Vzdálenost $a_{3,1}$ (zatížený konec)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(10+ 5 \cos \alpha) d$	$(15+ 5 \cos \alpha) d$	$(7+ 5 \cos \alpha) d$
Vzdálenost $a_{3,c}$ (nezatížený konec)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$10d$	$15d$	$7d$
Vzdálenost $a_{4,1}$ (zatížený okraj)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$d < 5 \text{ mm}$: $(5+2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(5+ 5 \sin \alpha) d$	$d < 5 \text{ mm}$: $(7+2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(7+ 5 \sin \alpha) d$	$d < 5 \text{ mm}$: $(3+ 2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(3+ 4 \sin \alpha) d$
Vzdálenost $a_{4,c}$ (nezatížený okraj)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$3d$

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební



DIPLOMOVÁ PRÁCE
TECHNICKÁ ZPRÁVA KE STATICKÉMU
VÝPOČTU

2017

Bc. Petrás Michal

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Normy a literatura.	1
3. Popis konstrukce	1
4. Návrh a posouzení konstrukcí	2
5. Materiály	2
6. Provádění a montáž konstrukce	3
7. Protikoroziční ochrana ocelové konstrukce.....	3
8. Ochrana ocelové konstrukce proti požáru	3

1. Úvod

Předmětem návrhu je budova multifunkční kulturní haly. Hala je navržena jako jednodílná a podélně je rozdělena na 3 části. První část slouží jako atrium s délkou 28 metrů a šířkou 24 metrů. Druhá část je hlavní hala, která bude sloužit pro pořádání společenských a sportovních akcí. Tato hala má šířku 30 metrů a délku 28 metrů. Třetí hala slouží jako prostor pro zázemí. Její vnější rozměry a konstrukce hlavních nosných prvků jsou totožné s první halou. Na rozdíl od první haly bude tato hala obsahovat dvoupatrovou vestavbu. Jako hlavní nosnou konstrukci střechy jsem zvolil příhradový vazník. Pro návrh ideální geometrie příhradového vazníku jsem navrhl a porovnal několik variant. Geometrii a vnitřní síly, na základě kterých jsem vybral nejvhodnější variantu, z tohoto porovnání vkládám do příloh.

2. Normy a literatura.

- ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Objemové tíhy, vlastní tíhy a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem
- ISBN 978-80-904535-0-0 Wald, František. Základy navrhování ocelových konstrukcí podle ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-1-8
- ISBN 978-80-01-04368-4 Vraný T., Jandera M., Eliášová M. : Ocelové konstrukce 2. Cvičení, ČVUT Praha, 2011
- ISBN 978-80-01-05815-2 Studnička J., Holický M., Marková J.: Ocelové konstrukce 2 – zatížení, ČVUT Praha, 2011
- ISBN 978-80-01-03140-7 Vraný T., Wald F.: Ocelové konstrukce – Tabulky, ČVUT Praha, 2009

3. Popis konstrukce

Hlavní svislé ocelové konstrukce jsou tvořeny sloupy, uspořádanými do dvou osově souměrných řad. Sloupy jsou založeny na betonových patkách na úrovni $\pm 0,00$ m. Sloupy jsou navrženy jako vetknuté a jejich vetknutí k betonovým patkám je provedeno přes ocelovou vetknutou patku. Patky jsou navrženy jako o výšce sloupů je u první a třetí haly 7,6 m. U prostřední haly je výška sloupů 9 metrů. Sloupy v první a třetí hale jsou navrženy z průřezu HEA a sloupy v prostřední hale jsou navrženy z profilu HEA . Vnitřní sloupy, které ve třetí hale podpírají vestavbu, jsou od sebe vzdáleny 4 metry a od hlavních sloupů svislé konstrukce jsou vzdáleny 6 metrů. Tyto sloupy jsou navrženy z profilu HEA 140 a to hlavně

z konstrukčního důvodu. Na únosnost by vyhovoval i sloup s menším průřezem, ale nebylo by možné napojit průvlak na tento sloup.

Stropní konstrukce ve vestavbě jsem navrhoval dvě rozdílné pro každé patro jinou. Stropní konstrukce přízemí je tvořena spřaženými stropnicemi s rozpětím 6 metrů. Tato stropní konstrukce je tvořena profilem IPE 160 a betonovou deskou výšky 70 mm. Mezi hlavními nosnými sloupy je nesena stropní konstrukce průvlakem o rozpětí 8 metrů s profilem IPE 360. Vnitřní sloupky, jenž jsou od sebe vzdáleny 4 metry, jsou spojeny průvlakem s profilem IPE 180. Stropní konstrukce prvního podlaží je taktéž tvořena spřaženými stropnicemi s rozpětím 6 metrů. Stropní konstrukce je podobně tvořena betonovou deskou výšky 70 mm. V tomto případě je pro stropnici dostačující profil IPE 100. Mezi hlavními nosnými sloupy jsou stropnice neseny průvlakem s průřezem IPE 240 a mezi sloupy vestavby jsou stropnice neseny 4metrovými průvlakem s průřezem IPE 140.

Vazník nad první a třetí halou je celý navržen jako trubkový. Vzhledem k tomu, že je zastřešení tvořeno lehkým pláštěm s PUR panelů kingspan, je pro všechny pruty v tomto vazníku rozhodující tlak. Posouzení je i se všemi rozměry prutů uvedeno ve statickém výpočtu. Přehled výsledků ze všech kombinací působících na vazník jsou uvedeny v příloze.

Vazník nad prostřední halou je navržen v kombinaci dřevo – ocel. Jelikož je tato hala zastřešena dřevěnými střešními panely od firmy Novatop, ani největší sání větru nepřevrátí vnitřní síly a část prvků je vždy tlačena a část vždy tažena. Díky tomu jsem mohl navrhnout tlačené prvky ze dřeva a tažené prvky navrhnou jako Detan táhla od firmy Halfen.

4. Návrh a posouzení konstrukcí

Nosné konstrukce byly navrženy podle norem ČSN EN 1993-1-1, Eurokód 3; Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby.

Při návrhu byl pro výpočet vnitřních sil na konstrukcích využit program SCIA Engineer. Výsledky z tohoto program jsem uvedeny v přílohách a rozhodující kombinace uvedeny také ve statickém výpočtu.

Pro výpočet vnějšího zatížení byly použity následující normy: ČSN EN 1991-1-1, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, ČSN EN 1991-1-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem a ČSN EN 1991-1-4, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem.

5. Materiály

Ocelové vazníky v hlavní příčné vazbě u první a třetí haly jsou vyrobeny z oceli S355. Šrouby montážních styků jsou z jakosti 5.6.

Příhradové vazníky prostřední haly jsou navrženy kombinované ze dřeva C24 na tlačené pruty, a na tažené pruty jsou navrženy ze systému táhel Detan. V přílohách je uveden materiálový list od výrobce – všechny mnou navržená táhla jsou s oceli S460N.

Všechny sloupy a konstrukce jejich patek jsou navrženy z oceli S235.

Vaznice první a třetí haly jsou navrženy jako ocelové z oceli S355. U štítové stěny jsou sloupky navrženy z oceli S235 a táhla ve štítové stěně jsou navrženy také z oceli S235.

Vaznice v prostřední hale jsou navrženy jako dřevěné ze dřeva C24. Upevněny k vazníku jsou pomocí systému Bova.

Betonové konstrukce na pevnině jsou navrženy z konstrukčního betonu C16/20. Nosná výztuž je 10 505 (R), konstrukční výztuž 10 216 (E).

6. Provádění a montáž konstrukce

Jednotlivé montážní díly jsou šroubované. Šrouby jsou třecí jakosti 5.6. Vyjímkou jsou montážní styky sloupů a přípoj plechu střechy na stropnici. Montážní díly jsou patrné z výkresů. Ocelový vazník na halu I. a III. je rozdělen na 3 části přibližně ve třetínac rozpětí. Z toho vyplývají dva montážní styky. Vazník je na sloup připojen kloubově.

Dřevěný vazník nesoucí střešní plášť má jeden montážní styk na polovině nosníku, přibližně ve třetině rozpětí. Tento spoj je svorníkový a jsou použity svorníky pevnosti 8.8. Svislice vazníku jsou připojeny pomocí ocelových svorníků. Ocelová táhla jsou připojena přes ocelové desky ke dřevu také pomocí svorníků. Spoovací prvky pro táhla jsou dodávány přímo od výrobce a používají ocel S355.

Na konec hlavního nosného sloupu je přivařen patní plech. Sloup je postaven na betonovou patku a poté je pomocí patky, tvořené z příčníků a šroubů, ukotven k betonové patce.

Ocelové vaznice nad halou I. a III. jsou připojeny k vazníku před plech pomocí L-úhelníku.

Dřevěné vaznice jsou k dřevěnému vazníku připojeny pomocí tvarovaného plechu a hřebíků.

7. Protikorozní ochrana ocelové konstrukce

Protikorozní ochrana ocelové konstrukce je zajištěna pomocí protikorozního nátěrového systému.

8. Ochrana ocelové konstrukce proti požáru

Protipožární ochrana ocelové konstrukce je zajištěna pomocí protipožárnímu nátěru.