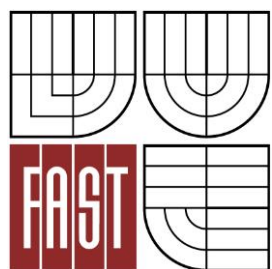




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ČÁST A – ÚVODNÍ DOKUMENT

PART A – INTRODUCTORY DOCUMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MAREK RUSŇÁK

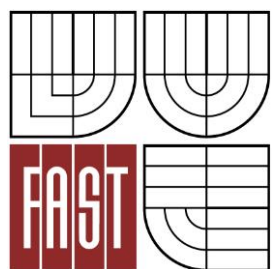
VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

HANGÁR PRO MALÁ LETADLA

THE HANGAR FOR SMALL PLANES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MAREK RUSŇÁK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2015




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

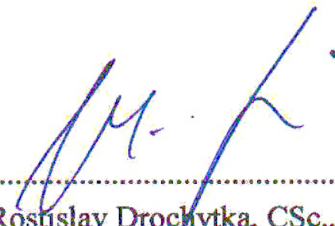
Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Marek Rusňák
Název Hangár pro malá letadla
Vedoucí bakalářské práce Ing. Michal Štrba, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2014
Datum odevzdání bakalářské práce 29. 5. 2015

V Brně dne 30. 11. 2014


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


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

Podklady a literatura

Použity budou platné normy pro stanovení zatížení a navrhování ocelových konstrukcí, zejména:

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

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

V rámci této práce bude navržena a posouzena ocelová konstrukce hangáru pro malá letadla. Konkrétní konstrukce bude vybrána na základě dvou předběžně řešených geometrických, resp. konstrukčních variant. Minimální půdorysné rozměry budou 35,0 x 50,0 m. Světlá výška objektu bude cca 15,0 m. Z hlediska klimatického zatížení spadá konstrukce do lokality města Kunovice.

Pro zvolenou variantu bude vypracován statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce včetně spojů a některých detailů (dle specifikace vedoucího), technická zpráva se zahrnutím postupu montáže a výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím práce.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Michal Štrba, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je návrh ocelové nosné konstrukce hangáru pro malá letadla, umístěného v lokalitě letiště v Kunovicích. Jako základní materiál byla zvolena ocel S355 a pro vybrané prvky ocel S460. Příhradová střecha objektu byla navržena jako sedlová o sklonu 15,9°. Půdorys objektu je obdélníkový o rozměrech 51,0 m x 35,0 m a výška uprostřed rozpětí stavby je 16,5 m. Výpočtový model byl proveden pomocí softwaru Dlubal RFEM 5.03. Posudky byly až na výjimky provedeny dle platných norem s ověřením pomocí softwaru.

Klíčová slova

Hangár
Ocel
Příhradový vazník
Vaznice
Sloup
Ztužidlo
Styčnick

Abstract

The goal of this bachelor's thesis is the design of steel loadbearing structure of the hangar for small planes, situated at the locality of the airport in Kunovice. As the basic material was chosen steel S355 and for selected elements steel S460. Truss roof of the object was designed as saddle, pitched at 15,9°. The plan of the object is rectangular with the dimensions 51,0 m x 35,0 m and the height of the building in the middle of its span is 16,5 m. Computational model was created by using the software Dlubal RFEM 5.03. The reports were with the exceptions created by following the valid standards and verified by the help of the software.

Keywords

Hangar
Steel
Truss girder
Purlin
Column
Bracing
Joint

Bibliografická citace VŠKP

Marek Rusňák *Hangár pro malá letadla*. Brno, 2015. 199 s., 109 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Michal Štrba, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 25.5.2015

Marek Rusňák

.....
podpis autora
Marek Rusňák

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Michalu Štrbovi, Ph.D., za poskytnutí cenných a užitečných rad, zodpovězení veškerých mých dotazů a za odbornou pomoc, kterou mi při jejím zpracování poskytnul.

Tato bakalářská práce byla zpracována s využitím infrastruktury Centra AdMaS.

Obsah bakalářské práce:

ČÁST A – ÚVODNÍ DOKUMENT

ČÁST B – POROVNÁNÍ VARIANT

ČÁST C – STATICKÝ VÝPOČET

ČÁST D – TECHNICKÁ ZPRÁVA

ČÁST E – PŘÍLOHY

ČÁST F – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Seznam použitých zdrojů a literatury:

- [1] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004. 44 p.
- [2] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. 2005. 52 p.
- [3] ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. 2007. 124 p.
- [4] ČSN EN 1993-1-3. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-3: Obecná pravidla - Doplnující pravidla pro tenkostěnné za studena tvarované prvky a plošné profily*. 2008. 118 p.
- [5] ČSN EN 1993-1-8. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků*. 2006. 128 p.
- [6] ČSN 73 1401. *Navrhování ocelových konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 1995. 140 p.
- [7] WANKE, J., SPAL, L. *Ocelové trubkové konstrukce*. Praha: SNTL, 1975. 492 p.
- [8] SOKOL, Z., WALD, F. *Ocelové konstrukce: Tabulky*. 2nd ed. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2013. 84 p.
- [9] STUDNIČKA, J., HOLICKÝ, M., MARKOVÁ, J. *Ocelové konstrukce2: Zatížení*. 3rd ed. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2007. 138 p.
- [10] RÖDER, Václav. *Spoje ocelových konstrukcí*. [online]. 25.5.2015 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://ocel.wz.cz/>
- [11] VOKATÝ, Tomáš, Petr Kaiser. *ČÍTANKA VÝKRESŮ OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ*. [online]. 25.5.2015 [cit. 2015-05-26]. Dostupné z: <http://citankaok.wz.cz/>
- [12] HORÁČEK, Martin, Ondřej Perháč. *DETAILY OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ*. [online]. 25.5.2015 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://detailyok.webnode.cz/>
- [13] Táhla Macalloy. *Tension systems*. [online]. 25.5.2015 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.tension.cz/produkty/tahla-macalloy>
- [14] Kovové profily, spol. s r. o.. *trapézové plechy*. [online]. 25.5.2015 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://kovprof.cz/>
- [15] Podpora. *fischer-cz.cz*. [online]. 25.5.2015 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.fischer-cz.cz/Domovska-stranka/Nabizime-vice-nez-sluzby.aspx>
- [16] www.kalzip.cz. [online]. 25.5.2015 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://kalzip.cz/>

- [17] Zateplení domu kamennou vlnou. Nehořlavé izolace – ROCKWOOL. [online]. 25.5.2015 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.rockwool.cz/>
- [18] ELASTEK 50 SPECIAL MINERAL. Stavebniny DEK – Vše pro Váš dům. [online]. 25.5.2015 [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/podpora/elastek-50-special-mineral>

Seznam použitých zkratk a symbolů:

Velká písmena:

A	průřezová plocha
A_{net}	plocha oslabeného průřez
B	půdorysná šířka objektu
A	průřezová plocha
A_s	plocha šroubu účinná v tahu
A_v	smyková plocha
A_w	účinná plocha svaru
$B_{P,Rd}$	návrhová smyková únosnost při protlačení hlavy nebo matice šroubu
C_{dir}	součinitel směru větru
C_e	součinitel expozice
C_{mLT}	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
C_{my}	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
C_{mz}	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
$C_{0(z)}$	součinitel orografie
$C_{pe,10}$	součinitel expozice
$C_{r(z)}$	součinitel drsnosti
C_{season}	součinitel ročního období
C_t	tepelný součinitel
$F_{b,Rd}$	návrhová únosnost šroubu v otláčení
F_{Ed}	návrhová působící síla
$F_{t,Rd}$	návrhová únosnost šroubu proti přetržení
$F_{V,Ed}$	návrhová hodnota smykové síly působící na jeden šroub
$F_{V,Rd}$	návrhová únosnost šroubu ve stříhu
E	modul pružnosti v tahu a tlaku
G	modul pružnosti ve smyku
H	výška objektu
H_{sv}	světlá výška objektu
H_{kon}	konstrukční výška objektu
I_t	moment setrvačnosti v kroucení
$I_{v(z)}$	intenzita turbulence

I_{ω}	výsečový moment setrvačnosti
I_y	moment setrvačnosti průřezu k ose y
I_z	moment setrvačnosti průřezu k ose z
L	půdorysná délka objektu
L	účinná délka svaru
$L_{cr,y}$	vzpěrná délka při vybočení kolmo k ose y
$L_{cr,z}$	vzpěrná délka při vybočení kolmo k ose z
$L_{cr,w}$	vzpěrná délka při vybočení zkroucením
M_{cr}	pružný kritický moment
M_{Rd}	návrhová ohybová únosnost
M_{Ed}	návrhový ohybový moment
$M_{pl,Rd}$	návrhová hodnota plastické únosnosti v ohybu
M_{Rk}	charakteristická hodnota únosnosti v ohybu
$N_{b,Rd}$	vzpěrná únosnost
$N_{c,Rd}$	návrhová hodnota únosnosti v prostém tlaku
N_{cr}	kritická síla
N_{Ed}	návrhová osová síla
$M_{N,Rd}$	redukováná návrhová hodnota únosnosti v ohybu v důsledku osových sil
$N_{pl,Rd}$	návrhová hodnota osové plastické únosnosti neoslabeného průřezu v tahu
N_{Rk}	charakteristická hodnota osové únosnosti
$N_{t,Rd}$	návrhová hodnota únosnosti v tahu
$N_{u,Rd}$	návrhová únosnost oslabeného průřezu
R	výslednice sil
$V_{c,Rd}$	návrhová únosnost ve smyku
V_{Ed}	návrhová smyková síla
$V_{Ky,EN}$	vzpěrná křivka podle eurokódu pro vybočení kolmo k ose y-y
$V_{Kz,EN}$	vzpěrná křivka podle eurokódu pro vybočení kolmo k ose z-z
W_{el}	elastický průřezový modul
W_y	elastický modul průřezu k ose z
W_z	elastický průřezový modul k ose z
$W_{pl,y}$	plastický modul průřezu k ose y
$W_{pl,z}$	plastický průřezový modul k ose z
$Z\check{S}$	zatěžovací šířka
ZV	zatěžovací výška

Malá písmena:

a	účinná výška svaru
b	délka povrchu kolmého ke směru větru
b	šířka průřezu
c	délka pro určení třídy průřezu
d	hloubka konstrukce (délka povrchu rovnoběžného se směrem větru)
d	výška rovné části stojiny
d	průměr šroubu
d ₀	průměr otvoru pro šroub
e	rozteč šroubů
g	mezera mez mezipásovými pruty styčnicku K nebo N
f _y	mez kluzu
f _u	mez pevnosti
f _{ub}	mez pevnosti materiálu šroubu
g _k	charakteristická hodnota rovnoměrného stálého zatížení
q _k	charakteristická hodnota rovnoměrného proměnného zatížení
h	výška průřezu
h	výška konstrukce
k	součinitel
k _t	součinitel turbulence
k _r	součinitel terénu
k _y	součinitel vzpěrné délky
k _{yy}	součinitel interakce
k _{yz}	součinitel interakce
k _z	součinitel vzpěrné délky
k _{zy}	součinitel interakce
k _{zz}	součinitel interakce
k _w	součinitel vzpěrné délky
l	délka svaru
n	počet stříhových rovin
p	rozteč šroubů
q _{p(z)}	maximální hodnota dynamického tlaku větru
s	charakteristická hodnota zatížení sněhem na střeše

s_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi
t	tloušťka
t_E	mezní tloušťka desky
$v_{b,0}$	základní rychlost větru
v_m	střední rychlost větru
w	charakteristická hodnota průhybu
w	tlak větru
z_0	parametr drsnosti terénu
$z_{0,II}$	parametr drsnosti terénu II
z	výška budovy nad terénem
z_g	souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku
z_{min}	minimální výška
z_{max}	maximální výška

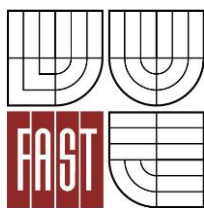
Velká řecká písmena:

Φ	pomocný součinitel pro výpočet součinitele vzpěrnosti
Φ_{LT}	pomocný součinitel pro výpočet součinitele klopení

Malá řecká písmena:

α	součinitel
α	sklon střechy
β	poměr střední hodnoty šířky mezipásového prutu k téže veličině pásu
β	součinitel
β_w	korelační součinitel pro svary závislý na druhu oceli
γ	Poměř šířky pásu k dvojnásobku tloušťky jeho stojiny
γ_P	zvětšovací součinitel
γ_{M0}	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M1}	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M2}	dílčí součinitel spolehlivosti pro styčníky
δ	mezní hodnota průhybu
ε	součinitel závisející na f_y
ζ_g	bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku

θ	sklon prutu
κ_{wt}	bezrozměrný parametr kroucení
$\bar{\lambda}$	poměrná štíhlost
$\bar{\lambda}_{LT}$	poměrná štíhlost při klopení
μ_{cr}	bezrozměrný kritický moment
μ_i	tvárový součinitel zatížení sněhem
π	Ludolfovo číslo
ρ	měrná hmotnost vzduchu
σ	napětí
σ_{Ed}	návrhová hodnota napětí
τ	smykové napětí
χ_{LT}	součinitel klopení
χ	součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce Ing. Michal Štrba, Ph.D.

Autor práce Marek Rusňák

Škola Vysoké učení technické v Brně

Fakulta Stavební

Ústav Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby

Studijní program B3607 Stavební inženýrství

Název práce Hangár pro malá letadla

Název práce v anglickém jazyce The hangar for small planes

Typ práce Bakalářská práce

Přidělovaný titul Bc.

Jazyk práce Čeština

Datový formát elektronické verze

Anotace práce Cílem této bakalářské práce je návrh ocelové nosné konstrukce hangáru pro malá letadla, umístěného v lokalitě letiště v Kunovicích. Jako základní materiál byla zvolena ocel S355 a pro vybrané prvky ocel S460. Příhradová střecha objektu byla navržena jako sedlová o sklonu $15,9^\circ$. Půdorys objektu je obdélníkový o rozměrech 51,0 m x 35,0 m a výška uprostřed rozpětí stavby je 16,5 m. Výpočtový model byl proveden pomocí softwaru Dlubal RFEM 5.03. Posudky byly až na výjimky provedeny dle platných norem s ověřením pomocí softwaru.

Anotace práce v anglickém jazyce The goal of this bachelor's thesis is the design of steel loadbearing structure of the hangar for small planes, situated at the locality of the airport in Kunovice. As the basic material was chosen steel S355 and for selected elements steel S460. Truss roof of the object was designed as saddle, pitched at $15,9^\circ$. The plan of the object is rectangular with the dimensions 51,0 m x 35,0 m and the height of the building in the middle of its span is 16,5 m. Computational model was created by using the software Dlubal

RFEM 5.03. The reports were with the exceptions created by following the valid standards and verified by the help of the software.

Klíčová slova Hangár
Ocel
Příhradový vazník
Vaznice
Sloup
Ztužidlo
Styčník

**Klíčová slova v
anglickém
jazyce** Hangar
Steel
Truss girder
Purlin
Column
Bracing
Joint

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

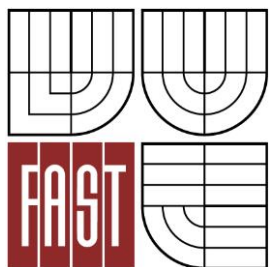
V Brně dne 25.5.2015



.....
podpis autora
Marek Rusňák



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ČÁST B – POROVNÁNÍ VARIANT

PART B – COMPARISON OF VARIANTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MAREK RUSŇÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2015

OBSAH

1. Varianta A:	1
1.1 Geometrie konstrukce:.....	1
1.1.1 Perspektivní pohled:.....	1
1.1.2 Půdorysné schéma:	2
1.1.3 Schéma příčného řezu A-A':	3
1.1.4 Schéma podélného řezu B-B':	4
1.2 Zatížení:.....	5
1.2.1 Stálé:.....	5
1.2.1.1 ZS1 – Vlastní tíha:	5
1.2.1.2 ZS2 – Ostatní stálé zatížení:	5
1.2.2 Proměnné:	6
1.2.2.1 ZS3 – Zatížení sněhem plným:.....	6
1.2.2.1 ZS4 – Zatížení větrem příčným:	8
2. Varianta B:	15
2.1 Geometrie konstrukce:.....	15
2.1.1 Perspektivní pohled:.....	15
2.1.2 Půdorysné schéma:	16
2.1.3 Schéma příčného řezu A-A':	17
2.1.4 Schéma podélného řezu B-B':	18
2.2 Zatížení:.....	19
2.2.1 Stálé:.....	19
2.2.1.1 ZS1 – Vlastní tíha:	19
2.2.1.2 ZS2 – Ostatní stálé zatížení:	19
2.2.2 Proměnné:	20
2.2.2.1 ZS3 – Zatížení sněhem plným:.....	20
2.2.2.1 ZS4 – Zatížení větrem příčným:	22

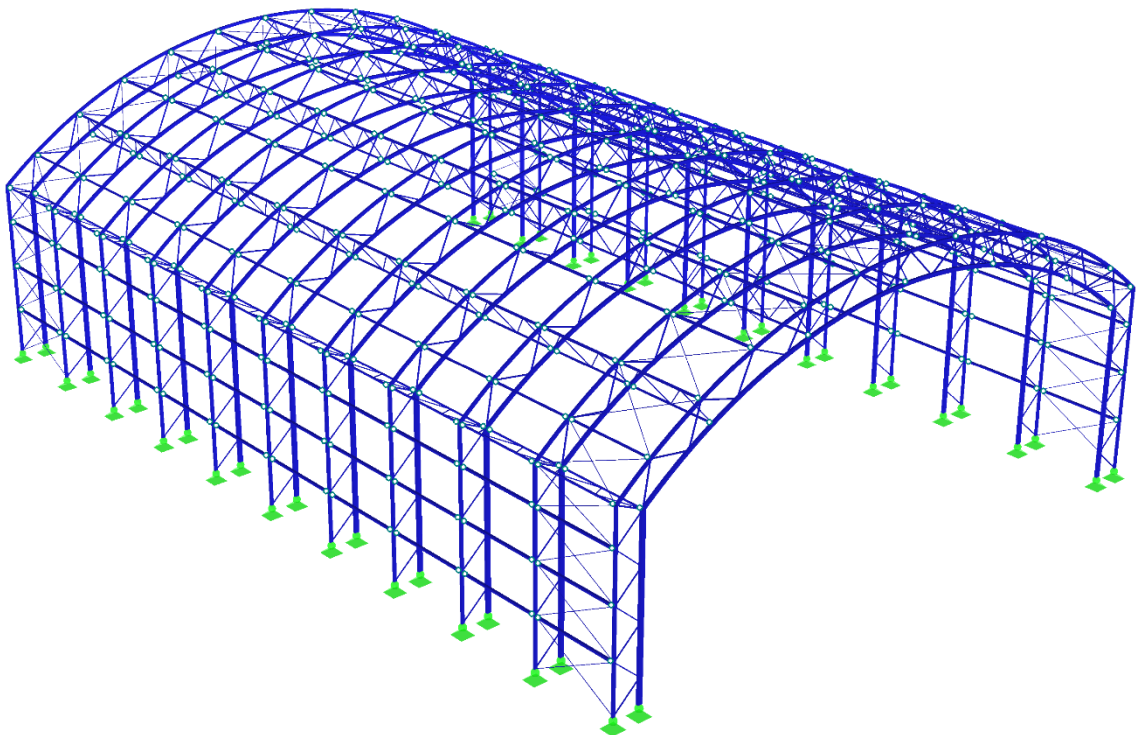
3. Porovnání variant:	32
3.1 Varianta A:.....	32
3.1.1 Celková hmotnost konstrukce:	32
3.1.2 Velikost nátěrové plochy:	33
3.1.3 Počet styčnicků:.....	33
3.1.4 Estetické ztvárnění, výrobní a provozní náklady:	33
3.2 Varianta B:.....	34
3.2.1 Celková hmotnost konstrukce:	34
3.2.2 Velikost nátěrové plochy:	34
3.2.3 Počet styčnicků:.....	35
3.2.4 Estetické ztvárnění, výrobní a provozní náklady:	35
3.3 Vyhodnocení porovnání variant:	35

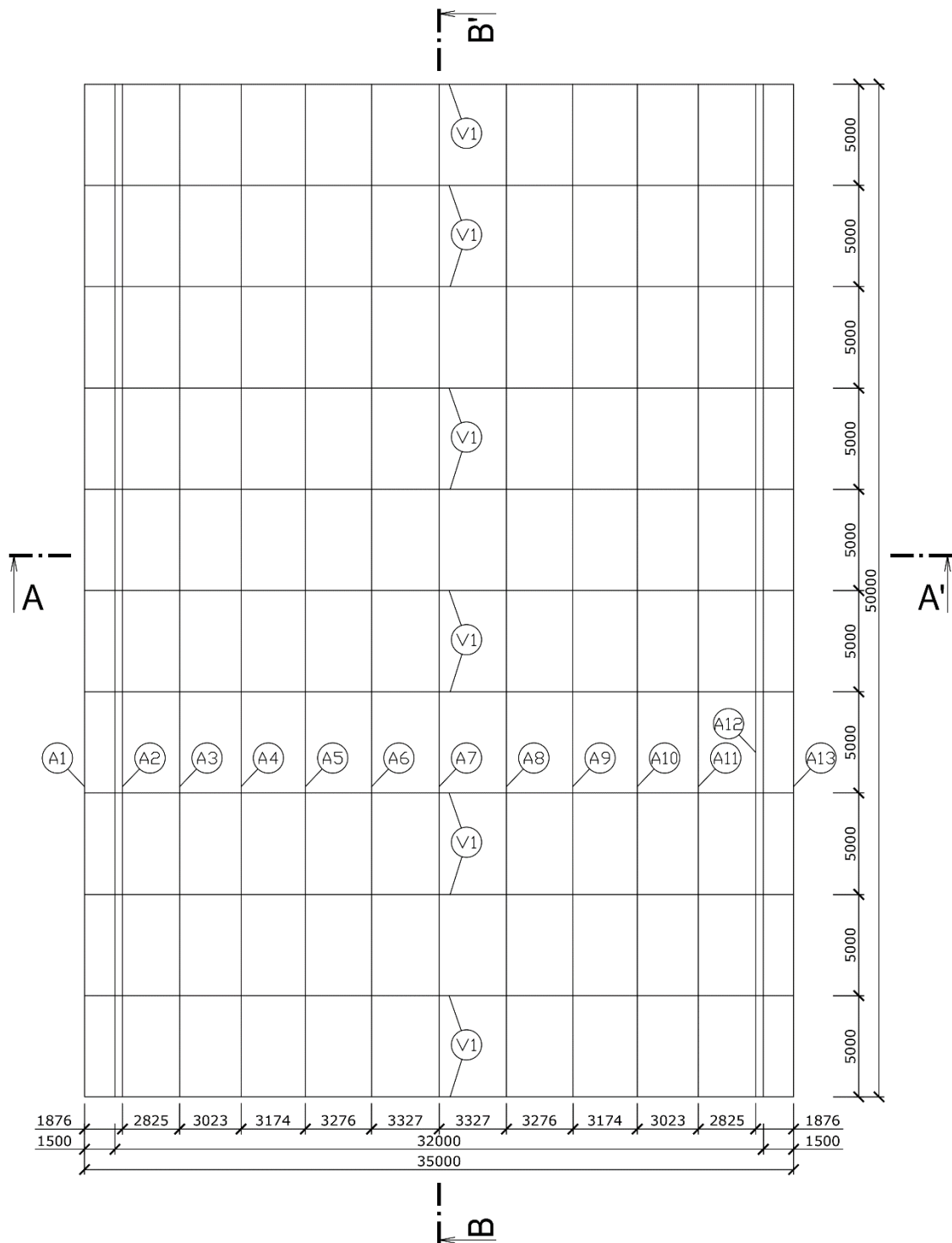
1. Varianta A:

U této varianty je střešní konstrukce řešena pomocí jedenácti příhradových obloukových trubkových vazníků v osově vzdálenosti 5 m. Dolní a horní pásy vazníků jsou tvořeny obdélníkovými trubkami a mezipásové diagonální pruty jsou tvořeny trubkami čtvercovými. Vzájemné propojení vazníků je tvořeno pomocí vaznic navržených z obdélníkových trubkových profilů a střešní plášť je proveden pomocí střešního systému Kalzip, včetně izolací a trapézového plechu TR 50/260/1,00. Na stěnách je opláštění roznášeno pomocí paždíků z obdélníkových trubkových profilů. Vazníky jsou po obou stranách vynášeny pomocí příhradových sloupů, jejichž vnitřní a vnější pásové pruty jsou zhotoveny opět z trubek obdélníkových a výplňové diagonální pruty z trubek čtvercových. Příčná tuhost objektu je zajištěna pomocí předpjatých tyčových táhel umístěných v krajních polích konstrukce a podélnou tuhost zajišťují střešní ztužidla provedená po celé délce konstrukce.

1.1 Geometrie konstrukce:

1.1.1 Perspektivní pohled:



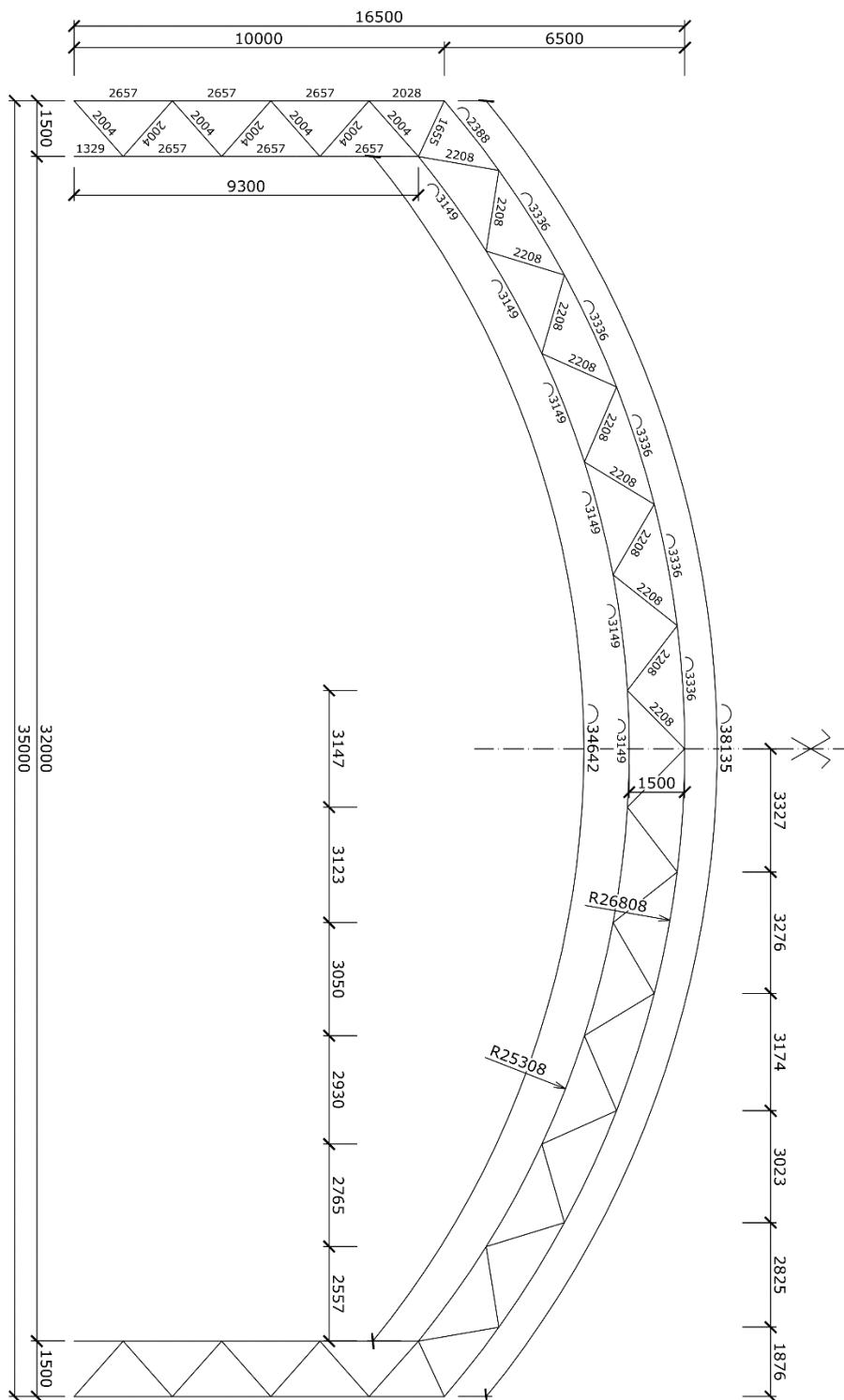
1.1.2 Půdorysné schéma:

Půdorysná délka objektu: $L = 50,000 \text{ m}$

Půdorysná šířka objektu: $B = 35,000 \text{ m}$

Výška objektu: $H = 16,500 \text{ m}$

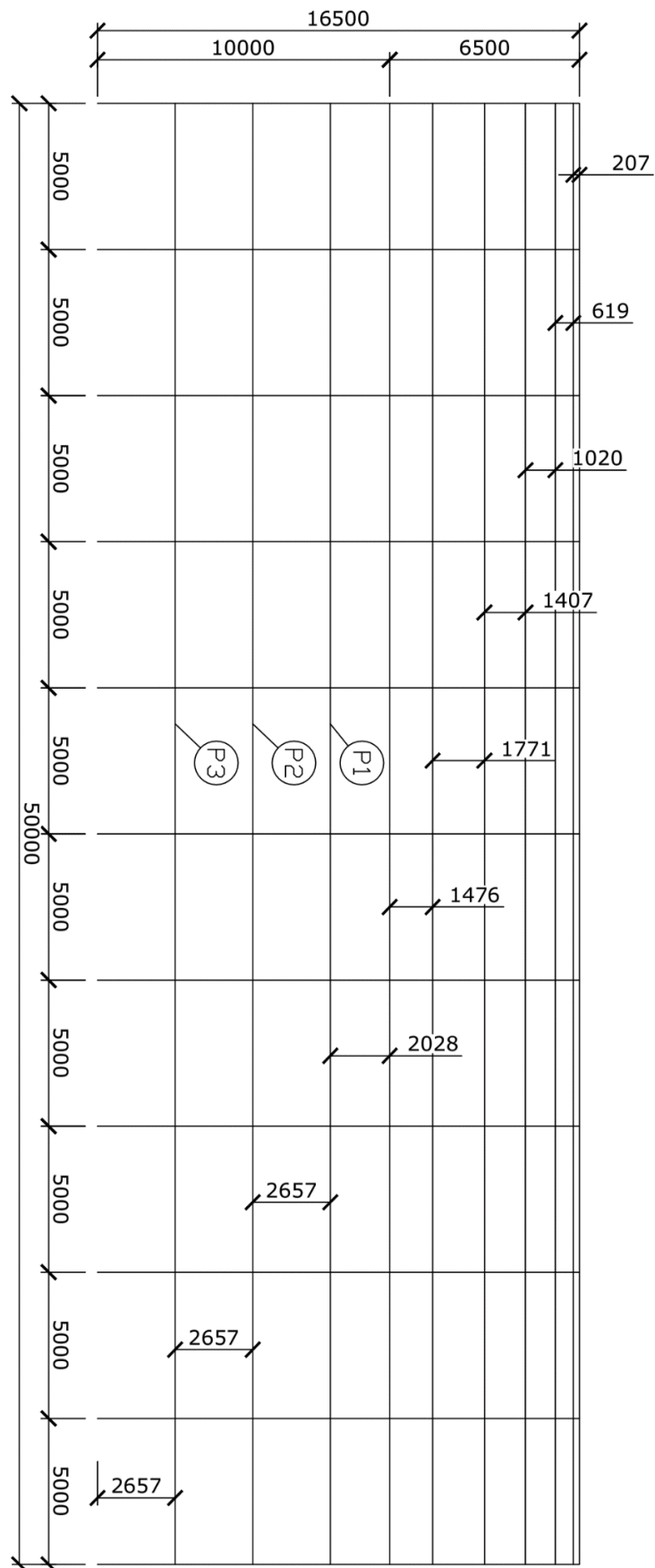
1.1.3 Schéma příčného řezu A-A':



Světlá výška objektu: $H_{sv} = 15,000 \text{ m}$

Konstrukční výška objektu: $H_{kon} = 16,500 \text{ m}$

1.1.4 Schéma podélného řezu B-B':



1.2 Zatížení:

1.2.1 Stálé:

1.2.1.1 ZS1 – Vlastní tíha:

Výpočet vlastní tíhy byl vygenerován na výpočtovém modelu softwarem RFEM 5.03 společnosti DLUBAL.

1.2.1.2 ZS2 – Ostatní stálé zatížení:

Zatížení	kg/m ²	kN/m ³	kN/m ²
Střešní systém Kalzip tl. 1 mm	5,00	-	0,05
Tepelná izolace ROCKWOOL DACHROCK tl. 100 mm	-	1,62	0,16
Modifikovaný asfaltový pás ELASTEK 50 SPECIAL MINERAL tl. 4 mm	5,45	-	0,05
Trapézový plech 50/260 tl. 1 mm	9,63	-	0,10
Celkové zatížení od střešního pláště	g'_{k1} =		0,36

Zatěžovací šířky pro vaznice:

Vaznice 1 a 13:

$$Z\check{S} = 1,194 \text{ m}$$

Vaznice 2 a 12:

$$Z\check{S} = 2,862 \text{ m}$$

Vaznice 3 až 11:

$$Z\check{S} = 3,336 \text{ m}$$

Zatížení působící na vaznice:

Vaznice 1 a 13:

$$g_{k1} = g'_{k1} \cdot Z\check{S} = 0,36 \cdot 1,194 = 0,43 \text{ kN/m}$$

Vaznice 2 a 12:

$$g_{k1} = g'_{k1} \cdot Z\check{S} = 0,36 \cdot 2,862 = 1,03 \text{ kN/m}$$

Vaznice 3 až 11:

$$g_{k1} = g'_{k1} \cdot Z\check{S} = 0,36 \cdot 3,336 = 1,20 \text{ kN/m}$$

Zatěžovací výšky pro paždíky:

Paždík 1:

$$ZV = 3,357 \text{ m}$$

Paždík 2:

$$ZV = 2,657 \text{ m}$$

Paždík 3:

$$ZV = 3,986 \text{ m}$$

Zatížení působící na paždíky:

Paždík 1:

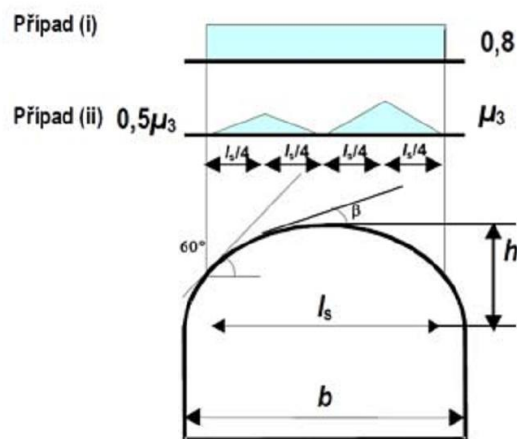
$$g_{k1} = g'_{k1} \cdot ZV = 0,36 \cdot 3,357 = 1,21 \text{ kN/m}$$

Paždík 2:

$$g_{k1} = g'_{k1} \cdot ZV = 0,36 \cdot 2,657 = 0,96 \text{ kN/m}$$

Paždík 3:

$$g_{k1} = g'_{k1} \cdot ZV = 0,36 \cdot 3,986 = 1,43 \text{ kN/m}$$

1.2.2 Proměnné:**1.2.2.1 ZS3 – Zatížení sněhem plným:**

Sníh plný uvažujeme pouze pro porovnání variant. Stavba se nachází ve městě Kunovice, jež náleží do sněhové oblasti I. Největší úhel sklonu střešní konstrukce je na okraji vazníku a má velikost $40,7529^\circ < 60^\circ$. Zatížení se tedy roznáší po celé půdorysné šířce objektu $l_s = 35 \text{ m}$.

Tvarový součinitel:

$$\mu_3 = 0,8$$

Součinitel expozice:

$$C_e = 1,0$$

Tepelný součinitel:

$$C_t = 1,0$$

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi:

$$S_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení sněhem na střeše:

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

Zatěžovací šířky pro vaznice:

Vaznice 1 a 13:

$$Z\check{S} = 0,938 \text{ m}$$

Vaznice 2 a 12:

$$Z\check{S} = 2,351 \text{ m}$$

Vaznice 3 a 11:

$$Z\check{S} = 2,924 \text{ m}$$

Vaznice 4 a 10:

$$Z\check{S} = 3,099 \text{ m}$$

Vaznice 5 a 9:

$$Z\check{S} = 3,225 \text{ m}$$

Vaznice 6 a 8:

$$Z\check{S} = 3,302 \text{ m}$$

Vaznice 7:

$$Z\check{S} = 3,327 \text{ m}$$

Zatížení působící na vaznice:

Vaznice 1 a 13:

$$q_{sk} = s \cdot Z\check{S} = 0,56 \cdot 0,938 = 0,53 \text{ kN/m}$$

Vaznice 2 a 12:

$$q_{sk} = s \cdot Z\check{S} = 0,56 \cdot 2,351 = 1,32 \text{ kN/m}$$

Vaznice 3 a 11:

$$q_{sk} = s \cdot Z\check{S} = 0,56 \cdot 2,924 = 1,64 \text{ kN/m}$$

Vaznice 4 a 10:

$$q_{sk} = s \cdot Z\check{S} = 0,56 \cdot 3,099 = 1,74 \text{ kN/m}$$

Vaznice 5 a 9:

$$q_{sk} = s \cdot Z\check{S} = 0,56 \cdot 3,225 = 1,81 \text{ kNm}$$

Vaznice 6 a 8:

$$q_{sk} = s \cdot Z\check{S} = 0,56 \cdot 3,302 = 1,85 \text{ kN/m}$$

Vaznice 7:

$$q_{sk} = s \cdot Z\check{S} = 0,56 \cdot 3,327 = 1,86 \text{ kN/m}$$

1.2.2.1 ZS4 – Zatížení větrem příčným:

Vítr příčný uvažujeme pouze pro porovnání variant, kde zanedbáme působení větru na čelní svislé stěny. Stavba se nachází ve městě Kunovice, jež náleží do větrné oblasti II. Kategorie terénu je II.

Součinitel směru větru:

$$c_{dir} = 1,0$$

Součinitel ročního období:

$$c_{season} = 1,0$$

Výchozí základní rychlost větru:

$$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

Základní rychlost větru:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

Parametr drsnosti terénu:

$$z_0 = 0,05 \text{ m}$$

Minimální výška:

$$z_{min} = 2 \text{ m}$$

Výška budovy nad terénem:

$$z = 16,5 \text{ m}$$

Maximální výška:

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

Parametr drsnosti terénu II:

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

Součinitel terénu:

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

Součinitel drsnosti ve výšce 16,5 m nad terénem:

→ platí pro:

$$z_{\min} = 2 \text{ m} \leq z = 16,5 \text{ m} \leq z_{\max} = 200 \text{ m}$$

→ výpočet:

$$c_r(16,5) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{16,5}{0,05}\right) = 1,10$$

Součinitel ortografie ve výšce 16,5 m nad terénem:

$$c_o(16,5) = 1,00$$

Střední rychlost větru ve výšce 16,5 m nad terénem:

$$v_m(16,5) = c_r(16,5) \cdot c_o(16,5) \cdot v_b = 1,10 \cdot 1,00 \cdot 25 = 27,5 \text{ m/s}$$

Součinitel turbulence:

$$k_t = 1,00$$

Intenzita turbulence ve výšce 16,5 m nad terénem:

→ platí pro:

$$z_{\min} = 2 \text{ m} \leq z = 16,5 \text{ m} \leq z_{\max} = 200 \text{ m}$$

→ výpočet:

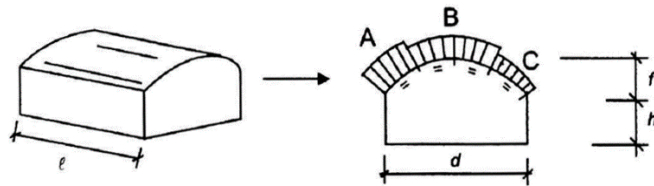
$$I_v(16,5) = \frac{k_t}{c_o \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1,00 \cdot \ln\left(\frac{16,5}{0,05}\right)} = 0,172$$

Měrná hmotnost vzduchu:

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

Maximální dynamický tlak větru ve výšce 16,5 m nad terénem:

$$\begin{aligned} q_p(16,5) &= [1 + 7 \cdot I_v(16,5)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(16,5) = \\ &= [1 + 7 \cdot 0,172] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 27,5^2 = \\ &= 1041 \text{ N/m}^2 = 1,04 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Součinitelé expozice pro střešní konstrukci:

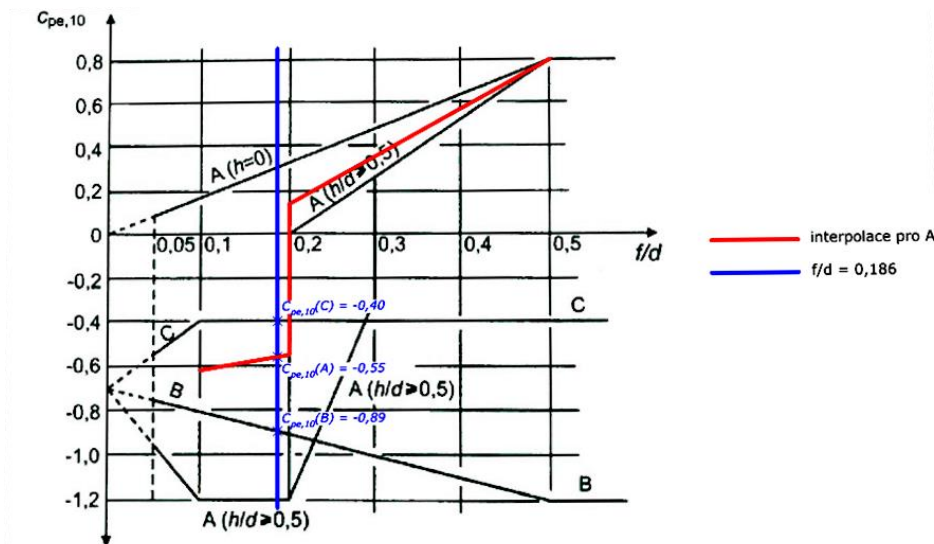
→ platí pro:

$$z_e = h + f = 10 + 6,5 = 16,5 \text{ m}$$

→ poměry:

$$\frac{h}{d} = \frac{10}{35} = 0,286$$

$$\frac{f}{d} = \frac{6,5}{35} = 0,186$$



→ velikost součinitelů viz obr.:

$$c_{pe,10}(A) = -0,55$$

$$c_{pe,10}(B) = -0,89$$

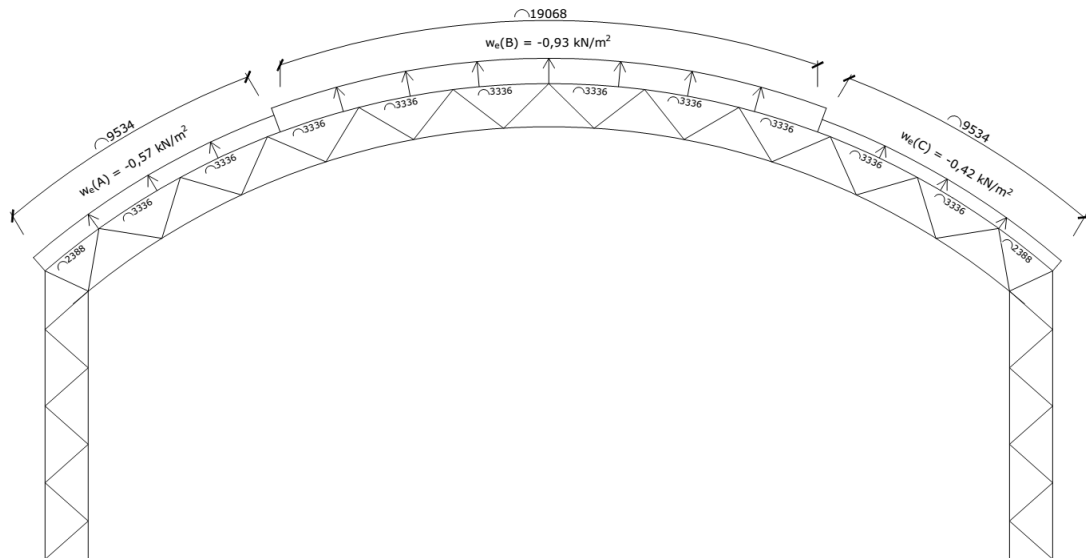
$$c_{pe,10}(C) = -0,40$$

Tlak větru působící na povrch střešní konstrukce:

$$w_e(A) = q_p(16,5) \cdot c_{pe,10}(A) = 1,04 \cdot (-0,55) = -0,57 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(B) = q_p(16,5) \cdot c_{pe,10}(B) = 1,04 \cdot (-0,89) = -0,93 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(C) = q_p(16,5) \cdot c_{pe,10}(C) = 1,04 \cdot (-0,40) = -0,42 \text{ kN/m}^2$$

Schéma zatížení střešní konstrukce větrem:**Zatěžovací šířky:**

Vaznice 1 a 13:

$$Z\check{S} = 1,194 \text{ m}$$

Vaznice 2 a 12:

$$Z\check{S} = 2,862 \text{ m}$$

Vaznice 3 a 11:

$$Z\check{S} = 3,336 \text{ m}$$

Vaznice 4 a 10:

$$Z\check{S} = Z\check{S}1 + Z\check{S}2 + Z\check{S}3 = 1,668 \text{ m} + 0,474 \text{ m} + 1,194 \text{ m}$$

Vaznice 5 a 9:

$$Z\check{S} = 3,336 \text{ m}$$

Vaznice 6 a 8:

$$Z\check{S} = 3,336 \text{ m}$$

Vaznice 7:

$$Z\check{S} = 3,336 \text{ m}$$

Zatížení působící na vaznice:

Vaznice 1:

$$q_{wk} = w_e(A) \cdot Z\check{S} = -0,57 \cdot 1,194 = -0,68 \text{ kN/m}$$

Vaznice 2:

$$q_{wk} = w_e(A) \cdot Z\check{S} = -0,57 \cdot 2,862 = -1,63 \text{ kN/m}$$

Vaznice 3:

$$q_{wk} = w_e(A) \cdot Z\check{S} = -0,57 \cdot 3,336 = -1,90 \text{ kN/m}$$

Vaznice 4:

$$\begin{aligned} q_{wk} &= w_e(A) \cdot (Z\check{S}1 + Z\check{S}2) + w_e(B) \cdot Z\check{S}3 = \\ &= -0,57 \cdot (1,668 + 0,474) - 0,93 \cdot 1,194 = \\ &= -2,33 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Vaznice 5 až 9:

$$q_{wk} = w_e(B) \cdot Z\check{S} = -0,93 \cdot 3,336 = -3,10 \text{ kN/m}$$

Vaznice 10:

$$\begin{aligned} q_{wk} &= w_e(B) \cdot Z\check{S}3 + w_e(C) \cdot (Z\check{S}1 + Z\check{S}2) = \\ &= -0,93 \cdot 1,194 - 0,42 \cdot (1,668 + 0,474) = \\ &= -2,01 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Vaznice 11:

$$q_{wk} = w_e(C) \cdot Z\check{S} = -0,42 \cdot 3,336 = -1,40 \text{ kN/m}$$

Vaznice 12:

$$q_{wk} = w_e(C) \cdot Z\check{S} = -0,42 \cdot 2,862 = -1,20 \text{ kN/m}$$

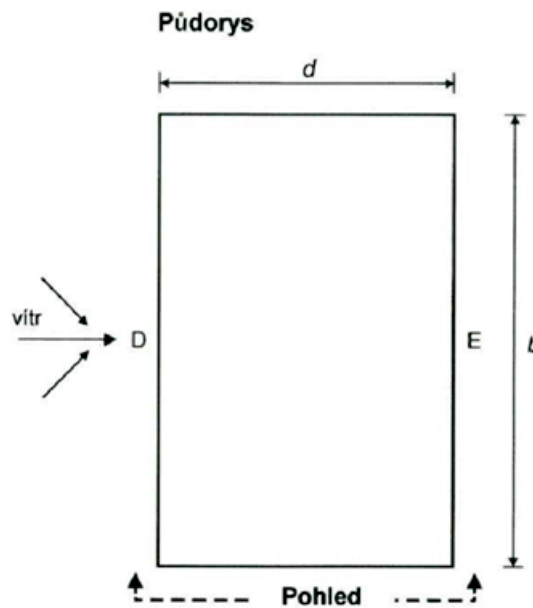
Vaznice 13:

$$q_{wk} = w_e(C) \cdot Z\check{S} = -0,42 \cdot 1,194 = -0,50 \text{ kN/m}$$

Součinitelé expozice pro boční svislé stěny budovy:

→ nutná lineární interpolace mezi normovými hodnotami:

oblast	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,5	
< 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,7	1,0	-0,3	



→ poměry:

$$\frac{h}{d} = \frac{16,5}{35} = 0,471$$

→ lineární interpolace $c_{pe,10}$ pro plochu D:

$$c_{pe,10}(D) = 0,7 + \frac{0,471 - 0,25}{1 - 0,25} (0,8 - 0,7) = 0,73$$

→ lineární interpolace $c_{pe,10}$ pro plochu E:

$$c_{pe,10}(E) = -0,3 + \frac{0,471 - 0,25}{1 - 0,25} (0,3 - 0,5) = -0,36$$

Tlak větru působící na povrch svislých stěn:

$$w_e(D) = q_p(16,5) \cdot c_{pe,10}(D) = 1,04 \cdot 0,73 = 0,76 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(E) = q_p(16,5) \cdot c_{pe,10}(E) = 1,04 \cdot (-0,36) = -0,37 \text{ kN/m}^2$$

Zatěžovací výšky pro paždíky:

Paždík 1:

$$ZV = 3,357 \text{ m}$$

Paždík 2:

$$ZV = 2,657 \text{ m}$$

Paždík 3:

$$ZV = 3,986 \text{ m}$$

Zatížení působící na paždíky - návětrná strana:

Paždík 1:

$$q_{wk} = w_e(D) \cdot ZV = 0,76 \cdot 3,357 = 2,55 \text{ kN/m}$$

Paždík 2:

$$q_{wk} = w_e(D) \cdot ZV = 0,76 \cdot 2,657 = 2,02 \text{ kN/m}$$

Paždík 3:

$$q_{wk} = w_e(D) \cdot ZV = 0,76 \cdot 3,986 = 3,03 \text{ kN/m}$$

Zatížení působící na paždíky - závětrná strana:

Paždík 1:

$$q_{wk} = w_e(E) \cdot ZV = -0,37 \cdot 3,357 = -1,24 \text{ kN/m}$$

Paždík 2:

$$q_{wk} = w_e(E) \cdot ZV = -0,37 \cdot 2,657 = -0,98 \text{ kN/m}$$

Paždík 2:

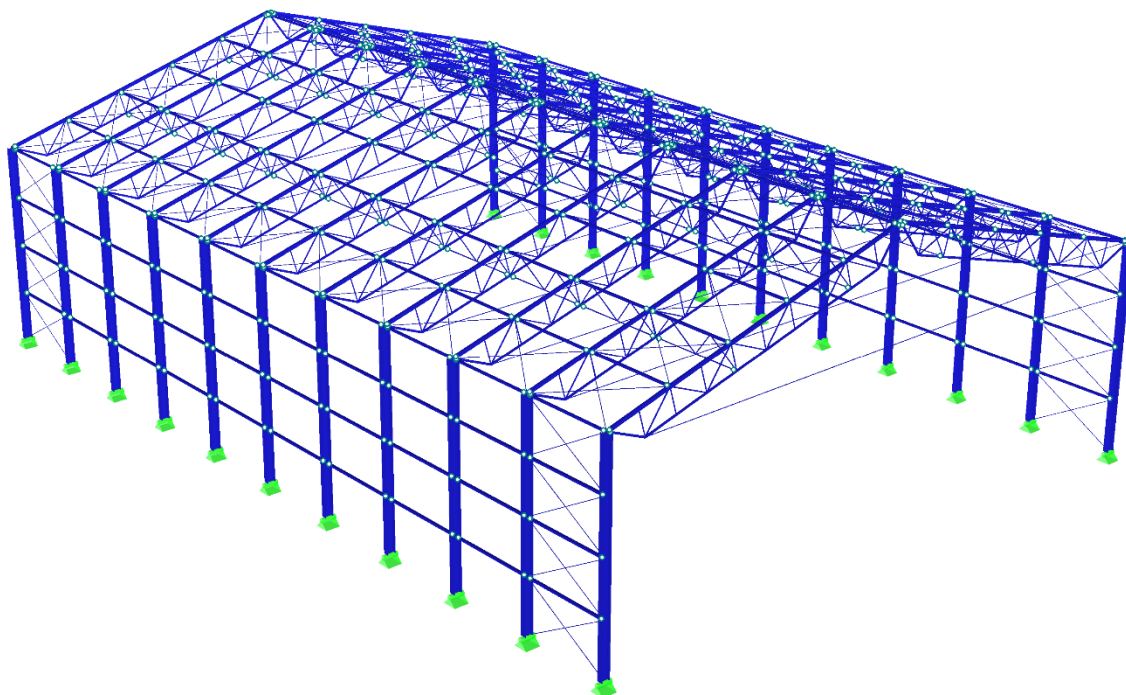
$$q_{wk} = w_e(E) \cdot ZV = -0,37 \cdot 3,986 = -1,47 \text{ kN/m}$$

2. Varianta B:

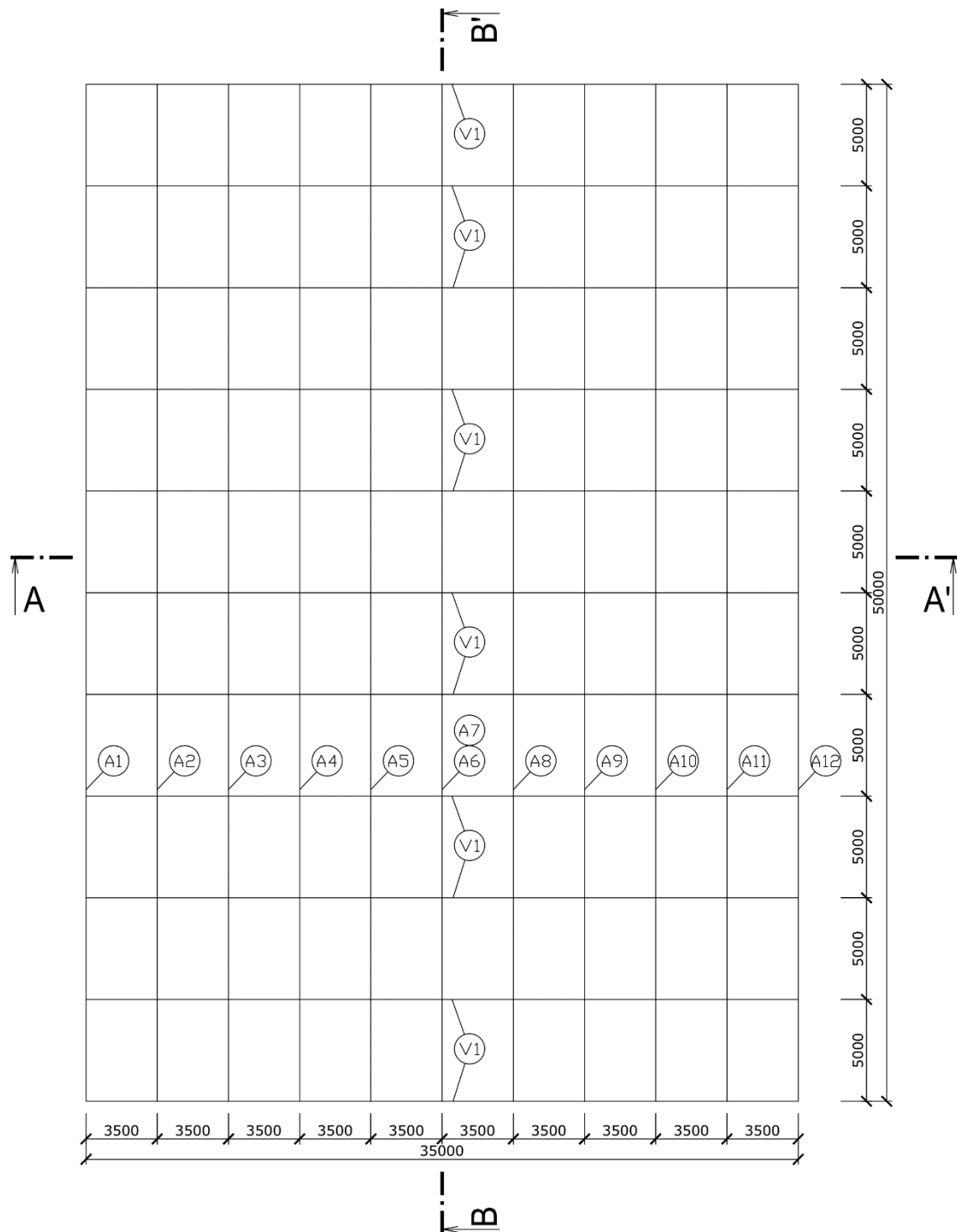
Řešení střešní konstrukce této varianty je provedeno pomocí jedenácti dvojic příhradových vazníků, navzájem spojených pomocí tyčových táhel. Dolní a horní pásy vazníků jsou tvořeny obdélníkovými trubkami a mezipásové svislice a diagonály jsou tvořeny trubkami čtvercovými. Vazníky jsou v podélném směru propojeny pomocí vaznic navržených opět z obdélníkových trubkových profilů a opláštění je provedeno pomocí střešního systému Kalzip, včetně izolací a trapézového plechu TR 50/260/1,00. Na stěnách je opláštění roznášeno pomocí paždíků z obdélníkových trubkových profilů. Vazníky jsou po obou stranách vynášeny pomocí sloupů z HEB profilů. Příčná tuhost objektu je zajištěna pomocí předpjatých tyčových táhel umístěných v krajních polích konstrukce a podélnou tuhost zajišťují střešní ztužidla provedená po celé délce konstrukce.

2.1 Geometrie konstrukce:

2.1.1 Perspektivní pohled:



2.1.2 Půdorysné schéma:

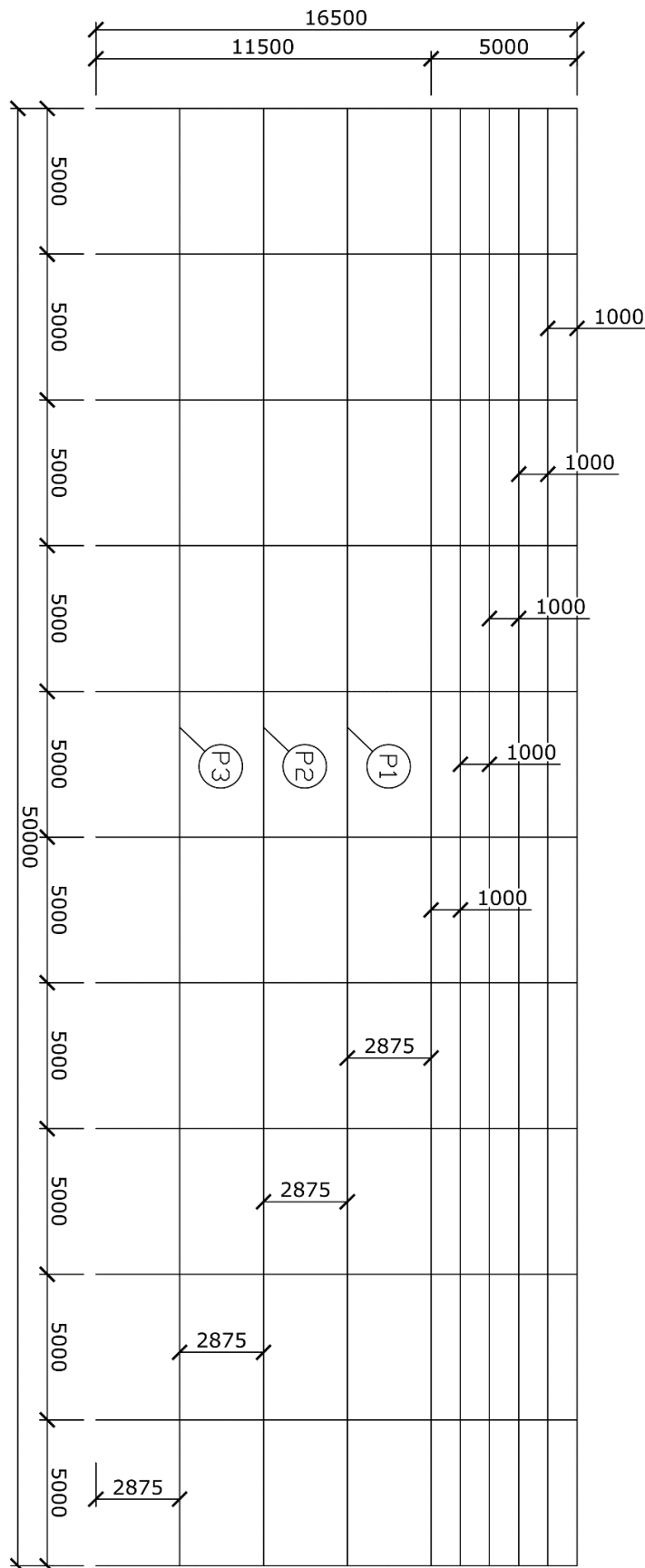


Půdorysná délka objektu: $L = 50,000 \text{ m}$

Půdorysná šířka objektu: $B = 35,000 \text{ m}$

Výška objektu: $H = 16,500 \text{ m}$

2.1.4 Schéma podélného řezu B-B':



2.2 Zatížení:

2.2.1 Stálé:

2.2.1.1 ZS1 – Vlastní tíha:

Výpočet vlastní tíhy byl vygenerován na výpočtovém modelu softwarem RFEM 5.03 společnosti DLUBAL.

2.2.1.2 ZS2 – Ostatní stálé zatížení:

Zatížení	kg/m ²	kN/m ³	kN/m ²
Střešní systém Kalzip tl. 1 mm	5,00	-	0,05
Tepelná izolace ROCKWOOL DACHROCK tl. 100 mm	-	1,62	0,16
Modifikovaný asfaltový pás ELASTEK 50 SPECIAL MINERAL tl. 4 mm	5,45	-	0,05
Trapézový plech 50/260 tl. 1 mm	9,63	-	0,10
Celkové zatížení od střešního pláště	g'_{k1} =		0,36

Zatěžovací šířky pro vaznice:

Vaznice 1:

$$Z\check{S} = 1,820 \text{ m}$$

Vaznice 2 až 5:

$$Z\check{S} = 3,640 \text{ m}$$

Vaznice 6 a 7:

$$Z\check{S} = 1,820 \text{ m}$$

Vaznice 8 až 11:

$$Z\check{S} = 3,640 \text{ m}$$

Vaznice 12:

$$Z\check{S} = 1,820 \text{ m}$$

Zatížení působící na vaznice:

Vaznice 1 a 13:

$$g_{k1} = g'_{k1} \cdot Z\check{S} = 0,36 \cdot 1,820 = 0,66 \text{ kN/m}$$

Vaznice 2 až 5:

$$g_{k1} = g'_{k1} \cdot Z\check{S} = 0,36 \cdot 3,640 = 1,31 \text{ kN/m}$$

Vaznice 6 a 7:

$$g_{k1} = g'_{k1} \cdot Z\check{S} = 0,36 \cdot 1,820 = 0,66 \text{ kN/m}$$

Vaznice 8 až 11:

$$g_{k1} = g'_{k1} \cdot Z\check{S} = 0,36 \cdot 3,640 = 1,31 \text{ kN/m}$$

Vaznice 12:

$$g_{k1} = g'_{k1} \cdot Z\check{S} = 0,36 \cdot 1,820 = 0,66 \text{ kN/m}$$

Zatěžovací výšky pro paždíky:

Paždík 1:

$$ZV = 4,313 \text{ m}$$

Paždík 2:

$$ZV = 2,875 \text{ m}$$

Paždík 3:

$$ZV = 4,313 \text{ m}$$

Zatížení působící na paždíky:

Paždík 1:

$$g_{k1} = g'_{k1} \cdot ZV = 0,36 \cdot 4,313 = 1,55 \text{ kN/m}$$

Paždík 2:

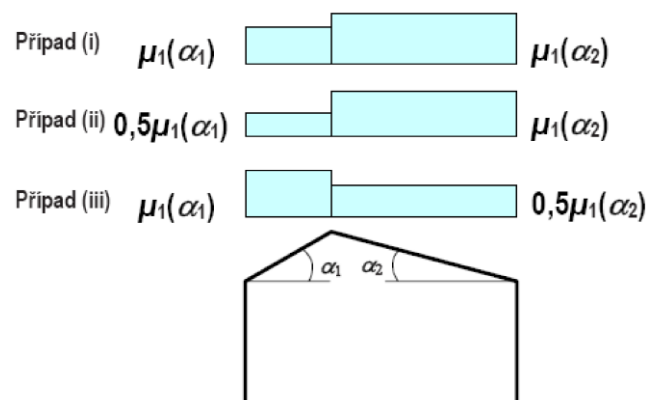
$$g_{k1} = g'_{k1} \cdot ZV = 0,36 \cdot 2,875 = 1,04 \text{ kN/m}$$

Paždík 3:

$$g_{k1} = g'_{k1} \cdot ZV = 0,36 \cdot 4,313 = 1,55 \text{ kN/m}$$

2.2.2 Proměnné:

2.2.2.1 ZS3 – Zatížení sněhem plným:



Sníh plný uvažujeme pouze pro porovnání variant. Stavba se nachází ve městě Kunovice, jež náleží do sněhové oblasti I. Úhel sklonu střechy α má hodnotu $15,9454^\circ < 60^\circ$.

Tvarový součinitel:

$$\mu_1 = 0,8$$

Součinitel expozice:

$$C_e = 1,0$$

Tepelný součinitel:

$$C_t = 1,0$$

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi:

$$S_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení sněhem na střeše:

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

Zatěžovací šířky pro vaznice:

Vaznice 1:

$$Z\check{S} = 1,750 \text{ m}$$

Vaznice 2 až 5:

$$Z\check{S} = 3,500 \text{ m}$$

Vaznice 6 a 7:

$$Z\check{S} = 1,750 \text{ m}$$

Vaznice 8 až 11:

$$Z\check{S} = 3,500 \text{ m}$$

Vaznice 12:

$$Z\check{S} = 1,750 \text{ m}$$

Zatížení působící na vaznice:

Vaznice 1 a 13:

$$q_{sk} = s \cdot Z\check{S} = 0,56 \cdot 1,750 = 0,98 \text{ kN/m}$$

Vaznice 2 až 5:

$$q_{sk} = s \cdot Z\check{S} = 0,56 \cdot 3,500 = 1,96 \text{ kN/m}$$

Vaznice 6 a 7:

$$q_{sk} = s \cdot Z\check{S} = 0,56 \cdot 1,750 = 0,98 \text{ kN/m}$$

Vaznice 8 až 11:

$$q_{sk} = s \cdot Z\check{S} = 0,56 \cdot 3,500 = 1,96 \text{ kN/m}$$

Vaznice 12:

$$q_{sk} = s \cdot Z\check{S} = 0,56 \cdot 1,750 = 0,98 \text{ kN/m}$$

2.2.2.1 ZS4 – Zatížení větrem příčným:

Vítr příčný uvažujeme pouze pro porovnání variant, kde zanedbáme působení větru na čelní svislé stěny. Stavba se nachází ve městě Kunovice, jež náleží do větrné oblasti II. Kategorie terénu je II.

Součinitel směru větru:

$$c_{dir} = 1,0$$

Součinitel ročního období:

$$c_{season} = 1,0$$

Výchozí základní rychlost větru:

$$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

Základní rychlost větru:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

Parametr drsnosti terénu:

$$z_0 = 0,05 \text{ m}$$

Minimální výška:

$$z_{min} = 2 \text{ m}$$

Výška budovy nad terénem:

$$z = 16,5 \text{ m}$$

Maximální výška:

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

Parametr drsnosti terénu II:

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

Součinitel terénu:

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

Součinitel drsnosti ve výšce 16,5 m nad terénem:

→ platí pro:

$$z_{\min} = 2 \text{ m} \leq z = 16,5 \text{ m} \leq z_{\max} = 200 \text{ m}$$

→ výpočet:

$$c_r(16,5) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{16,5}{0,05}\right) = 1,10$$

Součinitel ortografie ve výšce 16,5 m nad terénem:

$$c_o(16,5) = 1,00$$

Střední rychlost větru ve výšce 16,5 m nad terénem:

$$v_m(16,5) = c_r(16,5) \cdot c_o(16,5) \cdot v_b = 1,10 \cdot 1,00 \cdot 25 = 27,5 \text{ m/s}$$

Součinitel turbulence:

$$k_t = 1,00$$

Intenzita turbulence ve výšce 16,5 m nad terénem:

→ platí pro:

$$z_{\min} = 2 \text{ m} \leq z = 16,5 \text{ m} \leq z_{\max} = 200 \text{ m}$$

→ výpočet:

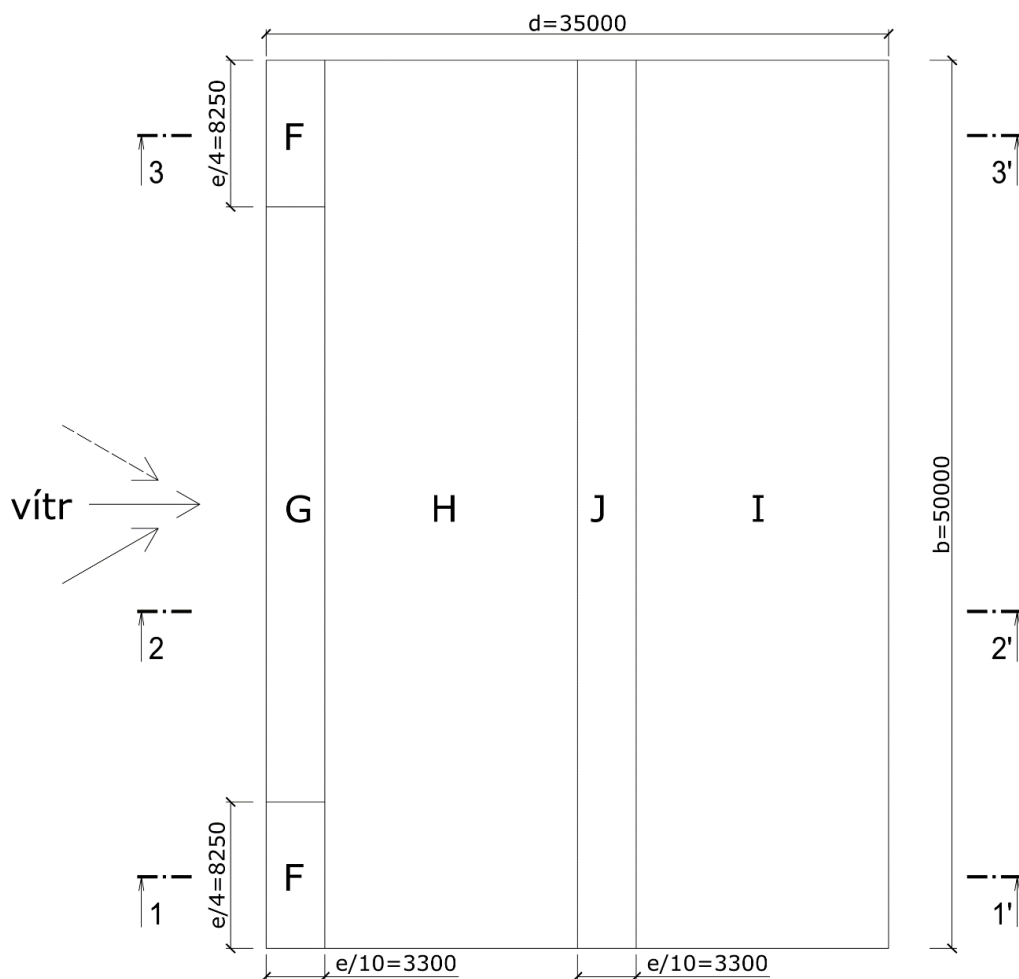
$$I_v(16,5) = \frac{k_t}{c_o \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1,00 \cdot \ln\left(\frac{16,5}{0,05}\right)} = 0,172$$

Měrná hmotnost vzduchu:

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

Maximální dynamický tlak větru ve výšce 16,5 m nad terénem:

$$\begin{aligned} q_p(16,5) &= [1 + 7 \cdot I_v(16,5)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(16,5) = \\ &= [1 + 7 \cdot 0,172] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 27,5^2 = \\ &= 1041 \text{ N/m}^2 = 1,04 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Součinitel expozice pro střešní konstrukci:

→ platí pro:

$$z_e = h = 16,5 \text{ m}$$

$$d = 35 \text{ m}$$

$$b = 50 \text{ m}$$

$$e = \min\{b; 2 \cdot h\} = \min\{50; 2 \cdot 16,5\} = 33 \text{ m}$$

$$\alpha = 15,9454^\circ$$

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

a) Tlak na návětrné straně:

Velikost součinitelů expozice:

$$c_{pe,10}(F) = 0,23$$

$$c_{pe,10}(G) = 0,23$$

$$c_{pe,10}(H) = 0,21$$

$$c_{pe,10}(I) = -0,40$$

$$c_{pe,10}(J) = -0,97$$

Tlak větru působící na povrch střešní konstrukce:

$$w_e(F) = q_p(16,5) \cdot c_{pe,10}(F) = 1,04 \cdot 0,23 = 0,24 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(G) = q_p(16,5) \cdot c_{pe,10}(G) = 1,04 \cdot 0,23 = 0,24 \text{ kN/m}^2$$

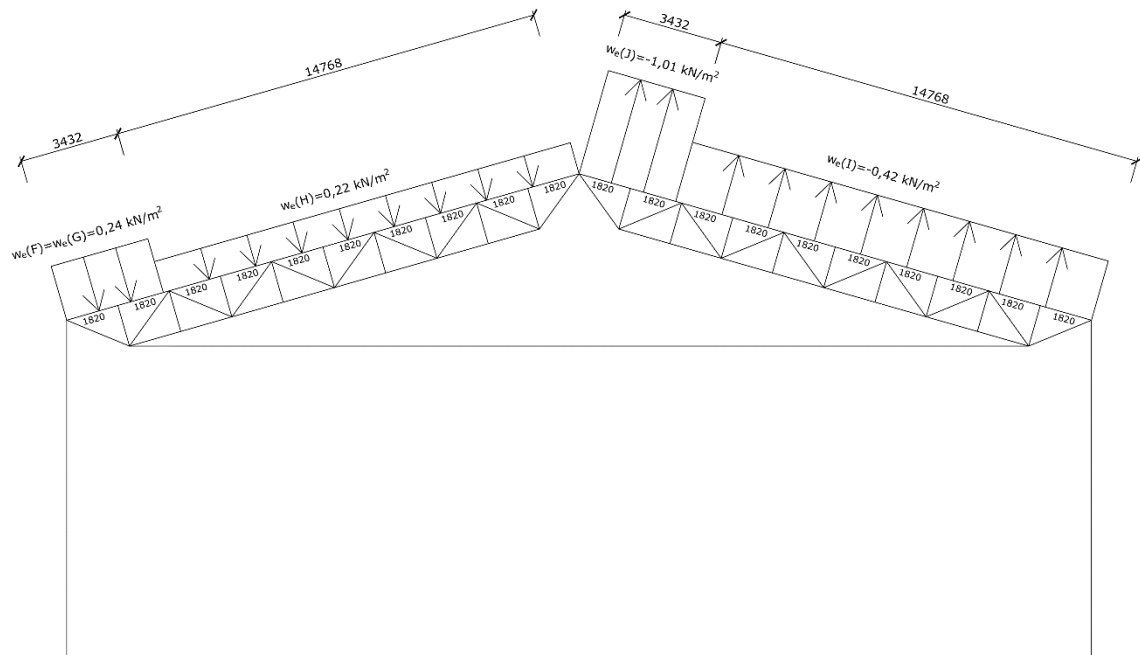
$$w_e(H) = q_p(16,5) \cdot c_{pe,10}(H) = 1,04 \cdot 0,21 = 0,22 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(I) = q_p(16,5) \cdot c_{pe,10}(I) = 1,04 \cdot (-0,40) = -0,42 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(J) = q_p(16,5) \cdot c_{pe,10}(J) = 1,04 \cdot (-0,97) = -1,01 \text{ kN/m}^2$$

Schéma zatížení střešní konstrukce větrem:

→ řezy 1-1', 2-2' a 3-3':

**b) Sání na návětrné straně:****Velikost součinitelů expozice:**

$$c_{pe,10}(F) = -0,87$$

$$c_{pe,10}(G) = -0,78$$

$$c_{pe,10}(H) = -0,29$$

$$c_{pe,10}(I) = 0,00$$

$$c_{pe,10}(J) = 0,00$$

Tlak větru působící na povrch střešní konstrukce:

$$w_e(F) = q_p(16,5) \cdot c_{pe,10}(F) = 1,04 \cdot (-0,87) = -0,91 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(G) = q_p(16,5) \cdot c_{pe,10}(G) = 1,04 \cdot (-0,78) = -0,81 \text{ kN/m}^2$$

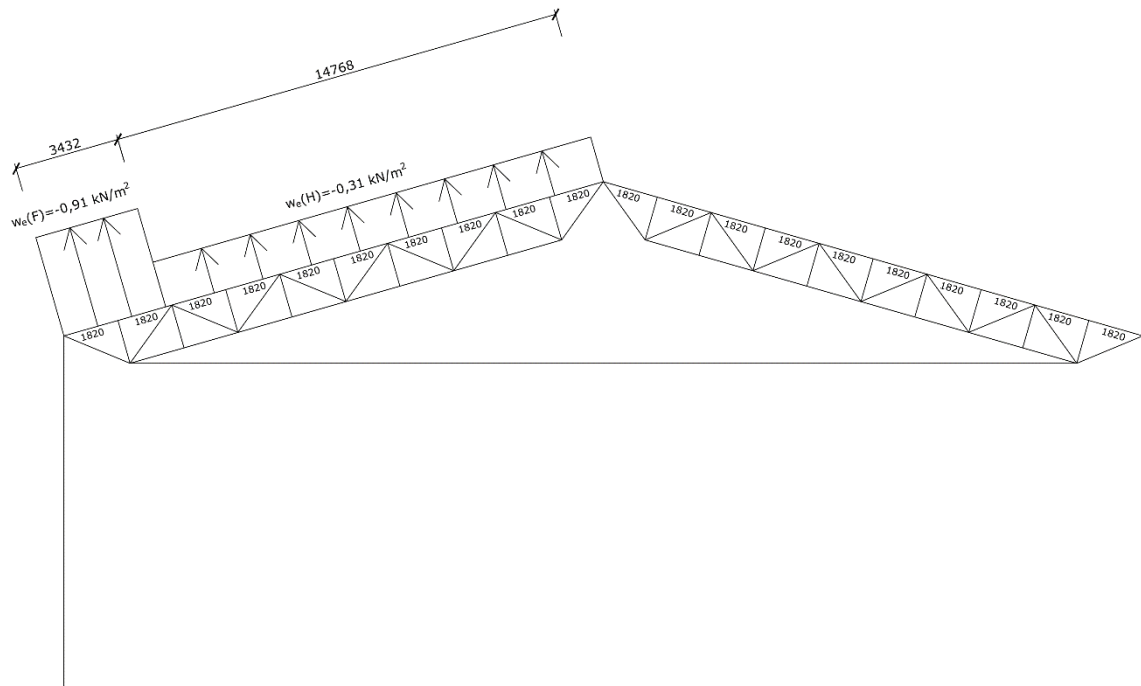
$$w_e(H) = q_p(16,5) \cdot c_{pe,10}(H) = 1,04 \cdot (-0,29) = -0,31 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(I) = q_p(16,5) \cdot c_{pe,10}(I) = 1,04 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kN/m}^2$$

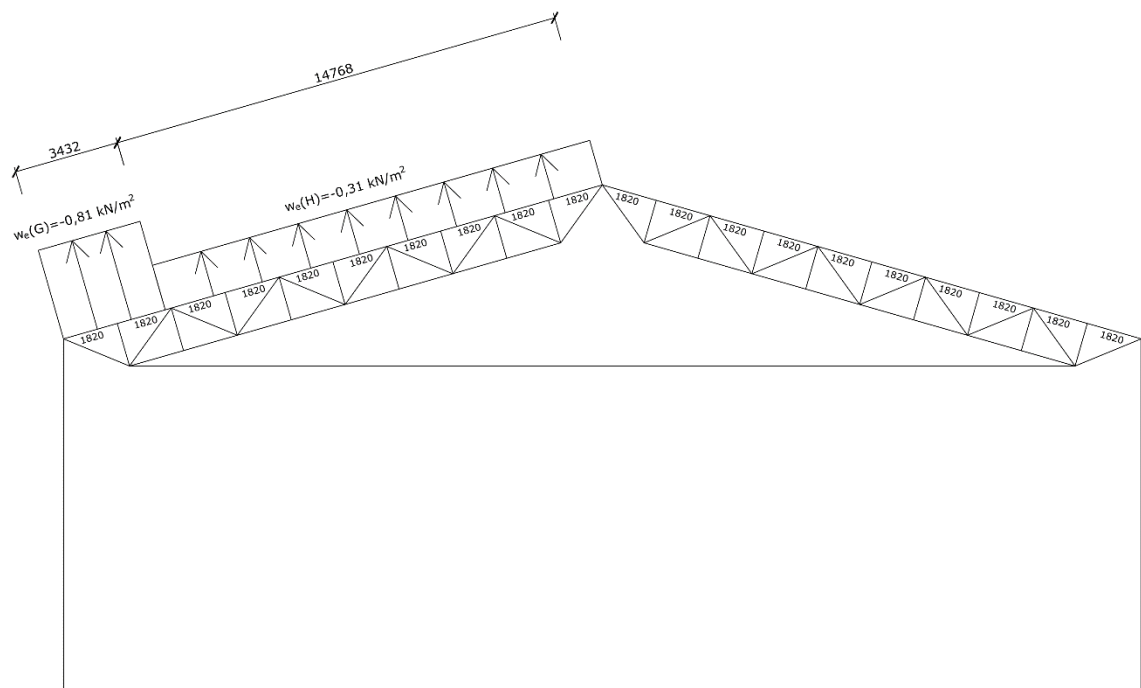
$$w_e(J) = q_p(16,5) \cdot c_{pe,10}(J) = 1,04 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kN/m}^2$$

Schéma zatížení střešní konstrukce větrem:

→ řezy 1-1' a 3-3':



→ řezy 2-2':



Zatěžovací šířky:

Vaznice 1:

$$Z\check{S} = 1,820 \text{ m}$$

Vaznice 2:

$$Z\check{S} = Z\check{S}1 + Z\check{S}2 = 1,612 \text{ m} + 2,028 \text{ m}$$

Vaznice 3 až 5:

$$Z\check{S} = 3,640 \text{ m}$$

Vaznice 6 a 7:

$$Z\check{S} = 1,820 \text{ m}$$

Vaznice 8:

$$Z\check{S} = Z\check{S}1 + Z\check{S}2 = 1,612 \text{ m} + 2,028 \text{ m}$$

Vaznice 9 až 11:

$$Z\check{S} = 3,640 \text{ m}$$

Vaznice 12:

$$Z\check{S} = 1,820 \text{ m}$$

Zatížení působící na vaznice:**a) Tlak na návětrné straně:**

→ řezy 1-1', 2-2' a 3-3':

Vaznice 1:

$$q_{wk} = w_e(F) \cdot Z\check{S} = 0,24 \cdot 1,820 = 0,44 \text{ kN/m}$$

Vaznice 2:

$$q_{wk} = w_e(F) \cdot Z\check{S}1 + w_e(H) \cdot Z\check{S}2 = 0,24 \cdot 1,612 + 0,22 \cdot 2,028 = 0,83 \text{ kN/m}$$

Vaznice 3 až 5:

$$q_{wk} = w_e(H) \cdot Z\check{S} = 0,22 \cdot 3,640 = 0,80 \text{ kN/m}$$

Vaznice 6:

$$q_{wk} = w_e(H) \cdot Z\check{S} = 0,22 \cdot 1,820 = 0,40 \text{ kN/m}$$

Vaznice 7:

$$q_{wk} = w_e(J) \cdot Z\check{S} = -1,01 \cdot 1,820 = -1,84 \text{ kN/m}$$

Vaznice 8:

$$q_{wk} = w_e(J) \cdot Z\check{S}1 + w_e(I) \cdot Z\check{S}2 = -1,01 \cdot 1,612 - 0,42 \cdot 2,028 = -2,48 \text{ kN/m}$$

Vaznice 9 až 11:

$$q_{wk} = w_e(I) \cdot Z\check{S} = -0,42 \cdot 3,640 = -1,53 \text{ kN/m}$$

Vaznice 12:

$$q_{wk} = w_e(I) \cdot Z\check{S} = -0,42 \cdot 1,820 = -0,76 \text{ kN/m}$$

b) Sání na návětrné straně:

→ řezy 1-1' a 3-3':

Vaznice 1:

$$q_{wk} = w_e(F) \cdot Z\check{S} = -0,91 \cdot 1,820 = -1,66 \text{ kN/m}$$

Vaznice 2:

$$q_{wk} = w_e(F) \cdot Z\check{S}1 + w_e(H) \cdot Z\check{S}2 = -0,91 \cdot 1,612 - 0,31 \cdot 2,028 = -2,10 \text{ kN/m}$$

Vaznice 3 až 5:

$$q_{wk} = w_e(H) \cdot Z\check{S} = -0,31 \cdot 3,640 = -1,13 \text{ kN/m}$$

Vaznice 6:

$$q_{wk} = w_e(H) \cdot Z\check{S} = -0,31 \cdot 1,820 = -0,56 \text{ kN/m}$$

→ řez 2-2':

Vaznice 1:

$$q_{wk} = w_e(G) \cdot Z\check{S} = -0,81 \cdot 1,820 = -1,47 \text{ kN/m}$$

Vaznice 2:

$$q_{wk} = w_e(G) \cdot Z\check{S}1 + w_e(H) \cdot Z\check{S}2 = -0,81 \cdot 1,612 - 0,31 \cdot 2,028 = -1,93 \text{ kN/m}$$

Vaznice 3 až 5:

$$q_{wk} = w_e(H) \cdot Z\check{S} = -0,31 \cdot 3,640 = -1,13 \text{ kN/m}$$

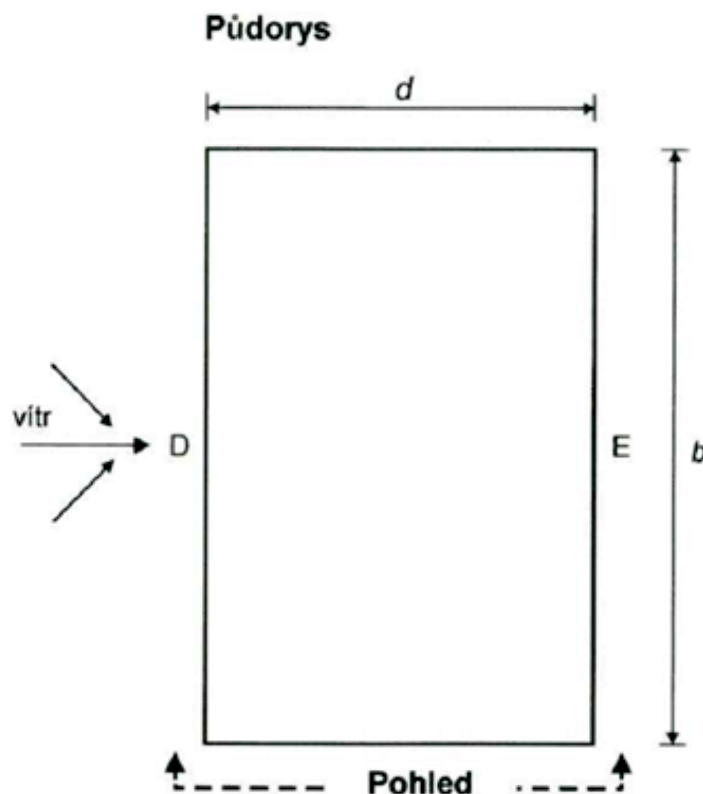
Vaznice 6:

$$q_{wk} = w_e(H) \cdot Z\check{S} = -0,31 \cdot 1,820 = -0,56 \text{ kN/m}$$

Součinitelé expozice pro boční svisté stěny budovy:

→ nutná lineární interpolace mezi normovými hodnotami:

oblast	A		B		C		D		E	
h/d	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,5	
< 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,7	1,0	-0,3	



→ poměry:

$$\frac{h}{d} = \frac{16,5}{35} = 0,471$$

→ lineární interpolace $c_{pe,10}$ pro plochu D:

$$c_{pe,10}(D) = 0,7 + \frac{0,471 - 0,25}{1 - 0,25} (0,8 - 0,7) = 0,73$$

→ lineární interpolace $c_{pe,10}$ pro plochu E:

$$c_{pe,10}(E) = -0,3 + \frac{0,471 - 0,25}{1 - 0,25} (0,3 - 0,5) = -0,36$$

Tlak větru působící na povrch svislých stěn:

$$w_e(D) = q_p(16,5) \cdot c_{pe,10}(D) = 1,04 \cdot 0,73 = 0,76 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(E) = q_p(16,5) \cdot c_{pe,10}(E) = 1,04 \cdot (-0,36) = -0,37 \text{ kN/m}^2$$

Zatěžovací výšky pro paždíky:

Paždík 1:

$$ZV = 4,313 \text{ m}$$

Paždík 2:

$$ZV = 2,875 \text{ m}$$

Paždík 3:

$$ZV = 4,313 \text{ m}$$

Zatížení působící na paždíky - návětrná strana:

Paždík 1:

$$q_{wk} = w_e(D) \cdot ZV = 0,76 \cdot 4,313 = 3,28 \text{ kN/m}$$

Paždík 2:

$$q_{wk} = w_e(D) \cdot ZV = 0,76 \cdot 2,875 = 2,19 \text{ kN/m}$$

Paždík 3:

$$q_{wk} = w_e(D) \cdot ZV = 0,76 \cdot 4,313 = 3,28 \text{ kN/m}$$

Zatížení působící na paždíky - závětrná strana:

Paždík 1:

$$q_{wk} = w_e(E) \cdot ZV = -0,37 \cdot 4,313 = -1,60 \text{ kN/m}$$

Paždík 2:

$$q_{wk} = w_e(E) \cdot ZV = -0,37 \cdot 2,875 = -1,06 \text{ kN/m}$$

Paždík 2:

$$q_{wk} = w_e(E) \cdot ZV = -0,37 \cdot 4,313 = -1,60 \text{ kN/m}$$

3. Porovnání variant:

Předběžný návrh a dimenzování průřezových profilů jednotlivých částí konstrukce obou variant bylo provedeno pomocí přídatného modulu RF-STEEL EC3 výpočtového softwaru Dlubal RFEM 5.03. Jednotlivé varianty budou posuzovány dle následujících hledisek s příslušnými váhami:

- celková hmotnost nosné konstrukce 25%
- velikost nátěrové plochy 15%
- počet styčníků 15%
- estetické ztvárnění 5%
- výrobní náklady 20%
- provozní náklady 20%

3.1 Varianta A:

3.1.1 Celková hmotnost konstrukce:

č.	typ	profil	ks [-]	dl. 1 ks [mm]	dl. celkem [m]	hmot. 1 ks [kg/m]	hmot. celkem [kg]
1	vnější pás sloupu	TR OBD 180x100x6,3	22	10000	220,0	26,1	5742
2	vnitřní pás sloupu	TR OBD 250x150x6,3	22	9300	204,6	38,0	7775
3	horní pás vazníku	TR OBD 180x100x5	11	38135	419,5	21,0	8809
4	dolní pás vazníku	TR OBD 200x120x6,3	11	34642	381,1	30,1	11470
5	diagonály sloupů	TR 4HR 50x5	154	2004	308,6	6,9	2129
6	diagonály rohové	TR 4HR 60x4	22	1655	36,4	6,9	251
7	diagonály vazníků	TR 4HR 60x4	242	2208	534,3	6,9	3687
8	vaznice	TR OBD 140x80x5	130	5000	650,0	16,2	10530
9	paždíky	TR OBD 150x100x4	60	5000	300,0	15,1	4530
10	dolní pás pod. ztuž.	TR 4HR 80x3,2	70	5000	350,0	7,6	2660
11	diagonály pod. ztuž.	TR 4HR 40x2,6	280	1953	546,8	3,0	1641
12	příčná ztužidla 1	KR 8	24	5662	135,9	0,4	54
13	příčná ztužidla 2	KR 8	8	5396	43,2	0,4	17
14	příčná ztužidla 3	KR 8	8	5541	44,3	0,4	18
15	příčná ztužidla 4	KR 8	40	6010	240,4	0,4	96
Σ =							59410 kg

3.1.2 Velikost nátěrové plochy:

č.	typ	profil	ks [-]	dl. 1 ks [mm]	dl. celkem [m]	plocha pláště [mm ² /m]	plocha celkem [m ²]
1	vnější pás sloupu	TR OBD 180x100x6,3	22	10000	220,0	540000	119
2	vnitřní pás sloupu	TR OBD 250x150x6,3	22	9300	204,6	780000	160
3	horní pás vazníku	TR OBD 180x100x5	11	38135	419,5	550000	231
4	dolní pás vazníku	TR OBD 200x120x6,3	11	34642	381,1	620000	236
5	diagonály sloupů	TR 4HR 50x5	154	2004	308,6	187000	58
6	diagonály rohové	TR 4HR 60x4	22	1655	36,4	230000	8
7	diagonály vazníků	TR 4HR 60x4	242	2208	534,3	230000	123
8	vaznice	TR OBD 140x80x5	130	5000	650,0	430000	280
9	paždíky	TR OBD 150x100x4	60	5000	300,0	490000	147
10	dolní pás pod. ztuž.	TR 4HR 80x3,2	70	5000	350,0	312000	109
11	diagonály pod. ztuž.	TR 4HR 40x2,6	280	1953	546,8	153000	84
12	příčná ztužidla 1	KR 8	24	5662	135,9	25133	3
13	příčná ztužidla 2	KR 8	8	5396	43,2	25133	1
14	příčná ztužidla 3	KR 8	8	5541	44,3	25133	1
15	příčná ztužidla 4	KR 8	40	6010	240,4	25133	6
						Σ =	1565 m²

3.1.3 Počet styčnicků:

č.	umístění	počet přípoju
1	konstrukce příčné vazby	506
2	vaznice	260
3	paždíky	120
4	podélná ztužidla	350
5	příčná ztužidla	160
Σ =		1396 přípoju

3.1.4 Estetické ztvárnění, výrobní a provozní náklady:

č.	hledisko	výhodnost
1	estetické ztvárnění	+
2	výrobní náklady	-
3	provozní náklady	-

3.2 Varianta B:

3.2.1 Celková hmotnost konstrukce:

č.	typ	profil	ks [-]	dl. 1 ks [mm]	dl. celkem [m]	hmot. 1 ks [kg/m]	hmot. celkem [kg]
1	sloupy	HEB 450	22	11500	253,0	171,1	43288
2	horní pásy vazníků	TR OBD 200x100x5	22	18200	400,4	22,5	9009
3	dolní pásy vazníků	TR OBD 100x60x4	22	19204	422,5	9,4	3971
4	diagonály vazníků	TR 4HR 50x5	176	2322	408,7	6,9	2820
5	svislíce vazníků	TR 4HR 40x2,6	198	1442	285,5	3,0	857
6	vaznice	TR OBD 140x80x5	120	5000	600,0	16,2	9720
7	paždíky	TR OBD 150x100x4	60	5000	300,0	15,1	4530
8	táhlo	KR 25	11	30708	337,8	3,9	1317
9	dolní pás pod. ztužidel	TR 4HR 40x2,6	40	5000	200,0	3,0	600
10	diagonály pod. ztužidel	TR 4HR 40x2,6	160	5000	800,0	3,0	2400
11	příčná ztužidla 1	KR 8	32	5768	184,6	0,4	74
12	příčná ztužidla 2	KR 8	40	6185	247,4	0,4	99
13	okapová ztužidla	KR 8	64	6185	395,8	0,4	158
Σ =							78844 kg

3.2.2 Velikost nátěrové plochy:

č.	typ	profil	ks [-]	dl. 1 ks [mm]	dl. celkem [m]	plocha pláště [mm ² /m]	plocha celkem [m ²]
1	sloupy	HEB 450	22	11500	253,0	2030000	514
2	horní pásy vazníků	TR OBD 200x100x5	22	18200	400,4	590000	236
3	dolní pásy vazníků	TR OBD 100x60x4	22	19204	422,5	310000	131
4	diagonály vazníků	TR 4HR 50x5	176	2322	408,7	187000	76
5	svislíce vazníků	TR 4HR 40x2,6	198	1442	285,5	153000	44
6	vaznice	TR OBD 140x80x5	120	5000	600,0	430000	258
7	paždíky	TR OBD 150x100x4	60	5000	300,0	490000	147
8	táhlo	KR 25	11	30708	337,8	78540	27
9	dolní pás pod. ztužidel	TR 4HR 40x2,6	40	5000	200,0	153000	31
10	diagonály pod. ztužidel	TR 4HR 40x2,6	160	5000	800,0	153000	122
11	příčná ztužidla 1	KR 8	32	5768	184,6	25133	5
12	příčná ztužidla 2	KR 8	40	6185	247,4	25133	6
13	okapová ztužidla	KR 8	64	6185	395,8	25133	10
Σ =							1606 m²

3.2.3 Počet styčnicků:

č.	umístění	počet styčnicků
1	konstrukce příčné vazby	429
2	vaznice	240
3	paždíky	120
4	podélná ztužidla	200
5	příčná ztužidla	144
6	okapová ztužidla	128
Σ =		1261 styčnicků

3.2.4 Estetické ztvárnění, výrobní a provozní náklady:

č.	hledisko	výhodnost
1	estetické ztvárnění	-
2	výrobní náklady	+
3	provozní náklady	+

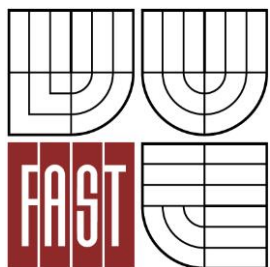
3.3 Vyhodnocení porovnání variant:

č.	hledisko	váha [%]	výhodnost	
			varianta A	varianta B
1	celková hmotnost nosné konstrukce	25	+	-
2	velikost nátěrové plochy	15	+	-
3	počet styčnicků	15	-	+
4	estetické ztvárnění	5	+	-
5	výrobní náklady	20	-	+
6	provozní náklady	20	-	+
Σ =			45 %	55 %

Dle výše uvedené tabulky je zřejmé, že obecně výhodněji navrženou variantou je **varianta B**, která bude dále podrobněji řešena včetně statického výpočtu, posudků a výkresové dokumentace.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ČÁST C – STATICKÝ VÝPOČET

PART C – STATIC CALCULATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MAREK RUSŇÁK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2015

OBSAH

1. Popis řešeného objektu:.....	1
1.1 Geometrie konstrukce:.....	1
1.1.1 Perspektivní pohled:.....	1
1.1.1 Půdorysné schéma:	2
1.1.2 Schéma příčného řezu A-A':	3
1.1.3 Schéma podélného řezu B-B':	4
1.1.4 Schéma ztužení v půdorysu	5
1.1.5 Schéma ztužení v podélném směru:	5
2 Zatížení:	6
2.1 Stálé:	6
2.1.1 ZS1 – Vlastní tíha:.....	6
2.1.2 ZS2 – Ostatní stálé zatížení:	6
2.2 Proměnné:	6
2.2.1 Zatížení sněhem:	6
2.2.1.1 ZS3 – Sníh plný:	7
2.2.1.2 ZS4 – Sníh levý:	7
2.2.1.3 ZS5 – Sníh pravý:.....	8
2.2.2 Zatížení větrem:	8
2.2.2.1 ZS6 – Vítr příčný / tlak + tlak / zavřená vrata:	18
2.2.2.2 ZS7 – Vítr příčný / sání + sání / zavřená vrata:	18
2.2.2.3 ZS8 – Vítr příčný / tlak + sání / zavřená vrata:.....	19
2.2.2.4 ZS9 – Vítr příčný / sání + tlak / zavřená vrata:.....	19
2.2.2.5 ZS10 – Vítr příčný / tlak + tlak / otevřená vrata:.....	20
2.2.2.6 ZS11 – Vítr příčný / sání + sání / otevřená vrata:	21
2.2.2.7 ZS12 – Vítr příčný / tlak + sání / otevřená vrata:	22
2.2.2.8 ZS13 – Vítr příčný / sání + tlak / otevřená vrata:	23

2.2.2.9 ZS14 – Vítr podélný / zavřená vrata:	24
2.2.2.10 ZS15 – Vítr podélný / otevřená vrata / přetlak:	25
2.2.2.11 ZS16 – Vítr podélný / otevřená vrata / podtlak:.....	26
3. Kombinace zatížení:.....	27
3.1 Souhrn zatěžovacích stavů:.....	27
3.2 Kombinace pro mezní stav únosnosti:	27
3.2 Kombinace pro mezní stav použitelnosti:	27
4. Posouzení vybraných prvků na MSÚ a MSP:.....	28
4.1 Vaznice – TR OBD 140x80x4,5:.....	28
4.1.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:	28
4.1.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:.....	28
4.1.3 Extrémní hodnoty deformací v řezech prvku:.....	28
4.1.4 Přehled posuzovaných prvků:	29
4.1.5 Určení třídy průřezu:	29
4.1.6 Posouzení na MSÚ:	29
4.1.6.1 Smyk ve směru y:	29
4.1.6.2 Smyk ve směru z:	30
4.1.6.3 Vzpěr okolo osy z:	30
4.1.6.4 Ohyb a osový tlak:	31
4.1.6.5 Ohyb a osový tah:.....	35
4.1.7 Posouzení na MSP:	37
4.1.7.1 Největší svislý průhyb:.....	37
4.2 Sloup příčné vazby – HEM 550:	38
4.2.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:	38
4.2.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:.....	38
4.2.3 Extrémní hodnoty deformací v řezech prvku:.....	38
4.2.4 Přehled posuzovaných prvků:	39

4.2.5 Určení třídy průřezu:	39
4.2.6 Posouzení na MSÚ:	40
4.2.6.1 Smyk ve směru z:	40
4.2.6.2 Vzpěr okolo osy y:	41
4.2.6.3 Vzpěr okolo osy z:	42
4.2.6.4 Ohyb a osový tlak:	43
4.2.7 Posouzení na MSP:	48
4.2.7.1 Největší svislý průhyb:	48
4.3 Horní pás vazníku – TR OBD 200x120x6,3:	49
4.3.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:	49
4.3.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:	49
4.3.3 Přehled posuzovaných prvků:	50
4.3.4 Určení třídy průřezu:	50
4.3.5 Posouzení na MSÚ:	51
4.3.5.1 Smyk ve směru y:	51
4.3.5.3 Vzpěr okolo osy y:	51
4.3.5.4 Vzpěr okolo osy z:	52
4.3.5.5 Ohyb a osový tlak:	53
4.4 Dolní pás vazníku – TR OBD 180x100x5,6:	56
4.4.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:	56
4.4.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:	56
4.4.3 Extrémní hodnoty deformací v řezech prvku:	56
4.4.4 Přehled posuzovaných prvků:	57
4.4.5 Určení třídy průřezu:	57
4.4.6 Posouzení na MSÚ:	57
4.4.6.1 Tah:	57
4.4.6.2 Vzpěr okolo osy y:	58

4.4.6.3 Vzpěr okolo osy z:	59
4.5 Běžné diagonály vazníku – TR 4HR 80x3,2:	61
4.5.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:	61
4.5.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:	61
4.5.3 Přehled posuzovaných prvků:	61
4.5.4 Určení třídy průřezu:	62
4.5.5 Posouzení na MSÚ:	62
4.5.5.1 Vzpěr:	62
4.6 Krajiní diagonály vazníku – TR 4HR 90x3,6:	64
4.6.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:	64
4.6.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:	64
4.6.3 Přehled posuzovaných prvků:	64
4.6.4 Posouzení na MSÚ:	65
4.6.4.1 Tah:	65
4.7 Svislice vazníku – TR 4HR 40x3:	66
4.7.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:	66
4.7.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:	66
4.7.3 Přehled posuzovaných prvků:	66
4.7.4 Určení třídy průřezu:	67
4.7.5 Posouzení na MSÚ:	67
4.7.5.1 Vzpěr:	67
4.8 Táhla vazníku – tyč KR 30:	69
4.8.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:	69
4.8.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:	69
4.8.3 Přehled posuzovaných prvků:	69
4.8.4 Posouzení na MSÚ:	70
4.8.4.1 Tah:	70

4.9 Jistící šikmé pruty vazníků – TR 4HR 80x4,5:	71
4.9.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:	71
4.9.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:	71
4.9.3 Přehled posuzovaných prvků:	71
4.9.4 Posouzení na MSÚ:	72
4.9.4.1 Tah:	72
5. Posouzení spojů:.....	73
5.1 Připojení diagonál a svislice k hornímu pásu vazníku:	73
5.1.1 Schéma detailu připojení a velikost vnitřních sil:	73
5.1.2 Porušení styčnicku:.....	73
5.1.2.1 Ověření tab. 7.8 a 7.9 ČSN EN 1993-1-8:	73
5.1.2.2 Únosnost dle tab. 7.10 a 7.14:.....	75
5.1.3 Návrh a posouzení svarů:	78
5.2 Připojení diagonál a svislice k dolnímu pásu vazníku:	81
5.2.1 Schéma detailu připojení a velikost vnitřních sil:	81
5.2.2 Porušení styčnicku:.....	81
5.2.2.1 Ověření tab. 7.8 a 7.9 ČSN EN 1993-1-8:	81
5.2.2.2 Únosnost dle tab. 7.10 a 7.14:.....	83
5.2.3 Návrh a posouzení svarů:	86
5.3 Přípoj vrcholového styčnicku vazníku:	89
5.3.1 Schéma detailu připojení a velikost vnitřních sil:	89
5.3.2 Charakteristiky čepového spoje:	90
5.3.3 Únosnost čepu:	91
5.3.3.1 Střih:	91
5.3.3.2 Otláčení:	91
5.3.3.2 Ohyb:.....	92
5.3.3.2 Kombinace střihu a ohybu:	92

5.3.4 Únosnost styčnickových plechů:.....	93
5.3.4.1 Prostý tlak:.....	93
5.3.4.2 Tah:	93
5.4 Přípoj táhel vazníku:	94
5.4.1 Schéma detailu připojení a velikost vnitřních sil:.....	94
5.4.2 Charakteristiky spoje:.....	94
5.4.3 Únosnost spoje:	95
5.4.3.1 Střih:	95
5.4.3.2 Otláčení:	95
5.4.3.3 Svar připojovaného prvku a plechu:	96
5.4.3.4 Styčnickový plech – tah:.....	97
5.5 Přípoj jisticích prutů mezi vazníky a sloupy:	99
5.5.1 Schéma detailu připojení a velikost vnitřních sil:.....	99
5.5.2 Charakteristiky spoje:.....	99
5.5.3 Únosnost spoje:	100
5.5.3.1 Střih:	100
5.5.3.2 Otláčení:	100
5.5.3.3 Svar připojovaného prvku a plechu:	102
5.5.3.4 Styčnickový plech – tah:.....	103
5.6 Montážní spoj diagonál vazníku:	104
5.6.1 Schéma detailu připojení a velikost vnitřních sil:.....	104
5.6.2 Charakteristiky spoje:.....	104
5.6.3 Únosnost spoje:	105
5.6.3.1 Střih:	105
5.6.3.2 Otláčení:	106
5.6.3.3 Svar připojovaného prvku a plechu:	107
5.6.3.4 Styčnickový plech – tah:.....	108

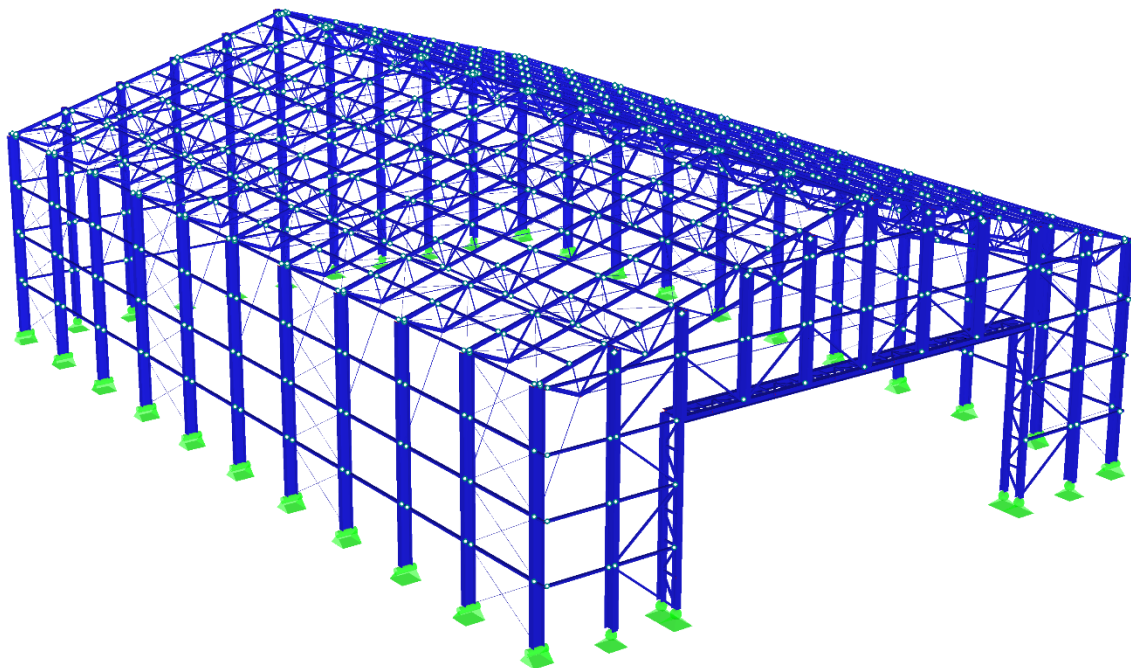
5.7 Montážní spoj horních pásů vazníku:	109
5.7.1 Schéma detailu připojení a velikost vnitřních sil:	109
5.7.2 Charakteristiky spoje:	109
5.7.3 Únosnost spoje:	110
5.7.3.1 Střih:	110
5.7.3.2 Otláčení:	110
5.7.3.4 Vliv páčení:	112
5.7.3.5 Přetržení šroubů:	112
5.7.3.6 Protlačení šroubů:	113
5.7.3.7 Kombinace střihu a přetržení:	113
5.7.3.8 Svar připojovaného prvku a plechu:	114
5.8 Montážní spoj dolních pásů vazníku:	116
5.8.1 Schéma detailu připojení a velikost vnitřních sil:	116
5.8.2 Charakteristiky spoje:	116
5.8.3 Únosnost spoje:	117
5.8.3.1 Střih:	117
5.7.3.2 Otláčení:	118
5.8.3.4 Vliv páčení:	119
5.8.3.5 Přetržení šroubů:	119
5.8.3.6 Protlačení šroubů:	120
5.8.3.7 Kombinace střihu a přetržení:	120
5.8.3.8 Svar připojovaného prvku a plechu:	121
5.9 Kotvení sloupů:	123

1. Popis řešeného objektu:

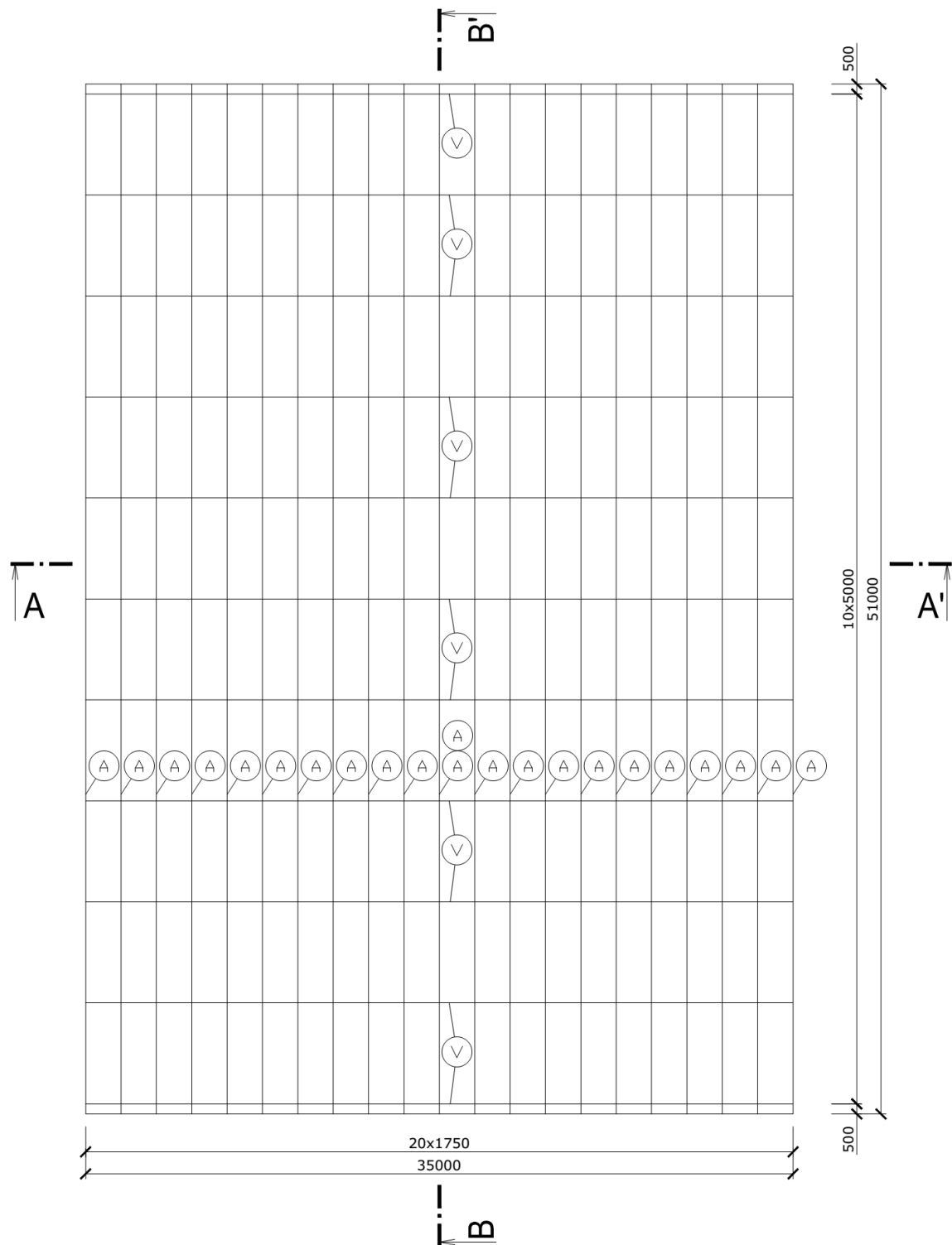
Řešení vybrané střešní konstrukce je provedeno pomocí jedenácti dvojic příhradových vazníků, navzájem spojených pomocí tyčových táhel. Dolní a horní pásy vazníků jsou tvořeny obdélníkovými trubkami a mezipásové svislice a diagonály jsou tvořeny trubkami čtvercovými. Vazníky jsou v podélném směru propojeny pomocí vaznic navržených opět z obdélníkových trubkových profilů a opláštění je provedeno pomocí střešního systému Kalzip, včetně izolací a trapézového plechu TR 50/260/1,00. Na stěnách je opláštění roznášeno pomocí paždíků z obdélníkových trubkových profilů. Vazníky jsou po obou stranách vynášeny pomocí sloupů z HEM profilů. Příčná tuhost objektu je zajištěna pomocí tyčových táhel rozmístěných ob dvě pole konstrukce. Podélnou tuhost zajišťují střešní ztužidla provedená po celé délce konstrukce společně se ztužidly okapovými.

1.1 Geometrie konstrukce:

1.1.1 Perspektivní pohled:



1.1.1 Půdorysné schéma:

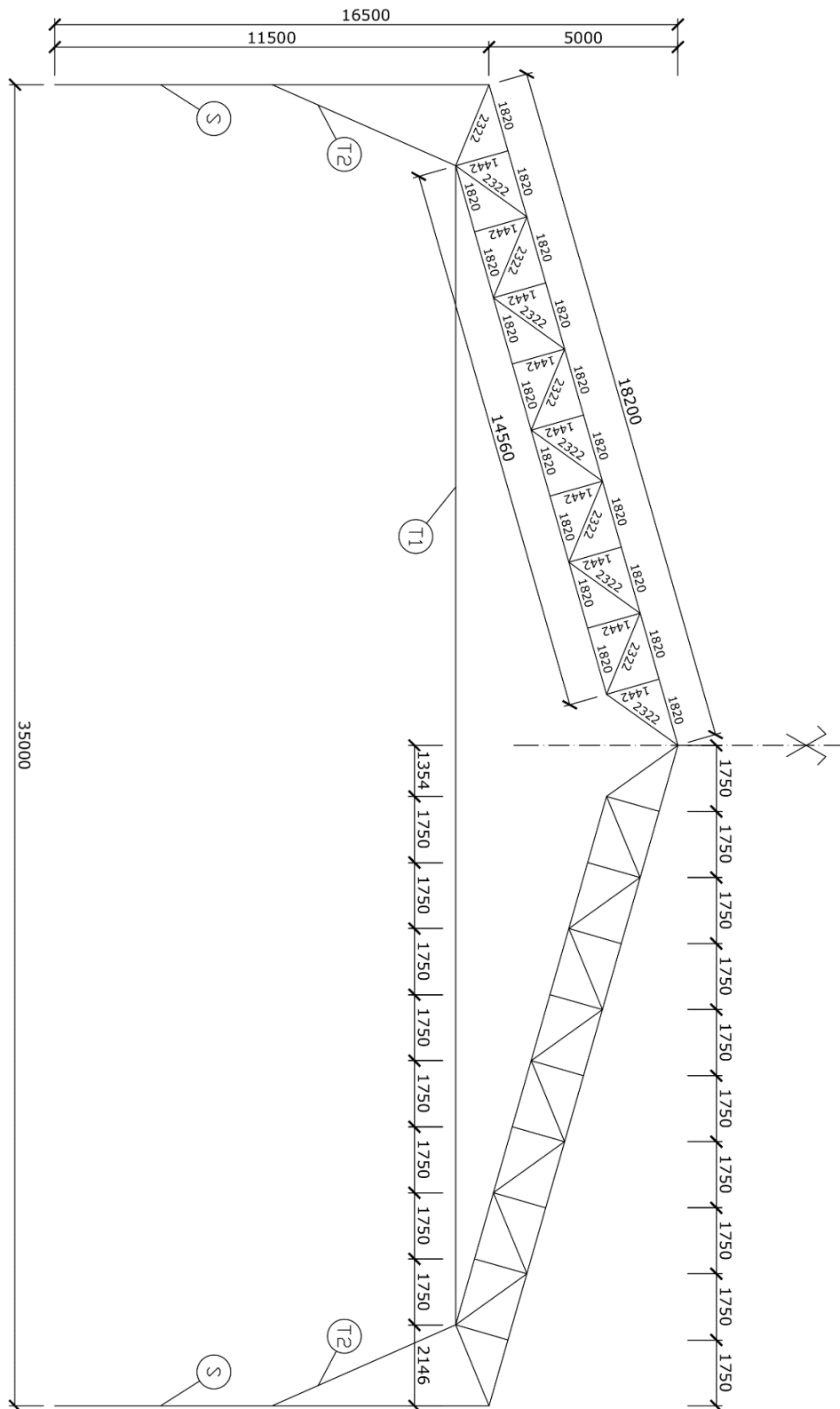


Půdorysná délka objektu: $L = 51,000 \text{ m}$

Půdorysná šířka objektu: $B = 35,000 \text{ m}$

Výška objektu: $H = 16,500 \text{ m}$

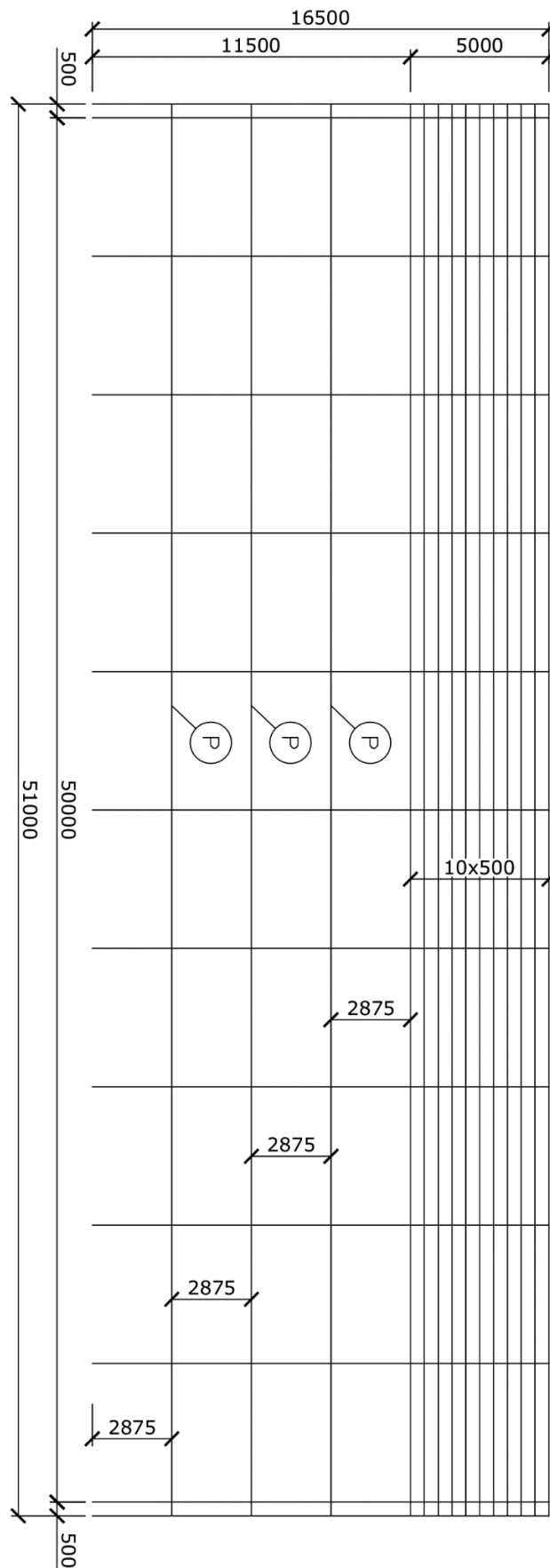
1.1.2 Schéma příčného řezu A-A':



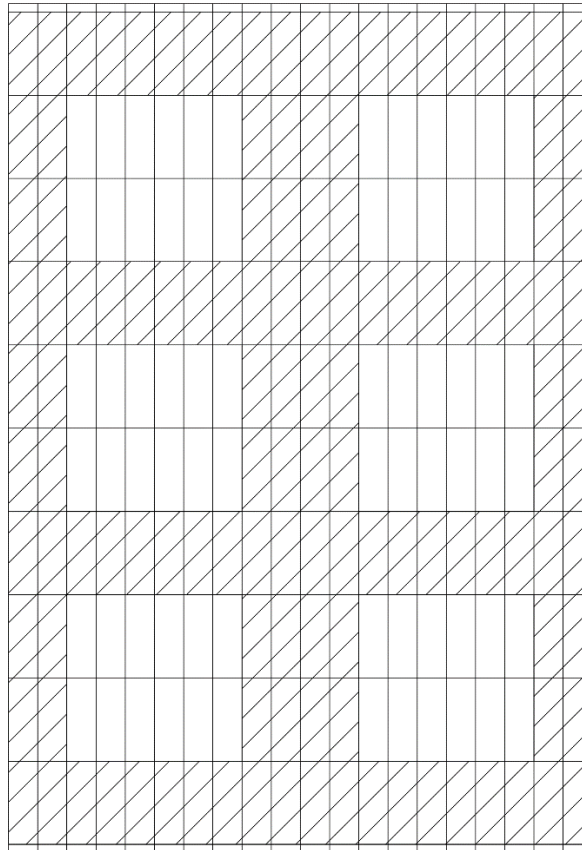
Světlná výška objektu: $H_{sv} = 15,000 \text{ m}$

Konstrukční výška objektu: $H_{kon} = 16,500 \text{ m}$

1.1.3 Schéma podélného řezu B-B':

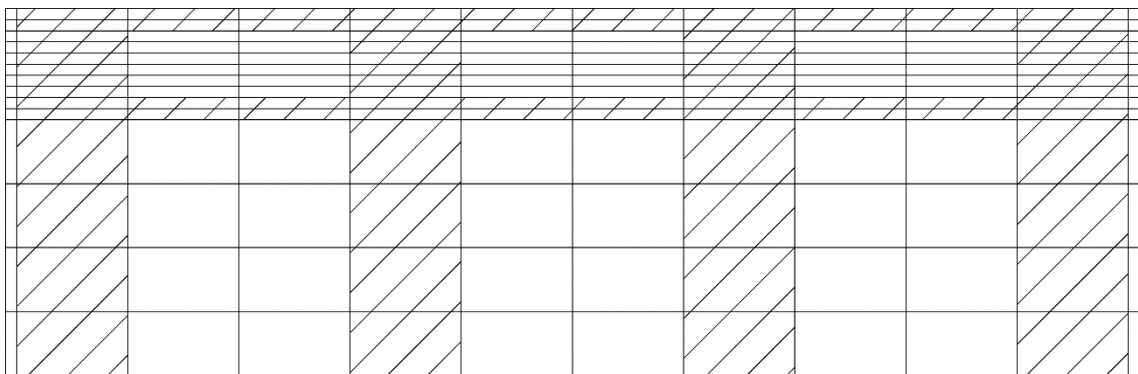


1.1.4 Schéma ztužení v půdorysu:



pozn. vyšrafované oblasti označují ztuženou část konstrukce

1.1.5 Schéma ztužení v podélném směru:



pozn. vyšrafované oblasti označují ztuženou část konstrukce

2 Zatížení:

2.1 Stálé:

2.1.1 ZS1 – Vlastní tíha:

Výpočet vlastní tíhy byl vygenerován na výpočtovém modelu softwarem RFEM 5.03 společnosti DLUBAL.

2.1.2 ZS2 – Ostatní stálé zatížení:

Zatížení	kg/m ²	kN/m ³	kN/m ²
Střešní systém Kalzip tl. 1 mm	5,00	-	0,05
Tepelná izolace ROCKWOOL DACHROCK tl. 100 mm	-	1,62	0,16
Mod. asfaltový pás ELASTEK 50 SPECIAL MINERAL tl. 4 mm	5,45	-	0,05
Trapézový plech 50/260 tl. 1 mm	9,63	-	0,10
Celkové zatížení od střešního pláště	g'_{k1} = 0,36		

2.2 Proměnné:

2.2.1 Zatížení sněhem:

Stavba se nachází ve městě Kunovice, jež náleží do sněhové oblasti I. Úhel sklonu střechy α má hodnotu $15,9454^\circ < 60^\circ$.

Tvarový součinitel:

$$\mu_1 = 0,8$$

Součinitel expozice:

$$C_e = 1,0$$

Tepelný součinitel:

$$C_t = 1,0$$

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi:

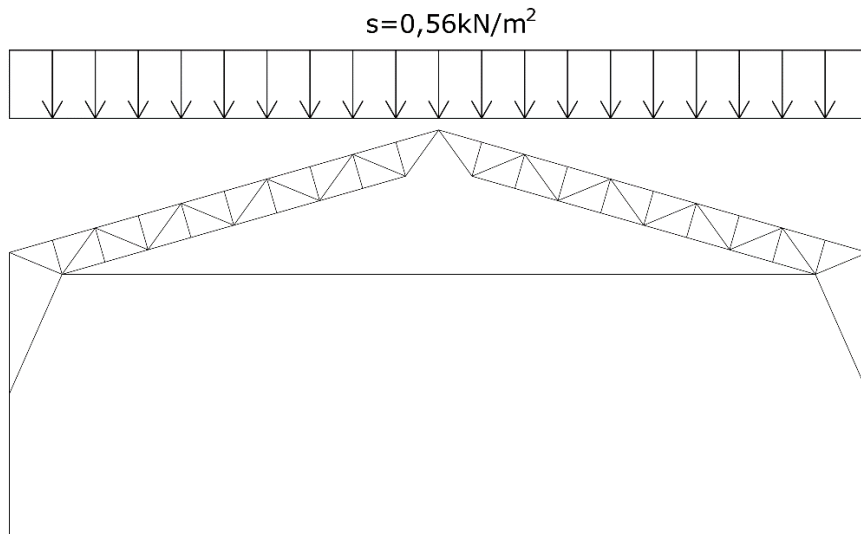
$$s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení sněhem na střeše:

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

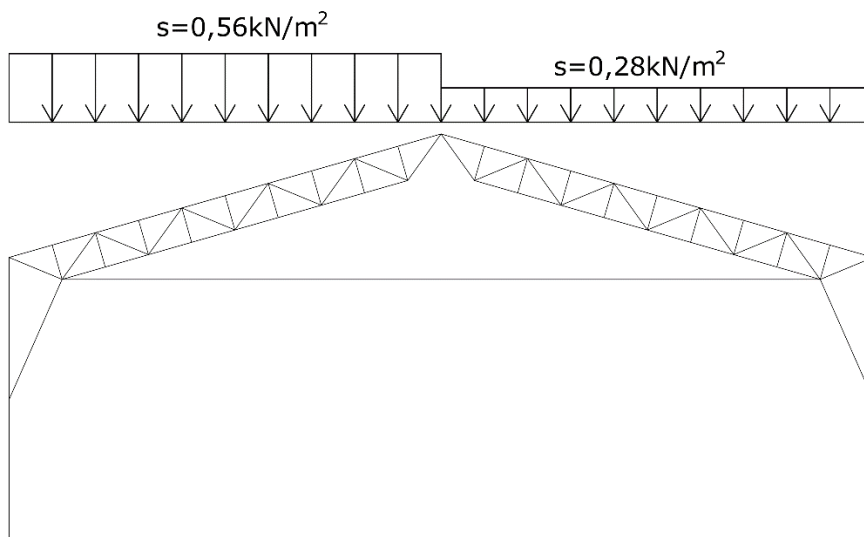
2.2.1.1 ZS3 – Sníh plný:

Schéma zatížení:



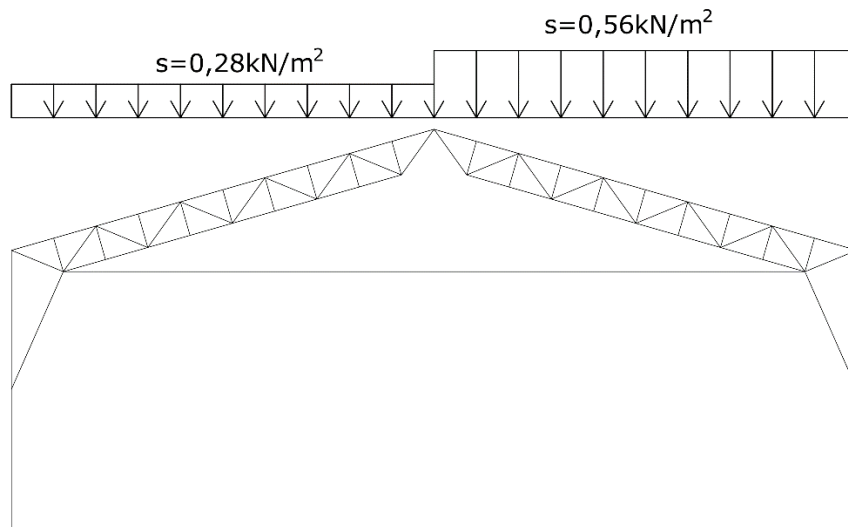
2.2.1.2 ZS4 – Sníh levý:

Schéma zatížení:



2.2.1.3 ZS5 – Sníh pravý:

Schéma zatížení:



2.2.2 Zatížení větrem:

Stavba se nachází ve městě Kunovice, jež náleží do větrné oblasti II. Kategorie terénu je II. Zatížení větrem budeme uvažovat jak v příčném, tak v podélném směru a dále zohledníme zatěžovací stavy s otevřenými a zavřenými vraty hangáru.

Součinitel směru větru:

$$c_{\text{dir}} = 1,0$$

Součinitel ročního období:

$$c_{\text{season}} = 1,0$$

Výchozí základní rychlost větru:

$$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

Základní rychlost větru:

$$v_b = c_{\text{dir}} \cdot c_{\text{season}} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

Parametr drsnosti terénu:

$$z_0 = 0,05 \text{ m}$$

Minimální výška:

$$z_{\text{min}} = 2 \text{ m}$$

Výška budovy nad terénem:

$$z = 16,5 \text{ m}$$

Maximální výška:

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

Parametr drsnosti terénu II:

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

Součinitel terénu:

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

Součinitel drsnosti ve výšce 16,5 m nad terénem:

→ platí pro:

$$z_{\min} = 2 \text{ m} \leq z = 16,5 \text{ m} \leq z_{\max} = 200 \text{ m}$$

→ výpočet:

$$c_r(16,5) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{16,5}{0,05}\right) = 1,10$$

Součinitel ortografie ve výšce 16,5 m nad terénem:

$$c_o(16,5) = 1,00$$

Střední rychlost větru ve výšce 16,5 m nad terénem:

$$v_m(16,5) = c_r(16,5) \cdot c_o(16,5) \cdot v_b = 1,10 \cdot 1,00 \cdot 25 = 27,5 \text{ m/s}$$

Součinitel turbulence:

$$k_t = 1,00$$

Intenzita turbulence ve výšce 16,5 m nad terénem:

→ platí pro:

$$z_{\min} = 2 \text{ m} \leq z = 16,5 \text{ m} \leq z_{\max} = 200 \text{ m}$$

→ výpočet:

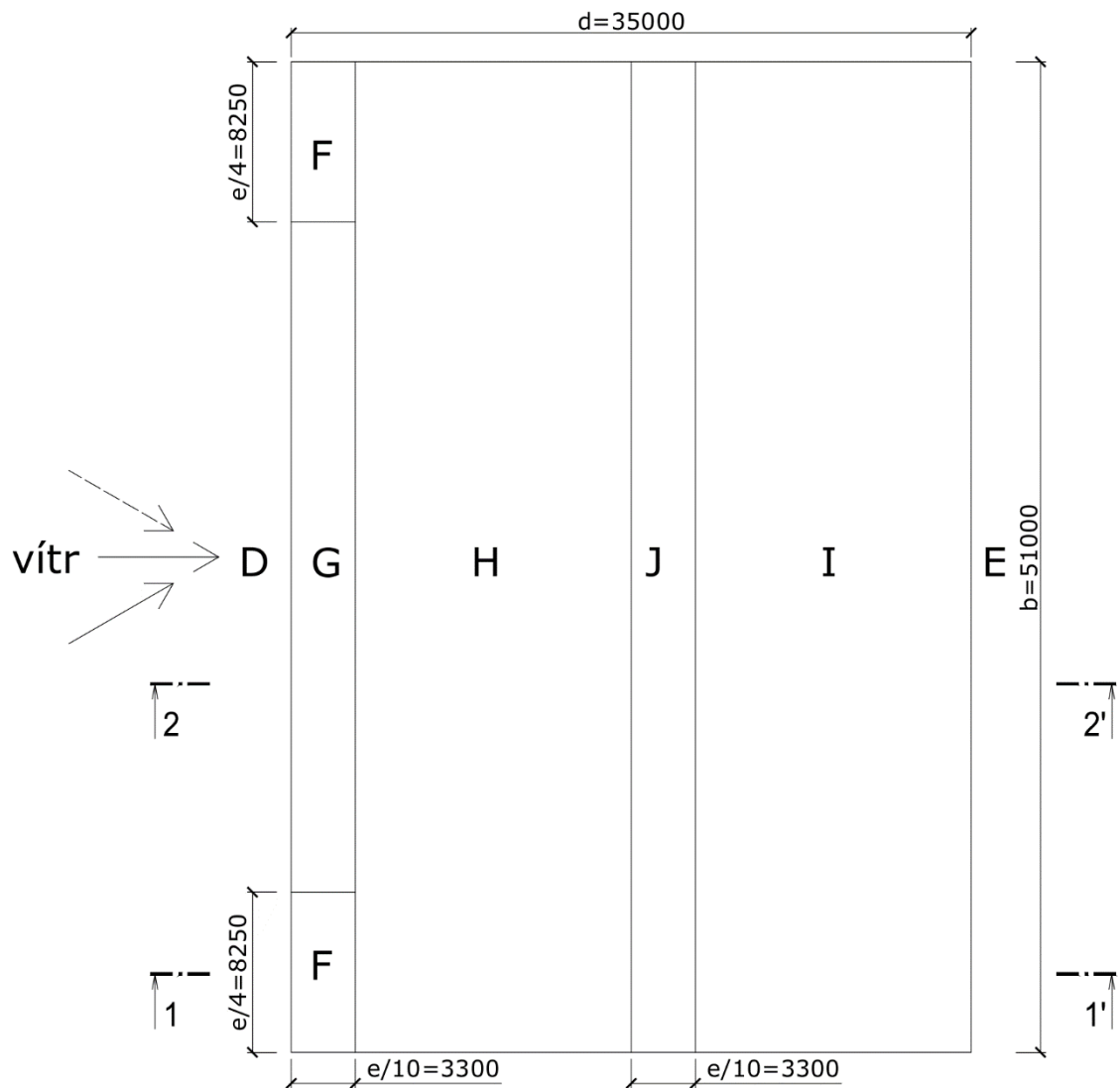
$$I_v(16,5) = \frac{k_t}{c_o \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1,00 \cdot \ln\left(\frac{16,5}{0,05}\right)} = 0,172$$

Měrná hmotnost vzduchu:

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

Maximální dynamický tlak větru ve výšce 16,5 m nad terénem:

$$\begin{aligned} q_p(16,5) &= [1 + 7 \cdot I_v(16,5)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(16,5) = \\ &= [1 + 7 \cdot 0,172] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 27,5^2 = \\ &= 1041 \text{ N/m}^2 = 1,04 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

a) VÍTR PŘÍČNÝ:**Určení součinitelů expozice pro střešní konstrukci:**

→ platí pro:

$$z_e = h = 16,5 \text{ m}$$

$$d = 35 \text{ m}$$

$$b = 51 \text{ m}$$

$$e = \min\{b; 2 \cdot h\} = \min\{51; 2 \cdot 16,5\} = 33 \text{ m}$$

$$\alpha = 15,9454^\circ$$

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

Velikost součinitelů expozice pro střechu, pro jednotlivé případy zatížení:

součinitel expozice	tlak + tlak	sání + sání	tlak + sání	sání + tlak
$C_{pe,10}(F)$	0,23	-0,87	0,23	-0,87
$C_{pe,10}(G)$	0,23	-0,78	0,23	-0,78
$C_{pe,10}(H)$	0,21	-0,29	0,21	-0,29
$C_{pe,10}(I)$	0,00	-0,40	-0,40	0,00
$C_{pe,10}(J)$	0,00	-0,97	-0,97	0,00

Tlak větru působící na povrch střešní konstrukce pro jednotlivé případy zatížení:

tlak větru	tlak + tlak [kN/m ²]	sání + sání [kN/m ²]	tlak + sání [kN/m ²]	sání + tlak [kN/m ²]
$w_e(F)$	0,24	-0,91	0,24	-0,91
$w_e(G)$	0,24	-0,81	0,24	-0,81
$w_e(H)$	0,22	-0,31	0,22	-0,31
$w_e(I)$	0,00	-0,42	-0,42	0,00
$w_e(J)$	0,00	-1,01	-1,01	0,00

Určení součinitelů expozice pro svislé stěny:

oblast	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,8	1,0	-0,5	
0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		0,7	1,0	-0,3	

Velikost součinitelů expozice pro svislé stěny:

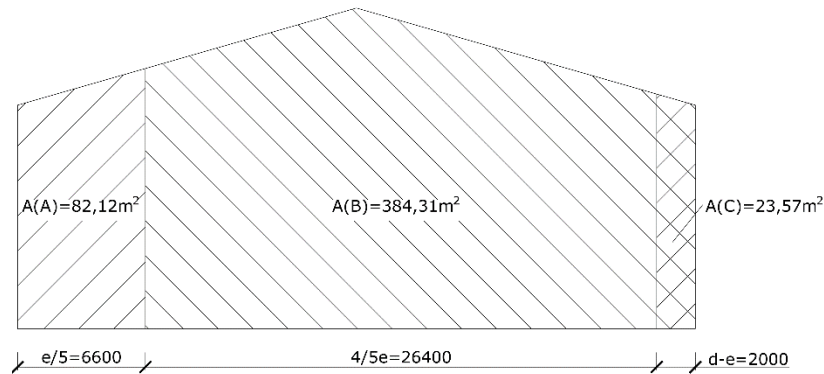
součinitel expozice	velikost
$C_{pe,10}(A)$	-1,20
$C_{pe,10}(B)$	-0,80
$C_{pe,10}(C)$	-0,50
$C_{pe,10}(D)$	0,73
$C_{pe,10}(E)$	-0,36

Tlak větru působící na povrch svislých stěn konstrukce:

tlak větru	velikost [kN/m ²]
$w_e(A)$	-1,25
$w_e(B)$	-0,83
$w_e(C)$	-0,52
$w_e(D)$	0,76
$w_e(E)$	-0,37

Součinitel vnitřního tlaku pro ZS s otevřenými vraty:

Plocha otvorů na rozhodující fasádě je více než trojnásobná vůči plochám otvorů na dalších fasádách a tak pro příčný vítr platí:



$$C_{pe,10}(\text{prům.}) = \frac{C_{pe,10}(A) \cdot A(A) + C_{pe,10}(B) \cdot A(B) + C_{pe,10}(C) \cdot A(C)}{A(A) + A(B) + A(C)}$$

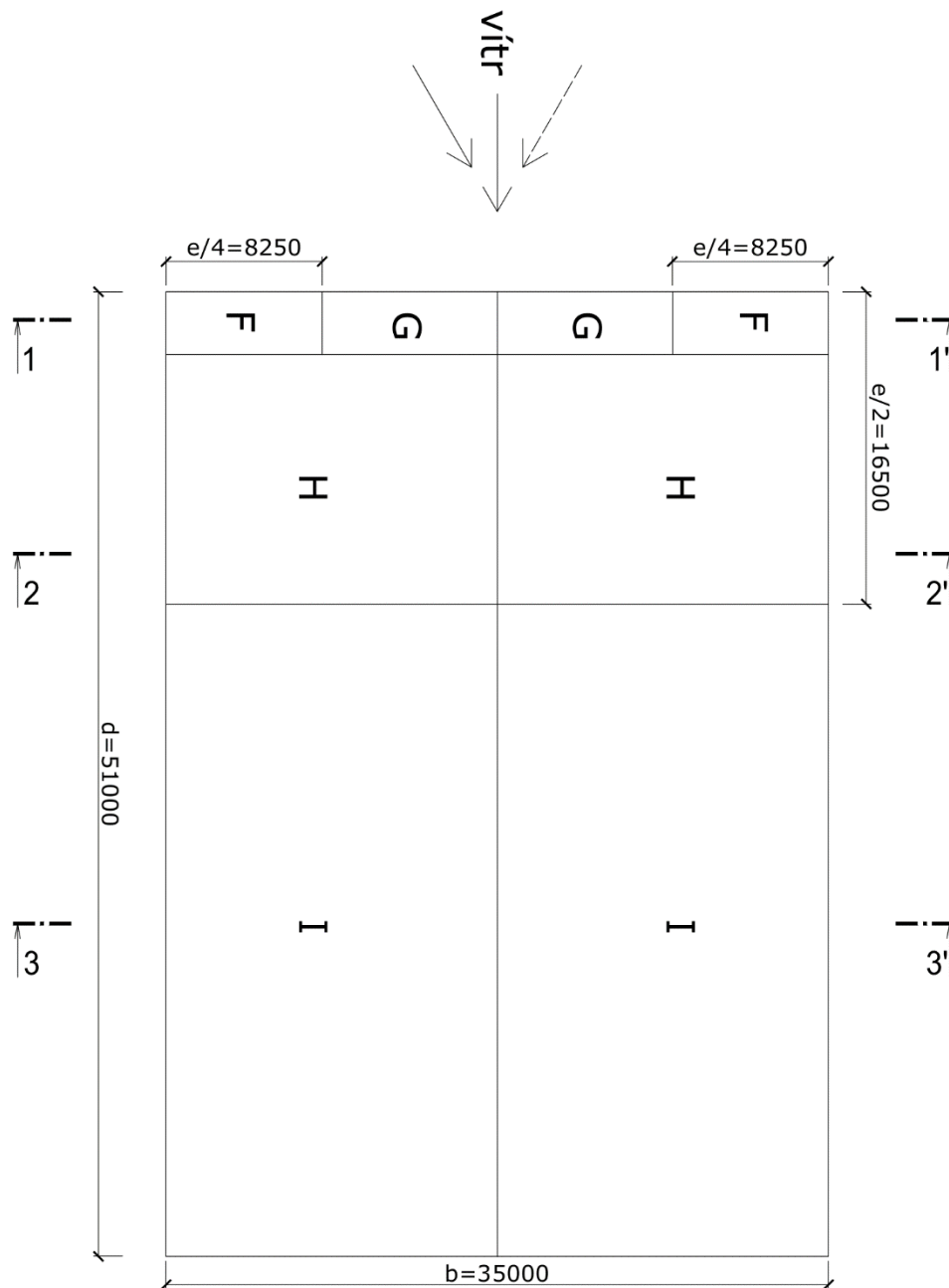
$$= \frac{-1,20 \cdot 82,12 - 0,80 \cdot 384,31 - 0,50 \cdot 23,57}{82,12 + 384,31 + 23,57}$$

$$= -0,85$$

$$C_{pi} = 0,90 \cdot C_{pe,10}(\text{prům.}) = 0,90 \cdot (-0,85) = -0,77$$

Vnitřní podtlak působící na stěny a střešní konstrukci:

$$w_i = C_{pi} \cdot q_p = -0,77 \cdot 1,04 = -0,80 \text{ kN/m}^2$$

b) VÍTR PODÉLNÝ:**Určení součinitelů expozice pro střešní konstrukci:**

→ platí pro:

$$z_e = h = 16,5 \text{ m}$$

$$d = 51 \text{ m}$$

$$b = 35 \text{ m}$$

$$e = \min\{b; 2 \cdot h\} = \min\{35; 2 \cdot 16,5\} = 33 \text{ m}$$

$$\alpha = 15,9454^\circ$$

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

Velikost součinitelů expozice pro střechu:

součinitel expozice	velikost
$C_{pe,10}(F)$	-1,29
$C_{pe,10}(G)$	-1,31
$C_{pe,10}(H)$	-0,61
$C_{pe,10}(I)$	-0,50

Tlak větru působící na povrch střešní konstrukce:

tlak větru	velikost [kN/m ²]
$w_e(F)$	-1,34
$w_e(G)$	-1,36
$w_e(H)$	-0,64
$w_e(I)$	-0,52

Určení součinitelů expozice pro svislé stěny:

součinitel expozice	velikost
$C_{pe,10}(A)$	-1,20
$C_{pe,10}(B)$	-0,80
$C_{pe,10}(C)$	-0,50
$C_{pe,10}(D)$	0,71
$C_{pe,10}(E)$	-0,32

Tlak větru působící na povrch svislých stěn konstrukce:

tlak větru	velikost [kN/m ²]
$w_e(A)$	-1,25
$w_e(B)$	-0,83
$w_e(C)$	-0,52
$w_e(D)$	0,74
$w_e(E)$	-0,33

Součinitel vnitřního tlaku pro ZS s otevřenými vraty:

Plocha otvorů na rozhodující fasádě je více než trojnásobná vůči plochám otvorů na dalších fasádách a tak pro podélný vítr platí:

→ vnitřní podtlak:

$$C_{pe,10}(E) = -0,32$$

$$C_{pi} = 0,90 \cdot C_{pe,10}(E) = 0,90 \cdot (-0,32) = -0,29$$

→ vnitřní přetlak:

$$C_{pe,10}(D) = 0,71$$

$$C_{pi} = 0,90 \cdot C_{pe,10}(D) = 0,90 \cdot 0,71 = 0,64$$

Vnitřní tlak působící na stěny a střešní konstrukci:

→ vnitřní podtlak:

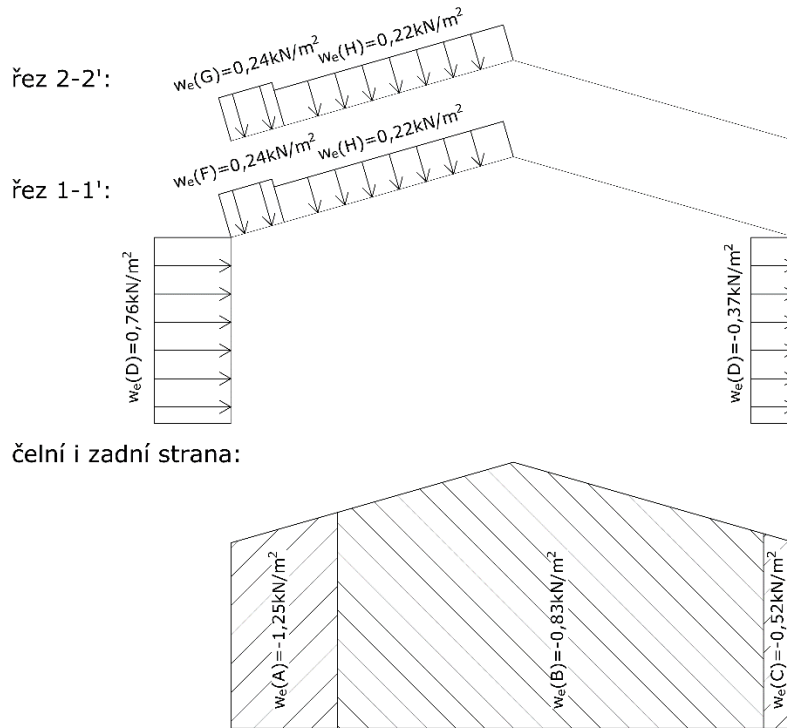
$$w_i = C_{pi} \cdot q_p = -0,29 \cdot 1,04 = -0,30 \text{ kN/m}^2$$

→ vnitřní přetlak:

$$w_i = C_{pi} \cdot q_p = 0,64 \cdot 1,04 = 0,67 \text{ kN/m}^2$$

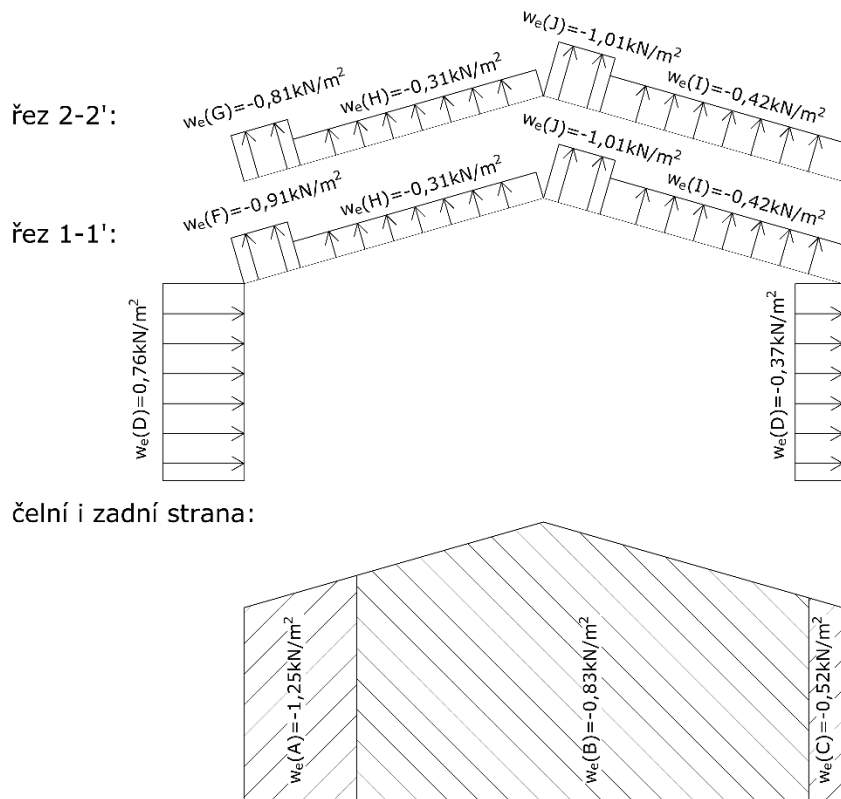
2.2.2.1 ZS6 – Vítr příčný / tlak + tlak / zavřená vrata:

Schéma zatížení:



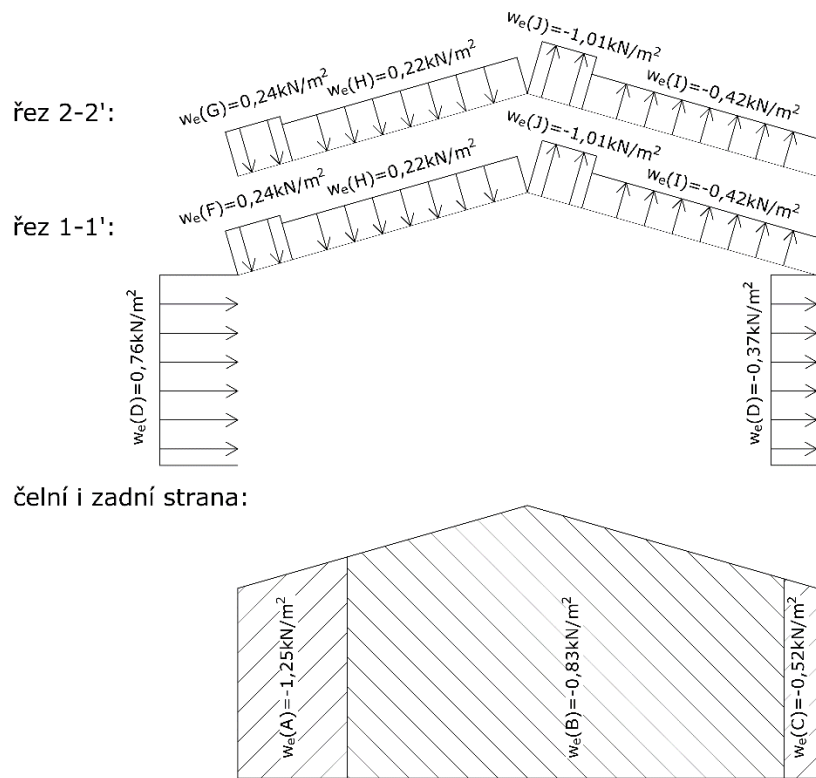
2.2.2.2 ZS7 – Vítr příčný / sání + sání / zavřená vrata:

Schéma zatížení:



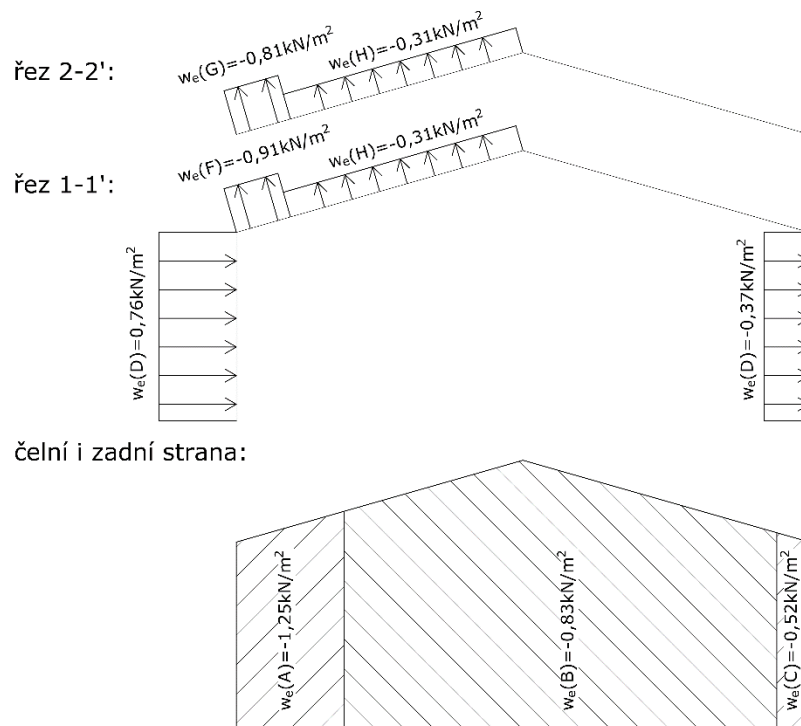
2.2.2.3 ZS8 – Vítr příčný / tlak + sání / zavřená vrata:

Schéma zatížení:



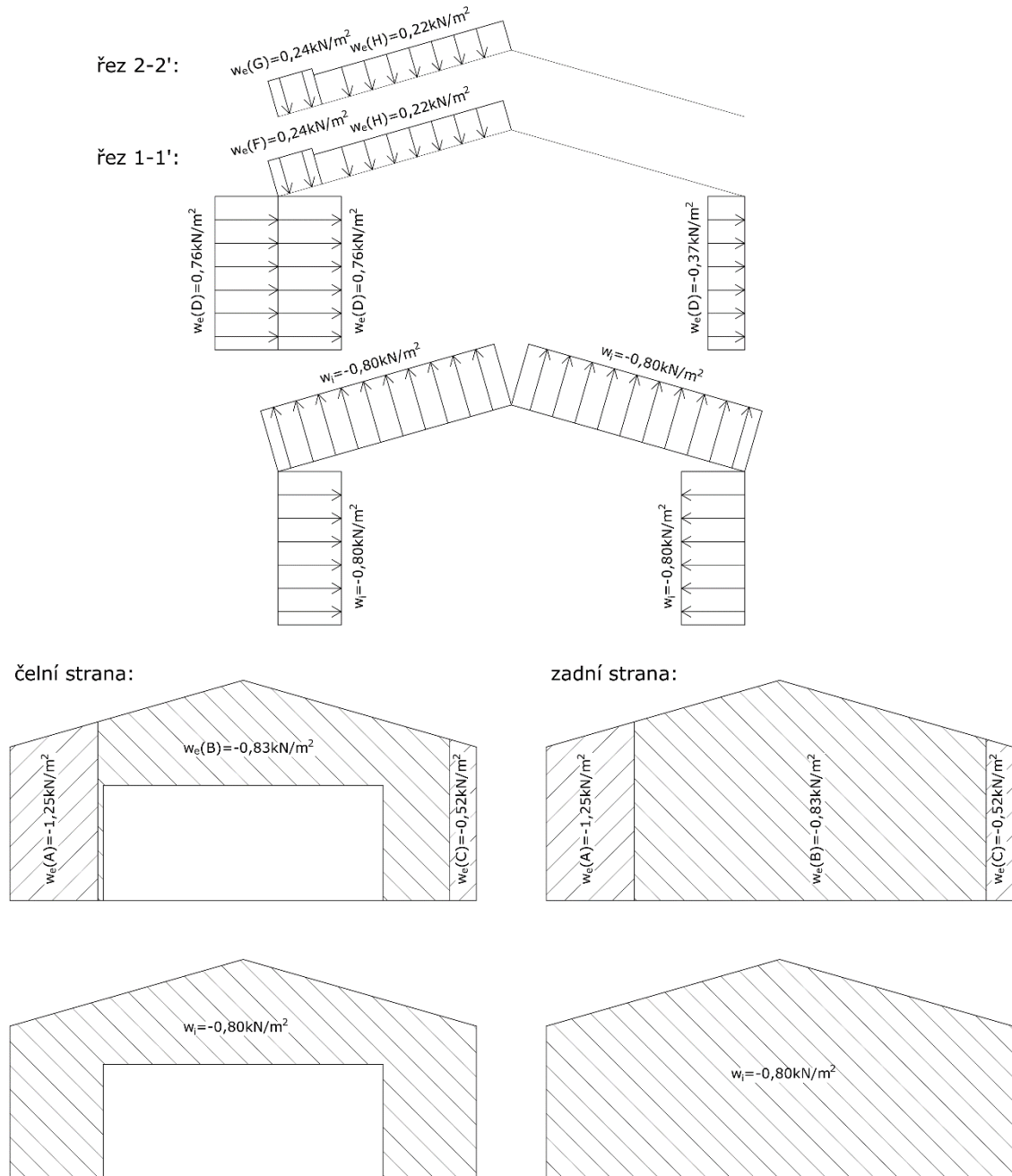
2.2.2.4 ZS9 – Vítr příčný / sání + tlak / zavřená vrata:

Schéma zatížení:



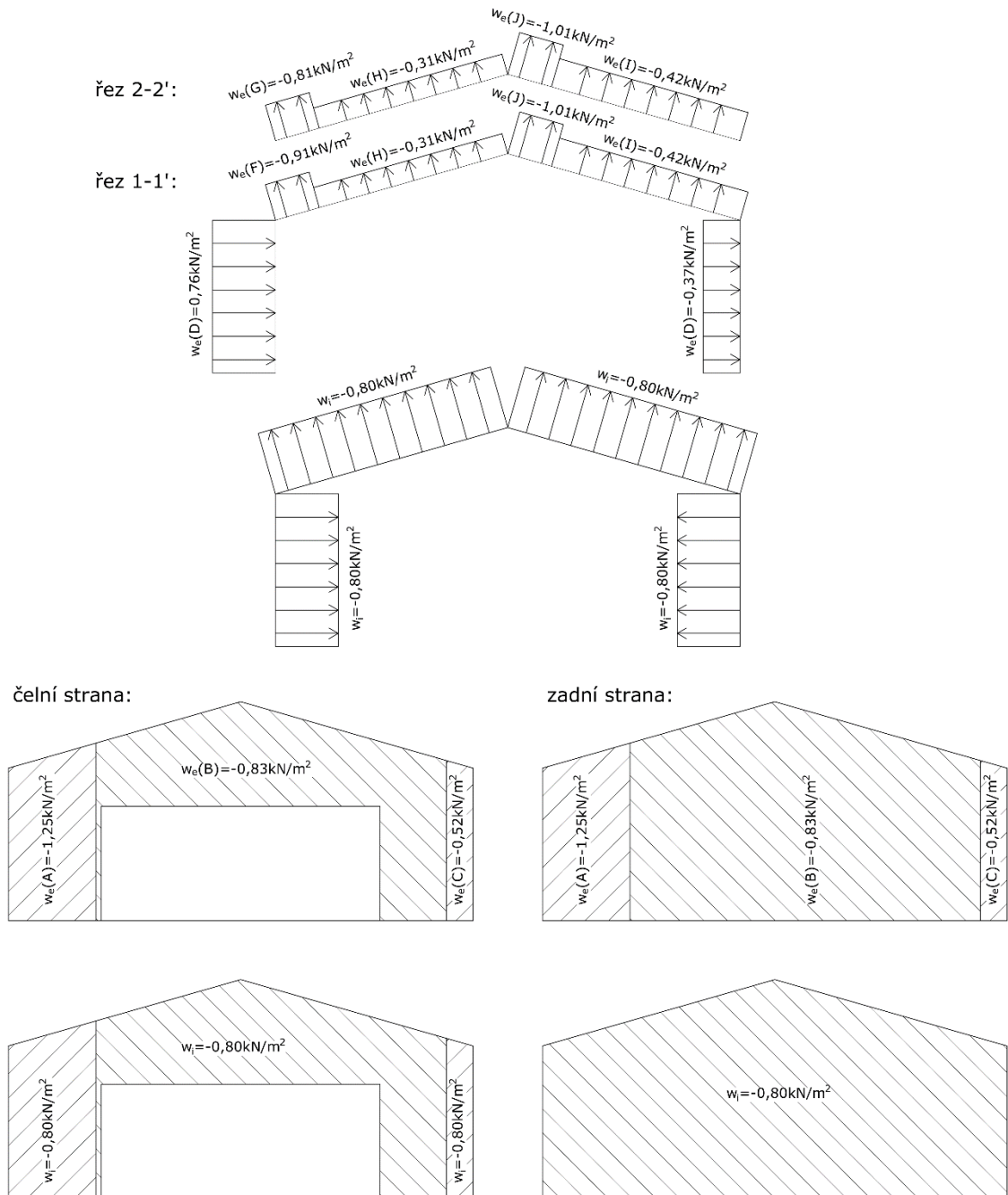
2.2.2.5 ZS10 – Vítr příčný / tlak + tlak / otevřená vrata:

Schéma zatížení:



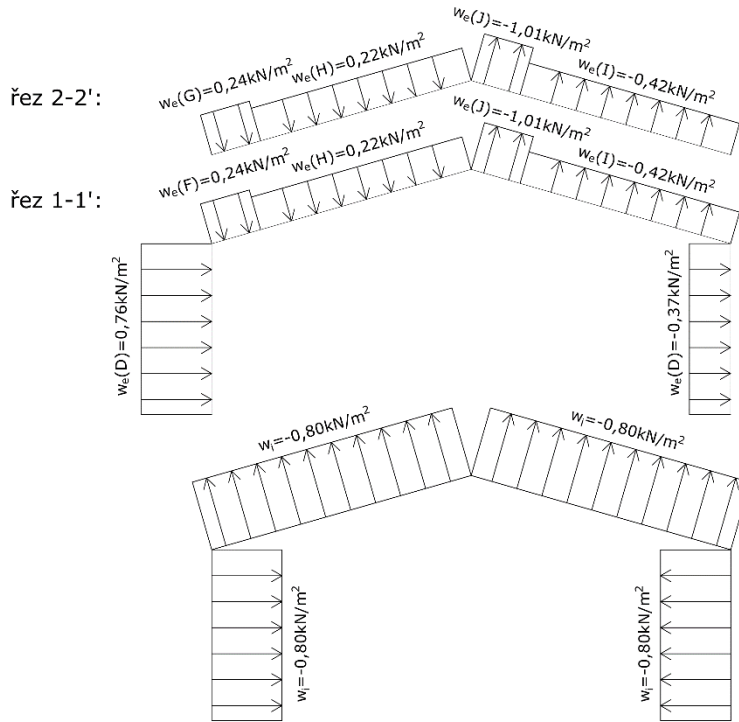
2.2.2.6 ZS11 – Vítr příčný / sání + sání / otevřená vrata:

Schéma zatížení:

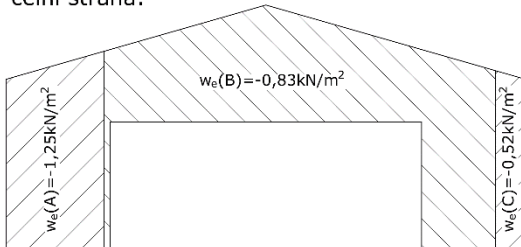


2.2.2.7 ZS12 – Vítr příčný / tlak + sání / otevřená vrata:

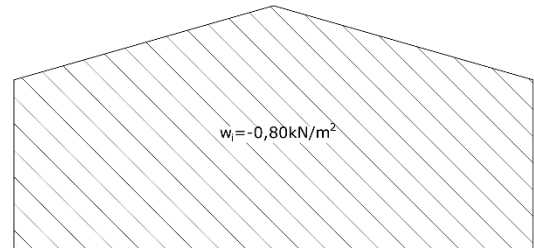
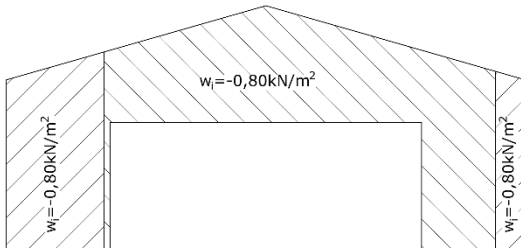
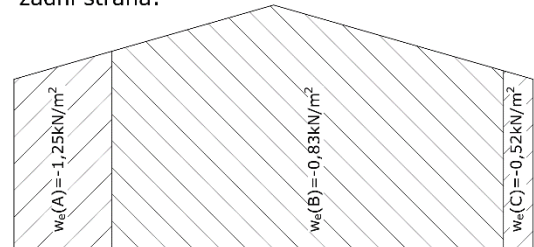
Schéma zatížení:



čelní strana:

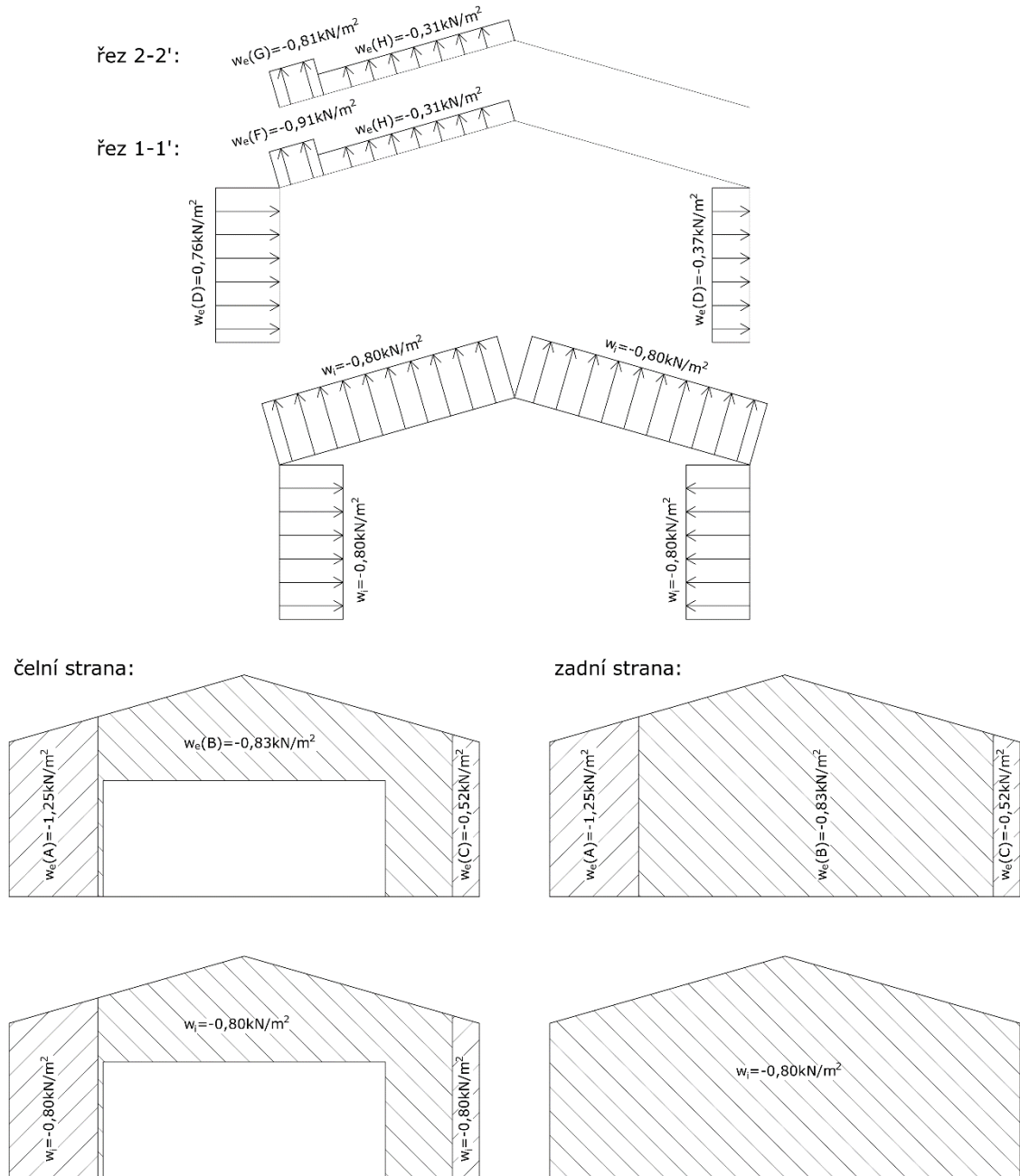


zadní strana:



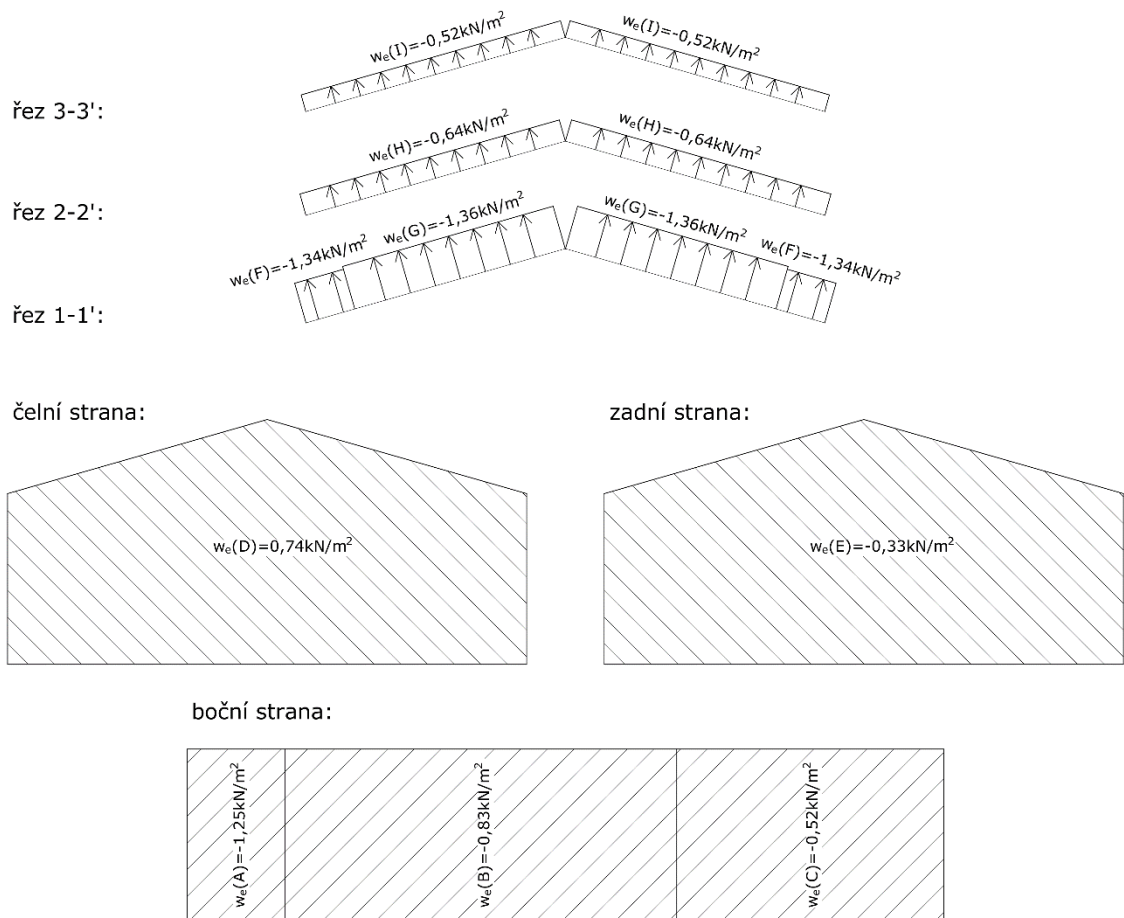
2.2.2.8 ZS13 – Vítr příčný / sání + tlak / otevřená vrata:

Schéma zatížení:



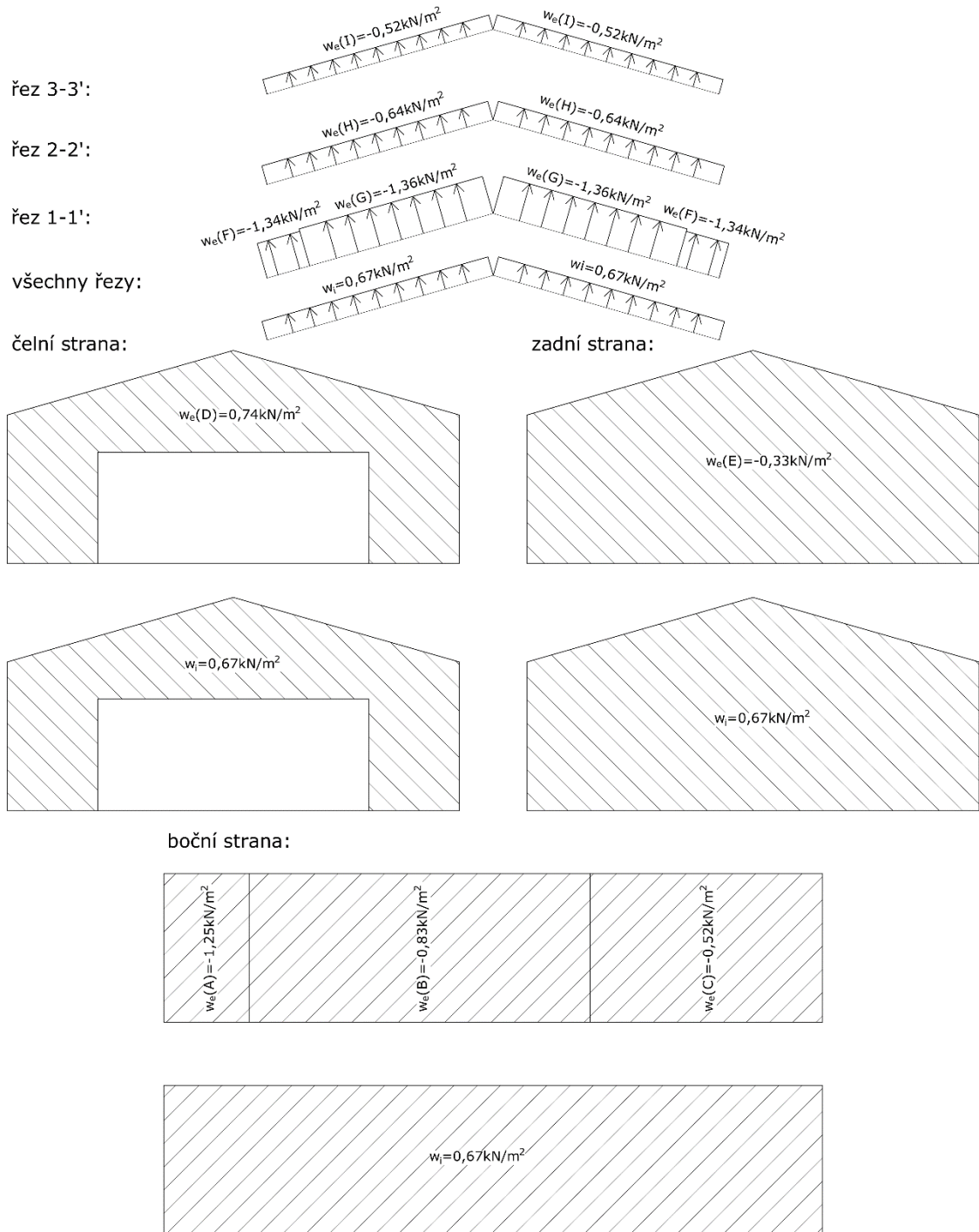
2.2.2.9 ZS14 – Vítr podélný / zavřená vrata:

Schéma zatížení:



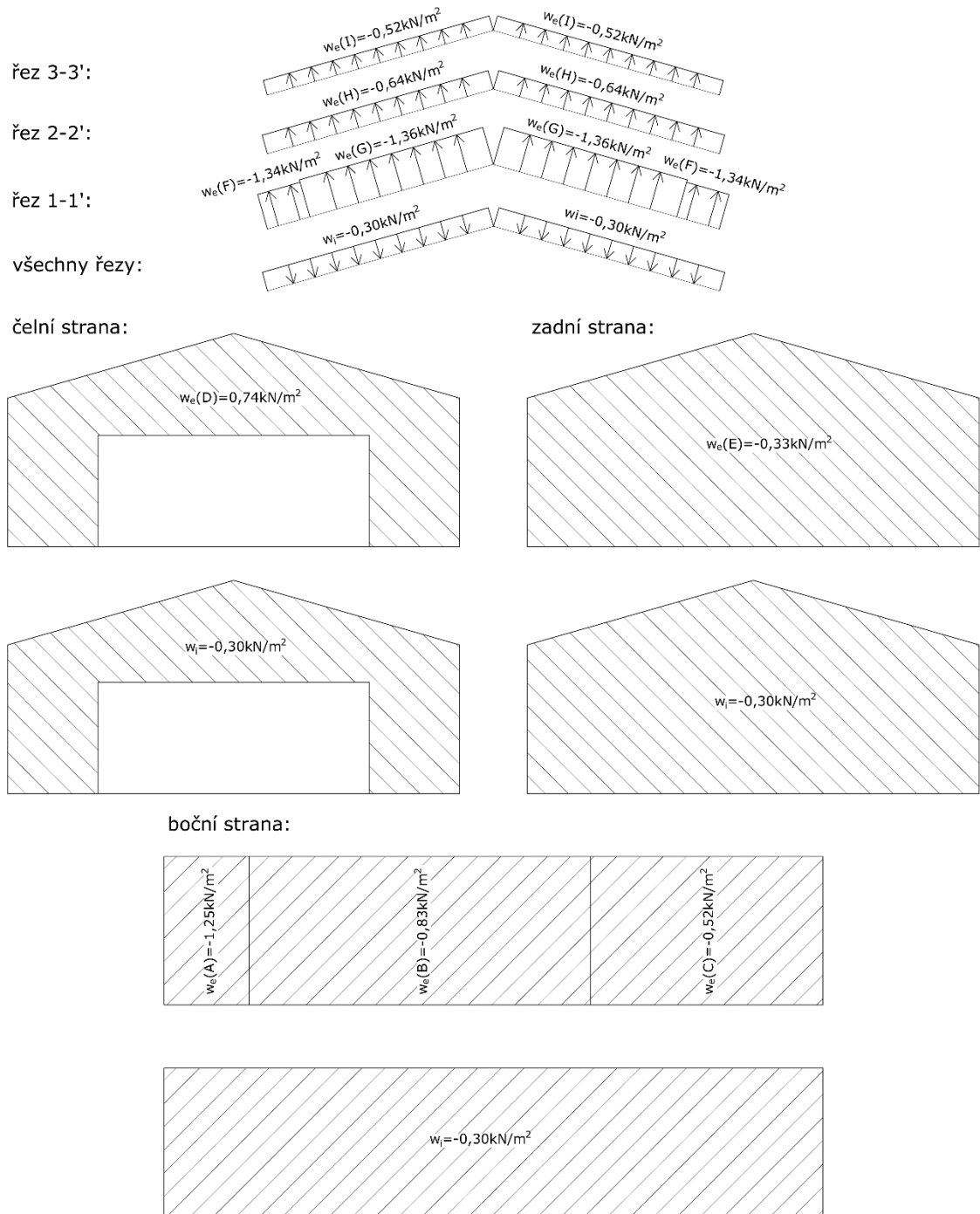
2.2.2.10 ZS15 – Vítr podélný / otevřená vrata / přetlak:

Schéma zatížení:



2.2.2.11 ZS16 – Vítr podélný / otevřená vrata / podtlak:

Schéma zatížení:



3. Kombinace zatížení:

3.1 Souhrn zatěžovacích stavů:

označení	zatěžovací stav	kategorie účinků dle ČSN EN 1990
ZS1	Vlastní tíha	Stálé
ZS2	Ostatní stálé zatížení	Stálé
ZS3	Sníh plný	Sníh (H ≤ 1000 m n. m.)
ZS4	Sníh levý	Sníh (H ≤ 1000 m n. m.)
ZS5	Sníh pravý	Sníh (H ≤ 1000 m n. m.)
ZS6	Vítr příčný / tlak + tlak / zavřená vrata	Vítr
ZS7	Vítr příčný / sání + sání / zavřená vrata	Vítr
ZS8	Vítr příčný / tlak + sání / zavřená vrata	Vítr
ZS9	Vítr příčný / sání + tlak / zavřená vrata	Vítr
ZS10	Vítr příčný / tlak + tlak / otevřená vrata	Vítr
ZS11	Vítr příčný / sání + sání / otevřená vrata	Vítr
ZS12	Vítr příčný / tlak + sání / otevřená vrata	Vítr
ZS13	Vítr příčný / sání + tlak / otevřená vrata	Vítr
ZS14	Vítr podélný / zavřená vrata	Vítr
ZS15	Vítr podélný / otevřená vrata / přetlak	Vítr
ZS16	Vítr podélný / otevřená vrata / podtlak	Vítr

3.2 Kombinace pro mezní stav únosnosti:

Kombinace 6.10 dle ČSN EN 1990 dle klíče:

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

Klíče jednotlivých kombinací:

→ Klíče kombinací jsou uvedeny v příloze, v odst. 1.2.

3.2 Kombinace pro mezní stav použitelnosti:

Kombinace 6.14b dle ČSN EN 1990 dle klíče:

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

Klíče jednotlivých kombinací:

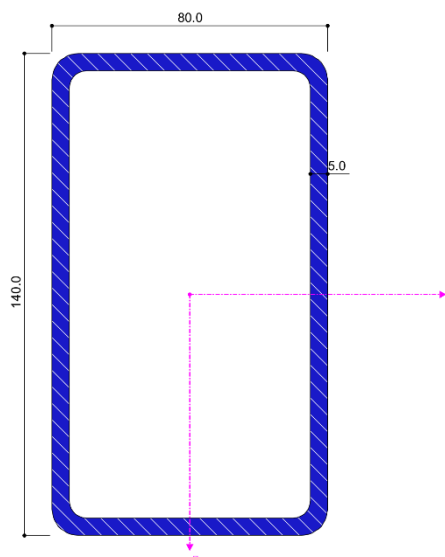
→ Klíče kombinací jsou uvedeny v příloze, v odst. 1.3.

4. Posouzení vybraných prvků na MSÚ a MSP:

4.1 Vaznice – TR OBD 140x80x4,5:

4.1.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:

průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Jmenovitá výška vnější hrany	h	140,0	mm
Jmenovitá délka vnější hrany	b	80,0	mm
Tloušťka stěny	t	5,0	mm
Plocha průřezu	A	2070,0	mm ²
Smyková plocha	$A_{v,y}$	530,5	mm ²
Smyková plocha	$A_{v,z}$	1231,5	mm ²
Moment setrvačnosti	I_y	5,3400E+06	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I_z	2,2100E+06	mm ⁴
Moment tuhosti v kroucení	I_t	4,9900E+06	mm ⁴
Výsečový moment setrvačnosti	I_ω	3,7030E+08	mm ⁶
Elastický průřezový modul	W_y	7,6300E+04	mm ³
Elastický průřezový modul	W_z	5,5300E+04	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	9,4300E+04	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,z}$	6,3600E+04	mm ³
Vzpěrná křivka podle EN	$VK_{y,EN}$	a	
Vzpěrná křivka podle EN	$VK_{z,EN}$	a	
materiálová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Modul pružnosti v tahu	E	210	GPa
Jmenovitá mez kluzu	f_y	355	MPa



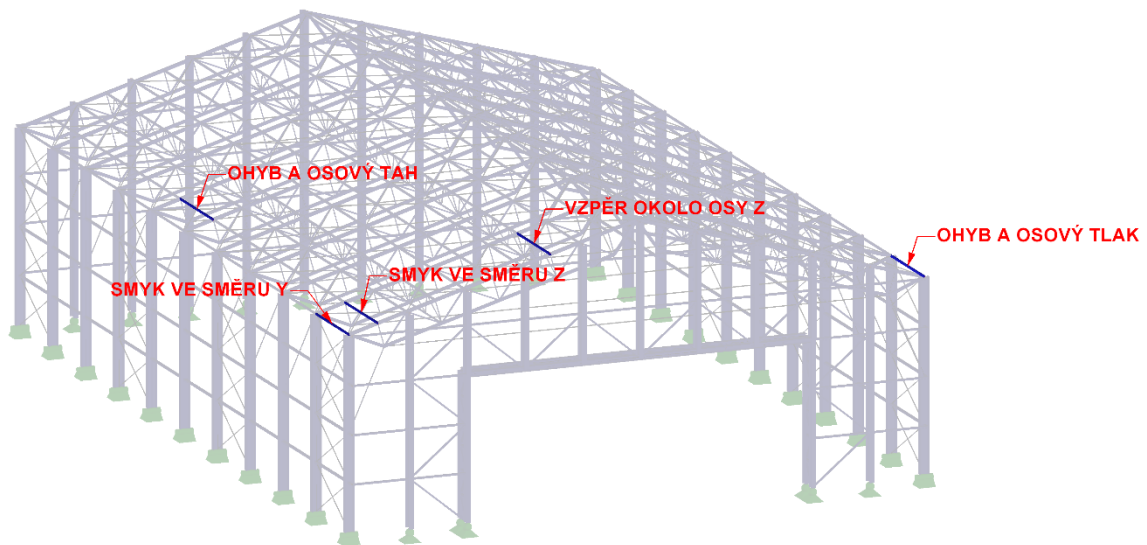
4.1.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:

max / min	síly [kN]			oh. momenty [kNm]		příslušná KZ
	N	V_y	V_z	M_y	M_z	
max N	46,05	-0,76	4,16	0,00	0,00	KZ76
min N	-67,54	0,66	2,45	-1,11	1,21	KZ171
max V_y	-1,40	10,66	5,88	0,00	0,00	KZ158
min V_y	-1,42	-10,66	5,88	0,00	0,00	KZ158
max V_z	4,90	-1,26	12,32	0,00	0,00	KZ86
min V_z	-5,51	-0,56	-13,09	0,00	0,00	KZ421
max M_y	4,90	0,00	0,00	15,39	1,58	KZ86
min M_y	-5,51	0,00	0,55	-15,67	0,70	KZ421
max M_z	-1,40	0,00	0,28	-8,35	13,32	KZ158
min M_z	-1,42	0,00	0,28	-8,35	-13,32	KZ158

4.1.3 Extrémní hodnoty deformací v řezech prvku:

vztažná délka [m]	směr	deformace relativní L/w [-]	deformace absolutní w [mm]	příslušná KZ
5,00	z	204,10	24,50	KZ514

4.1.4 Přehled posuzovaných prvků:



4.1.5 Určení třídy průřezu:

Součinitel závisející na f_y :

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Poměr c/t :

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{60}{5} = 12,00$$

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{120}{5} = 24,00$$

$$\frac{c}{t} = 24,00 \leq 33 \cdot \varepsilon = 33 \cdot 0,814 = 26,86 \rightarrow \text{průřez je třídy 1}$$

4.1.6 Posouzení na MSÚ:

4.1.6.1 Smyk ve směru y:

Působící účinky a další vstupní údaje:

$$V_{Ed,y} = 10,66 \text{ kN}$$

Únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd,y} = \frac{A_{v,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{530,5 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 1,00} = 108,73 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed,y}}{V_{c,Rd,y}} \leq 1,000$$

$$\frac{10,66}{108,73} \leq 1,000$$

$$0,098 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\leq 0,500 \rightarrow \text{není třeba redukovat ohybovou únosnost}$$

4.1.6.2 Smyk ve směru z:**Působící účinky a další vstupní údaje:**

$$V_{Ed,z} = 13,09 \text{ kN}$$

Únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd,z} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1231,5 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 1,00} = 252,41 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed,z}}{V_{c,Rd,z}} \leq 1,000$$

$$\frac{12,32}{252,41} \leq 1,000$$

$$0,052 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\leq 0,500 \rightarrow \text{není třeba redukovat ohybovou únosnost}$$

4.1.6.3 Vzpěr okolo osy z:**Působící účinky a další vstupní údaje:**

$$N_{Ed} = 67,54 \text{ kN}$$

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

Eulerova kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 2,2100 \cdot 10^{-6}}{5^2} = 183,22 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2070 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{163,39}} = 2,003$$

Pomocný součinitel:

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right] = \\ &= 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 \cdot (2,003 - 0,2) + 2,003^2 \right] = \\ &= 2,695 \end{aligned}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{2,695 + \sqrt{2,695^2 - 2,003^2}} = 0,222$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,222 \cdot 2070 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00} = 163,39 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} &\leq 1,000 \\ \frac{67,54}{163,39} &\leq 1,000 \\ 0,413 &\leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje} \end{aligned}$$

4.1.6.4 Ohyb a osový tlak:**Působící účinky a další vstupní údaje:**

$$N_{Ed} = 1,42 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y} = 8,35 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,z} = 13,32 \text{ kN}$$

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

Charakteristická hodnota osové únosnosti v tlaku:

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 2070 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3 = 734,85 \text{ kN}$$

Charakteristická hodnota únosnosti v ohybu k ose y:

$$M_{Rk,y} = W_{pl,y} \cdot f_y = 9,4300 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^3 = 33,48 \text{ kNm}$$

Charakteristická hodnota únosnosti v ohybu k ose z:

$$M_{Rk,z} = W_{pl,z} \cdot f_y = 6,3600 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^3 = 22,58 \text{ kNm}$$

Eulerova kritická síla pro vzpěr okolo osy y:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 5,3400 \cdot 10^{-6}}{5^2} = 442,71 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost pro vzpěr okolo osy y:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{2070 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{442,71}} = 1,288$$

Pomocný součinitel pro vzpěr okolo osy y:

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = \\ &= 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 \cdot (1,288 - 0,2) + 1,288^2 \right] = \\ &= 1,444 \end{aligned}$$

Součinitel vzpěrnosti pro vzpěr okolo osy y:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,444 + \sqrt{1,444^2 - 1,288^2}} = 0,477$$

Poměrná štíhlost pro vzpěr okolo osy z:

$$\bar{\lambda}_z = 2,003 \rightarrow \text{viz 4.1.4.3}$$

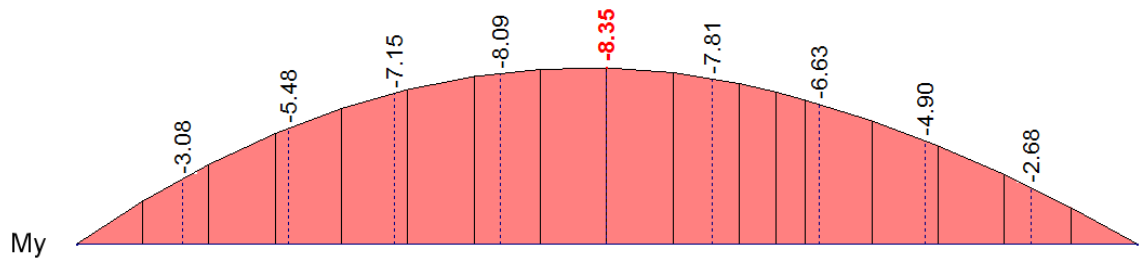
Součinitel vzpěrnosti pro vzpěr okolo osy z:

$$\chi_z = 0,222 \rightarrow \text{viz 4.1.4.3}$$

Součinitel klopení:

$$\chi_{LT} = 1,000 \rightarrow \text{průřez je tuhý v kroucení}$$

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu C_{my} :



Průběh momentu	Rozsah		C_{my} a C_{mz} a C_{mLT}
			rovnoměrné zatížení
<p>$\alpha_h = M_h / M_s$</p>	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$

$M_h = 0 \text{ kNm}$

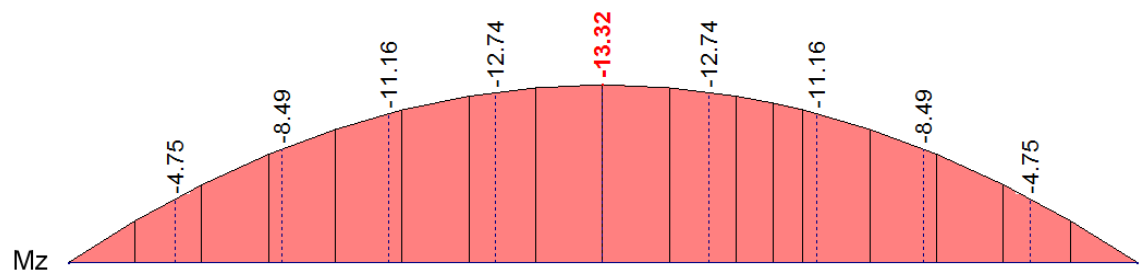
$M_s = -8,35 \text{ kNm}$

$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{0}{-8,35} = 0$

$\psi = 1$

$C_{my} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h = 0,95 + 0,05 \cdot 0 = 0,95$

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu C_{mz} :



Průběh momentu	Rozsah		C_{my} a C_{mz} a C_{mLT}
			rovnoměrné zatížení
<p>$\alpha_h = M_h / M_s$</p>	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$

$$M_h = 0 \text{ kNm}$$

$$M_s = -13,32 \text{ kNm}$$

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{0}{-13,32} = 0$$

$$\psi = 1$$

$$C_{mz} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h = 0,95 + 0,05 \cdot 0 = 0,95$$

Interakční součinitel k_{yy} :

$$\begin{aligned} k_{yy} &= \min \left\{ \begin{array}{l} C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \\ C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \end{array} \right\} = \\ &= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,95 \cdot \left(1 + (1,288 - 0,2) \cdot \frac{1,42}{0,477 \cdot 734,85 / 1,00} \right) \\ 0,95 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{1,42}{0,477 \cdot 734,85 / 1,00} \right) \end{array} \right\} = \\ &= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,954 \\ 0,953 \end{array} \right\} = \\ &= 0,953 \end{aligned}$$

Interakční součinitel k_{zz} :

$$\begin{aligned} k_{zz} &= \min \left\{ \begin{array}{l} C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \\ C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \end{array} \right\} = \\ &= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,95 \cdot \left(1 + (2,003 - 0,2) \cdot \frac{1,42}{0,222 \cdot 734,85 / 1,00} \right) \\ 0,95 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{1,42}{0,222 \cdot 734,85 / 1,00} \right) \end{array} \right\} = \\ &= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,965 \\ 0,957 \end{array} \right\} = \\ &= 0,957 \end{aligned}$$

Interakční součinitel k_{yz} :

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,957 = 0,574$$

Interakční součinitel k_{zy} :

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,953 = 0,572$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed,y}}{\chi_{LT} \cdot M_{Rk,y}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{Ed,z}}{M_{Rk,z}} \leq 1,000$$

$$\frac{1,42}{0,477 \cdot 734,85} + 0,953 \cdot \frac{8,35}{1,000 \cdot 33,48} + 0,574 \cdot \frac{13,32}{22,58} \leq 1,000$$

$$\frac{1,42}{1,00} + 0,953 \cdot \frac{8,35}{1,00} + 0,574 \cdot \frac{13,32}{1,00} \leq 1,000$$

$$0,580 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed,y}}{\chi_{LT} \cdot M_{Rk,y}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{Ed,z}}{M_{Rk,z}} \leq 1,000$$

$$\frac{1,42}{0,222 \cdot 734,85} + 0,572 \cdot \frac{8,35}{1,000 \cdot 33,48} + 0,957 \cdot \frac{13,32}{22,58} \leq 1,000$$

$$\frac{1,42}{1,00} + 0,572 \cdot \frac{8,35}{1,00} + 0,957 \cdot \frac{13,32}{1,00} \leq 1,000$$

$$0,716 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.1.6.5 Ohyb a osový tah:**Působící účinky a další vstupní údaje:**

$$N_{Ed} = 4,90 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y} = 15,39 \text{ kN}$$

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

$$h_w = 120 \text{ mm}$$

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

Návrhová hodnota osové únosnosti v tahu:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2070 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00} = 734,85 \text{ kN}$$

Návrhová hodnota únosnosti v ohybu k ose y:

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{9,4300 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00} = 33,48 \text{ kNm}$$

Návrhová hodnota únosnosti v ohybu k ose z:

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6,3600 \cdot 10^{-5} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00} = 22,58 \text{ kNm}$$

Ověření nutnosti uvážení účinku osově síly na $M_{pl,Rd,y}$:

→ 1. podmínka:

$$N_{Ed} \leq 0,25 \cdot N_{pl,Rd}$$

$$4,90 \leq 0,25 \cdot 734,85$$

$$4,90 \text{ kN} \leq 183,71 \text{ kN} \rightarrow \text{splněno}$$

→ 2. podmínka:

$$N_{Ed} \leq \frac{0,5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$4,90 \leq \frac{0,5 \cdot 120 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00}$$

$$4,90 \text{ kN} \leq 106,50 \text{ kN} \rightarrow \text{splněno, není třeba uvažovat účinek osově síly}$$

→ platí:

$$M_{N,Rd,y} = M_{pl,Rd,y} = 33,48 \text{ kNm}$$

Ověření nutnosti uvážení účinku osově síly na $M_{pl,Rd,z}$:

$$N_{Ed} \leq \frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$4,90 \leq \frac{120 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00}$$

$$4,90 \text{ kN} \leq 213,00 \text{ kN} \rightarrow \text{splněno, není třeba uvažovat účinek osově síly}$$

→ platí:

$$M_{N,Rd,z} = M_{pl,Rd,z} = 22,58 \text{ kNm}$$

Poměr návrhové osově síly a návrhové plastické únosnosti neoslabeného průřezu:

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{4,90}{734,85} = 0,007$$

Součinitelé α a β :

$$\alpha = \beta = \frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot n^2} = \frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot 0,007^2} = 1,660$$

Posouzení:

$$\left[\frac{M_{Ed,y}}{M_{N,Rd,y}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{Ed,z}}{M_{N,Rd,z}} \right]^\beta \leq 1,000$$

$$\left[\frac{15,39}{33,48} \right]^{1,660} + \left[\frac{1,58}{22,58} \right]^{1,660} \leq 1,000$$

$$0,287 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.1.7 Posouzení na MSP:

4.1.7.1 Největší svislý průhyb:

Vstupní údaje:

$$w = 24,50 \text{ mm}$$

$$L = 5000 \text{ mm}$$

Mezní hodnota svislého průhybu:

$$\delta_2 = \frac{L}{200} = \frac{5000}{200} = 25,00 \text{ mm}$$

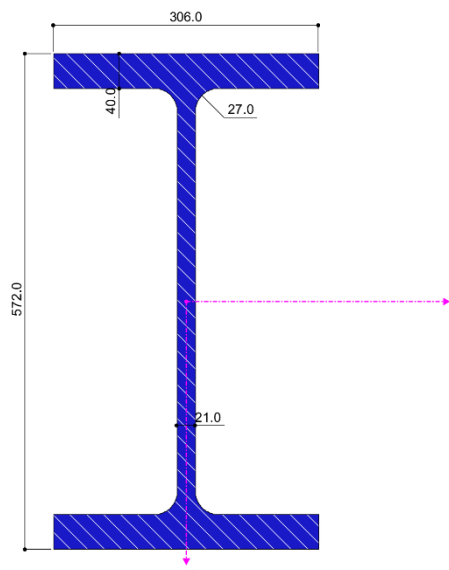
Posouzení:

$$w = 24,50 \text{ mm} \leq \delta_2 = 25,00 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.2 Sloup příčné vazby – HEM 550:

4.2.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:

průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Výška profilu	h	572,0	mm
Šířka profilu	b	306,0	mm
Tloušťka stojiny	t_w	21,0	mm
Tloušťka pásnice	t_f	40,0	mm
Výška rovné části stojiny	d	438,0	mm
Plocha průřezu	A	35440,0	mm ²
Smyková plocha	A_y	20517,2	mm ²
Smyková plocha	A_z	10753,8	mm ²
Moment setrvačnosti	I_y	1,9800E+09	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I_z	1,9160E+08	mm ⁴
Moment tuhosti v kroucení	I_t	1,5540E+07	mm ⁴
Výsečový moment setrvačnosti	I_w	1,3520E+13	mm ⁶
Elastický průřezový modul	W_y	6,9230E+06	mm ³
Elastický průřezový modul	W_z	1,2520E+06	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	7,9330E+06	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,z}$	1,9370E+06	mm ³
Vzpěrná křivka podle EN	$VK_{y,EN}$	a	
Vzpěrná křivka podle EN	$VK_{z,EN}$	b	
materiálová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Modul pružnosti v tahu	E	210	GPa
Jmenovitá mez kluzu	f_y	355	MPa



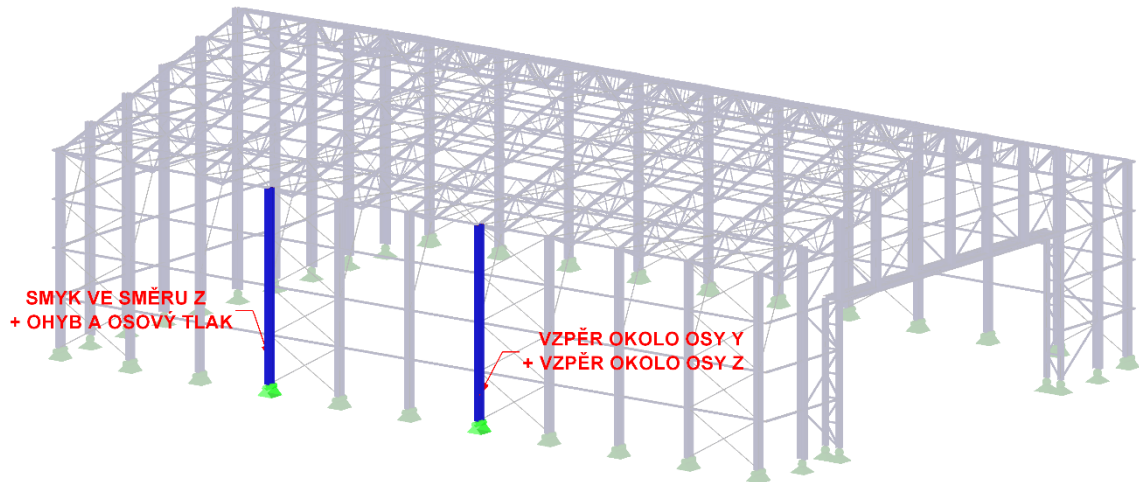
4.2.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:

max / min	síly [kN]			oh. momenty [kNm]		příslušná KZ
	N	V_y	V_z	M_y	M_z	
max N	143,79	1,37	14,08	104,10	3,94	KZ368
min N	-345,94	0,22	73,15	263,94	0,00	KZ111
max V_y	-72,05	2,56	-7,86	22,59	3,08	KZ368
min V_y	-127,19	-2,73	0,33	0,00	-3,45	KZ175
max V_z	-221,61	0,00	107,01	197,57	0,01	KZ293
min V_z	-75,15	0,57	-73,68	19,36	1,63	KZ158
max M_y	-229,61	0,00	107,01	505,21	0,00	KZ293
min M_y	-109,27	-0,30	77,96	-492,81	0,00	KZ108
max M_z	-143,15	-1,92	16,57	-0,10	6,62	KZ88
min M_z	-63,83	-2,73	-0,16	-0,01	-5,61	KZ421

4.2.3 Extrémní hodnoty deformací v řezech prvku:

vztažná délka [m]	směr	deformace relativní L/w [-]	deformace absolutní w [mm]	příslušná KZ
11,50	z	337,24	34,10	KZ514
11,50	y	481,17	23,90	KZ599

4.2.4 Přehled posuzovaných prvků:



4.2.5 Určení třídy průřezu:

Součinitel závisející na f_y :

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Poměr c/t pro stojinu:

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{438}{21} = 20,86$$

Délka tažené a tlačené části stojiny:

$$h_{wc} = h_{wt} = \frac{h_w}{2} = \frac{438}{2} = 219 \text{ mm}$$

Napětí na tlačené části stojiny:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= -\frac{|N_{Ed}|}{A} - \frac{|M_{Ed}|}{I_y} \cdot h_{wc} = -\frac{|-229,61 \cdot 10^3|}{35440} - \frac{|505,21 \cdot 10^6|}{1,9800 \cdot 10^9} \cdot 219 = \\ &= -62,36 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Napětí na tažené části stojiny:

$$\begin{aligned} \sigma_2 &= -\frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{Ed}|}{I_y} \cdot h_{wc} = -\frac{|-229,61 \cdot 10^3|}{35440} + \frac{|505,21 \cdot 10^6|}{1,9800 \cdot 10^9} \cdot 219 = \\ &= 49,40 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Součinitel α pro stojinu:

$$\frac{\alpha \cdot c_w}{\sigma_2} = \frac{c_w}{|\sigma_1| + |\sigma_2|}$$

$$\alpha = \frac{c_w}{|\sigma_1| + |\sigma_2|} \cdot \frac{\sigma_2}{c_w}$$

$$\alpha = \frac{438}{|-62,36| + |49,40|} \cdot \frac{49,40}{438}$$

$$\alpha = 0,442$$

Zatřídění stojiny:

$$\frac{c_w}{t_w} = 20,86 \leq \frac{36 \cdot \varepsilon}{\alpha} = \frac{36 \cdot 0,814}{0,442} = 66,30 \rightarrow \text{třída 1}$$

Poměr c/t pro pásnici:

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{115,5}{40} = 2,89$$

Zatřídění pásnice:

$$\frac{c_f}{t_f} = 2,89 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 0,814 = 7,33 \rightarrow \text{třída 1}$$

Zatřídění výsledné:

Nejnižší třídou po posouzení všech částí je třída 1 \rightarrow průřez je třídy 1

4.2.6 Posouzení na MSÚ:**4.2.6.1 Smyk ve směru z:****Působící účinky a další vstupní údaje:**

$$V_{Ed,z} = 107,01 \text{ kN}$$

Únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd,z} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{10753,8 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 1,00} = 2204,09 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed,z}}{V_{c,Rd,z}} \leq 1,000$$

$$\frac{107,01}{2204,09} \leq 1,000$$

$$0,049 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\leq 0,500 \rightarrow \text{není třeba redukovat ohybovou únosnost}$$

4.2.6.2 Vzpěr okolo osy y:**Působící účinky a další vstupní údaje:**

$$N_{Ed} = 345,94 \text{ kN}$$

$$L_{cr,y} = 23 \text{ m}$$

Eulerova kritická síla:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 1,9800 \cdot 10^{-3}}{23^2} = 7757,62 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{35440 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{7757,62}} = 1,273$$

Pomocný součinitel:

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = \\ &= 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 \cdot (1,273 - 0,2) + 1,273^2 \right] = \\ &= 1,424 \end{aligned}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,424 + \sqrt{1,424^2 - 1,273^2}} = 0,485$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,485 \cdot 35440 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00} = 6107,64 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{345,94}{6107,64} \leq 1,000$$

$$\underline{\underline{0,057 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}}}$$

4.2.6.3 Vzpěr okolo osy z:**Působící účinky a další vstupní údaje:**

$$N_{Ed} = 345,94 \text{ kN}$$

$$L_{cr,z} = 2,875 \text{ m}$$

Eulerova kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 1,9160 \cdot 10^{-4}}{2,875^2} = 48043,97 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{35440 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{48043,97}} = 0,512$$

Pomocný součinitel:

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right] = \\ &= 0,5 \cdot \left[1 + 0,34 \cdot (0,512 - 0,2) + 0,512^2 \right] = \\ &= 0,684 \end{aligned}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,684 + \sqrt{0,684^2 - 0,512^2}} = 0,879$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,879 \cdot 35440 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00} = 11058,65 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,000$$
$$\frac{345,94}{11058,65} \leq 1,000$$
$$0,031 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.2.6.4 Ohyb a osový tlak:**Působící účinky a další vstupní údaje:**

$$N_{Ed} = 229,61 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y} = 505,21 \text{ kN}$$

$$L_{cr,y} = 23,000 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 2,875 \text{ m}$$

$$L_{cr,w} = 16,100 \text{ m}$$

Charakteristická hodnota osově únosnosti v tlaku:

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 35440 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3 = 12581,20 \text{ kN}$$

Charakteristická hodnota únosnosti v ohybu k ose y:

$$M_{Rk,y} = W_{pl,y} \cdot f_y = 7,933 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3 = 2816,22 \text{ kNm}$$

Poměrná štíhlost pro vzpěr okolo osy y:

$$\bar{\lambda}_y = 1,273 \rightarrow \text{viz 4.2.5.2}$$

Součinitel vzpěrnosti pro vzpěr okolo osy y:

$$\chi_y = 0,485 \rightarrow \text{viz 4.2.5.2}$$

Poměrná štíhlost pro vzpěr okolo osy z:

$$\bar{\lambda}_z = 0,512 \rightarrow \text{viz 4.2.5.3}$$

Součinitel vzpěrnosti pro vzpěr okolo osy z:

$$\chi_z = 0,879 \rightarrow \text{viz 4.2.5.3}$$

Součinitelé vzpěrné délky:

$k_y = 1,00 \rightarrow$ EC neuvažuje konkrétní případ modelu, kdy $k_y=2,00$, proto se použije nejbližší vhodné řešení

$k_z = 0,50 \rightarrow$ EC neuvažuje konkrétní případ modelu, kdy $k_z=0,25$, proto se použije nejbližší vhodné řešení

$k_w = 1,00 \rightarrow$ EC neuvažuje konkrétní případ modelu, kdy $k_w=0,70$, proto se použije nejbližší vhodné řešení

Bezrozměrný parametr kroucení:

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{1,00 \cdot 11500} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 1,3520 \cdot 10^{13}}{81 \cdot 1,5540 \cdot 10^7}} = 0,410$$

Souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku:

$$z_g = \frac{h}{2} = \frac{572}{2} = 286 \text{ mm} \quad \bar{\lambda}_y = 1,273 \rightarrow \text{viz 4.2.5.2}$$

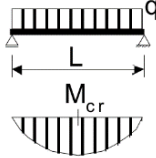
Bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku:

$$\zeta_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot 286}{0,50 \cdot 11500} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 1,9160 \cdot 10^8}{81 \cdot 1,5540 \cdot 10^7}} = 0,833$$

Parametr nesymetrie průřezu:

dvouose symetrický průřez $\rightarrow \psi_f = 0 \rightarrow z_j = 0 \rightarrow \zeta_j = 0 \rightarrow \zeta_j \cdot C_3 = 0$

Součinitelé C_1 , C_2 a C_3 závisející na zatížení a podmínkách uložení konců dle EC3, tab. NB.3.2:

Zatížení a podmínky podepření	Součinitele vzpěrné délky			Hodnoty součinitelů			
	k_y	k_z	k_w	C_1 ¹⁾		C_2	C_3
				$C_{1,0}$	$C_{1,1}$	$\begin{matrix} \text{I} & \text{I} & \text{I} \\ -0,9 \leq \psi_f \leq 0,9 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \text{I} & \text{I} & \text{I} \\ -0,9 \leq \psi_f \leq 0,9 \end{matrix}$
	1	0,5	1	0,95	1,00	0,41	0,48
POZNÁMKY: ¹⁾ $C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot \kappa_{wt} \leq C_{1,1}$, ($C_1 = C_{1,0}$ pro $\kappa_{wt} = 0$, $C_1 = C_{1,1}$ pro $\kappa_{wt} \geq 1$).							

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) = 0,95 + (1,00 - 0,95) = 1,00$$

$$C_2 = 0,41$$

$$C_3 = 0,48$$

Bezrozměrný kritický moment:

$$\begin{aligned} \mu_{cr} &= \frac{C_1}{k_z} \cdot \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j)^2} - (C_2 \cdot \zeta_g - C_3 \cdot \zeta_j) \right] = \\ &= \frac{1,00}{0,50} \cdot \left[\sqrt{1 + 0,410^2 + (0,41 \cdot 0,883 - 0)^2} - (0,41 \cdot 0,883 - 0) \right] = \\ &= 1,556 \end{aligned}$$

Pružný kritický moment k ose y dle EC3 (pouze pro účely srovnání):

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L} = \\ &= 1,556 \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{210 \cdot 10^6 \cdot 1,9160 \cdot 10^{-4} \cdot 81 \cdot 10^6 \cdot 1,5540 \cdot 10^{-5}}}{11,5} = \\ &= 3024,12 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Pružný kritický moment k ose y dle výpočetního softwaru LTBeamN:

$$M_{cr} = 16422 \text{ kNm} \rightarrow \text{s touto hodnotou je dále počítáno}$$

Pozn.: Uvažují se hodnoty součinitelů $k_y = 2,00$, $k_z = 0,25$ a $k_w = 2,00$.
Při výpočtu bylo na prut nanесeno ekvivalentní zatížení z výpočetního modelu. Více podrobností o výpočtu lze nalézt v příloze v odst. 2.

Poměrná štíhlost při klopení:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{7,933 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^3}{16422}} = 0,414$$

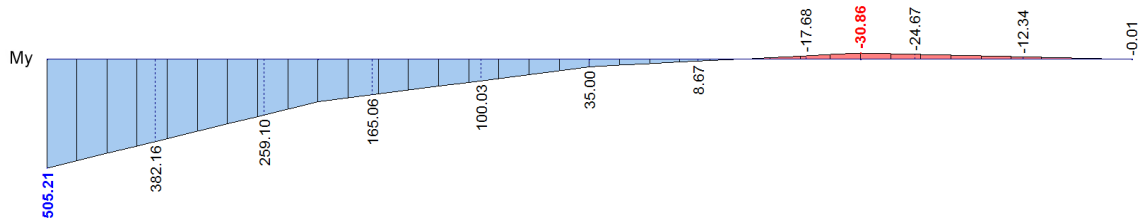
Pomocný součinitel při klopení:

$$\begin{aligned} \phi_{LT} &= 0,5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = \\ &= 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 \cdot (0,414 - 0,2) + 0,414^2 \right] = \\ &= 0,608 \end{aligned}$$

Součinitel klopení:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0,608 + \sqrt{0,608^2 - 0,414^2}} = 0,949$$

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu C_{my} a C_{mLT} :



Průběh momentu	Rozsah		C_{my} a C_{mz} a C_{mLT}
			rovnoměrné zatížení
<p>$\alpha_s = M_s / M_h$</p>	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$

$M_h = 505,21 \text{ kNm}$

$M_s = -30,86 \text{ kNm}$

$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{-30,86}{505,21} = -0,061$

$\psi = 0$

$$C_{my} = C_{mLT} = \max \left\{ \begin{matrix} 0,1 - 0,8 \cdot \alpha_s \\ 0,4 \end{matrix} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \begin{matrix} 0,1 - 0,8 \cdot (-0,061) \\ 0,4 \end{matrix} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \begin{matrix} 0,149 \\ 0,4 \end{matrix} \right\} =$$

$$= 0,4$$

Interakční součinitel k_{yy} :

$$\begin{aligned}
k_{yy} &= \min \left\{ \begin{array}{l} C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \\ C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \end{array} \right\} = \\
&= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 \cdot \left(1 + (1,273 - 0,2) \cdot \frac{229,61}{0,485 \cdot 12581,20 / 1,00} \right) \\ 0,4 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{229,61}{0,485 \cdot 12581,20 / 1,00} \right) \end{array} \right\} = \\
&= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,416 \\ 0,412 \end{array} \right\} = \\
&= 0,412
\end{aligned}$$

Interakční součinitel k_{zy} :

$$\begin{aligned}
k_{zy} &= \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \\ 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \end{array} \right\} = \\
&= \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 \cdot 0,512}{0,4 - 0,25} \cdot \frac{229,61}{0,879 \cdot 12581,20 / 1,00} \\ 1 - \frac{0,1}{0,4 - 0,25} \cdot \frac{229,61}{0,879 \cdot 12581,20 / 1,00} \end{array} \right\} = \\
&= \max \left\{ \begin{array}{l} 0,993 \\ 0,986 \end{array} \right\} = \\
&= 0,993
\end{aligned}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed,y}}{\chi_{LT} \cdot M_{Rk,y}} \leq 1,000$$

$$\frac{229,61}{0,485 \cdot 12581,20} + 0,412 \cdot \frac{505,21}{0,949 \cdot 2816,22} \leq 1,000$$

$$\frac{229,61}{1,00} + 0,412 \cdot \frac{505,21}{1,00} \leq 1,000$$

$$0,116 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed,y}}{\chi_{LT} \cdot M_{Rk,y}} \leq 1,000$$

$$\frac{229,61}{0,879 \cdot 12581,20} + 0,993 \cdot \frac{505,21}{0,949 \cdot 2816,22} \leq 1,000$$

$$\frac{229,61}{1,00} + 0,993 \cdot \frac{505,21}{1,00} \leq 1,000$$

$$0,208 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.2.7 Posouzení na MSP:**4.2.7.1 Největší svislý průhyb:****Vstupní údaje:**

$$w_z = 34,10 \text{ mm}$$

$$w_y = 23,90 \text{ mm}$$

$$L = 11500 \text{ mm}$$

Mezní hodnota svislého průhybu:

$$\delta = \frac{L}{300} = \frac{11500}{300} = 38,33 \text{ mm}$$

Posouzení:

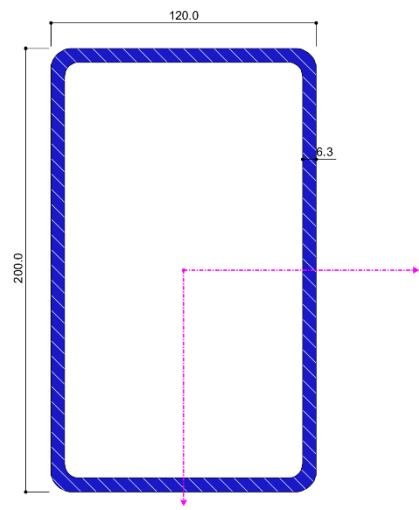
$$w_z = 34,10 \text{ mm} \leq \delta = 38,33 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$w_y = 23,90 \text{ mm} \leq \delta = 38,33 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.3 Horní pás vazníku – TR OBD 200x120x6,3:

4.3.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:

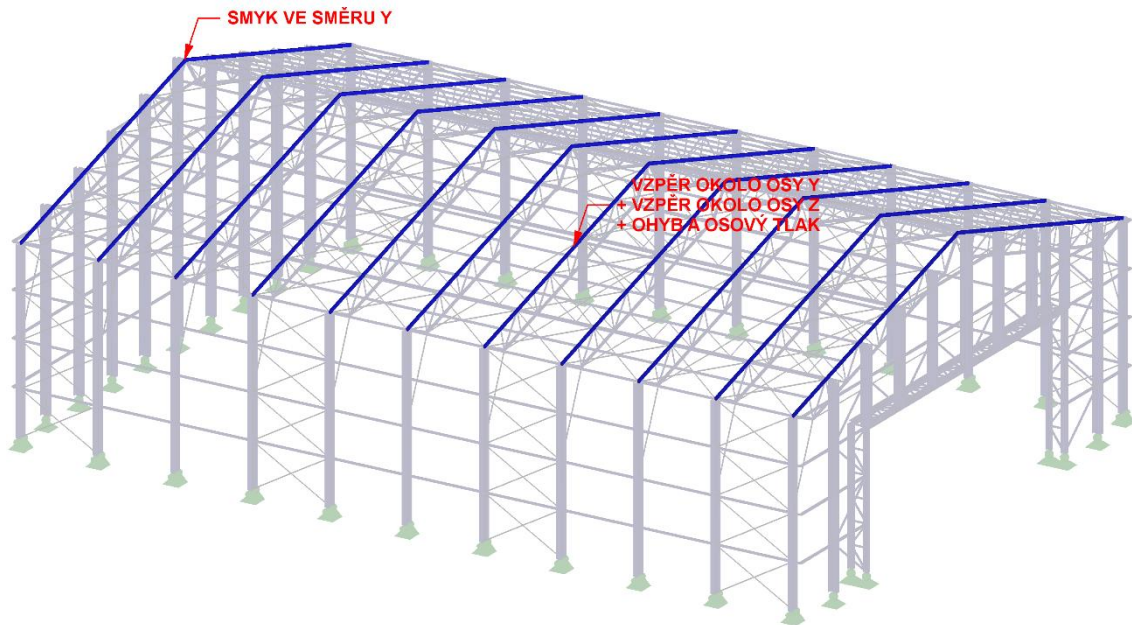
průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Jmenovitá výška vnější hrany	h	200,0	mm
Jmenovitá délka vnější hrany	b	120,0	mm
Tloušťka stěny	t	6,3	mm
Plocha průřezu	A	3830,0	mm ²
Smyková plocha	A _{v,y}	1436,3	mm ²
Smyková plocha	A _{v,z}	2393,8	mm ²
Moment setrvačnosti	I _y	2,0650E+07	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I _z	9,2900E+06	mm ⁴
Moment tuhosti v kroucení	I _t	2,0280E+07	mm ⁴
Výsečový moment setrvačnosti	I _ω	2,6820E+09	mm ⁶
Elastický průřezový modul	W _y	2,0700E+05	mm ³
Elastický průřezový modul	W _z	1,5500E+05	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,y}	2,5300E+05	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,z}	1,7700E+05	mm ³
Vzpěrná křivka podle EN	VK _{y,EN}	a	
Vzpěrná křivka podle EN	VK _{z,EN}	a	
materiálová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Modul pružnosti v tahu	E	210	GPa
Jmenovitá mez kluzu	f _y	355	MPa



4.3.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:

max / min	síly [kN]			oh. momenty [kNm]		příslušná KZ
	N	V _y	V _z	M _y	M _z	
max N	287,13	0,67	-1,72	-0,57	-0,28	KZ368
min N	-675,76	-0,11	-4,00	1,61	0,17	KZ86
max V _y	109,09	20,83	3,20	-0,63	4,17	KZ368
min V _y	-3,98	-24,35	0,70	0,00	-4,31	KZ357
max V _z	-481,83	2,07	13,71	0,00	-0,01	KZ86
min V _z	-427,95	7,23	-12,28	0,00	0,00	KZ86
max M _y	-675,56	-0,11	-3,29	8,24	-0,03	KZ86
min M _y	286,98	0,67	-2,25	-4,19	-1,51	KZ368
max M _z	-8,05	-7,32	-0,27	0,06	9,93	KZ357
min M _z	-358,94	-7,06	1,91	0,79	-11,18	KZ88

4.3.3 Přehled posuzovaných prvků:



4.3.4 Určení třídy průřezu:

Součinitel závisející na f_y :

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Poměr c/t :

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{94,8}{6,3} = 15,05$$

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{174,8}{6,3} = 27,75$$

$$\frac{c}{t} = 27,75 \leq 38 \cdot \varepsilon = 38 \cdot 0,814 = 30,93 \rightarrow \text{průřez je třídy 2}$$

4.3.5 Posouzení na MSÚ:

4.3.5.1 Smyk ve směru y:

Působící účinky a další vstupní údaje:

$$V_{Ed,y} = 24,35 \text{ kN}$$

Únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd,y} = \frac{A_{v,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1436,3 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 1,00} = 294,38 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed,y}}{V_{c,Rd,y}} \leq 1,000$$

$$\frac{24,35}{294,38} \leq 1,000$$

$$0,083 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\leq 0,500 \rightarrow \text{není třeba redukovat ohybovou únosnost}$$

4.3.5.3 Vzpěr okolo osy y:

Působící účinky a další vstupní údaje:

$$N_{Ed} = 675,56 \text{ kN}$$

$$L_{cr,y} = 1,820 \text{ m}$$

Eulerova kritická síla:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 2,0650 \cdot 10^{-5}}{1,820^2} = 12921,01 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{3830 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{12921,01}} = 0,324$$

Pomocný součinitel:

$$\begin{aligned}\phi_y &= 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^{-2} \right] = \\ &= 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 \cdot (0,324 - 0,2) + 0,324^2 \right] = \\ &= 0,566\end{aligned}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^{-2}}} = \frac{1}{0,566 + \sqrt{0,566^2 - 0,324^2}} = 0,972$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,972 \cdot 3830 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00} = 1321,21 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\begin{aligned}\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} &\leq 1,000 \\ \frac{675,56}{1321,21} &\leq 1,000 \\ 0,511 &\leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}\end{aligned}$$

4.3.5.4 Vzpěr okolo osy z:**Působící účinky a další vstupní údaje:**

$$N_{Ed} = 675,56 \text{ kN}$$

$$L_{cr,z} = 3,640 \text{ m}$$

Eulerova kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 9,2900 \cdot 10^{-6}}{3,640^2} = 1453,22 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{3830 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1453,22}} = 0,967$$

Pomocný součinitel:

$$\begin{aligned}\phi_z &= 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right] = \\ &= 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 \cdot (0,967 - 0,2) + 0,967^2 \right] = \\ &= 1,048\end{aligned}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,048 + \sqrt{1,048^2 - 0,967^2}} = 0,688$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,688 \cdot 3830 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00} = 935,96 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\begin{aligned}\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} &\leq 1,000 \\ \frac{675,56}{935,96} &\leq 1,000 \\ 0,722 &\leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}\end{aligned}$$

4.3.5.5 Ohyb a osový tlak:**Působící účinky a další vstupní údaje:**

$$N_{Ed} = 675,56 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y} = 8,24 \text{ kNm}$$

Charakteristická hodnota osové únosnosti v tlaku:

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 3830 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3 = 1359,65 \text{ kN}$$

Charakteristická hodnota únosnosti v ohybu k ose y:

$$M_{Rk,y} = W_{pl,y} \cdot f_y = 2,5300 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^3 = 89,82 \text{ kNm}$$

Poměrná štíhlost pro vzpěr okolo osy y:

$$\bar{\lambda}_y = 0,324 \rightarrow \text{viz 4.3.5.3}$$

Součinitel vzpěrnosti pro vzpěr okolo osy y:

$$\chi_y = 0,972 \rightarrow \text{viz 4.3.5.3}$$

Poměrná štíhlost pro vzpěr okolo osy z:

$$\bar{\lambda}_z = 0,967 \rightarrow \text{viz 4.3.5.4}$$

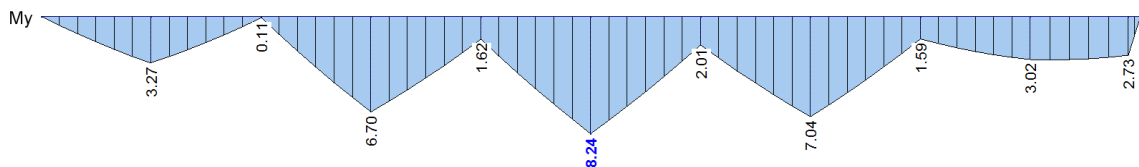
Součinitel vzpěrnosti pro vzpěr okolo osy z:

$$\chi_z = 0,688 \rightarrow \text{viz 4.3.5.4}$$

Součinitel klopení:

$$\chi_{LT} = 1,000 \rightarrow \text{průřez je tuhý v kroucení}$$

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu C_{my} :



Průběh momentu	Rozsah		C_{my} a C_{mz} a C_{mLT}
			soustředěné zatížení
<p>$\alpha_h = M_h / M_s$</p>	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,90 + 0,10\alpha_h$

$$M_h = 2,01 \text{ kNm}$$

$$M_s = 8,24 \text{ kNm}$$

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{2,01}{8,24} = 0,244$$

$$\psi = \frac{1,62}{2,01} = 0,806$$

$$C_{my} = 0,90 + 0,10 \cdot \alpha_h = 0,90 + 0,10 \cdot 0,244 = 0,924$$

Interakční součinitel k_{yy} :

$$\begin{aligned}
 k_{yy} &= \min \left\{ \begin{array}{l} C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \\ C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \end{array} \right\} = \\
 &= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,924 \cdot \left(1 + (0,324 - 0,2) \cdot \frac{675,56}{0,972 \cdot 1359,65 / 1,00} \right) \\ 0,924 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{675,56}{0,972 \cdot 1359,65 / 1,00} \right) \end{array} \right\} = \\
 &= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,983 \\ 1,302 \end{array} \right\} = \\
 &= 0,983
 \end{aligned}$$

Interakční součinitel k_{zy} :

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,983 = 0,590$$

Posouzení:

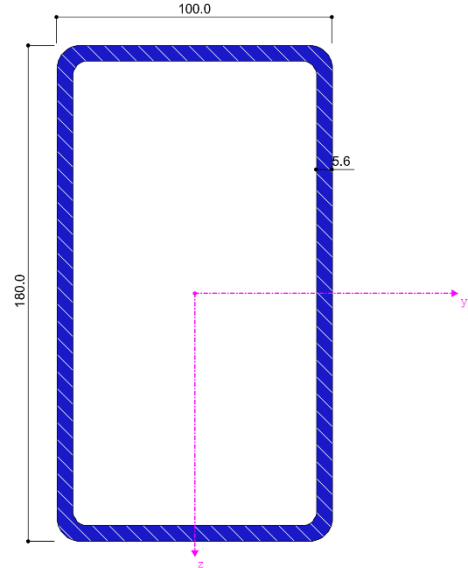
$$\begin{aligned}
 \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed,y}}{\chi_{LT} \cdot M_{Rk,y}} &\leq 1,000 \\
 \frac{675,56}{0,972 \cdot 1359,65} + 0,983 \cdot \frac{8,24}{1,000 \cdot 89,82} &\leq 1,000 \\
 \frac{675,56}{1,00} + 0,983 \cdot \frac{8,24}{1,00} &\leq 1,000 \\
 0,602 &\leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed,y}}{\chi_{LT} \cdot M_{Rk,y}} &\leq 1,000 \\
 \frac{675,56}{0,688 \cdot 1359,65} + 0,590 \cdot \frac{8,24}{1,000 \cdot 89,82} &\leq 1,000 \\
 \frac{675,56}{1,00} + 0,590 \cdot \frac{8,24}{1,00} &\leq 1,000 \\
 0,776 &\leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}
 \end{aligned}$$

4.4 Dolní pás vazníku – TR OBD 180x100x5,6:

4.4.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:

průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Jmenovitá výška vnější hrany	h	180,0	mm
Jmenovitá délka vnější hrany	b	100,0	mm
Tloušťka stěny	t	5,6	mm
Plocha průřezu	A	2980,0	mm ²
Smyková plocha	A _{v,y}	1064,3	mm ²
Smyková plocha	A _{v,z}	1915,7	mm ²
Moment setrvačnosti	I _y	1,2720E+07	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I _z	5,0600E+06	mm ⁴
Moment tuhosti v kroucení	I _t	1,1520E+07	mm ⁴
Výsečový moment setrvačnosti	I _ω	1,5220E+09	mm ⁶
Elastický průřezový modul	W _y	1,4100E+05	mm ³
Elastický průřezový modul	W _z	1,0100E+05	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,y}	1,7400E+05	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,z}	1,1500E+05	mm ³
Vzpěrná křivka podle EN	VK _{y,EN}	a	
Vzpěrná křivka podle EN	VK _{z,EN}	a	
materiálová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Modul pružnosti v tahu	E	210	GPa
Jmenovitá mez kluzu	f _y	355	MPa



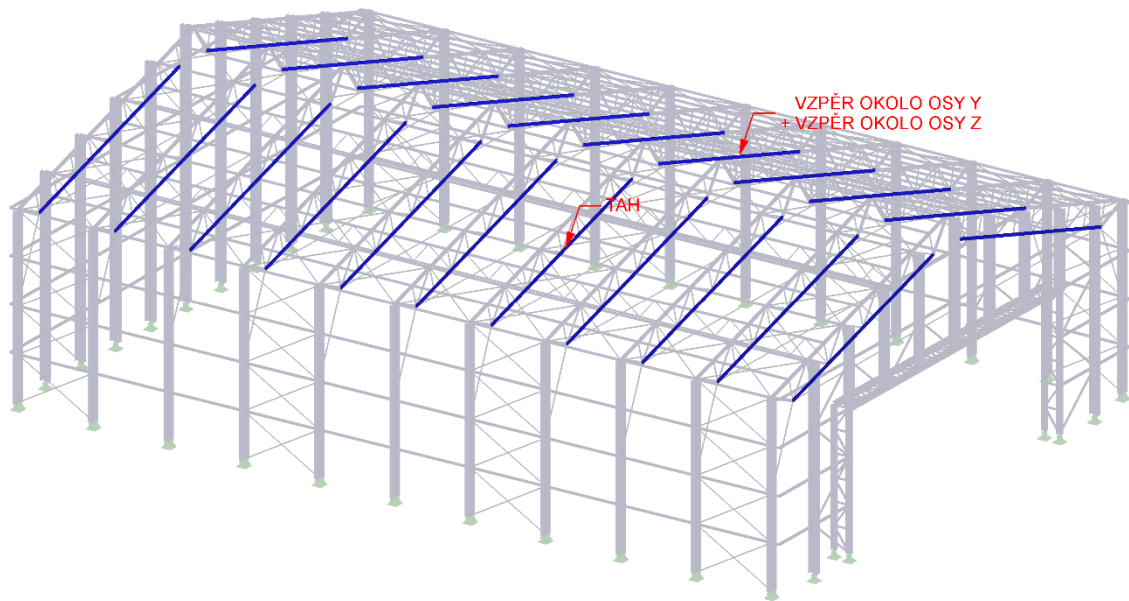
4.4.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:

max / min	síly [kN]			oh. momenty [kNm]		příslušná KZ
	N	V _y	V _z	M _y	M _z	
max N	322,87	-0,04	-0,44	3,49	-0,13	KZ86
min N	-121,83	0,10	0,37	-1,16	-0,12	KZ423
max V _y	37,76	0,16	0,28	1,07	0,59	KZ106
min V _y	7,36	0,19	0,01	-0,26	0,32	KZ421
max V _z	126,29	0,02	1,98	-0,11	0,53	KZ368
min V _z	126,22	0,03	1,98	-0,11	0,51	KZ368
max M _y	269,14	0,03	1,02	4,02	0,01	KZ86
min M _y	-93,68	0,08	1,20	-2,51	-0,49	KZ368
max M _z	125,24	0,03	0,52	-0,66	0,67	KZ421
min M _z	25,67	0,16	0,39	0,06	-0,79	KZ170

4.4.3 Extrémní hodnoty deformací v řezech prvku:

vztažná délka [m]	směr	deformace relativní L/w [-]	deformace absolutní w [mm]	příslušná KZ
35,00	z	495,75	70,60	KZ512

4.4.4 Přehled posuzovaných prvků:



4.4.5 Určení třídy průřezu:

Součinitel závisející na f_y :

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Poměr c/t :

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{77,6}{5,6} = 13,86$$

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{157,6}{5,6} = 28,14$$

$$\frac{c}{t} = 28,14 \leq 38 \cdot \varepsilon = 38 \cdot 0,814 = 30,93 \rightarrow \text{průřez je třídy 2}$$

4.4.6 Posouzení na MSÚ:

4.4.6.1 Tah:

Působící účinky a další vstupní údaje:

$$N_{Ed} = 322,87 \text{ kN}$$

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu v tahu:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2980 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00} = 1057,90 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{322,87}{1057,90} \leq 1,000$$

$$\underline{\underline{0,305 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}}}$$

4.4.6.2 Vzpěr okolo osy y:**Působící účinky a další vstupní údaje:**

$$N_{Ed} = 121,83 \text{ kN}$$

$$L_{cr,y} = 1,820 \text{ m}$$

Eulerova kritická síla:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 1,2720 \cdot 10^{-5}}{1,820^2} = 7959,09 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{2980 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{7959,09}} = 0,365$$

Pomocný součinitel:

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = \\ &= 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 \cdot (0,365 - 0,2) + 0,365^2 \right] = \\ &= 0,584 \end{aligned}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,584 + \sqrt{0,584^2 - 0,365^2}} = 0,962$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,962 \cdot 2980 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00} = 1017,58 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{121,83}{1017,58} \leq 1,000$$

$$0,120 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

4.4.6.3 Vzpěr okolo osy z:**Působící účinky a další vstupní údaje:**

$$N_{Ed} = 121,83 \text{ kN}$$

$$L_{cr,z} = 7,280 \text{ m}$$

Eulerova kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 5,0600 \cdot 10^{-6}}{7,280^2} = 197,88 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2980 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{197,88}} = 2,312$$

Pomocný součinitel:

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right] = \\ &= 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 \cdot (2,312 - 0,2) + 2,312^2 \right] = \\ &= 3,395 \end{aligned}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{3,395 + \sqrt{3,395^2 - 2,312^2}} = 0,170$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,170 \cdot 2980 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00} = 179,90 \text{ kN}$$

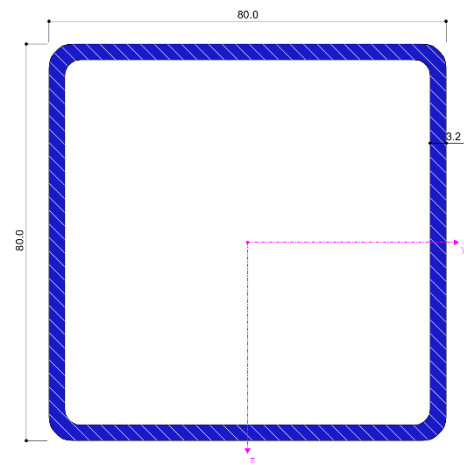
Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,000$$
$$\frac{121,83}{179,90} \leq 1,000$$
$$\underline{\underline{0,677 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}}}$$

4.5 Běžné diagonály vazníku – TR 4HR 80x3,2:

4.5.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:

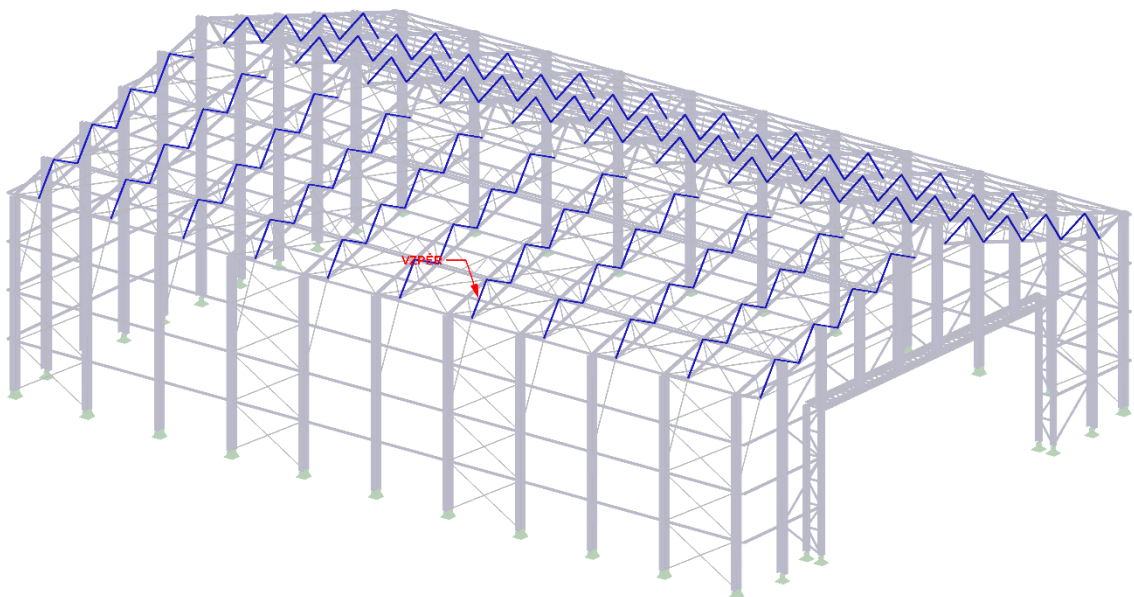
průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Jmenovitá délka vnější hrany	b	80,0	mm
Tloušťka stěny	t	3,2	mm
Plocha průřezu	A	972,0	mm ²
Smyková plocha	A _v	486,0	mm ²
Moment setrvačnosti	I	9,5000E+05	mm ⁴
Moment tuhosti v kroucení	I _t	1,4800E+06	mm ⁴
Výsečový moment setrvačnosti	I _ω	1,7111E+05	mm ⁶
Elastický průřezový modul	W	2,3700E+04	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl}	2,7900E+04	mm ³
Vzpěrná křivka podle EN	VK _{EN}	a	
materiálová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Modul pružnosti v tahu	E	210	GPa
Jmenovitá mez kluzu	f _y	355	MPa



4.5.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:

max / min	síly [kN]			oh. momenty [kNm]		příslušná KZ
	N	V _y	V _z	M _y	M _z	
max N	120,89	0,00	0,00	0,00	0,00	KZ368
min N	-164,27	0,00	0,00	0,00	0,00	KZ86

4.5.3 Přehled posuzovaných prvků:



4.5.4 Určení třídy průřezu:

Součinitel závisející na f_y :

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Poměr c/t :

$$\frac{c}{t} = \frac{67,2}{3,2} = 21,00$$

$$\frac{c}{t} = 21,00 \leq 33 \cdot \varepsilon = 33 \cdot 0,814 = 26,86 \rightarrow \text{průřez je třídy 1}$$

4.5.5 Posouzení na MSÚ:

4.5.5.1 Vzpěr:

Působící účinky a další vstupní údaje:

$$N_{Ed} = 164,27 \text{ kN}$$

$$L_{cr} = 2,322 \text{ m}$$

Eulerova kritická síla:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 9,5000 \cdot 10^{-7}}{2,322^2} = 365,19 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{972 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{365,19}} = 0,972$$

Pomocný součinitel:

$$\begin{aligned} \phi &= 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = \\ &= 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 \cdot (0,972 - 0,2) + 0,972^2 \right] = \\ &= 1,054 \end{aligned}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,054 + \sqrt{1,054^2 - 0,972^2}} = 0,685$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,962 \cdot 972 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00} = 236,39 \text{ kN}$$

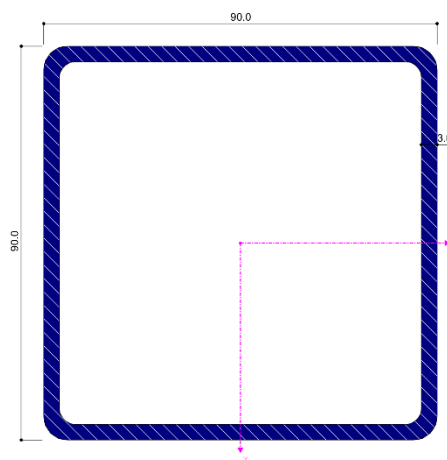
Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,000$$
$$\frac{164,27}{236,39} \leq 1,000$$
$$\underline{\underline{0,700 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}}}$$

4.6 Krajiní diagonály vazníku – TR 4HR 90x3,6:

4.6.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:

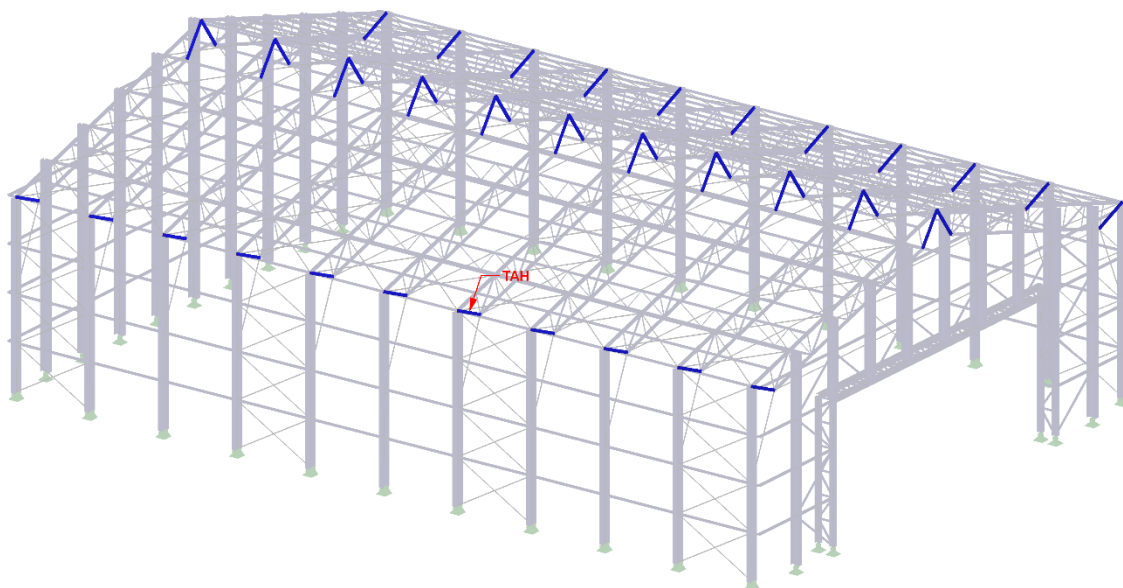
průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Jmenovitá délka vnější hrany	b	90,0	mm
Tloušťka stěny	t	3,6	mm
Plocha průřezu	A	1230,0	mm ²
Smyková plocha	A _v	615,0	mm ²
Moment setrvačnosti	I _y	1,5200E+06	mm ⁴
Moment tuhosti v kroucení	I _t	2,3700E+06	mm ⁴
Výsečový moment setrvačnosti	I _ω	3,4688E+05	mm ⁶
Elastický průřezový modul	W	3,3800E+04	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl}	3,9700E+04	mm ³
Vzpěrná křivka podle EN	VK _{EN}	a	
materiálová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Modul pružnosti v tahu	E	210	GPa
Jmenovitá mez kluzu	f _y	355	MPa



4.6.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:

max / min	síly [kN]			oh. momenty [kNm]		příslušná KZ
	N	V _y	V _z	M _y	M _z	
max N	335,21	0,00	0,00	0,00	0,00	KZ86
min N	-71,06	0,00	0,00	0,00	0,00	357

4.6.3 Přehled posuzovaných prvků:



4.6.4 Posouzení na MSÚ:

4.6.4.1 Tah:

Působící účinky a další vstupní údaje:

$$N_{Ed} = 335,21 \text{ kN}$$

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu v tahu:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1230 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00} = 436,65 \text{ kN}$$

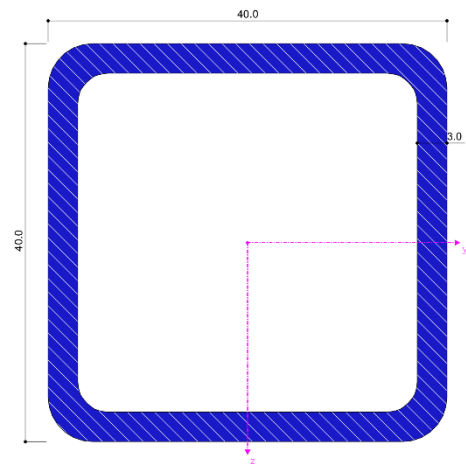
Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1,000$$
$$\frac{335,21}{436,65} \leq 1,000$$
$$\underline{\underline{0,768 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}}}$$

4.7 Svislice vazníku – TR 4HR 40x3:

4.7.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:

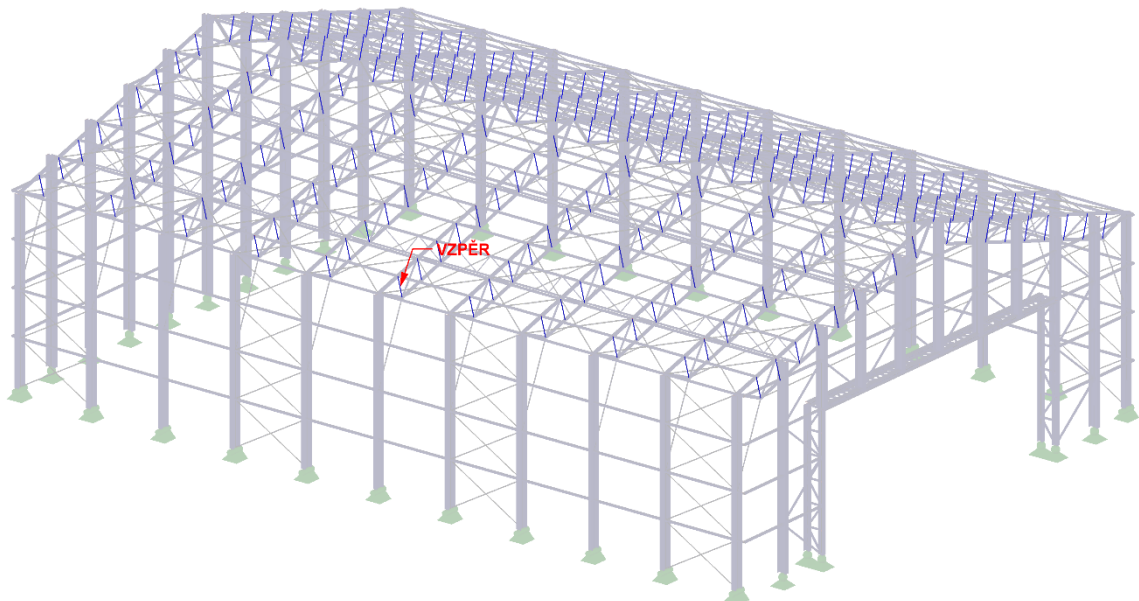
průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Jmenovitá délka vnější hrany	b	40,0	mm
Tloušťka stěny	t	3,0	mm
Plocha průřezu	A	434,0	mm ²
Smyková plocha	A _v	217,0	mm ²
Moment setrvačnosti	I	9,7800E+04	mm ⁴
Moment tuhosti v kroucení	I _t	1,5700E+05	mm ⁴
Výsečový moment setrvačnosti	I _ω	1,1484E+04	mm ⁶
Elastický průřezový modul	W	4,8900E+03	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl}	5,9700E+03	mm ³
Vzpěrná křivka podle EN	VK _{EN}	a	
materiálová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Modul pružnosti v tahu	E	210	GPa
Jmenovitá mez kluzu	f _y	355	MPa



4.7.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:

max / min	síly [kN]			oh. momenty [kNm]		příslušná KZ
	N	V _y	V _z	M _y	M _z	
max N	21,83	0,00	0,00	0,00	0,00	KZ421
min N	-23,03	0,00	0,00	0,00	0,00	KZ96

4.7.3 Přehled posuzovaných prvků:



4.7.4 Určení třídy průřezu:

Součinitel závisející na f_y :

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Poměr c/t :

$$\frac{c}{t} = \frac{28,0}{3,0} = 9,33$$

$$\frac{c}{t} = 9,33 \leq 33 \cdot \varepsilon = 33 \cdot 0,814 = 26,86 \rightarrow \text{průřez je třídy 1}$$

4.7.5 Posouzení na MSÚ:

4.7.5.1 Vzpěr:

Působící účinky a další vstupní údaje:

$$N_{Ed} = 23,03 \text{ kN}$$

$$L_{cr} = 1,442 \text{ m}$$

Eulerova kritická síla:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^6 \cdot 9,7800 \cdot 10^{-8}}{1,442^2} = 97,48 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{434 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{97,48}} = 1,257$$

Pomocný součinitel:

$$\begin{aligned} \phi &= 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] = \\ &= 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 \cdot (1,257 - 0,2) + 1,257^2 \right] = \\ &= 1,401 \end{aligned}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,401 + \sqrt{1,401^2 - 1,257^2}} = 0,495$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,495 \cdot 434 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00} = 76,27 \text{ kN}$$

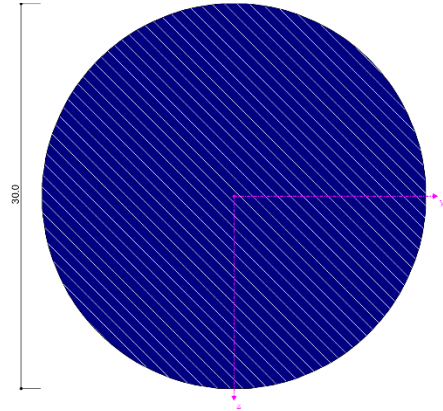
Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,000$$
$$\frac{23,03}{76,27} \leq 1,000$$
$$\underline{\underline{0,302 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}}}$$

4.8 Táhla vazníku – tyč KR 30:

4.8.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:

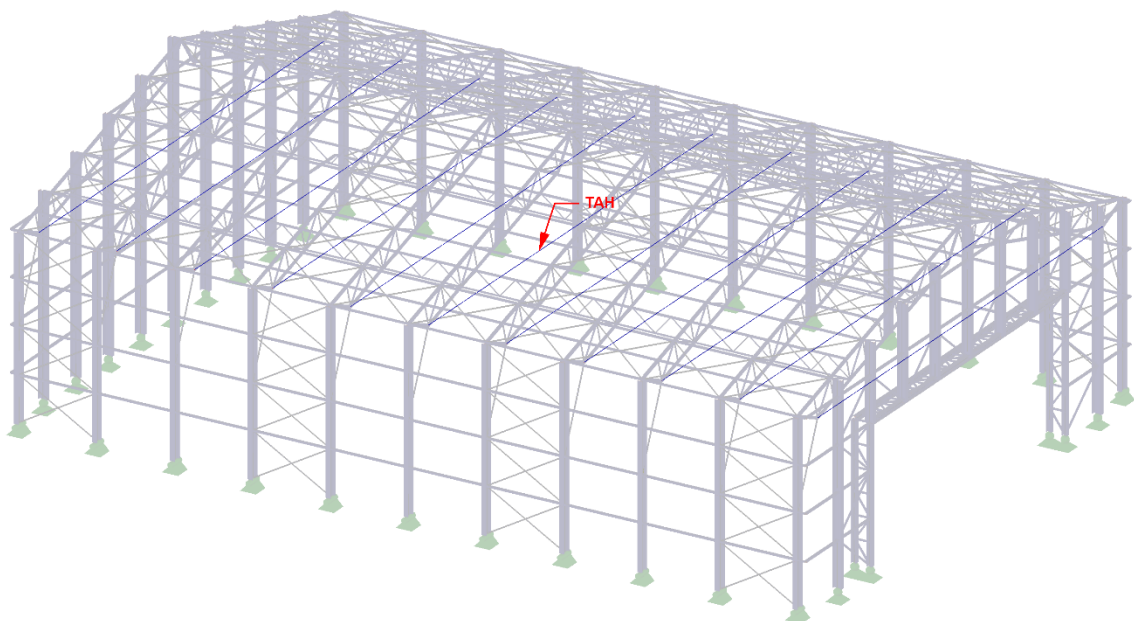
průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Průměr	d	30,0	mm
Plocha průřezu	A	707,0	mm ²
Smyková plocha	A _v	593,9	mm ²
Moment setrvačnosti	I	3,9761E+04	mm ⁴
Moment tuhosti v kroucení	I _t	7,9522E+04	mm ⁴
Elastický průřezový modul	W	2,6507E+03	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl}	4,5000E+03	mm ³
Vzpěrná křivka podle EN	VK _{EN,S460}	C	
materiálová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Modul pružnosti v tahu	E	210	GPa
Jmenovitá mez kluzu	f _y	460	MPa



4.8.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:

max / min	síly [kN]			oh. momenty [kNm]		příslušná KZ
	N	V _y	V _z	M _y	M _z	
max N	296,58	0,00	0,00	0,00	0,00	KZ9
min N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	KZ368

4.8.3 Přehled posuzovaných prvků:



4.8.4 Posouzení na MSÚ:

4.8.4.1 Tah:

Působící účinky a další vstupní údaje:

$$N_{Ed} = 296,58 \text{ kN}$$

Únosnost v tahu:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{707 \cdot 10^{-6} \cdot 460 \cdot 10^3}{1,00} = 325,22 \text{ kN}$$

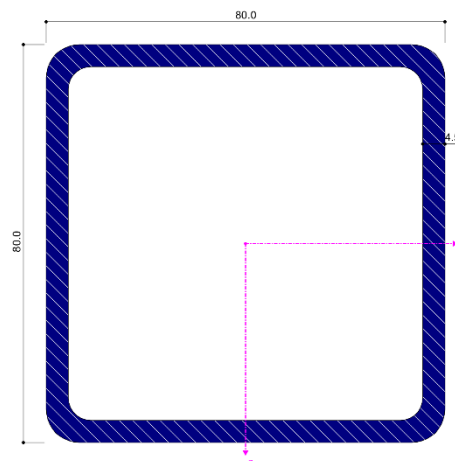
Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,000$$
$$\frac{296,58}{325,22} \leq 1,000$$
$$\underline{\underline{0,912 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}}}$$

4.9 Jistící šikmé pruty vazníků – TR 4HR 80x4,5:

4.9.1 Průřezové a materiálové charakteristiky:

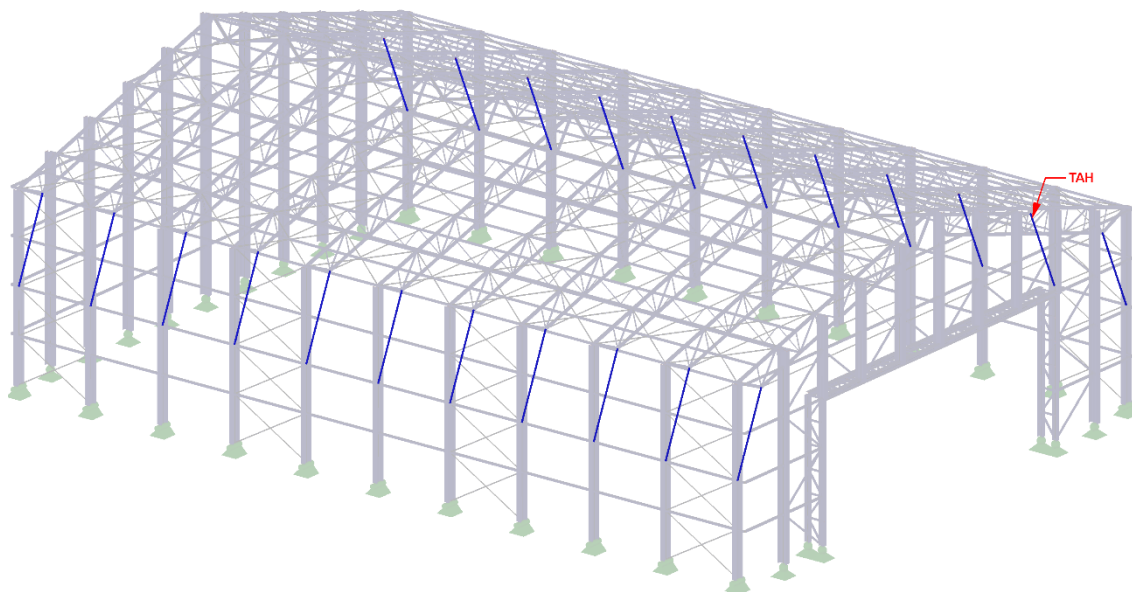
průřezová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Jmenovitá délka vnější hrany	b	80,0	mm
Tloušťka stěny	t	4,5	mm
Plocha průřezu	A	1340,0	mm ²
Smyková plocha	A _v	670,0	mm ²
Moment setrvačnosti	I	1,2600E+06	mm ⁴
Moment tuhosti v kroucení	I _t	1,9900E+06	mm ⁴
Výsečový moment setrvačnosti	I _ω	3,9272E+05	mm ⁶
Elastický průřezový modul	W	3,1500E+04	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl}	3,7600E+04	mm ³
Vzpěrná křivka podle EN	VK _{EN}	a	
materiálová charakteristika	symbol	hodnota	jednotky
Modul pružnosti v tahu	E	210	GPa
Jmenovitá mez kluzu	f _y	355	MPa



4.9.2 Extrémní hodnoty namáhání v řezech prvku:

max / min	síly [kN]			oh. momenty [kNm]		příslušná KZ
	N	V _y	V _z	M _y	M _z	
max N	210,06	0,00	0,00	0,00	0,00	KZ368
min N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	KZ83

4.9.3 Přehled posuzovaných prvků:



4.9.4 Posouzení na MSÚ:

4.9.4.1 Tah:

Působící účinky a další vstupní údaje:

$$N_{Ed} = 210,06 \text{ kN}$$

Únosnost v tahu:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1340 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00} = 475,70 \text{ kN}$$

Posouzení:

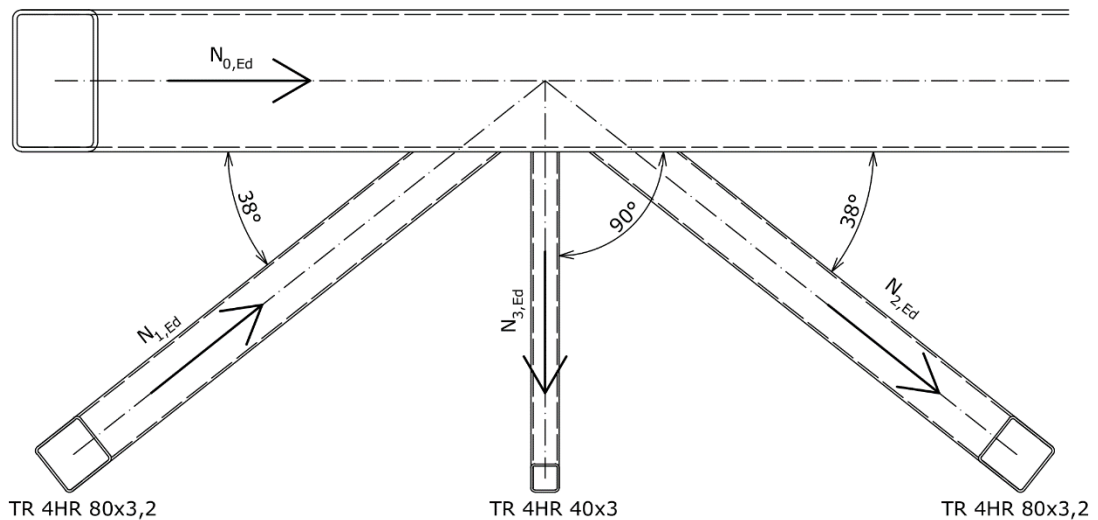
$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,000$$
$$\frac{210,06}{475,70} \leq 1,000$$
$$\underline{\underline{0,442 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}}}$$

5. Posouzení spojů:

5.1 Připojení diagonál a svislice k hornímu pásu vazníku:

5.1.1 Schéma detailu připojení a velikost vnitřních sil:

TR OBD 200x120x6,3



$$N_{0,Ed} = -586,09 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} = -164,27 \text{ kN}$$

$$N_{2,Ed} = 117,13 \text{ kN}$$

$$N_{3,Ed} = 1,53 \text{ kN}$$

pozn. všechny síly působí v KZ86

5.1.2 Porušení styčnicku:

5.1.2.1 Ověření tab. 7.8 a 7.9 ČSN EN 1993-1-8:

Diagonály:

Vstupní údaje:

$$h_0 = 200 \text{ mm} \quad h_1 = h_2 = 80 \text{ mm}$$

$$b_0 = 120 \text{ mm} \quad b_1 = b_2 = 80 \text{ mm}$$

$$t_0 = 6,3 \text{ mm} \quad t_1 = t_2 = 3,2 \text{ mm}$$

$$g = 123,6 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{4 \cdot 80}{4 \cdot 120} = 0,67$$

Ověření podmínek:

- 1) $b_i / b_0 = 80 / 120 = 0,67 \geq 0,25 \rightarrow$ platí
 $b_i / b_0 \geq 0,1 + 0,01 \cdot b_0 / t_0$
 $80 / 120 = 0,67 \geq 0,1 + 0,01 \cdot 120 / 6,3 = 0,29 \rightarrow$ platí
- 2) $b_i / t_i = 80 / 3,2 = 25 \leq 35 \rightarrow$ platí
 $h_i / t_i = 80 / 3,2 = 25 \leq 35 \rightarrow$ platí
max. třída 2 \rightarrow platí
- 3) $0,50 \leq h_0 / b_0 = 200 / 120 = 1,67 \leq 2,00 \rightarrow$ platí
 $0,50 \leq h_i / b_i = 80 / 80 = 1,00 \leq 2,00 \rightarrow$ platí
- 4) $b_0 / t_0 = 120 / 6,3 = 19,05 \leq 35 \rightarrow$ platí
 $h_0 / t_0 = 200 / 6,3 = 31,75 \leq 35 \rightarrow$ platí
max. třída 2 \rightarrow platí
- 5) $g / b_0 = 123,6 / 120 = 1,03 \geq 0,5 \cdot (1 - \beta) = 0,5 \cdot (1 - 0,67) = 0,17 \rightarrow$ platí
 $g / b_0 = 123,6 / 120 = 1,03 \leq 1,5 \cdot (1 - \beta) = 1,5 \cdot (1 - 0,67) = 0,50 \rightarrow$ neplatí
- 6) $0,6 \leq \frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{80 + 80}{2 \cdot 80} = 1,00 \leq 1,3 \rightarrow$ platí
- 7) $b_0 / t_0 = 120 / 6,3 = 19,05 \geq 15 \rightarrow$ platí

Jsou splněny všechny podmínky, kromě podmínky v bodě č. 5. Ta však není zavazující a umožňuje nám v tomto případě výpočet K styčnicku podle tab. 7.10 jako dva oddělené styčníky T nebo Y.

Svislice:**Vstupní údaje:**

$$h_0 = 200 \text{ mm} \quad h_3 = 40 \text{ mm}$$

$$b_0 = 120 \text{ mm} \quad b_3 = 40 \text{ mm}$$

$$t_0 = 6,3 \text{ mm} \quad t_3 = 3 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{b_3}{b_0} = \frac{40}{120} = 0,33$$

Ověření podmínek:

- 1) $b_3 / b_0 = 40 / 120 = 0,33 \geq 0,25 \rightarrow$ platí
- 2) $b_3 / t_3 = 40 / 3 = 13,33 \leq 35 \rightarrow$ platí
 $h_3 / t_3 = 40 / 3 = 13,33 \leq 35 \rightarrow$ platí
 max. třída 2 \rightarrow platí
- 3) $0,50 \leq h_0 / b_0 = 200 / 120 = 1,67 \leq 2,00 \rightarrow$ platí
 $0,50 \leq h_3 / b_3 = 40 / 40 = 1,00 \leq 2,00 \rightarrow$ platí
- 4) $b_0 / t_0 = 120 / 6,3 = 19,05 \leq 35 \rightarrow$ platí
 $h_0 / t_0 = 200 / 6,3 = 31,75 \leq 35 \rightarrow$ platí
 max. třída 2 \rightarrow platí
- 5) $b_3 / b_0 = 40 / 120 = 0,33 \leq 0,85 \rightarrow$ platí
- 6) $b_0 / t_0 = 120 / 6,3 = 19,05 \geq 10 \rightarrow$ platí

Jsou splněny všechny podmínky. Můžeme počítat T styčník dle tab. 7.10.

5.1.2.2 Únosnost dle tab. 7.10 a 7.14:**Diagonály – 2 oddělené T styčníky:****Součinitel poměru napětí v pásu n:**

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{586,09 \cdot 10^3}{3830} = 153,03 \text{ MPa}$$

$$n = (\sigma_{0,Ed} / f_{y0}) / \gamma_{M5} = (153,03 / 355) / 1,00 = 0,431$$

Součinitel k_n pro tlak v pásovém prutu ($n > 0$):

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,431}{0,67} = 1,042 > 1,0 \rightarrow k_n = 1,0$$

Únosnost při porušení povrchu pásu ($\beta \leq 0,85$):

$$\begin{aligned}
 N_{1,Rd} &= \frac{k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{(1-\beta) \cdot \sin \theta_1} \left(\frac{2 \cdot \beta}{\sin \theta_1} + 4\sqrt{1-\beta} \right) / \gamma_{M5} = \\
 &= \frac{1,0 \cdot 355 \cdot 10^3 \cdot (6,3 \cdot 10^{-3})^2}{(1-0,67) \cdot \sin 38^\circ} \left(\frac{2 \cdot 0,67}{\sin 38^\circ} + 4\sqrt{1-0,67} \right) / 1,00 = \\
 &= 310,30 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Posouzení:

$$\begin{aligned}
 \frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} &\leq 1,000 \\
 \frac{167,27}{310,30} &\leq 1,000 \\
 0,540 &\leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}
 \end{aligned}$$

Svislice – T styčník:**Součinitel k_n pro tlak v pásovém prutu ($n > 0$):**

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,431}{0,33} = 0,783$$

Únosnost při porušení povrchu pásu ($\beta \leq 0,85$):

$$\begin{aligned}
 N_{3,Rd} &= \frac{k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{(1-\beta) \cdot \sin \theta_1} \left(\frac{2 \cdot \beta}{\sin \theta_1} + 4\sqrt{1-\beta} \right) / \gamma_{M5} = \\
 &= \frac{0,783 \cdot 355 \cdot 10^3 \cdot (6,3 \cdot 10^{-3})^2}{(1-0,33) \cdot \sin 90^\circ} \left(\frac{2 \cdot 0,33}{\sin 90^\circ} + 4\sqrt{1-0,33} \right) / 1,00 = \\
 &= 65,06 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Posouzení:

$$\begin{aligned}
 \frac{N_{3,Ed}}{N_{3,Rd}} &\leq 1,000 \\
 \frac{1,53}{65,06} &\leq 1,000 \\
 0,024 &\leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}
 \end{aligned}$$

KT styčník:**Součinitel poměru napětí v pásu n:**

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{586,09 \cdot 10^3}{3830} = 153,03 \text{ MPa}$$

$$n = (\sigma_{0,Ed} / f_{y0}) / \gamma_{M5} = (153,03 / 355) / 1,00 = 0,431$$

Součinitel k_n pro tlak v pásovém prutu ($n > 0$):

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,431}{0,67} = 1,042 > 1,0 \rightarrow k_n = 1,0$$

Poměr šířky pásu k dvojnásobku tloušťky jeho stojny:

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{120}{2 \cdot 6,3} = 9,52$$

Únosnost při porušení povrchu pásu ($\beta \leq 0,85$):

$$\begin{aligned} N_{1,Rd} &= \frac{8,9 \cdot k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma} \left(\frac{b_1 + b_2 + b_3 + h_1 + h_2 + h_3}{6 \cdot b_0} \right)}{\sin \theta_1} / \gamma_{M5} = \\ &= \frac{8,9 \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 10^3 \cdot (6,3 \cdot 10^{-3})^2 \cdot \sqrt{9,52} \left(\frac{4 \cdot 80 + 2 \cdot 40}{6 \cdot 120} \right)}{\sin 38^\circ} / 1,00 = \\ &= 346,13 \text{ kN} \end{aligned}$$

Posouzení:

$$\begin{aligned} N_{1,Ed} \cdot \sin \theta_1 + N_{3,Ed} \cdot \sin \theta_3 &\leq N_{1,Rd} \cdot \sin \theta_1 \\ 164,27 \cdot \sin 38^\circ + 1,53 \cdot \sin 90^\circ &\leq 346,13 \cdot \sin 38^\circ \\ 103,57 \text{ kN} &\leq 215,00 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhovuje} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{2,Ed} \cdot \sin \theta_2 &\leq N_{1,Rd} \cdot \sin \theta_1 \\ 117,13 \cdot \sin 90^\circ &\leq 346,13 \cdot \sin 38^\circ \\ 72,76 \text{ kN} &\leq 215,00 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhovuje} \end{aligned}$$

5.1.3 Návrh a posouzení svarů:

Diagonály:

Vstupní údaje:

$$N_{1,Ed} = 164,27 \text{ kN} \rightarrow \text{max. osová síla (KZ86)}$$

$$\theta = 38^\circ$$

$$t_0 = 6,3 \text{ mm}$$

$$t_1 = t_2 = 3,2 \text{ mm}$$

Návrh geometrie svaru:

$$t_{\min} = \min\{t_0; t_1\} = \min\{6,3; 3,2\} = 3,2 \text{ mm}$$

$$t_{\max} = \max\{t_0; t_1\} = \max\{6,3; 3,2\} = 6,3 \text{ mm}$$

$$a_{\min} = 3 \text{ mm} \rightarrow \text{pro } t_{\max} \leq 10 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 3,2 = 3,5 \text{ mm}$$

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

$$L = 4 \cdot (80 - 2 \cdot 4,8) + 2 \cdot \pi \cdot 4,8 = 312 \text{ mm}$$

$$A_w = L \cdot a = 312 \cdot 3 = 936 \text{ mm}^2$$

Rozklad sil:

$$N_{\parallel} = N_{Ed} \cdot \cos \theta = 164,27 \cdot \cos 38^\circ = 129,45 \text{ kN}$$

$$N_{\perp} = N_{Ed} \cdot \sin \theta = 164,27 \cdot \sin 38^\circ = 101,13 \text{ kN}$$

Složky napětí ve svaru:

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{A_w} = \frac{129,45 \cdot 10^3}{936} = 138,30 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N_{\perp}}{A_w \cdot \sqrt{2}} = \frac{101,13 \cdot 10^3}{936 \cdot \sqrt{2}} = 76,40 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{76,40^2 + 3 \cdot 76,40^2 + 3 \cdot 138,30^2} \leq \frac{490}{0,90 \cdot 1,25}$$

$$284,13 \text{ MPa} \leq 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$76,40 \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$76,40 \text{ MPa} \leq 352,80 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Svislice:**Vstupní údaje:**

$$N_{3,Ed} = 23,03 \text{ kN} \rightarrow \text{max. osová síla (KZ96)}$$

$$\theta = 90^\circ$$

$$t_0 = 6,3 \text{ mm}$$

$$t_3 = 3 \text{ mm}$$

Návrh geometrie svaru:

$$t_{\min} = \min\{t_0; t_1\} = \min\{6,3; 3\} = 3 \text{ mm}$$

$$t_{\max} = \max\{t_0; t_1\} = \max\{6,3; 3\} = 6,3 \text{ mm}$$

$$a_{\min} = 3 \text{ mm} \rightarrow \text{pro } t_{\max} \leq 10 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 3 = 3,3 \text{ mm}$$

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

$$L = 4 \cdot (40 - 2 \cdot 4,5) + 2 \cdot \pi \cdot 4,5 = 152 \text{ mm}$$

$$A_w = L \cdot a = 152 \cdot 3 = 456 \text{ mm}^2$$

Rozklad sil:

$$N_{\parallel} = N_{Ed} \cdot \cos \theta = 23,03 \cdot \cos 90^\circ = 0 \text{ kN}$$

$$N_{\perp} = N_{Ed} \cdot \sin \theta = 23,03 \cdot \sin 90^\circ = 23,03 \text{ kN}$$

Složky napětí ve svaru:

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{A_w} = \frac{0 \cdot 10^3}{456} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N_{\perp}}{A_w \cdot \sqrt{2}} = \frac{23,03 \cdot 10^3}{456 \cdot \sqrt{2}} = 35,71 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{35,71^2 + 3 \cdot 35,71^2 + 3 \cdot 0^2} \leq \frac{490}{0,90 \cdot 1,25}$$

$$71,42 \text{ MPa} \leq 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

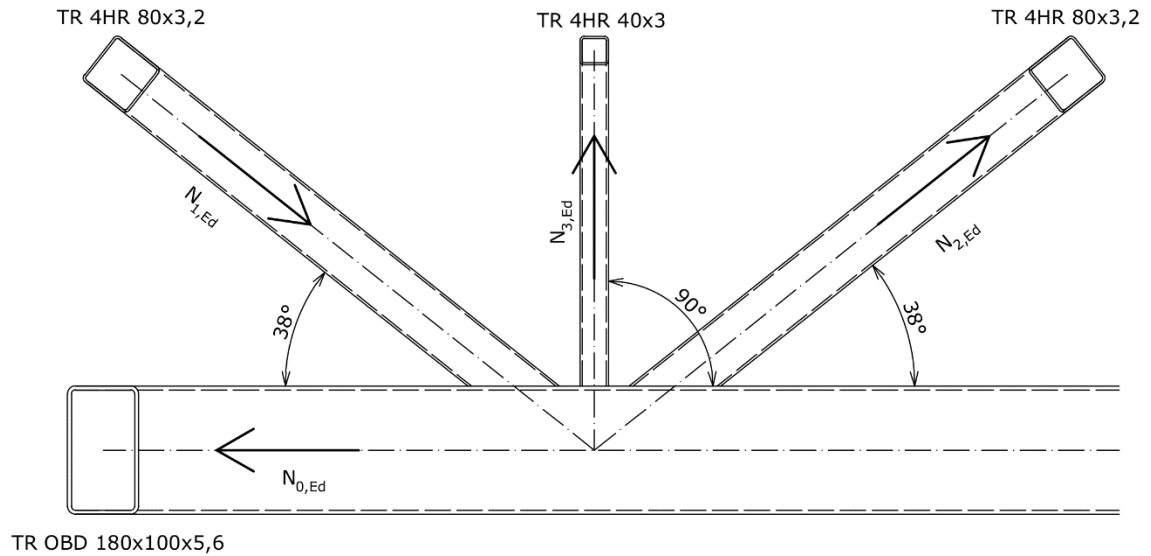
$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$35,71 \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$35,71 \text{ MPa} \leq 352,80 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.2 Připojení diagonál a svislice k dolnímu pásu vazníku:

5.2.1 Schéma detailu připojení a velikost vnitřních sil:



$$N_{0,Ed} = 268,82 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} = -88,63 \text{ kN}$$

$$N_{2,Ed} = 117,13 \text{ kN}$$

$$N_{3,Ed} = 2,67 \text{ kN}$$

pozn. všechny síly působí v KZ86

5.2.2 Porušení styčnicku:

5.2.2.1 Ověření tab. 7.8 a 7.9 ČSN EN 1993-1-8:

Diagonály:

Vstupní údaje:

$$h_0 = 180 \text{ mm} \quad h_1 = h_2 = 80 \text{ mm}$$

$$b_0 = 100 \text{ mm} \quad b_1 = b_2 = 80 \text{ mm}$$

$$t_0 = 5,6 \text{ mm} \quad t_1 = t_2 = 3,2 \text{ mm}$$

$$g = 98,3 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4 \cdot b_0} = \frac{4 \cdot 80}{4 \cdot 100} = 0,80$$

Ověření podmínek:

$$1) \quad b_i / b_0 = 80 / 100 = 0,80 \geq 0,25 \rightarrow \text{platí}$$

$$b_i / b_0 \geq 0,1 + 0,01 \cdot b_0 / t_0$$

$$80 / 100 = 0,80 \geq 0,1 + 0,01 \cdot 100 / 5,6 = 0,28 \rightarrow \text{platí}$$

$$2) \quad b_i / t_i = 80 / 3,2 = 25 \leq 35 \rightarrow \text{platí}$$

$$h_i / t_i = 80 / 3,2 = 25 \leq 35 \rightarrow \text{platí}$$

max. třída 2 \rightarrow platí

$$3) \quad 0,50 \leq h_0 / b_0 = 180 / 100 = 1,80 \leq 2,00 \rightarrow \text{platí}$$

$$0,50 \leq h_i / b_i = 80 / 80 = 1,00 \leq 2,00 \rightarrow \text{platí}$$

$$4) \quad b_0 / t_0 = 100 / 5,6 = 17,86 \leq 35 \rightarrow \text{platí}$$

$$h_0 / t_0 = 180 / 5,6 = 32,14 \leq 35 \rightarrow \text{platí}$$

max. třída 2 \rightarrow platí

$$5) \quad g / b_0 = 98,3 / 100 = 0,98 \geq 0,5 \cdot (1 - \beta) = 0,5 \cdot (1 - 0,80) = 0,10 \rightarrow \text{platí}$$

$$g / b_0 = 98,3 / 100 = 0,98 \leq 1,5 \cdot (1 - \beta) = 1,5 \cdot (1 - 0,80) = 0,30 \rightarrow \text{neplatí}$$

$$6) \quad 0,6 \leq \frac{b_1 + b_2}{2 \cdot b_1} = \frac{80 + 80}{2 \cdot 80} = 1,00 \leq 1,3 \rightarrow \text{platí}$$

$$7) \quad b_0 / t_0 = 100 / 5,6 = 17,86 \geq 15 \rightarrow \text{platí}$$

Jsou splněny všechny podmínky, kromě podmínky v bodě č. 5. Ta však není zavazující a umožňuje nám v tomto případě výpočet K styčnicku podle tab. 7.10 jako dva oddělené styčnický T nebo Y.

Svislice:**Vstupní údaje:**

$$h_0 = 180 \text{ mm} \quad h_3 = 40 \text{ mm}$$

$$b_0 = 100 \text{ mm} \quad b_3 = 40 \text{ mm}$$

$$t_0 = 5,6 \text{ mm} \quad t_3 = 3 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{b_3}{b_0} = \frac{40}{100} = 0,40$$

Ověření podmínek:

- 1) $b_3 / b_0 = 40 / 100 = 0,40 \geq 0,25 \rightarrow$ platí
- 2) $b_3 / t_3 = 40 / 3 = 13,33 \leq 35 \rightarrow$ platí
 $h_3 / t_3 = 40 / 3 = 13,33 \leq 35 \rightarrow$ platí
 max. třída 2 \rightarrow platí
- 3) $0,50 \leq h_0 / b_0 = 180 / 100 = 1,80 \leq 2,00 \rightarrow$ platí
 $0,50 \leq h_3 / b_3 = 40 / 40 = 1,00 \leq 2,00 \rightarrow$ platí
- 4) $b_0 / t_0 = 100 / 5,6 = 17,86 \leq 35 \rightarrow$ platí
 $h_0 / t_0 = 180 / 5,6 = 32,14 \leq 35 \rightarrow$ platí
 max. třída 2 \rightarrow platí
- 5) $b_3 / b_0 = 40 / 100 = 0,40 \leq 0,85 \rightarrow$ platí
- 6) $b_0 / t_0 = 100 / 5,6 = 17,86 \geq 10 \rightarrow$ platí

Jsou splněny všechny podmínky. Můžeme počítat T styčnick dle tab. 7.10.

5.2.2.2 Únosnost dle tab. 7.10 a 7.14:**Diagonály – 2 oddělené T styčnick:****Součinitel poměru napětí v pásu n:**

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{268,82 \cdot 10^3}{2980} = 90,21 \text{ MPa}$$

Součinitel k_n pro tah v pásovém prutu ($n \leq 0$):

$$k_n = 1,0$$

Únosnost při porušení povrchu pásu ($\beta \leq 0,85$):

$$\begin{aligned}
 N_{1,Rd} &= \frac{k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{(1-\beta) \cdot \sin \theta_1} \left(\frac{2 \cdot \beta}{\sin \theta_1} + 4\sqrt{1-\beta} \right) / \gamma_{M5} = \\
 &= \frac{1,0 \cdot 355 \cdot 10^3 \cdot (5,6 \cdot 10^{-3})^2}{(1-0,80) \cdot \sin 38^\circ} \left(\frac{2 \cdot 0,80}{\sin 38^\circ} + 4\sqrt{1-0,80} \right) / 1,00 = \\
 &= 391,14 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Posouzení:

$$\begin{aligned}
 \frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} &\leq 1,000 \\
 \frac{117,13}{391,14} &\leq 1,000 \\
 0,299 &\leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}
 \end{aligned}$$

Svislice – T styčník:**Součinitel k_n pro tah v pásovém prutu ($n \geq 0$):**

$$k_n = 1,0$$

Únosnost při porušení povrchu pásu ($\beta \leq 0,85$):

$$\begin{aligned}
 N_{3,Rd} &= \frac{k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{(1-\beta) \cdot \sin \theta_1} \left(\frac{2 \cdot \beta}{\sin \theta_1} + 4\sqrt{1-\beta} \right) / \gamma_{M5} = \\
 &= \frac{1,0 \cdot 355 \cdot 10^3 \cdot (5,6 \cdot 10^{-3})^2}{(1-0,40) \cdot \sin 90^\circ} \left(\frac{2 \cdot 0,40}{\sin 90^\circ} + 4\sqrt{1-0,40} \right) / 1,00 = \\
 &= 72,33 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Posouzení:

$$\begin{aligned}
 \frac{N_{3,Ed}}{N_{3,Rd}} &\leq 1,000 \\
 \frac{2,67}{72,33} &\leq 1,000 \\
 0,037 &\leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}
 \end{aligned}$$

KT styčník:**Součinitel poměru napětí v pásu n:**

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{268,82 \cdot 10^3}{2980} = 90,21 \text{ MPa}$$

Součinitel k_n pro tah v pásovém prutu ($n \leq 0$):

$$k_n = 1,0$$

Poměr šířky pásu k dvojnásobku tloušťky jeho stojny:

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 5,6} = 8,93$$

Únosnost při porušení povrchu pásu ($\beta \leq 0,85$):

$$\begin{aligned} N_{1,Rd} &= \frac{8,9 \cdot k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma} \left(\frac{b_1 + b_2 + b_3 + h_1 + h_2 + h_3}{6 \cdot b_0} \right)}{\sin \theta_1} / \gamma_{M5} = \\ &= \frac{8,9 \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 10^3 \cdot (5,6 \cdot 10^{-3})^2 \cdot \sqrt{8,93} \left(\frac{4 \cdot 80 + 2 \cdot 40}{6 \cdot 100} \right)}{\sin 38^\circ} / 1,00 = \\ &= 317,76 \text{ kN} \end{aligned}$$

Posouzení:

$$\begin{aligned} N_{1,Ed} \cdot \sin \theta_1 + N_{3,Ed} \cdot \sin \theta_3 &\leq N_{1,Rd} \cdot \sin \theta_1 \\ 88,63 \cdot \sin 38^\circ + 2,67 \cdot \sin 90^\circ &\leq 317,76 \cdot \sin 38^\circ \\ 57,72 \text{ kN} &\leq 197,38 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhovuje} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{2,Ed} \cdot \sin \theta_2 &\leq N_{1,Rd} \cdot \sin \theta_1 \\ 117,13 \cdot \sin 90^\circ &\leq 317,76 \cdot \sin 38^\circ \\ 72,76 \text{ kN} &\leq 197,38 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhovuje} \end{aligned}$$

5.2.3 Návrh a posouzení svarů:

Diagonály:

Vstupní údaje:

$$N_{1,Ed} = 117,13 \text{ kN} \rightarrow \text{max. osová síla (KZ86)}$$

$$\theta = 38^\circ$$

$$t_0 = 5,6 \text{ mm}$$

$$t_1 = t_2 = 3,2 \text{ mm}$$

Návrh geometrie svaru:

$$t_{\min} = \min\{t_0; t_1\} = \min\{5,6; 3,2\} = 3,2 \text{ mm}$$

$$t_{\max} = \max\{t_0; t_1\} = \max\{5,6; 3,2\} = 5,6 \text{ mm}$$

$$a_{\min} = 3 \text{ mm} \rightarrow \text{pro } t_{\max} \leq 10 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 3,2 = 3,5 \text{ mm}$$

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

$$L = 4 \cdot (80 - 2 \cdot 4,8) + 2 \cdot \pi \cdot 4,8 = 312 \text{ mm}$$

$$A_w = L \cdot a = 312 \cdot 3 = 936 \text{ mm}^2$$

Rozklad sil:

$$N_{\parallel} = N_{Ed} \cdot \cos \theta = 117,13 \cdot \cos 38^\circ = 92,30 \text{ kN}$$

$$N_{\perp} = N_{Ed} \cdot \sin \theta = 117,13 \cdot \sin 38^\circ = 72,11 \text{ kN}$$

Složky napětí ve svaru:

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{A_w} = \frac{92,30 \cdot 10^3}{936} = 98,61 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N_{\perp}}{A_w \cdot \sqrt{2}} = \frac{72,11 \cdot 10^3}{936 \cdot \sqrt{2}} = 54,48 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{54,48^2 + 3 \cdot 54,48^2 + 3 \cdot 98,61^2} \leq \frac{490}{0,90 \cdot 1,25}$$

$$202,59 \text{ MPa} \leq 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$54,48 \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$54,48 \text{ MPa} \leq 352,80 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Svislice:**Vstupní údaje:**

$$N_{3,Ed} = 18,15 \text{ kN} \rightarrow \text{max. osová síla (KZ96)}$$

$$\theta = 90^\circ$$

$$t_0 = 5,6 \text{ mm}$$

$$t_3 = 3 \text{ mm}$$

Návrh geometrie svaru:

$$t_{\min} = \min\{t_0; t_1\} = \min\{5,6; 3\} = 3 \text{ mm}$$

$$t_{\max} = \max\{t_0; t_1\} = \max\{5,6; 3\} = 5,6 \text{ mm}$$

$$a_{\min} = 3 \text{ mm} \rightarrow \text{pro } t_{\max} \leq 10 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 3 = 3,3 \text{ mm}$$

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

$$L = 4 \cdot (40 - 2 \cdot 4,5) + 2 \cdot \pi \cdot 4,5 = 152 \text{ mm}$$

$$A_w = L \cdot a = 152 \cdot 3 = 456 \text{ mm}^2$$

Rozklad sil:

$$N_{\parallel} = N_{Ed} \cdot \cos \theta = 18,15 \cdot \cos 90^{\circ} = 0 \text{ kN}$$

$$N_{\perp} = N_{Ed} \cdot \sin \theta = 18,15 \cdot \sin 90^{\circ} = 18,15 \text{ kN}$$

Složky napětí ve svaru:

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{A_w} = \frac{0 \cdot 10^3}{456} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N_{\perp}}{A_w \cdot \sqrt{2}} = \frac{18,15 \cdot 10^3}{456 \cdot \sqrt{2}} = 28,14 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{28,14^2 + 3 \cdot 28,14^2 + 3 \cdot 0^2} \leq \frac{490}{0,90 \cdot 1,25}$$

$$56,29 \text{ MPa} \leq 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

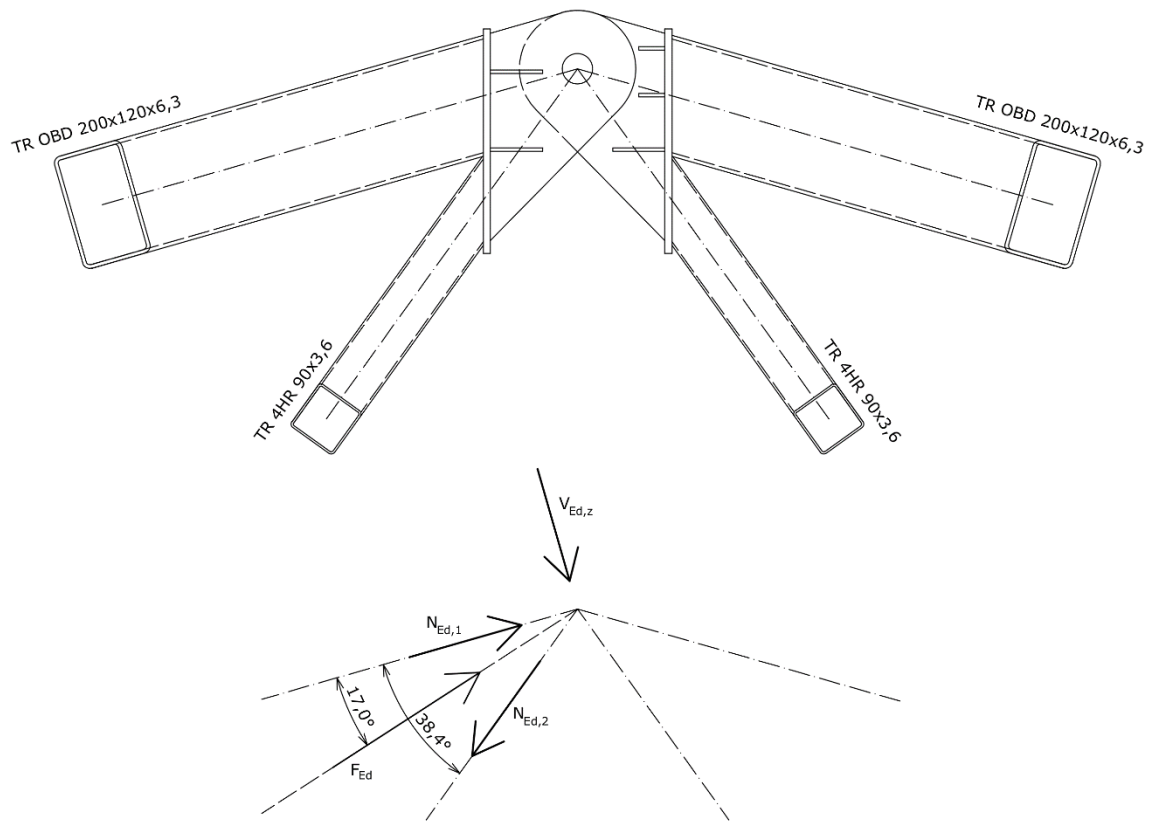
$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$28,14 \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$

$$38,14 \text{ MPa} \leq 352,80 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.3 Přípoj vrcholového styčnicku vazníku:

5.3.1 Schéma detailu připojení a velikost vnitřních sil:



Vnitřní síly:

$$V_{Ed,z} = 13,69 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,1} = 484,46 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,2} = 156,04 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,2}^{\parallel} = 156,04 \cdot \cos 38,4^{\circ} = 122,29 \text{ kN}$$

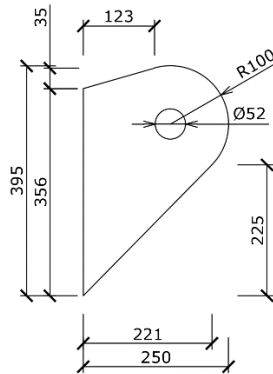
$$N_{Ed,2}^{\perp} = 156,04 \cdot \sin 38,4^{\circ} = 96,92 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} F_{Ed} &= \sqrt{(N_{Ed,1} - N_{Ed,2}^{\parallel})^2 + (N_{Ed,2}^{\perp} + V_{Ed,z})^2} = \\ &= \sqrt{(484,46 - 122,29)^2 + (96,92 + 13,69)^2} = \\ &= 378,68 \text{ kN} \end{aligned}$$

pozn. všechny síly působí v KZ86

Odklon výslednice:

$$\beta = \arccos\left(\frac{N_{Ed,1} - N_{Ed,2}^{\parallel}}{F_{Ed}}\right) = \arccos\left(\frac{484,46 - 122,29}{378,68}\right) = 17,0^{\circ}$$

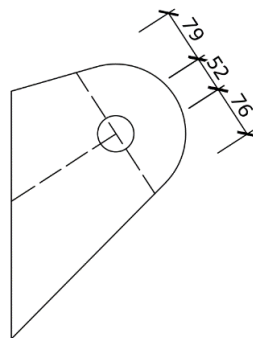
5.3.2 Charakteristiky čepového spoje:**Rozměry, materiálové a fyzikální charakteristiky vnitřního plechu:**

$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_y}} = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{378,68 \cdot 10^3 \cdot 1,00}{355}} = 22,9 \text{ mm}$$

→ návrh $t = 25 \text{ mm}$

$f_u = 490 \text{ MPa}$

$f_y = 355 \text{ MPa}$

Rozměry, materiálové a fyzikální charakteristiky vnějšího plechu:

$t = 25 \text{ mm}$

$$A = (79 + 52 + 76) \cdot 25 = 5175 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{net}} = (79 + 76) \cdot 25 = 3875 \text{ mm}^2$$

$f_u = 490 \text{ MPa}$

$f_y = 355 \text{ MPa}$

Rozměry, materiálové a fyzikální charakteristiky čepu:

$$d = 50 \text{ mm}$$

$$d_0 = 52 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 50^2}{4} = 1963 \text{ mm}^2$$

$$W_{el} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 50^3}{32} = 1,2272 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$$

Pevnostní třída 5.6:

$$f_{yp} = 300 \text{ MPa}$$

$$f_{up} = 500 \text{ MPa}$$

5.3.3 Únosnost čepu:**5.3.3.1 Střih:**

Únosnost čepu ve střihu:

$$F_{V,Rd} = n \cdot \frac{\alpha_v \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 1963 \cdot 10^{-6} \cdot 500 \cdot 10^3}{1,25} = 942,24 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{378,68}{942,24} \leq 1,000$$

$$0,402 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.3.3.2 Otláčení:

Únosnost plechu a čepu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 300 \cdot 10^3}{1,00} = 562,50 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{562,50}{942,24} \leq 1,000$$

$$0,597 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.3.3.2 Ohyb:**Návrhový ohybový moment:**

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} \cdot (b + 4 \cdot c + 2 \cdot a) = \frac{378,68}{8} \cdot (0,025 + 4 \cdot 0,002 + 2 \cdot 0,015) =$$

$$= 2,98 \text{ kNm}$$

Únosnost čepu v ohybu:

$$M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{yp}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 1,2272^{-5} \cdot 300 \cdot 10^3}{1,00} = 5,52 \text{ kNm}$$

Posouzení:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{2,98}{5,52} \leq 1,000$$

$$0,540 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.3.3.2 Kombinace stříhu a ohybu:**Posouzení:**

$$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1,000$$

$$\left[\frac{2,98}{5,52} \right]^2 + \left[\frac{378,68}{942,24} \right]^2 \leq 1,000$$

$$0,453 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.3.4 Únosnost styčnickových plechů:

5.3.4.1 Prostý tlak:

Působící účinky a další vstupní údaje:

$$N_{Ed} = F_{Ed} = 378,68 \text{ kN}$$

Únosnost v prostém tlaku:

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5175^{-6} \cdot 355 \cdot 10^3}{1,00} = 1837,13 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{378,68}{1837,13} \leq 1,000$$

$$0,206 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.3.4.2 Tah:

Působící účinky a další vstupní údaje:

$$N_{Ed} = F_{Ed} = 378,68 \text{ kN}$$

Pozn.: Pro zjednodušení se použije max. tlaková hodnota. Tah sice v průřezu za určitých okolností může nastat, bude ale vždy nabývat menších hodnot.

Únosnost oslabeného průřezu v tahu:

$$N_{t,Rd} = N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M0}} = \frac{0,9 \cdot 3875^{-6} \cdot 490 \cdot 10^3}{1,00} = 1708,88 \text{ kN}$$

Posouzení:

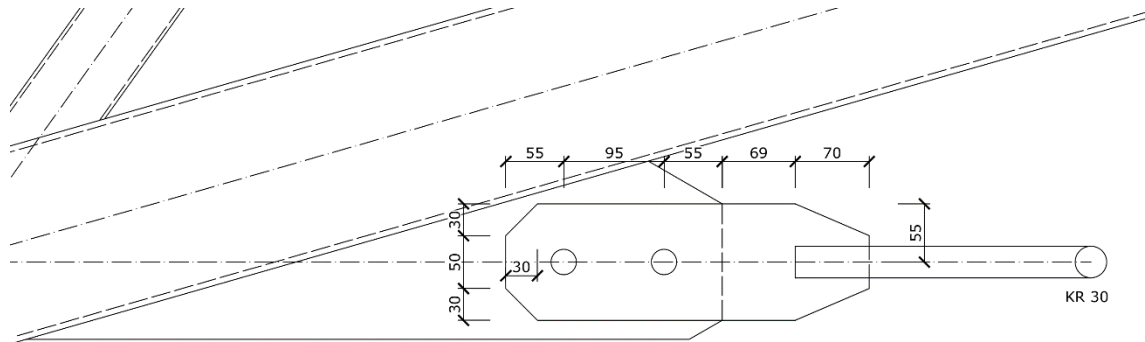
$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{378,68}{1708,88} \leq 1,000$$

$$0,222 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.4 Přípoj táhel vazníku:

5.4.1 Schéma detailu připojení a velikost vnitřních sil:



$$N_{Ed} = F_{Ed} = 296,58 \text{ kN}$$

pozn. síla působí v KZ9

5.4.2 Charakteristiky spoje:

Základní materiál:

Ocel S460:

$$f_y = 460 \text{ MPa}$$

$$f_u = 540 \text{ MPa}$$

Šrouby:

2 šrouby M24-8,8-Ø26:

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$A = 452 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

Rozteče šroubů a tloušťka vevařeného plechu:

$$e_1 = 55 \text{ mm}$$

$$p_1 = 95 \text{ mm}$$

$$e_2 = 55 \text{ mm}$$

$$t_{vp} = 10 \text{ mm}$$

5.4.3 Únosnost spoje:

5.4.3.1 Střih:

Síla působící na jeden šroub:

$$F_{v,Ed} = \frac{F_{Ed}}{2} = \frac{296,58}{2} = 148,29 \text{ kN}$$

Počet stříhových rovin:

$$n = 1$$

Součinitel α_v :

$$\alpha_v = 0,6$$

Únosnost spoje ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 10^3 \cdot 452 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 173,57 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,000$$
$$\frac{148,29}{173,57} \leq 1,000$$
$$0,854 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.4.3.2 Otlačení:

Síla působící na jeden šroub:

$$F_{v,Ed} = \frac{F_{Ed}}{2} = \frac{296,58}{2} = 148,29 \text{ kN}$$

Součinitel k_1 :

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \cdot \frac{55}{26} - 1,7; 2,5\right) = \min(4,22; 2,5) = 2,5$$

Součinitel α_d :

$$\alpha_d = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}\right) = \min\left(\frac{55}{3 \cdot 26}; \frac{95}{3 \cdot 26} - \frac{1}{4}\right) = \min(0,705; 0,968) = 0,705$$

Součinitel α_b :

$$\alpha_b = \min\left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \min\left(0,705; \frac{800}{540}; 1,0\right) = \min(0,705; 1,481; 1,0) = 0,705$$

Minimální tloušťka:

$$t = 10 \text{ mm}$$

Únosnost spoje v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,705 \cdot 540 \cdot 10^3 \cdot 24 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 182,77 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{148,29}{182,77} \leq 1,000$$

$$\underline{\underline{0,811 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}}}$$

5.4.3.3 Svar připojovaného prvku a plechu:**Vstupní údaje:**

$$\theta = 0^\circ$$

$$t_1 = 10 \text{ mm} \rightarrow \text{tloušťka plechu}$$

$$t_2 = 30 \text{ mm} \rightarrow \text{průměr tyče}$$

Návrh geometrie svaru:

$$t_{\min} = \min\{t_1; t_2\} = \min\{10; 30\} = 10 \text{ mm}$$

$$t_{\max} = \max\{t_1; t_2\} = \max\{10; 30\} = 30 \text{ mm}$$

$$a_{\min} = 5 \text{ mm} \rightarrow \text{pro } 21 \text{ mm} \leq t_{\max} \leq 30 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 10 = 11 \text{ mm}$$

$$a = 5 \text{ mm}$$

$$l = 70 \text{ mm}$$

$$L = 4 \cdot (l - 2 \cdot a) = 4 \cdot (70 - 2 \cdot 5) = 240 \text{ mm}$$

$$A_w = L \cdot a = 240 \cdot 5 = 1200 \text{ mm}^2$$

Rozklad sil:

$$N_{\parallel} = N_{Ed} \cdot \cos \theta = 296,58 \cdot \cos 0^\circ = 296,58 \text{ kN}$$

$$N_{\perp} = N_{Ed} \cdot \sin \theta = 296,58 \cdot \sin 0^\circ = 0 \text{ kN} \rightarrow \tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

Složky napětí ve svaru:

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{A_w} = \frac{296,58 \cdot 10^3}{1200} = 247,15 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot 0^2 + 3 \cdot 247,15^2} \leq \frac{540}{1,00 \cdot 1,25}$$

$$428,08 \text{ MPa} \leq 432,00 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.4.3.4 Styčnickový plech – tah:**Plocha oslabeného průřezu:**

$$A_{\text{net}} = (110 - 26) \cdot 10 = 840 \text{ mm}^2$$

Únosnost oslabeného průřezu v tahu:

$$N_{t,Rd} = N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{\text{net}} \cdot f_u}{\gamma_{M0}} = \frac{0,9 \cdot 840 \cdot 10^{-6} \cdot 540 \cdot 10^3}{1,00} = 408,24 \text{ kN}$$

Posouzení:

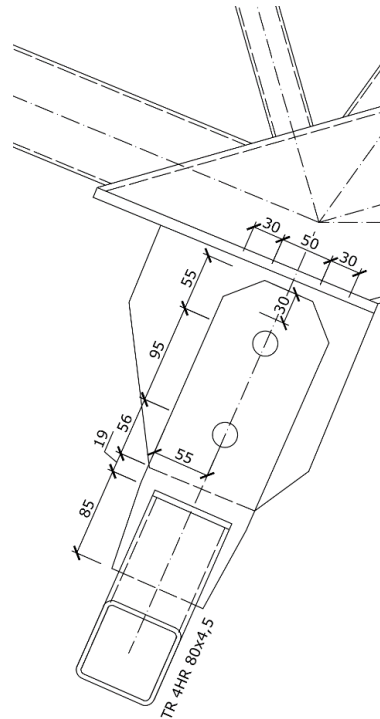
$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{296,58}{408,24} \leq 1,000$$

$$\underline{\underline{0,726 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}}}$$

5.5 Přípoj jisticích prutů mezi vazníky a sloupy:

5.5.1 Schéma detailu připojení a velikost vnitřních sil:



$$N_{Ed} = F_{Ed} = 210,06 \text{ kN}$$

pozn. síla působí v KZ368

5.5.2 Charakteristiky spoje:

Základní materiál:

Ocel S355:

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

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

Šrouby:

2 šrouby M24-5,6-Ø26:

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$A = 452 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$$

Rozteče šroubů a tloušťka vevařeného plechu:

$$e_1 = 55 \text{ mm}$$

$$p_1 = 95 \text{ mm}$$

$$e_2 = 55 \text{ mm}$$

$$t_{vp} = 8 \text{ mm}$$

5.5.3 Únosnost spoje:**5.5.3.1 Střih:**

Síla působící na jeden šroub:

$$F_{v,Ed} = \frac{F_{Ed}}{2} = \frac{210,06}{2} = 105,03 \text{ kN}$$

Počet stříhových rovin:

$$n = 1$$

Součinitel α_v :

$$\alpha_v = 0,6$$

Únosnost spoje ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 10^3 \cdot 452 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 108,48 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{105,03}{108,48} \leq 1,000$$

$$0,968 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.5.3.2 Otláčení:

Síla působící na jeden šroub:

$$F_{v,Ed} = \frac{F_{Ed}}{2} = \frac{210,06}{2} = 105,03 \text{ kN}$$

Součinitel k_1 :

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \cdot \frac{55}{26} - 1,7; 2,5\right) = \min(4,22; 2,5) = 2,5$$

Součinitel α_d :

$$\alpha_d = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}\right) = \min\left(\frac{55}{3 \cdot 26}; \frac{95}{3 \cdot 26} - \frac{1}{4}\right) = \min(0,705; 0,968) = 0,705$$

Součinitel α_b :

$$\alpha_b = \min\left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \min\left(0,705; \frac{500}{490}; 1,0\right) = \min(0,705; 1,020; 1,0) = 0,705$$

Minimální tloušťka:

$$t = 8 \text{ mm}$$

Únosnost spoje v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,705 \cdot 490 \cdot 10^3 \cdot 24 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 132,68 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{105,03}{132,68} \leq 1,000$$

$$0,792 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.5.3.3 Svar připojovaného prvku a plechu:

Vstupní údaje:

$$\theta = 0^\circ$$

$$t_1 = 8 \text{ mm} \rightarrow \text{tloušťka plechu}$$

$$t_2 = 4,5 \text{ mm} \rightarrow \text{tloušťka stěny profilu}$$

Návrh geometrie svaru:

$$t_{\min} = \min\{t_1; t_2\} = \min\{8; 4,5\} = 4,5 \text{ mm}$$

$$t_{\max} = \max\{t_1; t_2\} = \max\{8; 4,5\} = 8 \text{ mm}$$

$$a_{\min} = 3 \text{ mm} \rightarrow t_{\max} \leq 10 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 4,5 = 4,9 \text{ mm}$$

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

$$l = 81 \text{ mm}$$

$$L = 4 \cdot (l - 2 \cdot a) = 4 \cdot (81 - 2 \cdot 3) = 300 \text{ mm}$$

$$A_w = L \cdot a = 300 \cdot 3 = 900 \text{ mm}^2$$

Rozklad sil:

$$N_{\parallel} = N_{Ed} \cdot \cos \theta = 210,06 \cdot \cos 0^\circ = 210,06 \text{ kN}$$

$$N_{\perp} = N_{Ed} \cdot \sin \theta = 210,06 \cdot \sin 0^\circ = 0 \text{ kN} \rightarrow \tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

Složky napětí ve svaru:

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{A_w} = \frac{210,06 \cdot 10^3}{900} = 233,40 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot 0^2 + 3 \cdot 233,40^2} \leq \frac{490}{0,90 \cdot 1,25}$$

$$404,26 \text{ MPa} \leq 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.5.3.4 Styčnickový plech – tah:

Plocha oslabeného průřezu:

$$A_{\text{net}} = (110 - 26) \cdot 8 = 672 \text{ mm}^2$$

Únosnost oslabeného průřezu v tahu:

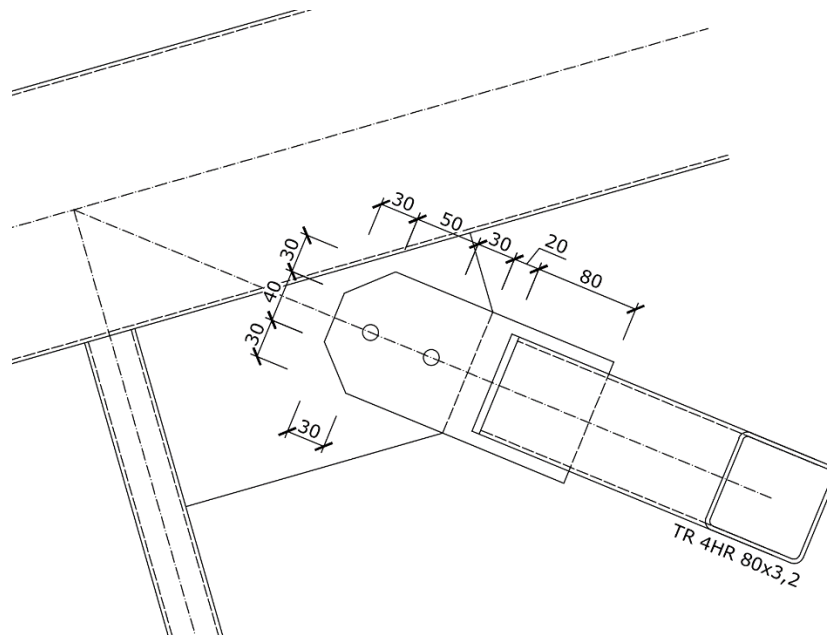
$$N_{t,Rd} = N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{\text{net}} \cdot f_u}{\gamma_{M0}} = \frac{0,9 \cdot 672 \cdot 490 \cdot 10^3}{1,00} = 296,35 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,000$$
$$\frac{210,06}{296,35} \leq 1,000$$
$$\underline{\underline{0,709 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}}}$$

5.6 Montážní spoj diagonál vazníku:

5.6.1 Schéma detailu připojení a velikost vnitřních sil:



Maximální tlaková síla:

$$N_{Ed} = F_{Ed} = 47,39 \text{ kN} \rightarrow \text{působí v KZ368}$$

Maximální tahová síla:

$$N_{Ed} = F_{Ed} = 35,14 \text{ kN} \rightarrow \text{působí v KZ86}$$

5.6.2 Charakteristiky spoje:

Základní materiál:

Ocel S355:

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

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

Šrouby:

2 šrouby M12-5,6-Ø13:

$$d = 12 \text{ mm}$$

$$d_0 = 13 \text{ mm}$$

$$A = 113 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$$

Rozteče šroubů a tloušťka vevařeného plechu:

$$e_1 = 30 \text{ mm}$$

$$p_1 = 50 \text{ mm}$$

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$t_{vp} = 6 \text{ mm}$$

5.6.3 Únosnost spoje:**5.6.3.1 Střih:**

Síla působící na jeden šroub:

$$F_{v,Ed} = \frac{F_{Ed}}{2} = \frac{47,39}{2} = 23,70 \text{ kN}$$

Počet stříhových rovin:

$$n = 1$$

Součinitel α_v :

$$\alpha_v = 0,6$$

Únosnost spoje ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 10^3 \cdot 113 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 27,12 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{23,70}{27,12} \leq 1,000$$

$$0,874 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.6.3.2 Otláčení:

Síla působící na jeden šroub:

$$F_{v,Ed} = \frac{F_{Ed}}{2} = \frac{47,39}{2} = 23,70 \text{ kN}$$

Součinitel k_1 :

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \cdot \frac{50}{26} - 1,7; 2,5\right) = \min(3,68; 2,5) = 2,5$$

Součinitel α_d :

$$\alpha_d = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}\right) = \min\left(\frac{30}{3 \cdot 13}; \frac{50}{3 \cdot 13} - \frac{1}{4}\right) = \min(0,769; 1,032) = 0,769$$

Součinitel α_b :

$$\alpha_b = \min\left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \min\left(0,391; \frac{500}{490}; 1,0\right) = \min(0,391; 1,020; 1,0) = 0,391$$

Minimální tloušťka:

$$t = 8 \text{ mm}$$

Únosnost spoje v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,391 \cdot 490 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 54,28 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{23,70}{54,28} \leq 1,000$$

$$0,437 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.6.3.3 Svar připojovaného prvku a plechu:

Vstupní údaje:

$$\theta = 0^\circ$$

$$t_1 = 6 \text{ mm} \rightarrow \text{tloušťka plechu}$$

$$t_2 = 3,2 \text{ mm} \rightarrow \text{tloušťka stěny profilu}$$

Návrh geometrie svaru:

$$t_{\min} = \min\{t_1; t_2\} = \min\{6; 3,2\} = 3,2 \text{ mm}$$

$$t_{\max} = \max\{t_1; t_2\} = \max\{6; 3,2\} = 6 \text{ mm}$$

$$a_{\min} = 3 \text{ mm} \rightarrow t_{\max} \leq 10 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 3 = 3,3 \text{ mm}$$

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

$$l = 36 \text{ mm}$$

$$L = 4 \cdot (l - 2 \cdot a) = 4 \cdot (36 - 2 \cdot 3) = 120 \text{ mm}$$

$$A_w = L \cdot a = 120 \cdot 3 = 360 \text{ mm}^2$$

Rozklad sil:

$$N_{\parallel} = N_{Ed} \cdot \cos \theta = 47,39 \cdot \cos 0^\circ = 47,39 \text{ kN}$$

$$N_{\perp} = N_{Ed} \cdot \sin \theta = 47,39 \cdot \sin 0^\circ = 0 \text{ kN} \rightarrow \tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0 \text{ MPa}$$

Složky napětí ve svaru:

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{A_w} = \frac{47,39 \cdot 10^3}{360} = 131,64 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot 0^2 + 3 \cdot 131,64^2} \leq \frac{490}{0,90 \cdot 1,25}$$

$$\underline{\underline{228,01 \text{ MPa} \leq 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}}}$$

5.6.3.4 Styčnickový plech – tah:

Plocha oslabeného průřezu:

$$A_{\text{net}} = (100 - 13) \cdot 6 = 522 \text{ mm}^2$$

Únosnost oslabeného průřezu v tahu:

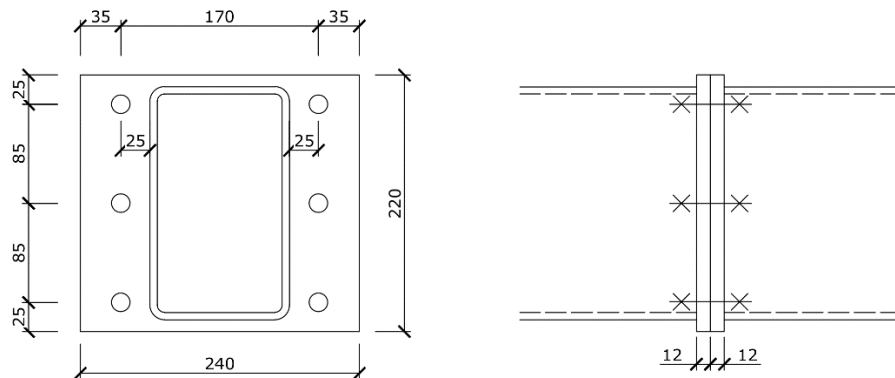
$$N_{t,Rd} = N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{\text{net}} \cdot f_u}{\gamma_{M0}} = \frac{0,9 \cdot 522 \cdot 490 \cdot 10^3}{1,00} = 230,20 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,000$$
$$\frac{35,14}{230,20} \leq 1,000$$
$$\underline{\underline{0,153 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}}}$$

5.7 Montážní spoj horních pásů vazníku:

5.7.1 Schéma detailu připojení a velikost vnitřních sil:



$$N_{Ed} = 233,59 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 1,74 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2,59 \text{ kN}$$

pozn. síly působí v KZ368

5.7.2 Charakteristiky spoje:

Základní materiál:

Ocel S355:

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

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

Šrouby:

6 šroubů M16-5,6-Ø18:

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

$$d_m = 25,9 \text{ mm}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2$$

$$A = 201 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$$

Rozteče šroubů a tloušťky čelních plechů:

$$e_1 = 25 \text{ mm}$$

$$p_1 = 85 \text{ mm}$$

$$e_2 = 35 \text{ mm}$$

$$p_2 = 170 \text{ mm}$$

$$t_{cp} = 12 \text{ mm}$$

5.7.3 Únosnost spoje:**5.7.3.1 Střih:**

Síla působící na jeden šroub:

$$F_{v,Ed} = \frac{V_{Ed}}{6} = \frac{1,74}{6} = 0,29 \text{ kN}$$

Počet stříhových rovin:

$$n = 1$$

Součinitel α_v :

$$\alpha_v = 0,6$$

Únosnost spoje ve střihu:

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 10^3 \cdot 201 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 48,24 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{0,29}{48,24} \leq 1,000$$

$$\underline{\underline{0,006 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}}}$$

5.7.3.2 Otláčení:

Síla působící na jeden šroub:

$$F_{v,Ed} = \frac{V_{Ed}}{6} = \frac{1,74}{6} = 0,29 \text{ kN}$$

Součinitel k_1 :

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \cdot \frac{35}{18} - 1,7; 2,5\right) = \min(3,744; 2,5) = 2,5$$

Součinitel α_d :

$$\alpha_d = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}\right) = \min\left(\frac{25}{3 \cdot 18}; \frac{85}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4}\right) = \min(0,463; 1,324) = 0,463$$

Součinitel α_b :

$$\alpha_b = \min\left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \min\left(0,463; \frac{500}{490}; 1,0\right) = \min(0,463; 1,020; 1,0) = 0,463$$

Minimální tloušťka:

$$t = 12 \text{ mm}$$

Únosnost spoje v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,463 \cdot 490 \cdot 10^3 \cdot 16 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 87,11 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{0,29}{87,11} \leq 1,000$$

$$\underline{\underline{0,003 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}}}$$

5.7.3.4 Vliv páčení:

Pozn.: Výpočet vlivu páčení není proveden metodou komponent dle platné normy ČSN EN 1993-1-8, ale je uvažován postup dle starší, již neplatné normy ČSN 73 1401 pomocí součinitele γ_P .

Rozměry a, b:

$$a = 35 \text{ mm}$$

$$b = 25 \text{ mm}$$

Mezní tloušťka desky:

$$t_E = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{b \cdot d^2}{a}} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{25 \cdot 16^2}{35}} = 24,4 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$t = 12 \text{ mm} < t_E = 24,4 \text{ mm} \rightarrow \text{dochází k páčení}$$

Zvětšovací součinitel:

$$\gamma_P = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_E^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{24,4^3 - 12^3}{16^2} = 1,25$$

5.7.3.5 Přetržení šroubů:

Síla působící na jeden šroub:

$$F_{1M,Ed} = M_{Ed} \cdot \frac{r_1}{\sum r_i^2} = 2,59 \cdot \frac{0,170}{2 \cdot 0,170^2 + 2 \cdot 0,085^2} = 6,09 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = \frac{N_{Ed}}{6} + F_{1M,Ed} = \frac{233,59}{6} + 6,09 = 45,02 \text{ kN}$$

Součinitel k_2 :

$$k_2 = 0,9 \rightarrow \text{šrouby nejsou zapuštěny}$$

Odolnost proti přetržení:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 500^3 \cdot 157 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 56,52 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{\gamma_P \cdot F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{1,25 \cdot 45,02}{56,52} \leq 1,000$$

$$0,996 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.7.3.6 Protlačení šroubů:**Síla působící na jeden šroub:**

$$F_{1M,Ed} = M_{Ed} \cdot \frac{r_1}{\sum r_i^2} = 2,59 \cdot \frac{0,170}{2 \cdot 0,170^2 + 2 \cdot 0,085^2} = 6,09 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = \frac{N_{Ed}}{6} + F_{1M,Ed} = \frac{233,59}{6} + 6,09 = 45,02 \text{ kN}$$

Odolnost proti protlačení:

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 25,9 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 490 \cdot 10^3}{1,25} = 229,65 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{\gamma_P \cdot F_{t,Ed}}{B_{p,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{1,25 \cdot 45,02}{229,65} \leq 1,000$$

$$0,245 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.7.3.7 Kombinace stříhu a přetržení:**Posouzení:**

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{\gamma_P \cdot F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{0,29}{48,24} + \frac{1,25 \cdot 45,02}{1,4 \cdot 56,52} \leq 1,000$$

$$0,717 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.7.3.8 Svar připojovaného prvku a plechu:

Vstupní údaje:

$$\theta = 90^\circ$$

$$t_1 = 12 \text{ mm} \rightarrow \text{tloušťka plechu}$$

$$t_2 = 6,3 \text{ mm} \rightarrow \text{tloušťka stěny profilu}$$

Návrh geometrie svaru:

$$t_{\min} = \min\{t_1; t_2\} = \min\{10; 6,3\} = 6,3 \text{ mm}$$

$$t_{\max} = \max\{t_1; t_2\} = \max\{12; 6,3\} = 12 \text{ mm}$$

$$a_{\min} = 4 \text{ mm} \rightarrow 11 \text{ mm} \leq t_{\max} \leq 20 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 6,3 = 6,9 \text{ mm}$$

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$L = 2 \cdot (200 - 2 \cdot 9,5) + 2 \cdot (120 - 2 \cdot 9,5) + 2 \cdot \pi \cdot 9,5 = 624 \text{ mm}$$

$$A_w = L \cdot a = 624 \cdot 4 = 2496 \text{ mm}^2$$

Rozklad sil:

$$N_{\parallel} = N_{Ed} \cdot \cos \theta = 233,59 \cdot \cos 90^\circ = 0 \text{ kN} \rightarrow \tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

$$N_{\perp} = N_{Ed} \cdot \sin \theta = 233,59 \cdot \sin 90^\circ = 233,59 \text{ kN}$$

Složky napětí ve svaru:

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N_{\perp}}{A_w \cdot \sqrt{2}} = \frac{233,59 \cdot 10^3}{2496 \cdot \sqrt{2}} = 66,18 \text{ MPa}$$

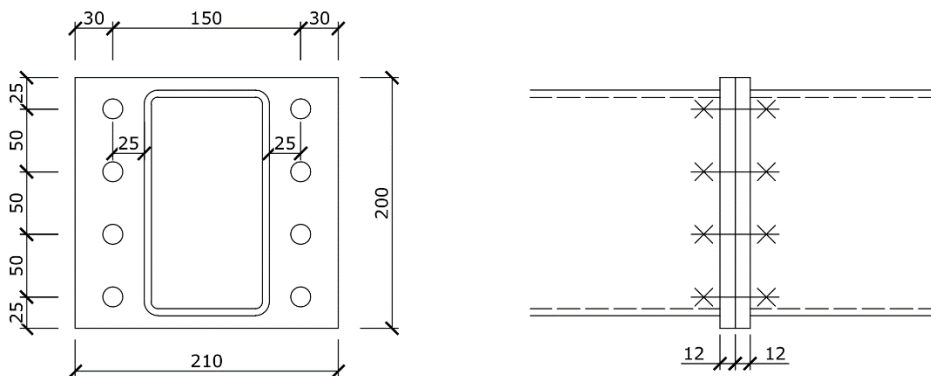
Posouzení:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$
$$\sqrt{66,18^2 + 3 \cdot 66,18^2 + 3 \cdot 0^2} \leq \frac{490}{0,90 \cdot 1,25}$$
$$132,35 \text{ MPa} \leq 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$
$$66,18 \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$
$$66,18 \text{ MPa} \leq 352,80 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.8 Montážní spoj dolních pásů vazníku:

5.8.1 Schéma detailu připojení a velikost vnitřních sil:



$$N_{Ed} = 294,90 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 1,01 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2,42 \text{ kN}$$

pozn. síly působí v KZ96

5.8.2 Charakteristiky spoje:

Základní materiál:

Ocel S355:

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

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

Šrouby:

8 šroubů M16-5,6-Ø18:

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

$$d_m = 25,9 \text{ mm}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2$$

$$A = 201 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$$

Rozteče šroubů a tloušťky čelních plechů:

$$e_1 = 25 \text{ mm}$$

$$p_1 = 85 \text{ mm}$$

$$e_2 = 35 \text{ mm}$$

$$p_2 = 170 \text{ mm}$$

$$t_{cp} = 12 \text{ mm}$$

5.8.3 Únosnost spoje:**5.8.3.1 Střih:**

Síla působící na jeden šroub:

$$F_{v,Ed} = \frac{V_{Ed}}{8} = \frac{1,01}{8} = 0,13 \text{ kN}$$

Počet stříhových rovin:

$$n = 1$$

Součinitel α_v :

$$\alpha_v = 0,6$$

Únosnost spoje ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 1 \cdot \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 10^3 \cdot 201 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 48,24 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{0,13}{48,24} \leq 1,000$$

$$\underline{\underline{0,003 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}}}$$

5.7.3.2 Otláčení:

Síla působící na jeden šroub:

$$F_{v,Ed} = \frac{V_{Ed}}{8} = \frac{1,01}{8} = 0,13 \text{ kN}$$

Součinitel k_1 :

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \cdot \frac{30}{18} - 1,7; 2,5\right) = \min(2,967; 2,5) = 2,5$$

Součinitel α_d :

$$\alpha_d = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}\right) = \min\left(\frac{25}{3 \cdot 18}; \frac{50}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4}\right) = \min(0,463; 0,676) = 0,463$$

Součinitel α_b :

$$\alpha_b = \min\left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \min\left(0,463; \frac{500}{490}; 1,0\right) = \min(0,463; 1,020; 1,0) = 0,463$$

Minimální tloušťka:

$$t = 12 \text{ mm}$$

Únosnost spoje v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,463 \cdot 490 \cdot 10^3 \cdot 16 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 87,11 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{0,13}{87,11} \leq 1,000$$

$$0,001 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.8.3.4 Vliv páčení:

Pozn.: Výpočet vlivu páčení není proveden metodou komponent dle platné normy ČSN EN 1993-1-8, ale je uvažován postup dle starší, již neplatné normy ČSN 73 1401 pomocí součinitele γ_P .

Rozměry a, b:

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

$$b = 25 \text{ mm}$$

Mezní tloušťka desky:

$$t_E = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{b \cdot d^2}{a}} = 4,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{25 \cdot 16^2}{30}} = 25,7 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$t = 12 \text{ mm} < t_E = 25,7 \text{ mm} \rightarrow \text{dochází k páčení}$$

Zvětšovací součinitel:

$$\gamma_P = 1 + 0,005 \cdot \frac{t_E^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \cdot \frac{25,7^3 - 12^3}{16^2} = 1,30$$

5.8.3.5 Přetržení šroubů:

Síla působící na jeden šroub:

$$F_{1M,Ed} = M_{Ed} \cdot \frac{r_1}{\sum r_i^2} = 2,42 \cdot \frac{0,150}{2 \cdot 0,150^2 + 2 \cdot 0,100^2 + 2 \cdot 0,050^2} = 5,18 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = \frac{N_{Ed}}{8} + F_{1M,Ed} = \frac{294,90}{8} + 5,18 = 42,04 \text{ kN}$$

Součinitel k_2 :

$$k_2 = 0,9 \rightarrow \text{šrouby nejsou zapuštěny}$$

Odolnost proti přetržení:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 500^3 \cdot 157 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 56,52 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{\gamma_P \cdot F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{1,30 \cdot 42,04}{56,52} \leq 1,000$$

$$0,965 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.8.3.6 Protlačení šroubů:**Síla působící na jeden šroub:**

$$F_{1M,Ed} = M_{Ed} \cdot \frac{r_1}{\sum r_i^2} = 2,42 \cdot \frac{0,150}{2 \cdot 0,150^2 + 2 \cdot 0,100^2 + 2 \cdot 0,050^2} = 5,18 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} = \frac{N_{Ed}}{8} + F_{1M,Ed} = \frac{294,90}{8} + 5,18 = 42,04 \text{ kN}$$

Odolnost proti protlačení:

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 25,9 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 490 \cdot 10^3}{1,25} = 229,65 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{\gamma_P \cdot F_{t,Ed}}{B_{p,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{1,30 \cdot 42,04}{229,65} \leq 1,000$$

$$0,238 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.8.3.7 Kombinace stříhu a přetržení:**Posouzení:**

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{\gamma_P \cdot F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,000$$

$$\frac{0,13}{48,24} + \frac{1,30 \cdot 42,04}{1,4 \cdot 56,52} \leq 1,000$$

$$0,692 \leq 1,000 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.8.3.8 Svar připojovaného prvku a plechu:

Vstupní údaje:

$$\theta = 90^\circ$$

$$t_1 = 12 \text{ mm} \rightarrow \text{tloušťka plechu}$$

$$t_2 = 5,6 \text{ mm} \rightarrow \text{tloušťka stěny profilu}$$

Návrh geometrie svaru:

$$t_{\min} = \min\{t_1; t_2\} = \min\{10; 5,6\} = 5,6 \text{ mm}$$

$$t_{\max} = \max\{t_1; t_2\} = \max\{10; 5,6\} = 12 \text{ mm}$$

$$a_{\min} = 4 \text{ mm} \rightarrow 11 \text{ mm} \leq t_{\max} \leq 20 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 5,6 = 6,1 \text{ mm}$$

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$L = 2 \cdot (180 - 2 \cdot 8,4) + 2 \cdot (100 - 2 \cdot 8,4) + 2 \cdot \pi \cdot 8,4 = 546 \text{ mm}$$

$$A_w = L \cdot a = 546 \cdot 4 = 2184 \text{ mm}^2$$

Rozklad sil:

$$N_{\parallel} = N_{Ed} \cdot \cos \theta = 294,90 \cdot \cos 90^\circ = 0 \text{ kN} \rightarrow \tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

$$N_{\perp} = N_{Ed} \cdot \sin \theta = 294,90 \cdot \sin 90^\circ = 294,90 \text{ kN}$$

Složky napětí ve svaru:

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N_{\perp}}{A_w \cdot \sqrt{2}} = \frac{294,90 \cdot 10^3}{2184 \cdot \sqrt{2}} = 95,48 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$
$$\sqrt{95,48^2 + 3 \cdot 95,48^2 + 3 \cdot 0^2} \leq \frac{490}{0,90 \cdot 1,25}$$
$$190,96 \text{ MPa} \leq 435,56 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

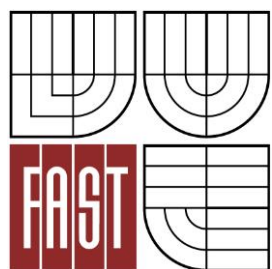
$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$
$$95,48 \leq \frac{0,9 \cdot 490}{1,25}$$
$$95,48 \text{ MPa} \leq 352,80 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

5.9 Kotvení sloupů:

Kotvení sloupů do betonových patek je provedeno pomocí dodatečně osazovaných mechanických kotev Fischer Superbond (FIS A/RGM, gvz., 8.8) různých průměrů a délek. Pro jejich návrh jsou uvažovány nejméně příznivé kombinace zatížení. Podrobnější informace jsou uvedeny v příloze v odst. 3.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ČÁST D – TECHNICKÁ ZPRÁVA

PART D – TECHNICAL REPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MAREK RUSŇÁK

VEDOUČÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2015

OBSAH

1. Úvod:.....	1
2. Základní údaje:.....	1
2.1 Stavba:	1
2.2 Popis objektu:	1
2.3 Základní rozměry objektu:	2
2. Technické řešení:.....	2
2.1 Spodní stavba:.....	2
2.2 Základní konstrukční prvky:	2
2.3 Přípoje:	6
3. Montáž:	10
4. Materiál:	11
5. Hmotnost konstrukce:	11
6. Povrchová ochrana oceli:	12

1. Úvod:

Cílem této bakalářské práce je návrh nosné ocelové konstrukce hangáru pro malá letadla, umístěného v lokalitě letiště města Kunovice. Pro stavbu byla jako základní materiál navržena ocel S355 a pro vybrané prvky ocel S460. Střešní konstrukce objektu je řešena jako sedlová o sklonu $15,9^\circ$, půdorys objektu je obdélníkový o rozměrech 51,0 m x 35,0 m a konstrukční výška uprostřed rozpětí stavby má hodnotu 16,6 m. Výpočtový model byl proveden pomocí softwaru Dlubal RFEM verze 5.03. Posudky byly s výjimkami provedeny dle platných norem s ověřením pomocí softwaru.

2. Základní údaje:

2.1 Stavba:

Název stavby: Hangár pro malá letadla

Místo stavby: Obec: Kunovice
Okres: Uherské Hradiště
Kraj: Zlínský

Investor:

Město Kunovice
Náměstí Svobody 361
686 04 Kunovice

Zpracovatel:

Marek Rusňák
Tyršova 1712
696 62 Strážnice

2.2 Popis objektu:

Hlavní část nosné konstrukce tvoří celkem 11 příčných vazeb v osových vzdálenostech 5 m. Ty jsou tvořeny dvojicí svařovaných příhradových vazníků, jež jsou vzájemně propojeny táhly a uloženy na sloupech z HEM profilů. Uložení

vazníků na sloupy je navrženo (stejně, jako jejich vzájemné propojení uprostřed rozpětí příčné vazby) pomocí čepového spoje, tj. jako kloubové. Výška sloupů příčné vazby je 11,5 m a jejich uložení v rovině příčné vazby je uvažováno jako vetknutí a ve směru kolmém na příčnou vazbu jako kloubové. Sloupy v čelních stěnách jsou rozlišných výšek v závislosti na sklonu střešní konstrukce a jejich uložení je kloubové v příčném i podélném směru. Propojení jednotlivých příčných vazeb v podélném směru je v rovině střešní konstrukce zajištěno pomocí vaznic v osové vzdálenosti 1,82 m a v rovině sloupů pomocí paždíků v osových vzdálenostech 2,875 m. Opláštění konstrukce je tvořeno pomocí střešního systému Kalzip v kombinaci s trapézovým plechem a izolačními vrstvami. Příčné a okapové ztužení je tvořeno pomocí systému táhel Macalloy a ztužení v podélném směru je zajištěno pomocí čtveřice příhradových ztužidel umístěných ve střešní konstrukci.

2.3 Základní rozměry objektu:

Délka:	51,572 m
Šířka:	35,572 m
Konstrukční výška:	16,600 m

2. Technické řešení:

2.1 Spodní stavba:

Založení stavby je provedeno pomocí patek z prostého betonu. Výška betonových patek je 1 m a hloubka založení dosahuje pod úroveň nezámrzné hloubky. Podloží patek je tvořeno pomocí podkladního betonu tloušťky 0,1 m.

2.2 Základní konstrukční prvky:

Sloupy příčné vazby:

Sloupy mají výšku 11,2 m, jsou tvořeny profily HEM 550 z oceli S355 a jejich uložení do betonových patek je navrženo jako vetknutí ve směru příčném a jako kloub ve směru podélném. Jsou kotveny pomocí kotevních šroubů přes čelní

desku s podlitím tvořeným cementovou maltou. Napojení vazníku na sloup je provedeno jako kloubové pomocí čelní desky, šroubů a stoličky.

Sloupy v čelní stěně:

Sloupy v čelní stěně dosahují výšky 12,47 m až 16,40 m v závislosti na sklonu střešní konstrukce. Jsou tvořeny profily HEM 550 z oceli S355 a jejich uložení do betonových patek je navrženo jako kloub ve směru příčném i podélném. Jsou kotveny pomocí kotevních šroubů přes čelní desku s podlitím tvořeným cementovou maltou. Na tyto sloupy jsou pomocí úhelníkových přípojů se šrouby přímo uloženy krátké vaznicové konzolky délky 0,5 m.

Vrata:

Vrata sloužící pro vjezd do objektu čelní stěnou jsou tvořena pomocí příhradového systému, v němž jsou sloupy a příčle, které zároveň tvoří horní a dolní pásy příhradoviny, tvořeny pomocí profilů HEB 300 a výplňové svislice a diagonály tvoří profily TR 4HR 100 x 8. Délky HEB profilů jsou 8,625 m pro sloupové prvky, resp. 21 m pro příčle. Délky diagonál příhradoviny z TR 4HR profilů jsou 1,751 m v rovině příhradovin sloupů, resp. 1,329 m v rovině příhradoviny příčlí. Délky svislic z TR 4HR profilů jsou ve všech případech 1 m. Všechny profily jsou z oceli S355.

Paždíky v bočních stěnách:

Paždíky mají délku 5 m, jsou tvořeny profily TR OBD 180 x 100 x 8 z oceli S355 a jejich uložení je navrženo jako kloubové pomocí styčnickového plechu, čelně přivařených plechových destiček a šroubů. Paždíky jsou zalícovány s vnějšími okraji sloupů a vynáší opláštění konstrukce.

Paždíky v čelních stěnách:

Paždíky mají délku 3,5 m, jsou tvořeny profily TROBD 180 x 100 x 8 z oceli S355 a jejich uložení je navrženo jako kloubové pomocí styčnickového plechu, čelně přivařených plechových destiček a šroubů. Paždíky jsou zalícovány s vnějšími okraji sloupů a vynáší opláštění konstrukce.

Horní pásy vazníků:

Horní pásy mají délku 7,982 m, resp. 10,369 m dle montážního dílce. Jsou tvořeny profily TROBD 200 x 120 x 6,3 z oceli S355 a jejich uložení na sloupy je navrženo jako kloubové pomocí přivařených desek, šroubů a stoličky. Uložení ve vrcholu je tvořeno opět jako kloubové pomocí čepového spoje. Připojení svislic a diagonál vazníku k hornímu pásu je provedeno pomocí koutových svarů, případně u vybraných prvků pomocí styčnickových plechů. Vzájemné propojení montážních dílců je provedeno pomocí čelních styčnickových desek a šroubů.

Dolní pásy vazníků:

Dolní pásy mají délku 7,046 m, resp. 7,858 m dle montážního dílce. Jsou tvořeny profily TROBD 200 x 100 x 5,6 z oceli S355. Připojení svislic a diagonál vazníku k dolnímu pásu je provedeno pomocí koutových svarů, případně u vybraných prvků pomocí styčnickových plechů. Vzájemné propojení montážních dílců je provedeno pomocí čelních styčnickových desek a šroubů.

Běžné diagonály vazníků:

Diagonály mají délku 2,117 m, vyjma diagonály montážní, která je dlouhá 1,641 m. Jsou tvořeny profily TR4HR 80 x 3,2 z oceli S355. Připojení běžných diagonál k pásům je provedeno pomocí koutových svarů, kromě diagonály montážní, která je připojena pomocí styčnickových plechů a šroubů.

Krajní diagonály vazníku:

Diagonály mají délku 1,997 m, resp. 2,018 m. Jsou tvořeny profily TR4HR 90 x 3,6 z oceli S355. Připojení krajní diagonály k hornímu pásu u sloupu je provedeno pomocí styčnickového plechu a připojení krajní diagonály k hornímu pásu ve vrcholu je umožněno přivařením k čelní desce.

Svislice vazníku:

Svislice mají délku 1,252 m, jsou tvořeny profily TR4HR 40 x 3 z oceli S355. Připojení svislic k pásům je provedeno pomocí koutových svarů.

Táhla vazníků:

Táhla mají délku 30,980 m. Jsou tvořena profily KR 30 z vysokopevnostní oceli S460. Přenáší pouze tah a jsou připojena k dolním pásům vazníků pomocí styčnickových plechů a šroubů.

Jistící pruty vazníků:

Jistící šikmé pruty mají délku 3,967 m. Jsou tvořeny profily TR4HR 80x4 z oceli S355. Jsou připojeny k dolním pásům vazníků a ke sloupům pomocí styčnickových plechů a šroubů. Tyto prvky byly navrženy až dodatečně a chrání střešní konstrukci před sáním větru v případech, kdy vznikají tahy v horních pásech vazníků.

Vaznice:

Vaznice mají délku 5 m, jsou tvořeny profily TROBD 140 x 80 x 5 z oceli S355 a jejich uložení je navrženo jako kloubové pomocí styčnickového plechu, čelně přivařených plechových destiček a šroubů. Vaznice jsou navrženy jako zapuštěné, jsou zalícovány s horními hranami horních pásů vazníků a vynáší opláštění střešní konstrukce.

Podélná ztužidla:

Podélná ztužidla jsou tvořena pomocí příhradovin, u nichž horní pás tvoří příslušná vaznice, dolní pás je tvořen samostatným profilem TROBD 100 x 60 x 3,2 délky 5 m a výplňové pruty tvoří diagonály z profilů TR4HR 40 x 40 x 3 délky 1,908 m. Všechny profily jsou z oceli S355. Ve střešní konstrukci jsou celkem 4 podélná ztužidla (cca ve 1/3 rozpětí vazníků). Připojení dolních pásů příhradoviny k dolním pásům vazníků je provedeno obdobně jako u vaznic pomocí čelně přivařených styčnickových plechů a šroubů.

Příčná ztužidla:

Příčná ztužidla mají délku 5,768 m v bočních stěnách, resp. 6,185 m v rovině střešní konstrukce. Jsou tvořena pomocí profilů Macalloy M16 ze speciální oceli S460 pro výrobky Macalloy. Profily jsou osazeny napínacími zařízeními a přenáší pouze tahová namáhání. Připojení ke sloupům a horním pásům vazníků je tvořeno pomocí styčnickových plechů a speciálního čepového přípoje systému Macalloy.

Okapová ztužidla:

Okapová ztužidla mají délku 6,185 m. Jsou tvořena pomocí profilů Macalloy M16 ze speciální oceli S460 pro výrobky Macalloy. Profily jsou osazeny napínacími zařízeními a přenáší pouze tahová namáhání. Připojení k horním pásům vazníků je tvořeno pomocí styčnickových plechů a speciálního čepového přípoje systému Macalloy. Ve střešní konstrukci jsou celkem 4 okapová ztužidla, 2 u sloupů příčné vazby a 2 ve vrcholu.

Opláštění konstrukce:

Opláštění konstrukce je tvořeno pomocí systému Kalzip v kombinaci s trapézovým plechem 50/260, doplněnými o tepelnou izolaci Rockwool Dachrock a izolaci z asfaltových pásů Elastek 50 Special Mineral. Plášť je připevněn k vaznicím a paždíkům pomocí šroubů.

2.3 Přípoje:

Ukotvení příčných vazeb:

Sloupy příčné vazby jsou ukončeny přivařením koutovým svarem účinné tloušťky 6 mm na čelní desku. Ta má rozměry 1100 x 600 x 60 mm a v jejích rozích jsou vytvořeny otvory průměru 40 mm ve vzdálenosti 60 mm od okraje v obou směrech. Upevnění desky k základovým patkám je tvořeno pomocí 4 dodatečně osazovaných mechanických kotev Fischer Superbond (FIS A/RGM, gvz., 8.8) průměru 30 mm a délky 695 mm. Deska je z oceli S355 a je uložena na vrstvě podlití tloušťky 50 mm, jež je tvořena cementovou maltou.

Ukotvení čelních sloupů:

Ukotvení je provedeno obdobně jako ukotvení příčné vazby, mění se pouze rozměry desky, jež má velikost 800 x 550 x 25 mm. Jsou použity stejné kotvy, které se liší pouze průměrem, který činí 20 mm, a dále délkou, jež má hodnotu 245 mm. Poslední rozdíl je ve velikosti otvorů v desce, jež mají průměr 26 mm.

Ukotvení vrat:

Ukotvení je provedeno obdobně jako ukotvení příčné vazby, s tím rozdílem, že v tomto případě nejsou použity pouze 4 kotvy, nýbrž kotev 6. Ty jsou umístěny v rozích desky a dále po obvodu na její příčné ose ve vzdálenosti 60 mm od okraje desky. Rozdílné jsou i rozměry desky, které činí 600 x 560 x 40 mm. Kotvy jsou stejného typu i průměru, liší pouze délkou, jež má hodnotu 675 mm.

Uložení vazníků na sloupy:

Horní pás vazníku je ukončen přivařením na čelní desku pomocí koutového svaru účinné tloušťky 3 mm. Tato deska je, společně s dalším styčnickovým plechem a jeho výztuhou, jež jsou zespoda přivařeny koutovým svarem účinné tloušťky 6 mm k profilu horního pásu, přivařena na úložnou desku kolmou k ose sloupu opět koutovým svarem účinné tloušťky 6 mm. K této desce jsou koutovými svary účinné tloušťky 6 mm zespoda přivařeny zářky ze čtveřice plechů, které vzájemně tvoří uzavřený prostor, do nějž je vložena stolička, která je přivařena svarem účinné tloušťky 6 mm k čelní úložné desce osazené na sloupech opět pomocí svaru účinné tloušťky 6 mm. Uložení je jištěno dvojicí šroubů M24-8.8 umístěných na příčné ose úložných desek ve vzdálenostech 30 mm od jejich okrajů.

Vrcholový přípoj vazníků:

Vrcholový přípoj vazníků je tvořen pomocí čepového spoje s čepem o průměru 50 mm. Čep prochází trojicí styčnickových plechů tloušťek 25 mm, resp. 15 mm, které jsou opatřeny výztuhami. Styčnickové plechy tloušťky 15 mm jsou přivařeny na čelní desky pomocí svarů tupých a styčnickový plech tloušťky 25 mm je na

čelní desku přivařen pomocí svarů koutových účinné tloušťky 4 mm. Tyto čelní desky jsou přivařeny k horním pásům vazníků a ke krajním diagonálám vazníků pomocí obvodových koutových svarů účinné tloušťky opět 4 mm. Čep bude zajištěn závlačkami.

Přípoje běžných diagonál a svislic k pásům vazníků:

Běžné diagonály a svislice jsou připojeny k pásovým prutům pomocí obvodových koutových svarů účinné tloušťky 3 mm.

Přípoj krajních diagonál k pásovým prutům:

Krajní diagonála u umístěná blíže ke sloupům příčné vazby je připojena k horním pásům vazníků na vevařený styčnickový plech pomocí čtyř koutových svarů účinné tloušťky 3 mm a účinné délky 115 mm. K dolním pásům je přivařena pomocí obvodového koutového svaru účinné tloušťky 4 mm.

Krajní diagonála umístěná blíže k vrcholu střešní konstrukce je připojena k horním i dolním pásům vazníků pomocí obvodových koutových svarů účinné tloušťky 4 mm.

Montážní přípoj horních pásů:

Montážní přípoj horních pásů je tvořen pomocí dvojice čelních desek, jež jsou přivařeny k prutům horních pásů pomocí obvodových svarů účinné tloušťky 4 mm. Vzájemné spojení obou montážních dílců je pak provedeno pomocí šestice šroubů M16-5.6 umístěných po obvodu čelních desek.

Montážní přípoj dolních pásů:

Montážní přípoj dolních pásů je tvořen pomocí dvojice čelních desek, jež jsou přivařeny k prutům dolních pásů pomocí obvodových svarů účinné tloušťky 4 mm. Vzájemné spojení obou montážních dílců je pak provedeno pomocí osmi šroubů M16-5.6 umístěných o obvodu čelních desek.

Montážní přípoj diagonály vazníku:

Montážní přípoj diagonály je realizován pomocí dvojice šroubů M12-5.6, jež spojují styčnickový plech pásů a plech přivařený k diagonále pomocí čtveřice koutových svarů účinné tloušťky 3 mm a účinné délky 30 mm.

Přípoj táhel vazníků:

Přípoj táhel vazníků je realizován pomocí dvojice šroubů M24-8.8, jež spojují styčnickový plech dolních pásů a plech přivařený v táhle pomocí čtveřice koutových svarů účinné tloušťky 5 mm a účinné délky 65 mm.

Přípoj jisticích prutů vazníků:

Přípoj jisticích prutů vazníků je realizován pomocí dvojice šroubů M24-5.6, jež spojují styčnickový plech dolních pásů a sloupů a plech přivařený v jisticích prutech pomocí čtveřice koutových svarů účinné tloušťky 3 mm a účinné délky 75 mm.

Přípoj vaznic k horním pásům vazníků:

Vaznice jsou připojeny k horním pásům pomocí dvojice šroubů M16-5.6, jež spojují styčnickové plechy horních pásů s dvojicí destiček, které jsou čelně přivařeny k vaznicím. Všechny svary jsou provedeny jako koutové o účinné tloušťce 4 mm. Vaznice jsou zapuštěné a lícují horní okraj horních pásů.

Přípoj paždíků ke sloupům:

Paždíky jsou připojeny ke sloupům pomocí dvojice šroubů M16-5.6, jež spojují styčnickové plechy sloupů s dvojicí destiček, které jsou čelně přivařeny k paždíkům. Všechny svary jsou provedeny jako koutové o účinné tloušťce 4 mm. Paždíky jsou zapuštěné a lícují vnější okraj sloupů.

Přípoje příčných a okapových ztužidel:

Připojení ke sloupům a horním pásům vazníků je tvořeno pomocí styčnickových plechů, jež jsou k nim přivařeny pomocí koutových svarů účinné tloušťky 4 mm a speciálního čepového přípoje systému Macalloy, jež je na tyto plechy osazen.

3. Montáž:

Montáž bude postupovat směrem od příčné vazby 2 po příčnou vazbu 12. Nejprve budou náležitě osazeny ocelové sloupy do příslušných betonových patek a poté se na sloupy upevní příčná ztužidla.

Po jejich osazení se na přivařené čelní desky ve vrcholech sloupů postupně osadí montážní dílce č. 1 a dále se k nim připojí pomocí montážních spojů dílce č. 2. Oba dílce budou předem zhotoveny ve výrobě a opatřeny výše uvedenými spoji. Při osazování budou dílce nejprve podepřeny.

Následně se propojené dílce tvořící jednotlivé vazníky ve vrcholu střešní konstrukce spojí pomocí čepů. Dále budou k horním pásům vazníků připojována příčná ztužidla, dvojice vazníků se propojí pomocí táhel a připne se ke sloupům pomocí šikmých jisticích prutů. Jakmile budou k vazníkům připevněny všechny tyto prvky, pak bude možné odstranit jejich podepření a jednotlivé příčné vazby budou schopny plnit jejich nosnou funkci.

Po dokončení montáže dvou sousedních příčných vazeb, se tyto vazby propojí pomocí podélných a okapových ztužidel a nakonec bude možné do stěn a střešní konstrukce osadit paždíky a vaznice.

Po dokončení montáže všech příčných vazeb bude možné upevnit ke krajním horním pásům a krajním sloupům krátké vaznicové a paždíkové konzolky, k nimž se připevní čelní stěny tvořící vazby 1 a 13. V čelní stěně 13 budou zároveň zhotovena příhradová vrata. Na závěr montáže se k vaznicím a paždíkům pomocí šroubů připevní opláštění konstrukce.

4. Materiál:

Pro základové patky se uvažuje stupeň vlivu prostředí XC2 a proto se použije prostý beton pevnostní třídy C 25/30.

Pro ocelovou konstrukci se uvažuje třída provedení EXC2 a základním materiálem ocelové konstrukce je ocel S355J2, která je použita pro všechny prvky konstrukce vyjma prvků vybraných, jimiž jsou táhla vazníků, jež jsou zhotovena z oceli S460Q a dále příčná a okapová ztužidla, která jsou vyrobena ze speciálně upravené oceli S460 pro výrobky Macalloy. Styčnickové plechy přípojů těchto vybraných prvků budou rovněž zhotoveny z oceli S460Q.

Pro uložení vazníků na sloupy a pro přípoje táhel vazníků byly použity šrouby pevnostní třídy 8.8. Pro všechny montážní přípoje vazníků, vrcholový čepový přípoj, přípoj jisticích prutů vazníků a pro přípoje vaznic a paždíků byly použity šrouby a čepy pevnostní třídy 5.6.

5. Hmotnost konstrukce:

Viz přiložený výkaz materiálu níže.

číslo	prvek	průřez	celková délka [m]	měrná hmotnost [kg/m]	plocha [m ²]	celková hmotnost [t]
1	sloupy příčné vazby	HEM 550	253,0	278,2	576,8	70,4
2	sloupy v čelní stěně	HEM 550	153,5	278,2	350,0	42,7
3	sloupy a příčle vrat	HEB 300	119,6	117,0	207,0	14,0
4	horní pásy vazníků	TR OBD 200x120x6,3	400,4	30,1	248,3	12,0
5	dolní pásy vazníků	TR OBD 180x100x5,6	320,3	23,4	176,2	7,5
6	krajní diagonály vazníků	TR 4HR 90x90x3,6	102,2	9,7	35,8	1,0
7	běžné diagonály vazníků	TR 4HR 80x3,2	408,7	7,6	127,5	3,1
8	svislice vazníků	TR 4HR 40x3	285,5	3,4	42,8	1,0
9	vaznice	TR OBD 140x80x5	1100,0	16,3	473,0	17,9
10	konzolky vaznic	TR OBD 140x80x5	17,0	16,3	7,3	0,3
11	paždíky boční	TR OBD 180x100x8	300,0	32,7	162,0	9,8
12	paždíky čelní	TR OBD 180x100x8	245,0	32,7	132,3	8,0
13	táhla vazníků	KR 30	337,8	5,6	31,8	1,9
14	jisticí pruty vazníků	TR 4HR 80x4	117,0	9,4	36,3	1,1
15	pásy pod. ztužidel	TR OBD 100x60x3,2	200,0	7,6	62,0	1,5
16	diagonály pod. ztužidel	TR 4HR 40x3	305,3	3,4	45,8	1,0
17	příčná ztužidla	Macalloy M16	863,9	1,6	43,4	1,4
18	okapová ztužidla	Macalloy M16	296,9	1,6	14,9	0,5
19	ztužidla okolo vrat	TR 4HR 100x8	63,4	22,6	24,0	1,4
20	příhradovina vrat	TR 4HR 100x8	87,9	22,6	33,3	2,0
					Σ =	198,4 t

6. Povrchová ochrana oceli:

Povrchová ochrana oceli proti účinkům vnějších vlivů bude provedena pomocí trojice nátěrů a to nátěru základního, mezinátěru a krycího nátěru. Soulad těchto tří vrstev zaručuje odpovídající ochranu. Všechny nátěry jsou vybrány ze sortimentu společnosti Sika a jedná se konkrétně o základní nátěr SikaCor Zinc ZS, mezinátěr SikaCor EG 1 a krycí nátěr SikaCor PUR Color (RAL 5014). Ty budou prováděny v pořadí, v jakém jsou uvedeny buďto nátěrem nebo nástřikem.