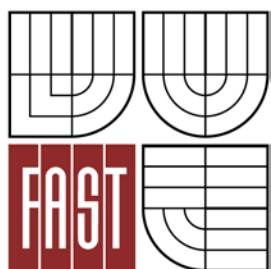




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

NOSNÁ KONSTRUKCE AUTOSALONU V TRUTNOVĚ

THE STRUCTURE OF THE CAR SHOWROOM IN TRUTNOV

A – PRŮVODNÍ DOKUMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RADKA ŽELEZNÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

OBSAH:

01	Titulní list
02	Zadání VŠKP
03	Popisný soubor
04	Abstrakt, klíčová slova
05	Bibliografické citace
06	Prohlášení o původnosti VŠKP
07	Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP
08	Poděkování
09	Obsah práce
10	Seznam použité literatury
11	Seznam použitých zkratk a symbolů



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

NOSNÁ KONSTRUKCE AUTOSALONU V TRUTNOVĚ THE STRUCTURE OF THE CAR SHOWROOM IN TRUTNOV

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RADKA ŽELEZNÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2014



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	Radka Železná
Název	Nosná konstrukce autosalonu v Trutnově
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2013
Datum odevzdání bakalářské práce	30. 5. 2014
V Brně dne 30. 11. 2013	

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

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

Podklady a literatura

Tvarové a dispoziční uspořádání objektu

ČSN EN 1990 "Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí"

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

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

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

Zásady pro vypracování

Vypracujte návrh nosné konstrukce předváděcích prostor autosalonu v Trutnově. Jedná se o objekt ve tvaru 12ti úhelníku o max. rozměru 25m. Minimální světlá výška je uvažována 6m. Při návrhu konstrukce respektujte požadavky na tvarové a dispoziční uspořádání.

Požadované výstupy:

1. Technická zpráva
2. Statický výpočet základních nosných prvků a směrných detailů
3. Výkresová dokumentace dle specifikace vedoucího bakalářské práce

Předepsané přílohy

.....

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

Abstrakt

Náplní bakalářské práce je návrh a posouzení ocelové konstrukce autosalonu v lokalitě města Trutnov. Navržená konstrukce má půdorysný tvar části dvanáctiúhelníku o maximálním rozměru 25m a minimální světlou výšku 6m. Zastřešení má tvar vícebokého jehlanu se sklonem 10° .

Hlavní nosná konstrukce je tvořena deseti příčnými sloupovými uspořádáními. Polárně jsou od sebe vzdáleny 30° . Vzdálenost hlavních nosných sloupů je 12m. Konstrukce střechy je tvořena příhradovými vazníky. Celková tuhost konstrukce je zajištěna uspořádáním prvků a ztužidly. Střešní plášť je tvořen sendvičovými panely uloženými přímo na vaznice. Obvodový plášť je řešen jako skleněná fasáda. V místě napojení předváděcích prostor na technické zázemí, je obvodový plášť tvořen samonosnou konstrukcí, která není součástí projektu.

Klíčová slova

nosná konstrukce, ocel, příhradový vazník, sloup, vaznice, ztužidlo

Abstract

The subject of this bachelor's thesis is a proposal and evaluation of the steel load-bearing structure of a car showroom in the area of city Trutnov. The plan dimensions of the structure are dodecagon 25m. The headroom is 6m. The car showroom is designed by pyramidal roof.

The main load-bearing structure is created by 10 cross-links. Polar coordinate of it is 30° . The distance of main columns is 12m. Load-bearing structure of roof is created by lattice truss. General rigidity of the structure is provided by transverse wind braces and layout. Roof covering is made of roof panels laid directly on the purlins. The cladding is made of glass panels. In the back of structure is the cladding made by self-supported structure, which is not part of the thesis.

Keywords

load-bearing structure, steel, lattice truss, column, purlins, brace

...

Bibliografická citace VŠKP

Radka Železná *Nosná konstrukce autosalonu v Trutnově*. Brno, 2014. 106 s., 3 výkresy.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Milan Šmak, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 27.5.2014

.....
podpis autora
Radka Železná

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 27.5.2014

.....
podpis autora
Radka Železná

Poděkování:

Ráda bych tímto poděkovala panu Ing. Milanu Šmakovi, Ph.D. za odborné vedení při zpracování bakalářské práce, poskytnuté rady, za ochotné a trpělivé jednání při konzultacích.

Dále děkuji své rodině za podporu a zázemí, které mi bylo po celou dobu studia poskytováno.

Radka Železná



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Autor práce Radka Železná

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 Nosná konstrukce autosalonu v Trutnově
Název práce v anglickém jazyce The structure of the car showroom in Trutnov
Typ práce Bakalářská práce
Přidělovaný titul Bc.
Jazyk práce Čeština
Datový formát elektronické verze

Anotace práce Náplní bakalářské práce je návrh a posouzení ocelové konstrukce autosalonu v lokalitě města Trutnov. Navržená konstrukce má půdorysný tvar části dvanáctiúhelníku o maximálním rozměru 25m a minimální světlou výšku 6m. Zastřešení má tvar vícebokého jehlanu se sklonem 10°. Hlavní nosná konstrukce je tvořena deseti příčnými sloupovými uspořádáními. Polárně jsou od sebe vzdáleny 30°. Vzdálenost hlavních nosných sloupů je 12m. Konstrukce střechy je tvořena příhradovými vazníky. Celková tuhost konstrukce je zajištěna uspořádáním prvků a ztužidly. Střešní plášť je tvořen sendvičovými panely uloženými přímo na vaznice. Obvodový plášť je řešen jako skleněná fasáda. V místě napojení předváděcích prostor na technické zázemí, je obvodový plášť tvořen samonosnou konstrukcí, která není součástí projektu.

Anotace práce v anglickém jazyce The subject of this bachelor's thesis is a proposal and evaluation of the steel load-bearing structure of a car showroom in the area of city Trutnov. The

plan dimensions of the structure are dodecagon 25m. The headroom is 6m. The car showroom is designed by pyramidal roof. The main load-bearing structure is created by 10 cross-links. Polar coordinate of it is 30°. The distance of main columns is 12m. Load-bearing structure of roof is created by lattice truss. General rigidity of the structure is provided by transverse wind braces and layout. Roof covering is made of roof panels laid directly on the purlins. The cladding is made of glass panels. In the back of structure is the cladding made by self-supported structure, which is not part of the thesis.

Klíčová slova	nosná konstrukce, ocel, příhradový vazník, sloup, vaznice, ztužidlo
Klíčová slova v anglickém jazyce	load-bearing structure, steel, lattice truss, column, purlins, brace ...

OBSAH PRÁCE:

A - PRŮVODNÍ DOKUMENT

- 01** Titulní list
- 02** Zadání VŠKP
- 03** Popisný soubor
- 04** Abstrakt, klíčová slova
- 05** Bibliografické citace
- 06** Prohlášení o původnosti VŠKP
- 07** Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP
- 08** Poděkování
- 09** Obsah práce
- 10** Seznam použité literatury
- 11** Seznam použitých zkratk a symbolů

B - TECHNICKÁ ZPRÁVA

C - POSOUZENÍ VARIANT

D - STATICKÝ VÝPOČET

E - VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

- Č.1** Kotevní plán
- Č.2** Dispoziční plán, řezy
- Č.3** Příhradový vazník

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

1. ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí, 2004
2. ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro navrhování konstrukcí pozemních staveb
3. ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí –Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem, 2007
4. ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí –Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem, 2005
5. ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků
6. ČSN EN 1995-1-1 Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1 : Obecná pravidla
- Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
7. ČSN EN 14080 Dřevěné Konstrukce – Lepené lamelové dřevo – Požadavky
8. KUKLÍK,P.,KUKLÍKOVÁ,A. Navrhování dřevěných konstrukcí příručka k ČSN EN 1995-1, Praha, 2010, 140s.
9. VRANÝ,T., ELIÁŠOVÁ,M., JANDERA,M. Ocelové konstrukce 2 - cvičení, Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2013, 149S.
10. Spoje ocelových konstrukcí [online]. Dostupné na:<<http://ocel.wz.cz>>
11. Průřezové charakteristiky[online].
Dostupné na: <http://www.steelcalc.com/cs/prurezchar.aspx>
12. Kingspan[online]. Dostupné na: <http://panely.kingspan.cz/sendvicove-panely-zatepleni-izolace-oplasteni-1725.html>

Seznam použitých zkratk a symbolů

Velká písmena

A	plná průřezová plocha šroubu
A	průřezová plocha
A_{ch}	průřezová plocha pásu členěného prutu
A_s	plocha šroubu účinná v tahu
A_w	průřezová plocha stojiny
$B_{p,Rd}$	návrhová smyková únosnost při protlačení hlavy nebo matice šroubu
C_{dir}	součinitel směru
C_e	součinitel expozice
C_{mLT}	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
C_{my}	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
$C_0(z)$	součinitel orografie
$C_{pe,10}$	součinitel tlaku
$C_r(z)$	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 šroub v tahu
$F_{V,Ed}$	návrhová smyková síla ve šroubu v mezním stavu únosnosti
$F_{V,Rd}$	návrhová únosnost šroubu ve stříhu
E	modul pružnosti v tahu, tlaku
G	modul pružnosti ve smyku
I_t	moment setrvačnosti v kroucení
$I_v(z)$	intenzita turbulence
I_w	výsečový moment setrvačnosti
I_y	moment setrvačnosti průřezu k ose y
I_z	moment setrvačnosti průřezu k ose z
L	délka svaru
$L_{cr,T}$	vzpěrná délka při vybočení zkroucením
$L_{cr,y}$	kritická vzpěrná délka kolmo k ose y
$L_{cr,z}$	kritická vzpěrná délka kolmo k ose z
L_{min}	minimální délka svaru
$M_{c,Rd}$	vrhová únosnost v ohybu
M_{Ed}	návrhový ohybový moment
$M_{el,Rd}$	návrhová elastická momentová únosnost
M_{Rk}	charakteristická únosnost rozhodujícího průřezu v ohybu
$N_{b,Rd}$	vzpěrná únosnost
N_{cr}	kritická síla
$N_{cr,y}$	pružná kritická síla při rovinném vzpěru k ose y
$N_{cr,z}$	pružná kritická síla při rovinném vzpěru k ose z
N_{Ed}	návrhová hodnota osově síly
$N_{pl,Rd}$	návrhová únosnost neoslabeného průřezu
N_R	počet cyklů do porušení
N_{Rk}	charakteristická únosnost rozhodujícího průřezu při působení osově síly

$N_{t,Rd}$	návrhová únosnost v tahu
$N_{u,Rd}$	návrhová únosnost oslabeného průřezu
R	výslednice sil
$V_{E,d}$	návrhová smyková síla
$V_{pl,Rd}$	plastická smyková únosnost
$W_{el,y}$	elastický modul průřezu k ose z
$W_{el,z}$	elastický průřezový modul k ose z
$W_{pl,y}$	plastický modul průřezu k ose y
$W_{pl,z}$	plastický průřezový modul k ose z

Malá písmena

a	účinná výška svaru
b	šířka průřezu
d	hloubka konstrukce (délka povrchu rovnoběžného se směrem větru)
d	výška rovné části stojiny
d	jmenovitý průměr šroubu
d_0	průměr otvoru pro šroub
e	excentricita normálové síly
e	vzdálenost šroubu od okraje
f_{cd}	výpočtová hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_y	mez kluzu
f_u	mez pevnosti
f_{ub}	mez pevnosti materiálu šroubu
h	výška průřezu
h	výška konstrukce
i_0	polární poloměr setrvačnosti
i_y	poloměr setrvačnosti k ose y
i_z	poloměr setrvačnosti k ose z
k_r	součinitel terénu
k_w	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_T	součinitel napětí
l_{eff}	efektivní délka
n	počet stříhovových rovin
$q_p(z)$	maximální hodnota dynamického tlaku větru
s	charakteristická hodnota zatížení sněhem (rovnoměrné spojitě zatížení)
s_k	základní tíha sněhu
t	tloušťka
u	průhyb
u_{max}	maximální hodnota průhybu
$v_{b,0}$	výchozí hodnota základní rychlosti větru
v_m	střední rychlost větru

w	tlak větru (rovnoměrné spojitě zatížení)
z_0	parametr drsnosti terénu
$z_{0,II}$	parametr drsnosti terénu
z	výška nad zemí
z_{min}	minimální výška

Velká řecká písmena

Φ	hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti
Φ_{LT}	hodnota pro výpočet součinitele klopení

Malá řecká písmena

α	součinitel
α_1	součinitel imperfekce
α_{LT}	součinitel imperfekce pro klopení
θ	součinitel vzpěrné délky
θ_w	korelační součinitel pro svary závislý na druhu oceli
γ_{M1}	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M2}	dílčí součinitel spolehlivosti pro spoje
ϵ	součinitel závisející na f_y
κ_{wt}	bezrozměrný parametr kroucení
λ	štíhlost
λ_y	štíhlost k ose y
λ_z	štíhlost k ose z
LT	
λ_T	poměrná štíhlost při klopení
λ	poměrná štíhlost při vybočení zkroucením
λ_w	poměrná štíhlost stěny
λ_y	poměrná štíhlost k ose y
λ_z	poměrná štíhlost k ose z
μ_{cr}	bezrozměrný kritický moment
μ_i	tvárový součinitel zatížení sněhem
π	Ludolfovo číslo
ρ	měrná hmotnost vzduchu
τ	smykové napětí
χ_{LT}	součinitel klopení
χ_T	součinitel vzpěrnosti při prostorovém vzpěru
χ_y	součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose y
χ_z	součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose z



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

NOSNÁ KONSTRUKCE AUTOSALONU V TRUTNOVĚ

THE STRUCTURE OF THE CAR SHOWROOM IN TRUTNOV

B – TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RADKA ŽELEZNÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2014

OBSAH:

1. Úvod	2
2. Použité normativní dokumenty	2
3. Obecné informace	3
4. Zatěžovací údaje	3
4.1. Stálé zatížení	3
4.2. Nahodilé zatížení	4
5. Popis konstrukce	4
5.1. Hlavní budova	4
5.2. Vedlejší budova	5
6. Ochrana konstrukce	6
6.1. Ocelová konstrukce	6
6.2. Dřevěná konstrukce	6
7. Výroba a montáž	6
7.1. Hlavní budova	6
7.2. Vedlejší budova	6
8. Údržba konstrukce	7
9. Statická analýza a posouzení prvků	7
10. Předběžný výkaz výměr	7

1. ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá návrhem a posouzením nosné ocelové konstrukce autosalonu v Trutnově. Ve statické části bakalářské práce, je uveden výpočet hlavních nosných prvků a vybraných přípojí hlavní budovy. Doplňkovou prací je vyřešení vybraných dřevěných prvků vedlejší budovy. Výpočty jsou zpracovány dle platných normativů ČSN EN.

2. POUŽITÉ NORMATIVNÍ DOKUMENTY

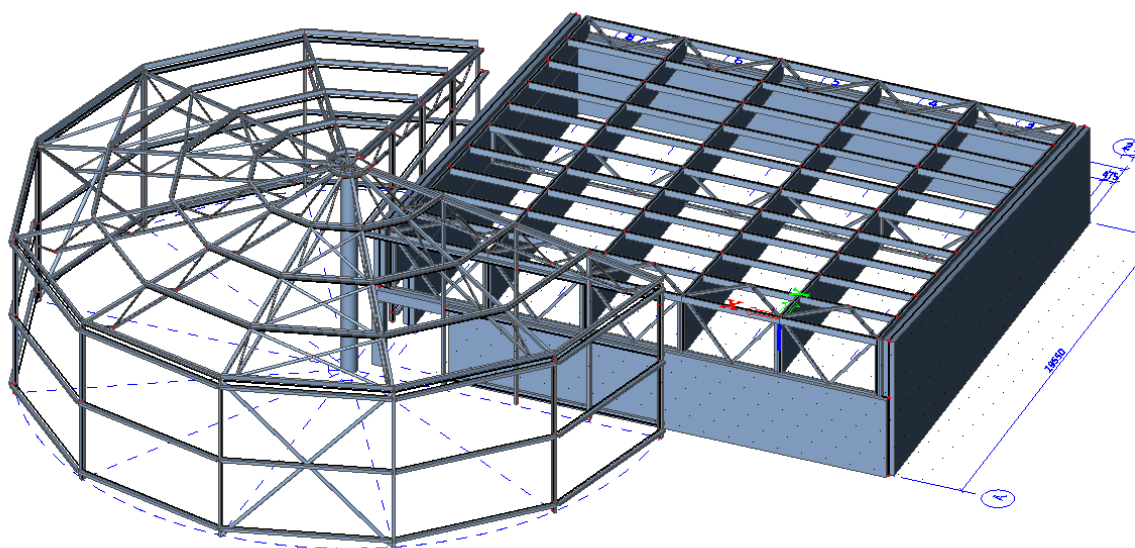
- ČSN EN 10027-1
Systém označení ocelí – Část 1: Stavba značek oceli
- ČSN EN 1090- 2
Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – část 2:
Technické požadavky na ocelové konstrukce
- ČSN EN 1990
Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1
Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy,
vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3
Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4
Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- ČSN EN 1993-1-1
Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro
navrhování konstrukcí pozemních staveb
- ČSN EN 1993-1-2
Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla
- Navrhování konstrukcí na účinky požáru
- ČSN EN 1993-1-8
Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků
- ČSN EN 73 2824-1
Třídění dřeva podle pevností. Část 1: Jehličnaté řezivo
- ČSN EN 338
Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti
- ČSN EN 1995-1-1
Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1 : Obecná pravidla
- Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1194
Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo – Třídy pevnosti a
stanovení charakteristických hodnot
- ČSN EN 14080
Dřevěné Konstrukce – Lepené lamelové dřevo – Požadavky
- ČSN 73 2810
Dřevěné stavební konstrukce. Provádění.

3. OBECNÉ INFORMACE

Stavba autosalonu se nachází v obci Trutnov v Královéhradeckém kraji. Účelem stavby je plnit funkci autosalonu. Hlavní část jako předváděcí prostor a vedlejší jako zázemí autosalonu.

Ocelová konstrukce hlavního prostoru je řešena nad půdorysným tvarem části dvanáctiúhelníku o celkovém rozměru 25m a minimální světlé výšce 6m. Příčné uspořádání je sloupové s variantním řešením příhradových vazníků.

Dřevěná konstrukce vedlejší prostor je řešena nad čtvercovým půdorysem o rozměru 20x20 m. Nosná konstrukce střechy je tvořena z lepených lamelových vazníků. Ty jsou uloženy na železobetonovém věnci.



4. ZATĚŽOVACÍ ÚDAJE

Zatížení bylo na konstrukci aplikováno dle platných norem. Podrobný rozbor je uveden ve statickém výpočtu.

4.1. ZATÍŽENÍ STÁLÉ

– VLASTNÍ TÍHA KONSTRUKCE

Vlastní tíha konstrukce byla stanovena v programu Scia Engineer 2013.1 – studentská verze.

– TÍHA STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ

Použity jsou sendvičové střešní panely tloušťky 130 mm.
Návrhová hodnota zatížení střešním pláštěm **0,16 kN/m²**

- TÍHA STĚNOVÉHO PLÁŠTĚ

Plášť zhotoven ze skleněných tabulí připevněných bodově k paždíku.

Návrhová hodnota zatížení střešním pláštěm je **0,43 kN/m²**

4.2. ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ

- ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Třída sněhové oblasti pro město Trutnov je III. Z čehož vyplývá základní normové zatížení sněhem $2,5 \text{ kN/m}^2$.

Návrhová hodnota zatížení sněhem je **$2,0 \text{ kN/m}^2$**
 $6,3 \text{ kN/m}^2$ (návěj)

- ZATÍŽENÍ VĚTREM

Třída větrové oblasti pro město Trutnov je II. Z čehož vyplývá základní charakteristická rychlost větru 25 m/s .

Návrhová hodnota zatížení větrem je :

- hlavní budova	- maximální dynamický tlak	647 Pa
	- max. vnější tlak větru	1455 Pa (sání) 517,6 Pa (tlak)
- vedlejší budova	- maximální dynamický tlak	534 Pa
	- max. vnější tlak větru	1121 Pa (sání) 386 Pa (tlak)

5. POPIS KONSTRUKCE

5.1. HLAVNÍ BUDOVA

STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

Střešní plášť je tvořen sendvičovým panelem tl. 130 mm . Jedná se o panel vhodný pro velmi členité střechy se sklonem 10° . Je tvořen ze čtyř vrstev. Vnějšího trapézového plechu $50/200$ tloušťky $0,6 \text{ mm}$, izolačního jádra tloušťky 100 mm , parozábrany, vnitřního trapézového plechu $50/200$ tloušťky $0,6 \text{ mm}$.

Pro statický výpočet je střešní plášť považován za tuhý v rovinně střechy. Proto je okapová vaznice namáhána složkou kolmou i rovnoběžnou se střešní rovinou.

VAZNICE

Všechny vaznice jsou uvažovány jako prosté plnostěnné. Horním pás je účinně spojený se střešním pláštěm. Díky převládajícímu sání větru nad vlastní tíhou střešního pláště a vaznice, je dolní pás namáhán vzpěrným tlakem. Z tohoto důvodu je vhodné ověřit, zda nedojde k vybočení tlačení pásu z roviny ohybu.

Mezilehlé vaznice jsou navrženy profilu IPE 200 (S235). Díky půdorysnému uspořádání konstrukce jsou vaznice proměnné délky 1645 mm , 3255 mm a 5075 mm . Uloženy jsou v každém styčnicku horního pásu příhradového vazníku. Spojení prvků realizováno pomocí šroubového spoje.

Okapová vaznice je navržena profilu UPE 200 (S235). Délka vaznic je $6\,625 \text{ mm}$. Změna profilu je způsobena namáháním kolmo na měkkou osu profilu. Není třeba navrhovat okapové ztužidlo.

VAZNÍK

Vítězná varianta je navržena jako příhradový trubkový vazník s kosoúhlým uspořádáním diagonál. Vazník délky 12 185 mm je kloubově připojen ke sloupům. Zatížen je akcemi vaznic ve styčnicích. Vzdálenost styčnic 3046mm odpovídá osově vzdálenosti vaznic. Toto zatížení vyvolává vznik normálových sil v prutech.

Horní pás vazníku je navržen profilu TR4HR 100/100/5. Díky konstrukční spojitosti prutu je zahrnut vznik ohybového momentu na spojitém nosníku o čtyřech polích.

Dolní pás vazníku je stejného profilu jako horní pás. Pásové pruty mají navrženu větší tloušťku stěny než výplňové. Důvodem je riziko prolomení stěny pásové trubky v místě styčnicku. Dolní pás je ukončen 20 mm za posledním styčníkem.

Diagonály jsou profilu TR4HR 50/50/4. K pásovým prutům jsou připojeny koutovým svarem po celém obvodu průřezu.

VNĚJŠÍ SLOUPY

Pro vnější sloupy systémové délky 6 950 mm byl použit profil IPE 200. V patě sloupu uložení řešeno jako kloubově neposuvně. V hlavě kloubově připojen vazník. Kotvení sloupu pomocí patní desky a dvojice kotev.

VNITŘNÍ SLOUP

Navržen kruhového profilu TR 660/11. V patě uvažováno vetknutí, v hlavě kloubové připojení vazníku. K zajištění dostatečné tuhosti spojení v patě je použito osm výztuh rovnoměrně rozmístěných po obvodu sloupu. Propojení se základovou patkou realizováno přes patní desku s osmi šrouby. Podlití patní desky je uvažováno zvětšené na 50 mm z technologických důvodů.

PAŽDÍKY

Paždíky délky 6625 mm navrženy uzavřeného profilu TR4HR 120/120/5. Připoj paždíku na sloup řešen šroubovým spojem.

5.2. VEDLEJŠÍ BUDOVA

VAZNICE

Navrženy jako plnostěnné prostě uložené. Vyrobeny z řeziva pevnostní třídy C24 o rozměru 160/240/4000 mm. K vazníku jsou připojeny pomocí kotev.

VAZNÍK

Vazník řešen jako pultový prostě uložený, délky 20 000 mm. Vyrobený z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL24h. Vazník je průřezu 180/800 (2550 mm).

Zbývající prvky konstrukce zastřešení voleny na základě předběžného návrhu v programu Scia Engineering 2013.1 studentská verze.

6. OCHRANA KONSTRUKCE

6.1.OCELOVÉ KONSTRUKCE

NÁTĚROVÝ SYSTÉM

Řídí se informacemi dle ISO/DIS 12944-7 a také doporučeními výrobce. Na konstrukci budou aplikovány tři vrstvy nátěrové hmoty, každá o tloušťce 40 µm. Aplikace bude v tomto pořadí: základní vrstva, krycí vrstva a krycí opravná vrstva. Po dokončení montáže konstrukce bude stav nátěru opětovně zkontrolován a případně obnoven. Trvanlivost aplikovaného nátěru je uvažována přibližně deset let.

POVRCHY VE STYKU S BETONEM

Tyto povrchy se nesmí nijak opatřovat povrchovou ochranou a ani kotevní šrouby nesmí být povrchově chráněny.

PROTIPOŽÁRNÍ OCHRANA

Úseky s požadavkem na zvýšenou požární odolnost budou opatřeny protipožárními nátěry, popřípadě obklady. Volba ochranných prostředků dle požadavků stanovených v požární zprávě vypracované specialistou.

6.2.DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE

Bude proveden ochranný nátěr proti degradaci, plísním a škodlivému hmyzu. Dávkování a druh aplikace se bude řídit doporučením výrobce. Finální úpravou je nátěr bezbarvým lakem ve třech vrstvách.

7. VÝROBA A MONTÁŽ

7.1.HLAVNÍ BUDOVA

Příhradový vazník bude celý zhotoven ve výrobě. Vzhledem k rozměru vazníku není nutné vytvářet montážní spoje. Na stavbě budou k předem připraveným betonovým patkám ukotveny sloupy. Posléze na sloupy osazeny vazníky. Současně bude probíhat montáž dvou příčných vazeb. To umožní osazení stěnových ztužidel. Úplná stabilita bude zajištěna až po připevnění vaznic a střešního pláště. Výztužné prvky budou v konstrukci ponechány pro případ rekonstrukce. Na osazené vazníky se připevní vaznice a dále střešní ztužidla.

7.2.VEGLEJŠÍ BUDOVA

Výroba vazníků bude provedena ve výrobě. Lepené lamelové nosníky budou osazeny pomocí čepových spojů na zdivo opatřené železobetonovým věncem. Stabilita bude zajištěna pomocí podélných ztužidel. Poté budou na vazníky připevněny vaznice systémem připojení BOVA.

8. ÚDRŽBA KONSTRUKCE

Konstrukce musí být řádně a pravidelně kontrolována, aby byla zajištěna maximální možná životnost, spolehlivost a bezpečnost užívání. Celkový stav konstrukce bude zjišťován odborně způsobilou osobou dvakrát za 5 let. V zimním období musí být zajištěna kontrola míry zatížení konstrukce sněhem, aby nedošlo k přetížení.

9. STATIKÁ ANALÝZA A POSOUZENÍ PRVKŮ

Výpočtový model byl vytvořen ve studentské verzi programu Scia Engineer 2013.1. Pomocí tohoto software byly určeny vnitřní síly a deformace konstrukce. Výpočet nosných prvků a spojů byl celý proveden ručně a software sloužil pouze jako kontrola.

10. PŘEDBĚŽNÝ VÝKAZ VÝMĚR

<i>PRVEK</i>	<i>PRŮŘEZ</i>	<i>JEDN. HMOTNOST [KG/M]</i>	<i>DÉLKA [M]</i>	<i>HMOTNOST [KG]</i>
VAZNICE	IPE 200	22,4	100	2240
OKAPOVÁ VAZNICE	UPE 200	22,8	60	1368
HORNÍ PÁS	TR4HR 100/5	14,7	130	1911
DOLNÍ PÁS	TR4HR 100/5	14,4	130	1872
DIAGONÁLY	TR4HR 50/4	5,6	100	560
VNITŘNÍ SLOUP	TR 660/11	157,8	9	1420
VNĚJŠÍ SLOUP	IPE 200	22,4	110	2464
PAŽDÍK	TR4HR 120/5	17,8	260	4628
ZTUŽIDLA STĚNOVÁ	TR 139,7/4	13,4	40	536
ZTUŽIDLA STŘEŠNÍ	TR 101,6/4	9,7	60	582

Hmotnost konstrukce 17 581 kg bude navýšena o 5%.

Celková hmotnost činí 18 460 kg, náterová plocha 500 m².



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

NOSNÁ KONSTRUKCE AUTOSALONU V TRUTNOVĚ

THE STRUCTURE OF THE CAR SHOWROOM IN TRUTNOV

C – POSOUZENÍ VARIANT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RADKA ŽELEZNÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

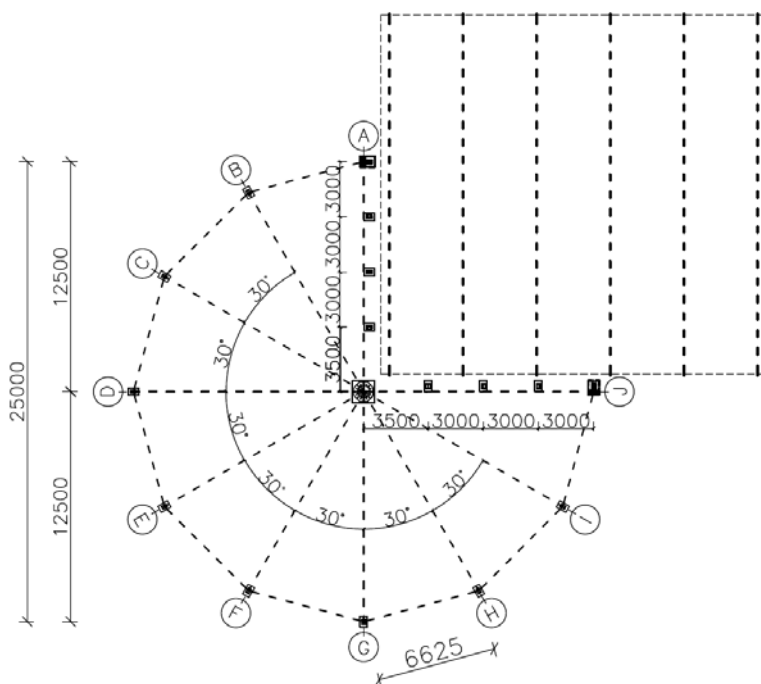
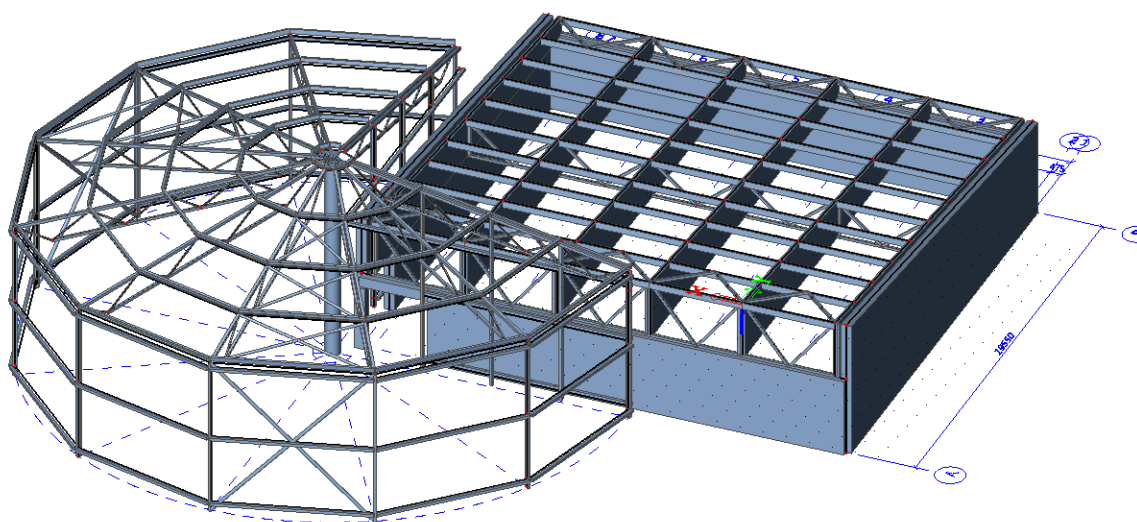
BRNO 2014

OBSAH:

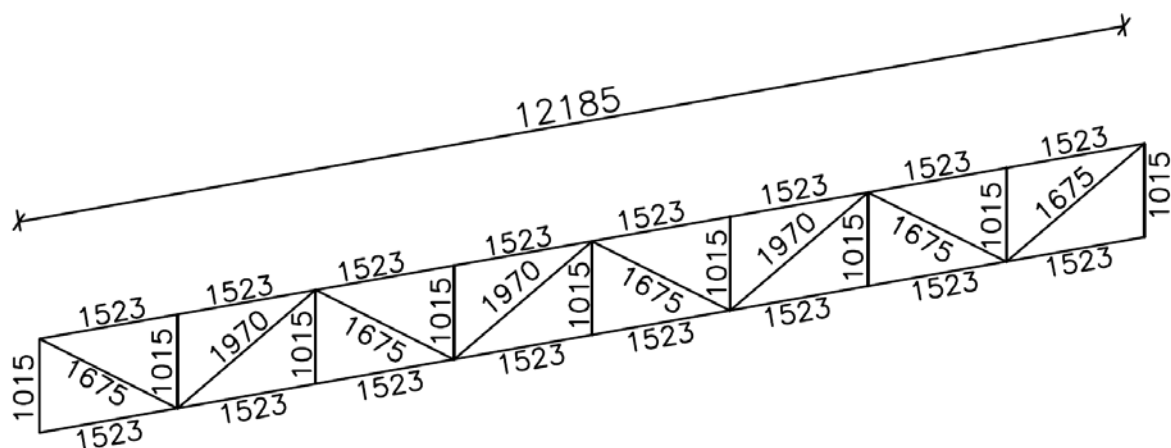
1. Úvod.....	2
2. Varianta A	3
3. Varianta B	4

1. ÚVOD

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout ocelovou konstrukci autosalonu. Půdorysným tvarem hlavního objektu je část dvanáctiúhelníku o maximálním rozměru 25 m. Pro pevně stanovené umístění svislých nosných prvků a vaznic, bylo zpracováno variantní řešení konstrukce zastřešení. Jedná se o varianty ocelových příhradových vazníků.



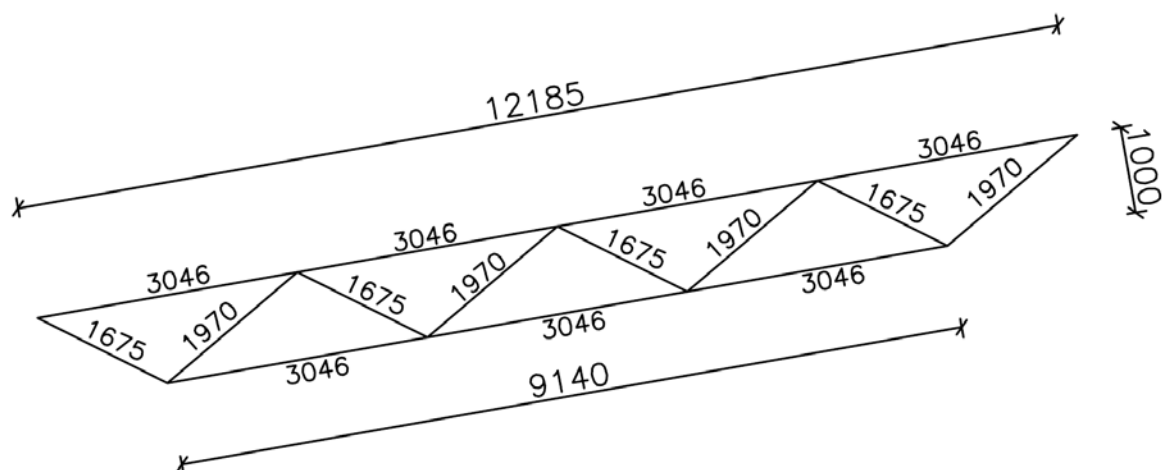
2. VARIANTA A



Jedná se o příhradový vazník s rovnoběžnými pásovými pruty. Uspořádání mezipásmových prutů je kosoúhle s podružnými svislicemi. Jednotlivé vazníky jsou od sebe polárně vzdáleny o 30°. Vazník je ve sklonu 10°. Pro všechny pruty jsou jednotně použity profily čtvercových bezešvých trubek spojené svařováním. Uložení vazníku na sloup v místě stýčnicku dolního pásu a svislice.

PRVEK	PRŮŘEZ	HMOTNOST [KG]	MSU	POČET PRUTŮ	POČET STÝČNÍKŮ
HORNÍ PÁS	TR4HR 90/5	160	0,86	1	18
DOLNÍ PÁS	TR4HR 100/5	175	0,90	1	
DIAGONÁLY	TR4HR 50/4	100	0,78	8	
SVISLICE	TR4HR 60/4	60	0,95	9	
celkem		495 kg		19 ks	18 ks

3. VARIANTA B



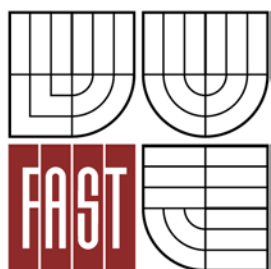
Jedná se o příhradový vazník s rovnoběžnými pásovými pruty. Uspořádání mezipásmových prutů je kosoúhle. Jednotlivé vazníky jsou od sebe polárně vzdáleny o 30°. Vazník je uložen ve sklonu 10°. Pro všechny pruty jsou jednotně použity profily čtvercových bezešvých trubek spojené svařováním. Uložení vazníku na sloup realizováno v místě styčníku horního pásu a diagonály, což vedeno k menší výšce stěny vzdorující účinkům větru.

PRVEK	PRŮŘEZ	HMOTNOST [KG]	MSU	POČET PRUTŮ	POČET STYČNÍKŮ
HORNÍ PÁS	TR4HR 100/5	190	0,89	1	
DOLNÍ PÁS	TR4HR 100/5	185	0,95	1	9
DIAGONÁLY	TR4HR 50/4	100	0,97	8	
celkem		475 kg		10 ks	9 ks

K dalšímu zpracování byla vybrána **varianta B**. Důvodem je úspora materiálu, menší pracnost díky menšímu počtu svařovaných styčníků a estetické hledisko.



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

NOSNÁ KONSTRUKCE AUTOSALONU V TRUTNOVĚ

THE STRUCTURE OF THE CAR SHOWROOM IN TRUTNOV

D – STATICKÝ VÝPOČET

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RADKA ŽELEZNÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

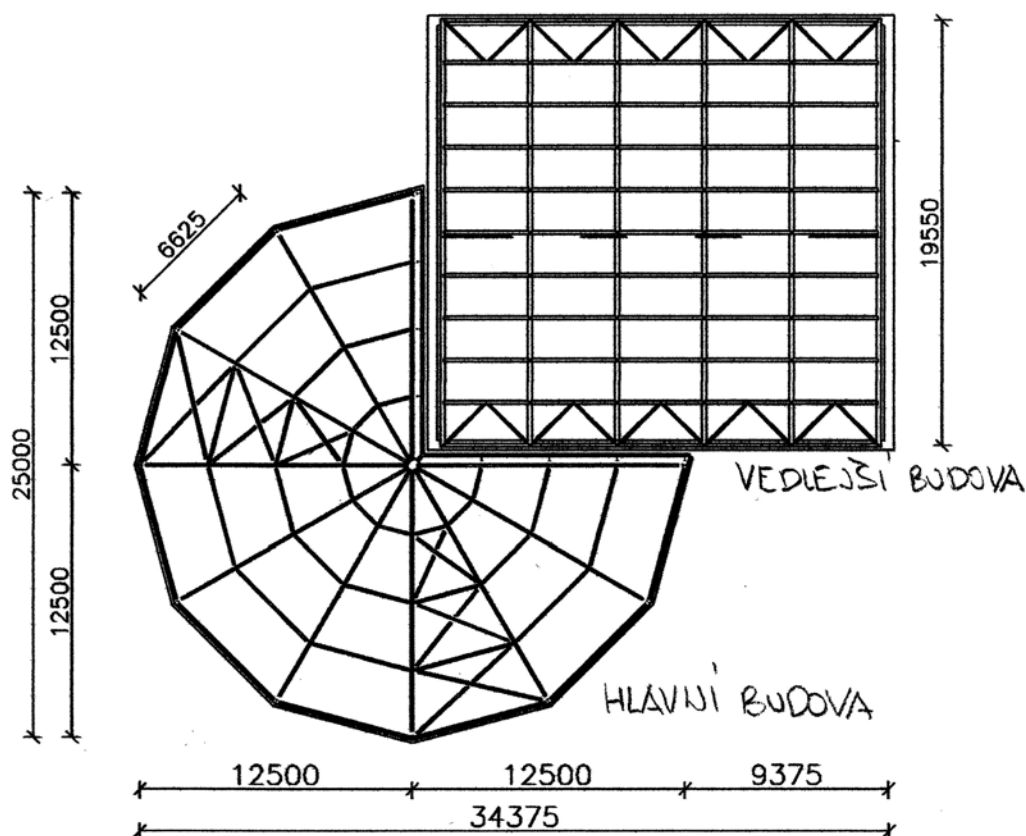
OBSAH:

1. GEOMETRIE KONSTRUKCE	3
1.1. SCHEMATICKÝ PŮDORYS	3
1.2. SCHEMATICKÝ JIŽNÍ POHLED	3
2. VÝPOČTOVÝ MODEL	4
3. ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE	5
3.1. STAŁÁ ZATÍŽENÍ	5
3.2. DĀHODIVÁ ZATÍŽENÍ	5
4. KOMBINACE ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY	13
4.1. KOMBINACE PRO MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI	13
4.2. KOMBINACE PRO MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI	14
5. POSOUZENÍ MSÚ - HLAVNÍ BUDOVA	15
5.1. POSOUZENÍ MEZILEHLÉ VARNICE	15
5.2. POSOUZENÍ OKAPOVÉ VARNICE	22
5.3. POSOUZENÍ HORNÍHO PÁSU VARNÍČU	29
5.4. POSOUZENÍ DOLNÍHO PÁSU VARNÍČU	33
5.5. POSOUZENÍ TLÁČENÉ DIAGONÁLY	37
5.6. POSOUZENÍ TAŽENÉ DIAGONÁLY	39
5.7. POSOUZENÍ VNITŘNÍHO SLOUPU	40
5.8. POSOUZENÍ KRAJNÍHO SLOUPU	44
5.9. POSOUZENÍ PŘEDÍČU	51
5.10. POSOUZENÍ ŽTUŽIDEL	53
5.11. NÁVRH A POSOUZENÍ PŘÍPOJENÍ MEZILEH. VARNICE NA VARNICE	58
5.12. NÁVRH A POSOUZENÍ PŘÍPOJENÍ OKAPOVÉ VARNICE	60
5.13. POSOUZENÍ PŘÍPOJENÍ DIAGONÁL Z HORNÍMU PÁSU	63
5.14. POSOUZENÍ PŘÍPOJENÍ DIAGONÁL K DOLNÍMU PÁSU	67
5.15. NÁVRH A POSOUZENÍ PŘÍPOJENÍ VARNÍČU NA VN. SLOUP	71

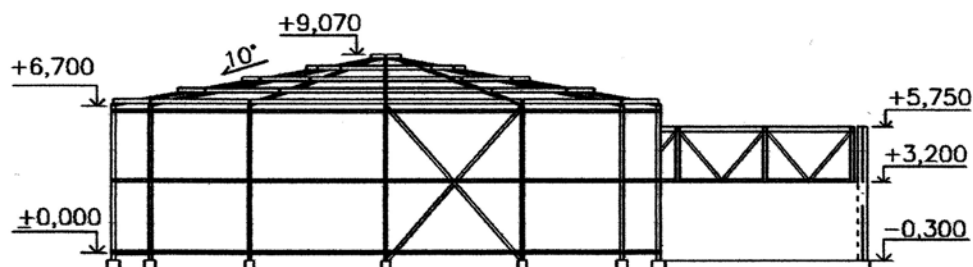
5.16. POSOUZENÍ KLBOBOVÉ PATKY	45
5.17. POSOUZENÍ VETKUTE PATY SLOUPU	49
5.18. POSOUZENÍ PŘIPOJENÍ STĚNOVÉHO ŽVŘ. NA SLOUP	84
6. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI - HL. BUDOVA	84
6.1. POSOUZENÍ VAZNICE MEZILEHLE	84
6.2. POSOUZENÍ VAZNICE OŠAROVÉ	84
6.3. POSOUZENÍ VAZNÍKU	84
6.4. POSOUZENÍ SLOUPU VUTŘNÍHO	84
6.5. POSOUZENÍ KRAJNÍHO SLOUPU	88
6.6. POSOUZENÍ PŘEDÍKU	88
7. POSOUZENÍ HSU - VEDLEJŠÍ BUDOVA	89
7.1. POSOUZENÍ VAZNICE	89
7.2. POSOUZENÍ VAZNÍKU	94

1. GEOMETRIE KONSTRUKCE

- 1.1. SCHEMATICKÝ PŮDORYS

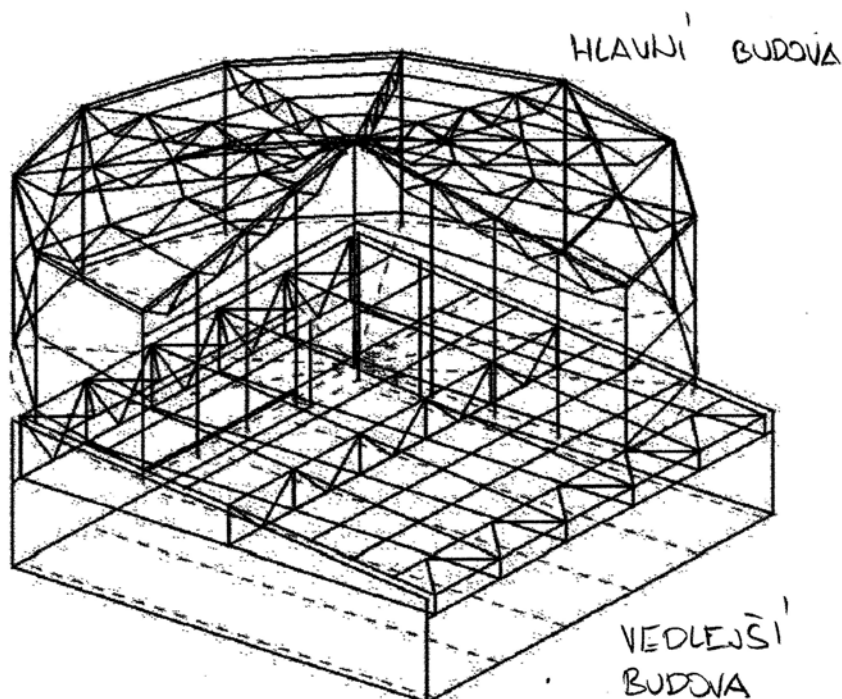


- 1.2. SCHEMATICKÝ JIŽNÍ POHLED



2. VÝPOČTOVÝ MODEL

- NOSNÁ OCELOVÁ KONSTRUKCE HLAVNÍ BUDOVY A NOSNÁ DŘEVĚNÁ KONSTRUKCE STŘECHY VEDLEJŠÍ BUDOVY ŘEŠENA PŮTOU PROGRAMU Scia Engineer 2013.1



- PODPORY KRAJNÍCH SLoupŮ - sloupové neposuvné uložení
- PODPORA CENTRÁLNÍHO SLoupU - reflexní
- PŘIPOJENÍ PRUTŮ NA SLoupY - sloupové
- PŘIPOJENÍ VÁZNIC NA VÁZNÍKY - sloupové
- PŘIPOJENÍ MEZI PÁSOVÝMI PRUTY VÁZNICU A PÁSOVÝM - sloupové

3. ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE

- 3.1. STÁLÁ ZATÍŽENÍ -

LC1 - VL.TÍHA

- Pozn.: - ZATÍŽENÍ LC1 A LC2

JE PRO HLAVNÍ I
VEDLEŠÍ BUDOVU
SHODNÉ

- ZATÍŽENÍ LC3 PLATÍ

POUZE PRO HLAVNÍ
BUDOVU

- ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE OD VLASTNÍ TÍHY BYLO STANOVENO
PROGRAMEM Scia Engineering 2013.1

LC2 - STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

- PROVEDEN ZE STŘEŠNÍCH SENDVIČOVÝCH PANELOŮ TL. 130 MM,
TLOUŠŤKA IZOLAČNÍHO JÁDRA 100 MM A HMOTNOST $11,86 \text{ kg/m}^2$

$$g_{d2} = g_k \cdot \gamma_F = 0,1186 \cdot 1,35 = 0,16 \text{ kN/m}^2$$

LC3 - STĚNOVÝ PLÁŠŤ

- PROVEDEN ZE SKELETONŮ TABULÍ BODOVĚ PŘÍPEVNĚNÝCH
K PŘÍDĚLŮM NA HRANÍCH A UPROSTŘED ŽUPĚTÍ

$$g_{d3} = g_k \cdot \gamma_F = 0,32 \cdot 1,35 = 0,43 \text{ kN/m}^2$$

- 3.2. NAHODILÁ ZATÍŽENÍ -

LC4 - ZATÍŽENÍ SNĚHEM

• HLAVNÍ BUDOVA - $\alpha = 10^\circ$, PLOCHA SLOŽENÁ Z PULTOVÝCH STŘECH

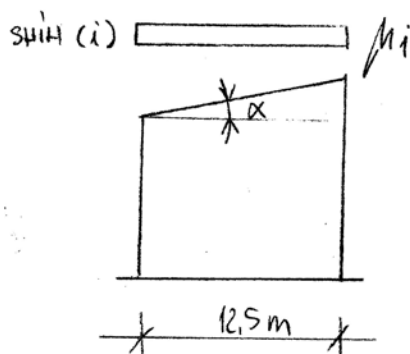
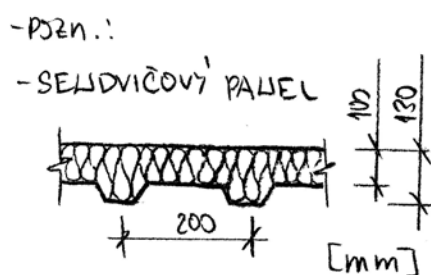
- SNĚHOVÁ OBLAST PRO TRUTNOV $\Rightarrow$ II. $S_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$

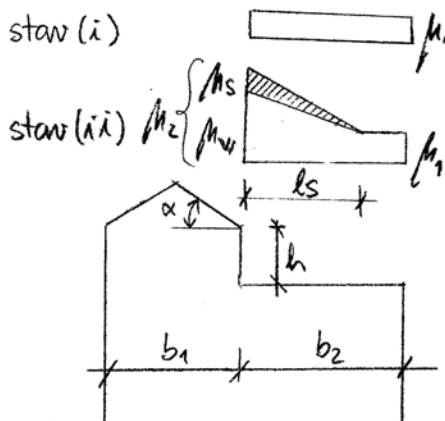
- SOUČINITEL EXPOZICE $C_e = 1,0$

- TEPELNÝ SOUČINITEL $C_t = 1,0$

- TVAROVÝ SOUČINITEL $\mu_{fi} = 0,8$

$$S_i = \mu_{fi} \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,5 = 2,0 \text{ kN/m}^2$$





$b_1 = 12 \text{ m}$
 $b_2 = 20 \text{ m}$
 $h = 3,15 \text{ m}$
 $\gamma_{sn} = 2 \text{ kN/m}^3$

• VEDLEJŠÍ BUDOVA - $\alpha = 5^\circ$, PULTOVÁ STŘECHA

- SNĚHOVÁ OBLAST PRO TRUTNOV $\rightarrow$ II. $S_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$

- SOUČINITEL EXPOZICE $C_e = 1,0$

- TEPELNÝ SOUČINITEL $C_t = 1,0$

- TVAROVÝ SOUČINITEL $\mu_1 = 0,8$

$\rightarrow$ PRO $\alpha < 15^\circ$ $\mu_s = 0$

$$\mu_{w1} = \frac{(b_1 + b_2)}{2h} \leq \frac{\gamma_{sn}}{S_k}$$

$$\mu_{w1} = \frac{(12 + 20)}{2 \cdot 3,15} \leq \frac{2,0 \cdot 3,15}{2,5}$$

$$5,1 \neq 2,52$$

$$\mu_{w1} = 2,52 \in < 0,8; 4,0 >$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_{w1} = 0 + 2,52 = 2,52$$

- DĚLKA NÁVĚJE

$$l_s = 2h = 2 \cdot 3,15 = 6,3 \text{ m} \in < 5; 15 >$$

$$S_{i1} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,5 = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{i2} = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 2,52 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,5 = 6,3 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{i1} = S_i = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

LC5, LC6, LC7, LC8 - ZATÍŽENÍ VĚTREM

• HLAVNÍ BUDOVA

- VĚTRNÁ OBLAST II. $V_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

- KATEGORIE TERÉNU III. $z_0 = 0,3 \text{ m}$

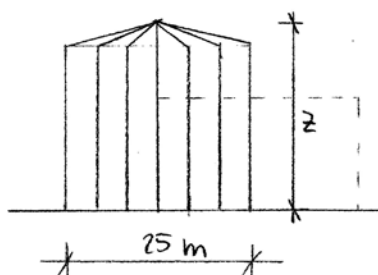
$$z_{min} = 5 \text{ m}$$

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

- SOUČINITEL ROČNÍHO OBDOBÍ $C_{sea} = 1,0$

- SOUČINITEL SMĚRU VĚTRU $C_{dir} = 1,0$

$z = 9,1 \text{ m}$



$$N_b = c_{dir} \cdot c_{sea} \cdot N_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

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

- ZÁKLADNÍ DYNAMICKÝ TLAK VĚTRU

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot N_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 25^2 = 391 \text{ N/m}^2$$

- DRSNOST TERÉNU

$$C_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,216 \cdot \ln\left(\frac{9,1}{0,3}\right) = 0,737$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,11}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,216$$

- STŘEDNÍ RYCHLOST VĚTRU

$$V_m(z) = C_r(z) \cdot C_0(z) \cdot N_b = 0,737 \cdot 1,0 \cdot 25 = 18,425 \text{ m/s}$$

- SOUČINITEL OROGRAFIE $C_0(z) = 1,0$

- TURBULENCE VĚTRU

$$I_w(z) = \frac{k_z}{C_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{9,1}{0,3}\right)} = 0,293$$

- MAXIMÁLNÍ DYNAMICKÝ TLAK

$$q_p(z) = [1 + 7 I_w(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot V_m(z)^2 =$$

$$= [1 + 7 \cdot 0,293] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 18,425^2 = \underline{\underline{647 \text{ Pa}}}$$

• VEDLEJŠÍ BUDOVA

- VĚTRNÁ OBLAST II. $N_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

- KATEGORIE TERÉNU III. $z_0 = 0,3 \text{ m}$

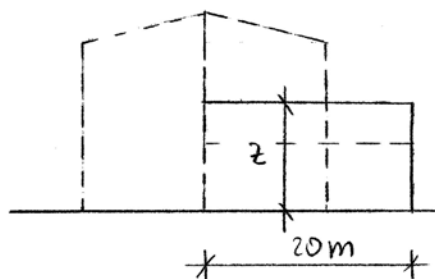
$$z_{min} = 5,0 \text{ m}$$

$$z_{max} = 200,0 \text{ m}$$

- SOUČINITEL ROČNÍHO OBDOBÍ $c_{sea} = 1,0$

- SOUČINITEL SMĚRU VĚTRU $c_{dir} = 1,0$

$z = 6 \text{ m}$



$$N_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot N_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot$$

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

- ZÁKLADNÍ DYNAMICKÝ TLAK VĚTRU

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot N_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 25,0^2 = 391 \text{ N/m}^2$$

- DEŠNOST TERÉNU

$$C_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,216 \cdot \left(\frac{6,0}{0,3}\right) = 0,644$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,11}}\right)^{0,04} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,04} = 0,216$$

- STŘEDNÍ RYCHLOST VĚTRU

$$V_m(z) = C_r(z) \cdot V_0(z) \cdot N_b = 0,644 \cdot 1,0 \cdot 25 = 16,10 \text{ m/s}$$

- SOUČINITEL OROGRAFIE $C_0(z) = 1,0$

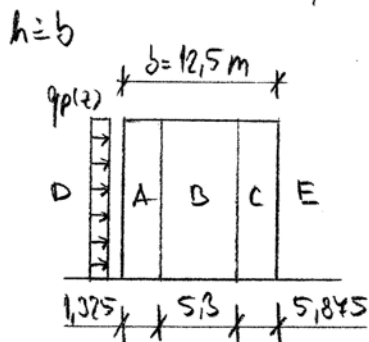
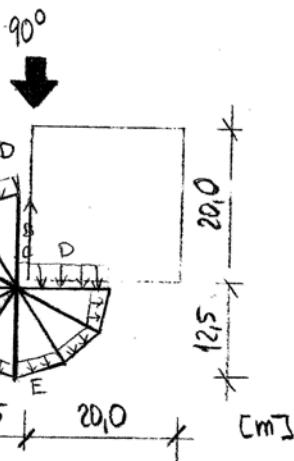
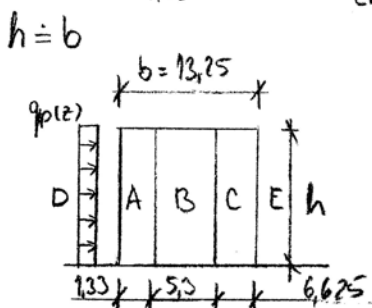
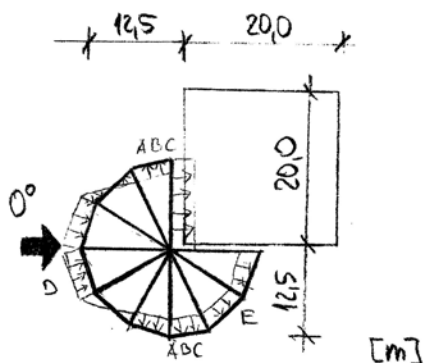
- TURBULENCE VĚTRU

$$I_N(z) = \frac{k_I}{C_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{6}{0,3}\right)} = 0,334$$

- MAXIMÁLNÍ DYNAMICKÝ TLAK

$$q_p(z) = [1 + \gamma \cdot I_N(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot V_m^2(z) =$$

$$= [1 + \gamma \cdot 0,334] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 16,10^2 = \underline{\underline{534 \text{ Pa}}}$$



HLAVNÍ BUDOVA

LC5 - VÍTR STĚNY - SMĚR 0°

- $h = 6.95$ m
- $l = \min \{ b = 6.625$ m; $2 \cdot h = 2 \cdot 6.95 = 13.9$ m $\}$
 $l = 6.625$ m
- $d = 12.5$ m
- $\frac{h}{d} = \frac{6.95}{12.5} = 0.58$

- VNĚJŠÍ TLAK VĚTRU

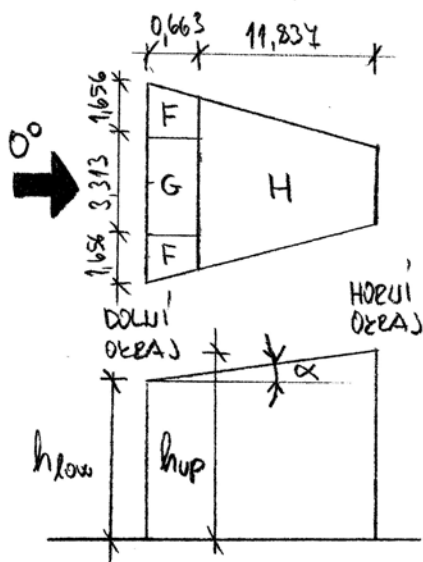
$$\begin{aligned} W_{eA} &= 647 \cdot (-1.2) = -776.4 \text{ N/m}^2 \\ W_{eB} &= 647 \cdot (-1.0) = -647.0 \text{ N/m}^2 \\ W_{eC} &= 647 \cdot (-0.5) = -323.5 \text{ N/m}^2 \\ W_{eD} &= 647 \cdot (0.8) = +517.6 \text{ N/m}^2 \\ W_{eE} &= 647 \cdot (-0.5) = -323.5 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

LC6 - VÍTR STĚNY - SMĚR 90°

- $h = 6.95$ m
- $l = \min \{ b = 6.625$ m; $2 \cdot h = 2 \cdot 6.95 = 13.9$ m $\}$
 $l = 6.625$ m
- $d = 12.5$ m
- $\frac{h}{d} = \frac{6.95}{12.5} = 0.58$

- VNĚJŠÍ TLAK VĚTRU

$$\begin{aligned} W_{eA} &= 647 \cdot (-1.2) = -776.4 \text{ N/m}^2 \\ W_{eB} &= 647 \cdot (-1.0) = -647.0 \text{ N/m}^2 \\ W_{eC} &= 647 \cdot (-0.5) = -323.5 \text{ N/m}^2 \\ W_{eD} &= 647 \cdot (0.8) = +517.6 \text{ N/m}^2 \\ W_{eE} &= 647 \cdot (-0.5) = -323.5 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$



LC7 - VÍTR STŘECHA - SMĚR 0°

- SKLON STŘECHY 10°
- VÝŠKA HORNÍHO OKRAJE $h_{up} = 9,1 \text{ m}$
- VÝŠKA DOLNÍHO OKRAJE $h_{low} = 6,95 \text{ m}$

- VNĚJŠÍ TLAK VĚTRU

$$w_{eF} = 647 \cdot (-1,3) = -841,1 \text{ N/m}^2$$

$$w_{eG} = 647 \cdot (-1,0) = -647,0 \text{ N/m}^2$$

$$w_{eH} = 647 \cdot (-0,45) = -291,2 \text{ N/m}^2$$

LC8 - VÍTR STŘECHA - SMĚR 90°

- VNĚJŠÍ TLAK VĚTRU

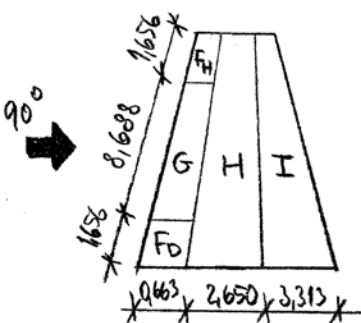
$$w_{eFH} = 647 \cdot (-2,25) = -1455,8 \text{ N/m}^2$$

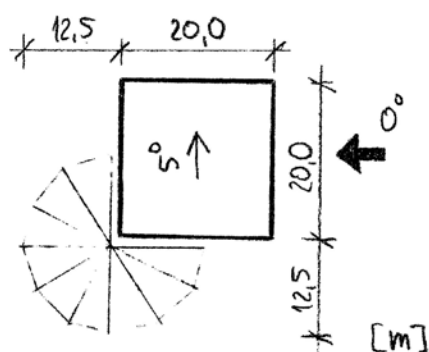
$$w_{eFD} = 647 \cdot (-1,85) = -1197,0 \text{ N/m}^2$$

$$w_{eG} = 647 \cdot (-0,7) = -452,9 \text{ N/m}^2$$

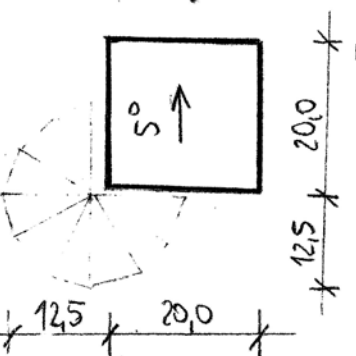
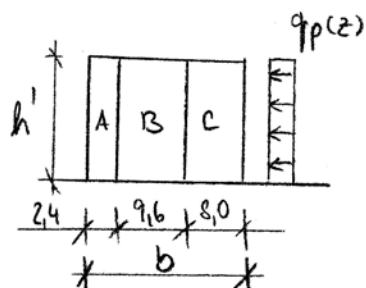
$$w_{eH} = 647 \cdot (-1,85) = -1196,9 \text{ N/m}^2$$

$$w_{eI} = 647 \cdot (-0,55) = -355,9 \text{ N/m}^2$$

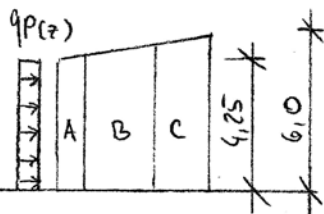




$h < b$



$h < b$



• VEDLEJŠÍ BUDOVA

LC5 - VĚTR STĚNY - SMĚR 0°

- VÝŠKA STĚNY PO HORNÍ OKRAJ $h = 6,0 \text{ m}$
- VÝŠKA STĚNY PO DOLNÍ OKRAJ $h' = 4,25 \text{ m}$
- $l = \min \{ b = 20 \text{ m}; 2 \cdot h = 2 \cdot 6,0 = 12,0 \text{ m} \} = 12,0 \text{ m}$
- $d = 20 \text{ m}$
- $\frac{h}{d} = \frac{6}{20} = 0,3$

- VNĚJŠÍ TLAK VĚTRU

$$W_{eA} = 534 \cdot (-1,2) = -640,8 \text{ N/m}^2$$

$$W_{eB} = 534 \cdot (-0,8) = -427,2 \text{ N/m}^2$$

$$W_{eC} = 534 \cdot (-0,5) = -267,0 \text{ N/m}^2$$

$$W_{eD} = 534 \cdot (0,404) = +215,7 \text{ N/m}^2$$

$$W_{eE} = 534 \cdot (-0,313) = -167,1 \text{ N/m}^2$$

LC6 - VĚTR STĚNY - SMĚR 90°

- VÝŠKA STĚNY $h = 4,25 \text{ m}$
- $l = \min \{ b = 20 \text{ m}; 2 \cdot h = 2 \cdot 4,25 = 8,5 \text{ m} \} = 8,5 \text{ m}$
- $d = 20 \text{ m}$
- $\frac{h}{d} = \frac{4,25}{20} = 0,2125$

- VNĚJŠÍ TLAK VĚTRU

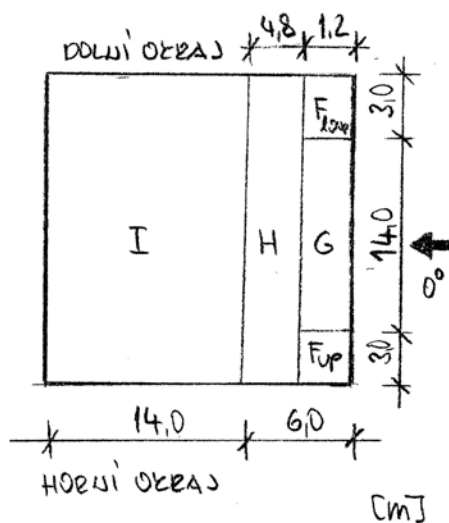
$$W_{eA} = 534 \cdot (-1,2) = -640,8 \text{ N/m}^2$$

$$W_{eB} = 534 \cdot (-0,8) = -427,2 \text{ N/m}^2$$

$$W_{eC} = 534 \cdot (-0,5) = -267,0 \text{ N/m}^2$$

$$W_{eD} = 534 \cdot (+0,423) = +225,9 \text{ N/m}^2$$

$$W_{eE} = 534 \cdot (-0,344) = -183,8 \text{ N/m}^2$$



LC7 - VĚTR STŘECHA - SMĚR 0°

- SKLON STŘECHY 5°
- PULTOVÁ STŘECHA
- VÝŠKA HORNÍHO OKRAJE $h_{up} = 6,0 \text{ m}$
- VÝŠKA DOLNÍHO OKRAJE $h_{low} = 4,25 \text{ m}$
- VNĚJŠÍ TLAK VĚTRU

$$W_{eF_{up}} = 534 \cdot (-2,1) = -1121,4 \text{ N/m}^2$$

$$W_{eF_{low}} = 534 \cdot (-2,1) = -1121,4 \text{ N/m}^2$$

$$W_{eG} = 534 \cdot (-1,8) = -961,2 \text{ N/m}^2$$

$$W_{eH} = 534 \cdot (-0,6) = -320,4 \text{ N/m}^2$$

$$W_{e\pm} = 534 \cdot (-0,5) = -267,0 \text{ N/m}^2$$

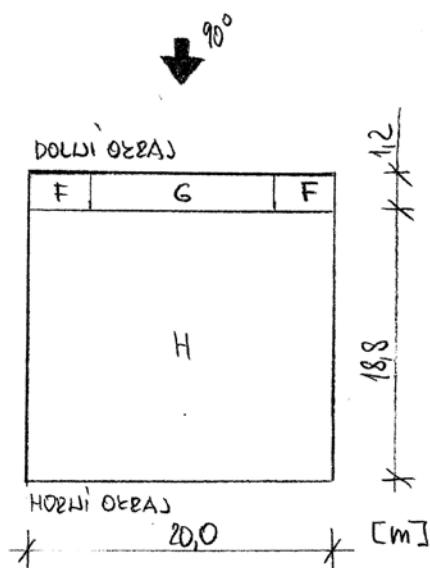
LC8 - VĚTR STŘECHA - SMĚR 90°

- VNĚJŠÍ TLAK VĚTRU

$$W_{eF} = 534 \cdot (-1,4) = -747,6 \text{ N/m}^2$$

$$W_{eG} = 534 \cdot (-1,2) = -640,8 \text{ N/m}^2$$

$$W_{eH} = 534 \cdot (-0,6) = -320,4 \text{ N/m}^2$$



4. KOMBINACE ZATÍŽENÍ A VNITŘNÍ SÍLY

- 4.1. KOMBINACE PRO MEZNI STAV ÚNOSNOSTI

- KOMBINACE PROVEDENA V PROGRAMU SCIA Engineering 2013.1 DLE POKYNU 6.10 a, 6.10 b
DLE ČSN EN 1990 TABULKA A.1.2.(B)(C2)-1 - NÁVRHOVÉ HODNOTY ZATÍŽENÍ (ST2/GEO)

Jméno	Popis kombinací
Studentská verze	*Studentská verze*
1	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sněh *0,50 +LC5 - vítr stěny 0*1,00 +LC3 - stěnový plášť*1,00
2	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC7 - vítr střecha 0*0,60 +LC6 - vítr stěny 90*1,00 +LC3 - stěnový plášť*1,00
3	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC5 - vítr stěny 0*1,00 +LC3 - stěnový plášť*1,00
4	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sněh *0,50 +LC7 - vítr střecha 0*0,60 +LC6 - vítr stěny 90*1,00 +LC3 - stěnový plášť*1,00
5	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sněh *1,00 +LC3 - stěnový plášť*1,00
6	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC4 - sněh *1,50 +LC5 - vítr stěny 0*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,35
7	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC4 - sněh *0,75 +LC6 - vítr stěny 90*1,50 +LC8 - vítr střecha 90*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,35
8	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC4 - sněh *1,50 +LC8 - vítr střecha 90*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,35
9	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC4 - sněh *0,75 +LC7 - vítr střecha 0*1,50 +LC6 - vítr stěny 90*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,35
10	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC4 - sněh *1,50 +LC5 - vítr stěny 0*0,90 +LC7 - vítr střecha 0*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,35
11	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC4 - sněh *1,50 +LC7 - vítr střecha 0*0,90 +LC6 - vítr stěny 90*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,35
12	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC7 - vítr střecha 0*0,60 +LC3 - stěnový plášť*1,00
13	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC4 - sněh *1,50 +LC6 - vítr stěny 90*0,90 +LC8 - vítr střecha 90*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,35
14	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC5 - vítr stěny 0*0,90 +LC6 - vítr střecha 90*1,50 +LC3 - stěnový plášť*1,00
15	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC4 - sněh *1,50 +LC6 - vítr stěny 90*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,35
16	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC7 - vítr střecha 0*0,60 +LC6 - vítr stěny 90*1,50 +LC3 - stěnový plášť*1,00
17	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC4 - sněh *0,75 +LC7 - vítr střecha 0*0,90 +LC6 - vítr stěny 90*1,50 +LC3 - stěnový plášť*1,35
18	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC5 - vítr stěny 0*0,90 +LC7 - vítr střecha 0*1,50 +LC3 - stěnový plášť*1,00
19	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC8 - vítr střecha 90*1,50 +LC3 - stěnový plášť*1,00
20	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC4 - sněh *1,50 +LC7 - vítr střecha 0*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,35
21	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC6 - vítr stěny 90*1,50 +LC8 - vítr střecha 90*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,00
22	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC7 - vítr střecha 0*1,50 +LC6 - vítr stěny 90*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,00
23	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC5 - vítr stěny 0*1,50 +LC3 - stěnový plášť*1,00
24	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC4 - sněh *0,75 +LC5 - vítr stěny 0*1,50 +LC8 - vítr střecha 90*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,35
25	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sněh *0,75 +LC5 - vítr stěny 0*1,50 +LC7 - vítr střecha 0*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,00
26	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC4 - sněh *0,75 +LC5 - vítr stěny 0*1,50 +LC7 - vítr střecha 0*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,35
27	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC6 - vítr stěny 90*1,50 +LC3 - stěnový plášť*1,00
28	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC3 - stěnový plášť*1,35
29	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC5 - vítr stěny 0*1,50 +LC8 - vítr střecha 90*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,35
30	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC5 - vítr stěny 0*1,50 +LC7 - vítr střecha 0*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,35
31	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC6 - vítr stěny 90*1,50 +LC3 - stěnový plášť*1,35
32	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC5 - vítr stěny 0*1,50 +LC3 - stěnový plášť*1,35
33	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC6 - vítr stěny 90*1,50 +LC8 - vítr střecha 90*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,00
34	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sněh *0,75 +LC5 - vítr stěny 0*1,50 +LC8 - vítr střecha 90*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,00
35	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC4 - sněh *0,75 +LC5 - vítr stěny 0*1,50 +LC3 - stěnový plášť*1,35
36	LC1- vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC6 - vítr stěny 90*1,50 +LC8 - vítr střecha 90*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,35
37	LC1- vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC5 - vítr stěny 0*1,50 +LC7 - vítr střecha 0*0,90 +LC3 - stěnový plášť*1,00

-4.2. KOMBINACE PRO MEZNI STAV POUŽITELNOSTI

- VIZ. KOMBINACE PRO HSU

Jméno	Popis kombinací
1	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sníh*0,50 +LC5 - vítr stěny 0*1,00 +LC3 - stěnový plášť*1,00
2	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC3 - stěnový plášť*1,00
3	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC5 - vítr stěny 0*1,00 +LC3 - stěnový plášť*1,00
4	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sníh*0,50 +LC7 - vítr střecha 0*0,60 +LC6 - vítr stěny 90*1,00 +LC3 - stěnový plášť*1,00
5	LC1 - vlastní tíha*1,35 +LC2 - střešní plášť*1,35 +LC5 - vítr stěny 0*1,50 +LC3 - stěnový plášť*1,35
6	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sníh*1,00 +LC5 - vítr stěny 0*0,60 +LC3 - stěnový plášť*1,00
7	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sníh*0,50 +LC6 - vítr stěny 90*1,00 +LC8 - vítr střecha 90*0,60 +LC3 - stěnový plášť*1,00
8	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sníh*1,00 +LC5 - vítr stěny 0*0,60 +LC8 - vítr střecha 90*0,60 +LC3 - stěnový plášť*1,00
9	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sníh*1,00 +LC7 - vítr střecha 0*0,60 +LC3 - stěnový plášť*1,00
10	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sníh*0,50 +LC5 - vítr stěny 0*0,60 +LC7 - vítr střecha 0*1,00 +LC3 - stěnový plášť*1,00
11	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sníh*1,00 +LC5 - vítr stěny 0*0,60 +LC7 - vítr střecha 0*0,60 +LC3 - stěnový plášť*1,00
12	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sníh*1,00 +LC7 - vítr střecha 0*0,60 +LC6 - vítr stěny 90*0,60 +LC3 - stěnový plášť*1,00
13	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC7 - vítr střecha 0*1,00 +LC3 - stěnový plášť*1,00
14	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sníh*0,50 +LC7 - vítr střecha 0*1,00 +LC6 - vítr stěny 90*0,60 +LC3 - stěnový plášť*1,00
15	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC5 - vítr stěny 0*0,60 +LC8 - vítr střecha 90*1,00 +LC3 - stěnový plášť*1,00
16	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sníh*1,00 +LC6 - vítr stěny 90*0,60 +LC3 - stěnový plášť*1,00
17	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC7 - vítr střecha 0*0,60 +LC6 - vítr stěny 90*1,00 +LC3 - stěnový plášť*1,00
18	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC6 - vítr stěny 90*0,60 +LC8 - vítr střecha 90*1,00 +LC3 - stěnový plášť*1,00
19	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC6 - vítr stěny 90*1,00 +LC8 - vítr střecha 90*0,60 +LC3 - stěnový plášť*1,00
20	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC5 - vítr stěny 0*1,00 +LC8 - vítr střecha 90*0,60 +LC3 - stěnový plášť*1,00
21	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC7 - vítr střecha 0*1,00 +LC6 - vítr stěny 90*0,60 +LC3 - stěnový plášť*1,00
22	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sníh*0,50 +LC5 - vítr stěny 0*1,00 +LC8 - vítr střecha 90*0,60 +LC3 - stěnový plášť*1,00
23	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC4 - sníh*0,50 +LC5 - vítr stěny 0*1,00 +LC7 - vítr střecha 0*0,60 +LC3 - stěnový plášť*1,00
24	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC6 - vítr stěny 90*1,00 +LC3 - stěnový plášť*1,00
25	LC1 - vlastní tíha*1,00 +LC2 - střešní plášť*1,00 +LC7 - vítr střecha 0*0,60 +LC3 - stěnový plášť*1,00

-4.3. VNITŘNÍ SILY

- VÝPOČTENY PRO NEJMÉNĚ PŘÍZLIVOU KOMBINACI NAŘÁŽÁNÍ A NEJMÉNĚ PŘÍZLIVOU POLOHU ŘEZU DANÉHO PRŮZU, PROGRAMEM Scia Engineering 2013.1
- KONKRÉTNÍ HODNOTY JEDNOTLIVÝCH VNITŘNÍCH SIL VIZ. POSOUZENÍ JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ KONSTRUKCE

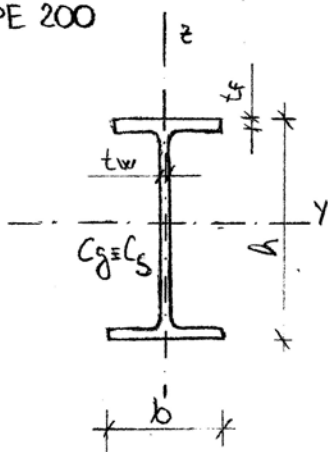
5. POSOUZENÍ MEZNIHO STAVU ÚNOSNOSTI

• HLAVNÍ BUDOVA

- 5.1 POSOUZENÍ MEZILEHLÉ VAZNICE

- PLNOSTĚNNÁ VÁLCOVANÁ VAZNICE IPE 200
- PROSTĚ ULOŽENÁ, DĚLKA 5,045 m
- ZATÍŽENÍ UVAŽOVÁNO ROVNOMĚRNĚ SPOJITĚ PO CELE DĚLCE;
SÁMÍ VĚTRU PŘEVAŽUJE NAD VL. TÍHOU STŘEŠNÍHO PRÁŠTĚ
- PRUT JE ZAJIŠTĚN PROTI ZTRÁTĚ PŘÍČNĚ A TORZNÍ STABILITY
V MÍSTECH PŘIPOJENÍ SEDMIVICOVÉHO PANELU (200 mm)

IPE 200



- PŘÍŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

- VÁLCOVANÝ PROFIL IPE 200:

$A = 2850 \text{ mm}^2$	$I_y = 19,4 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$\lambda_y = 82,6 \text{ mm}$
$b = 100 \text{ mm}$	$I_z = 1,42 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$\lambda_z = 32,4 \text{ mm}$
$h = 200 \text{ mm}$	$W_{ply} = 221 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	$I_t = 69,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$
$t_w = 5,6 \text{ mm}$	$W_{plz} = 44,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	$I_w = 13 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$
$t_f = 8,5 \text{ mm}$		

- MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- OCEL S 235: $f_y = 235 \text{ MPa}$
 $f_u = 360 \text{ MPa}$
 $E = 210 \text{ GPa}$
 $G = 81 \text{ GPa}$

$$\text{Pozn. } \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

- NÁVZHOVÉ HODNOTY VNITŘNÍCH SIL V KRITICKÉM PRŮŘEZU

$$N_{Ed} = -24,85 \text{ kN} ; N_{Ed} = 31,22 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 24,49 \text{ kN} ; V_{Ed} = 3,44 \text{ kN}$$

$$M_{yEd} = 39,16 \text{ kNm} ; M_{zEd} = 4,36 \text{ kNm} ; \text{odpov. } N_{Ed} = 19,35 \text{ kN}$$

- KLASIFIKACE PRŮŘEZU

- STOJILNA $\frac{d}{t_w} = \frac{159}{5,6} = 28,4 < 33 \cdot \varepsilon = 33 \cdot 1,0 = 33 \Rightarrow \text{TŘÍDA 1}$
 $< 42 \cdot \varepsilon = 42 \cdot 1,0 = 42 \Rightarrow \text{TŘÍDA 1}$

- PŘEČNÍVAJÍCÍ ČÁST PÁSLVIC

$$\frac{c}{t_f} = \frac{50}{8,5} = 5,9 < 10 \cdot \varepsilon = 10 \cdot 1,0 = 10 \Rightarrow \text{TŘÍDA 1}$$

PRŮŘEZ TŘÍDY 1 $\rightarrow$ plastická posouzení

- NANAŘÁNÍ TAHEM

$$N_{t,Ed} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{no}} = \frac{2850 \cdot 235}{1,0} = 669,75 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Ed}} = \frac{31,22}{669,75} = 0,05 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

- NANAŘÁNÍ SMYKEM

$$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) \cdot t_f = 2850 - 2 \cdot 100 \cdot 8,5 + (5,6 + 2 \cdot 7) \cdot 8,5 = 1320 \text{ mm}^2$$

$$V_{c,Ed} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{no}} = \frac{1320 \cdot 235}{1,0} = 178,63 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Ed}} = \frac{24,49}{178,63} = 0,14 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

$< 0,5$ vliv posouvajících sil na ohybovou únosnost lze zanedbat

- NÁMÁHÁNÍ OHYBEM

$$M_{c,ed} = \frac{w_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{D0}} = \frac{221 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,0} = 51,94 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Ed}} = \frac{39,16}{51,94} = 0,75 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Ed}} = \frac{4,36}{51,94} = 0,08 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- NÁMÁHÁNÍ VZPĚRNÝM TLAKEM

- kritická délka

$$l_{cr,y} = \beta \cdot L = 1,0 \cdot 5,045 = 5,045 \text{ m}$$

$$l_{cr,z} = \beta \cdot L = 1,0 \cdot 5,045 = 5,045 \text{ m}$$

- kritická normálová síla

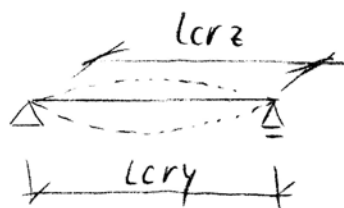
$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 19,4 \cdot 10^6}{5,045^2} = 1561,2 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,42 \cdot 10^6}{5,045^2} = 114,3 \text{ kN}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{5045}{82,6} = 61,4$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{5045}{32,4} = 156,6$$



- poměrná štíhlost prutu

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr y}}} = \sqrt{\frac{2850 \cdot 235}{1561,2 \cdot 10^3}} = 0,655$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr z}}} = \sqrt{\frac{2850 \cdot 235}{114,3 \cdot 10^3}} = 2,421$$

- kritická nepřekročená prvnost $\alpha \Rightarrow \alpha = 0,21 \quad y-y$
 $\alpha \Rightarrow \alpha = 0,34 \quad z-z$

- součinitel imperfekce

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,655 - 0,2) + 0,655^2] = 0,462 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (2,421 - 0,2) + 2,421^2] = 3,664 \end{aligned}$$

- součinitel nepřekročenosti

$$\chi_y = \frac{1,0}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1,0}{0,462 + \sqrt{0,462^2 - 0,655^2}} = 0,868$$

$$\chi_z = \frac{1,0}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1,0}{3,664 + \sqrt{3,664^2 - 2,421^2}} = 0,156$$

$$\chi = \min \{ \chi_y; \chi_z \} = \min \{ 0,868; 0,156 \} = 0,156$$

$$N_{b,ed} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,156 \cdot 2850 \cdot 235}{1,0} = 104,43 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,ed}} = \frac{24,85}{104,43} = 0,24 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$



- NATAHÁNÍ KOMBINACÍ OHYBU A TLAKU

- tlaková únosnost

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 2850 \cdot 235 = 669,45 \text{ kN}$$

- ohybová únosnost

$$M_{Rk,y} = W_{ply} \cdot f_y = 221 \cdot 10^3 \cdot 235 = 51,935 \text{ kNm}$$

- interakční součinitele

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = 0,0 \quad \psi = \frac{\psi M_h}{M_s} = 0,0$$

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

$$\chi_{yy} = c_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) \leq c_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right)$$

$$\chi_{yy} = 0,95 \cdot \left(1 + (0,655 - 0,2) \cdot \frac{19,35}{0,868 \cdot \frac{669,45}{1,0}} \right) \leq 0,95 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{19,35}{0,868 \cdot \frac{669,45}{1,0}} \right)$$

$$\chi_{yy} = 0,914 < 0,931$$

$$\chi_{zy} = 0,6 \cdot \chi_{yy} = 0,6 \cdot 0,914 = 0,551$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{yy} \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + \chi_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{19,35}{0,868 \cdot \frac{669,45}{1,0}} + 0,914 \cdot \frac{39,16}{1,0 \cdot \frac{51,935}{1,0}} = 0,43 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{19,35}{0,156 \cdot \frac{669,45}{1,0}} + 0,551 \cdot \frac{39,16}{1,0 \cdot \frac{51,935}{1,0}} = 0,65 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Pozn.: - HORNÍ PÁSNICE JE
 POPROU STŘEŠNÍHO
 PLÁŠTĚ ZABEZPEČENA
 PROTI KLOPENÍ
 - DOLNÍ PÁSNICE
 NEMÍ ZABEZPEČENÁ
 A MUSÍ ZTRATIT
 STABILITU PŘI SÁLI
 VĚTVU

Pozn. - PRO OBOUSTRANNÉ
 KLOBOUKOVÉ ULOŽENÍ
 $\xi_z = \xi_w = 1,0$
 - DLE ZATÍŽENÍ A
 ULOŽENÍ $C_1 = 1,132$
 $C_2 = 0,459$

- ZTRÁTA PRŮČNÉ A TOČENÍ STABILITY DOLNÍ PÁSNICE

- vzpěrné délky

$$L_z = 5045 \text{ mm}; L_w = 5045 \text{ mm}$$

- bezrozměrný parametr působící zatížení

$$\xi_g = -\frac{h}{z} = -\frac{200}{z} = -100 \text{ mm}$$

$$\xi_g = \frac{\pi \cdot \xi_g}{\xi_z \cdot L} \sqrt{\frac{EI_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot (-100)}{1,0 \cdot 5045} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 1,42 \cdot 10^6}{81 \cdot 10^3 \cdot 69,8 \cdot 10^3}} = 0,45$$

- bezrozměrný parametr krácení

$$K_{wt} = \frac{\pi}{\xi_w \cdot L} \sqrt{\frac{EI_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{1,0 \cdot 5045} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 13 \cdot 10^9}{81 \cdot 10^3 \cdot 69,8 \cdot 10^3}} = 0,43$$

- kritický moment bezrozměrný

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{\xi_z} \left[\sqrt{1 + K_{wt}^2 + (C_2 \cdot \xi_g)^2} - C_2 \cdot \xi_g \right] =$$

$$\mu_{cr} = \frac{1,132}{1,0} \left[\sqrt{1 + 0,43^2 + (0,459 \cdot 0,45)^2} - 0,459 \cdot 0,45 \right] = 1,021$$

- kritický moment

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \sqrt{EI_z \cdot G \cdot I_t}}{L_z} = 1,021 \cdot \frac{\pi \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 1,42 \cdot 10^6 \cdot 81 \cdot 10^3 \cdot 69,8 \cdot 10^3}}{5045} =$$

$$M_{cr} = 25,951,6 \text{ kNm}$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{ply} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{221 \cdot 10^3 \cdot 235}{25951,6 \cdot 10^3}} = 1,41$$

- křivka napětné pevnosti

$$a \Rightarrow \alpha = 0,21$$

$$b \Rightarrow \alpha = 0,34$$

- součinitel imperfecce

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda}_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2] =$$

$$\phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,21 \cdot (1,41 - 0,2) + 1,0 \cdot 1,41^2] = 1,63$$

- součinitel slopení

$$\chi_{LT} = \frac{1,0}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1,0}{1,63 + \sqrt{1,63^2 - 1,41^2}} = 0,494$$

- únosnost

$$M_{b,ed} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,494 \cdot 221 \cdot 10^5 \cdot 235}{1,0} = 41,38 \text{ kNm}$$

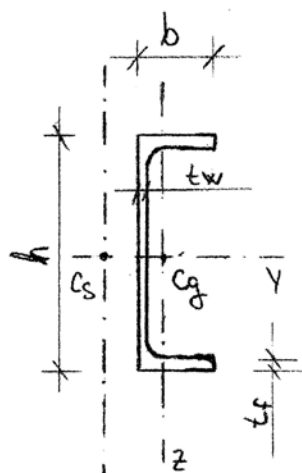
$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,ed}} = \frac{39,16}{41,38} = 0,95 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

- 5.2 POSOUZENÍ OKAPOVÉ VAZNICE

- PLNOSTĚNNÁ VÁLCOVANÁ VAZNICE UPE 200
- PROSTĚ ULOŽENÁ, DĚLKY 6,625 m
- ZATÍŽENÍ UVAŽOVÁNO ROVNOMĚRNĚ SPOJITĚ NA CELE DĚLCE
- PRUT JE ZAJIŠTĚN PROTI ZTRÁTĚ PŘÍČNĚ A TORZÍ
- STABILITY V MÍSTECH PŘIPOJENÍ SEDVICOVÉHO PANELU

- PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

- VÁLCOVANÝ PROFIL UPE 200



$A = 2900 \text{ mm}^2$	$I_y = 19,1 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$\lambda_y = 81,1 \text{ mm}$
$b = 80 \text{ mm}$	$I_z = 184 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$\lambda_z = 35,4 \text{ mm}$
$h = 200 \text{ mm}$	$W_{ply} = 220 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	$I_t = 88,9 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$
$t_w = 6 \text{ mm}$	$W_{plz} = 66,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	$I_w = 11 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$
$t_f = 11 \text{ mm}$		

- MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- OCEL S 235 : $f_y = 235 \text{ MPa}$
 $f_u = 360 \text{ MPa}$
 $E = 210 \text{ GPa}$
 $G = 81 \text{ GPa}$

- NÁVRHOVÉ HODNOTY VNITŘNÍCH SIL V KRITICKÉM PRŮŘEZU

$$N_{ed} = -25,84 \text{ kN} ; N_{ed} = 33,09 \text{ kN}$$

$$V_{yed} = 25,62 \text{ kN} ; V_{zed} = 4,25 \text{ kN}$$

$$M_{yed} = 40,93 \text{ kNm} ; M_{zed} = 4,96 \text{ kNm (odp. } N_{ed} = 21,15 \text{ kN)}$$

- KLASIFIKACE PRŮŘEZU

- STOLÍK $\frac{d}{t_w} = \frac{163}{6} = 27 < 33\varepsilon = 33 \cdot 1,0 = 33 \Rightarrow \text{TŘÍDA 1}$
 $< 42\varepsilon = 42 \cdot 1,0 = 42 \Rightarrow \text{TŘÍDA 1}$

- PRŮCHÝVACÍ ČÁST PRÁSNICE

$\frac{c}{t_f} = \frac{80}{11} = 7 < 10 \cdot \varepsilon = 10 \cdot 1,0 = 10 \Rightarrow \text{TŘÍDA 1}$

PRŮŘEZ TŘÍDY 1 $\rightarrow$ *plasticke' posouzení*

- NAMÁHÁNÍ TÁHEM

$N_{t,rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2900 \cdot 235}{1,0} = 681,5 \text{ kN}$

$\frac{N_{Ed}}{N_{t,rd}} = \frac{33,09}{681,5} = 0,05 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$

- NAMÁHÁNÍ SMYKEM

$A_v = A - 2b t_f + (t_w + r) t_f = 2900 - 2 \cdot 80 \cdot 11 + (6 + 4) \cdot 11 = 1280 \text{ mm}^2$

$V_{c,rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{1280 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 174,1 \text{ kN}$

$\frac{V_{Ed}}{V_{c,rd}} = \frac{25,62}{174,1} = 0,15 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$

$< 0,5$ *vliv posouvající síly
na ohybovou tuhost lze
zanedbat*

- NAMÁHÁNÍ OHYBEM

$$M_{c,Ed} = \frac{w_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{no}} = \frac{220 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,0} = 51,4 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Ed}} = \frac{40,93}{51,40} = 0,79 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,Ed}} = \frac{4,96}{51,40} = 0,10 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

- NAMÁHÁNÍ VĚPĚRNÝM TÁZEM

- kritická délka

$$L_{cr,y} = \beta \cdot L = 1,0 \cdot 6625 = 6625 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = \beta \cdot L = 1,0 \cdot 6625 = 6625 \text{ mm}$$

- kritická normálová síla

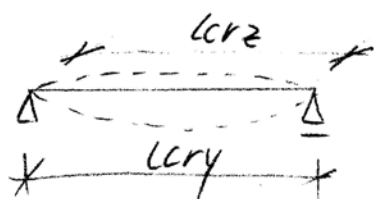
$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 19,1 \cdot 10^6}{6625^2} = 901,9 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,84 \cdot 10^6}{6625^2} = 88,3 \text{ kN}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{6625}{81,1} = 81,4$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{6625}{35,4} = 187,1$$



- poměrná štíhlost prutu

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{2900 \cdot 235}{901,9 \cdot 10^3}} = 0,84$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2900 \cdot 235}{88,3 \cdot 10^3}} = 2,48$$

- úroveň vzpěrné pevnosti $\alpha \Rightarrow \alpha = 0,21$

- součinitel imperfekce

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,84 - 0,2) + 0,84^2] = 0,95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (2,48 - 0,2) + 2,48^2] = 4,63 \end{aligned}$$

- součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y = \frac{1,0}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1,0}{0,95 + \sqrt{0,95^2 - 0,84^2}} = 0,45$$

$$\chi_z = \frac{1,0}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1,0}{4,63 + \sqrt{4,63^2 - 2,48^2}} = 0,12$$

$$\chi = \min \{ \chi_y, \chi_z \} = \min \{ 0,45, 0,12 \} = 0,12$$

$$N_{b,red} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_m} = \frac{0,12 \cdot 2900 \cdot 235}{1,0} = 81,8 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,red}} = \frac{25,84}{81,80} = 0,3 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$



- KOMBINACE OHYBU A TLAŽU

- tlaková únosnost

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 2900 \cdot 235 = 681,5 \text{ kN}$$

- ohybová únosnost

$$M_{Rk} = W_{ply} \cdot f_y = 220 \cdot 10^3 \cdot 235 = 51,7 \text{ kNm}$$

- interakční součinitel

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = 0,0 \quad \psi = \frac{\psi M_h}{M_s} = 0,0$$

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

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

$$\chi_{yy} = 0,95 \left(1 + (0,84 - 0,2) \frac{21,15}{0,45 \frac{681,5}{1,0}} \right) \leq 0,95 \left(1 + 0,8 \frac{21,15}{0,45 \frac{681,5}{1,0}} \right)$$

$$\chi_{yy} = 0,930 < 0,936$$

$$\chi_{zy} = 0,6 \quad \chi_{yz} = 0,6 \cdot 0,93 = 0,56$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{y(z)} \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_m}} + \chi_{yy}(\chi_z) \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{Rk}}{\gamma_m}} \leq 1,0$$

$$\frac{21,15}{0,45 \cdot \frac{681,5}{1,0}} + 0,93 \cdot \frac{51,7}{1,0 \cdot \frac{51,7}{1,0}} = 0,49 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

$$\frac{21,15}{0,42 \cdot \frac{681,5}{1,0}} + 0,56 \cdot \frac{51,7}{1,0 \cdot \frac{51,7}{1,0}} = 0,46 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

- ZTRÁTA PŘÍČNÉ A TOČEVI STABILITY

- výherní délky

$$L_z = 6625 \text{ mm}$$

$$L_w = 6625 \text{ mm}$$

- bezrozměrný parametr působící zatížením

$$\xi_g = \frac{\pi \cdot z_g}{L_z \cdot L} \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot (100)}{10 \cdot 6625} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 184 \cdot 10^6}{81 \cdot 10^3 \cdot 889 \cdot 10^3}} = 0,34$$

- bezrozměrný parametr kroutením

$$K_{wt} = \frac{\pi}{L_w \cdot L} \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{10 \cdot 6625} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 11 \cdot 10^9}{81 \cdot 10^3 \cdot 889 \cdot 10^3}} = 0,28$$

- bezrozměrný kritický moment

$$\mu_{cr} = \frac{c_1}{L_z} \left[\sqrt{1 + K_{wt}^2 + (c_2 \cdot \xi_g)^2} - c_2 \cdot \xi_g \right] =$$

$$= \frac{1132}{10} \left[\sqrt{1 + 0,28^2 + (0,459 \cdot 0,34)^2} - 0,459 \cdot 0,34 \right] = 0,99$$

- kritický moment

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L_z} = 0,99 \cdot \frac{\pi \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 184 \cdot 10^6 \cdot 81 \cdot 10^3 \cdot 889 \cdot 10^3}}{6625}$$

$$M_{cr} = 26685 \text{ kNm}$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{ply} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{220 \cdot 10^3 \cdot 235}{26685 \cdot 10^3}} = 1,39$$

- křivka napěťové deformace

$$\alpha \Rightarrow \alpha = 0,21$$

Pozn.: $L_z = L_w = 10$

$$c_1 = 1132$$

$$c_2 = 0,459$$

- součinitel imperfekce

$$\begin{aligned}
 \phi_{LT} &= 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2] = \\
 &= 0,5 [1 + 0,21 \cdot (1,39 - 0,2) + 1,0 \cdot 1,39^2] = 1,59
 \end{aligned}$$

- součinitel slopení

$$\chi_{LT} = \frac{1,0}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1,0}{1,59 + \sqrt{1,59^2 - 1,39^2}} = 0,80$$

- únosnost

$$M_{b,ed} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{D0}} = \frac{0,80 \cdot 220 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,0} = 41,35 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,ed}} = \frac{40,93}{41,35} = 0,98 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- NAMÁHANÍ ŠÍŘEVÝM OHYBEM

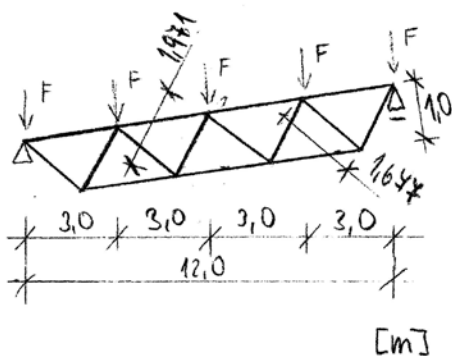
$$\begin{aligned}
 M_{pl,y,ed} &= W_{ply} \cdot f_y \cdot \left(1 - \left(\frac{M_{Ed}}{M_{Ed}}\right)^2\right) = \\
 &= 220 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot \left(1 - \left(\frac{25,84}{681,5}\right)^2\right) = 51,6 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pl,z,ed} &= W_{pl,z} \cdot f_y \cdot \left(1 - \left(\frac{M_{Ed}}{M_{Ed}}\right)^2\right) = \\
 &= 66,3 \cdot 10^3 \cdot 235 \cdot \left(1 - \left(\frac{25,84}{681,5}\right)^2\right) = 14,9 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{M_{Ed}}{M_{Ed}} = \frac{25,84}{681,5} = 0,037 \quad ; \quad \alpha = 2,0 \quad ; \quad \beta = 5 \cdot 0,037 = 0,2 > 1,0$$

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,ed}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,ed}} \right]^\beta = \left[\frac{40,93}{51,6} \right]^2 + \left[\frac{4,96}{14,9} \right]^1 = 0,94 > 1,0$$

VYHOVUJE



- 5.3 POSOUZENÍ HORNÍHO PÁSU VAZNIKU

- PROFIL (ČTVERCOVÁ TRUBKA) TR4HR 100/5
- PROSTĚ ULOŽENÝ PŘEČ CELKOVÉ DĚLY 12,2 m (4 x 3,05)
- ZATÍŽENÍ UVAŽOVÁNO SILOU VE STYČNÍCÍCH $\rightarrow$ VZNIK POJDE NORMÁLOVÝCH SIL + OHYBOVÝ MOMENT VZNIKLY VLIVEM KONSTRUKČNÍ SPOJITOSTI PRUTU
- TLOUŠŤKA STĚNY PÁSOVÉHO PRUTU VETŠÍ, NEŽ VÝPLŇOVÝCH Z DŮVODU RIZIKA PORUŠENÍ "SMYČETÍ A PROLOMENÍM"

- PŘÍŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

- TR4HR 100/100/5

$$\begin{aligned}
 A &= 1840 \text{ mm}^2 & I_y = I_z &= 2,71 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\
 b &= 100 \text{ mm} & W_{ply} &= W_{plz} = 64,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 h &= 100 \text{ mm} & i_y = i_z &= 38,4 \text{ mm} \\
 t &= 5 \text{ mm} & I_t &= 4,41 \cdot 10^6 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- OCEL S235: $f_y = 235 \text{ MPa}$
 $f_u = 360 \text{ MPa}$
 $E = 210 \text{ GPa}$
 $G = 81 \text{ GPa}$

- NÁVRHOVÉ HODNOTY VNITŘNÍCH SIL

$$\begin{aligned}
 N_{ed} &= -244,77 \text{ kN} ; N_{ed} = 103,84 \text{ kN (odpr. } N_{ed} = 3,92 \text{ kN/m)} \\
 M_{y,ed} &= 5,51 \text{ kNm} ; M_{z,ed} &= 5,13 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Pozn.: $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$

- KLASIFIKACE PRŮŘEZU

- STOJIVA $\frac{h-3t}{t} = \frac{100-3 \cdot 5}{5} = 17 < 33\varepsilon = 33 \cdot 1,0 = 33 \Rightarrow$ TŘÍDA 1

- VNITŘNÍ ČÁST PÁSLICE

$\frac{b-3t}{t} = \frac{100-3 \cdot 5}{5} = 17 < 33\varepsilon = 33$
 $< 42\varepsilon = 42 \Rightarrow$ TŘÍDA 1

PRŮŘEZ TŘÍDY 1 $\rightarrow$ 'plastické posouzení'

- NAMÁHÁNÍ TAHEM

$N_{t,ed} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{no}} = \frac{1840 \cdot 235}{1,0} = 432,4 \text{ kN}$

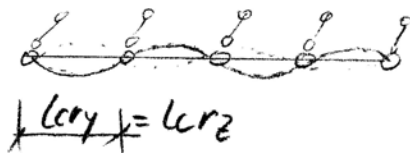
$\frac{N_{Ed}}{N_{t,ed}} = \frac{103,8}{432,4} = 0,24 < 1,0$ VYHOVUJE

- NAMÁHÁNÍ OHYBEM

$M_{c,ed} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{no}} = \frac{64,6 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,0} = 15,18 \text{ kNm}$

$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,ed}} = \frac{5,51}{15,18} = 0,36 < 1,0$ VYHOVUJE

$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,ed}} = \frac{5,13}{15,18} = 0,34 < 1,0$ VYHOVUJE



NAMÁHÁNÍ VZPĚRNÝM TLAKEM

- vzpěrná délka

$$l_{cr,y} = 0,9 \cdot 3050 = 2745 \text{ mm}$$

$$l_{cr,z} = 0,9 \cdot 3050 = 2745 \text{ mm}$$

- kritická normálová síla

$$N_{cr,y} = N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 241 \cdot 10^6}{2745^2} = 445,4 \text{ kN}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_{y,z} = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{2745}{3814} = 41,5$$

- poměrná štíhlost prutu

$$\bar{\lambda}_{y,z} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y,z}}} = \sqrt{\frac{1840 \cdot 235}{445,4 \cdot 10^3}} = 0,46$$

- koeficient vzpěrné pevnosti "α" ⇒ α = 0,21

- součinitel imperfekce

$$\begin{aligned} \phi_{y,z} &= 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_{y,z} - 0,2) + \bar{\lambda}_{y,z}^2] = \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,46 - 0,2) + 0,46^2] = 0,85 \end{aligned}$$

- součinitel vzpěrnosti

$$\chi_{y,z} = \frac{1,0}{\phi_{y,z} + \sqrt{\phi_{y,z}^2 - \bar{\lambda}_{y,z}^2}} = \frac{1,0}{0,85 + \sqrt{0,85^2 - 0,46^2}} = 0,82$$

$$N_{b,ed} = \frac{\chi_{y,z} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,82 \cdot 1840 \cdot 235}{1,0} = 353,22 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,ed}} = \frac{244,11}{353,22} = 0,69 < 1,0 \quad \text{VYHODNÍ}$$

NAMÁHANÍ KOMBINACÍ OHYBU A TŘEVO

- *Kačova' únosnost*

$$N_{Rz} = A \cdot f_y = 1840 \cdot 235 = 432,4 \text{ kN}$$

- *ohybova' únosnost*

$$M_{Rz} = W_{pl} \cdot f_y = 64,6 \cdot 10^3 \cdot 235 = 15,18 \text{ kNm}$$

- *interakční součinitel*

$$\alpha_h = 0,0 \quad ; \quad \psi = 0,0 \quad ; \quad \alpha_s = -\frac{1}{4}$$

$$c_{my} = -0,8 \cdot \left(-\frac{1}{4}\right) = 0,2 \geq 0,4$$

$$\chi_{yy} = c_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rz}}{\gamma_{M1}}} \right) \leq c_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rz}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$\chi_{yy} = 0,4 \left(1 + (0,46 - 0,2) \frac{244,11}{0,814 \cdot \frac{432,4}{1,0}} \right) < 0,4 \left(1 + 0,8 \frac{244,11}{0,814 \cdot \frac{432,4}{1,0}} \right)$$

$$\chi_{yy} = 0,555 < 0,621$$

$$\chi_{zy} = 0,6 \cdot 0,555 = 0,333$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{y(z)} \frac{N_{Rz}}{\gamma_{M1}}} + \chi_{yy(yz)} \frac{M_{y1,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{Rz}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{244,11}{0,814 \cdot \frac{432,4}{1,0}} + 0,555 \cdot \frac{3,92}{1,0 \cdot \frac{15,18}{1,0}} = 0,89 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{244,11}{0,814 \cdot \frac{432,4}{1,0}} + 0,333 \cdot \frac{3,92}{1,0 \cdot \frac{15,18}{1,0}} = 0,69 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- 5.4. POSOUZENÍ DOLNÍHO PÁSU VAZNIKU -

- PROFIL - (ČTVERCOVÁ TRUBKA) TR4HR 100/5
- PROSTĚ ULOŽENÝ PEVEČ CELKOVÉ DĚLKY 9,15 m
- TLOUŠŤKA STĚNY PRUTU VĚTŠÍ NEŽ U VÝPLŇOVÝCH Z DŮVODU RIZIKA PORUŠENÍ SMYČEN A PROLOMENÍ

- PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

- TR4HR 100/100 /5

$$\begin{aligned}
 A &= 1840 \text{ mm}^2 & I_y = I_z &= 241 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\
 b &= 100 \text{ mm} & W_{ply} = W_{pz} &= 64,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 h &= 100 \text{ mm} & i_y = i_z &= 38,4 \text{ mm} \\
 t &= 5 \text{ mm} & I_t &= 4,42 \cdot 10^6 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

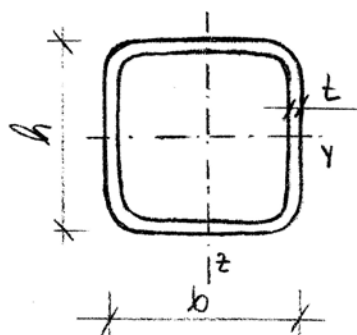
- MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- OCEL S 235:

$$\begin{aligned}
 f_y &= 235 \text{ MPa} \\
 f_u &= 360 \text{ MPa} \\
 E &= 210 \text{ GPa} \\
 G &= 81 \text{ GPa}
 \end{aligned}$$

- NÁVRHOVÉ HODNOTY VNITŘNÍCH SIL

$$\begin{aligned}
 N_{ed} &= 220,26 \text{ kN} & M_{ed} &= -58,96 \text{ kNm (odpr. } M_{ed} = 0,44 \text{ kNm)} \\
 M_{edy} &= 6,52 \text{ kNm} & M_{edz} &= 1,64 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$



$$\rho_{\text{ozn.}} \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

- KLASIFIKACE PRŮŘEZU

$$\text{— STŮJINA} \quad \frac{h-3t}{t} = \frac{40-3 \cdot 5}{5} = 11 < 33 \varepsilon = 33 \cdot 1,0 = 33 \Rightarrow \text{TŘÍDA 1}$$

- VNITŘNÍ ČÁST PÁSLICE

$$\frac{b-3t}{t} = \frac{40-3 \cdot 5}{5} = 11 < 33 \varepsilon = 33$$

$$< 42 \varepsilon = 42 \Rightarrow \text{TŘÍDA 1}$$

PRŮŘEZ TŘÍDY 1 $\rightarrow$ plastické posouzení

- NAMÁHÁNÍ TAHEM

$$N_{t, \text{ed}} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{\text{no}}} = \frac{1840 \cdot 235}{1,0} = 432,4 \text{ kN}$$

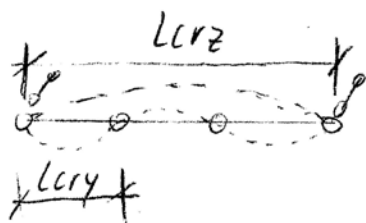
$$\frac{N_{\text{ed}}}{N_{t, \text{ed}}} = \frac{220,26}{432,40} = 0,51 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- NAMÁHÁNÍ OHYBEM

$$M_{c, \text{ed}} = \frac{W_{\text{ply}} \cdot f_y}{\gamma_{\text{no}}} = \frac{64,4 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,0} = 15,18 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y, \text{ed}}}{M_{c, \text{ed}}} = \frac{6,52}{15,18} = 0,43 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{M_{z, \text{ed}}}{M_{c, \text{ed}}} = \frac{1,64}{15,18} = 0,11 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$



- NÁHÁNÍ VĚPĚRNÝM TLAKEM

- výpěrná délka

$$L_{cr,y} = 3050 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 9150 \text{ mm}$$

- kritická normálová síla

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 2,41 \cdot 10^6}{3050^2} = 603,8 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 2,41 \cdot 10^6}{9150^2} = 64,1 \text{ kN}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{3050}{38,4} = 79$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{9150}{38,4} = 238$$

- poměrná štíhlost prutu

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1840 \cdot 235}{603,8 \cdot 10^3}} = 0,85$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1840 \cdot 235}{64,1 \cdot 10^3}} = 2,54$$

- koeficient výpěrné pernosti

$$a \rightarrow \alpha = 0,21$$

- součinitel imperfekce

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

$$= 0,5 \left[1 + 0,21 (0,85 - 0,2) + 0,85^2 \right] = 0,93$$

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

$$= 0,5 \left[1 + 0,21 (2,54 - 0,2) + 2,54^2 \right] = 3,94$$

- součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y = \frac{1,0}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1,0}{0,93 + \sqrt{0,93^2 - 0,85^2}} = 0,44$$

$$\chi_z = \frac{1,0}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1,0}{3,94 + \sqrt{3,94^2 - 2,54^2}} = 0,14$$

$$\chi = \min \{ \chi_y; \chi_z \} = \min \{ 0,44; 0,14 \} = 0,14$$

$$N_{b,ed} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,14 \cdot 1840 \cdot 235}{1,0} = 61,60 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,ed}} = \frac{58,96}{61,60} = 0,95 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

-5.5 POSOUŽENÍ TRACENE DIAGONÁLY

- PROFIL - (ČTVERCOVÁ TRUBKA) TR4HR 50/4
- VÝPLŇOVÝ PRUT JE ZATÍŽEN POUZE NORMÁLOVOU SILOU
- PŘIPOJENÍ K PÁSOVÝM PRUTŮM PŘIVAŘENÍM
- TLOUŠŤKA STĚNY JE ZVOLENA MINIMÁLNÍ MOŽNÁ PRO SPOJOVÁNÍ PRUTŮ SVAŘOVÁNÍM (4 mm)
- NA OBOU KONCÍCH ELBOVOVĚ PŘIPOJENO, DĚLKA 1,96 m

- PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

- TR4HR 50/50/4

$$\begin{aligned}
 A &= 695 \text{ mm}^2 & I_y = I_z &= 0,234 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\
 b &= 50 \text{ mm} & W_{ply} = W_{plz} &= 11,7 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 h &= 50 \text{ mm} & i_y = i_z &= 18,5 \text{ mm} \\
 t &= 4 \text{ mm} & I_t &= 0,404 \cdot 10^6 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

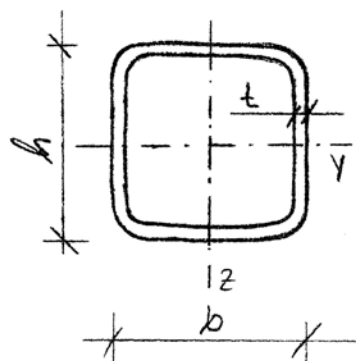
- OCEL S 235

$$\begin{aligned}
 f_y &= 235 \text{ MPa} \\
 f_u &= 360 \text{ MPa} \\
 E &= 210 \text{ GPa} \\
 G &= 81 \text{ GPa}
 \end{aligned}$$

- KÁVĚHOVÉ HODNOTY VLOTRNÍCH SIL

$$N_{Ed} = -122,43 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 59,64 \text{ kN}$$



- KLASIFIKACE PRŮŘEZU

- STOJINA $\frac{h-3t}{t} = \frac{50-3 \cdot 4}{4} = 10 < 33 \cdot \varepsilon = 33 \Rightarrow \text{TŘÍDA 1}$

- VNITŘNÍ ČÁST PÁSULICE

$$\frac{b-3t}{t} = \frac{50-3 \cdot 4}{4} = 10 < 33 \cdot \varepsilon = 33 < 42 \cdot \varepsilon = 42 \Rightarrow \text{TŘÍDA 1}$$

PRŮŘEZ TŘÍDY 1 $\rightarrow$ plastické posouzení

- NAMÁHÁNÍ VZPĚRNÝM TLAKEM

- vzpěrná délka

$$l_{cr,y} = l_{cr,z} = 0,45 \cdot 1971 = 1448 \text{ mm}$$

- kritická normálová síla

$$N_{cr,y} = N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 2,41 \cdot 10^6}{1440^2} = 224,32 \text{ kN}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda = \frac{l_{cr}}{i} = \frac{1448}{18,5} = 79 < 200$$

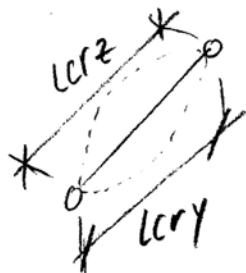
- poměrná štíhlost prutu

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{695 \cdot 235}{224,32 \cdot 10^3}} = 0,85$$

- koeficient vzpěrné pevnosti " α " $\Rightarrow \alpha = 0,21$

- součinitel imperfekce

$$\begin{aligned} \phi &= 0,5 \cdot [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = \\ &= 0,5 [1 + 0,21 (0,85 - 0,2) + 0,85^2] = 0,93 \end{aligned}$$



- součinitel nepřemosti

$$\chi = \frac{1,0}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = \frac{1,0}{0,93 + \sqrt{0,93^2 - 0,85^2}} = 0,77$$

$$N_{b,ed} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,77 \cdot 695 \cdot 235}{1,0} = 125,33 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,ed}} = \frac{122,73}{125,33} = 0,97 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

- 5.6. POSOUZENÍ TAŽENÉ DIAGONÁLY

- PROFIL - (ČTVERCOVÁ TRUBKA) TR4HR 50/4
- ZATÍŽENÍ POUZE NORMÁLOVOU SILOU
- PŘIPOJENÍ K PÁSOVÝM PRUTŮM PŘIVARENÍM
- NA OBOU KONCÍCH ŽLOUBOVĚ PŘIPOJENO, DĚLKA 1,677m

- PRŮŘEZOVÉ, MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- VIZ. TAČENÁ DIAGONÁLA

- NÁVRHOVÉ HODNOTY VNITŘNÍCH SIL

$$N_{Ed} = 59,64 \text{ kN}$$

- KLASIFIKACE PRŮŘEZU

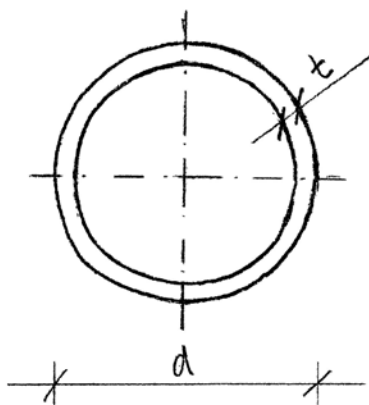
VIZ. TAČENÁ DIAGONÁLA

- NAMÁHÁNÍ TAHEM

$$N_{t,ed} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{695 \cdot 235}{1,0} = 163,3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,ed}} = \frac{59,64}{163,30} = 0,40 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

TR 660/11



5.7. POSOUZENÍ VNITŘNÍHO SLOUPU

- PROFIL - KRUHOVÁ TRUBKA TR 660/11
- V PATE VETKUTÝ, V HLAVĚ KLIOUBOVĚ PŘIPOJENÝ VAZNÍK
- DĚLKA 9100 mm

PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

- TR 660/11:

$$\begin{aligned}
 A &= 20400 \text{ mm}^2 & I_y = I_z &= 1,08 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \\
 d &= 660 \text{ mm} & W_{pl,y} = W_{pl,z} &= 4,23 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \\
 t &= 11 \text{ mm} & i_y = i_z &= 230 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- OCEL S 235:

$$\begin{aligned}
 f_y &= 235 \text{ MPa} \\
 f_u &= 360 \text{ MPa} \\
 E &= 210 \text{ GPa} \\
 G &= 80 \text{ GPa}
 \end{aligned}$$

NÁVRHOVÉ HODNOTY VNITŘNÍCH SIL

$$\begin{aligned}
 D_{Ed} &= -497,99 \text{ kN} \\
 V_{yEd} &= 86,16 \text{ kN} \\
 V_{zEd} &= 86,04 \text{ kN} \\
 M_{yEd} &= 619,45 \text{ kNm (odpr. } D_{Ed} = 297,46 \text{ kN)} \\
 M_{zEd} &= 514,39 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Pozn.: $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$

- KLASIFIKACE PRŮŘEZU

$$\frac{d}{t} = \frac{660}{11} = 60 < 40 \cdot \varepsilon = 40 \cdot 1,0 = 40 \Rightarrow \text{TŘÍDA 2}$$

PRŮŘEZ TŘÍDY 2 $\rightarrow$ plastické posouzení

- NAMÁHÁNÍ OHYBEM

$$M_{c,ed} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{4,23 \cdot 10^6 \cdot 235}{1,0} = 994,1 \text{ kJ}$$

$$\frac{M_{y,ed}}{M_{c,ed}} = \frac{619,45}{994,10} = 0,62 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

$$\frac{M_{z,ed}}{M_{c,ed}} = \frac{514,39}{994,10} = 0,52 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

- NAMÁHÁNÍ VĚPĚRNÝM TLAKEM

- výpěrná délka

$$l_{cr,y} = 30 \cdot 9100 = 18200 \text{ mm}$$

$$l_{cr,z} = 10 \cdot 6000 = 6000 \text{ mm}$$

- kritická normálová síla

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,08 \cdot 10^9}{18200^2} = 6454 \text{ kN}$$

($N_{cr,z} = 62178 \text{ kN}$)

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{18200}{230} = 49 \quad (\lambda_z = 26)$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{20400 \cdot 235}{6454 \cdot 10^3}} = 0,842 \quad (\bar{\lambda}_z = 0,248)$$

- úroveň napěvne' pevnosti "α" ⇒ α = 0,21

- součinitel imperfekce

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

$$= 0,5 [1 + 0,21 (0,842 - 0,2) + 0,842^2] = 0,92 \quad (\phi_z = 0,55)$$

- součinitel vepřnosti

$$\chi_y = \frac{1,0}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1,0}{0,92 + \sqrt{0,92^2 - 0,842^2}} = 0,44$$

(χ_z = 0,98)

$$N_{b,Ed} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_m} = \frac{0,44 \cdot 20400 \cdot 235}{1,0} = 3694 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Ed}} = \frac{494,99}{3694} = 0,13 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- KOMBINACE OHYBU A TAŽU

- tlaková únosnost

$$N_{Rt} = A \cdot f_y = 20400 \cdot 235 = 4794 \text{ kN}$$

- ohybová únosnost

$$M_{Rt} = W_{pl} \cdot f_y = 4,23 \cdot 10^6 \cdot 235 = 994,05 \text{ kNm}$$

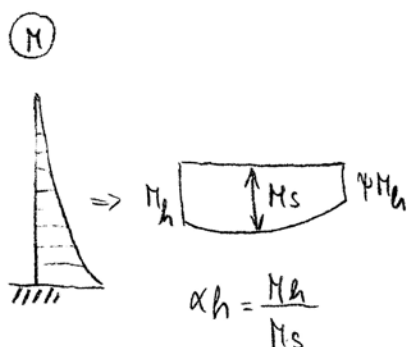
- interakční součinitel

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = 0$$

$$C_{my} = 0,90 + 0,10 \alpha_h = 0,9 + 0,10 \cdot 0 = 0,9$$

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

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = 0,6 > 0,4$$



$$\lambda_{yy} = c_{my} \left(1 - (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Ex}}{\gamma_{m1}}} \right) \leq c_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Ex}}{\gamma_{m1}}} \right)$$

$$\lambda_{yy} = 0,9 \cdot \left(1 - (0,842 - 0,2) \cdot \frac{294,46}{0,44 \cdot \frac{4494}{1,0}} \right) \leq 0,9 \left(1 + 0,8 \frac{294,46}{0,44 \cdot \frac{4494}{1,0}} \right)$$

$$\lambda_{yy} = 0,944 < 0,958$$

$$\lambda_{zy} = \max \left(1 - \frac{0,1 \cdot 0,248}{(0,6 - 0,25)} \frac{294,46}{0,98 \cdot \frac{4494}{1,0}} ; 1 - \frac{0,1}{(0,6 - 0,25)} \frac{294,46}{0,248 \cdot \frac{4494}{1,0}} \right)$$

$$\lambda_{zy} = 0,995$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{y(z)} N_{Exy}} + \lambda_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{Exy}} \leq 1,0$$

$$\frac{294,46}{0,44 \cdot \frac{4494}{1,0}} + 0,944 \frac{619,45}{1,0 \cdot \frac{994,05}{1,0}} = 0,64 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

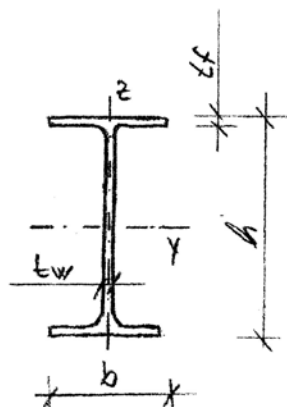
$$\frac{294,46}{0,98 \cdot \frac{4494}{1,0}} + 0,995 \frac{619,45}{1,0 \cdot \frac{994,05}{1,0}} = 0,68 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

5.8. POSOUZENÍ KRAJNÍHO SLOUPU

- VÁLCOVANÝ PROFIL IPE 200
- OBOUSTRANNĚ KLONBOVĚ ULOŽENÝ SLOUP DĚLKY 6950 mm

- PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

- VÁLCOVANÝ IPE 200



$A = 2850 \text{ mm}^2$	$I_y = 19,4 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$i_y = 82,6 \text{ mm}$
$b = 100 \text{ mm}$	$I_z = 1,42 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$i_z = 32,4 \text{ mm}$
$h = 200 \text{ mm}$	$W_{ply} = 221 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	$I_t = 69,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$
$t_w = 5,6 \text{ mm}$	$W_{plz} = 446 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$	$I_w = 13 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$
$t_f = 8,5 \text{ mm}$		

- MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- OCEL S 235: $f_y = 235 \text{ MPa}$
 $f_m = 360 \text{ MPa}$
 $E = 210 \text{ GPa}$
 $G = 81 \text{ GPa}$

- NÁVHNOVÉ HODNOTY VUTŘEŇNÍCH SIL

$$N_{ed} = -106,18 \text{ kN}; N_{ed} = 61,39 \text{ kN}$$

$$V_{edy} = 25,25 \text{ kN}; V_{edz} = 24,3 \text{ kN}$$

$$M_{edy} = 14,95 \text{ kNm}; M_{edz} = 24,88 \text{ kNm} \quad (\text{odpov. } N_{ed} = 45,51 \text{ kN})$$

- KLASIFIKACE PRŮŘEZU

- STOJÍVA $\frac{d}{t_w} = \frac{159}{5,6} = 28,4 < 33 \varepsilon = 33 \sqrt{\frac{235}{235}} = 33$
 $< 42 \varepsilon = 42 \sqrt{\frac{235}{235}} = 42 \Rightarrow \text{TŘÍDA 1}$

- PŘEČNÍVAJÍCÍ ČÁST PÁSLVICE

$\frac{c}{t_f} = \frac{50}{8,5} = 5,9 < 10 \cdot \varepsilon = 10 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 10 \Rightarrow \text{TŘÍDA 1}$

PRŮŘEZ TŘÍDY 1 $\rightarrow$ plastické posouzení

- NAMÁHÁNÍ SMYČEN

$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) \cdot t_f = 2850 - 2 \cdot 100 \cdot 8,5 + (5,6 + 2 \cdot 4) \cdot 8,5 =$
 $= 1320 \text{ mm}^2$

$V_{c,ed} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = \frac{1320 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 178,63 \text{ kN}$

$\frac{V_{Ed}}{V_{c,ed}} = \frac{29,25}{178,63} = 0,14 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$

$< 0,5$ vliv posouvající síly
 na momentovou únosnost
 se zanedbává

- NAMÁHÁNÍ OHYBEN

$M_{c,ed} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{221 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,0} = 51,94 \text{ kNm}$

$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,ed}} = \frac{14,95}{51,94} = 0,30 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$

$\frac{M_{z,Ed}}{M_{c,ed}} = \frac{24,88}{51,94} = 0,48 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$

- НАМАГАНІ ВПРЯМУМ ТАСЕМ

- Naprerna' del'sa

$$L_{cr,y} = 10 \cdot 6950 = 6950 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 10 \cdot \frac{6950}{2} = 3475 \text{ mm}$$

- Kritičes' norma'lova' n'la

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 19,4 \cdot 10^6}{6950^2} = 832,4 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 230 \cdot 10^3 \cdot 1,42 \cdot 10^6}{3475^2} = 243,7 \text{ kN}$$

- šti'lost prutu

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{\lambda_y} = \frac{6950}{82,6} = 84$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{\lambda_z} = \frac{3475}{32,4} = 107$$

- pomerna' šti'lost prutu

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{2850 \cdot 235}{832,4 \cdot 10^3}} = 0,90$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2850 \cdot 235}{243,7 \cdot 10^3}} = 1,66$$

- kritic'sa naprerna' prvotnost'

$$a' \Rightarrow \alpha = 0,21 \quad y-y$$

$$b'' \Rightarrow \alpha = 0,24 \quad z-z$$

- součinitel imperfekce

$$\begin{aligned}
 \phi_y &= 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\
 &= 0,5 [1 + 0,21 (0,9 - 0,2) + 0,9^2] = 0,98
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_z &= 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = \\
 &= 0,5 [1 + 0,34 (1,66 - 0,2) + 1,66^2] = 2,03
 \end{aligned}$$

- součinitel nepřesnosti

$$\chi_y = \frac{1,0}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1,0}{0,98 + \sqrt{0,98^2 - 0,9^2}} = 0,44$$

$$\chi_z = \frac{1,0}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1,0}{2,03 + \sqrt{2,03^2 - 1,66^2}} = 0,31$$

$$\chi = \min \{ \chi_y; \chi_z \} = \min \{ 0,44; 0,31 \} = 0,31$$

$$N_{b,red} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,31 \cdot 2850 \cdot 230}{1,0} = 209,4 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,red}} = \frac{106,18}{209,40} = 0,51 < 1,0 \quad \text{VYHODNÍ}$$

- NAMÁHANÍ ZOHROUŠENÍ OHYBU A TRÁHU

- tlaková únosnost

$$N_{ex} = A \cdot f_y = 2850 \cdot 235 = 669,8 \text{ kN}$$

- ohybová únosnost

$$M_{ex} = W_{pl} \cdot f_y = 221 \cdot 10^3 \cdot 235 = 51,9 \text{ kNm}$$

- interakční poměrní

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = 0,0$$

$$c_{my} = 0,90 + 0,10 \cdot \alpha_h = 0,9 + 0,10 \cdot 0 = 0,9$$

$$\begin{aligned}
 c_{mLT} &= 0,6 + 0,4 \cdot \psi \geq 0,4 \\
 &= 0,6 + 0,4 \cdot 0,0 = 0,6 > 0,4
 \end{aligned}$$

$$\chi_{yy} = c_{my} \left(1 - (\bar{\chi}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) \leq c_{my} \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right)$$

$$\chi_{yy} = 0,9 \cdot \left(1 - (0,9 - 0,2) \cdot \frac{45,51}{0,74 \cdot \frac{669,45}{1,0}} \right) < 0,9 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{45,51}{0,74 \cdot \frac{669,45}{1,0}} \right)$$

$$\chi_{yy} = 1,04 < 1,06$$

$$\chi_{zy} = \left(1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{(c_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) > \left(1 - \frac{0,1}{(c_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right)$$

$$\chi_{zy} = \left(1 - \frac{0,1 \cdot 1,66}{0,6 - 0,25} \frac{45,51}{0,31 \cdot \frac{669,45}{1,0}} \right) > \left(1 - \frac{0,1}{0,6 - 0,25} \frac{45,51}{0,31 \cdot \frac{669,45}{1,0}} \right)$$

$$\chi_{zy} = 0,83 > 0,91$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{yy(z)} \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + \chi_{yy(z)} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{45,51}{(0,74 \cdot \frac{669,8}{1,0})} + 1,04 \cdot \frac{14,95}{0,83 \cdot \frac{669,8}{1,0}} = 0,56 < 1,0 \text{ VYHODNĚ}$$

$$\frac{45,51}{0,31 \cdot \frac{669,8}{1,0}} + 0,91 \cdot \frac{14,95}{0,83 \cdot \frac{669,8}{1,0}} = 0,73 < 1,0 \text{ VYHODNĚ}$$

- ZTRÁTA PŘÍČNÉ A TORZNÍ STABILITY

- délka prutu

$$L = 6950 \text{ mm}$$

- vztáhnout délky

$$L_z = 3475 \text{ mm}; L_w = 6950 \text{ mm}$$

- bezrozměrný parametr působící zatížení

$$\xi_g = -\frac{h}{2} = -\frac{200}{2} = -100 \text{ mm}$$

$$\xi_g = \frac{\pi \cdot \xi_g}{L_z \cdot L_z} \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{6 \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot (-100)}{10 \cdot 3475} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 9,42 \cdot 10^6}{81 \cdot 10^3 \cdot 69,8 \cdot 10^3}} = 0,66$$

- bezrozměrný parametr svrncení

$$K_{wt} = \frac{\pi}{L_w \cdot L} \sqrt{\frac{E I_w}{6 \cdot I_t}} = \frac{\pi}{10 \cdot 3475} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 13 \cdot 10^9}{81 \cdot 10^3 \cdot 69,8 \cdot 10^3}} = 0,64$$

- kritický bezrozměrný moment

$$\mu_{cr} = \frac{c_1}{L_z} \left[-\sqrt{1 + K_{wt}^2 + (c_2 - \xi_g)^2} - c_2 \cdot \xi_g \right] =$$

$$= \frac{1,132}{10} \left[-\sqrt{1 + 0,64^2 + (0,459 - 0,66)^2} - 0,459 \cdot 0,66 \right] = 105$$

- kritický moment

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \cdot \sqrt{E I_z G \cdot I_t}}{L_z} = 105 \frac{\pi \cdot \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 1,42 \cdot 10^6 \cdot 81 \cdot 10^3 \cdot 69,8 \cdot 10^3}}{3475} =$$

$$= 38460 \text{ kNm}$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{ply} f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{221 \cdot 10^3 \cdot 235}{38460 \cdot 10^3}} = 1,16$$

Pozn.: $L_w = L_z = 10$

$c_1 = 1,132$

$c_2 = 0,459$

- koeficient neprůvratnosti $\alpha'' \rightarrow \alpha = 0,21$

- součinitel imperfekce

$$\begin{aligned}
 \phi_{LT} &= 0,5 \cdot [1 + \alpha (\bar{\lambda}_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2] = \\
 &= 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,16 - 0,2) + 1 \cdot 1,16^2] = 1,24
 \end{aligned}$$

- součinitel korekce

$$\chi_{LT} = \frac{1,0}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1,0}{1,24 + \sqrt{1,24^2 - 1,16^2}} = 0,83$$

- únosnost

$$M_{b,ed} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{no}} = \frac{0,83 \cdot 221 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,0} = 43,2 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{yEd}}{M_{b,ed}} = \frac{14,95}{43,2} = 0,35 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- 5.9. POSOUZENÍ PAŽDÍKU

- PROFIL TR4HR 120/120/5
- ELIPSOVĚ PŘIPOJENÝ KE SLOUPŮM, DÉLKA 6,625 M
- SELEKČNÍ PLÁŠT PŘIPOJEN V POLOVINĚ ROZPĚTÍ A NA ŽONCÍCH

- PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

- TR4HR 120/120/5

$$\begin{aligned}
 A &= 2240 \text{ mm}^2 & I_y = I_z &= 4,85 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\
 b &= 120 \text{ mm} & W_{ply} = W_{pz} &= 99,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 h &= 120 \text{ mm} & i_y = i_z &= 46,6 \text{ mm} \\
 t &= 5 \text{ mm} & I_t &= 4,49 \cdot 10^6 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

- MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- OCEL S235

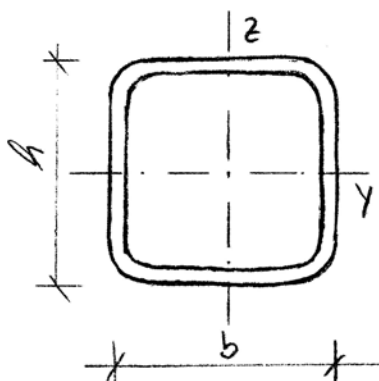
$$\begin{aligned}
 f_y &= 235 \text{ MPa} \\
 f_u &= 360 \text{ MPa} \\
 E &= 210 \text{ GPa} \\
 G &= 81 \text{ GPa}
 \end{aligned}$$

- NÁVĚHOVÉ HODNOTY VNITŘNÍCH SIL

$$N_{Ed} = -29,88 \text{ kN}; N_{Ed} = 27,86 \text{ kN} \text{ (odpor. } M = 4 \text{ kNm)}$$

$$V_{yEd} = 2,92 \text{ kN}; V_{zEd} = 4,43 \text{ kN}$$

$$M_{yEd} = 12,31 \text{ kNm}; M_{zEd} = 8,19 \text{ kNm} \text{ (odpor. } U = 8,49 \text{ kNm)}$$



- KLASIFIKACE PRŮŘEZU

- STYLUS $\frac{h-3t}{t} = \frac{120-3 \cdot 5}{5} = 21 < 33 \varepsilon = 33 \rightarrow \text{TŘ. 1}$

- VNITŘNÍ ČÁST PÁSLICE

$$\frac{b-3t}{t} = \frac{120-3 \cdot 5}{5} = 21 < 33 \varepsilon = 33$$

$$< 42 \varepsilon = 42 \rightarrow \text{TŘ. 1}$$

PRŮŘEZ TŘÍDY 1 $\rightarrow$ 'plastické posouzení'

- VYHODNĚNÍ OHYBEM

$$M_{c,red} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{95,5 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,0} = 22,4 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{ed1}}{M_{c,red}} = \frac{12,31}{22,4} = 0,55 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

$$\frac{M_{ed2}}{M_{c,red}} = \frac{8,19}{22,4} = 0,37 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

- VYHODNĚNÍ SÍLTYM OHYBEM

$$\frac{M_{1,ed}}{\chi_{LT} \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m1}}} + \frac{M_{2,ed}}{\frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}} \leq 1,0$$

$$\frac{12,31}{1,0 \cdot \frac{95,5 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,0}} + \frac{8,19}{\frac{95,5 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,91 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

5.10. POSOUZENÍ ŽTUŽIDEL

• ŽTUŽIDLO VE STŘEŠNÍ ROVINĚ

- ŘEŠENO POMOCÍ KRUHOVÉ TRUBKY PŘIPOJENÉ DO STŘÍŽÍZU POMOCÍ STYČNÍKOVÉHO PLECHU

- PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

- T2 101,6/4

$$\begin{aligned}
 A &= 1230 \text{ mm}^2 & I_y = I_z &= 1,16 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \\
 d &= 101,6 \text{ mm} & W_{ply} = W_{plz} &= 38,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 t &= 4 \text{ mm} & i_y = i_z &= 34,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$\begin{aligned}
 \text{- OCEL S235} \quad f_y &= 235 \text{ MPa} \\
 f_u &= 360 \text{ MPa} \\
 E &= 210 \text{ GPa} \\
 G &= 81 \text{ GPa}
 \end{aligned}$$

- NÁVZHOVÉ HODNOTY VNITŘNÍCH SIL

$$N_{Ed} = -31,8 \text{ kN} ; M_{Ed} = 34,9 \text{ kN}$$

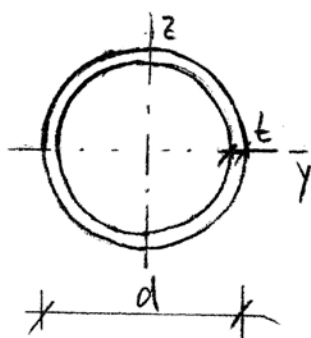
- KLASIFIKACE PRŮŘEZU

$$\frac{d}{t} = \frac{101,6}{4} = 25,4 < 33 \epsilon = 33 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 33 \rightarrow \text{TRÍDA 1}$$

- NAMÁHÁNÍ TAHEM

$$N_{t,Ed} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1230 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 289,1 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Ed}} = \frac{31,8}{289,1} = 0,11 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$



- NAMÁHANÍ VZPĚRNÝM TLAŽEN

- výpěrná délka

$$l_{cr,y} = 10 \cdot 6550 = 6550 \text{ mm}$$

$$l_{cr,z} = 10 \cdot 3400 = 3400 \text{ mm}$$

- kritická síla

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,46 \cdot 10^6}{6550^2} = 40,5 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 1,46 \cdot 10^6}{3400^2} = 221,1 \text{ kN}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{6550}{34,5} = 190 \leq 200$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{3400}{34,5} = 104 \leq 200$$

- poměrná štíhlost prutu

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1230 \cdot 235}{40,5 \cdot 10^3}} = 2,02$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1230 \cdot 235}{221,1}} = 1,14$$

- kritická výpěrná plnost

$$\alpha'' \Rightarrow \alpha = 0,21$$

- součinitel imperfekce

$$\begin{aligned}
 \phi_y &= 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\
 &= 0,5 [1 + 0,21 (2,02 - 0,2) + 2,02^2] = 2,44
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_z &= 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = \\
 &= 0,5 [1 + 0,21 (1,14 - 0,2) + 1,14^2] = 1,25
 \end{aligned}$$

- součinitel napětí

$$\chi_y = \frac{1,0}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1,0}{2,44 + \sqrt{2,44^2 - 2,02^2}} = 0,22$$

$$\chi_z = \frac{1,0}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1,0}{1,25 + \sqrt{1,25^2 - 1,14^2}} = 0,54$$

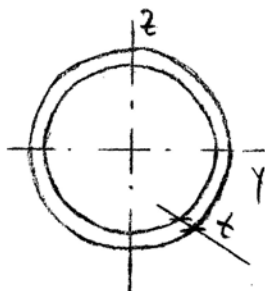
$$\chi = \min \{ \chi_y; \chi_z \} = \min \{ 0,22; 0,54 \} = 0,22$$

- únosnost

$$N_{b,red} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,22 \cdot 1230 \cdot 235}{1,0} = 63 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,red}} = \frac{31,8}{63,0} = 0,5 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

(předimenzováno kvůli štíhlosti prutu)



• SVISLE ' STĚNOVÉ ' ZTUŽIDLO

- PRŮŘEZOVÉ ' CHARAKTERISTIKY

- $IR 139,4/4$

$A = 1410 \text{ mm}^2$ $I_y = I_z = 3,93 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

$d = 139,4 \text{ mm}$ $W_{ply} = W_{plz} = 43,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$t = 4,0 \text{ mm}$ $r_y = r_z = 48 \text{ mm}$

- MATERIÁLOVÉ ' CHARAKTERISTIKY

- OUEL S235 $f_y = 235 \text{ MPa}$

$f_u = 360 \text{ MPa}$

$E = 210 \text{ GPa}$

$G = 81 \text{ GPa}$

- NÁVROHOVÉ ' HODNOTY VNITŘNÍCH SIL

$N_{Ed} = 63,04 \text{ kN}$; $N_{Ed} = -44,05 \text{ kN}$

- KLASIFIKACE PRŮŘEZU

$\frac{d}{t} = \frac{139,4}{4,0} = 35 < 42 \varepsilon = 42 \sqrt{\frac{235}{235}} = 42 \Rightarrow \text{TŘÍDA pr. 2}$

- NAMÁHÁNÍ ' TAHEM

$N_{t,rd} = \frac{A \cdot f_t}{\gamma_{M0}} = \frac{1410 \cdot 235}{1,0} = 401,9 \text{ kN}$

$\frac{N_{Ed}}{N_{t,rd}} = \frac{63,04}{401,9} = 0,16 < 1,0$ VYHOVUJE

- NAMÁHÁNÍ VEPŘEVÝM TRZEM

- vepřevná délka

$$l_{cr,y} = 10 \cdot 9600 = 9600 \text{ mm} - \text{rozchodujících}$$

$$l_{cr,z} = 10 \cdot 4800 = 4800 \text{ mm}$$

- kritická síla

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 2,93 \cdot 10^6}{9600^2} = 88,4 \text{ kN}$$

- štíhlost prutu

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{9600}{48} = 200 \leq 200$$

- poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1410 \cdot 235}{88,4 \cdot 10^3}} = 2,13$$

- šířka vzhledně pevnosti $\alpha'' \Rightarrow \alpha = 0,21$

- součinitel imperfekce

$$\phi_y = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5[1 + 0,21(2,13 - 0,2) + 2,13^2] = 3,0$$

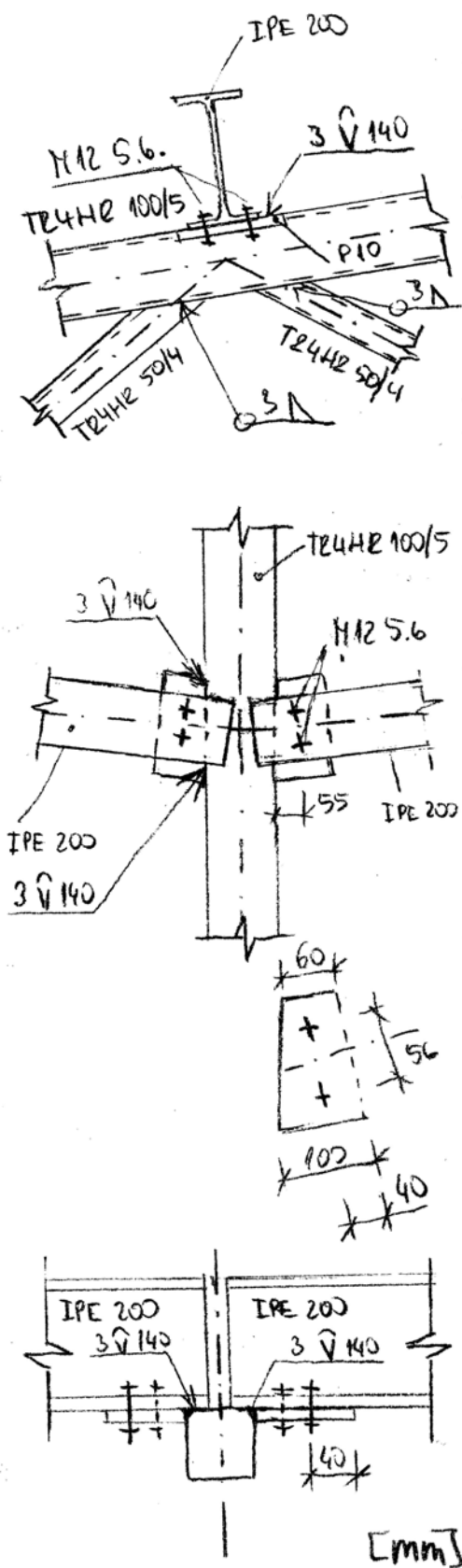
- součinitel vepřevnosti

$$\chi_y = \frac{1,0}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1,0}{3,0 + \sqrt{3,0^2 - 2,13^2}} = 0,20$$

- únosnost

$$N_{b,rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,2 \cdot 1410 \cdot 235}{1,0} = 49,6 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,rd}} = \frac{44,05}{49,60} = 0,96 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$



S.11. NÁVRH A POSOUZENÍ PŘIPOJENÍ MEZILEHLÉ VAZNICE NA VAZNÍČ

- PŘÍPOJ LÁVŘEN JAKO ŠROUBOVÝ SE DVĚMA ŠROUBY
M12 5.6

- LÁVŘHOVÉ HODNOTY UNITÁŽNÍCH SIL

$$N_{Ed} = 24,51 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 24,49 \text{ kN}$$

- NÁVRH ŠROUBOVÉHO SPDJE

- 2x ŠROUB M12 5.6 - $d_o = 13 \text{ mm}$, $d = 12 \text{ mm}$, $A = 113 \text{ mm}^2$

$$f_{ub} = 400 \text{ MPa}; \alpha_v = 0,6$$

$$f_u = 360 \text{ MPa (S235)}$$

- ROZMÍSTĚNÍ ŠROUBŮ - $l_2 = 40 \text{ mm}$

$$l_1 = 40 \text{ mm}$$

$$p_2 = 56 \text{ mm}$$

- návrhová síla na 1 šroub

$$F_{v,Ed} = \frac{24,51}{2} = 12,25 \text{ kN}$$

- posouzení šroubu na střih

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A \cdot n}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 400 \cdot 113 \cdot 2}{1,25} = 21,4 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{12,25}{21,4} = 0,57 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

α - ve směru působící
síly

ξ_1 - kolmo na působící
sílu

- posouzení na otlacení

$$\alpha_d = \min \left\{ \frac{\xi_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} \right\} = \min \left\{ \frac{40}{3 \cdot 13}; \frac{1}{4} \right\} = 1,03$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ 1,03; \frac{400}{360}; 1,0 \right\} =$$

$$= \min \{ 1,03; 1,11; 1,0 \} = 1,0$$

$$\xi_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{p_2}{d_0} - 1,4; 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,4; 4,5 \right\} =$$

$$= \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{40}{13} - 1,4; 1,4 \cdot \frac{56}{13} - 1,4; 2,5 \right\} =$$

$$= \min \{ 6,9; 4,3; 2,5 \} = 2,5$$

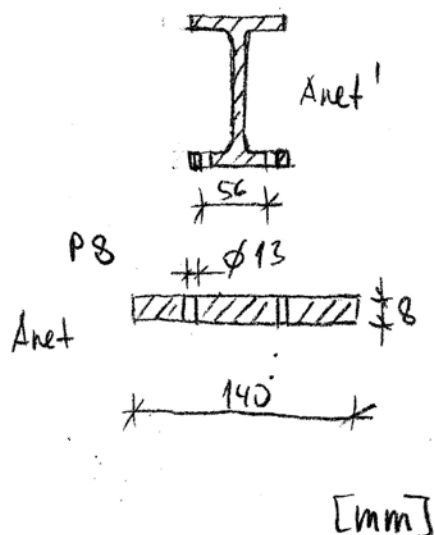
$$t = \min \{ t_p; t_f \} =$$

$$= \min \{ 8; 8,5 \} = 8 \text{ mm}$$

$$F_{b,ed} = \frac{\xi_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{m2}} = \frac{2,5 \cdot 1,0 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 8}{1,25} = 69,1 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{b,Ed}} = \frac{13,8}{69,1} = 0,2 < 1,0 \quad \text{VYHODNĚ}$$

IPE 200



- únosnost oslabeného prutu

$$A = 2850 \text{ mm}^2$$

$$A_{net} = 2629 \text{ mm}^2$$

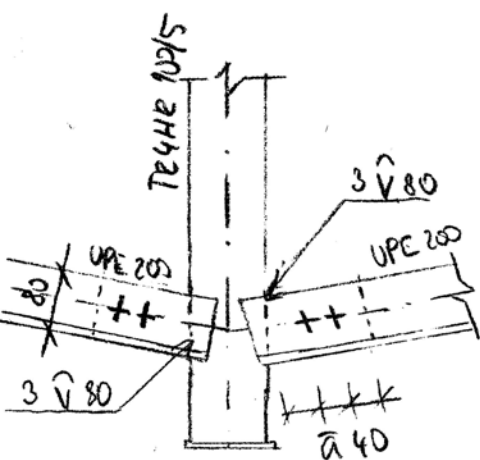
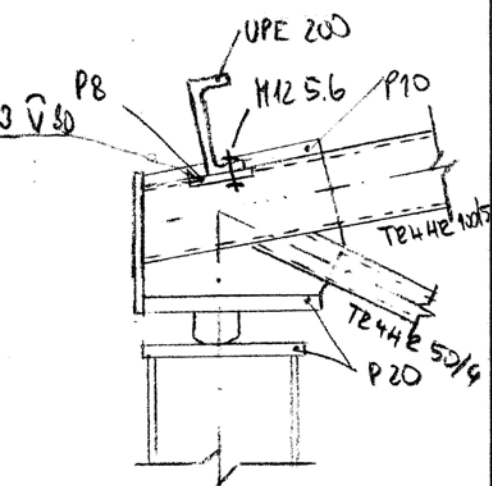
$$N_{u,rb} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{0,9 \cdot 2629 \cdot 360 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 681,4 \text{ kN}$$

$$A_{net} = 912 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,rb} = \frac{0,9 \cdot 912 \cdot 360 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 236,4 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{u,rb}} = 1,0 \quad \frac{24,51}{681,4} = 0,04 < 1,0; \quad \frac{24,51}{236,4} = 0,12 < 1,0$$

VYHODNĚ



[mm]

5.12. NÁVĚH A POSOUZENÍ PŘIPOJENÍ OBRÁPOVÉ VAZNICE

- PŘÍPOJ NAVEŽEN JAKO ŠROUBOVÝ PŘÍPOJ DVOU ŠROUBU

NÁVĚHOVÉ HODNOTY VNITŘNÍCH SIL

$$N_{ed} = 11,18 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 9,50 \text{ kN}$$

NÁVĚH ŠROUBOVÉHO SPOJE

- 2x ŠROUB H 12 5.6 - $d_o = 13 \text{ mm}$, $d = 12 \text{ mm}$; $A = 113 \text{ mm}^2$
- $f_{ub} = 400 \text{ MPa}$; $\alpha_v = 0,6$
- $f_u = 360 \text{ MPa}$ (S235)

- rozmístění šroubů - $e_2 = 40 \text{ mm}$
- $e_1 = 40 \text{ mm}$
- $p_1 = 40 \text{ mm}$

- největší síla na 1. šroub

$$F_{v,ed} = \frac{11,18}{2} = 5,6 \text{ kN}$$

- posouzení šroubů na střih

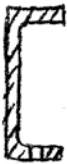
$$F_{v,ed} = \frac{n \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{m_2} = \frac{1,0 \cdot 0,6 \cdot 400 \cdot 113}{1,25} = 27,4 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,ed}}{F_{v,ed}} = \frac{5,6}{27,4} = 0,25 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- posouzení otláčemi

$$\alpha_d = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_o}, \frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4} \right\} = \min \left\{ \frac{40}{3 \cdot 13}, \frac{40}{3 \cdot 13} - \frac{1}{4} \right\} = \min \{ 1,03; 0,46 \} = 0,46$$

UPE 200



$$\alpha_b = \min \left\{ \alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \{ 0,46; 1,11; 1,0 \} = 0,46$$

$$\begin{aligned}
 \zeta_1 &= \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{l_2}{d_0} - 1,4; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,4; 2,5 \right\} = \\
 &= \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{40}{13} - 1,4; \text{nic}; 2,5 \right\} = \min \{ 6,9; 2,5 \} = 2,5
 \end{aligned}$$

$$F_{b,rd} = \frac{\zeta_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M_2}} = \frac{2,5 \cdot 0,46 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 6}{1,25} = 39,4 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,rd}} = \frac{5,6}{39,4} = 0,14 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- ÚNOSNOST OSLABENÉHO PRŮŘEZU

$$A_{net} = 2796 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,rb} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M_2}} = \frac{0,9 \cdot 2796 \cdot 360 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 711 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{u,rd}} = \frac{11,15}{711} = 0,02 < 1,0$$

- POSOUZENÍ SVAZU

- typ svař s řástečným průřezem

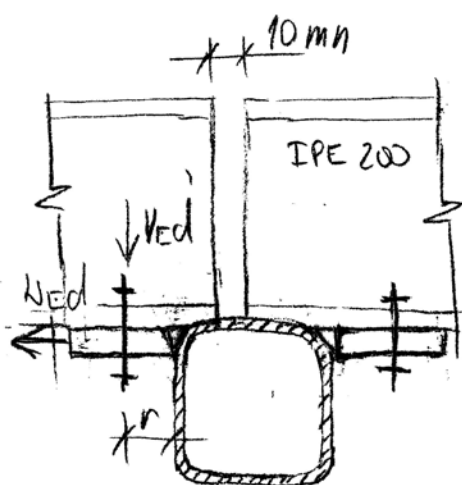
- minimální výška svaru

$$a = 3 \text{ mm} \geq a_{min} = 3 \text{ mm}$$

$$< a_{max} = 8 \cdot 1,1 = 8,8 \text{ mm}$$

- délka svaru

$$l = 80 \text{ mm}$$



$V_{Ed}' = V_{Ed} \text{ max na konci nosníku}$

- ROZDÍLENÍ SVARŮ

- minimální výška svaru

$$a = 3 \text{ mm} > a_{\min} = 3 \text{ mm}$$

$$< a_{\max} = 11.8 = 8.8 \text{ mm}$$

- délka svaru určeno o čistějším průřezem

$$l_d = 140 \text{ mm}$$

↓ výpočet jako u šroubového

- napětí od normálové síly

$$\tau_{\perp} = \tau_{+} = \frac{N_{Ed}}{a \cdot l_{\sqrt{2}}} = \frac{24,51 \cdot 10^3}{3 \cdot 140 \sqrt{2}} = 46,3 \text{ MPa} ; \tau_{\parallel} = 0$$

- vznik momentu od V_{Ed}

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot h = 24,49 \cdot 0,03 = 0,73 \text{ kNm}$$

$$\tau_{+} = \frac{M_{Ed}}{W_{\sqrt{2}}} = \frac{0,730}{1,44 \cdot 10^{-5} \sqrt{2}} = 35,1 \text{ MPa} = \tau_{\perp}$$

$$\tau_{\parallel} = 0$$

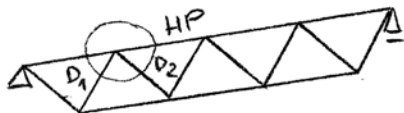
- srovnávací napětí

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

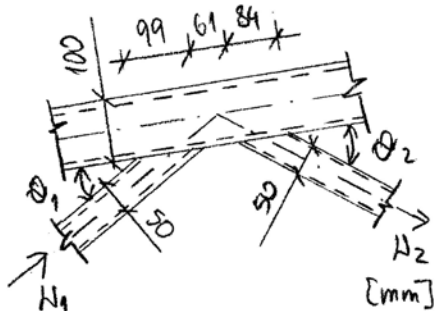
$$\sqrt{81,4^2 + 3(81,4^2 + 0^2)} \leq \frac{360}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$162,8 < 320 \text{ MPa VYHOVUJE}$$

- POLOHA ŘEŠENÉHO STYČNÍKU



- STYČNÍK TYPU "k"



$$\theta_1 = 30^\circ; \theta_2 = 34^\circ$$

$$N_1 = -48,43 \text{ kN}$$

$$N_2 = 49,13 \text{ kN}$$

- 5.13. POSOUZENÍ PŘIPOJENÍ DIAGONÁL A HORNÍMU PÁSU

- DIAGONÁLY JSOU PŘIPOJENY K PÁSOVÉMU PRUTU KOUTOVÍMI SVAZÝ ÚČINNÉ VÝŠKY 3mm PO CELÉM OBVODU
- PÁSOVÝ PRUT JE44E 100/100/5
- DIAGONÁLY PROFILU JÄČEL 50/50/4

- MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- OCEL S 235: $f_y = 235 \text{ MPa}$
 $f_u = 360 \text{ MPa}$
 $E = 210 \text{ GPa}$
 $G = 81 \text{ GPa}$

- NÁVĚHOVÉ HODNOTY VNITŘNÍCH SIL

- HORNÍ PÁS
 $N_{Ed} = -244,11 \text{ kN}$; $M_{Ed} = 5,57 \text{ kNm}$; $N_{Ed} = 103,84 \text{ kN}$
- TÁŽENÁ DIAGONÁLA
 $N_{Ed} = 48,43 \text{ kN} = N_1$
- TAŽENÁ DIAGONÁLA
 $N_{Ed} = 49,13 \text{ kN} = N_2$

- NÁVĚŽEVE SVAZY

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

$$a_{\min} = 3 \text{ mm} \leq a = 3 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 4 = 4,4 \text{ mm} > a = 3 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

- PŘESAH PLATNOSTI PRO SVAŘOVANÉ STYČNÍKY

$$0,2 \leq \frac{h_i}{h_0} = \frac{50}{100} = 0,5 \leq 1,0$$

$$10 \leq \frac{d_0}{t_0} = \frac{100}{5} = 20 \leq 50$$

$$10 \leq \frac{b_i}{t_i} = \frac{50}{4} = 20 \leq 50$$

- POSOUZENÍ SVAŘU

- minimální výška konturového svaru

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

- minimální délka svaru

$$L = 2 \cdot 84 + 2 \cdot 50 = 268 \text{ mm}$$

- rozklad síly

$$N_{ED} = 94,16 \text{ kN} = 112$$

$$N_{211} = N_{21} \cdot \cos \theta_2 = 94,16 \cdot \cos 34^\circ = 77,6 \text{ kN}$$

$$N_{212} = N_{21} \cdot \sin \theta_2 = 94,16 \cdot \sin 34^\circ = 51,5 \text{ kN}$$

- napětí

$$\sigma_{11} = \frac{N_{211}}{2 \cdot a \cdot l'} = \frac{77,6 \cdot 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 84} = 154 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{212}}{2 \cdot a \cdot l_2} = \frac{51,5 \cdot 10^3}{268 \cdot 3 \cdot \sqrt{2}} = 51,4 \text{ MPa} < \frac{0,9 f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{0,9 \cdot 360}{1,25} =$$

- srovnávací napětí

$$51,4 < 259,2 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{11}^2)} = \sqrt{51,4^2 + 3(154^2 + 51,4^2)} = 285,9 \text{ MPa}$$

$$285,9 < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} = \frac{360}{0,9 \cdot 1,25} = 320 \text{ MPa}$$

$$285,9 < 320 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

- NÁVĚHOVÁ ÚVROSNOST SVAŘOVANÝCH STYČNÍKŮ

porušení prolonemím směrem

$$d_1 \leq d_0 - 2t_0$$

$$50 \leq 100 - 2 \cdot 5 = 90 \text{ pat lze vzít } N_{1,ed} \text{ zjednodušení}$$

$$N_{1,ed} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot 60 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \frac{1 + \sin \theta_1}{2 \cdot \sin^2 \theta_1} / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,ed} = \frac{235}{\sqrt{3}} \cdot 5 \cdot \pi \cdot 50 \cdot \frac{1 + \sin 30^\circ}{2 \cdot \sin^2 30^\circ} / 1,0 = 319,4 \text{ kN}$$

$$N_{2,ed} = \frac{235}{\sqrt{3}} \cdot 5 \cdot \pi \cdot 50 \cdot \frac{1 + \sin 34^\circ}{2 \cdot \sin^2 34^\circ} / 1,0 = 235,6 \text{ kN}$$

$$\frac{N_1}{N_{1,ed}} = \frac{48,43}{319,4} = 0,15 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_2}{N_{2,ed}} = \frac{49,13}{235,6} = 0,21 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

- porušení pomocí pádu

$$\begin{aligned}
 N_{p,ed} &= N_{0,ed} - \sum N_{i,ed} \cdot \cos \theta_i = \\
 &= 244,11 - 48,43 \cdot \cos 30^\circ = 146,19 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\sigma_{p,ed} = \frac{N_{p,ed}}{A_0} + \frac{M_{0,ed}}{W_{el,0}} = \frac{146,19}{1640} + \frac{5,51 \cdot 10^3}{54,2 \cdot 10^3} = 194$$

$$n_p = \frac{\sigma_{p,ed} / f_{y0}}{\gamma_{M5}} = \frac{194 / 235}{1,0} = 0,84$$

$$\zeta_p = 1 - 0,3 \cdot n_p \cdot (1 + n_p) = 1 - 0,3 \cdot 0,84 (1 + 0,84) = 0,54 \leq 1,0$$

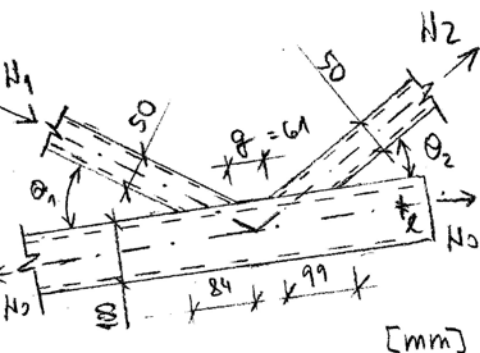
$$\gamma = \frac{d_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 5} = 10$$

$$\begin{aligned} \zeta_g &= \gamma^{0,2} \left(1 + \frac{0,024 \cdot \gamma^{1,2}}{1 + \exp(0,5 \cdot \frac{g}{t_0} - 1,33)} \right) = \\ &= 10^{0,2} \left(1 + \frac{0,024 \cdot 10^{1,2}}{1 + \exp(0,5 \cdot \frac{61}{5} - 1,33)} \right) = 1,689 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{1,2d} &= \frac{t_0 \cdot \zeta_p \cdot f_{t,0} \cdot t_0^2}{\min \sigma_1} \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{d_1}{d_2} \right) / \gamma_{R5} = \\ &= \frac{1,689 \cdot 0,54 \cdot 235 \cdot 5^2}{\min 30^\circ} \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{50}{50} \right) / 1,0 = 128,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{N_1}{N_{1,2d}} = \frac{48,43}{128,60} = 0,61 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

STYČNÍK TYPU "E"



[mm]

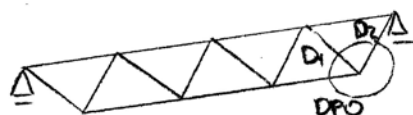
$$\theta_1 = 34^\circ; \theta_2 = 30^\circ$$

$$N_1 = -122,50 \text{ kN}$$

$$N_2 = 94,16 \text{ kN}$$

$$\beta_{w1} = 0,8 \text{ pro ocel S235}$$

POLOHA ŘEŠENÉHO
STYČNÍKU



- 5.14. POSOUZENÍ PŘIPOJENÍ DIAGONÁL A DOLNÍHO PRŮU

- DIAGONÁLY JSOU PŘIPOJENY K PÁSOVÉMU PRUTU KOUTOVÝMI SWAZY ÚČINNÉ ROUŠTĚK 3MM PO CELEM OBVODU
- PÁSOVÝ PRUT PROFILU TR4HE 100/100/5
- DIAGONÁLY PROFILU TR4HE 50/50/4

- MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

$$\text{OCEL S235: } f_y = 235 \text{ MPa}$$

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

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

- NÁVRHOVÉ HODNOTY VNITŘNÍCH SIL

- DOLNÍ PÁR

$$N_{ed} = 220,26 \text{ kN}, M_{ed} = 6,52 \text{ kNm}$$

- TAŽENÁ DIAGONÁLA

$$N_1 = 122,50 \text{ kN}$$

- TAŽENÁ DIAGONÁLA

$$N_2 = 94,16 \text{ kN}$$

- NÁVRŽENÉ SWAZY

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

$$a_{\min} = 3 \text{ mm} \leq a = 3 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 4 = 4,4 \text{ mm} > a = 3 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

- ROZSAH PLATNOSTI PRO SVAŘOVÁNÍ STYČNÍKY

$$0,2 \leq \frac{h_i}{h_o} = \frac{50}{100} = 0,5 < 1,0$$

$$10 \leq \frac{d_o}{t_o} = \frac{100}{5} = 20 \leq 50$$

$$10 \leq \frac{b_i}{t_i} = \frac{50}{4} = 12,5 \leq 50$$

- POSOUZENÍ SVAŘU

- minimální výška svaru kontrolovaného
 $a = 3 \text{ mm}$

- minimální délka svaru
 $L = 2 \cdot 99 + 2 \cdot 50 = 298 \text{ mm}$

- rozklad síly

$$N_{ED} = N_2 = 94,16 \text{ kN}$$

$$N_{2II} = N_2 \cdot \cos \alpha_2 = 94,16 \cdot \cos 30^\circ = 81,14 \text{ kN}$$

$$N_{2I} = N_2 \cdot \sin \alpha_2 = 94,16 \cdot \sin 30^\circ = 47,08 \text{ kN}$$

- napětí

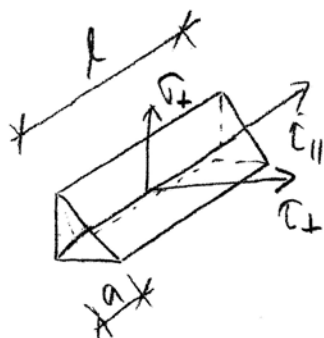
$$\sigma_{II} = \frac{N_{2II}}{2a \cdot L} = \frac{81,14 \cdot 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 99} = 141,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_I = \tau_I = \frac{N_{2I}}{L \cdot a \cdot \sqrt{2}} = \frac{47,08 \cdot 10^3}{298 \cdot 3 \cdot \sqrt{2}} = 38,4 \text{ MPa} < \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360}{1,25}$$

$$38,4 < 259,2 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_I^2 + 3(\tau_I^2 + \tau_{II}^2)} = \sqrt{38,4^2 + 3(38,4^2 + 141,6^2)} = 254 \text{ MPa}$$

$$254 < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,9 \cdot 1,25} = 320 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$



přezn.:

Index 0 - pa'sový prut
i - vnitřní prut

- NÁVĚHOVÁ ÚNOSNOST SVAZOVANÝCH STYČNÍKŮ

- porušení protažením smyčcem

$$d_1 \leq d_0 - 2t_0$$

$$50 < 100 - 2 \cdot 5 = 90 \text{ mm} \text{ pak : } N_{1,ed} = \dots$$

$$N_{1,ed} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \pi d_i \frac{1 + \sin \theta_i}{2 \cdot \sin^2 \theta_i} / \gamma_{ns}$$

$$N_{1,ed} = \frac{235}{\sqrt{3}} \cdot 5 \cdot \pi \cdot 50 \cdot \frac{1 + \sin 34^\circ}{2 \cdot \sin^2 34^\circ} / 1,0 = 235,6 \text{ kN}$$

$$N_{2,ed} = \frac{235}{\sqrt{3}} \cdot 5 \cdot \pi \cdot 50 \cdot \frac{1 + \sin 30^\circ}{2 \cdot \sin^2 30^\circ} / 1,0 = 319,4 \text{ kN}$$

$$\frac{N_1}{N_{1,ed}} = \frac{122,50}{235,6} = 0,52 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_2}{N_{2,ed}} = \frac{94,16}{319,4} = 0,31 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

- porušení povrchu pásu

$$N_{p,ed} = N_{0,ed} - \sum N_{i,ed} \cdot \cos \theta_i =$$

$$= 220,26 + 94,16 \cdot \cos 30^\circ = 304,4 \text{ kN}$$

$$\sigma_{p,ed} = \frac{N_{p,ed}}{A_0} + \frac{M_{0,ed}}{W_{el,0}} = \frac{304,4 \cdot 10^3}{1840} + \frac{6520}{54,2 \cdot 10^3} = 165,6 \text{ MPa}$$

$$n_p = \frac{\sigma_{p,ed}/f_{y0}}{\gamma_{ns}} = \frac{165,6/235}{1,0} = 0,70$$

$$\xi_p = 1 - 0,3 \cdot n_p \cdot (1 + n_p) = 1 - 0,3 \cdot 0,4 \cdot (1 + 0,4) = 0,64 \leq 1,0$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 \cdot t_0} = \frac{100}{2 \cdot 5} = 10$$

$$\begin{aligned} \xi_g &= \gamma^{0,2} \cdot \left(1 + \frac{0,024 \cdot \gamma^{1,2}}{1 + \exp(0,5 \cdot \frac{\gamma}{t_0} - 1,33)} \right) = \\ &= 10^{0,2} \cdot \left(1 + \frac{0,024 \cdot 10^{1,2}}{1 + \exp(0,5 \cdot \frac{61}{5} - 1,33)} \right) = 1,689 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{1,ed} &= \frac{\xi_g \cdot \xi_p \cdot f_{y10} \cdot t_0^2}{\min \sigma_1} \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{d_1}{d_2} \right) / \gamma_{m5} = \\ &= \frac{1,689 \cdot 0,64 \cdot 235 \cdot 5^2}{\min 347} \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{50}{50} \right) / 1,0 = 126,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{N_1}{N_{1,ed}} = \frac{122,50}{126,60} = 0,96 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

S.15. NÁVRH A POSOUZENÍ PŘIPOJENÍ VAZLIČU
NA VNITŘNÍ SLOUP

- HORNÍ PÁS VAZLIČU PŘIVÁŘEN 6 PLECHU TL. 8 MM A TEN
 POMOCÍ ŠROUBOVÉHO SPOJE PŘIPOJEN 2 PLECHU TL. 20 MM,
 KTERÝ JE PŘIVÁŘEN 2 HLAVĚ SLOUPU

- NÁVROHOVÉ HODNOTY VNITŘNÍCH SIL

$$N_{Ed} = 98,04 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 10,31 \text{ kN}$$

- NÁVRH ŠROUBOVÉHO SPOJE

- 2x ŠROUB H20 S.B - $d_o = 22 \text{ mm}$, $d = 20 \text{ mm}$, $A = 245 \text{ mm}^2$

- $f_{ub} = 500 \text{ MPa}$, $\alpha_r = 0,6$

- $f_u = 360 \text{ MPa}$

- rozmístění šroubů = $l_1 = 30 \text{ mm}$

$l_2 = 30 \text{ mm}$

- OVĚŘENÍ ŘZDĚÍ

$$1,2 d_o < l_1 < \min(12t; 150 \text{ mm})$$

$$1,2 \cdot 20 < 30 < \min(12 \cdot 8; 150 \text{ mm})$$

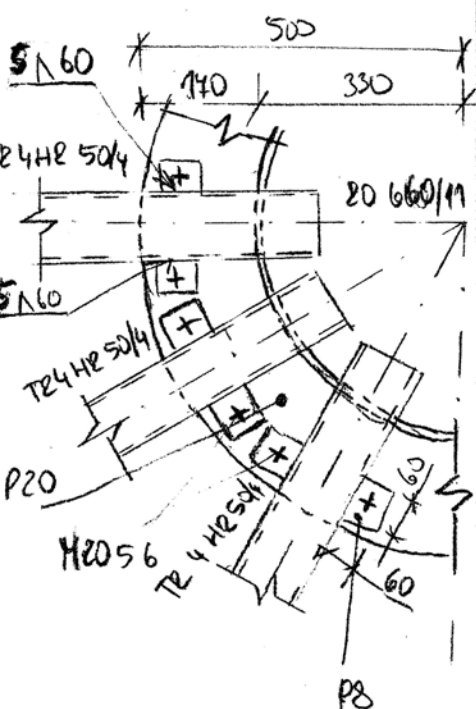
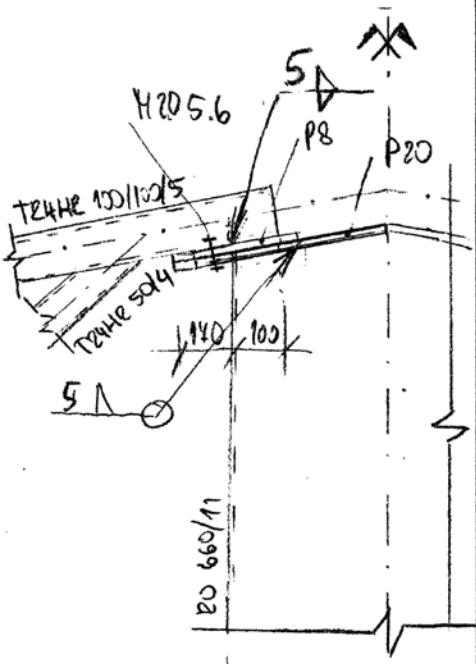
$$24 < 30 < 96 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$1,2 d_o < l_2 < \min(12t; 150 \text{ mm})$$

$$24 < 30 < 96 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

- hAŘAŽOVÁ SILA NA 1. ŠROUB

$$F_{r,Ed} = \frac{98,04}{2} = 49 \text{ kN}$$



- posouzení šroubu na stříh

$$F_{v,ed} = \frac{h \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M_2}} = \frac{10 \cdot 0,6 \cdot 500 \cdot 245}{1,25} = 58,8 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,ed}} = \frac{49,0}{58,8} = 0,83 < 1,0 \text{ VYHODVUJE}$$

- posouzení otlacění

$$\alpha_d = \frac{l_1}{3d_0} = \frac{30}{3 \cdot 22} = 0,45$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ 0,45; \frac{500}{360}; 1,0 \right\} = \min \{ 0,45; 1,39; 1,0 \} = 1,0$$

$$l_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{l_2}{d_0} - 1,4; 2,5 \right\} = \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{30}{22} - 1,4; 2,5 \right\} = \min \{ 2,1; 2,5 \} = 2,1$$

$$t = \min \{ t_1, t_2 \} = \min \{ 20; 8 \} = 8 \text{ mm}$$

$$F_{b,ed} = \frac{l_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M_2}} = \frac{2,1 \cdot 1,0 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 8}{1,25} = 94 \text{ kN}$$

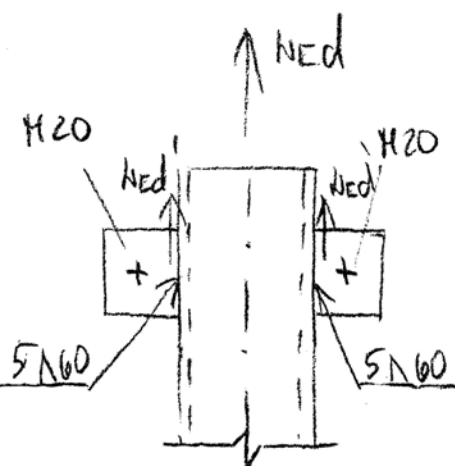
$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,ed}} = \frac{49}{94} = 0,51 < 1,0 \text{ VYHODVUJE}$$

- únosnost oslabeného průřezu

$$A_{net} = 60 \cdot 8 - 8 \cdot 22 = 304 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,2b} = \frac{0,9 \cdot 304 \cdot 360 \cdot 10^3}{1,25} = 48 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,ed}} = \frac{49}{48} = 0,63 < 1,0 \text{ VYHODVUJE}$$



$$N_{ed}' = \frac{N_{ed}}{2}$$

$$V_{ed}' = \frac{V_{ed}}{2}$$

- POSOUZENÍ SVAZU

- účinná výška svaru

$$a = 5 \text{ mm} > a_{\min} = 3 \text{ mm}$$

$$< a_{\max} = 1,1 \cdot 8 = 8,8 \text{ mm}$$

- délka svaru

$$l = 60 \text{ mm}$$

- napětí od normálové síly

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{ed}'}{a \cdot l} = \frac{49 \cdot 10^3}{5 \cdot 60} = 163 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \tau_{\perp} = \emptyset$$

- napětí od posuvná síly

$$\tau_{\parallel} = \emptyset$$

$$\tau_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{V_{ed}'}{a \cdot l \cdot \sqrt{2}} = \frac{5,2}{5 \cdot 60 \cdot \sqrt{2}} = 12,3 \text{ MPa}$$

- srovnávací napětí

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

$$\sqrt{12,3^2 + 3(12,3^2 + 163^2)} \leq \frac{360}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$284 < 320 \text{ MPa VYHODIJE}$$

- napětí od normálové síly

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{a \cdot L \cdot t_z} = \frac{11,18 \cdot 10^3}{3 \cdot 80 \cdot t_z} = 33 \text{ MPa} ; \tau_{\parallel} = \emptyset$$

- napětí od posouvající síly $\rightarrow$ rovněž momentu

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot r = 9,5 \cdot 0,04 = 0,38 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{M_{Ed}}{W \cdot t_z} = \frac{0,38}{3,2 \cdot 10^{-6} \cdot t_z} = 83,9 \text{ MPa}$$

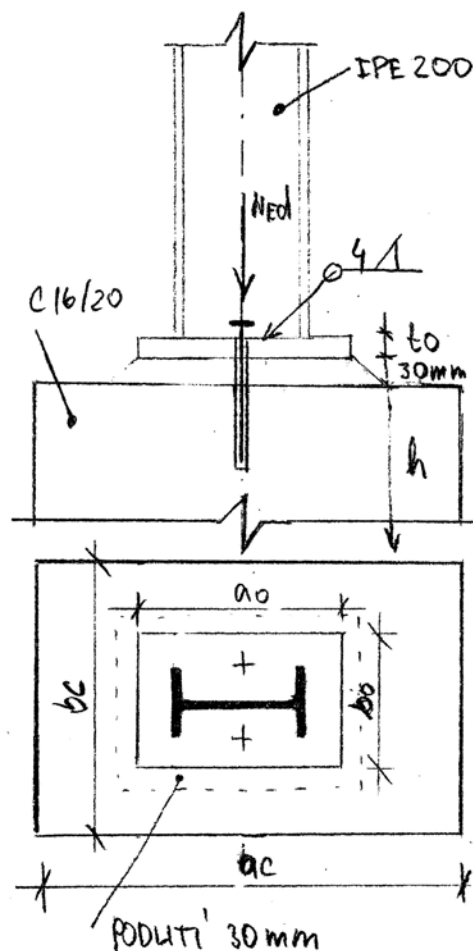
$$\tau_{\parallel} = \emptyset$$

- srovnávací napětí

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w / \gamma_z}$$

$$\sqrt{116,9^2 + 3 \cdot (116,9^2 + 0^2)} \leq \frac{360}{0,9125}$$

$$234 < 320 \text{ MPa} \quad \text{VYHODNÍ} \quad \text{VÝHODNÍ}$$



- 5.16. POSOUZENÍ KLONBOVÉ PATEY (LEŽÍCÍ SLUPY)

- PATEA CENTRICKÝ TLAČELVÝ MOMENT V PATE NULOVÝ
- PŘIPOJENÝ SLUP PROFILU IPE 200 PŘIVÁŘEN Z PATNÍTU PLECHU

- HLAVNÍ ROZMĚRY

- betonová patka

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

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

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

- patní ocelová deska

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

$$b_o = 200 \text{ mm}$$

$$t_o = 20 \text{ mm}$$

- MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- beton C16/20 : $f_{cd} = 16 \text{ MPa}$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_m} \cdot \alpha_{cc}$$

- ocel S 235 : $f_y = 235 \text{ MPa}$

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

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

- NÁVĚHOVÉ HODNOTY VNITŘNÍCH SIL V PATE SLUPY

$$N_{Ed} = 122,84 \text{ kN}$$

$$V_{Edy} = 9,43 \text{ kN} ; V_{Edz} = 0,54 \text{ kN}$$

- POSOUZENÍ BETONOVÉ PATELY

- započítatelné rozměry betonové patky

$$\begin{aligned}
 a &= \min(3a_0; a_0 + b; a_c) = \\
 &= \min(3 \cdot 300; 300 + 800; 600) = \\
 &= \min(900; 1100; 600) = 600 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \min(3b_0; b_0 + h; b_c) = \\
 &= \min(3 \cdot 200; 200 + 800; 400) = \\
 &= \min(600; 1000; 400) = 400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- součinitel koncentrace napětí

$$\xi_j = \sqrt{\frac{a \cdot b}{a_0 b_0}} = \sqrt{\frac{600 \cdot 400}{300 \cdot 200}} = 2,0$$

- návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \beta_j \cdot \frac{\xi_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} \cdot \frac{20 \cdot 16}{1,5} = 14,2 \text{ MPa}$$

- minimální šířka patní desky

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 f_{jd}}} = 20 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 14,2}} = 47 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$$

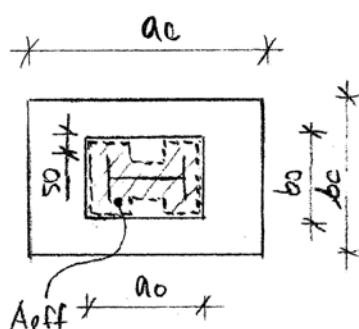
- minimální plocha

$$\begin{aligned}
 A_{eff} &= 2 \cdot [(100 + 244) \cdot (244 + 85)] + [(183 - 244) \cdot (244 + 5,6)] = \\
 &= 48634,4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- minosnost patky

$$N_{ed} = A_{eff} \cdot f_{jd} = 48634,4 \cdot 14,2 \cdot 10^{-3} = 690,6 \text{ kN} > N_{Ed} = 122,8 \text{ kN}$$

VYHOVUJE



NÁVRH ŽELEZNÝCH ŠROUBŮ - LEPEJE VE VRTANÝCH KANÁLECH

- ŠROUBY M12 - $A_s = 133 \text{ mm}^2$
- MATERIÁL ŠROUBU 5.6. - $f_{yb} = 300 \text{ MPa}$
 $f_{ub} = 500 \text{ MPa}$
- NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST JEDNOHO ŠROUBU
JE $F = 53,98 \text{ kN}$
- POČET ŠROUBŮ - 2 KUSY
- HLoubKA ZAVRTÁNÍ 300 MM

NÁVRH SVARU

- délka svaru

$$L = 9 \cdot 100 + 2 \cdot 159 = 418 \text{ mm}$$

- tloušťka roštu svaru

$$a = 4 \text{ mm}$$

- napětí od normálové síly

$$\sigma_{\perp}^N = \sigma_{\perp}^N = \frac{N_{Ed}}{a \cdot L \cdot \sqrt{2}} = \frac{122,84 \cdot 10^3}{4 \cdot 418 \cdot \sqrt{2}} = 30,3 \text{ MPa}$$

- napětí od posouvajících sil

$$\tau_{V_{\perp}} = \frac{V_y}{a \cdot L} = \frac{9,43 \cdot 10^3}{4 \cdot 388} = 6,30 \text{ MPa}$$

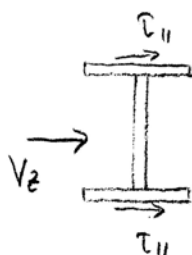
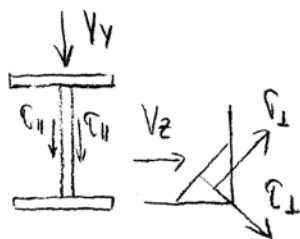
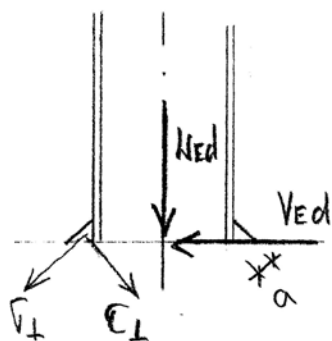
$$\sigma_{\perp}^y = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_{V_y}}{\sqrt{2}} = \frac{6,3}{\sqrt{2}} = 4,40 \text{ MPa} \leq 0,9 \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0,9 \frac{360}{1,25} = 259 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel}^y = \frac{V_y}{4 \cdot 388} = 4,60 \text{ MPa}$$

$$\tau_{V_z} = \frac{V_z}{a \cdot L} = \frac{0,54}{4 \cdot 318} = 0,43 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp}^z = \tau_{\perp} = \frac{0,43}{\sqrt{2}} = 0,30 \text{ MPa} < 0,9 \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel}^z = \frac{0,54}{4 \cdot 388} = 0,35 \text{ MPa}$$



- srovnávací napětí

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_{w1} \cdot \eta_2}$$

$$\sqrt{35,0^2 + 3(35,0^2 + 7,95^2)} \leq \frac{360}{0,9 \cdot 1,2}$$

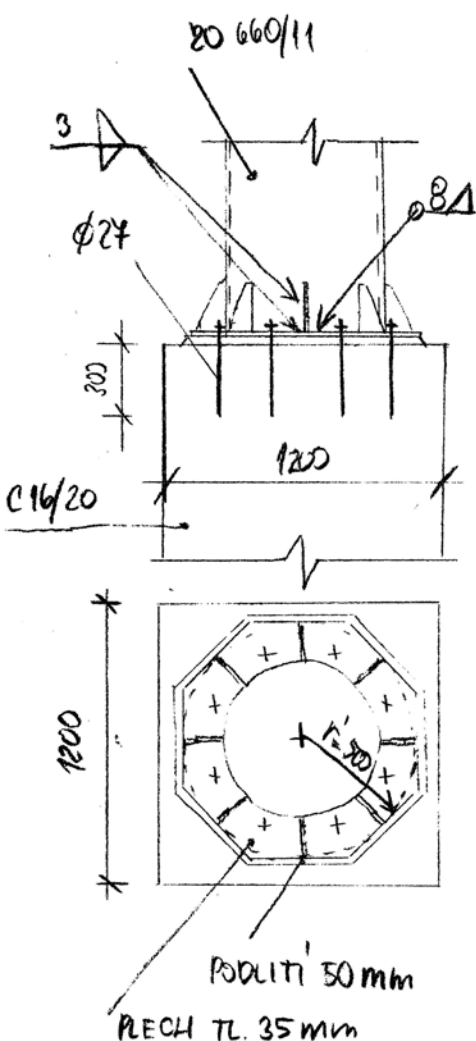
$$41 < 320 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

- UŠMYČENÍ VLIVEM POSOUVACÍ SILY

$$F_t = N, \eta \geq \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$$

$$F_t = 122,84 \cdot 0,2 \geq \sqrt{9,43^2 + 0,54^2}$$

$$24,6 \geq 9,8 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE} \rightarrow \text{není nutný návrh smyčkové zarážky}$$



[mm]

- 5.17. POSOUZENÍ VETKNUTE PÁTY SLOUPU

- PÁTEA BUDE NATAHÁNA MOMENTEM, POSOUVÁNÍ A NORMÁLOVOU SILOU
- PŘÍPOJ BUDE REALIZOVÁN PŘES PÁTI DESKU, ZE KTERÉ BUDE PŘI VÁZEN SLOUPKRUHOVÉHO PROFILU TR 660/11 A PLECH DÁL PŘIPEVNĚN K BETONOVÉMU SLOUPU POMOCÍ KOTEVNÍCH ŠROUBŮ

- HLAVNÍ DIMENZE

- betonová páteř
 - $a_c = 1200 \text{ mm}$
 - $b_c = 1200 \text{ mm}$
 - $h_c = 1000 \text{ mm}$ (podliti $h = 50 \text{ mm}$)
- páteř ocelová deska
 - $a_o = 1000 \text{ mm}$
 - $b_o = 1000 \text{ mm}$
 - $t_o = 35 \text{ mm} = t_p$

- MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- beton C16/20: $f_{ct} = 16 \text{ MPa}$
 $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ct}}{\gamma_f}$
- ocel S235: $f_y = 235 \text{ MPa}$
 $f_u = 360 \text{ MPa}$
 $E = 210 \text{ GPa}$
 $G = 81 \text{ GPa}$

- NÁVRHOVÉ HODNOTY VLNITĚNÍCH SIL V PATE SLOUPU

$$N_{Ed} = -494,99 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 59,86 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 433,24 \text{ kNm}$$

- POSOUZENÍ BETONOVÉ PATEY

- započítatelné rozměry patky

$$\begin{aligned}
 a &= \min(3 \cdot a_0; a_0 + h; a_c) = \min(3 \cdot 1000; 1000 + 1000; 1200) = \\
 &= \min(3000; 2000; 1200) = 1200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \min(3 b_0; b_0 + h; b_c) = \min(3 \cdot 1000; 1000 + 1000; 1200) = \\
 &= \min(3000; 2000; 1200) = 1200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- součinitel koncentrací napětí

$$\xi_j = \sqrt{\frac{a \cdot b}{a_0 \cdot b_0}} = \sqrt{\frac{1200 \cdot 1200}{1000 \cdot 1000}} = 1,2$$

- návrhová pevnost betonu

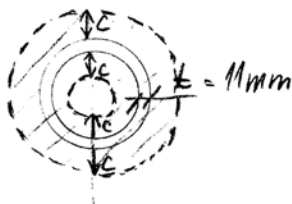
$$f_{jd} = \beta_j \cdot \frac{\xi_j \cdot f_{ct}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} \cdot \frac{1,2 \cdot 16}{1,5} = 8,53 \text{ MPa}$$

- minimální šířka patky desky

$$c = \epsilon_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{jd}}} = 25 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 8,53}} = 46 \text{ mm}$$

- minimální šířka

$$b_{eff} = 326 \text{ mm}$$



- excentricita působí ške 'normalne' síly

$$e = \frac{M_{ed}}{N_{ed}} = \frac{433,24}{494,99} = 0,870 \text{ m}$$

- Hledná část

$$N_c = b \cdot e \cdot f_{cd} \cdot x$$

$$M_{ed} \cdot (e + r_e) = N_c \left(r_e + \frac{a}{2} - \frac{x}{2} \right)$$

$$b \cdot e \cdot f_{cd} \cdot x^2 - b \cdot e \cdot f_{cd} \cdot (2r_e + a) \cdot x + 2M_{ed} (e + r_e) = 0$$

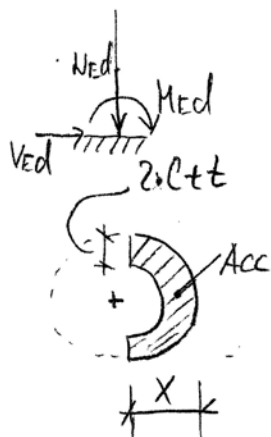
$$326 \cdot 8,53 \cdot x^2 - 326 \cdot 8,53 \cdot (2 \cdot 390 + 1000) \cdot x + 2 \cdot 494,99 \cdot 10^3 (870 + 390) = 0$$

$$278948 x^2 - 4949488,4 \cdot x + 1254934800 = 0$$

$$D = b^2 - 4ac = (-4949488,4)^2 - 4 \cdot 278948 \cdot 1254934800 = 1,0542 \cdot 10^3$$

$$\sqrt{D} = 3246485,3$$

$$x_{1,2} = \frac{4949488,4 \pm 3246485,3}{2 \cdot 278948} = \begin{cases} 1474 \text{ mm} \\ 306 \text{ mm} \end{cases}$$



$$N_c = Acc \cdot f_{cd} = 132989 \cdot 8,530 = 1134 \text{ kN} > N_{ed} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$T = N_c - N_{ed} = 1134 - 494,99 = 636 \text{ kN} - \text{síla do kotveníků srovná}$$

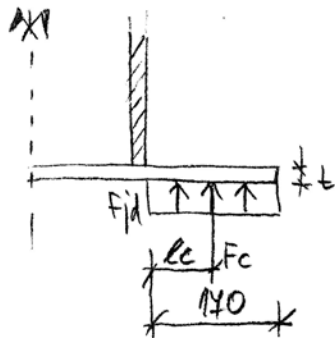
$$T_1 = 79,5 \text{ kN}$$

- návrh kotveníků srovná

$$8 \times M24 \text{ S.6} - A_s = 459 \text{ mm}^2; d = 24 \text{ mm}, d_o = 26 \text{ mm}$$

$$F_{t,ed} = \frac{A_s \cdot f_y}{\gamma_{t2}} = \frac{459 \cdot 735}{1,25} = 86,3 \text{ kN}$$

$$\frac{T_1}{F_{t,ed}} = \frac{79,5}{86,3} = 0,92 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$



[mm]

$$F_c = 0,14 \cdot 8,53 \cdot 10^3 \cdot 0,326 = 442,4 \text{ kN}$$

• návrh tloušťky patního plechu

$$m_{rd} = \frac{1}{6} b t^2 f_y$$

$$m_{ed} = F_c \cdot l_e$$

$$t = \sqrt{\frac{F_c \cdot l_e \cdot 6}{f_y \cdot b}} = \sqrt{\frac{442,4 \cdot 0,855 \cdot 6}{235 \cdot 10^3 \cdot 110}} = 0,032 \text{ m}$$

- navrhuji plech tl. 35 mm

• přenos vodorovné posouvající síly do betonové patky

$$V_{ed} = 51,86 \text{ kN}$$

- tlaková síla ne spáře mezi betonem a ocelí

$$N_c = 1134 \text{ kN}$$

- smyková únosnost ne spáře

$$V_{ed}' = \mu \cdot N_c = 0,2 \cdot 1134 = 226,8 \text{ kN} > V_{ed} = 51,86 \text{ kN}$$

→ třemi postavi, pro přenos vodorovné reakce není potřeba zarážka

• posouzení svaru trubky

- účinná výška

$$a = 8 \text{ mm} > 3 \text{ mm} = a_{min}$$

- délka svaru uložení

$$l = 2043 \text{ mm} > 30 \text{ mm} = l_{min}$$

- napětí od N_{ed}

$$\sigma_t = \sigma_t^N = \frac{N_{ed}}{A_t} = \frac{494,99 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 8 \cdot 2043} = 28 \text{ MPa}$$

- napětí od M_{ed}

$$W = 2,86 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma_{+} = \frac{M_{ed}}{W \cdot \sqrt{2}} = \frac{433,24 \cdot 10^3}{2,86 \cdot 10^{-4} \sqrt{2}} = 123,9 \text{ MPa}$$

- napětí od V_{ed}

$$\tau_{||} = \frac{V_{ed}}{a \cdot L} = \frac{51,86 \cdot 10^3}{8 \cdot 1035} = 6,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \tau_{+} = \frac{V_{ed}}{a \cdot L \cdot \sqrt{2}} = \frac{51,86 \cdot 10^3}{8 \cdot 1035 \sqrt{2}} = 4,4 \text{ MPa}$$

- srovnávací napětí

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{||}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}}$$

$$\sqrt{156,3^2 + 3(156,3^2 + 6,3^2)} \leq \frac{260}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$313 < 320 \text{ MPa} \quad \text{VYHODNĚNÍ}$$

- S. 18 - POSOUZENÍ PŘÍPOJEV STĚHOVÉHO
ZTUŽIDLA LSA SLOUP

- NÁVROHOVÉ HODNOTY VNITŘNÍCH SIL

$$N_{ed} = 63,04 \text{ kN}$$

- NÁVRH SVAROVÉHO PŘÍPOJE

- minimální výška svaru

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

- délka svaru

$$l = 40 \text{ mm}$$

- síla na jeden svar

$$F = \frac{63,04}{4} = 15,76 \text{ kN}$$

- napětí

$$\sigma_{II} = \frac{F}{a \cdot l} = \frac{15,76 \cdot 10^3}{3 \cdot 40} = 131 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{3} \cdot \sigma_{II} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{3} \cdot 131 \leq \frac{360}{0,9 \cdot 1,25}$$

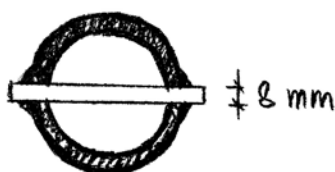
$$224 < 320 \text{ MPa VYHOVUJE}$$

- POSOUZENÍ OSLABENÉ PLOCHY PRŮŘEZU

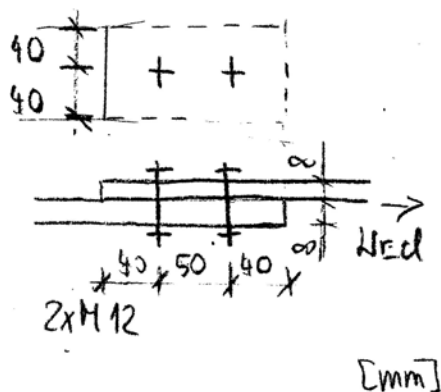
$$N_{u,red} = \frac{0,9 A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1646 \cdot 360}{1,25} = 424 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{u,red}} = \frac{63,04}{424} = 0,15 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

$$A_{net} = 1646 \text{ mm}^2$$



TR 139,4/14



- POSOUZENÍ ŠROUBOVÉHO PŘÍPOJE

- 2x ŠROUB H 12 5.6. - $d_o = 13 \text{ mm}$, $d = 12 \text{ mm}$, $A = 113 \text{ mm}^2$

- $f_{ub} = 500 \text{ MPa}$, $\alpha_v = 0.6$

- $f_u = 360 \text{ MPa}$ (S 235)

- rozmístění šroubů - $e_1 = e_2 = 40 \text{ mm}$

$p_1 = 50 \text{ mm}$

- síla působící na 1. šroub

$$F_{v,Ed} = \frac{63,04}{2} = 31,5 \text{ kN}$$

- únosnost na střihu

$$F_{v,Ed} = \frac{n \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{n_2} = \frac{1,0 \cdot 0,6 \cdot 500 \cdot 113}{1,25} = 195 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Ed}} = \frac{31,5}{195} = 0,16 < 1,0 \text{ VYHOVUJE}$$

- únosnost v otlacím

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{f_{ub}}{f_u}, \frac{l_1}{3d_o}, \frac{p_1}{3d_o}, \frac{1}{4}, 1,0 \right\} =$$

$$= \min \left\{ \frac{500}{360}, \frac{40}{3 \cdot 13}, \frac{50}{3 \cdot 13}, \frac{1}{4}, 1,0 \right\} =$$

$$= \min \{ 1,39; 1,10; 1,03; 1,0 \} = 1,0$$

$$\alpha_1 = \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{l_2}{d_o} - 1,4; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_o} - 1,4; 2,5 \right\} =$$

$$= \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{40}{13} - 1,4; 2,5 \right\} = \min \{ 6,9; 2,5 \} = 2,5$$

$$F_{b,ed} = \frac{\xi \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{m2}} = \frac{2,5 \cdot 1,0 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 8}{1,25} = 69,12 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,ed}} = \frac{63,04}{69,12} = 0,91 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- posouzení spojovacího materiálu

$$t = 8 \text{ mm}; A = 640 \text{ mm}^2; A_{net} = 432 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,ed} = \frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{0,9 \cdot 432 \cdot 360}{1,25} = 111,9 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,ed}} = \frac{63,04}{111,9} = 0,56 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

6. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

• HLAVNÍ BUDOVA

- extrémní průhyby napsány programem Scia Engineering od provozního návrhového zatížení

6.1. POSOUZENÍ VAZNICE MEZILEHLE

- PROFIL IPE 200

- DÉLKA 5045 mm

- PRŮHYB $\delta = 21,3 \text{ mm} < \delta_{\text{lim}} = \frac{5045}{200} = 25,4 \text{ mm}$

VYHOVUJE

6.2. POSOUZENÍ VAZNICE OKAPOVÉ

- PROFIL IPE 200

- DÉLKA 6625 mm

- PRŮHYB $\delta = 30,1 \text{ mm} < \delta_{\text{lim}} = \frac{6625}{200} = 33,1 \text{ mm}$

VYHOVUJE

6.3. POSOUZENÍ VAZNICE

- PROFILY TR4HE 100/100/5; TR4HE 50/50/4

- DÉLKA 12 000 mm

- PRŮHYB $\delta = 16,9 \text{ mm} < \delta_{\text{lim}} = \frac{12000}{250} = 48 \text{ mm}$

VYHOVUJE

6.4. POSOUZENÍ SLOUPU VUTĚLHO

- PROFIL: TR 660/11

- DÉLKA 9100 mm

- PRŮHYB $\delta = 34,1 \text{ mm} < \delta_{\text{lim}} = \frac{9100}{250} = 37 \text{ mm}$

VYHOVUJE

6.5. POSOUZENÍ KRAJNÍHO SLOUPU

- PROFIL I PE 200
- DĚLTA 6950 mm
- PRŮHYB $\delta = 22,0 \text{ mm} < \delta_{\text{lim}} = \frac{6950}{250} = 28 \text{ mm}$

VYHOVUJE

6.6. POSOUZENÍ PŘEDÍŽU

- PROFIL TR4H2
- DĚLTA 6625 mm
- PRŮHYB $\delta = 23,4 \text{ mm} < \delta_{\text{lim}} = \frac{6625}{250} = 27 \text{ mm}$

VYHOVUJE

7. POSOUZENÍ MEZNÍHO STAVU ÚNOSNOSTI

• VEDLEJŠÍ BUDOVA

7.1. POSOUZENÍ VAŽNICE

- PROSTĚ ULOŽENÁ VAŽNICE DÉLKY 4000 MM

- PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

- PROFIL 160 x 240 mm

$$A = b \cdot h = 0,16 \cdot 0,24 = 3,84 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,16 \cdot 0,24^3 = 1,843 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12} h b^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,24 \cdot 0,16^3 = 8,192 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,16 \cdot 0,24^2 = 1,536 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} h b^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,24 \cdot 0,16^2 = 1,024 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

- MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- DŘEVO PEVNOST TŘÍDY C 24

- $\rho_L = 350 \text{ kg/m}^3$

- třída vlhkosti 1

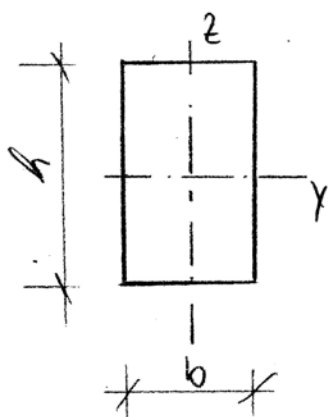
- pevnost v tlaku: $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$

- pevnost v ohbu: $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$

- pevnost v smyku: $f_{v,k} = 25 \text{ MPa}$

- Modul pružnosti: $E_{0,05} = 4,4 \text{ GPa}$

$E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$



NÁVRHOVÉ HODNOTY VNITŘNÍCH SIL

$$M_{ed} = -0,12 \text{ kN}$$

$$V_{ed,y} = 9,21 \text{ kN} ; V_{ed,z} = 13,12 \text{ kN}$$

$$M_{ed,y} = 13,13 \text{ kNm} ; M_{ed,z} = 4,68 \text{ kNm}$$

POSOUZENÍ SLOPENÍ

kritické napětí za ohybu

$$l_{ef} = 0,95 \cdot l = 0,95 \cdot 4000 = 3800 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,75 \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}{h \cdot l_{ef}} = \frac{0,75 \cdot 160^2 \cdot 4,4 \cdot 10^3}{240 \cdot 3800} = 155,8 \text{ MPa}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{m,z}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{155,8}} = 0,39 \leq 0,45 \Rightarrow \lambda_{crit} = 1,0$$

važení nebude sloužit

NAPĚTÍ ŠÍŘIN OHYBEN A OSMÝM ŘÁDEK

navrhová napětí

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{ed,y}}{W_y} = \frac{13,13 \cdot 10^3}{1,536 \cdot 10^3} = 8,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{ed,z}}{W_z} = \frac{4,68 \cdot 10^3}{1,024 \cdot 10^3} = 4,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{M_{ed}}{A} = \frac{0,12 \cdot 10^3}{3,840 \cdot 10^{-2}} = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}$$

navrhová délka

$$l_{cr,y} = l_{cr,z} = 4000 \text{ mm}$$

- štíhlost

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{1,843 \cdot 10^{-4}}{3,840 \cdot 10^{-2}}} = 6,928 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{8,192 \cdot 10^{-5}}{3,840 \cdot 10^{-2}}} = 4,619 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{\lambda_y} = \frac{4000}{69} = 58 \rightarrow \text{rozhodující}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{\lambda_z} = \frac{4000}{46} = 87$$

- relativní štíhlost

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \pi^2 \frac{24,4 \cdot 10^9}{58^2} = 21,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \pi^2 \frac{24,4 \cdot 10^9}{87^2} = 9,4 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,02}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{24}{21,9}} = 1,05$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,02}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{24}{9,4}} = 1,54$$

$$\begin{aligned}
 \chi_y &= 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = \\
 &= 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,05 - 0,3) + 1,05^2) = 1,09
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \chi_z &= 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = \\
 &= 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,54 - 0,3) + 1,54^2) = 1,80
 \end{aligned}$$

$$K_{c,y} = \frac{1}{K_y + \sqrt{K_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,09 + \sqrt{1,09^2 - 1,05^2}} = 0,43$$

$$K_{c,z} = \frac{1}{K_z + \sqrt{K_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,8 + \sqrt{1,8^2 - 1,54^2}} = 0,34$$

- posouzení'

$$f_{m,d} = \xi_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,3} = 16,6 \text{ MPa}$$

$$f_{c,d} = \xi_{mod} \cdot \frac{f_{c,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{21}{1,3} = 14,5 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{f_{c,ord}}{K_{c,z} \cdot f_{c,d}} \right)^2 \cdot \xi_m \cdot \frac{f_{m,yd}}{f_{m,d}} + \frac{f_{m,zd}}{f_{m,d}} \leq 1,0$$

$$\left(\frac{3,1}{0,34 \cdot 14,5 \cdot 10^6} \right)^2 \cdot 0,4 \cdot \frac{8,5}{16,6} + \frac{7,5}{16,6} \leq 1,0$$

$$0,45 < 1,0 \quad \text{VÝHOVUJE}$$

$$\left(\frac{f_{c,ord}}{K_{c,y} \cdot f_{c,d}} \right)^2 \cdot \frac{f_{m,yd}}{f_{m,d}} + \frac{f_{m,zd}}{f_{m,d}} \cdot \xi_m \leq 1,0$$

$$\left(\frac{3,1}{0,43 \cdot 14,5 \cdot 10^6} \right)^2 \cdot \frac{8,5}{16,6} + 0,4 \cdot \frac{4,5}{16,6} \leq 1,0$$

$$0,32 < 1,0 \quad \text{VÝHOVUJE}$$

- SMYKOVÉ NAPĚTÍ

- návrhové napětí ve smyku

$$\tau_{v,y,d} = \frac{3}{2} \frac{V_{ed,y}}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{9,21 \cdot 10^3}{3,840 \cdot 10^{-2}} = 0,36 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,z,d} = \frac{3}{2} \frac{V_{ed,z}}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{13,12 \cdot 10^3}{3,840 \cdot 10^{-2}} = 0,51 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,a} = \sqrt{\tau_{v,y,d}^2 + \tau_{v,z,d}^2} = \sqrt{0,36^2 + 0,51^2} = 0,62 \text{ MPa}$$

- posouzení

$$f_{v,d} = \gamma_{mod} \frac{f_{vE}}{\gamma_M} =$$

$$= 0,9 \cdot \frac{2,5}{1,3} = 1,43 \text{ MPa}$$

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

$$\frac{0,62}{1,43} \leq 1,0$$

$$0,36 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

- MSP VAZNICE

$$u = 17,2 \text{ mm}$$

$$u_{lim} = \frac{l}{200} = \frac{4000}{20} = 20 \text{ mm}$$

$$u < u_{lim}$$

$$17,2 < 20 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

4.2. PŘEDUŽENÍ VAZUJÍCÍ

- PŘEŠTĚ VLOŽENÝ PULTOVÝ VAZUJÍCÍ O DĚŘETÍ 20 m

- MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

- LEPEHÉ LAMELOVÉ DŘEVO GL 24h

- pevnost n ohybu: $f_{mE} = 24 \text{ MPa}$

- pevnost ve smyku: $f_{vE} = 2,4 \text{ MPa}$

- pevnost n tlaku: $f_{g90,E} = 2,4 \text{ MPa}$

- třída náhlosti 1

- GEOMETRIE PRŮVU

$L = 20\,000 \text{ mm}$

$h_s = 800 \text{ mm}$

$h_{ap} = 2550 \text{ mm}$

$\alpha = 5^\circ$

- VNITŘNÍ SILY

$V_{Ed} = 125,43 \text{ kN}$

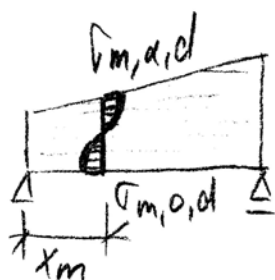
$M_{Ed x_m} = 564,845 \text{ m}$

- vzdálenost rozhodujícího průřezu od podpory

$$x_m = \frac{L \cdot h_s}{h_{ap} + h_s} = \frac{20\,000 \cdot 800}{2550 + 800} = 4446 \text{ mm}$$

- výška rozhodujícího průřezu

$$h_{x_m} = 800 + \tan 5^\circ \cdot 4446 = 1218 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned}
 f_{v,d} &= \xi_{mod} \frac{f_{vk}}{\gamma_m} = \\
 &= 0,9 \cdot \frac{2,7}{1,25} = 1,944 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$f_{yd} = f_{c,90,d}$$

- napětí při spodním lici (vodorovněm)

$$W_{y,xm} = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 180 \cdot 1218^2 = 44,50542 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,0,d} = \frac{M_{y,d}}{W_{y,xm}} = \frac{564,8 \cdot 10^6}{44,50542 \cdot 10^6} = 12,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,0,d} < f_{md} = \xi_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

- napětí při horním ohraní (šikmém)

$$\begin{aligned}
 \xi_{m,\alpha} &= \frac{1,0}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{1,5 \cdot f_{v,d}} \cdot \tan \alpha \right)^2 + \left(\frac{f_{md}}{f_{c,90,d}} \cdot \tan^2 \alpha \right)^2}} = \\
 &= \frac{1,0}{\sqrt{1 + \left(\frac{17,28}{1,5 \cdot 1,944} \cdot \tan 5^\circ \right)^2 + \left(\frac{17,28}{1,944} \cdot \tan^2 5^\circ \right)^2}} =
 \end{aligned}$$

$$\xi_{m,\alpha} = 0,886$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} \leq \xi_{m,\alpha} \cdot f_{m,d}$$

$$12,4 \leq 0,886 \cdot 17,28 = 15,3 \text{ MPa} \quad \text{VÝHODNĚ}$$

- smyčové napětí

$$b_{eff} = \frac{2}{3} b = \frac{2}{3} \cdot 180 = 120 \text{ mm}$$

$$\tau_{v,d} = 1,5 \cdot \frac{V_{Ed}}{b_{eff} \cdot h_s} = 1,5 \cdot \frac{125,43 \cdot 10^3}{120 \cdot 80} = 1,96 \text{ MPa} \neq f_{v,d} = 1,94 \text{ MPa}$$

⇒ je nutné zabezpečit aby v místě podpory neměly trhliny