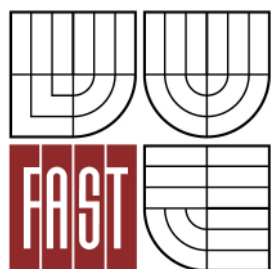




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



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

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

# **NOSNÁ KONSTRUKCE ATYPICKÉHO RODINNÉHO DOMU VE VRCHLABÍ**

THE STRUCTURE OF THE ATYPICAL FAMILY HOUSE IN VRCHLABÍ

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**BC. VÍT VONDRÁČEK**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.**

BRNO 2016

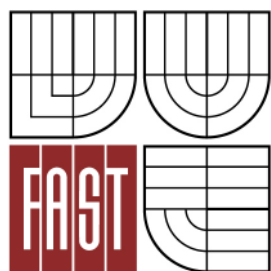
## Obsah

- A. Generované dokumenty, zadání
- B. Technická zpráva pro varianty
- C. Technická zpráva
- D. Statický výpočet
- E. Výkresová dokumentace
- F. Přílohy



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

Projekt: Atypický rodinný dům ve Vrchlabí

Část: A – Generované dokumenty, zadání

## Obsah

- Titulní list
- Zadání VŠKP
- Popisný soubor
- Bibliografická citace
- Prohlášení o původnosti VŠKP
- Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP
- Poděkování



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608T001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Vít Vondráček
<b>Název</b>	Nosná konstrukce atypického rodinného domu ve Vrchlabí
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	Ing. Milan Šmak, Ph.D.
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2015
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	15. 1. 2016
V Brně dne 31. 3. 2015	

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

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

## **Podklady a literatura**

Tvarové a dispoziční uspořádání objektu

ČSN EN 1990 "Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí"

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

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

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

## **Zásady pro vypracování**

Vypracujte návrh nosné konstrukce vícepodlažního atypického rodinného domu ve Vrchlabí. Při návrhu konstrukce respektujte požadavky na tvarové a dispoziční uspořádání objektu. Pro konstrukční prvky využijte ocel, lepené lamelové dřevo, rostlé dřevo, případně materiály na bázi dřeva. Volba základních dispozičních a konstrukčních parametrů je součástí diplomové práce. Půdorysné rozměry domu uvažujte přibližně 20x10m, celkovou výšku nadzemní části do 10m. Nosnou konstrukci navrhnete v alternativním uspořádání.

Požadované výstupy:

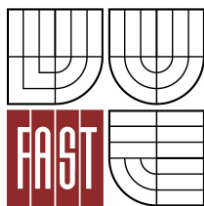
1. Technická zpráva
2. Statický výpočet základních nosných prvků, kotvení a směrných detailů
3. Výkresová dokumentace dle specifikace vedoucího diplomové práce
4. Výkaz výměr

## **Struktura bakalářské/diplomové práce**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).
- 3.

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



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA STAVEBNÍ

## POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

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

**Autor práce** Bc. Vít Vondráček

**Škola** Vysoké učení technické v Brně

**Fakulta** Stavební

**Ústav** Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

**Studijní obor** 3608T001 Pozemní stavby

**Studijní program** N3607 Stavební inženýrství

**Název práce** Nosná konstrukce atypického rodinného domu ve Vrchlabí

**Název práce v anglickém jazyce** The Structure of the Atypical Family House in Vrchlabí

**Typ práce** Diplomová práce

**Přidělovaný titul** Ing.

**Jazyk práce** Čeština

**Datový formát elektronické verze** \*.pdf

**Anotace práce** Předmětem diplomové práce je návrh a posouzení ocelové konstrukce atypického rodinného domu ve Vrchlabí. Konstrukce je řešena jako spolupůsobící vícepodlažní ocelový skelet s betonovým jádrem.

Návrh byl uvažován ve čtyřech variantách pro celou konstrukci. Varianty kombinovali užití oceli, oceli a dřeva s uvažováním konstrukce tuhé v jednom, nebo v obou směrech. K vybrané variantě byla uvedena alternativa ocelobetonové stropnice. Návrh a posouzení bylo provedeno dle platných norem s využitím výpočetního programu Scia Engineer.

**Anotace práce v anglickém jazyce** The subject of master's thesis is design and assessment of steel load-bearing construction of atypical family house in Vrchlabí. Structure is designed as multi-storey steel structure, cooperating with stiff concrete core.

The design was considered in four different options which combines

possibility of using steel, steel and timber with different way of stiffness for whole structure. There is also composite steel-concrete alternative floor trimmer for selected option. Design and assessment was conducted in accordance with the applicable standards and by using software Scia Engineer.

**Klíčová slova** Nosná konstrukce, statický návrh, ocel, dřevo, beton, spřažený nosník, sloup, nosník, prut, stropnice, šroub, kotva, svar, základy, rodinný dům

**Klíčová slova v anglickém jazyce** Load-bearing structure, structural design, steel, timber, concrete, composite trimmer, post, trimmer, beam, joist, bolt, anchor, weld, foundation, family house

## **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Vít Vondráček *Nosná konstrukce atypického rodinného domu ve Vrchlabí*. Brno, 2015. 275 s., 163 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Milan Šmak, Ph.D.

**Prohlášení:**

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

V Brně dne 24.12.2015

.....  
podpis autora  
Bc. Vít Vondráček

# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

## **Prohlášení:**

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

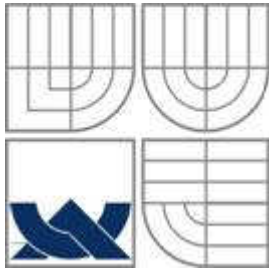
V Brně dne 24.12.2015

.....  
podpis autora  
Bc. Vít Vondráček

**Poděkování:**

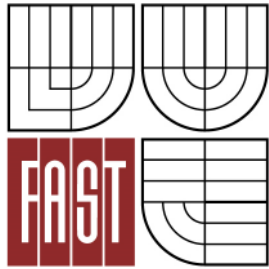
Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Milanu Šmakovi, Ph.D. za odborné vedení a poskytnuté rady. Poděkování patří i mé rodině a blízkým za podporu v průběhu studia.

Bc. Vít Vondráček



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

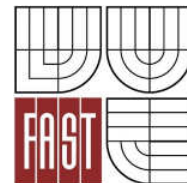


FAKULTA STAVEBNÍ

Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

Projekt: Atypický rodinný dům ve Vrchlabí

Část: B – Technická zpráva pro varianty

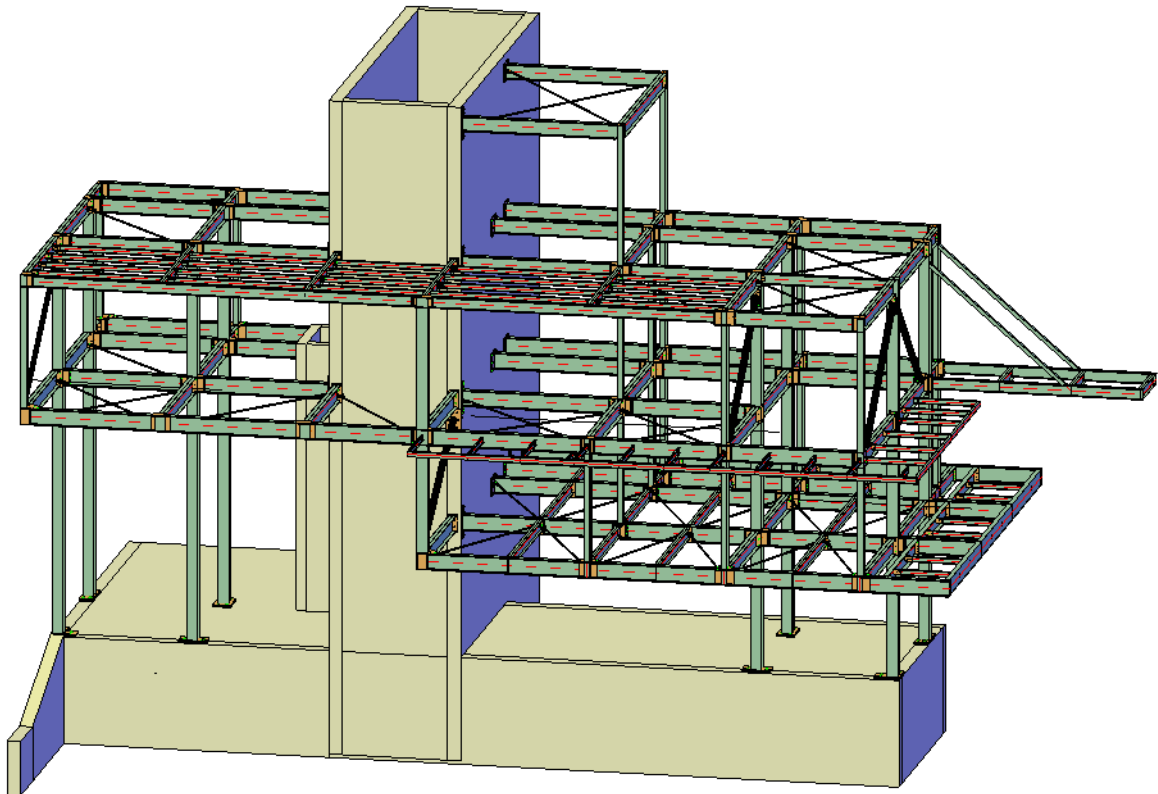


## Obsah

<b>1. Obecné údaje .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Varianty konstrukčního řešení .....</b>	<b>2</b>
2.1 Sledované parametry .....	3
2.2 Varianta 1A – tuhé rámy pouze v příčném směru .....	7
2.3 Varianta 1B – tuhé rámy pouze v příčném směru (Y), 4NP jako DK .....	10
2.4 Varianta 2A – tuhé rámy v obou směrech.....	13
2.5 Varianta 2B – Tuhé rámy v obou směrech, 4NP jako dřevěná konstrukce .....	16
<b>3. Srovnání variant.....</b>	<b>19</b>
<b>4. Zhodnocení variant.....</b>	<b>19</b>
<b>5. Výběr varianty.....</b>	<b>19</b>
<b>6. Srovnání ocelové a spřažené stropnice.....</b>	<b>20</b>

## 1. Obecné údaje

Předmětem diplomové práce je návrh a posouzení ocelové konstrukce atypického rodinného domu ve Vrchlabí. Konstrukce je řešena jako ocelový rámový skelet spolupůsobící s betonovým ztužujícím jádrem. Rodinný dům má čtyři nadzemní podlaží a jedno pod úrovní terénu (uvažováno jako betonová vana – neřešeno v rámci DP). Výška od úrovně terénu (od suterénní terasy) se předpokládá 15 m. Půdorysné rozměry jsou cca 10 m x 20 m. V této části bude uvedeno srovnání alternativ pro konstrukční řešení.



## 2. Varianty konstrukčního řešení

Konstrukce byla uvažovaná ve čtyřech variantách.

<u>VARIANTA</u>	<u>POPIS</u>
1A	Tuhé rámy pouze v příčném směru (Y), celá konstrukce ocelová.
1B	Tuhé rámy pouze v příčném směru (Y), 4NP jako dřevěná konstrukce.
2A	Tuhé rámy v obou směrech, celá konstrukce ocelová.
2B	Tuhé rámy v obou směrech, 4NP jako dřevěná konstrukce.

## 2.1 Sledované parametry

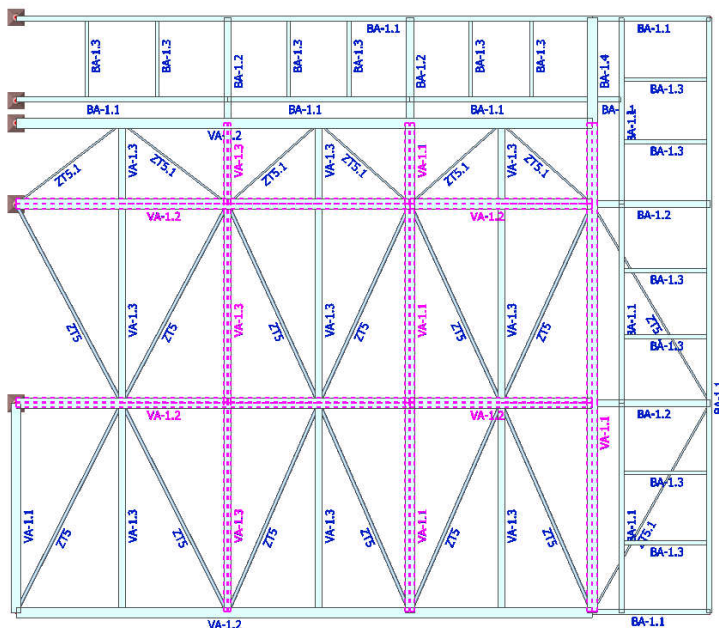
V uvažovaných variantách bylo sledováno několik parametrů:

- jednotkové posudky (posuzováno na MSÚ)
- globální deformace (posun) celé konstrukce
- náročnost prováděných přípojů na betonové jádro
- součinitel kritického zatížení  $\geq 10$
- celková tíha konstrukce

**Jednotkové posudky** budou uváděny včetně stabilitního posudku. Z tohoto důvodu budou vzpěrné délky zadány a ověřeny pro všechny varianty přičemž bude snaha o co největší využití průřezu (při použití dispozičně vhodných profilů) a zároveň splnění ostatních podmínek.

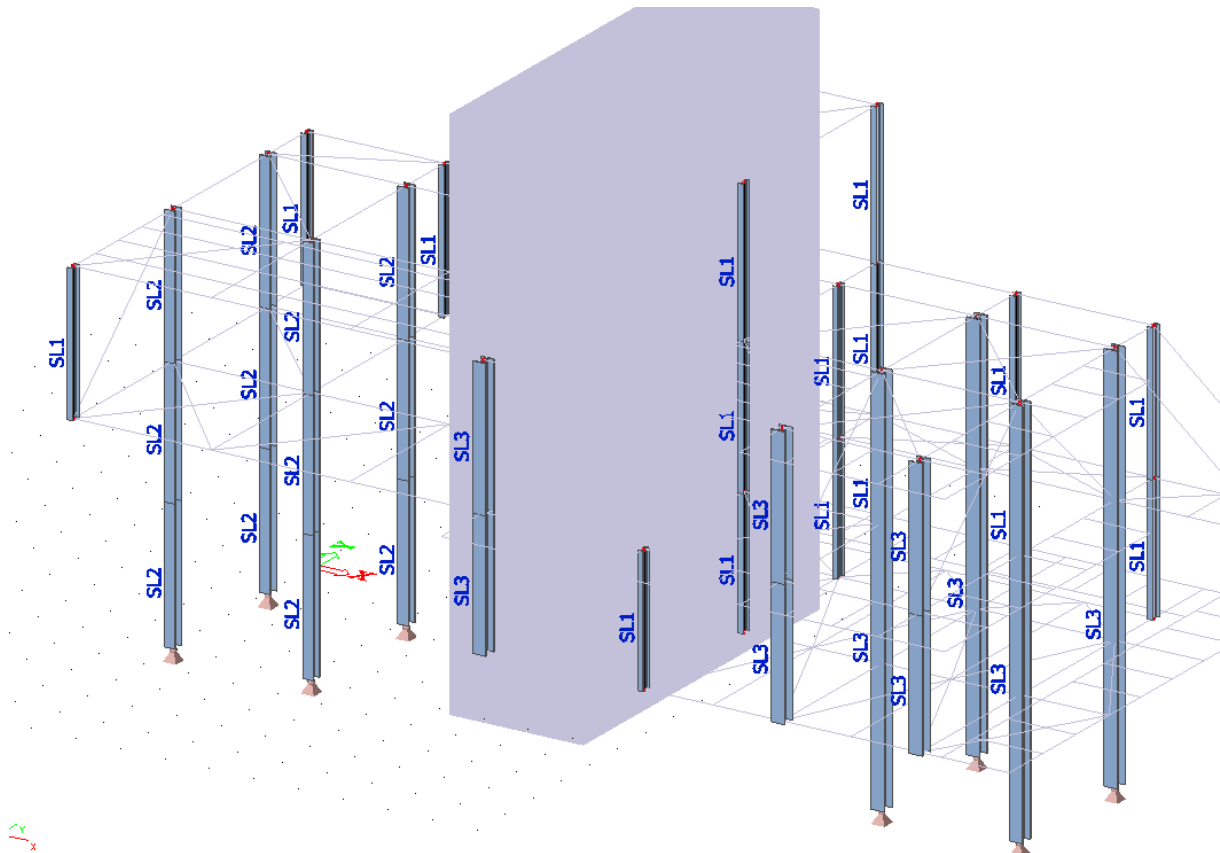
PODLAŽÍ	VYBRANÉ PRVKY
1NP	VA-1.1, VA-1.2, VA-1.3
2NP	VA-2.1, VA-2.2
3NP	VA-3.1, VA-3.2
SLOUPY	SL1, SL2, SL3

1NP





## Sloupy



**Globální deformace** je určena z charakteristické kombinace MSP (obsahem kombinace jsou pouze zatěžovací stavy od větru) a je limitován podmínkami uvedenými v ČSN EN 1993-1 NA 2.23.

PODLAŽÍ	$u_{max}$
1NP (5.53/300)	18 mm
2NP (2.85/300)	9,5 mm
3NP (3.1/300)	10 mm
4NP (3.2/300)	10,5 mm
CELÁ KCE (15/500)	30 mm

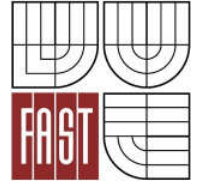
Vrcholy sloupů budov bez jeřábových drah od zatížení větrem:

- u portálových rámu  $h/150$
- u jednopodlažních budov  $h/300$
- u vícepodlažních budov:
  - a) v každém podlaží  $h/300$
  - b) pro konstrukci jako celek  $h_0/500$

Hodnota  $h$  je výška sloupu nebo podlaží;

$h_0$  celková výška budovy.

**Náročnost spojů** ocelové konstrukce s betonovým jádrem je shrnuta do dvou případů. Jednodušší řešení je použití chemických kotev HILTI. Náročnějším na toleranci i provedení by bylo předem zabetonované kotvy do ztužujícího jádra. O způsobu provedení budou rozhodovat posouvající síly v místě spoje.



**Součinitel kritického zatížení** bude vypočítán ze stabilitního výpočtu programem Scia engineer. Cílem je dosáhnout hodnoty větší nebo rovno 10, kdy nám norma ČSN EN 1993-1 dovoluje použít metodu vzpěrných délek pro stabilitní posudek. Pro hodnoty menší jak 10 bychom museli přistoupit k řešení podle teorie 2. řádu. Stabilitní kombinace byly určeny rozkladem následující kombinace:

$$1.15 \times (\text{vl. tíha} + \text{stálé}) + 1.5 \times \text{užitné} + 0.90 \times \text{sníh}$$

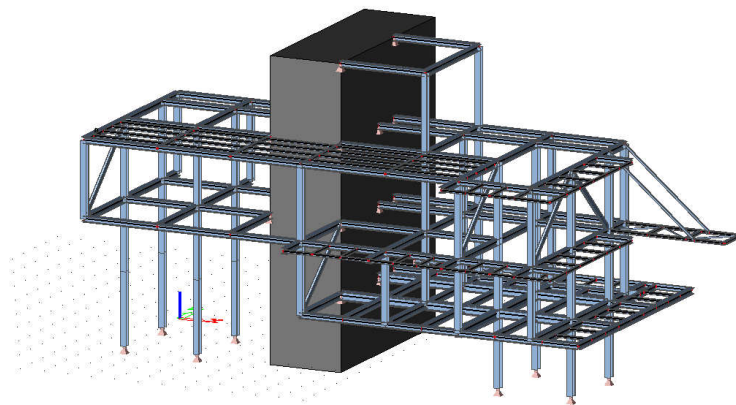
Výsledné stabilitní kombinace S2 až S13:

Jméno	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
S2	ZS1 - VL. TÍHA	1,15
	ZS2 - STÁLÉ	1,15
S3	ZS1 - VL. TÍHA	1,15
	ZS2 - STÁLÉ	1,15
	ZS14 - SNÍH PLNÝ	0,90
S4	ZS1 - VL. TÍHA	1,15
	ZS2 - STÁLÉ	1,15
	ZS15 - SNÍH NAVÁTÝ	0,90
S5	ZS1 - VL. TÍHA	1,15
	ZS2 - STÁLÉ	1,15
	ZS3 - UŽITNÉ PLNÉ	1,50
S6	ZS1 - VL. TÍHA	1,15
	ZS2 - STÁLÉ	1,15
	ZS4 - UŽITNÉ ŠACH 1	1,50
S7	ZS1 - VL. TÍHA	1,15
	ZS2 - STÁLÉ	1,15
	ZS5 - UŽITNÉ ŠACH 2	1,50
S8	ZS1 - VL. TÍHA	1,15
	ZS2 - STÁLÉ	1,15
	ZS3 - UŽITNÉ PLNÉ	1,50
	ZS14 - SNÍH PLNÝ	0,90
S9	ZS1 - VL. TÍHA	1,15
	ZS2 - STÁLÉ	1,15
	ZS4 - UŽITNÉ ŠACH 1	1,50
	ZS14 - SNÍH PLNÝ	0,90
S10	ZS1 - VL. TÍHA	1,15
	ZS2 - STÁLÉ	1,15
	ZS3 - UŽITNÉ PLNÉ	1,50
	ZS15 - SNÍH NAVÁTÝ	0,90
S11	ZS1 - VL. TÍHA	1,15
	ZS2 - STÁLÉ	1,15
	ZS5 - UŽITNÉ ŠACH 2	1,50
	ZS14 - SNÍH PLNÝ	0,90
S12	ZS1 - VL. TÍHA	1,15
	ZS2 - STÁLÉ	1,15
	ZS4 - UŽITNÉ ŠACH 1	1,50
	ZS15 - SNÍH NAVÁTÝ	0,90
S13	ZS1 - VL. TÍHA	1,15
	ZS2 - STÁLÉ	1,15
	ZS5 - UŽITNÉ ŠACH 2	1,50
	ZS15 - SNÍH NAVÁTÝ	0,90

**Celková tíha konstrukce** je jednoduchým ukazatelem předběžné ceny konstrukce.

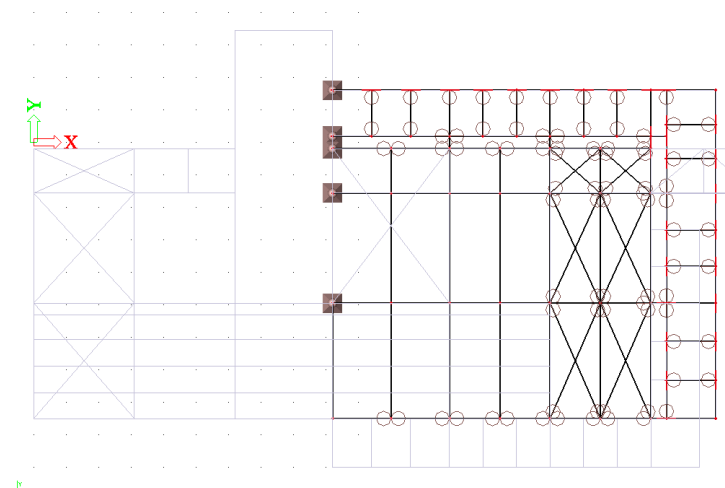
## 2.2 Varianta 1A – tuhé rámy pouze v příčném směru

- Axonometrie

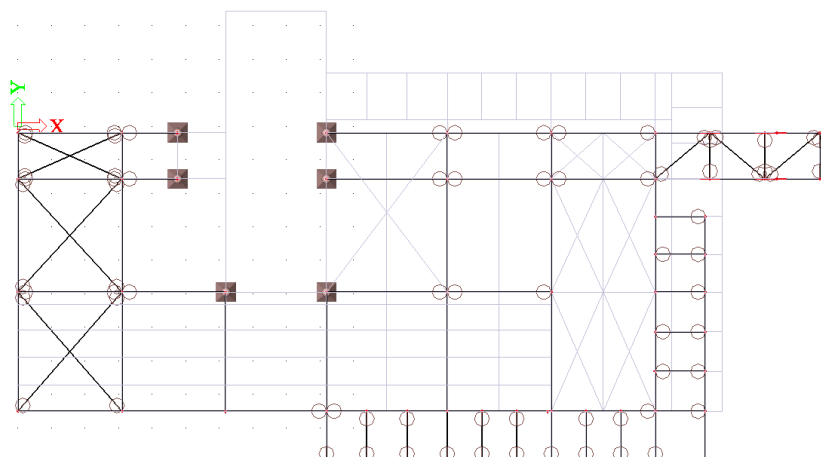


- Okrajové podmínky

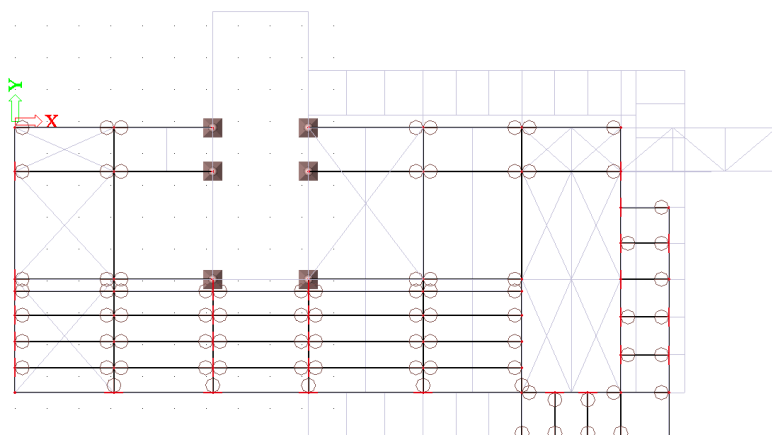
1NP



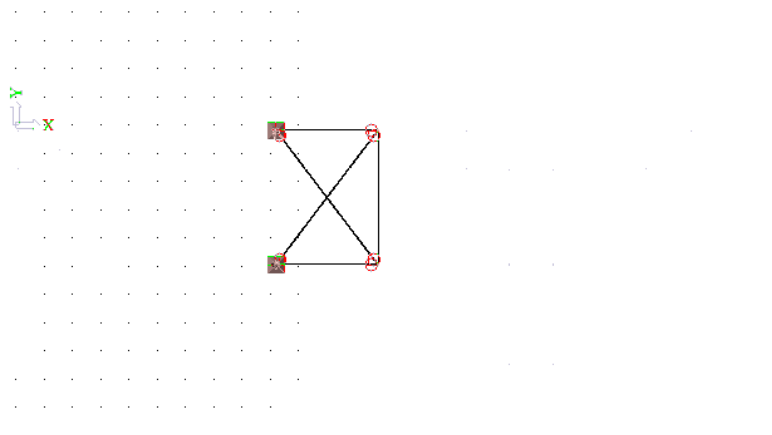
2NP



## 3NP



## 4NP



- Jednotkové posudky

PRVEK	PROFIL	JED. POSUDEK
SL1	IPE240	0.53
SL2	HEB360	0.42
SL3	HEB360	0.43
VA 1.1	HEB300	0.41
VA 1.2	HEB300	0.76
VA 1.3	IPE300	0.72
VA 2.1	HEB240	0.70
VA 2.2	IPE240	0.47
VA 3.1	HEB240	0.41
VA 3.2	IPE240	0.08

## - Globální deformace

Maximální posun  $\sqrt{u_x^2 + u_y^2}$  je v uzlu N81 – 30,1 mm > 30 mm

Uzel	Stav	Ux [mm]	Uy [mm]
N81	MSP_3/11	-8,8	4,5
N81	MSP_3/12	11,9	13,8
N81	MSP_3/13	7,0	-29,8
N81	MSP_3/14	11,3	16,8

## - Síly v přípoji na betonové jádro

Kombinace: MSU

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]
Sn9/N51	MSU/2	-185,06	8,13	38,44
Sn9/N51	MSU/8	132,33	2,62	8,83
Sn14/N13	MSU/6	-11,69	-376,77	173,83
Sn19/N35	MSU/9	2,46	406,84	417,48
Sn22/N101	MSU/10	25,12	-18,75	-6,83

- Součinitel kritického zatížení  $\alpha_{cr}$ 

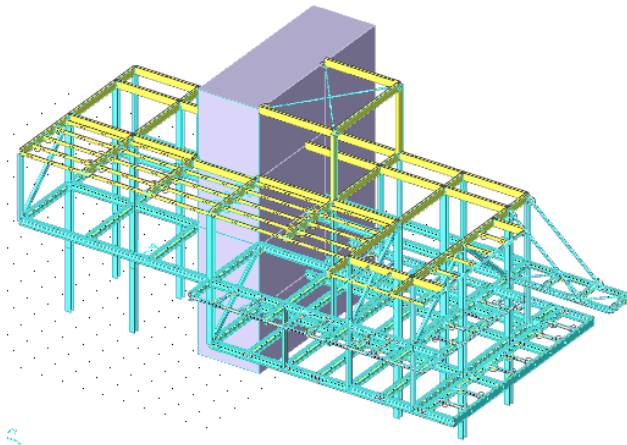
S2/1 - 20,74
S3/1 - 14,86
S4/1 - 13,52
S5/1 - 12,35
S6/1 - 15,25
S7/1 - 15,25
S8/1 - 9,99
S9/1 - 11,81
S10/1 - 9,37
S11/1 - 11,81
S12/1 - 10,94
S13/1 - 10,94

## - Tíha konstrukce

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
Celkový součet :	41372,7	780,076	5,2704e+00

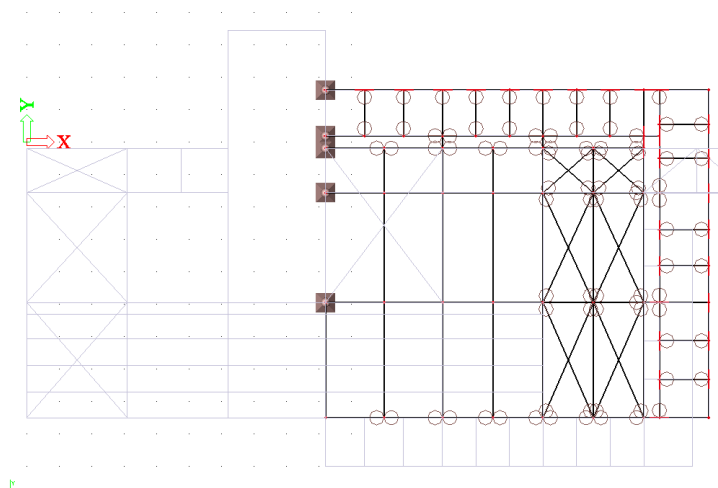
## 2.3 Varianta 1B – tuhé rámy pouze v příčném směru (Y), 4NP jako DK

- Axonometrie

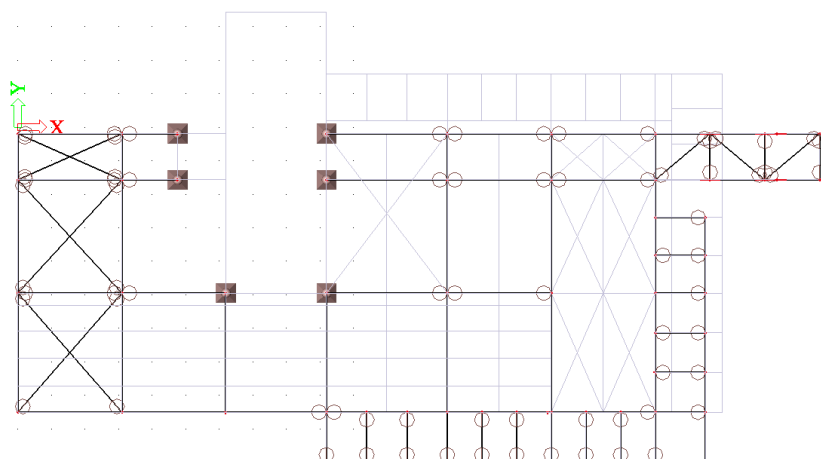


- Okrajové podmínky

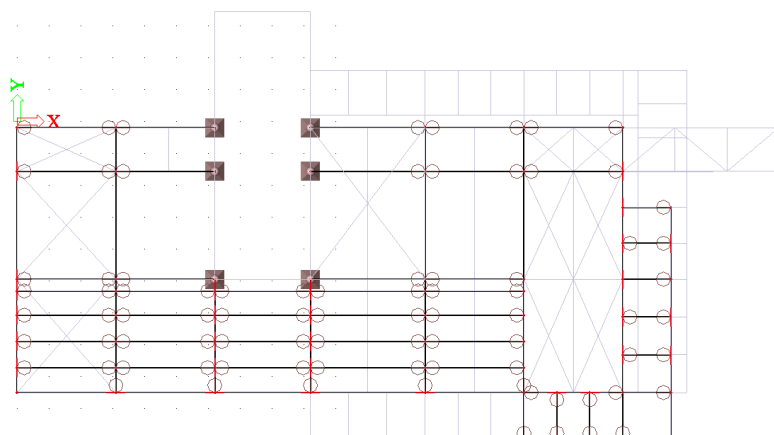
1NP



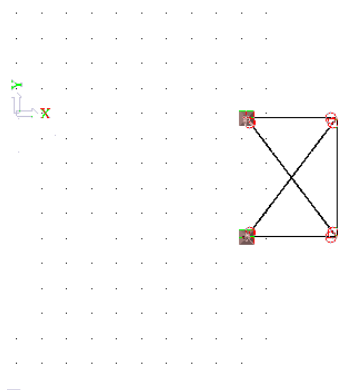
2NP



## 3NP



## 4NP



## - Jednotkové posudky

<u>PRVEK</u>	<u>PROFIL</u>	<u>JED. POSUDEK</u>
SL1	IPE240	0.42
SL2	HEB360	0.43
SL3	HEB360	0.28
VA 1.1	HEB300	0.47
VA 1.2	HEB300	0.76
VA 1.3	IPE300	0.60
VA 2.1	HEB240	0.71
VA 2.2	IPE240	0.54
VA 3.1(D)	170x330	2.45
VA 3.2(D)	120x300	0.31
SL1(D)	170x330	0.74

## - Globální deformace

Maximální posun  $\sqrt{u_x^2 + u_y^2}$  je v uzlu N270 – 37 mm < 29,2 mm

Uzel	Stav	U <sub>x</sub> [mm]	U <sub>y</sub> [mm]
N247	MSP_3/1	-3,3	-14,8
N258	MSP_3/2	4,4	0,3
N81	MSP_3/3	2,0	-36,9
N80	MSP_3/4	0,2	24,2

## - Síly v přípoji na betonové jádro

Podpora	Stav	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]
Sn9/N51	MSU/5	<b>-134,33</b>	10,33	38,43
Sn19/N35	MSU/6	<b>119,21</b>	365,44	334,64
Sn14/N13	MSU/7	-3,65	<b>-380,54</b>	169,19
Sn19/N35	MSU/8	10,96	<b>414,49</b>	<b>421,61</b>
Sn14/N13	MSU/9	-45,93	-144,70	<b>-14,42</b>

- Součinitel kritického zatížení  $\alpha_{cr}$ 

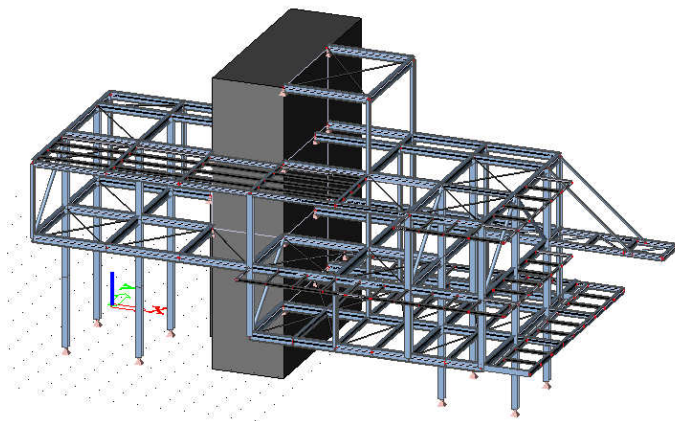
S2/1 - 28,13
S3/1 - 19,39
S4/1 - 17,95
S5/1 - 15,74
S6/1 - 19,97
S7/1 - 19,97
S8/1 - 12,57
S9/1 - 15,13
S10/1 - 11,95
S11/1 - 15,13
S12/1 - 14,22
S13/1 - 14,22

## - Tíha konstrukce

Materiál	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
S 355	33827,6	600,890	7850,0	4,3092e+00
GL32c	2848,7	171,658	410,0	6,9481e+00

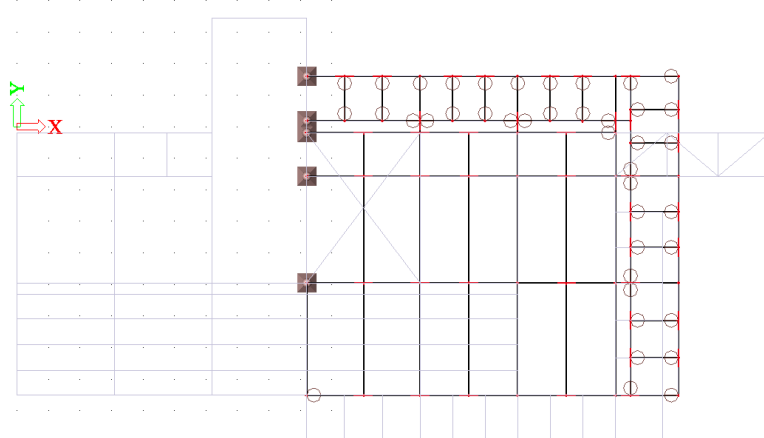
## 2.4 Varianta 2A – tuhé rámy v obou směrech

- Axonometrie

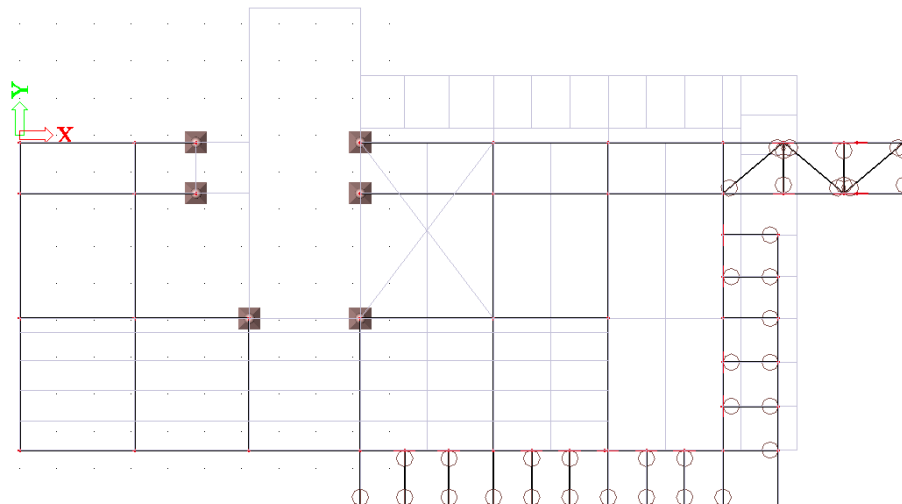


1NP

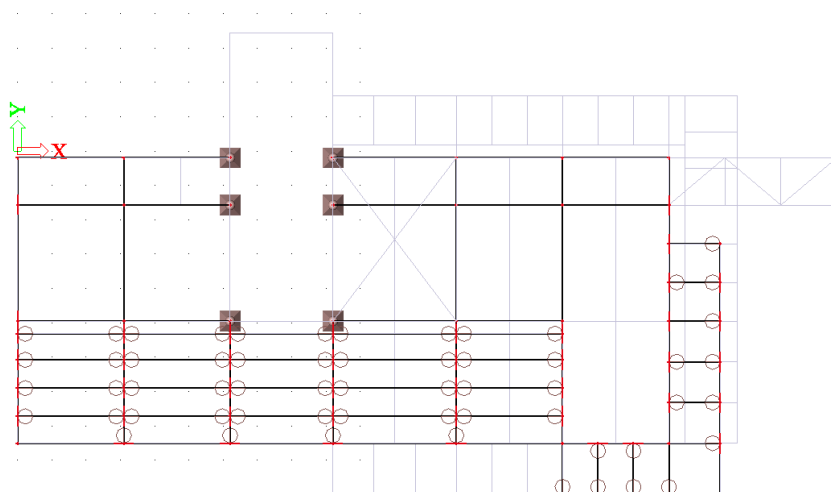
- Okrajové podmínky



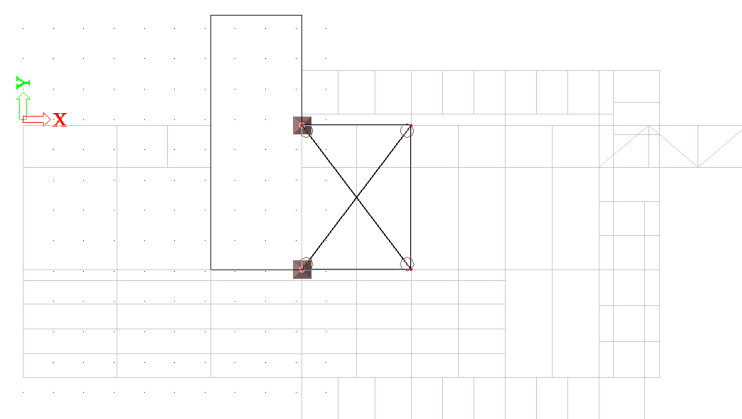
2NP



### 3NP



### 4NP



- Jednotkové posudky

PRVEK	PROFIL	JED. POSUDEK
SL1	IPE240	0.59
SL2	HEB240	0.79
SL3	HEB240	0.58
VA 1.1	IPE360	0.53
VA 1.2	IPE360	0.62
VA 1.3	IPE360	0.41
VA 2.1	IPE360	0.60
VA 2.2	IPE360	0.74
VA 3.1	IPE330	0.46
VA 3.2	IPE330	0.49

## - Globální deformace

Maximální posun  $\sqrt{u_x^2 + u_y^2}$  je v uzlu N97 – 18 mm < 30 mm

Kombinace : MSP-VITR

Uzel	Stav	Ux [mm]	Uy [mm]
N22	MSP-VITR/8	-6,0	-9,2
N1	MSP-VITR/9	6,2	0,4
N97	MSP-VITR/12	-3,8	-17,3
N97	MSP-VITR/13	3,2	15,5

## - Síly v přípoji na betonové jádro

Kombinace : MSU-EC

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]
Sn18/N33	MSU-EC/17	-247,78	-52,74	10,11
Sn20/N54	MSU-EC/18	255,45	-4,38	21,74
Sn14/N13	MSU-EC/19	-31,15	-380,16	112,43
Sn19/N35	MSU-EC/20	-172,37	483,48	430,64
Sn11/N92	MSU-EC/21	90,67	-1,54	-5,86
Sn19/N35	MSU-EC/19	-102,33	455,49	462,64

- Součinitel kritického zatížení  $\alpha_{cr}$ 

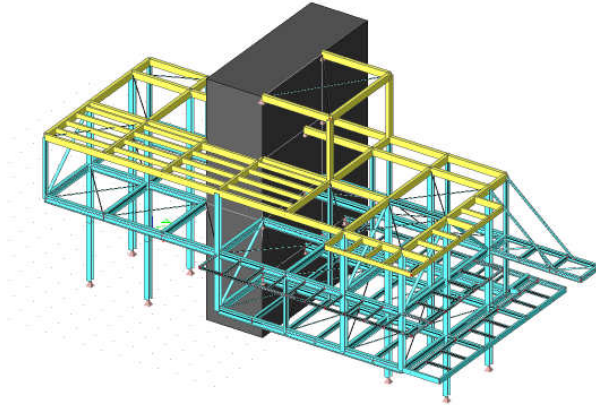
S2/1 - 33,84
S3/1 - 23,19
S4/1 - 20,62
S5/1 - 22,20
S6/1 - 25,94
S7/1 - 25,94
S8/1 - 17,26
S9/1 - 19,76
S10/1 - 16,62
S11/1 - 19,76
S12/1 - 18,63
S13/1 - 18,63

## - Tíha konstrukce

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
Celkový součet :	30236,9	729,922	3,8518e+00

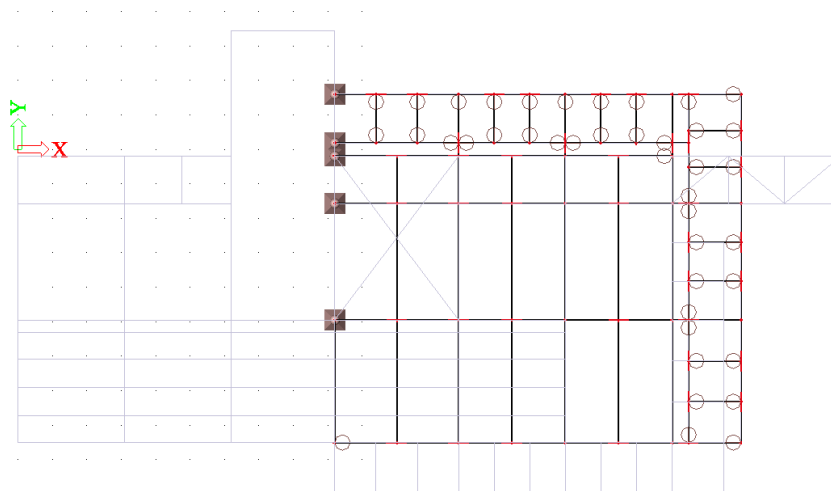
## 2.5 Varianta 2B – Tuhé rámy v obou směrech, 4NP jako dřevěná konstrukce

- Axonometrie

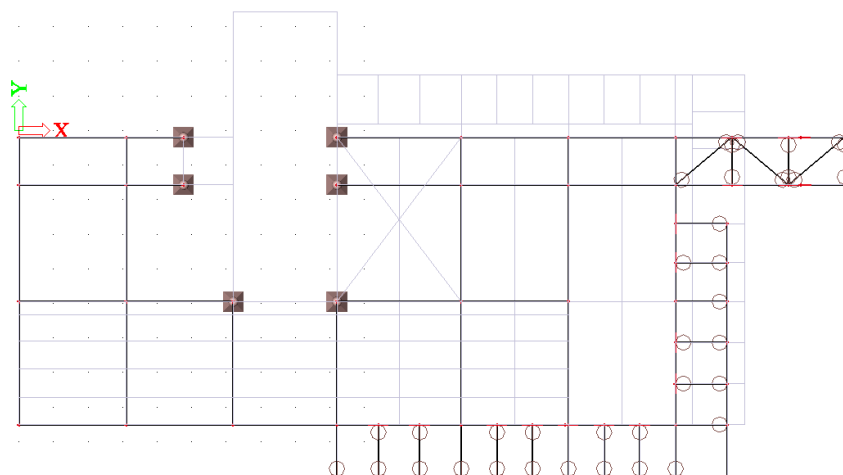


1NP

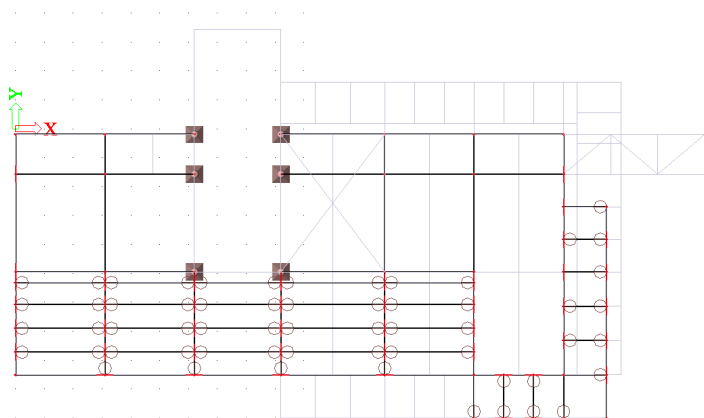
- Okrajové podmínky



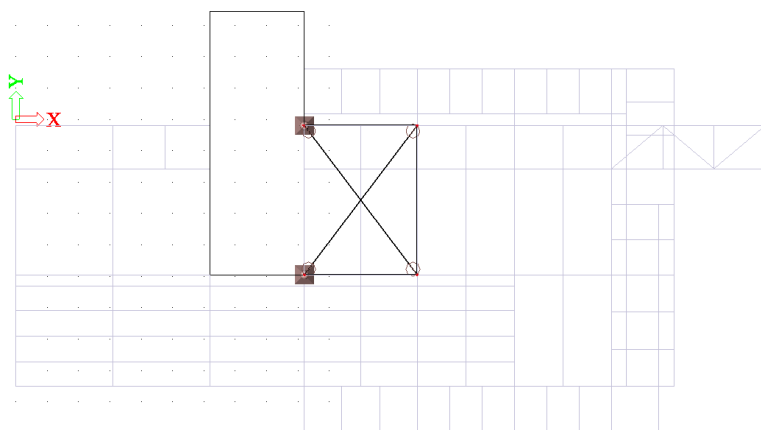
2NP



## 3NP



## 4NP



- Jednotkové posudky

PRVEK	PROFIL	JED. POSUDEK
SL1	IPE240	0.68
SL2	HEB240	0.95
SL3	HEB240	0.48
VA 1.1	IPE360	0.54
VA 1.2	IPE360	0.74
VA 1.3	IPE360	0.40
VA 2.1	IPE360	0.64
VA 2.2	IPE360	0.76
VA 3.1(D)	170x330	2.25
VA 3.2(D)	120x300	0.86
SL1(D)	170x330	0.85

## - Globální deformace

Maximální posun  $\sqrt{u_x^2 + u_y^2}$  je v uzlu N265 – 20 mm < 29,2 mm

Kombinace : MSP-VITR

Uzel	Stav	Ux [mm]	Uy [mm]
N258	MSP-VITR/8	-7,4	-16,5
N252	MSP-VITR/9	6,4	13,9
N265	MSP-VITR/10	-0,9	-19,5
N40	MSP-VITR/9	-0,6	18,5

## - Síly v přípoji na betonové jádro

Kombinace : MSU-EC

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]
Sn18/N33	MSU-EC/11	-263,41	-56,25	12,34
Sn20/N54	MSU-EC/11	271,45	-4,43	13,70
Sn14/N13	MSU-EC/12	-37,85	-383,25	122,88
Sn19/N35	MSU-EC/13	-162,29	496,70	442,02
Sn11/N92	MSU-EC/14	73,00	-1,86	-6,90
Sn19/N35	MSU-EC/12	-86,87	466,37	474,91

- Součinitel kritického zatížení  $\alpha_{cr}$ 

S2/1 - 34,64
S3/1 - 23,60
S4/1 - 20,72
S5/1 - 22,74
S6/1 - 26,60
S7/1 - 26,60
S8/1 - 17,52
S9/1 - 20,19
S10/1 - 16,98
S11/1 - 20,19
S12/1 - 19,05
S13/1 - 19,05

## - Tíha konstrukce

Materiál	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
S 355	23511,9	536,585	7850,0	2,9951e+00
GL32c	3137,0	175,296	410,0	7,6513e+00

### 3. Srovnání variant

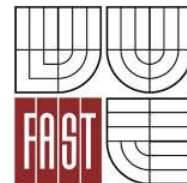
PARAMETR		VARIANTA							
		1A		1B		2A		2B	
POSUDEK	SL1	IPE240	0.53	IPE240	0.42	IPE240	0.59	IPE240	0.68
	SL2	HEB360	0.42	HEB360	0.43	HEB240	0.79	HEB240	0.95
	SL3	HEB360	0.43	HEB360	0.28	HEB240	0.58	HEB240	0.48
	VA-1.1	HEB300	0.41	HEB300	0.47	IPE360	0.53	IPE360	0.54
	VA 1.2	HEB300	0.76	HEB300	0.76	IPE360	0.62	IPE360	0.74
	VA-1.3	IPE300	0.72	IPE300	0.60	IPE360	0.41	IPE360	0.40
	VA-2.1	HEB240	0.70	HEB240	0.71	IPE360	0.60	IPE360	0.64
	VA-2.2	IPE240	0.47	IPE240	0.54	IPE360	0.74	IPE360	0.76
	VA-3.1	HEB240	0.41	200x400	0,97*	IPE330	0.46	200x400	0,95*
	VA-3.2	IPE240	0.08	120x300	0.31	IPE330	0.49	120x300	0.86
CELKOVÁ DEF. [mm]		30		37		19		20	
PŘÍPOJ K BET. JÁDRU		M. KOTVY		M. KOTVY		M. KOTVY		M. KOTVY	
SOUČINTEL $\alpha_{cr}$		9,99		11,95		17,26		17,52	
VÁHA KONSTRUKCE [t]		41,4		33,80		30,30		28,68	

### 4. Zhodnocení variant

Byly posouzeny čtyři varianty konstrukčního uspořádání dané konstrukce. Varianty s dřevěnými prvky v 4NP byly voleny z důvodu estetiky (pohledové prvky stropu nad obytnými místnostmi) a ke staticky-konstrukčnímu řešení příliš nepřispívají. Varianta 2B splňuje požadavky na MSU pouze při použití nadměrného průřezu, stejně tak u varianty 1B. U varianty 1A vycházela vyšší tíha konstrukce a pro těsné splnění limitu vodorovné deformace konstrukce by muselo být přistoupeno k profilům HEB v rovině podlah.

### 5. Výběr varianty

Ze srovnání vychází nejlépe varianta 2A. Tuto Variantu budu podrobovat návrhu a posouzení z hlediska mezních stavů a dílenského provedení. K této variantě uvedu alternativní řešení spřažených stropnic (výpočet v části C, kapitola 5)



## 6. Srovnání ocelové a spřažené stropnice

PARAMETR	VARIANTA	
	OCELOVÁ STROPNICE	SPŘAŽENÁ STROPNICE
MATERIÁL	S355	S235
PROFIL (kg/m')	IPE240 (31)	IPE220 (26,2)
POSUDEK	0.42	0.39
PRŮHYB (mm)	15,3	11,8
VÁHA 1NP (t)	6,5	6,2

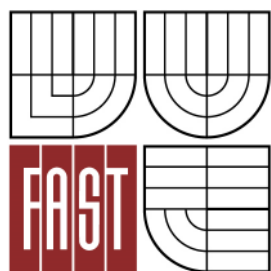
Spřažené vaznice a nosníky a by umožnily užití menších profilů a tím by snížili tíhu celé konstrukce. Zvýšila by se ovšem pracnost provádění a tak vliv spřažení na celkovou cenu nelze jednoznačně určit.

V návrhu bylo přistoupeno k variantě čistě ocelové, s přihlédnutím ke komplikovanosti návrhu a provedení celospřažené ocelobetonové konstrukce. Nicméně by tato varianta stála za hlubší rozvahy a v praxi by záleželo především na dohodě s investorem a dodavatelem stavby.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

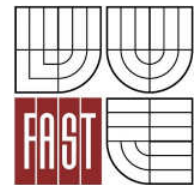


FAKULTA STAVEBNÍ

Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

Projekt: Atypický rodinný dům ve Vrchlabí

Část: C – Technická zpráva



## Obsah

1. Obecné údaje .....	2
2. Podklady a normy.....	2
2.1 Použité normy .....	2
2.2 Použitá literatura.....	3
2.3 Použitý software.....	3
3. Předpoklady návrhu konstrukce.....	3
3.1 Spolupůsobení betonu a oceli .....	3
3.2 Zatížení .....	3
3.3 Mezní stavy.....	4
3.4 Vzpěrné délky ocelových prvků.....	5
3.5 Ztužidla a táhla .....	5
4. Popis konstrukce .....	5
4.1 Sloupy .....	5
4.2 Příčle .....	6
4.3 Stropnice .....	6
4.4 Trapézové plechy.....	6
4.5 Prostorová tuhost.....	6
4.6 Materiál .....	7
5. Ochrana konstrukce .....	7
6. Postup montáže.....	7
6.1 Zhotovení betonové konstrukce jádra a suterénu .....	7
6.2 Vztyčení hlavních sloupů .....	8
6.3 Napojení příčlí na sloupy v 1NP (pravá část) a 2NP (levá část) .....	8
6.4 Vytvoření 1NP (pravá část).....	9
6.5 Vytvoření 2NP (pravá část).....	10
6.6 Vytvoření 2NP (levá část) .....	12
6.6 Smontování slunolamů, lávky a zbylého zavětrování.....	12
6.7 Kladení trapézových plechů a betonáž.....	13
6.8 Kladení trapézových plechů a betonáž.....	13

## 1. Obecné údaje

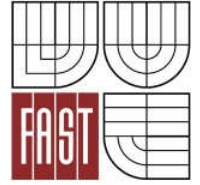
Předmětem diplomové práce je návrh a posouzení ocelové konstrukce atypického rodinného domu ve Vrchlabí. Konstrukce je řešena jako ocelový rámový skelet spolupůsobící s betonovým ztužujícím jádrem. Rodinný dům má čtyři nadzemní podlaží a jedno pod úrovní terénu (uvažováno jako betonová vana – neřešeno v rámci DP). Výška od úrovně terénu (od suterénní terasy) se předpokládá 15 m. Půdorysné rozměry jsou cca 10 m x 20 m. V této části bude uvedeno srovnání alternativ pro konstrukční řešení. Diplomová práce byla zhotovena na základě architektonické studie.



## 2. Podklady a normy

### 2.1 Použité normy

- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení



---

větrem

- ČSN EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků

## 2.2 Použitá literatura

- Navrhování ocelových konstrukcí, příručka k ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-1-8, ISBN 978-80-87093-86-3
- Patky sloupů, František Wald, vydavatelství ČVUT 1995, ISBN 80-01-01337-5
- Prvky ocelových konstrukcí, František Wald a kol., vydavatelství ČVUT 2005, ISBN 80-01-02722-8

## 2.3 Použitý software

- Scia Engineer 2015 (studentská verze), Advance Steel, AutoCAD
- HILTI Profis Anchor
- MS Office, Excel

## 3. Předpoklady návrhu konstrukce

### 3.1 Spolupůsobení betonu a oceli

Ocelová konstrukce je navržena jako ocelový skelet napojený na betonové jádro a suterénní stěny/desku které využívá pro kotvení konstrukce. Všechny podpory (jak na betonové jádro, tak na základy) byly uvažovány jakou kloubové.

### 3.2 Zatížení

Vlastní tíha konstrukce byla generována výpočetním programem. Tíhové zrychlení bylo nastaveno na 9,81 m/s.

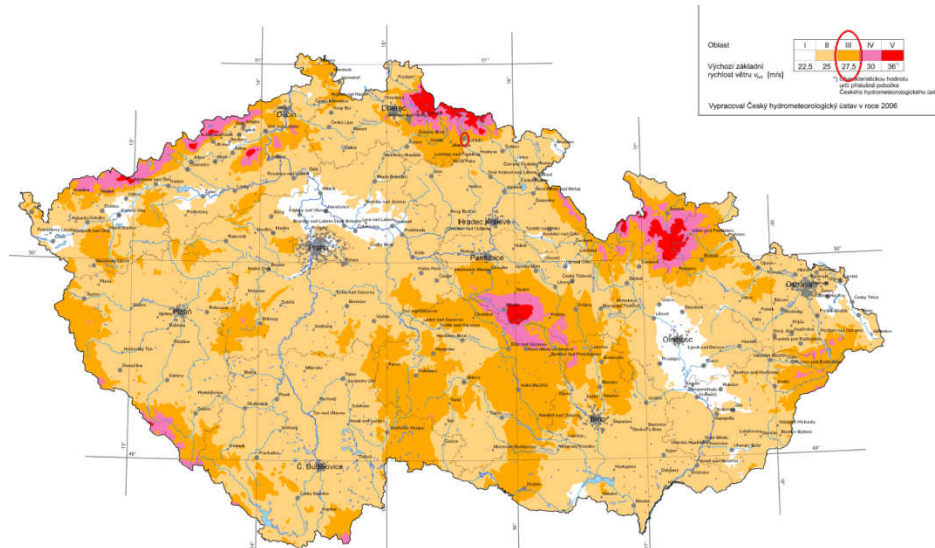
Zatížení od stěn na ocelovou konstrukci bylo zadáno jako liniové zatížení, podle typu zdiva. Viz část D – statický výpočet (2.2).

Ostatní stálé zatížení je zadáno jako plošné zatížení na zatěžovací panely, podle typu podlahy. Viz část D – statický výpočet (2.2).

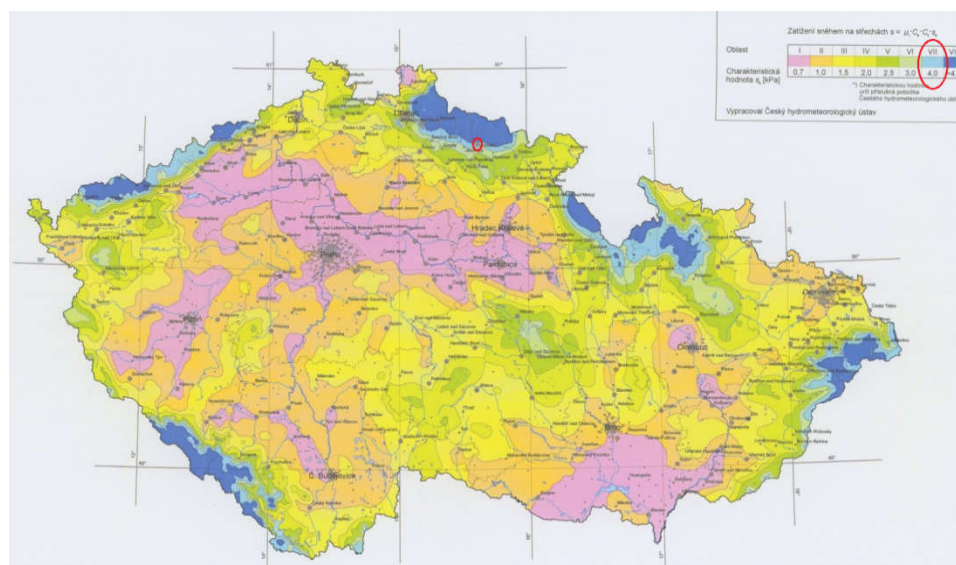
Užitné zatížení je zadáno jako plošné zatížení na zatěžovací panely, podle typu provozu (obytná místnost, balkóny, terasy, pochozí/nepochozí střecha). Viz část D – statický výpočet (2.3).

Zatížení od příček je zadáno v užitném zatížení dle tabulky 6.2. Viz část D – statický výpočet (2.3).

Zatížení větrem je spočítáno dle ČSN EN 1991-1-4. Podle lokality – Vrchlabí, je určena větrná oblast III, kategorie terénu byla zvolena II. Podrobněji viz část D – statický výpočet (2.4).

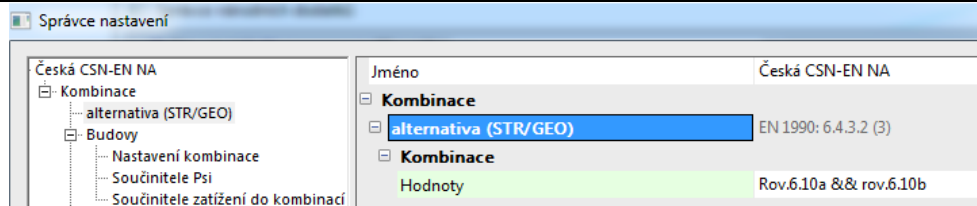


Zatížení sněhem je spočítáno dle ČSN EN 1991-1-3. Podle lokality – Vrchlabí je určena sněhová oblast VII. Podrobněji viz část D – statický výpočet (2.5).



### 3.3 Mezní stavy

Konstrukce byla navržena na mezní stav použitelnosti a únosnosti. V programu Scia bylo využito normově závislých kombinací (6.10a, 6.10b). Podrobněji viz část D – statický výpočet (3.0).



### 3.4 Vzpěrné délky ocelových prvků

Vzpěrné délky byly zadány ručně v programu Scia. Bylo použito jak implementované metody, tak i zjednodušené metody z normy ČSN 731401. Výsledky byly vzájemně porovnány. Podrobněji viz část D – statický výpočet (4.5).

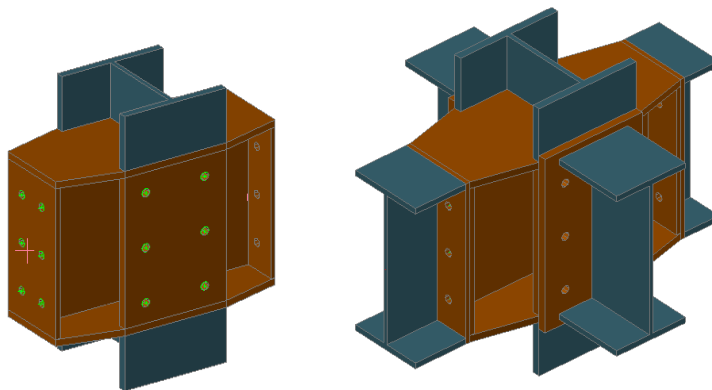
### 3.5 Ztužidla a táhla

Pro prostorovou tuhost bylo v konstrukci nutné provést soustavu ztužidel a táhel. Tyto prvky byly zadány a počítány jako prvky namáhané jen osovou silou (s využitím absencí).

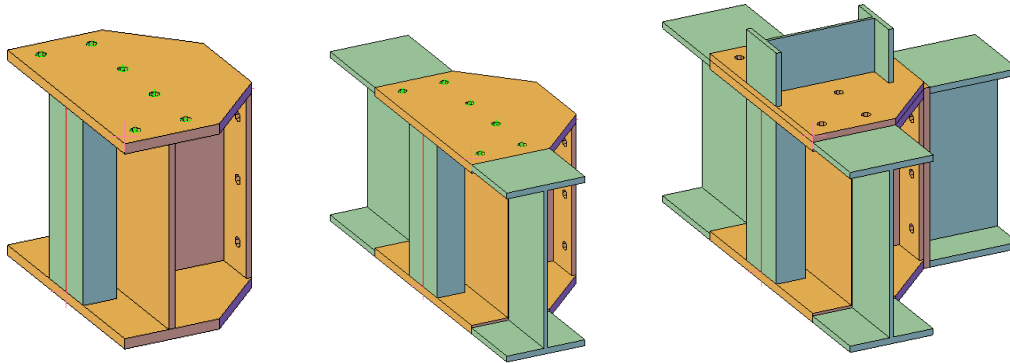
## 4. Popis konstrukce

### 4.1 Sloupy

Sloupy byly navrženy z profilů HEB 240 a IPE 240. Sloupy byly uvažovány jako průběžné po celé výšce. Na sloupech jsou proto po délce navrženy svařence, ke kterým jsou tuze připojeny příčle.



Některé sloupy jsou kotveny přímo do ocelové konstrukce. V tomto případě je navrženo rozšíření na ocelovou příčel, ke které je sloup pomocí „patní“ desky připevněn.

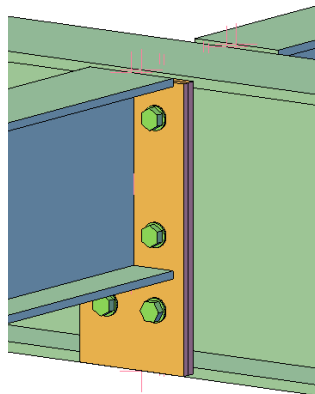


#### 4.2 Příčle

Příčle byly navrženy z profilů IPE 360 a IPE 330 a jsou spojeny se sloupy přes vytvořené svařence. Napojení v obou směrech je uvažováno jako tuhé.

#### 4.3 Stropnice

Stropnice byly navrženy z profilu IPE 240 a jsou umístěny pouze v 1NP, aby snížily zatěžovací šířku pro příčle. K příčlím jsou připojeny kloubově.



#### 4.4 Trapézové plechy

Plechky jsou kladeny na dolní pásnice stropnic/příčlím a mají funkci ztraceného bednění pro konstrukci podlah a stropů.

#### 4.5 Prostorová tuhost

Tuhost ve směru X je zajištěna tuhým betonovým jádrem. Ve směru Y pomáhá prostorové tuhosti soustava táhel a tuhé připojená příčlím ke sloupům.

## 4.6 Materiál

Jako materiál ocelových prvků byla použita ocel jakosti S355. Pro šrouby byla použita pevnostní třída 8.8. Pro betonové prvky byla uvažována třída C30/37.

## 4.7 Materiál stěn

Pro zděné stěny bylo uvažováno užití tvárnic z lehčeného betonu a prosklená fasáda z tvrzeného izolačního skla. Tyto konstrukce plní funkci pouze jako výplňové a nepřispívají ke statické únosnosti budovy.

## 5. Ochrana konstrukce

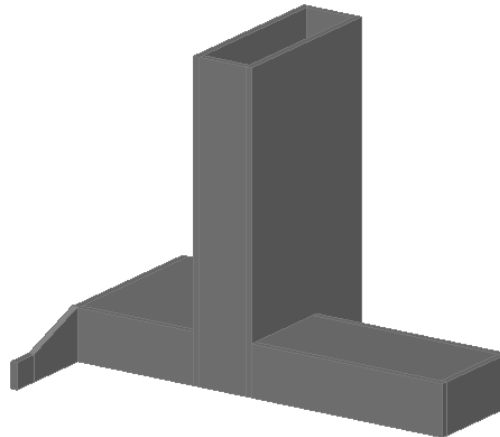
Veškeré prvky konstrukce budou opatřeny protikorozním nátěrovým systémem v souladu s ČSN EN ISO 129 44 (korozivní prostředí C2, resp. C3). Systém povrchové protikorozní úpravy (včetně odstínu vrchního nátěru) bude upřesněn dle požadavků investora a dodavatele ocelové konstrukce ve výrobní dokumentaci. Stropní (střešní) trapézové plechy budou pozinkovány. Sloupy v místě patky budou opatřené ochranou izolací proti zemní vlhkosti.

## 6. Postup montáže

### 6.1 Zhotovení betonové konstrukce jádra a suterénu

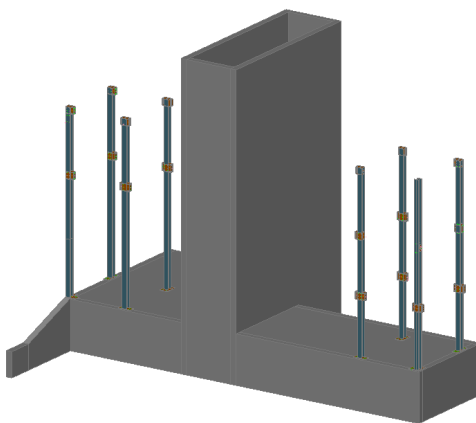
V diplomové práci nebyl návrh ŽB konstrukcí a základů řešen. Nicméně vzhledem k danému terénu, kdy je konstrukce suterénu a celý spodek budovy vsazen do svahu, se zdá na první pohled vhodné použití vrtaných pilot pod základovou deskou a to dále od svahu (deska v části terasy suterénu). U části bližší svahu by bylo vhodné užití štěrkopískového polštáře pro zajištění rovnoměrného sedání. Vzhledem k posunutí těžiště stavby směrem od svahu by objekt mohl být náchylný k překlopení a byla by nutná případná opatření (srovnání tuhosti v základové spáře, přikotvení suterénních stěn do svahu)

Do betonového jádra budou připevněny příčle pomocí kotev HILTI. V místě kotvení K8 bude provedeno kotvení pomocí předem zabetonovaných kotev s kotevní hlavou. V případě kotvení do desky a suterénního zdiva, bylo použito předem zabetonovaných kotev pro kotvení K3 a K4. Viz část E – výkresová dokumentace (číslo výkresů kotvení 101-105).



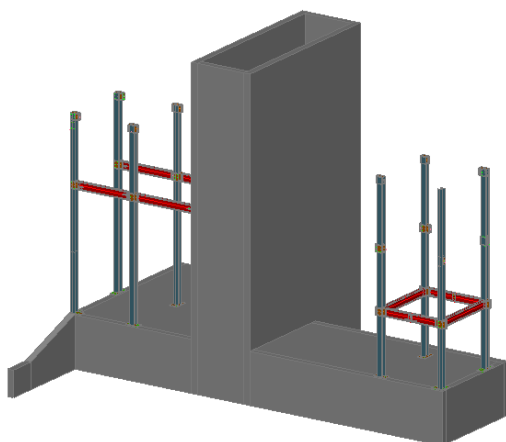
## 6.2 Vztyčení hlavních sloupů

30 dní po zhotovení betonových konstrukcí se vztyčí hlavní ocelové sloupy. Doporučuje se sloupy vztyčovat postupně a začít se sloupy blíže k betonovému jádru. Sloup bude jištěný jeřábem nebo jinou dočasnou konstrukcí než bude spojen s betonovým jádrem.



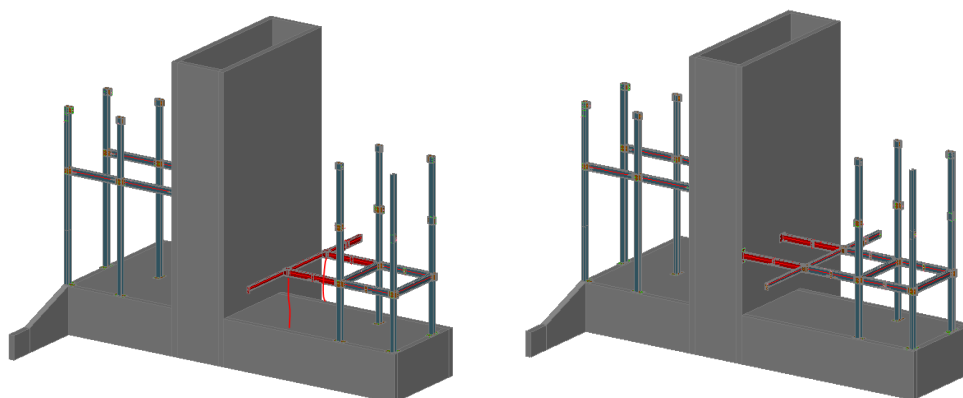
## 6.3 Napojení příčlív na sloupy v 1NP (pravá část) a 2NP (levá část)

Ke stabilizovaným sloupům se přimontují příčle. V 1NP (pravá část) vytvoří příčle se sloupy samostatný segment a alespoň jeden sloup zůstane stabilizovaný, než dojde k napojení na jádro. V 2NP (levá část) se příčel může napojit přímo na betonové jádro.

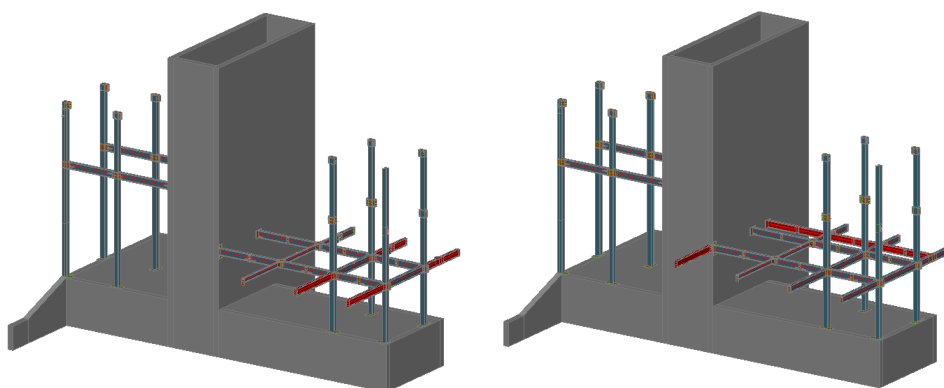


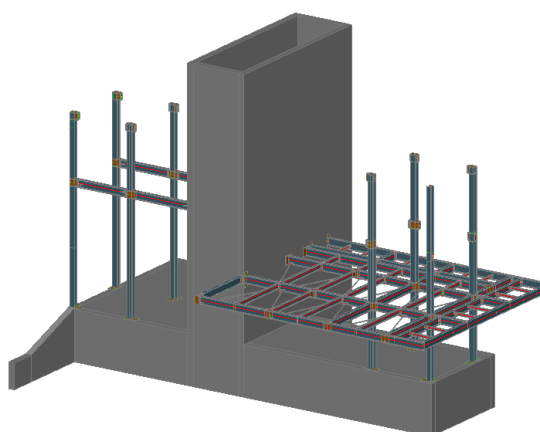
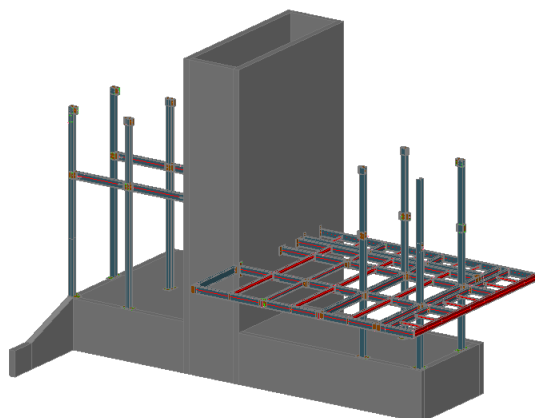
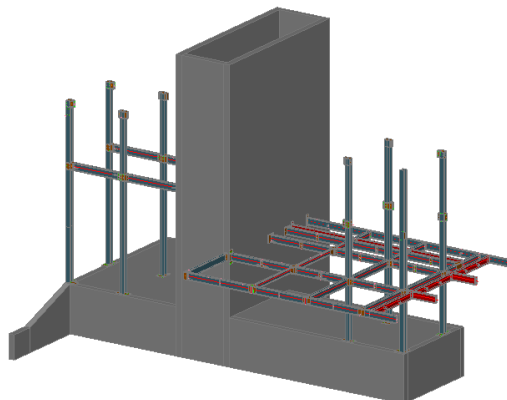
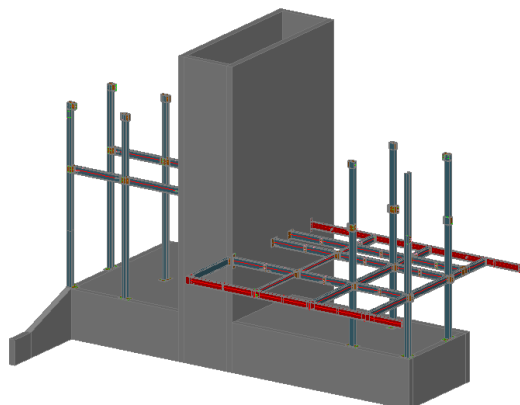
#### 6.4 Vytvoření 1NP (pravá část)

K segmentu v pravé části se začnou napojovat příčle, které je nutné podepřít dočasnými sloupky, než dojde k jejich propojení na betonové jádro.



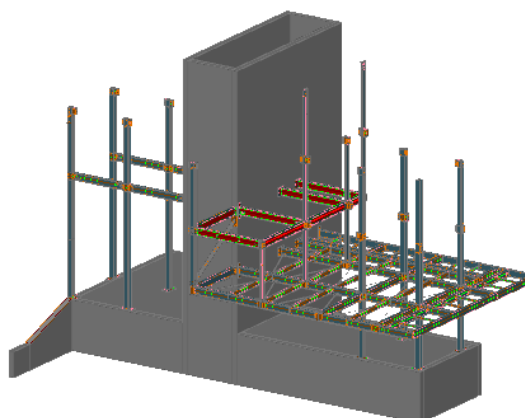
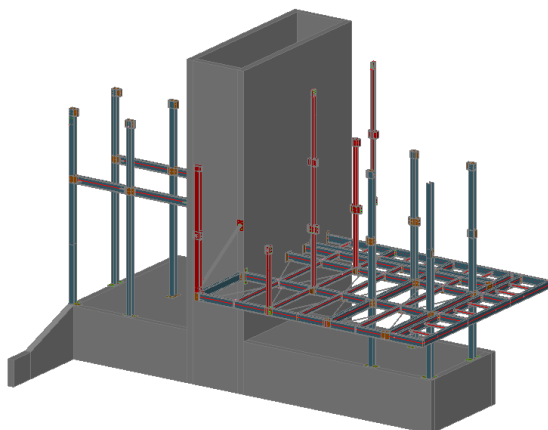
Po přichycení na betonové jádro se začnou postupně osazovat dílce příčlí, stropnic a balkónu/terasy.

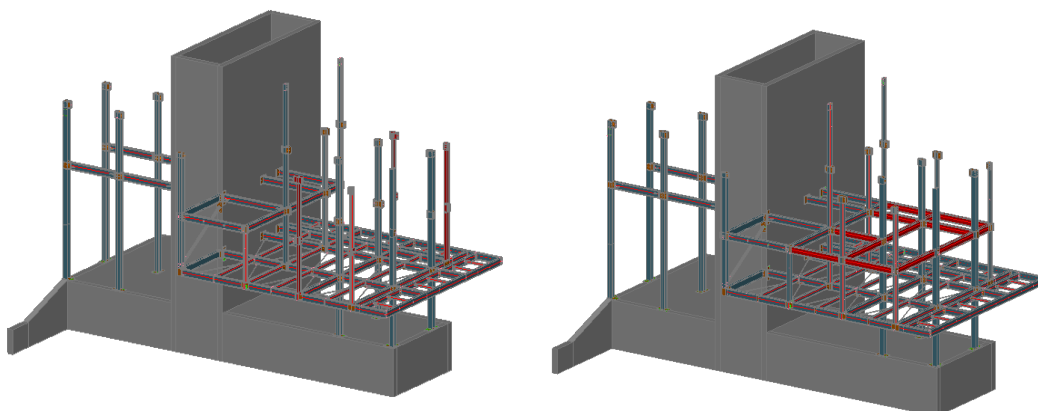




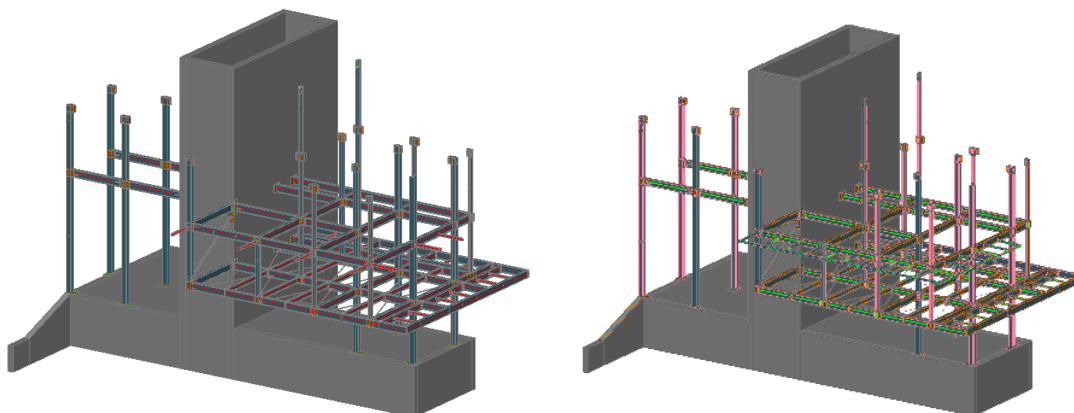
### 6.5 Vytvoření 2NP (pravá část)

Na ocelovou konstrukci se přimontují ocelové sloupy, které se opět postupně zakotví příčlemi na betonové jádro.



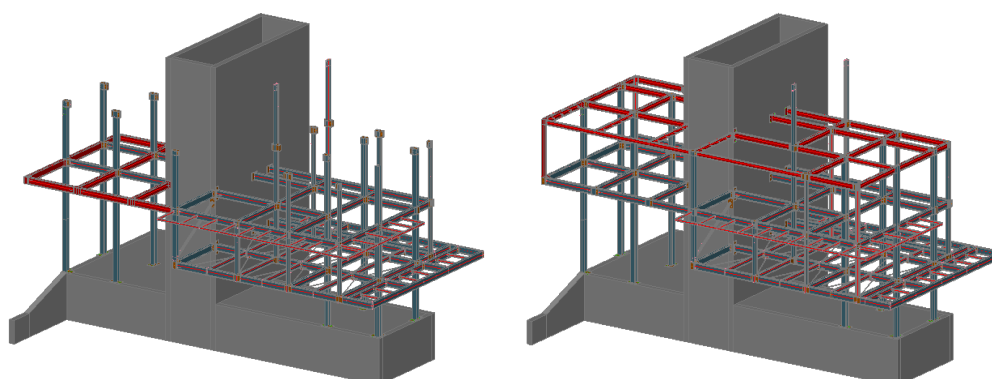


Na lem ocelové konstrukce se přimontuje konstrukce slunolamů.



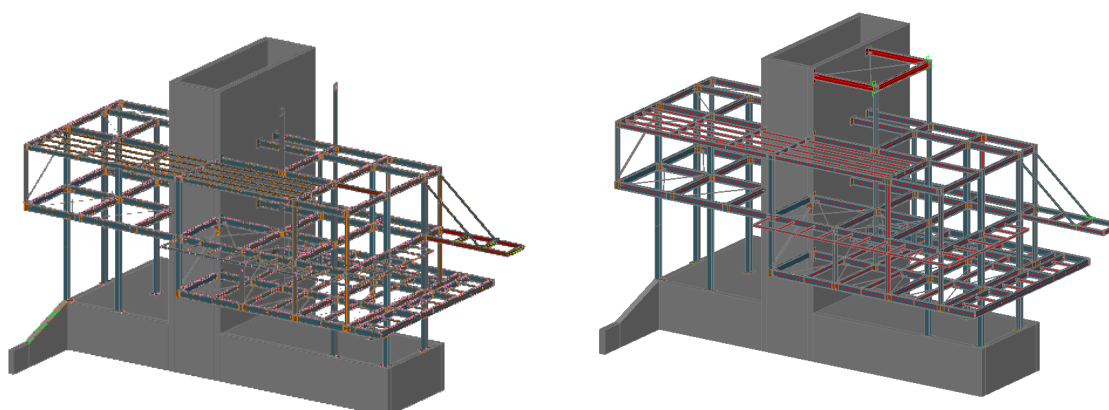
### 6.6 Vytvoření 2NP (levá část)

Ke stávajícím sloupům se přimontují příčle. K novým příčlím se pak upevní sloupy přes „patní“ desky. Využitím těchto sloupů již nic nebrání sestavení nosníků pro 3 NP.



### 6.7 Smontování slunolamů, lávky a zbylého zavětrování

V 3NP se smontují vaznice pro konstrukce slunolamů a zbylé zavětrování jak v tomto, tak i druhém nadzemním patře. Poslední se smontuje 4NP-ateliér.





---

## 6.8 Kladení trapézových plechů a betonáž

Po zhotovení hlavní nosné konstrukce budou ke stropnicím a příčlím kladeny trapézové plechy. Ty budou chyceny na spodních přírubách příčlí, nebo přidělány ke stojnám. Trapézový plech bude fungovat jako roznášecí plocha a skryté bednění pro vrstvu betonová mazaniny na kterou pak bude dle místnosti a účelu skládána podlaha. Doporučuje se do této betonové desky přidat minimální konstrukční výztuž (kari síť).

## 6.9 Opláštění

Na hotové desky a podlahy se začne vyzdívat obvodový plášť a konstrukce opláštění. Projekt opláštění není řešen v rámci diplomové práce.

## 7. Výkaz materiálu

### Výkaz materiálu

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
Celkový součet :	30267,4	730,592	3,8557e+00

#### Vysvětlivky symbolů

Povrch	Pozn.: pro výpočet plochy povrchu se uvažuje pouze jeden povrch každého 2D dílce
--------	--

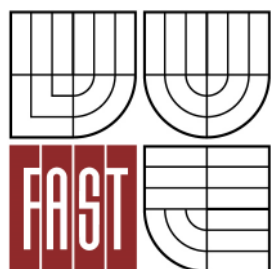
Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m <sup>2</sup> ]	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
VA-1.1 - IPE360	S 355	57,1	20,175	1151,4	27,296	7850,0	1,4667e-01
VA-1.2 - IPE360	S 355	57,1	39,200	2237,1	53,036	7850,0	2,8498e-01
VA-2.1 - IPE360	S 355	57,1	48,660	2777,0	65,835	7850,0	3,5376e-01
BA-2.1 - IPE120	S 355	10,4	32,108	332,7	15,255	7850,0	4,2383e-02
BA-2.4 - IPE240	S 355	30,7	13,925	427,4	12,835	7850,0	5,4447e-02
BA-3.3 - CHS60.3/5.0	S 355	6,8	6,405	43,7	1,211	7850,0	5,5661e-03
BA-3.1 - IPE240	S 355	30,7	33,120	1016,6	30,528	7850,0	1,2950e-01
VA-3.1 - IPE330	S 355	49,1	39,195	1926,1	49,149	7850,0	2,4536e-01
BA-3.2 - IPE120	S 355	10,4	67,608	700,6	32,122	7850,0	8,9243e-02
ZTS2 - SHS80/80/6.3	S 355	14,2	9,538	135,5	2,900	7850,0	1,7264e-02
SL1 - IPE240	S 355	30,7	48,300	1482,5	44,519	7850,0	1,8885e-01
SL2 - HEB240	S 355	83,2	83,100	6914,7	114,678	7850,0	8,8086e-01
VA-2.2 - IPE360	S 355	57,1	61,020	3482,4	82,557	7850,0	4,4362e-01
VA-3.2 - IPE330	S 355	49,1	55,200	2712,6	69,218	7850,0	3,4555e-01
BA-2.5 - IPE120	S 355	10,4	10,500	108,8	4,989	7850,0	1,3860e-02
BA-3.4 - IPE120	S 355	10,4	6,000	62,2	2,851	7850,0	7,9200e-03
ZT2 - RD30	S 355	5,5	60,359	334,8	5,674	7850,0	4,2644e-02
ZT3 - RD30	S 355	5,5	36,017	199,8	3,386	7850,0	2,5446e-02
ZT7 - IPE240	S 355	30,7	3,100	95,1	2,857	7850,0	1,2121e-02
ZT1 - RD30	S 355	5,5	46,015	255,2	4,325	7850,0	3,2510e-02
VA-1.3 - IPE240	S 355	30,7	33,240	1020,3	30,638	7850,0	1,2997e-01
BA-1.1 - IPE240	S 355	30,2	44,290	1338,6	36,013	7850,0	1,7052e-01
BA-1.2 - IPE240	S 355	30,7	7,590	233,0	6,996	7850,0	2,9677e-02
BA-1.3 - IPE120	S 355	10,4	17,586	182,2	8,356	7850,0	2,3214e-02
BA-1.4 - IPE360	S 355	57,1	1,795	102,4	2,429	7850,0	1,3050e-02
ZT4 - RD30	S 355	5,5	11,928	66,2	1,121	7850,0	8,4272e-03
ZTS1 - CHS139.7/5.0	S 355	16,6	23,293	387,6	10,226	7850,0	4,9381e-02
SL3 - HEB240	S 355	83,2	5,950	495,1	8,211	7850,0	6,3070e-02
BA-3.5 - IPE240	S 355	30,7	1,500	46,0	1,383	7850,0	5,8650e-03

Výsledná hmotnost konstrukce po přičtení 5% na svary a spojovací materiál = 31,8 t.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

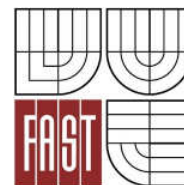


FAKULTA STAVEBNÍ

Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

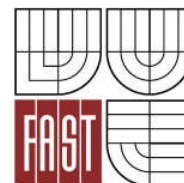
Projekt: Atypický rodinný dům ve Vrchlabí

Část: D – Statický výpočet



## Obsah

1. Geometrie.....	4
1.1 Axonometrie.....	4
1.2 Schématické půdorysy po patrech .....	4
2. Zatížení a zatěžovací stavy.....	6
2.1 ZS1 - Vlastní tíha ( $g_{k,0}$ ).....	6
2.2 ZS2 - Ostatní stálé ( $g_{k,1}$ ).....	6
2.2.1 Skladby podlah a stropů .....	7
2.2.2 Schématické půdorysy po patrech – stálé zatížení .....	11
2.3 Užité zatížení .....	13
2.3.1 ZS3 – Užité plné .....	13
2.3.2 ZS4 – Užité šach 1 .....	15
2.3.3 ZS5 – Užité šach 2 .....	16
2.4 Zatížení větrem.....	16
2.4.1 Grafický výstup z Autodesk flow design .....	18
2.4.2 ZS6 – Vítr +X (I-).....	20
2.4.3 ZS7 – Vítr -X (I-).....	29
2.4.4 ZS8 – Vítr +Y (I-).....	39
2.4.5 ZS9 – Vítr -Y (I-).....	48
2.4.6 ZS10 – ZS13.....	58
2.5 Zatížení sněhem.....	58
2.5.1 ZS14 – Sníh plný.....	58
2.5.2 ZS15 – Sníh navátý.....	60
3. Kombinace a skupiny zatížení.....	62
3.1 Skupiny zatížení .....	62
3.2 Kombinace .....	62
4. Posudek ocelových prvků .....	63
4.1 Ocelové prvky – vodorovné, shrnutí .....	63
4.2 Ocelové prvky - sloupy .....	64
4.2.1 SL2 - průběžné sloupy (B265) .....	65
4.2.2 SL2 - sloup v patře - zesílený (B10 a B57) .....	75
4.2.3 SL1 - sloup v patře (B35 a B63).....	87
4.3 Ocelové prvky – ztužidla a táhla .....	97
4.3.1 ZT1-4 - ztužidlo v rovině podlahy a střechy (B368) .....	97



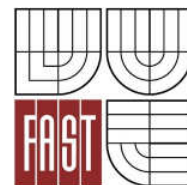
4.3.2 ZTS1 - ztužidlo v rovině stěny (B103).....	99
4.3.3 ZTS2 – táhlo u lávky (B109) .....	100
5. Výpočet varianty spřažené stropnice v 1NP.....	102
5.1 Ocelobetonová vaznice B154 .....	103
6. Posouzení přípojů.....	110
6.1 – posudky dle ČSN EN 1993-8.....	110
6.2 – přípoj D1 – roh terasy, čelní deska .....	113
6.3 – přípoj D2 - žiletka.....	117
6.4 – přípoj D3 – lem terasy – čelní deska.....	122
6.5 – přípoj D4 – stropnice na příčel .....	126
6.6 – sloup a příčel.....	130
6.6.1 D5 – Průběžné sloupy .....	130
D5 - část 1 .....	131
D5 - část 2 .....	132
D5 - část 3 .....	141
6.6.2 D6 – Sloup uložený na ocelové konstrukci I .....	150
D6 - část 1 .....	150
D6 - část 2 .....	151
D6 - část 3 .....	158
6.6.3 D7 – Sloup uložený na ocelové konstrukci II .....	165
D7 - část 1 .....	165
D7 - část 2 .....	166
D7 - část 3 .....	173
6.6.3 D8 – Sloup uložený na ocelové konstrukci III .....	178
D8 - část 1 .....	179
D8 - část 2 .....	179
D8 - část 3 .....	179
6.7 – přípoj D14 – podlahové a střešní ztužidla .....	184
6.8 – přípoj D15 – ztužidlo v rovině stěny .....	188
7. Posouzení kotvení.....	192
7.1 – Kotvení do základů .....	192
7.1.1 – Kotvení K1 (Sn1 a Sn5).....	192
7.1.2 – Kotvení K2 (Sn2 a Sn6).....	194
7.1.3 – Kotvení K3 (Sn3 a Sn7).....	197

Diplomová práce

Projekt: Atypický rodinný dům ve Vrchlabí

Autor: Bc. Vít Vondráček

Část: D – Statický výpočet

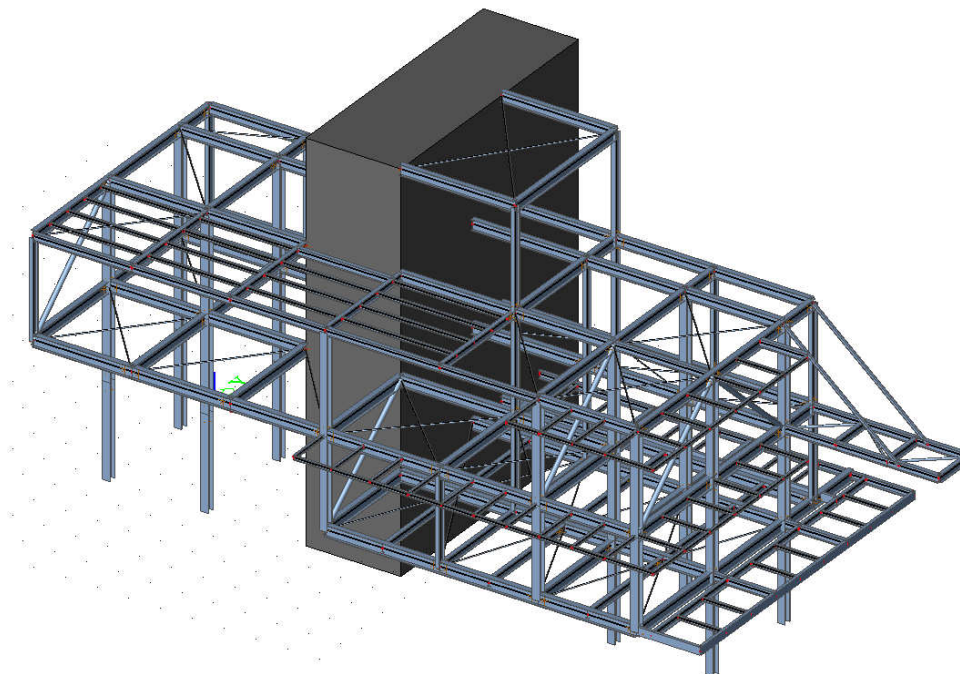


---

7.1.4 – Kotvení K4 (Sn4 a Sn8).....	205
7.2 – Kotvení do betonového jádra .....	212
7.2.1 – Kotvení K5 (Sn10,12,16,18,20,21,24,25,30) .....	212
7.2.2 – Kotvení K6 (Sn9/R,11/R,14/R,19/R,22/R,23/R) .....	215
7.2.3 – Kotvení K7 (Sn9,11,14,19,22,27,29) .....	218
7.2.4 – Kotvení K8 (Sn19/D) .....	221

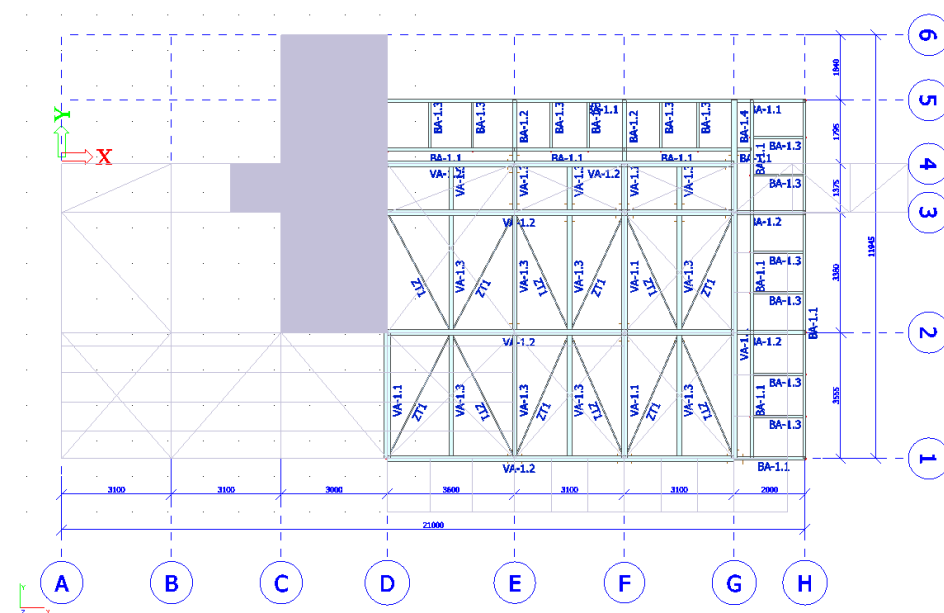
## 1. Geometrie

### 1.1 Axonometrie

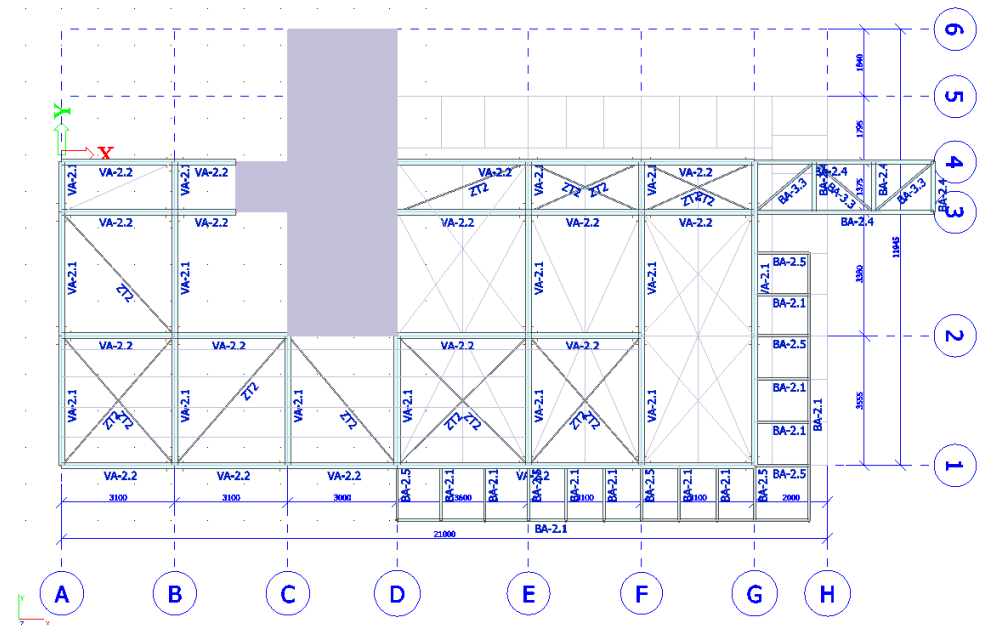


### 1.2 Schématické půdorysy po patrech

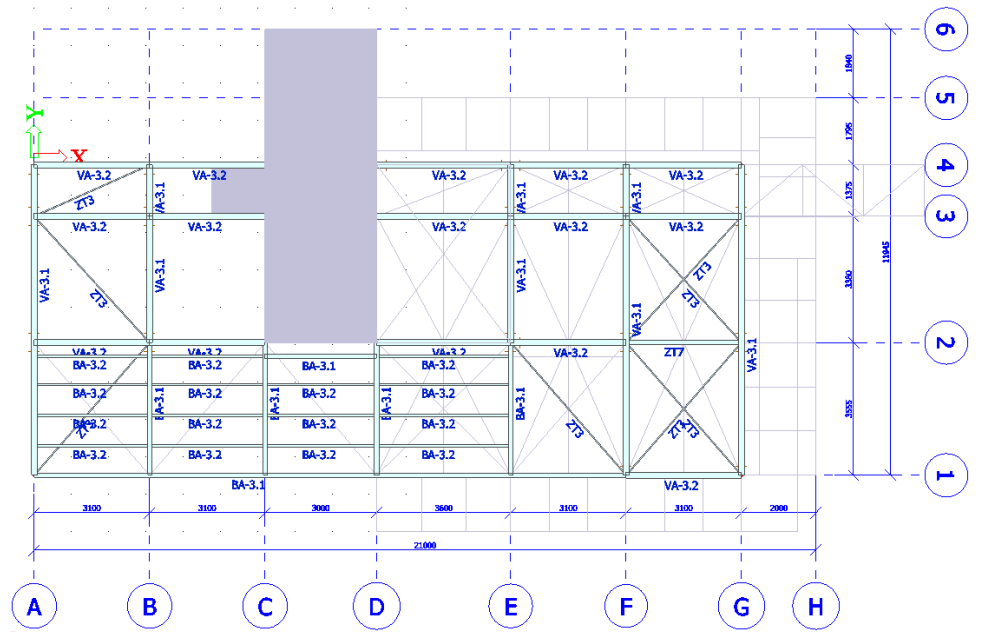
- Obytná část nad parkovacím patrem – 1 NP



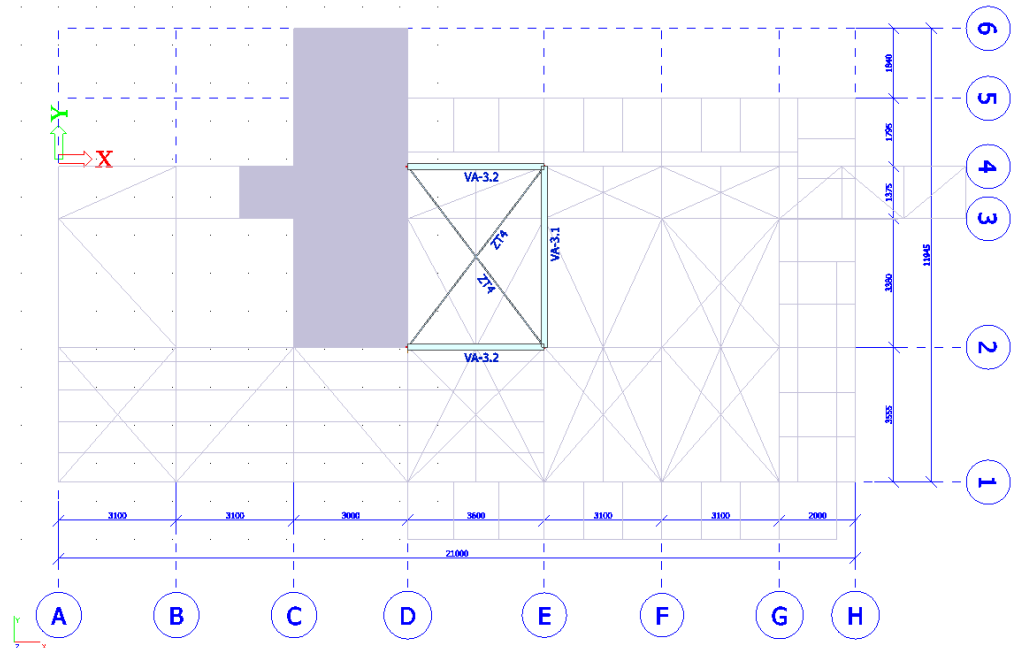
- Ložnice a pokoje pro hosty – 2NP



- Strop nad 2NP + terasy – 3NP



## - Ateliér a terasy – 4NP



## 2. Zatížení a zatěžovací stavy

Veškerá zatížení jsou udávána v charakteristických hodnotách. Detailnější schémata k zatížení jsou v části F, příloze 2 – zatížení.

### 2.1 ZS1 - Vlastní tíha ( $g_{k,0}$ )

Vlastní tíha byla vygenerována programem SCIA. Tíhové zrychlení bylo nastaveno na 9,81 m/s.

### 2.2 ZS2 - Ostatní stálé ( $g_{k,1}$ )

Ostatní stálé zatížení bylo zadáno jako plošné nebo volné zatížení na zatěžovací panely, s roznosem zatížení dle směru kladení trapézových plechů (roznos zatížení rovnoběžně s vlnou plechu), nebo kolmo na stropnice. Bylo uvažováno 7 různých skladeb podlah/stropů. Zatížení stěnami bylo zadáno jako liniové zatížení.

- pro zdivo YTONG 200mm (obvodová zeď)  $g_{k,8} = 2,7 \text{ kN/m}'$
- zatížení od atiky  $g_{k,9} = 1,0 \text{ kN/m}'$
- -zatížení od prosklené fasády  $g_{k,10} = 0,75 \text{ kN/m}'$
- pro příčky bylo zadáno plošné nahodilé zatížení, viz kapitola 2.3 – užité zatížení.

### 2.2.1 Skladby podlah a stropů

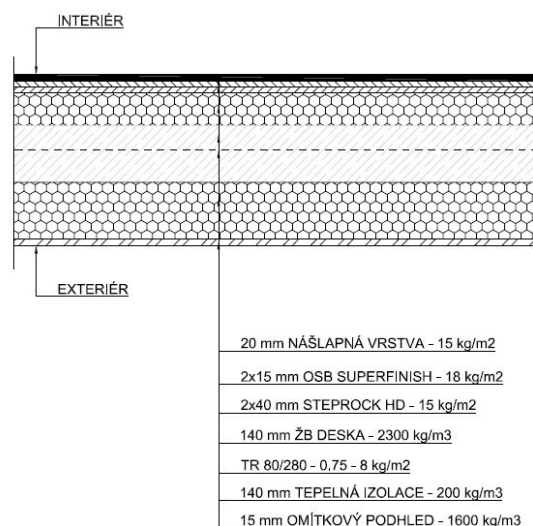
Stálé zatížení od podlah a stropů je uvedeno v následujících tabulkách.

- Zatížení od balkónů.



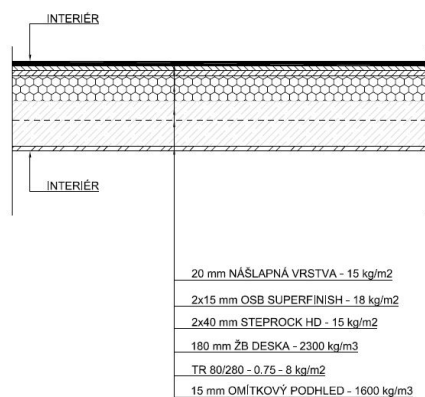
g <sub>k1</sub> - ZATÍŽENÍ 1 – BALKÓN				
TYP KCE.	[mm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
dlažba	15	-	30,00	0,30
mazanina	30	2000	60,00	0,60
deska	120	2300	276,00	2,76
TR 35/280	-	-	7,00	0,07
podhled	15	1600	24,00	0,24
CELKEM kN/m <sup>2</sup> =				3,97

- Strop mezi parkovacím patrem a 2 NP, podlaha 3 NP (část nad exteriérem).



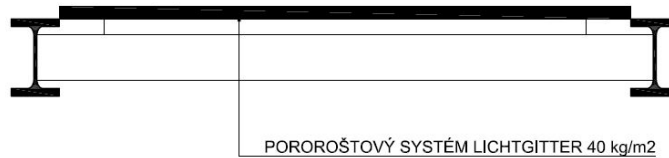
$g_{k2}$ - ZATÍŽENÍ 2 – 2 NP, 3NP (nad exteriérem)				
TYP KCE.	[mm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
nášlapná vrstva	20	-	15,00	0,15
roznáš. vrstva	30	-	18,00	0,18
akust. izolace	80	-	15,00	0,15
deska	140	2300	322,00	3,22
TR 80/280	-	-	8	0,08
tep. izolace	140	130	19,00	0,19
podhled	15	1600	24	0,24
CELKEM kN/m <sup>2</sup> =				<b>4,21</b>

- Podlaha 3NP a podlaha v ateliéru (části nad interiérem).



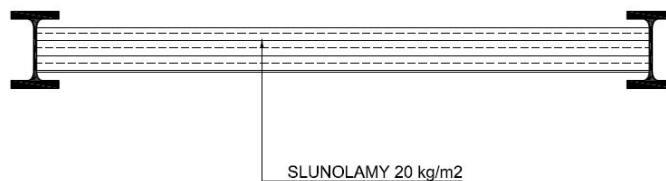
$g_{k3}$ - ZATÍŽENÍ 3 – 3 NP, 4NP (nad interiérem)				
TYP KCE.	[mm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
nášlapná vrstva	20	-	15,00	0,15
roznáš. vrstva	30	-	18,00	0,18
akust. izolace	80	-	15,00	0,15
deska	140	2300	322,00	3,22
TR 80/280	-	-	8	0,08
omítka	15	1600	24	0,24
CELKEM kN/m <sup>2</sup> =				<b>4,02</b>

- Zatížení na lávce – systém pororoštů LICHTGITTER.



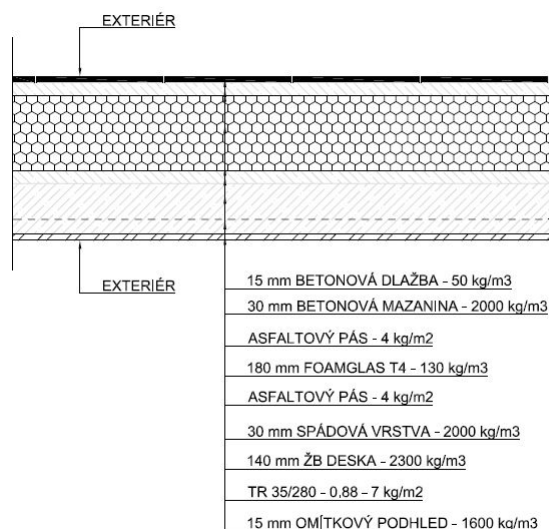
g <sub>k4</sub> - ZATÍŽENÍ 4 – pororoštv na lávce				
TYP KCE.	[mm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
pororošty	-	-	40	0,40
CELKEM kN/m <sup>2</sup> =				<b>0,40</b>

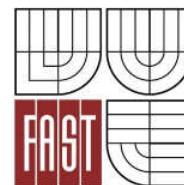
- Konstrukce slunolamů.



g <sub>k5</sub> - ZATÍŽENÍ 5 – pororoštv na lávce				
TYP KCE.	[mm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
slunolamy	-	-	20	0,20
CELKEM kN/m <sup>2</sup> =				<b>0,20</b>

- Pochozí střecha nad 3 NP (terasa, exteriér-exteriér).

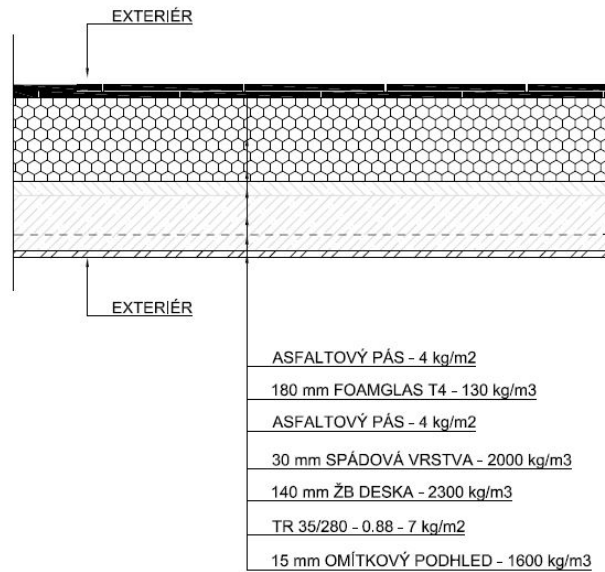




g <sub>k6</sub> - ZATÍŽENÍ 6 – 3 NP, 4NP (nad interiérem)				
TYP KCE.	[mm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
dlažba	15	-	50,00	0,50
mazanina	30	2000	60,00	0,60
asfaltové pásy	-	-	8,00	0,08
tep. izolace	180	130	24,00	0,24
asfaltové pásy	-	-	8,00	0,08
mazanina	30	2000	60,00	0,60
deska	140	2300	322,00	3,22
TR 35/280	-	-	7,00	0,07
podhled	15	1600	24,00	0,24
CELKEM kN/m <sup>2</sup> =				<b>5,63</b>

- Nepochozí střecha nad 3 NP a nad 4NP (nad ateliérem)

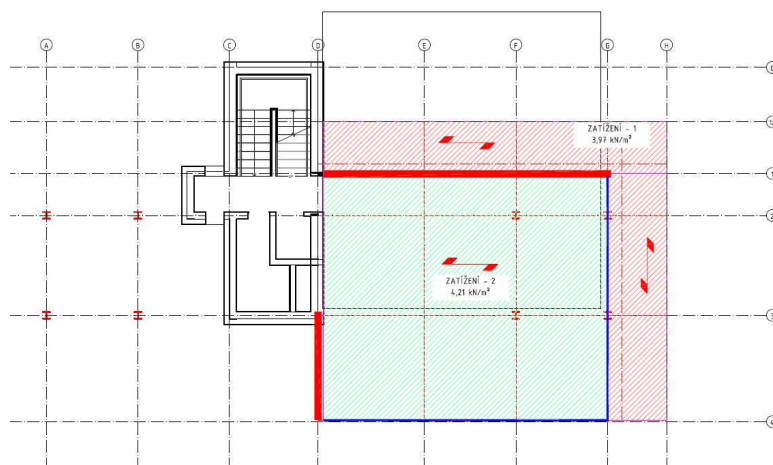
g <sub>k7</sub> - ZATÍŽENÍ 7 – 3 NP, 4NP (nepochozí střecha)				
TYP KCE.	[mm]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]
asfaltové pásy	-	-	8,00	0,08
tep. izolace	180	130	24,00	0,24
asfaltové pásy	-	-	8,00	0,08
mazanina	30	2000	60,00	0,60
deska	140	2300	322,00	3,22
TR 35/280	-	-	7,00	0,07
deska	140	2300	322,00	3,22
podhled	15	1600	24,00	0,24
CELKEM kN/m <sup>2</sup> =				<b>4,53</b>



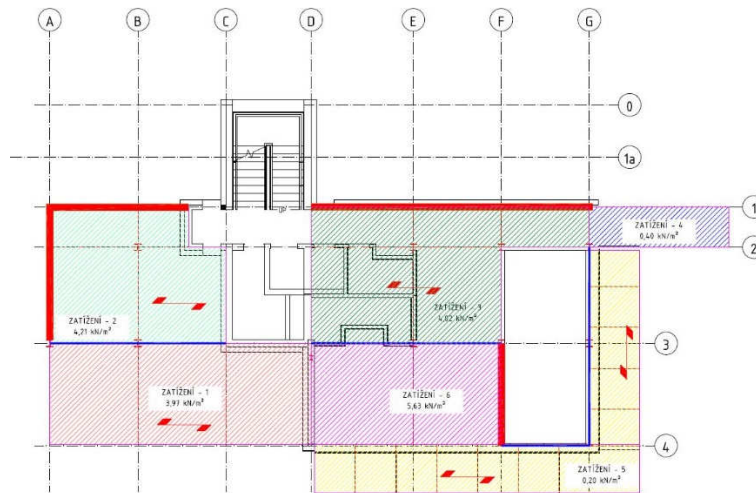
### 2.2.2 Schématické půdorysy po patrech – stálé zatížení

- zatížení 1	3,97	- zatížení 6	5,63
- zatížení 2	4,21	- zatížení 7	4,53
- zatížení 3	4,02	- zatížení – stěny (2,7 kN/m')	
- zatížení 4	0,40	- zatížení – atika (1,0 kN/m')	
- zatížení 5	0,20	- zatížení – prosklená fasáda (0,75kN/m')	

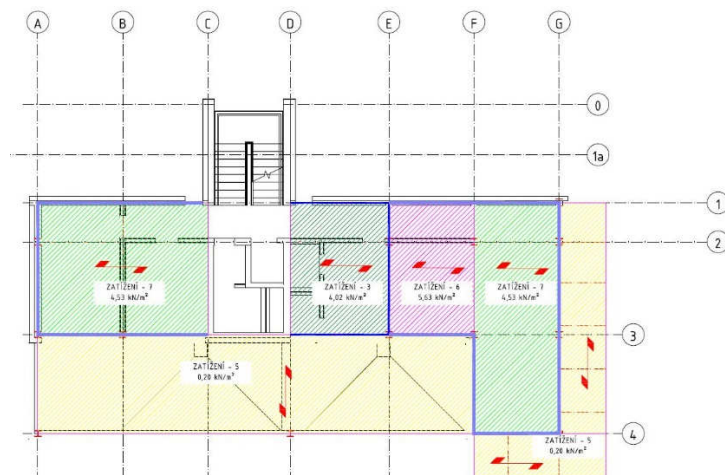
- Konstrukce mezi 1NP/2NP (stěny ve 2NP)



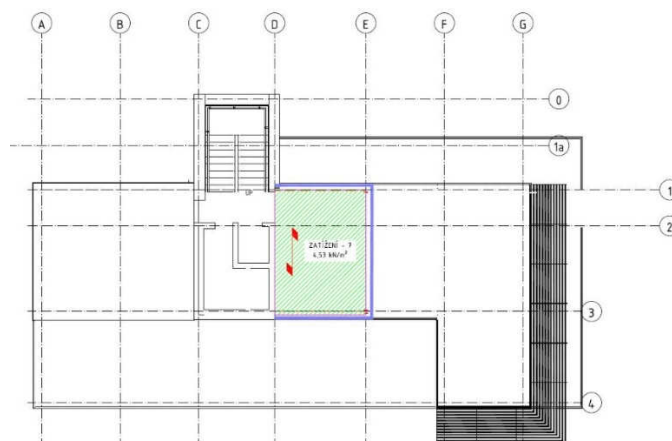
Konstrukce mezi 2NP/3NP (stěny ve 3NP)



- Konstrukce mezi 2NP/3NP (stěny ve 3NP)



- Konstrukce mezi 4NP/Střecha





## 2.3 Užiténé zatížení

**Tabulka 6.2 – Užiténé zatížení stropních konstrukcí, balkonů a schodišť pozemních staveb**

Kategorie zatěžovaných ploch	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>kategorie A</b>		
– stropní konstrukce	1,5 až <u>2,0</u>	<u>2,0</u> až 3,0
– schodiště	<u>2,0</u> až 4,0	<u>2,0</u> až 4,0
– balkóny	<u>2,5</u> až 4,0	<u>2,0</u> až 3,0

- užiténé zatížení dle ČSN EN 1991 -1-1:
- stropy, podlahy a pochozí střecha  $q_{k,0} = 1,5 \text{ kN/m}^2$
- včetně přídkvu za příčky  $1,5+0,8 = q_{k,1} = 2,3 \text{ kN/m}^2$

- přemístitelné příčky s vlastní tíhou  $\leq 1,0 \text{ kN/m}$  délky příčky:  $q_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$ ;
- přemístitelné příčky s vlastní tíhou  $\leq 2,0 \text{ kN/m}$  délky příčky:  $q_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$ ;
- přemístitelné příčky s vlastní tíhou  $\leq 3,0 \text{ kN/m}$  délky příčky:  $q_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$ .

- balkóny a terasy  $q_{k,2} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- nepochozí střecha  $q_{k,3} = 0,75 \text{ kN/m}^2$

**Tabulka 6.9 – Kategorizace střech**




Kategorie zatěžovaných ploch	Stanovené použití
H	střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav
I	střechy přístupné (pochůzné), s užíváním podle kategorií A až D
K	střechy přístupné pro zvláštní provoz, např. pro přistávání vrtulníků

**Tabulka 6.10 – Užiténé zatížení střech kategorie H**

Střecha	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
Kategorie H	$q_k$	$Q_k$

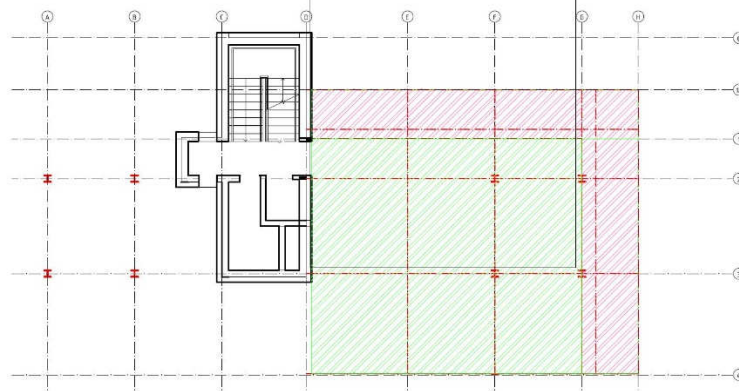
POZNÁMKA 1 Pro kategorii H mohou být hodnoty  $q_k$  vybrány v rozmezí od 0,00 kN/m<sup>2</sup> do 1,0 kN/m<sup>2</sup> a hodnoty  $Q_k$  v rozmezí od 0,9 kN do 1,5 kN.

Následují schematické půdorysy po patrech zobrazující způsob rozložení užiténého zatížení.

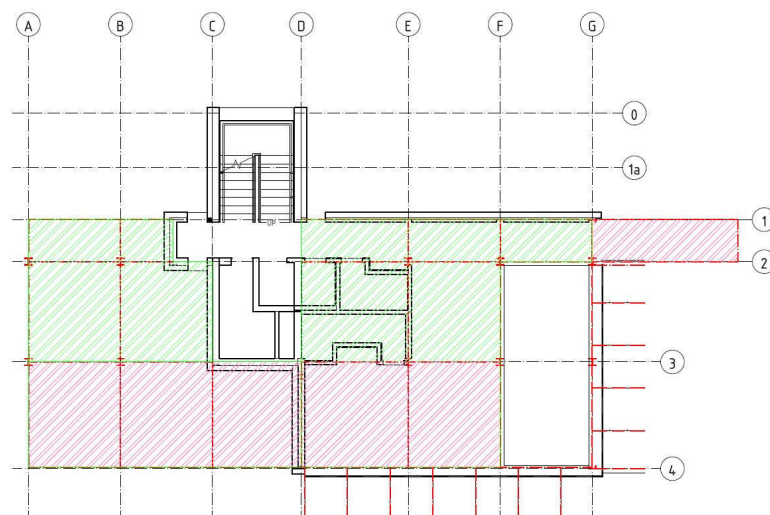
- $q_{k,1} = 2,3 \text{ kN/m}^2$  
- $q_{k,2} = 2,5 \text{ kN/m}^2$  
- $q_{k,3} = 0,75 \text{ kN/m}^2$  

### 2.3.1 ZS3 – Užiténé plné

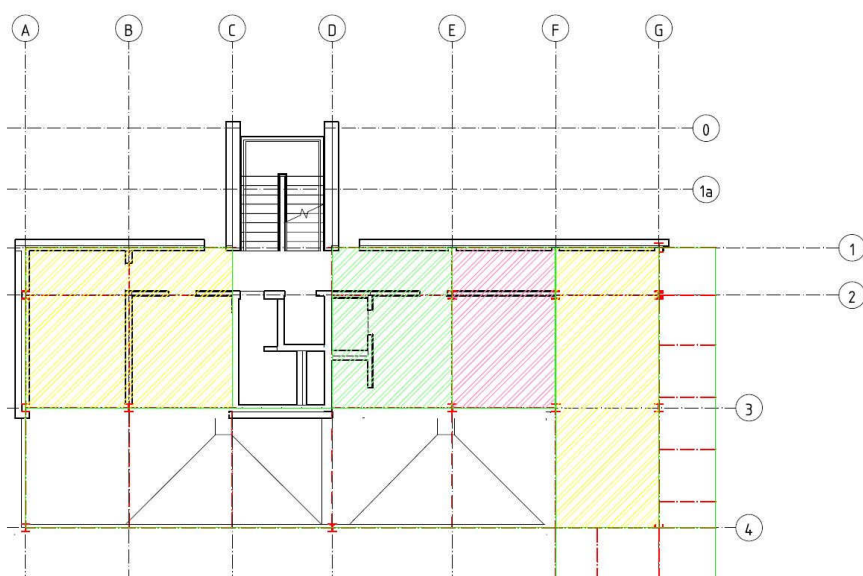
- Konstrukce mezi 1NP/2NP



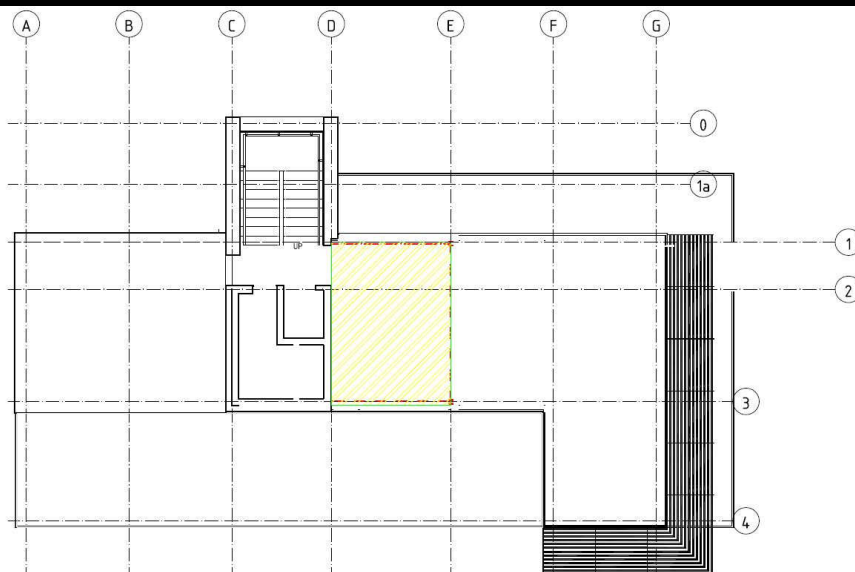
- Konstrukce mezi 2NP/3NP



- Konstrukce mezi 3NP/4NP

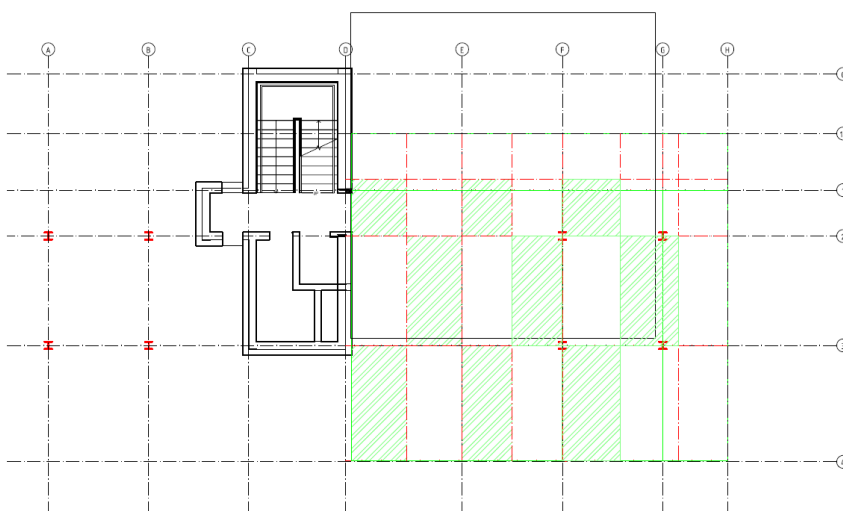


- Konstrukce mezi 4NP/střecha



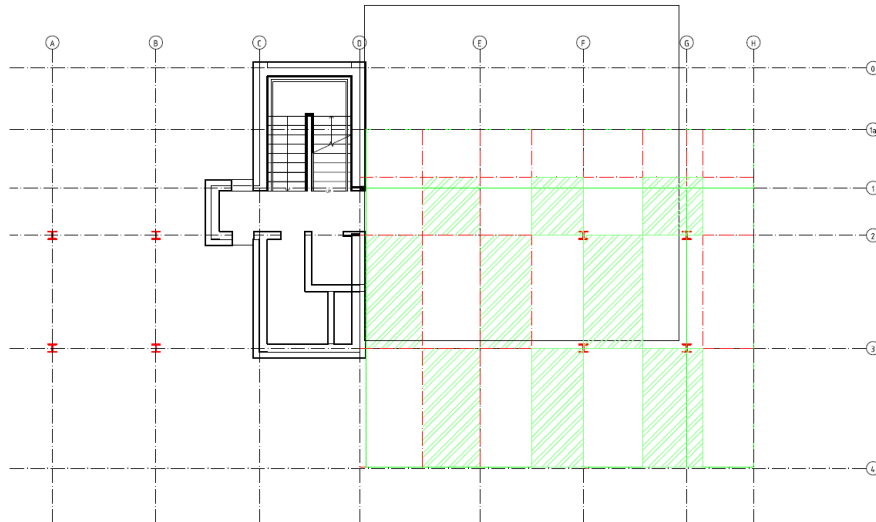
### 2.3.2 ZS4 – Užité šach 1

Šachové rozložení zatížení bylo uvaženo pouze na stropní konstrukci mezi 1NP/2NP.



### 2.3.3 ZS5 – Užité šach 2

Šachové rozložení zatížení bylo uvaženo pouze na stropní konstrukci mezi 1NP/2NP.



### 2.4 Zatížení větrem

Pro zatížení větrem byla použita norma ČSN EN 1991-1-4.

Objekt se nachází ve Vrchlabí, z mapy větrových oblastí vychází oblast III, kategorie terénu byla zvolena II.

Bylo uvažováno 8 zatěžovacích stavů pro zatížení větrem, které simuluje směr větru ze 4 stran (+X; -X; +Y; -Y) včetně případu sání/tlaku v zóně "I" pro ploché střechy.

Hodnoty byly spočítány v programu EXCEL, který byl nastaven podle postupu uvedeném v normě.

Z důvodů tvarové členitosti konstrukce byly hodnoty zatížení porovnávány a upraveny (zejména zóny tlaků a sání) s grafickým výstupem z programu Autodesk Flow Design, který simuluje vystavení modelu do větrného tunelu.

Pro součinitele  $C_{pe}$  bylo uvažováno pouze hodnot  $C_{pe,10}$ , plochy  $> 10m^2$ . Návrh kotvicích prvků opláštění není v diplomové práci řešen.

Níže jsou uvedeny vstupní parametry pro výpočet zatížení větrem a obecné řešení výpočtu zatížení. Číselné hodnoty jsou pak uvedeny tabulkově včetně schémat pro každý zatěžovací stav zvlášť (ZS 6 – ZS13). Schémata zatížení větrem jsou pak přiložena k výkresové



dokumentaci. Větrná mapa s vyznačením lokality je přiložena v technické zprávě.

Vstupní hodnoty:

- $v_{b,0} = 27,5 \text{ m/s}$
- $c_{dir} = 1,0$
- $c_{season} = 1,0$
- $v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0} = 1,0 \times 1,0 \times 27,5 = 27,5 \text{ m/s}$
- $z_0 = 0,05 \text{ m}$
- $z_{min} = 2,0 \text{ m}$
- $z_{max} = 200,0 \text{ m}$
- $k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \times \left(\frac{0,05}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19$

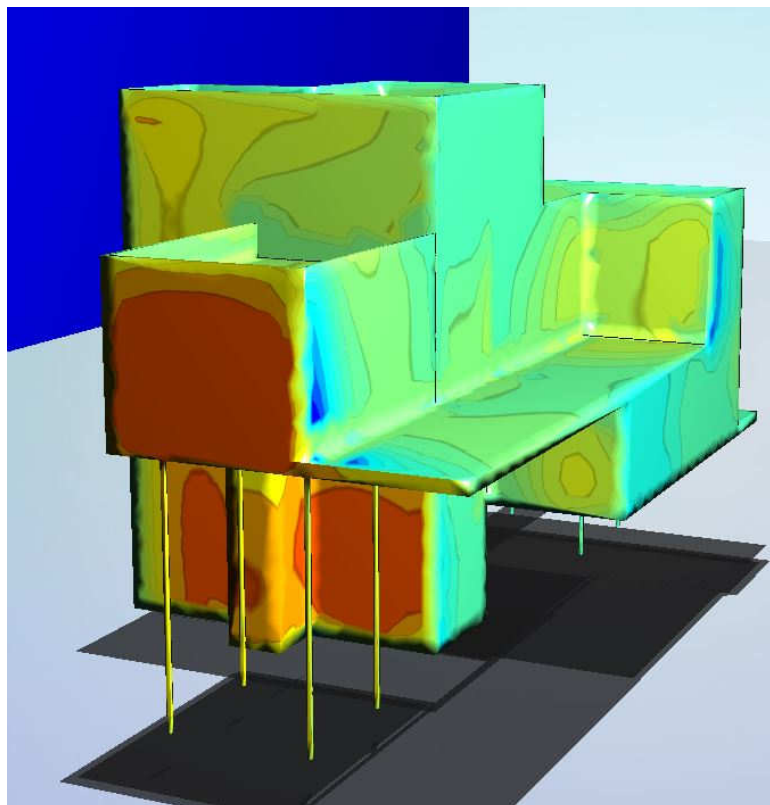
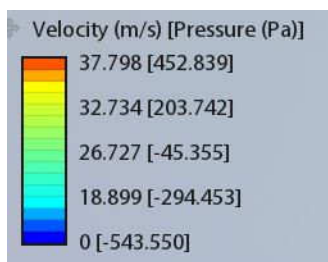
Obecné řešení:

- $c_{r(z)} = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$
- $c_{0(z)} = 1,0$
- $v_{m(z)} = c_{r(z)} \times c_{0(z)} \times v_b$
- $I_v(z) = \frac{k_I}{c_{0(z)} \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$
- $k_I = 1,0$
- $q_{p(z)} = \left[1 + 7 \times I_v(z)\right] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_{m(z)}^2$
- $w_e = q_{p(z_e)} \times c_{pe}$

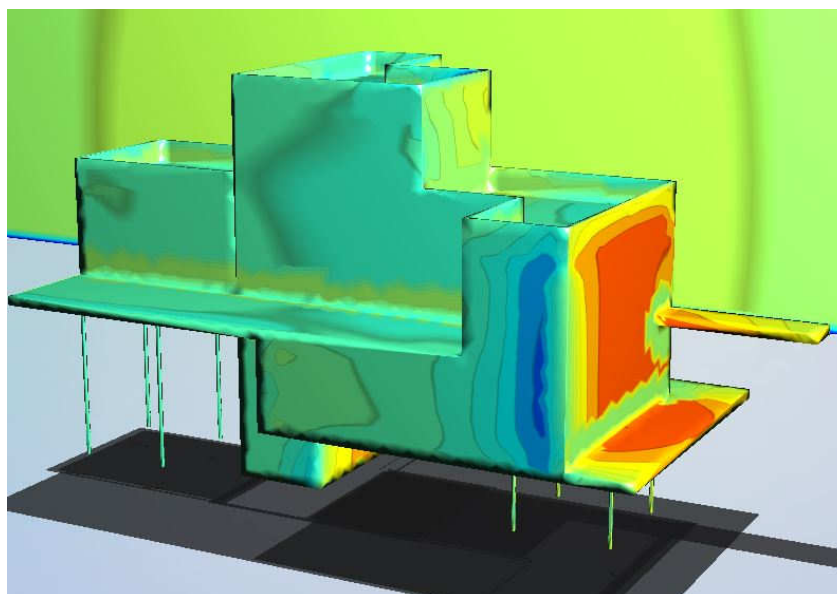
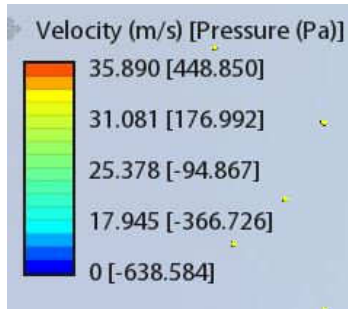
### 2.4.1 Grafický výstup z Autodesk flow design

Podrobněji viz část F – 3 Autodesk flow design

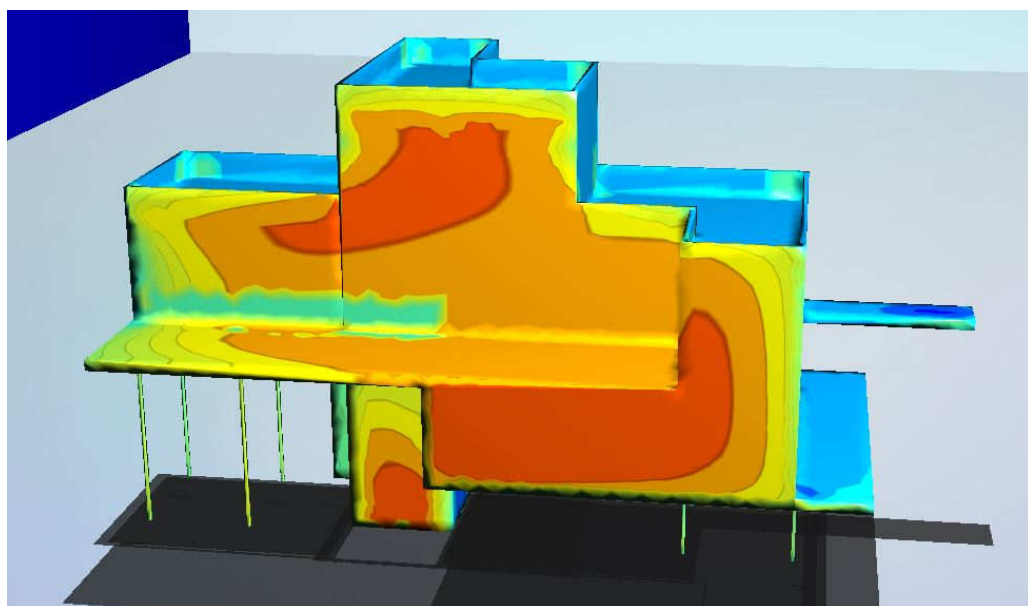
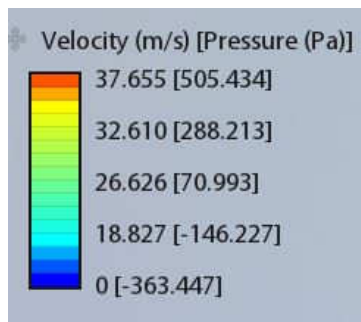
- Směr větru +X



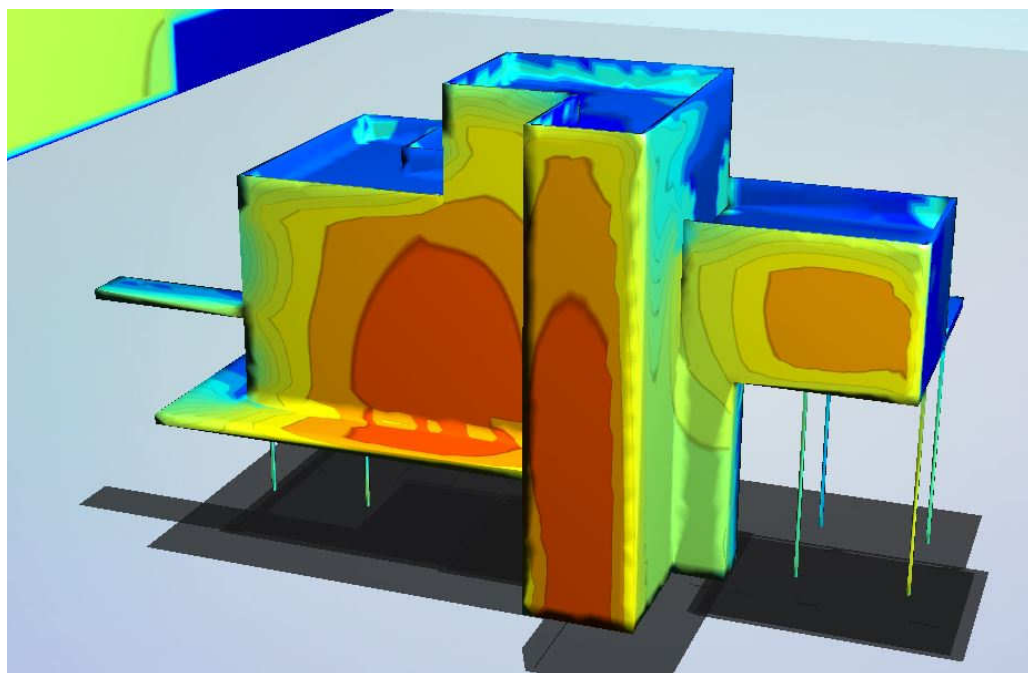
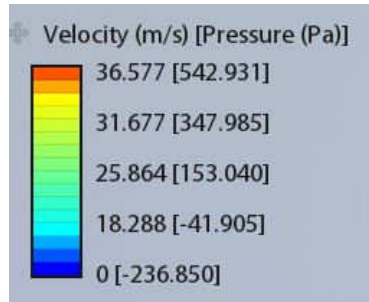
- Směr větru -X



- Směr větru +Y



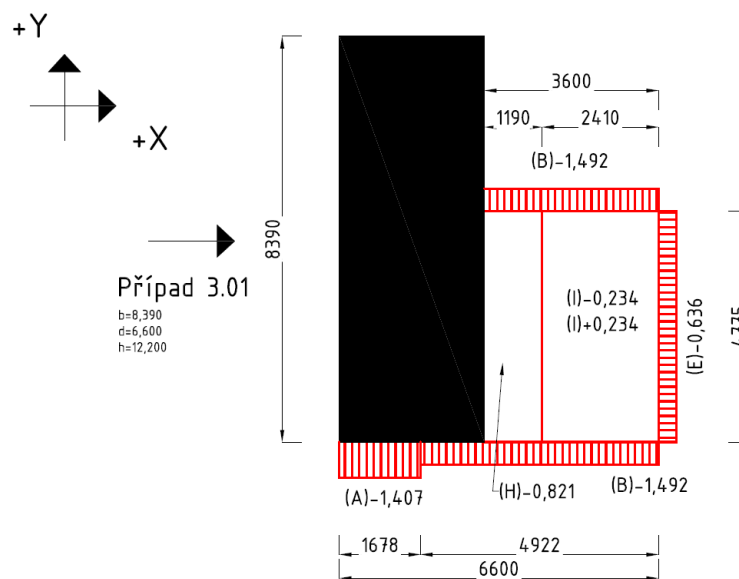
- Směr větru -Y



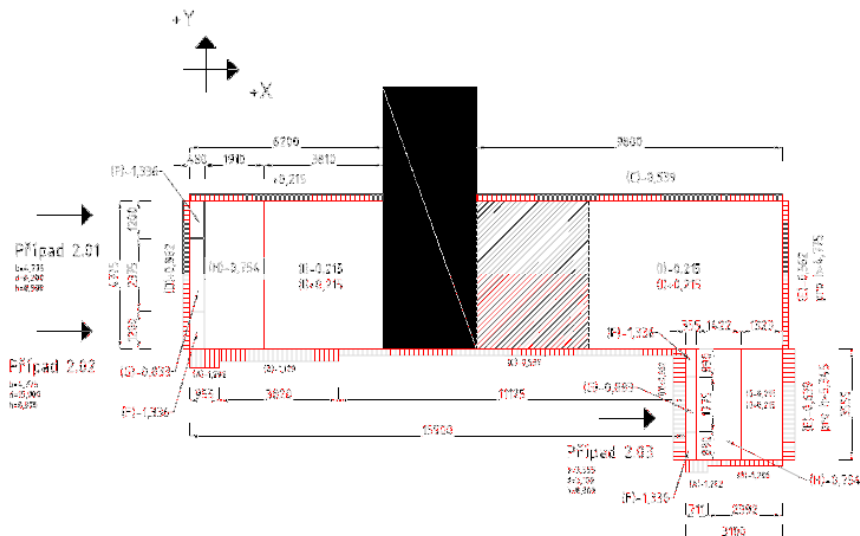
### 2.4.2 ZS6 – Vítr +X (I-)

ZADÁNÍ GEOMETRIE JEDNOTLIVÝCH PŘÍPADŮ									
případ	z	$C_f(z)$	$C_o(z)$	$v_m(z)$	$I_v(z)$	$q_p(z)$	b	d	$h_{p(atika)}$
Případ 3.01	12.2	1.044	1	28.723	0.182	1172.20	8.39	6.6	0.8
Případ 2.01	8.9	0.985	1	27.075	0.193	1077.07	4.775	6.2	0.8
Případ 2.02	8.9	0.985	1	27.075	0.193	1077.07	4.775	15.9	0.8
Případ 2.03	8.9	0.985	1	27.075	0.193	1077.07	3.555	3.1	0.8
Případ 1.01	5.8	0.903	1	24.838	0.210	953.33	8.33	15.6	0
Případ 1.02	5.8	0.903	1	24.838	0.210	953.33	8.33	9.2	0
Případ 0.01	2.95	0.775	1	21.305	0.245	770.71	10.125	11.8	0

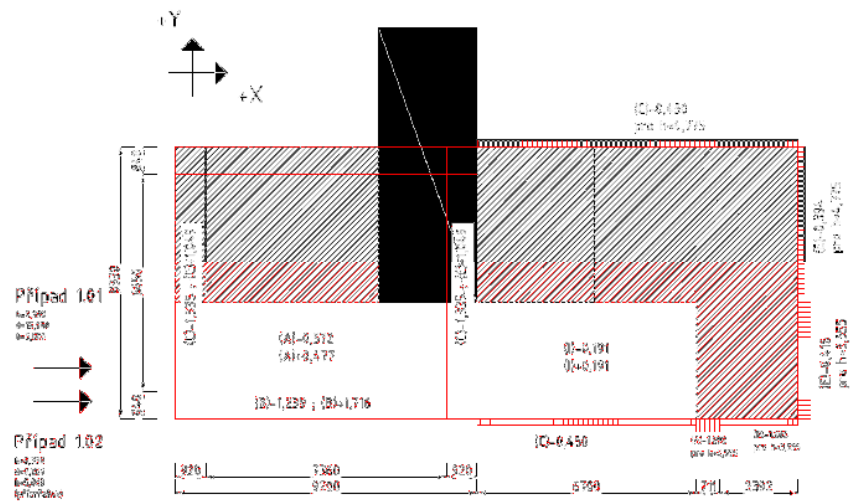
- Schematický půdorys případů zatížení – z = 12,200 m



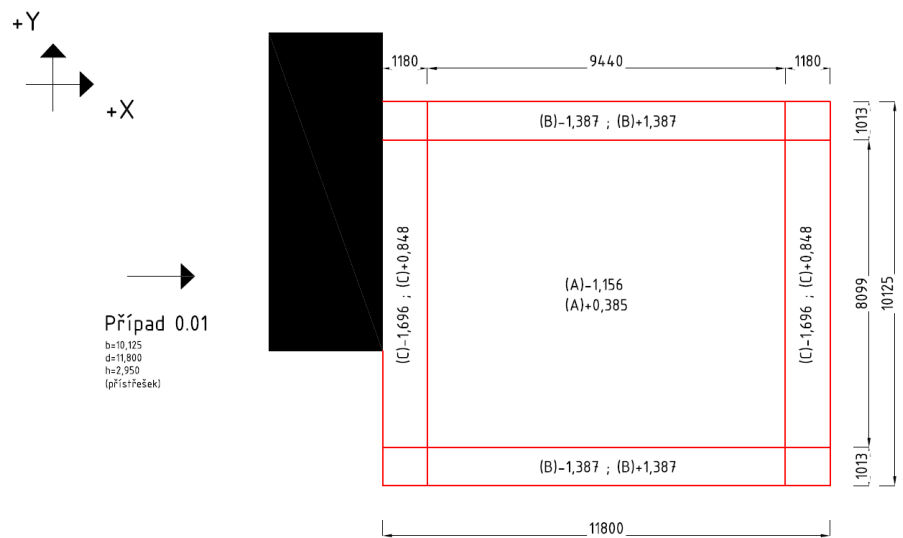
- Schematický půdorys případů zatížení – z = 8,900 m

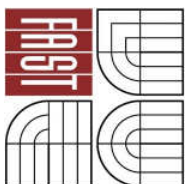


- Schematický půdorys případů zatížení – z = 5,800 m



- Schematický půdorys případů zatížení – z = 2,950 m

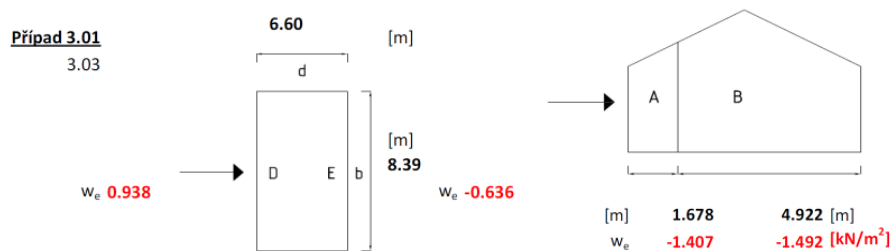




STĚNY	e	h/d	A		B		C		D		E		C <sub>pe,10</sub>				
			C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	w <sub>e(A)</sub>	w <sub>e(B)</sub>	w <sub>e(C)</sub>
Případ 3.01	8.39	1.848	-1.200	-1.400	-1.273	-1.100	-0.500	-0.500	0.800	1.000	-0.542	-0.542	-1.407	-1.492	-0.586	0.938	-0.636
Případ 2.01	4.775	1.435	-1.200	-1.400	-1.335	-1.100	-0.500	-0.500	0.800	1.000	-0.522	-0.522	-1.292	-1.438	-0.539	0.862	-0.562
Případ 2.02	4.775	0.560	-1.200	-1.400	-1.048	-1.100	-0.500	-0.500	0.741	2.000	-0.383	-0.383	-1.292	-1.129	-0.539	0.798	-0.412
Případ 2.03	3.555	2.871	-1.200	-1.400	-1.119	-1.100	-0.500	-0.500	0.800	3.000	-0.594	-0.594	-1.292	-1.206	-0.539	0.862	-0.639
Případ 1.01	8.33	0.372	-1.200	-1.400	-0.897	-1.100	-0.500	-0.500	0.716	4.000	-0.332	-0.332	-1.144	-0.856	-0.477	0.683	-0.317
Případ 1.02	8.33	0.630	-1.200	-1.400	-1.104	-1.100	-0.500	-0.500	0.751	5.000	-0.401	-0.401	-1.144	-1.053	-0.477	0.716	-0.383

PLOCHÁ STŘECHA		e	h <sub>p</sub> /h	F		G		H		I+		I-		C <sub>pe,10</sub>				
				C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	w <sub>e(F)</sub>	w <sub>e(G)</sub>	w <sub>e(H)</sub>
pro střechu s atokou	Případ 3.01	8.39	0.066	-1.338	-0.892	-0.869	-1.538	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.568	-1.018	-0.821	0.234	-0.234
	Případ 2.01	4.775	0.090	-1.240	1.151	-0.820	-1.440	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.336	-0.883	-0.754	0.215	-0.215
	Případ 2.02	4.775	0.090	-1.240	1.151	-0.820	-1.440	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.336	-0.883	-0.754	0.215	-0.215
	Případ 2.03	3.555	0.090	-1.240	1.151	-0.820	-1.440	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.336	-0.883	-0.754	0.215	-0.215
pro ostré hrany	Případ 1.01	8.33	N/A	-1.800	-2.500	-1.200	-2.000	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.716	-1.144	-0.667	0.191	-0.191
pro přístřešek	Případ 0.01	φ 1		w <sub>e(+A)</sub> 385.4	w <sub>e(-A)</sub> -1156.1	w <sub>e(+B)</sub> 1387.3	w <sub>e(-B)</sub> -1387.3	w <sub>e(+C)</sub> 847.8	w <sub>e(-C)</sub> -1695.6									

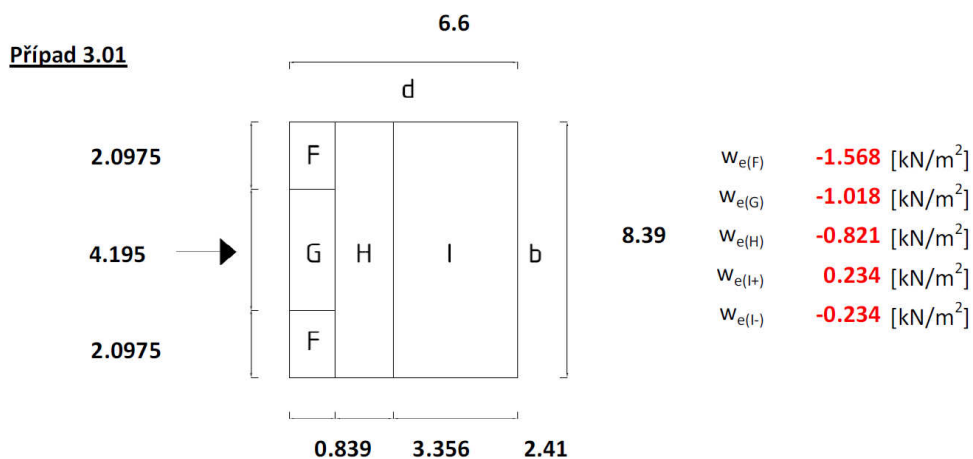
- 3.01 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)



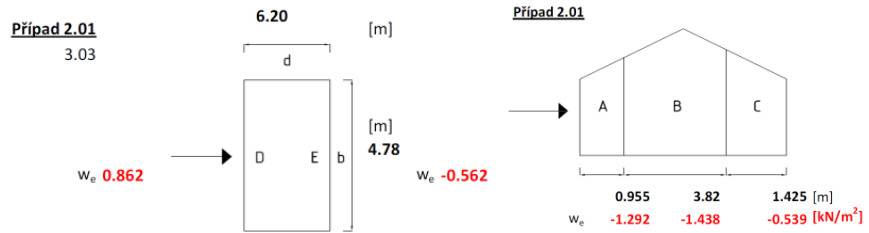
- 3.01 - Rozdělení zatížení po výšce budovy



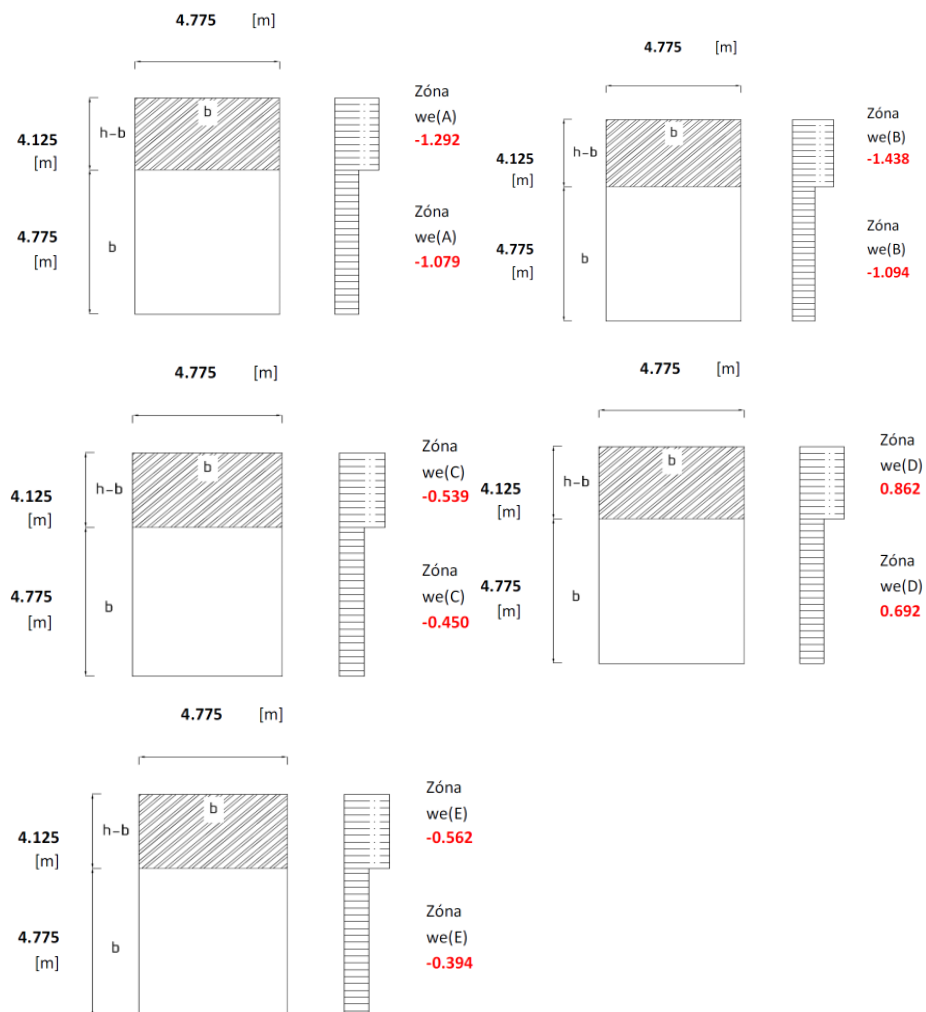
- 3.01 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)



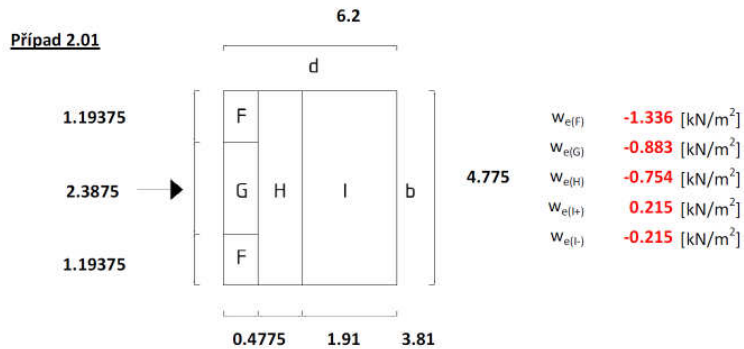
- 2.01 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)



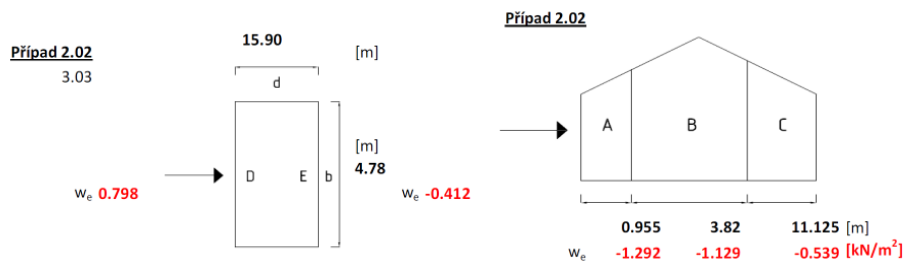
- 2.01 - Rozdělení zatížení po výšce budovy



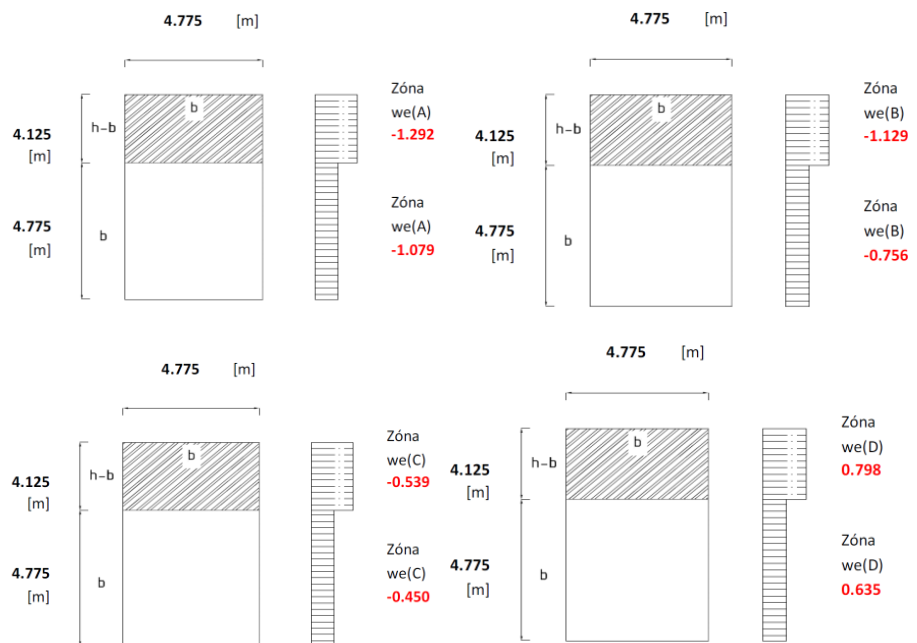
- 2.01 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)

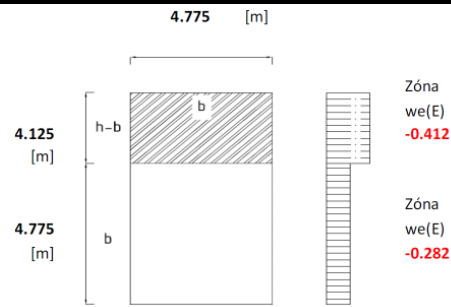


- 2.02 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)

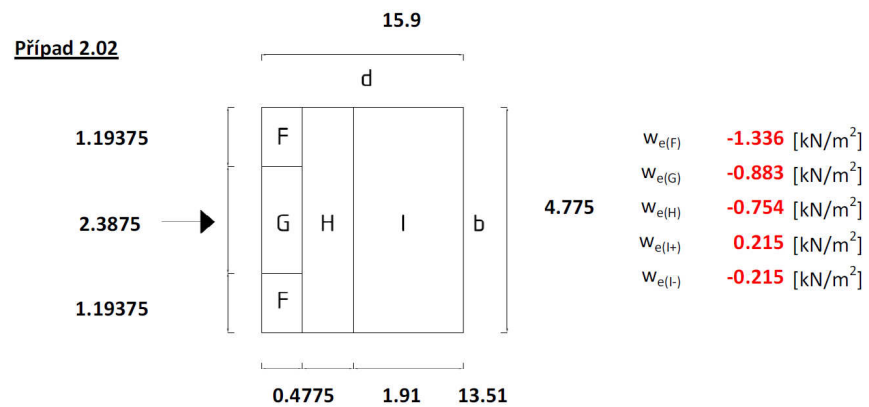


- 2.02 - Rozdělení zatížení po výšce budovy

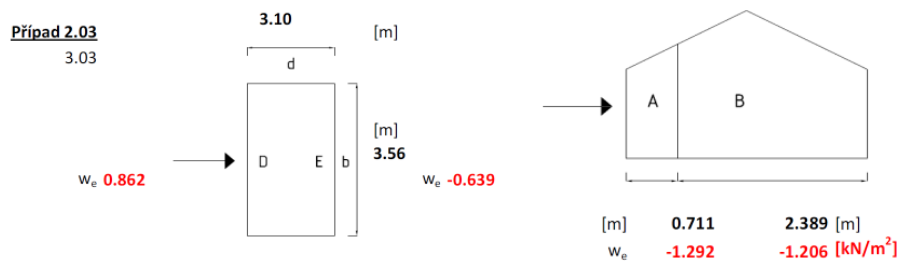




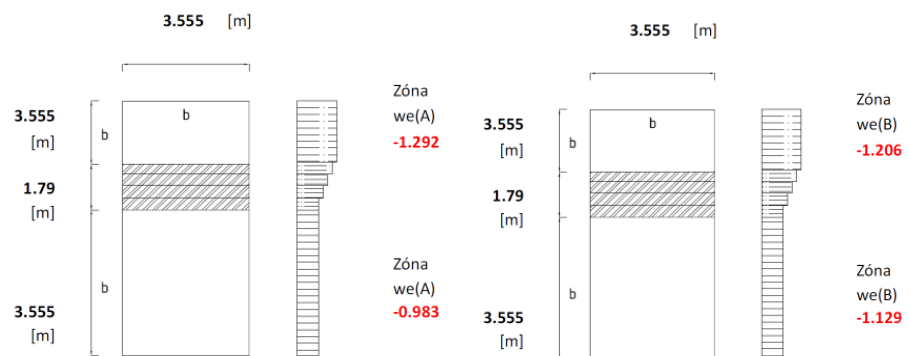
- 2.02 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)

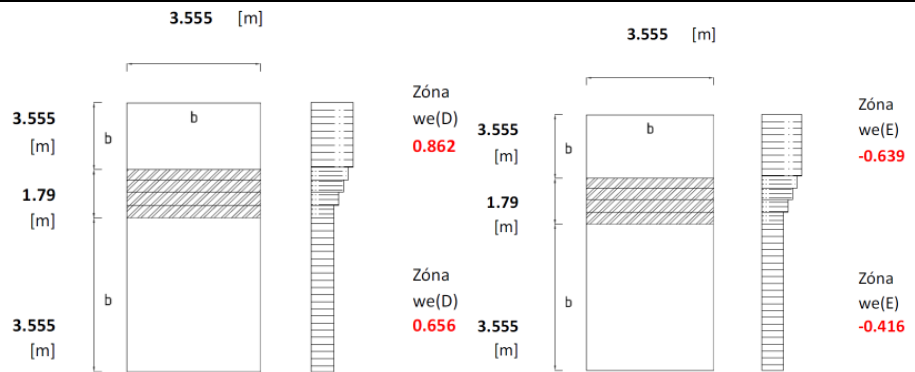


- 2.03 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)

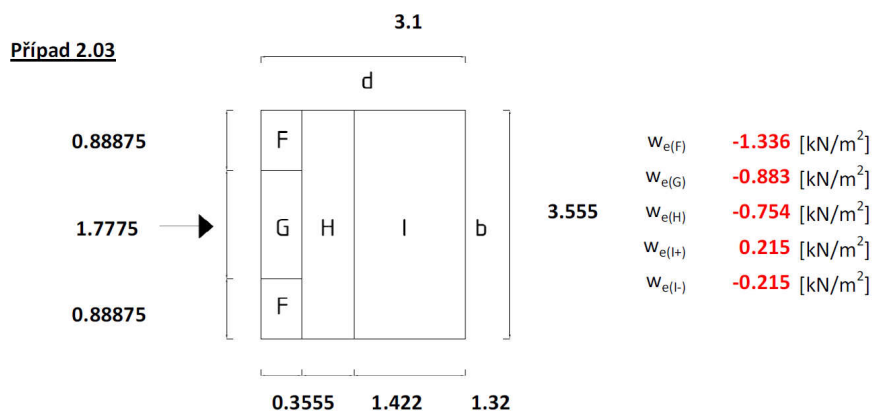


- 2.03 - Rozdělení zatížení po výšce budovy

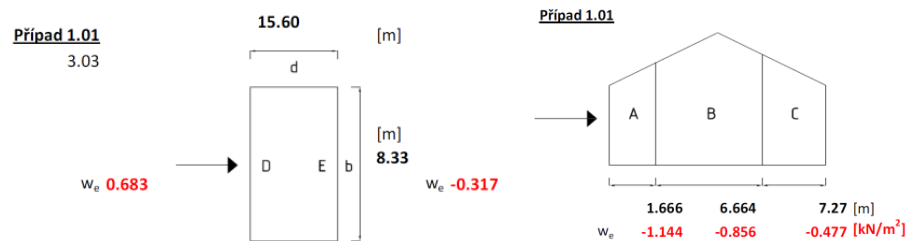




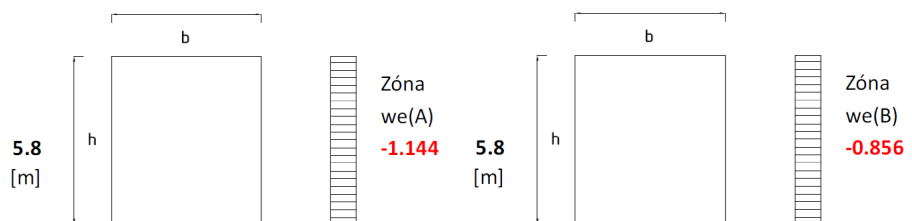
- 2.03 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)

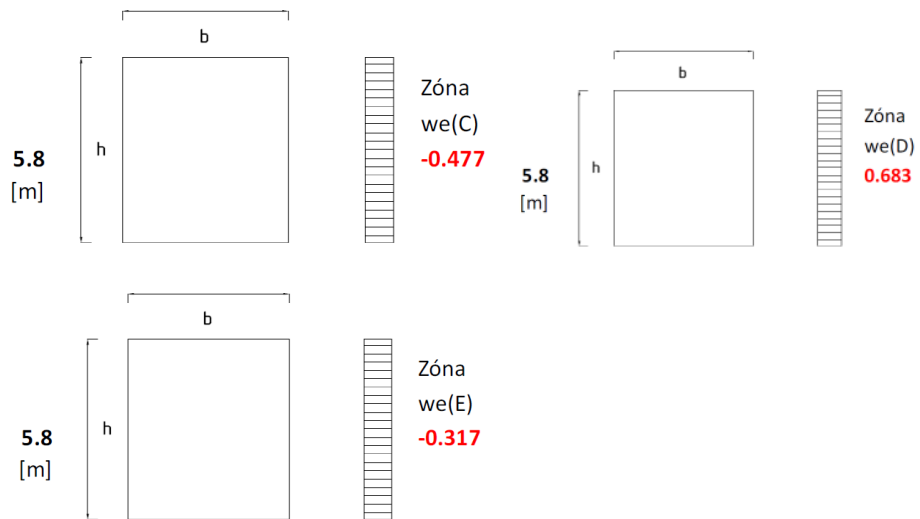


- 1.01 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)

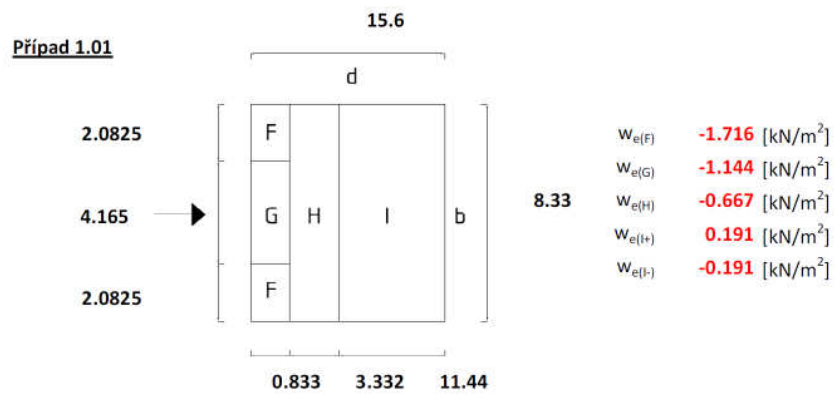


- 1.01 - Rozdělení zatížení po výšce budovy

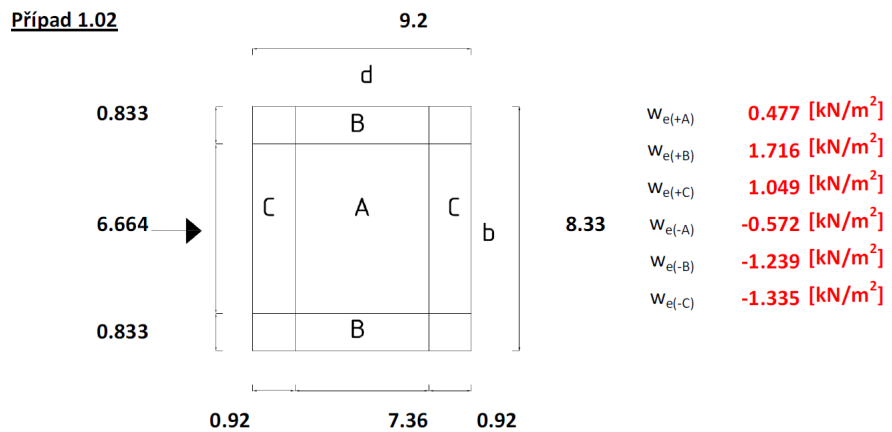




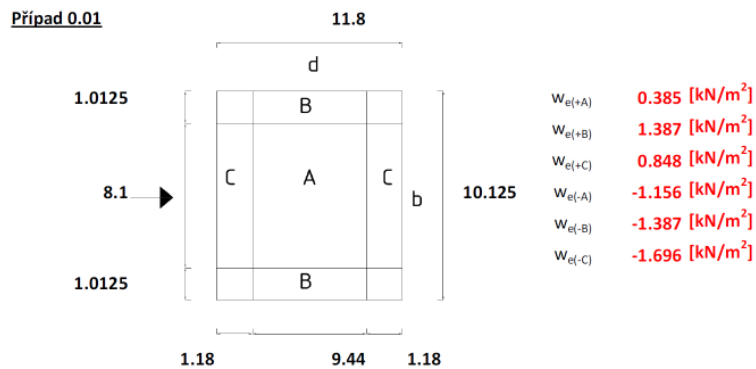
- 1.01 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)



- 1.02 - Rozdělení zatížení na rovinu „přístřešku“ (oblast A, B, C)



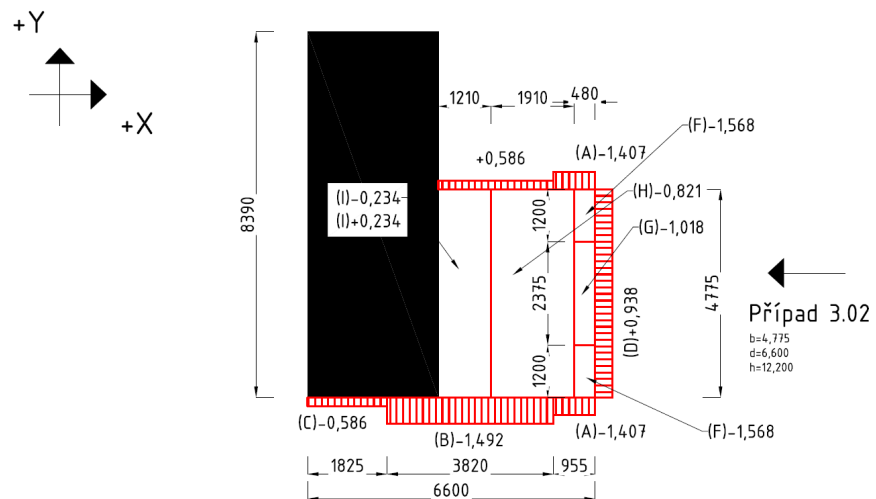
- 0.01 - Rozdělení zatížení na rovinu „přístřešku“ (oblast A, B, C)



2.4.3 ZS7 – Vítr -X (I-)

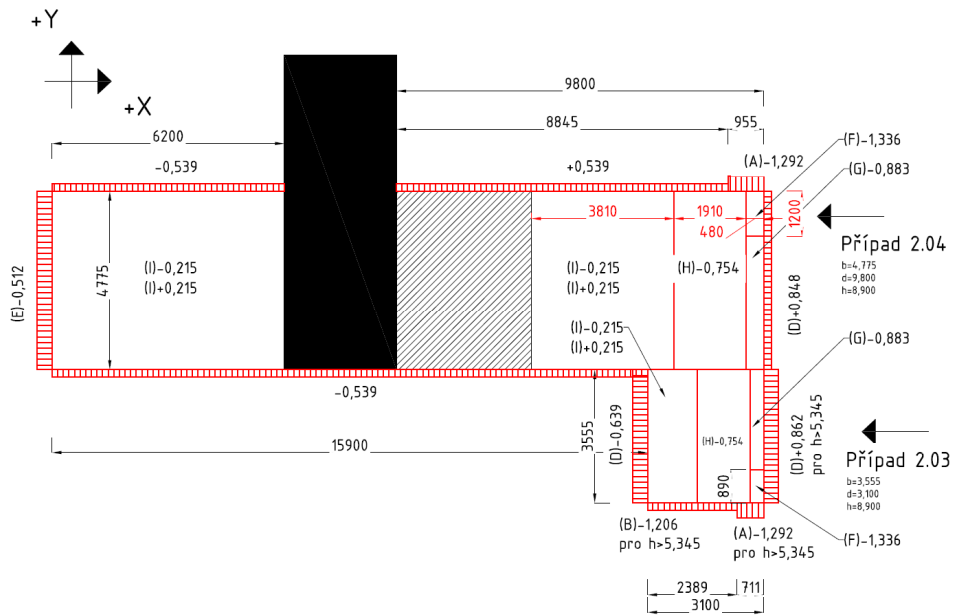
ZADÁNÍ GEOMETRIE JEDNOTLIVÝCH PŘÍPADŮ									
případ	z	$c_r(z)$	$c_0(z)$	$v_m(z)$	$l_v(z)$	$q_p(z)$	b	d	$h_{p(atika)}$
Případ 3.02	12.2	1.044	1	28.723	0.182	1172.20	4.775	6.6	0.8
Případ 2.03	8.9	0.985	1	27.075	0.193	1077.07	3.555	3.1	0.8
Případ 2.04	8.9	0.985	1	27.075	0.193	1077.07	4.775	9.8	0.8
Případ 1.03	5.8	0.903	1	24.838	0.210	953.33	8.33	9.2	0.8
Případ 1.04	5.8	0.903	1	24.838	0.210	953.33	3.555	9.8	0
Případ 0.02	2.95	0.775	1	21.305	0.245	770.71	10.125	11.8	0

- Schematický půdorys případů zatížení – z = 12,200 m

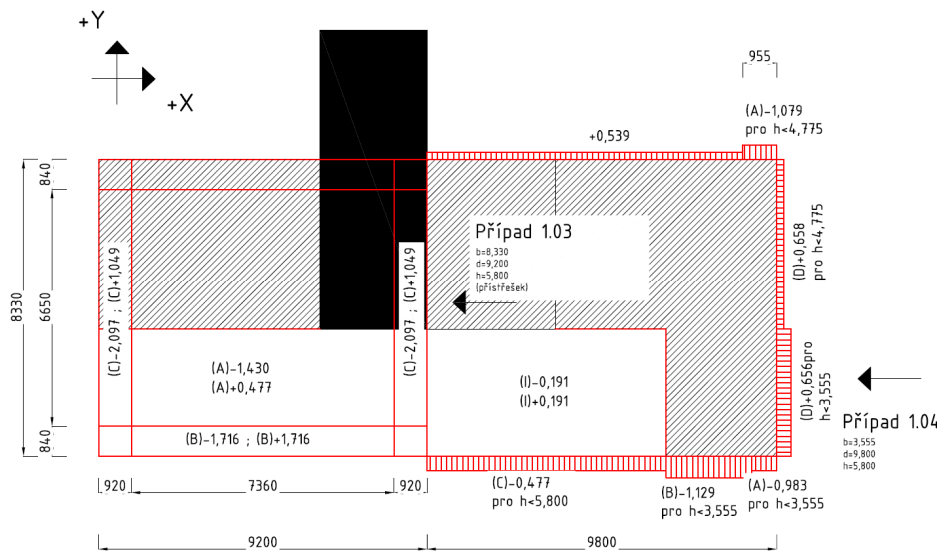


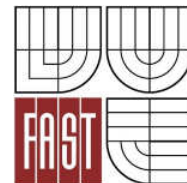


- Schematický půdorys případů zatížení – z = 8,900 m

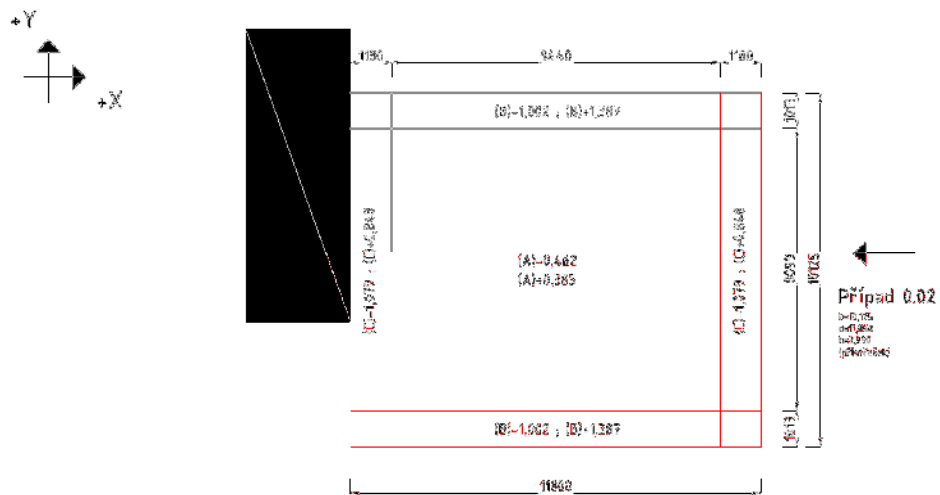


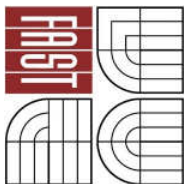
- Schematický půdorys případů zatížení – z = 5,800 m





- Schematický půdorys případů zatížení – z = 2,950 m

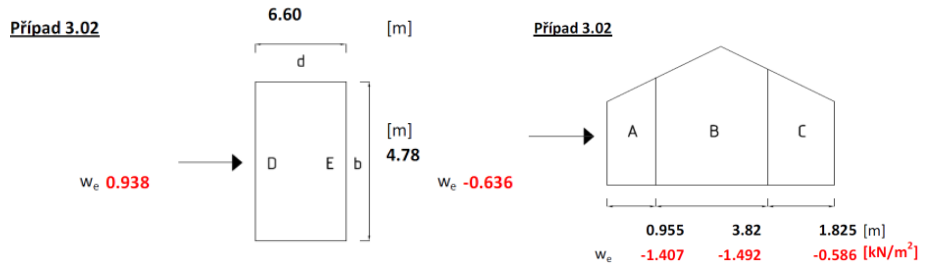




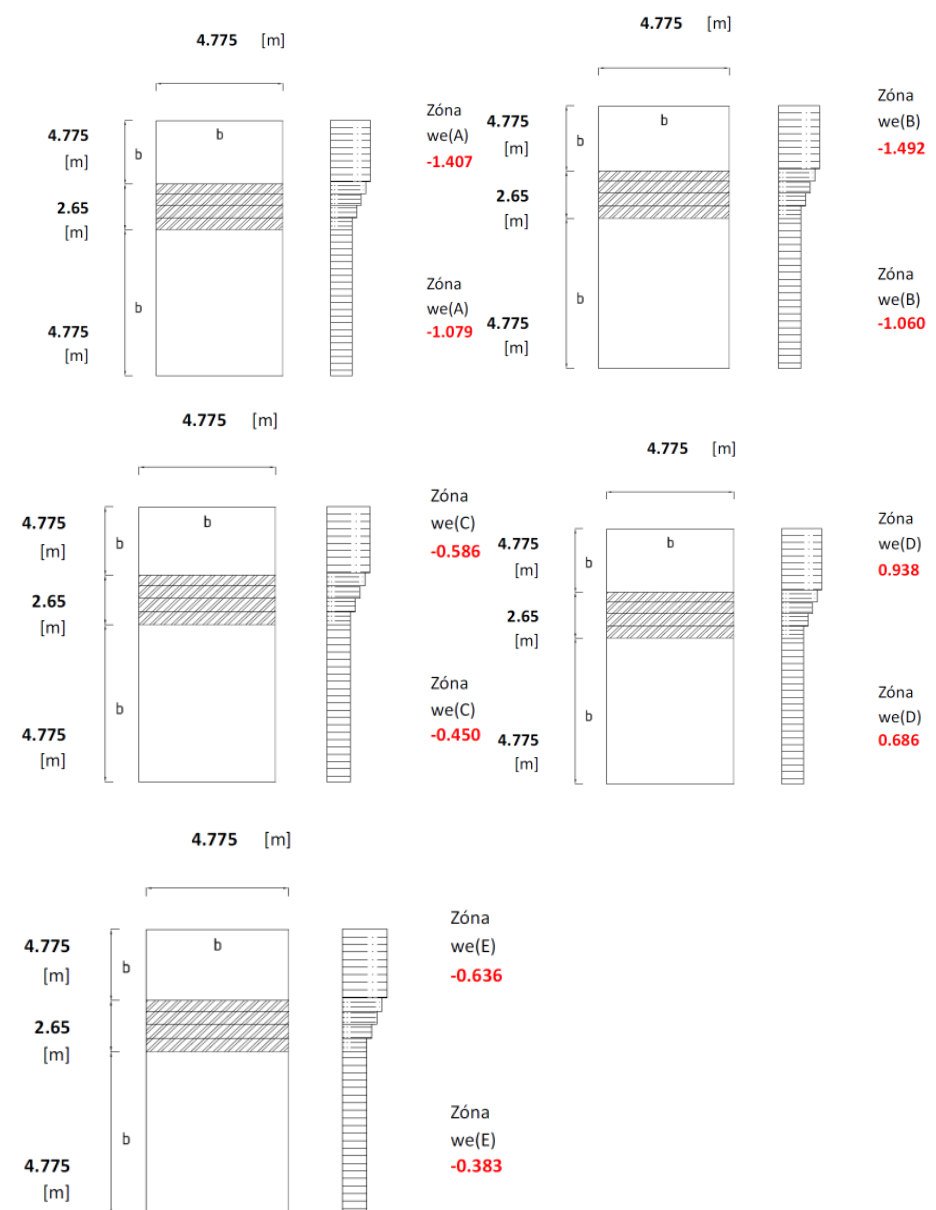
STĚNY	e	h/d	A		B		C		D		E		C <sub>pe,10</sub>				
			C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	w <sub>e(A)</sub>	w <sub>e(B)</sub>	w <sub>e(C)</sub>
Případ 3.02	4.775	1.848	-1.200	-1.400	-1.273	-1.100	-0.500	-0.500	0.800	1.000	-0.542	-0.542	-1.407	-1.492	-0.586	0.938	-0.636
Případ 2.03	3.555	2.871	-1.200	-1.400	-1.119	-1.100	-0.500	-0.500	0.800	1.000	-0.594	-0.594	-1.292	-1.206	-0.539	0.862	-0.639
Případ 2.04	4.775	0.908	-1.200	-1.400	-1.327	-1.100	-0.500	-0.500	0.788	2.000	-0.476	-0.476	-1.292	-1.429	-0.539	0.848	-0.512
Případ 1.03	8.33	0.630	-1.200	-1.400	-1.104	-1.100	-0.500	-0.500	0.751	3.000	-0.401	-0.401	-1.144	-1.053	-0.477	0.716	-0.383
Případ 1.04	3.555	0.592	-1.200	-1.400	-1.073	-1.100	-0.500	-0.500	0.746	4.000	-0.391	-0.391	-1.144	-1.023	-0.477	0.711	-0.373

PLOCHÁ STŘECHA		e	h <sub>p</sub> /h	F		G		H		I+		I-		C <sub>pe,10</sub>				
				C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	w <sub>e(F)</sub>	w <sub>e(G)</sub>	w <sub>e(H)</sub>
pro střechu s atokou	Případ 3.02	4.775	0.066	-1.338	-0.892	-0.869	-1.538	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.568	-1.018	-0.821	0.234	-0.234
	Případ 2.03	3.555	0.090	-1.240	1.151	-0.820	-1.440	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.336	-0.883	-0.754	0.215	-0.215
	Případ 2.04	4.775	0.090	-1.240	1.151	-0.820	-1.440	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.336	-0.883	-0.754	0.215	-0.215
		#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
pro ostré hrany	Případ 1.04	3.555	N/A	-1.800	-2.500	-1.200	-2.000	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.716	-1.144	-0.667	0.191	-0.191
přístřešek	Případ 0.02	φ		w <sub>e(+A)</sub>	w <sub>e(-A)</sub>	w <sub>e(+B)</sub>	w <sub>e(-B)</sub>	w <sub>e(+C)</sub>	w <sub>e(-C)</sub>									
		0		385.4	-462.4	1387.3	-1001.9	847.8	-1079.0									

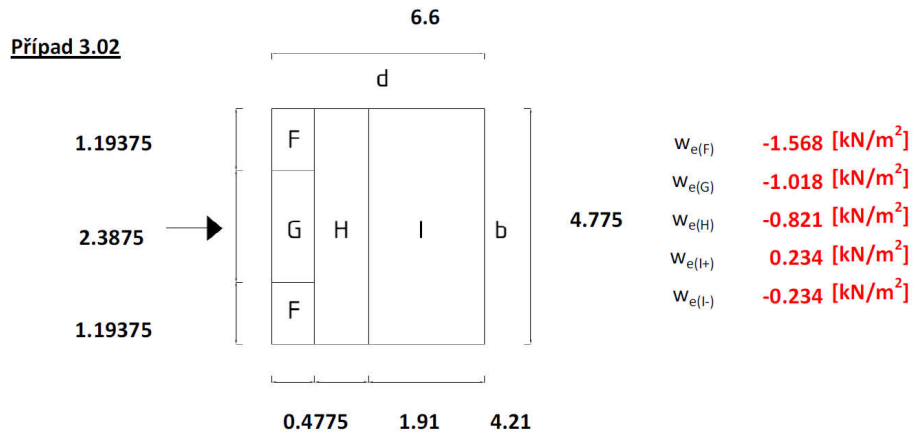
- 3.02 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)



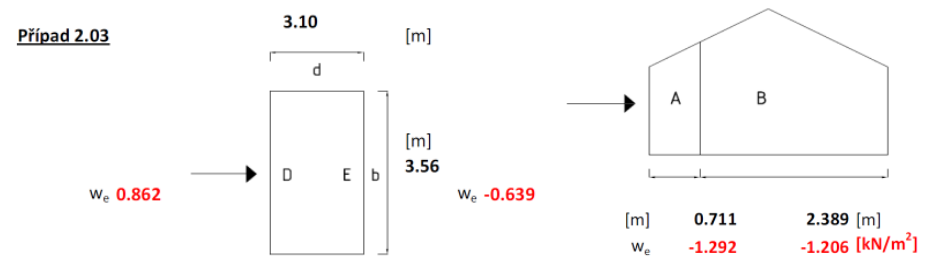
- 3.02 - Rozdělení zatížení po výšce budovy



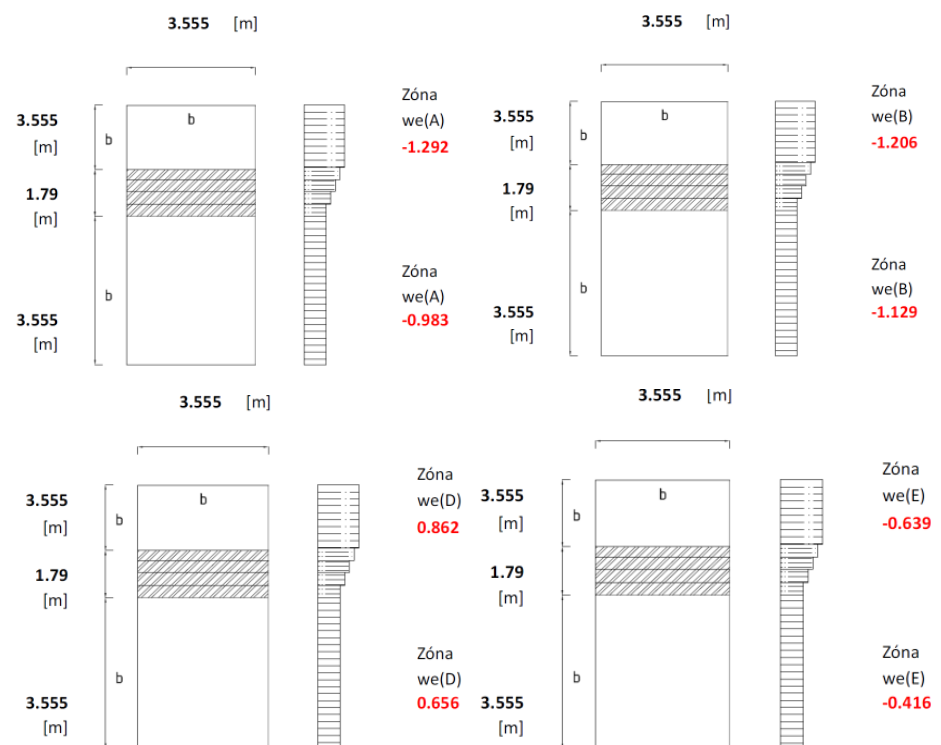
- 3.02 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)



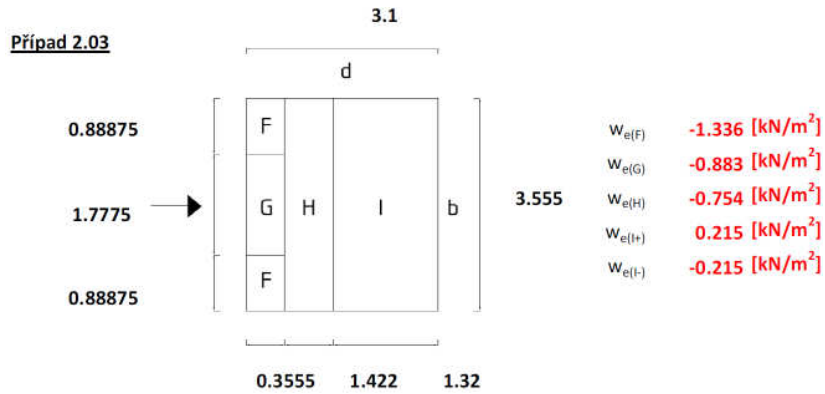
- 2.03 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)



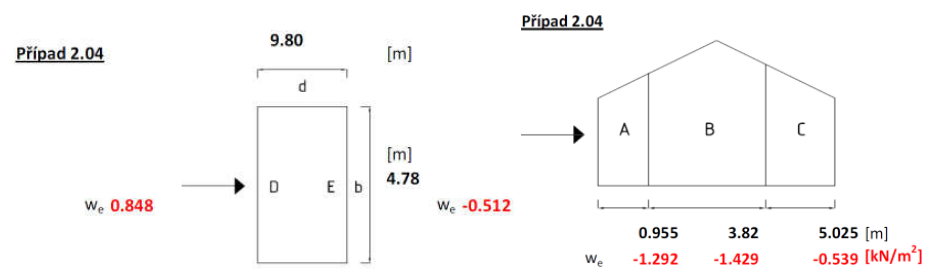
- 2.03 - Rozdělení zatížení po výšce budovy



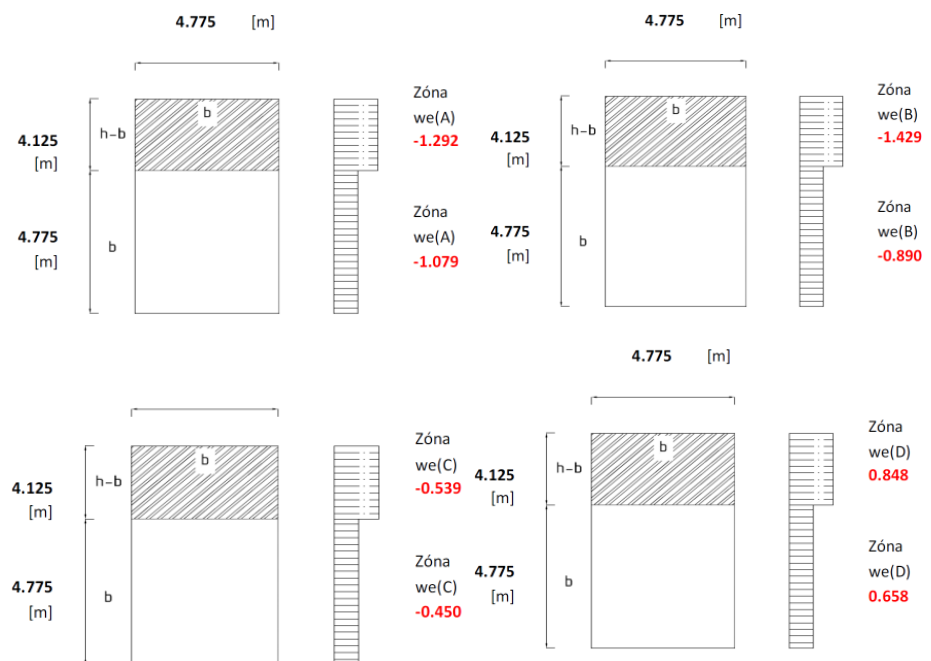
- 2.03 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)

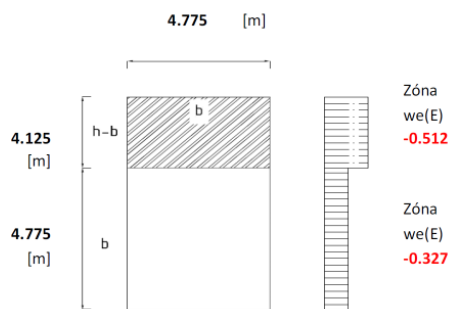


- 2.04 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)



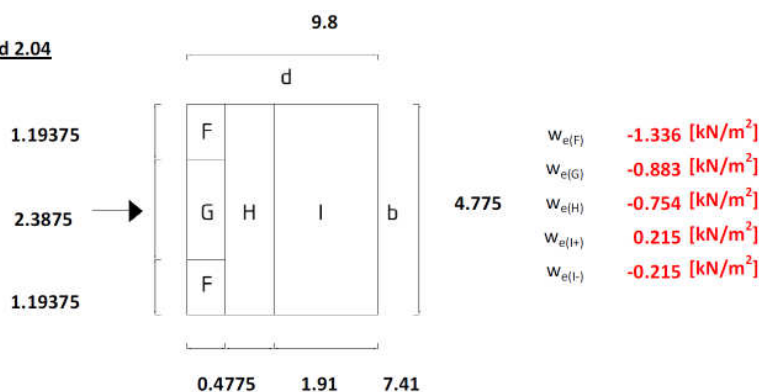
- 2.04 - Rozdělení zatížení po výšce budovy





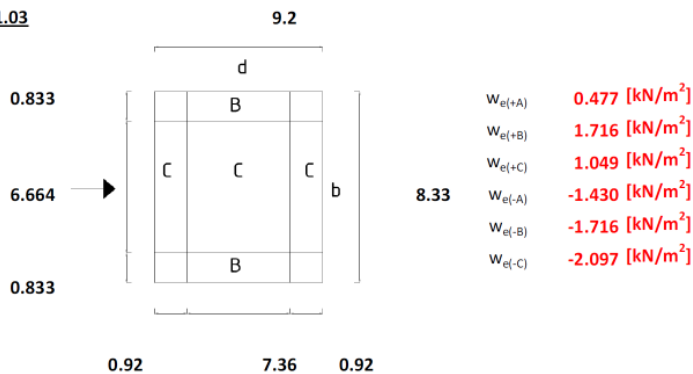
- 2.04 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)

**Případ 2.04**



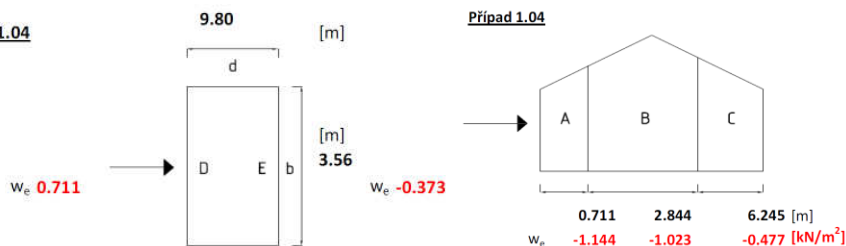
- 1.03 - Rozdělení zatížení na rovinu „přístřešku“ (oblast A, B, C)

**Případ 1.03**

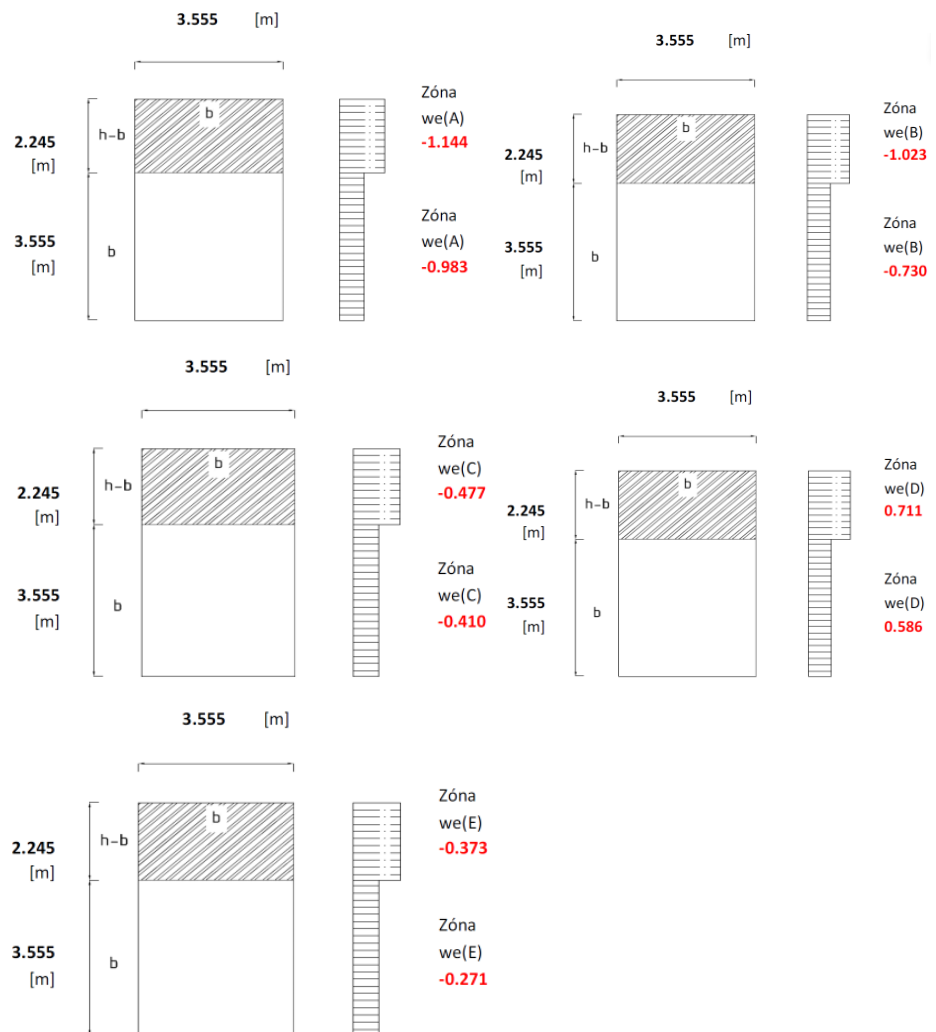


- 1.04 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)

**Případ 1.04**

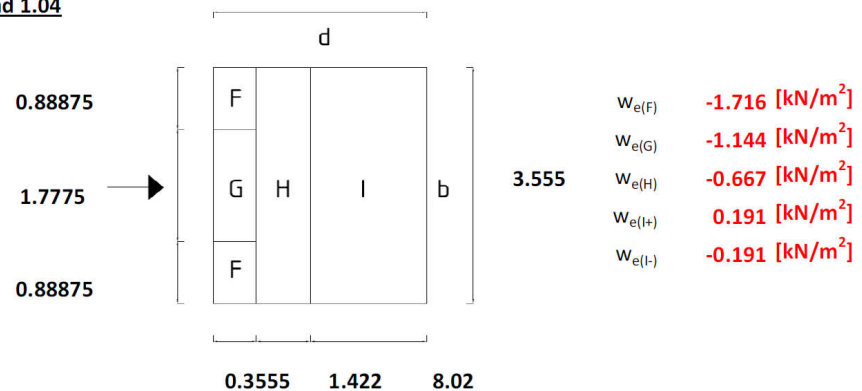


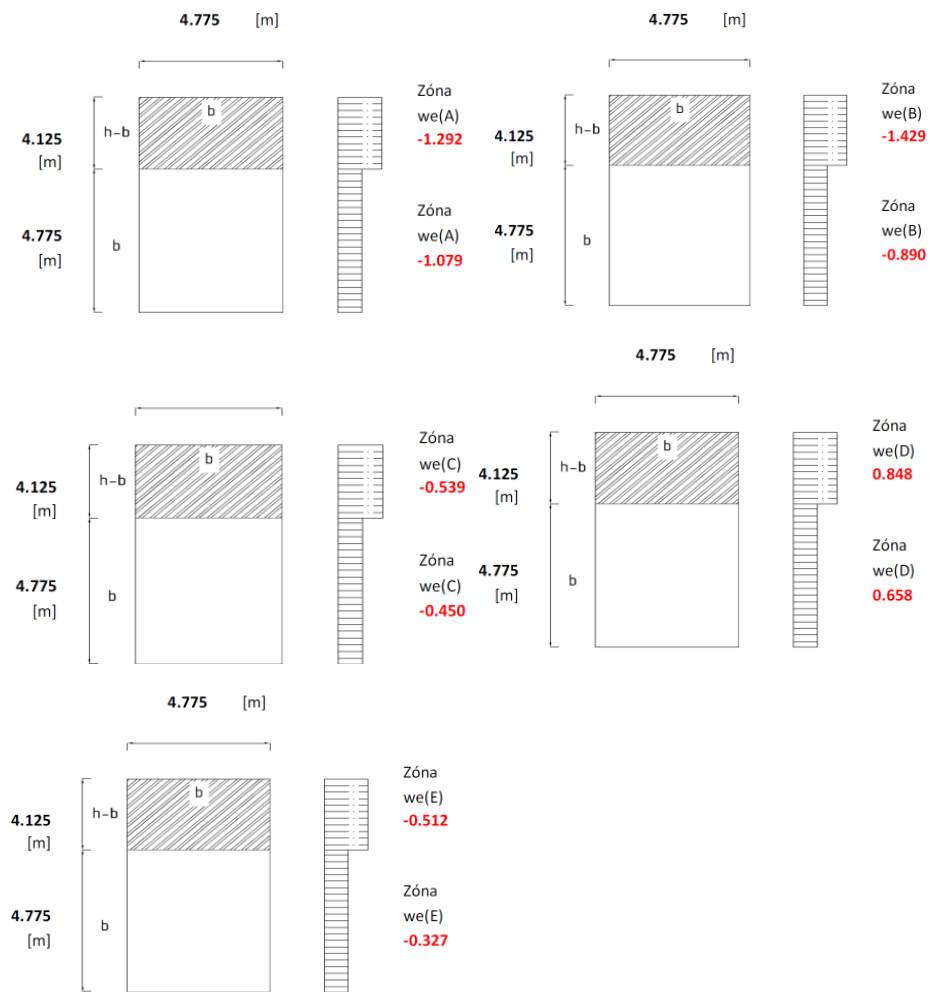
- 1.04 - Rozdělení zatížení po výšce budovy



- 1.04 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)

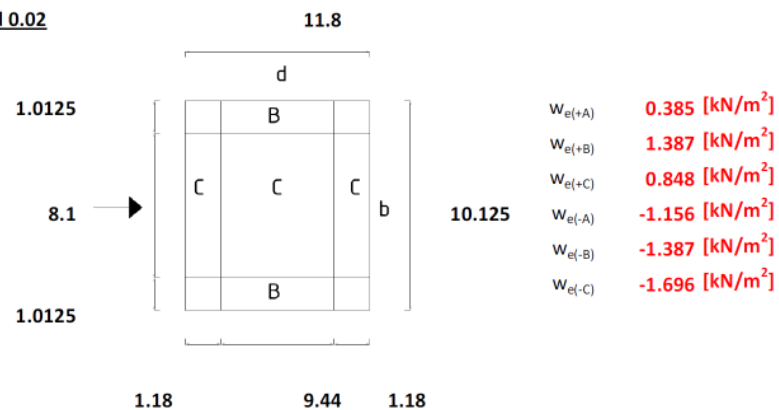
Případ 1.04





- 0.02 - Rozdělení zatížení na rovinu „přístřešku“ (oblast A, B, C)

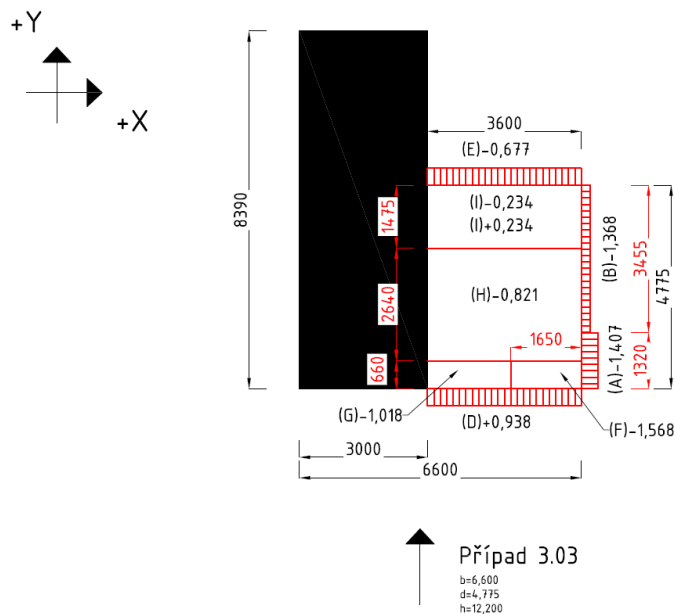
**Případ 0.02**



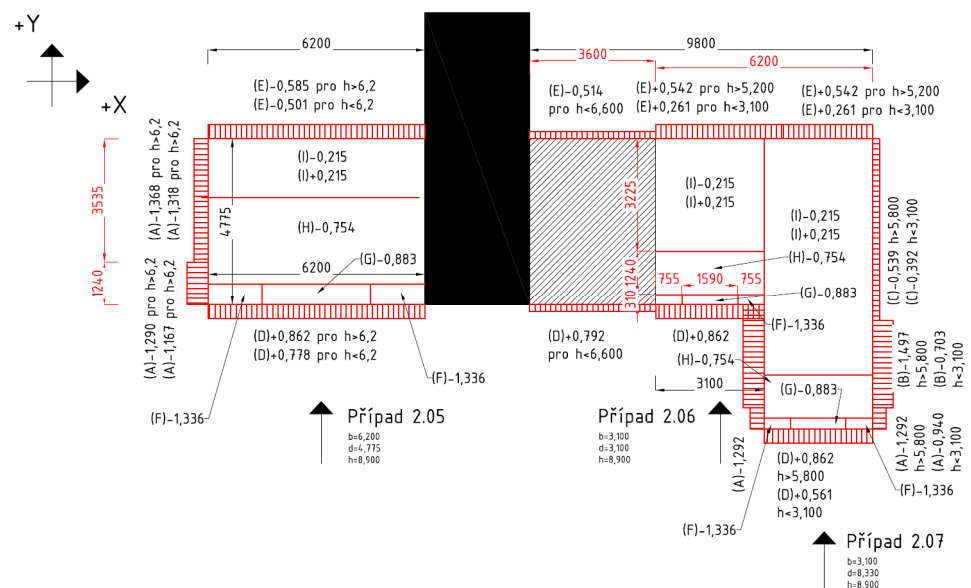
### 2.4.4 ZS8 – Vítr +Y (I-)

ZADÁNÍ GEOMETRIE JEDNOTLIVÝCH PŘÍPADŮ									
případ	z	$C_{r(z)}$	$C_{0(z)}$	$V_m(z)$	$I_v(z)$	$q_p(z)$	b	d	$h_{p(atika)}$
Případ 3.03	12.2	1.044	1	28.723	0.182	1172.20	6.6	4.775	0.8
Případ 2.05	8.9	0.985	1	27.075	0.193	1077.07	6.2	4.775	0.8
Případ 2.06	8.9	0.985	1	27.075	0.193	1077.07	3.1	4.775	0.8
Případ 2.07	8.9	0.985	1	27.075	0.193	1077.07	3.1	8.33	0.8
Případ 1.04	5.8	0.903	1	24.838	0.210	953.33	6.7	3.555	0
Případ 1.05	5.8	0.903	1	24.838	0.210	953.33	9.2	8.33	0
Případ 0.03	2.95	0.775	1	21.305	0.245	770.71	11.8	10.125	0

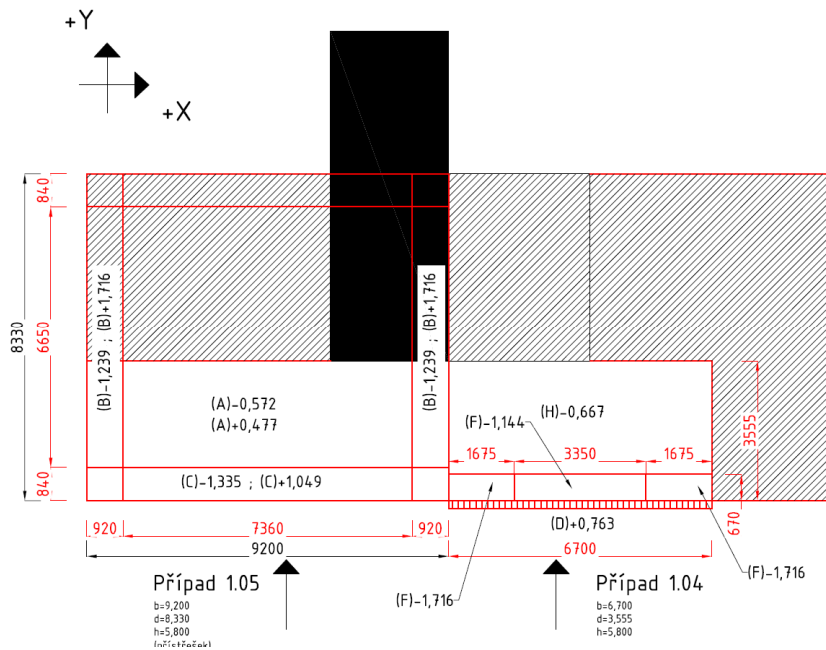
- Schematický půdorys případů zatížení – z = 12,200 m



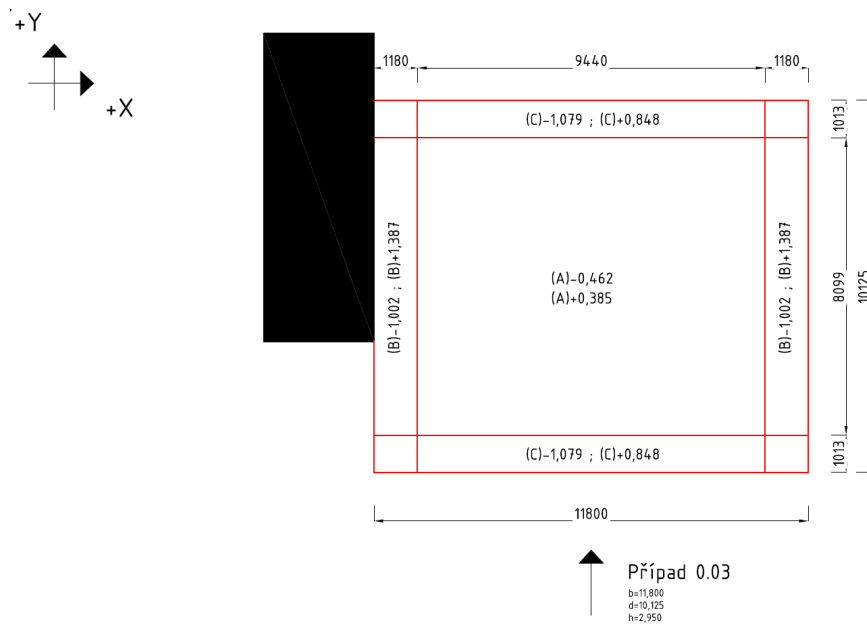
- Schematický půdorys případů zatížení – z = 8,900 m

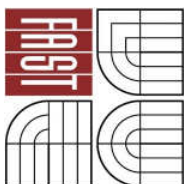


- Schematický půdorys případů zatížení – z = 5,800 m



- Schematický půdorys případů zatížení – z = 2,950 m

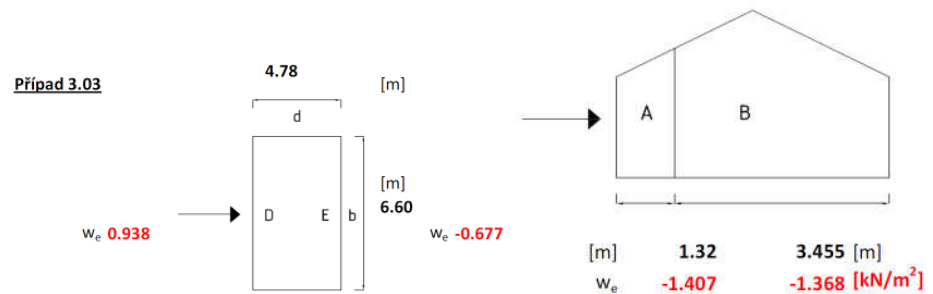




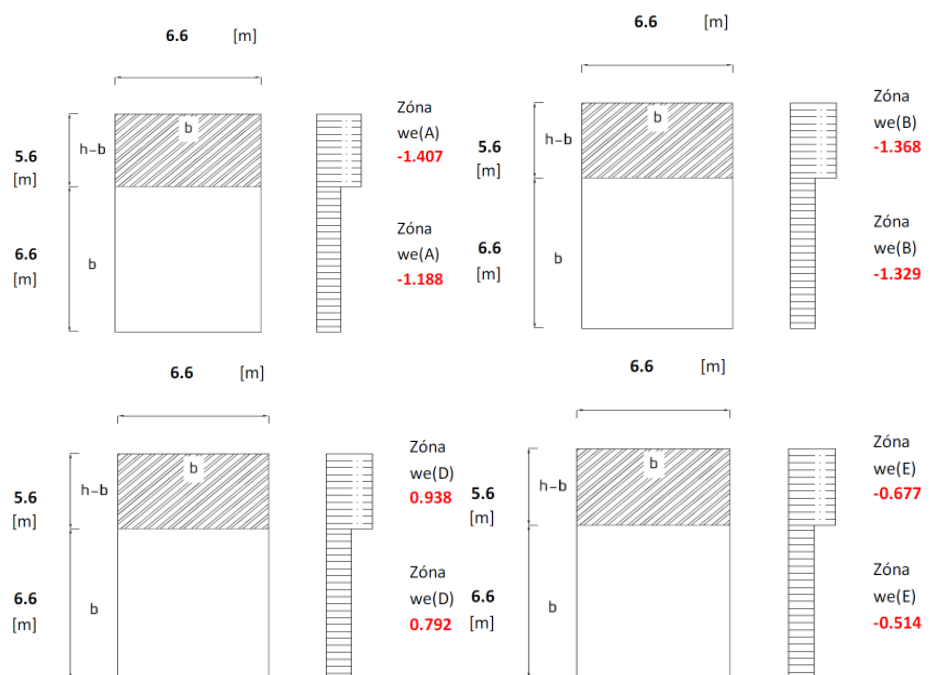
STĚNY	e	h/d	A		B		C		D		E		C <sub>pe,10</sub>				
			C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	w <sub>e(A)</sub>	w <sub>e(B)</sub>	w <sub>e(C)</sub>
Případ 3.03	6.6	2.555	-1.200	-1.400	-1.167	-1.100	-0.500	-0.500	0.800	1.000	-0.578	-0.578	-1.407	-1.368	-0.586	0.938	-0.677
Případ 2.05	6.2	1.864	-1.200	-1.400	-1.270	-1.100	-0.500	-0.500	0.800	1.000	-0.543	-0.543	-1.292	-1.368	-0.539	0.862	-0.585
Případ 2.06	3.1	1.864	-1.200	-1.400	-1.270	-1.100	-0.500	-0.500	0.800	2.000	-0.543	-0.543	-1.292	-1.368	-0.539	0.862	-0.585
Případ 2.07	3.1	1.068	-1.200	-1.400	-1.390	-1.100	-0.500	-0.500	0.800	3.000	-0.503	-0.503	-1.292	-1.497	-0.539	0.862	-0.542
Případ 1.04	6.7	1.632	-1.200	-1.400	-1.305	-1.100	-0.500	-0.500	0.800	4.000	-0.532	-0.532	-1.144	-1.244	-0.477	0.763	-0.507

PLOCHÁ STŘECHA		e	h <sub>p</sub> /h	F		G		H		I+		I-		C <sub>pe,10</sub>				
				C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	w <sub>e(F)</sub>	w <sub>e(G)</sub>	w <sub>e(H)</sub>
pro střechu s atokou	Případ 3.03	6.6	0.066	-1.338	-0.892	-0.869	-1.538	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.568	-1.018	-0.821	0.234	-0.234
	Případ 2.05	6.2	0.090	-1.240	1.151	-0.820	-1.440	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.336	-0.883	-0.754	0.215	-0.215
	Případ 2.06	3.1	0.090	-1.240	1.151	-0.820	-1.440	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.336	-0.883	-0.754	0.215	-0.215
	Případ 2.07	3.1	0.090	-1.240	1.151	-0.820	-1.440	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.336	-0.883	-0.754	0.215	-0.215
pro ostré hrany	Případ 1.04	6.7	N/A	-1.800	-2.500	-1.200	-2.000	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.716	-1.144	-0.667	0.191	-0.191
pro přístřešek	Případ 0.03	φ		w <sub>e(+A)</sub>	w <sub>e(-A)</sub>	w <sub>e(+B)</sub>	w <sub>e(-B)</sub>	w <sub>e(+C)</sub>	w <sub>e(-C)</sub>									
		0		385.4	-462.4	1387.3	-1001.9	847.8	-1079.0									

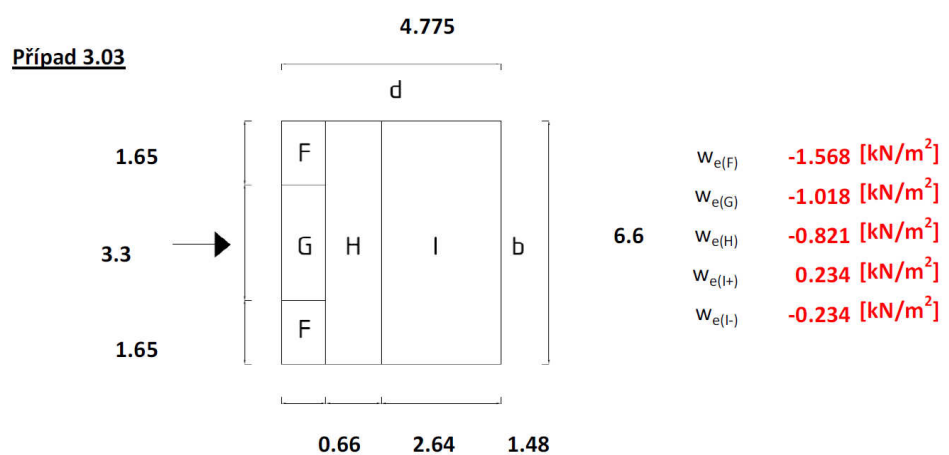
3.03 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)



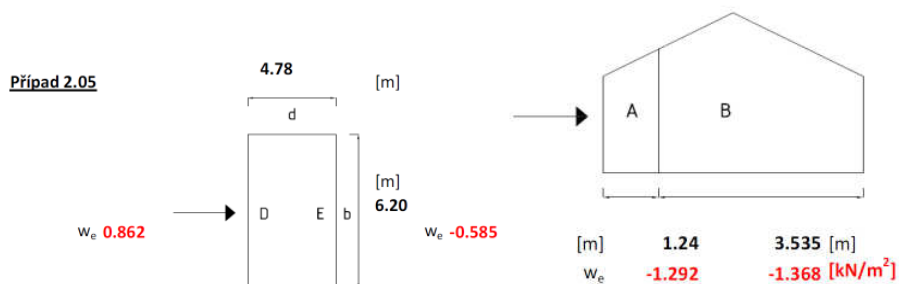
3.03 - Rozdělení zatížení po výšce budovy



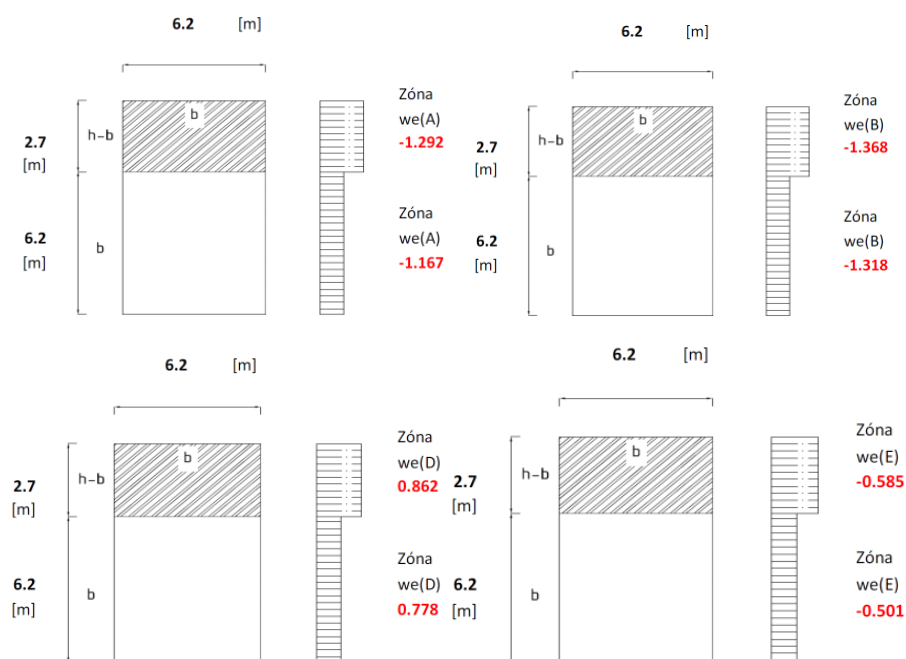
3.03 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)



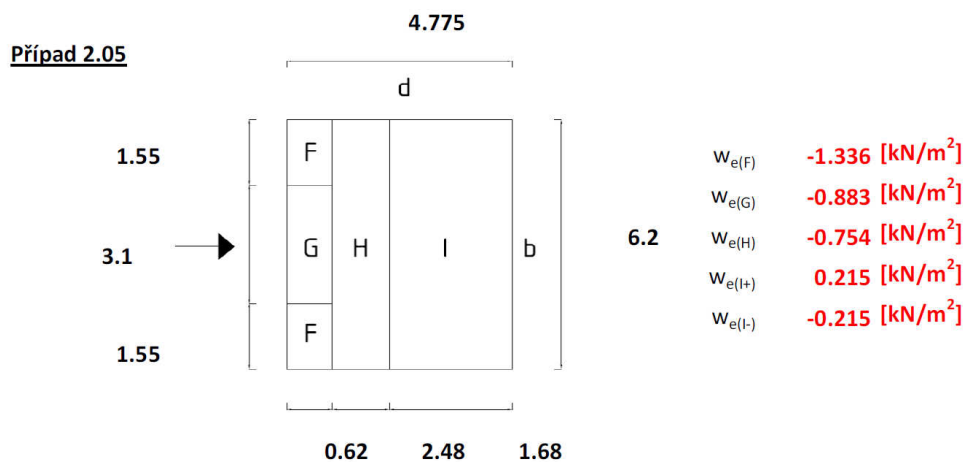
- 2.05 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)



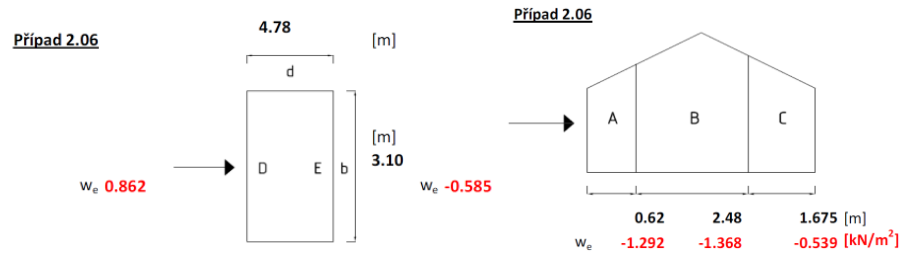
- 2.05 - Rozdělení zatížení po výšce budovy



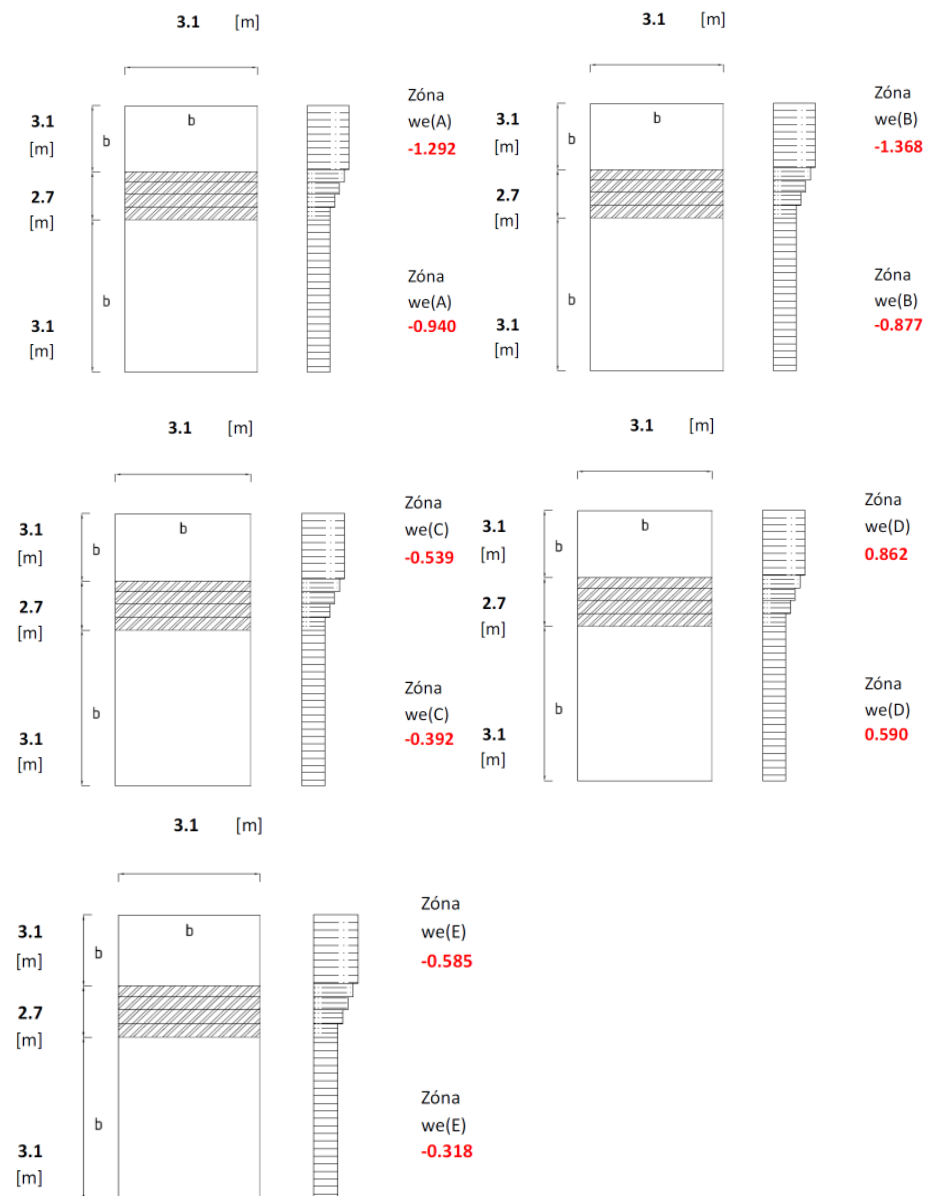
- 2.05 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)



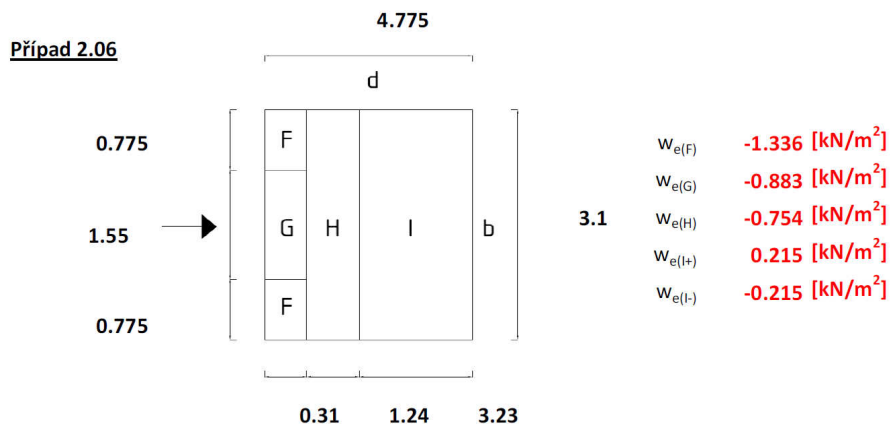
- 2.06 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)



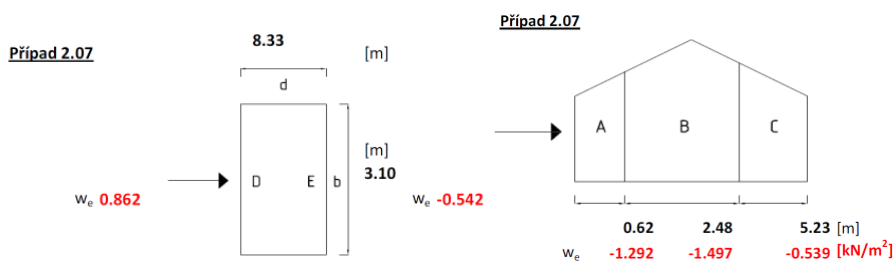
- 2.06 - Rozdělení zatížení po výšce budovy



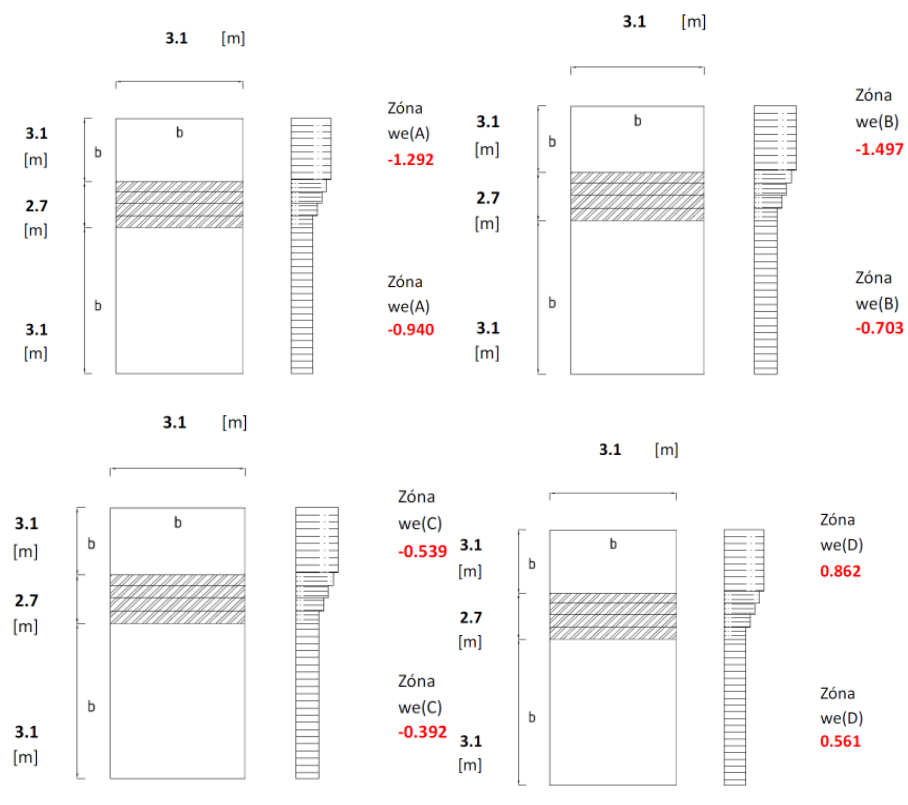
- 2.06 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)

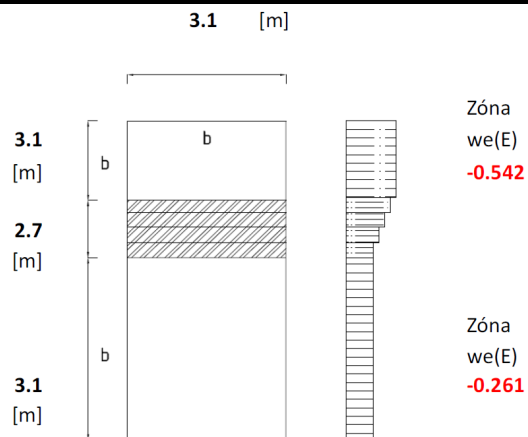


- 2.07 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)

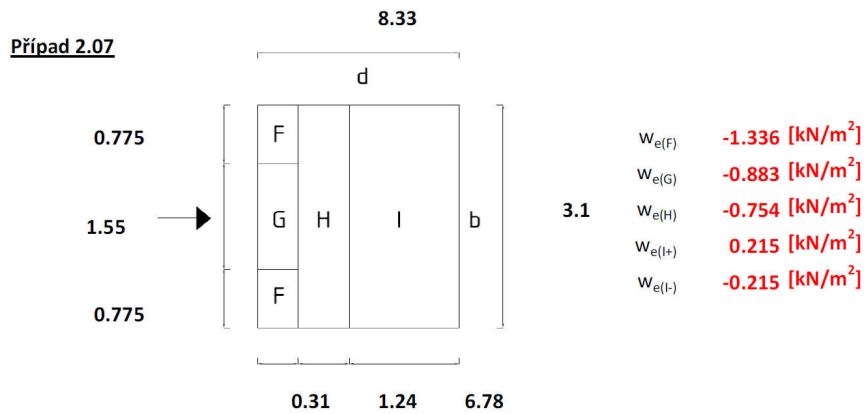


- 2.07 - Rozdělení zatížení po výšce budovy

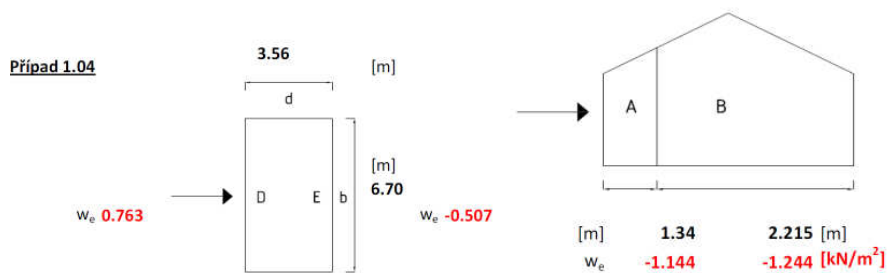




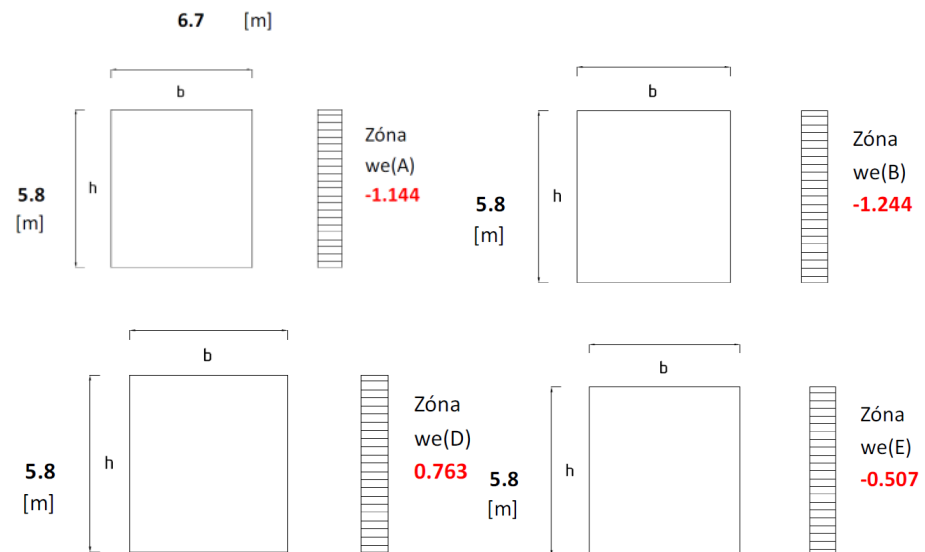
- 2.07 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)



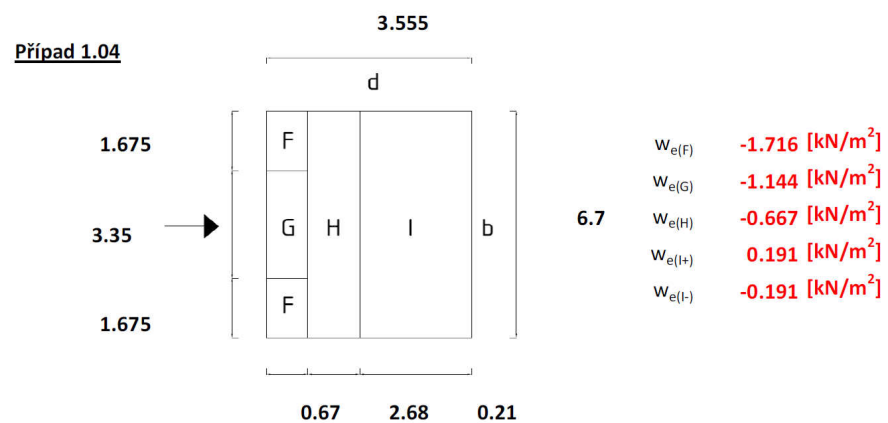
- 1.04 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)



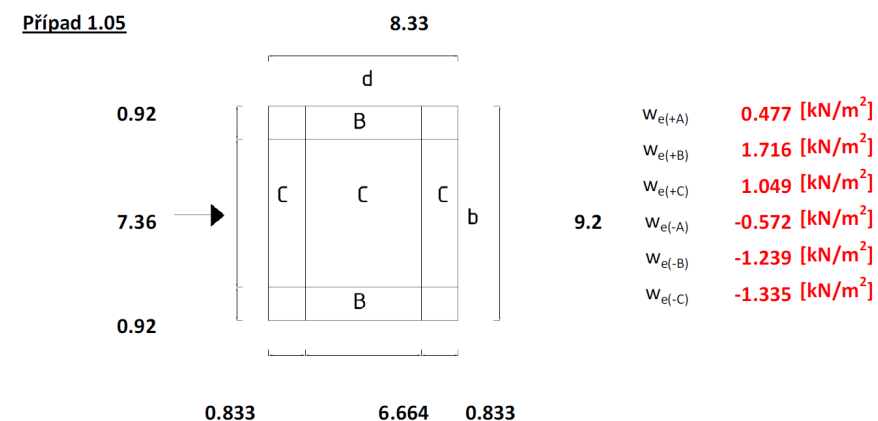
- 1.04 - Rozdělení zatížení po výšce budovy



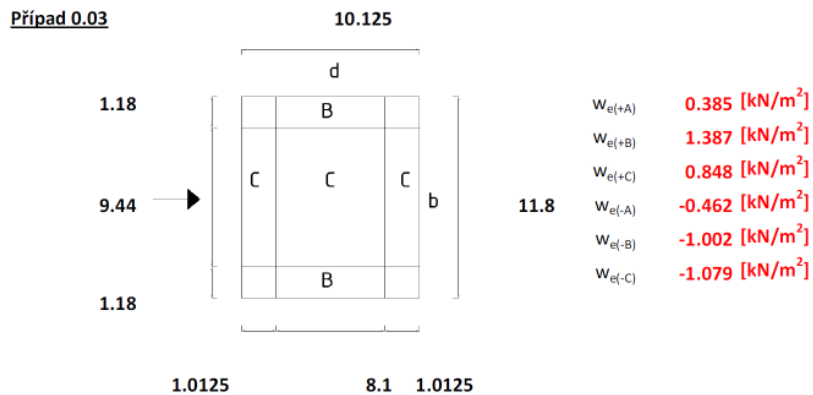
- 1.04 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)



- 1.05 - Rozdělení zatížení na rovinu „přístřešku“ (oblast A, B, C)



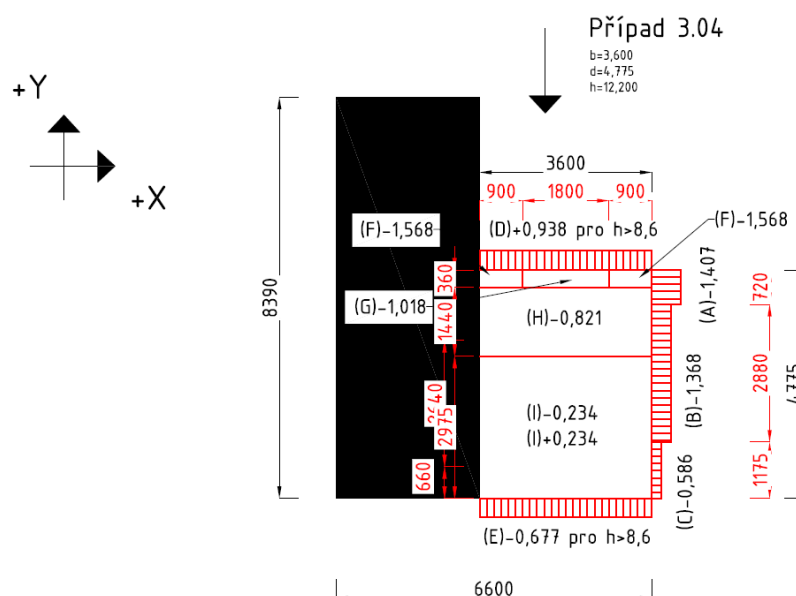
- 0.03 - Rozdělení zatížení na rovinu „přístřešku“ (oblast A, B, C)



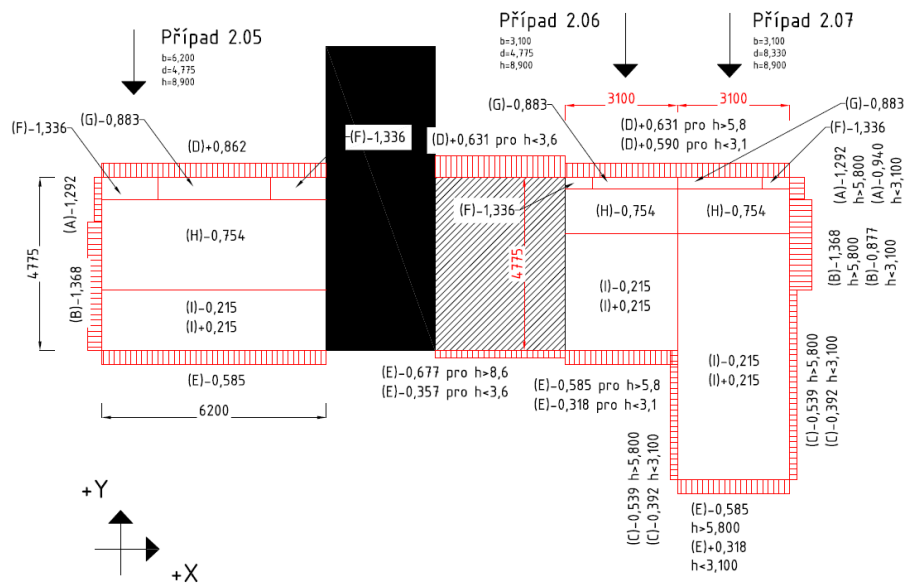
2.4.5 ZS9 – Vítr -Y (I-)

ZADÁNÍ GEOMETRIE JEDNOTLIVÝCH PŘÍPADŮ									
případ	z	$c_r(z)$	$c_0(z)$	$v_m(z)$	$l_v(z)$	$q_p(z)$	b	d	$h_{p(atika)}$
Případ 3.04	12.2	1.044	1	28.723	0.182	1172.20	3.6	4.775	0.8
Případ 2.05	8.9	0.985	1	27.075	0.193	1077.07	6.2	4.775	0.8
Případ 2.06	8.9	0.985	1	27.075	0.193	1077.07	3.1	4.775	0.8
Případ 2.07	8.9	0.985	1	27.075	0.193	1077.07	3.1	8.33	0.8
Případ 1.05	5.8	0.903	1	24.838	0.210	953.33	9.2	8.33	0
Případ 1.04	5.8	0.903	1	24.838	0.210	953.33	6.7	8.33	0
Případ 0.03	2.95	0.775	1	21.305	0.245	770.71	11.8	10.125	0

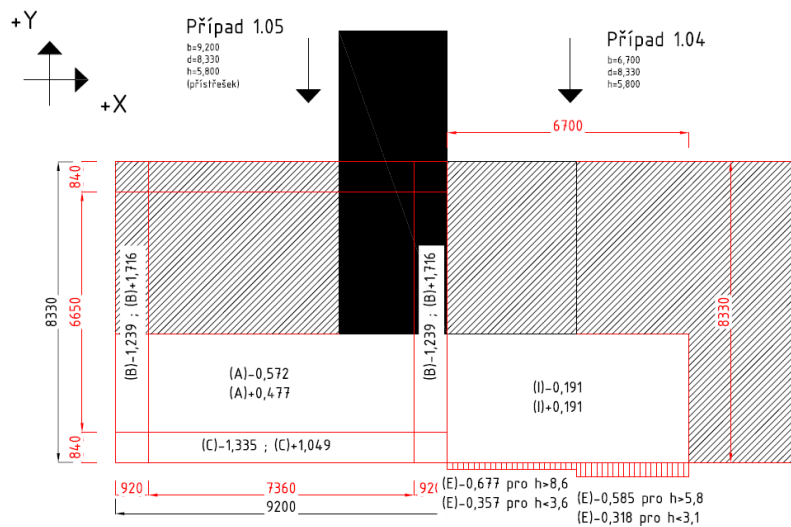
- Schematický půdorys případů zatížení – z = 12,200 m



- Schematický půdorys případů zatížení – z = 8,900 m

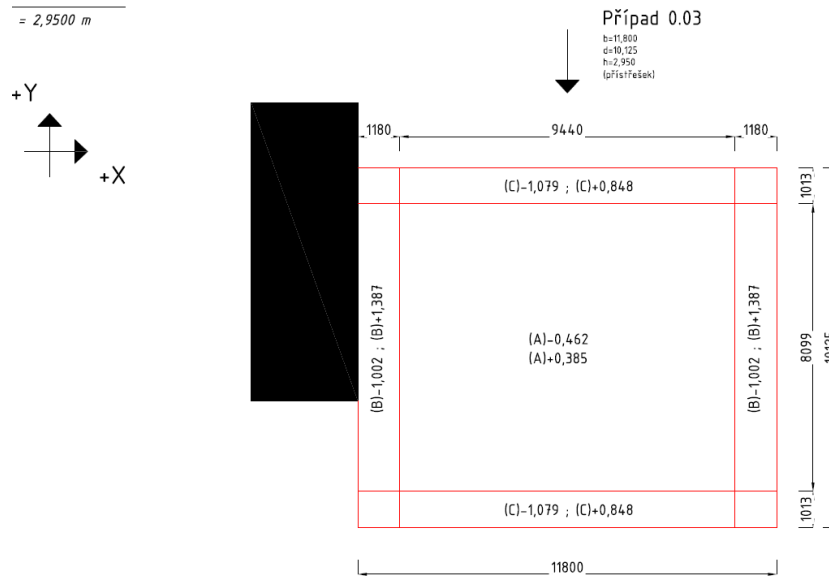


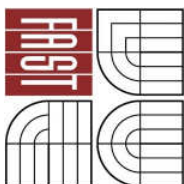
- Schematický půdorys případů zatížení – z = 5,800 m





- Schematický půdorys případů zatížení – z = 2,950 m

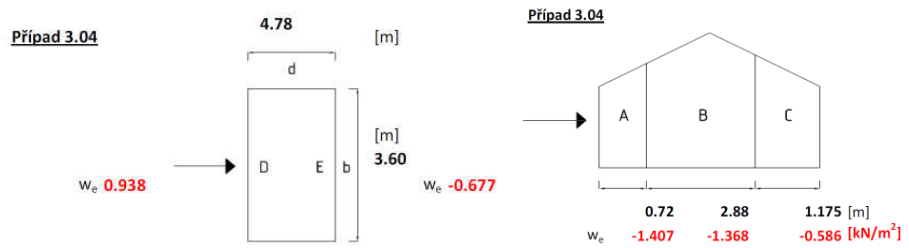




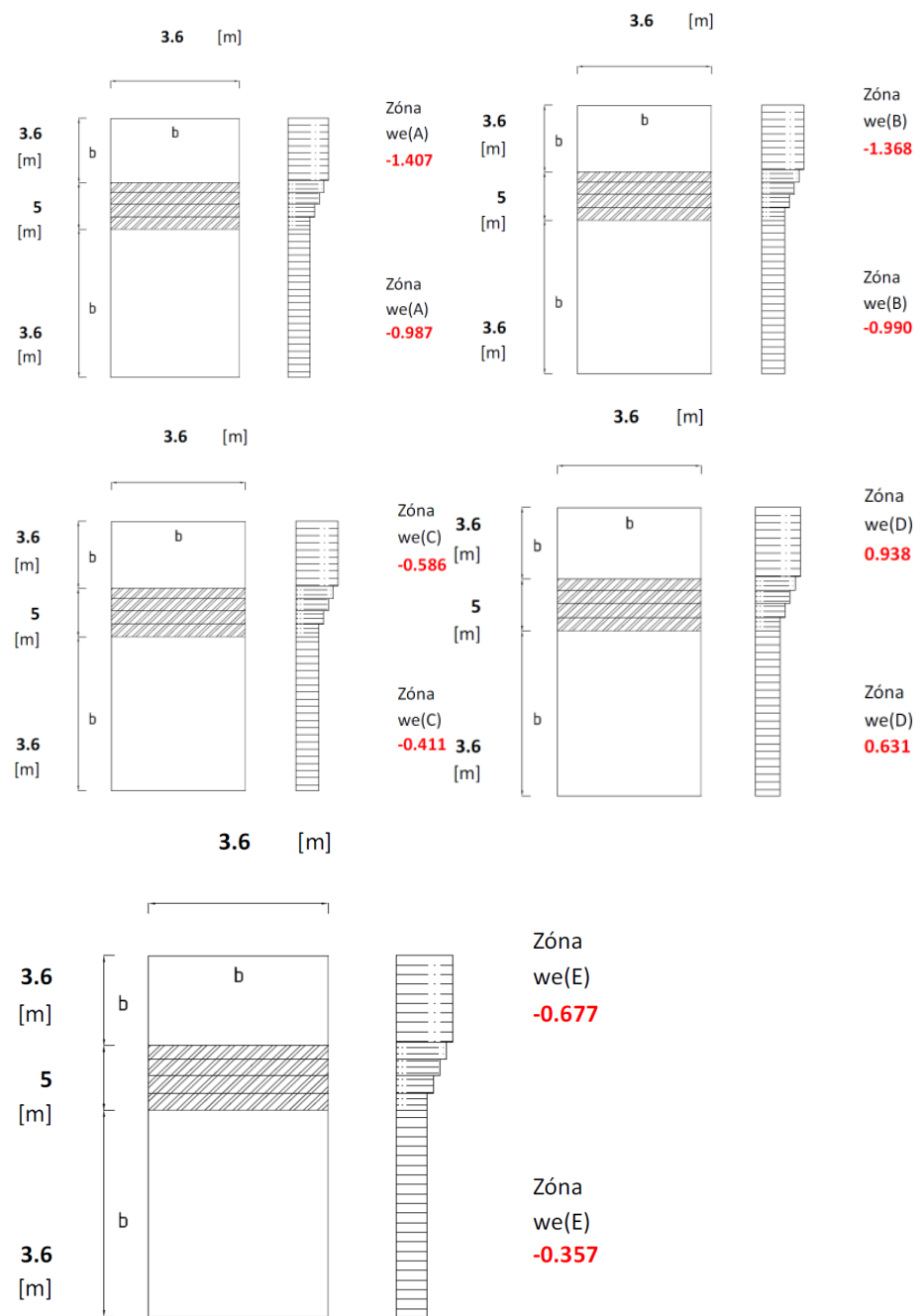
STĚNY	e	h/d	A		B		C		D		E		C <sub>pe,10</sub>				
			C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	w <sub>e(A)</sub>	w <sub>e(B)</sub>	w <sub>e(C)</sub>
Případ 3.04	3.6	2.555	-1.200	-1.400	-1.167	-1.100	-0.500	-0.500	0.800	1.000	-0.578	-0.578	-1.407	-1.368	-0.586	0.938	-0.677
Případ 2.05	6.2	1.864	-1.200	-1.400	-1.270	-1.100	-0.500	-0.500	0.800	1.000	-0.543	-0.543	-1.292	-1.368	-0.539	0.862	-0.585
Případ 2.06	3.1	1.864	-1.200	-1.400	-1.270	-1.100	-0.500	-0.500	0.800	2.000	-0.543	-0.543	-1.292	-1.368	-0.539	0.862	-0.585
Případ 2.07	3.1	1.068	-1.200	-1.400	-1.390	-1.100	-0.500	-0.500	0.800	3.000	-0.503	-0.503	-1.292	-1.497	-0.539	0.862	-0.542
Případ 1.05	9.2	0.696	-1.200	-1.400	-1.157	-1.100	-0.500	-0.500	0.760	4.000	-0.419	-0.419	-1.144	-1.103	-0.477	0.724	-0.399
Případ 0.03	5.9	0.291	-1.200	-1.400	-0.833	-1.100	-0.500	-0.500	0.706	5.000	-0.311	-0.311	-0.925	-0.642	-0.385	0.544	-0.240

PLOCHÁ STŘECHA		e	h <sub>p</sub> /h	F		G		H		I+		I-		C <sub>pe,10</sub>				
				C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	C <sub>pe,10</sub>	C <sub>pe,1</sub>	w <sub>e(F)</sub>	w <sub>e(G)</sub>	w <sub>e(H)</sub>
pro střechu s atokou	Případ 3.04	3.6	0.066	-1.338	-0.892	-0.869	-1.538	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.568	-1.018	-0.821	0.234	-0.234
	Případ 2.05	6.2	0.090	-1.240	1.151	-0.820	-1.440	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.336	-0.883	-0.754	0.215	-0.215
	Případ 2.06	3.1	0.090	-1.240	1.151	-0.820	-1.440	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.336	-0.883	-0.754	0.215	-0.215
	Případ 2.07	3.1	0.090	-1.240	1.151	-0.820	-1.440	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.336	-0.883	-0.754	0.215	-0.215
pro ostré hrany	Případ 1.04	6.7	N/A	-1.800	-2.500	-1.200	-2.000	-0.700	-1.200	0.200	0.200	-0.200	-0.200	-1.716	-1.144	-0.667	0.191	-0.191
přístřešek	Případ 1.05	φ		w <sub>e(+A)</sub>	w <sub>e(-A)</sub>	w <sub>e(+B)</sub>	w <sub>e(-B)</sub>	w <sub>e(+C)</sub>	w <sub>e(-C)</sub>									
		0		476.7	-572.0	1716.0	-1239.3	1048.7	-1334.7									

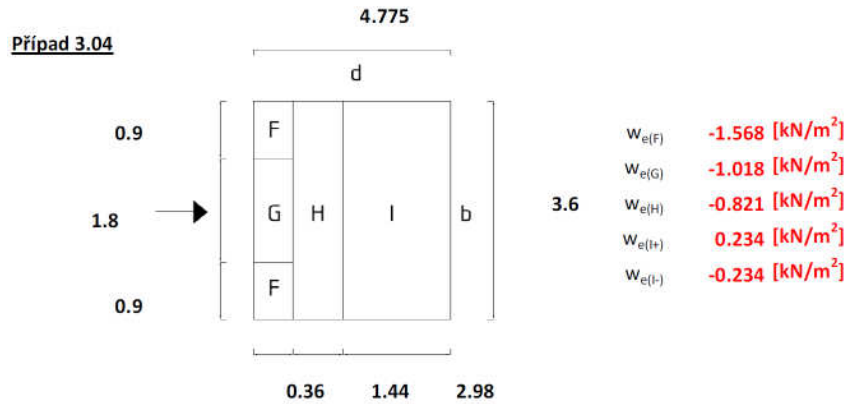
- 3.04 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)



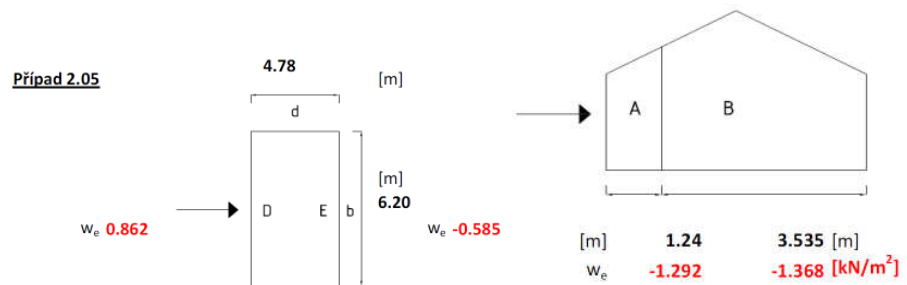
- 3.04 - Rozdělení zatížení po výšce budovy



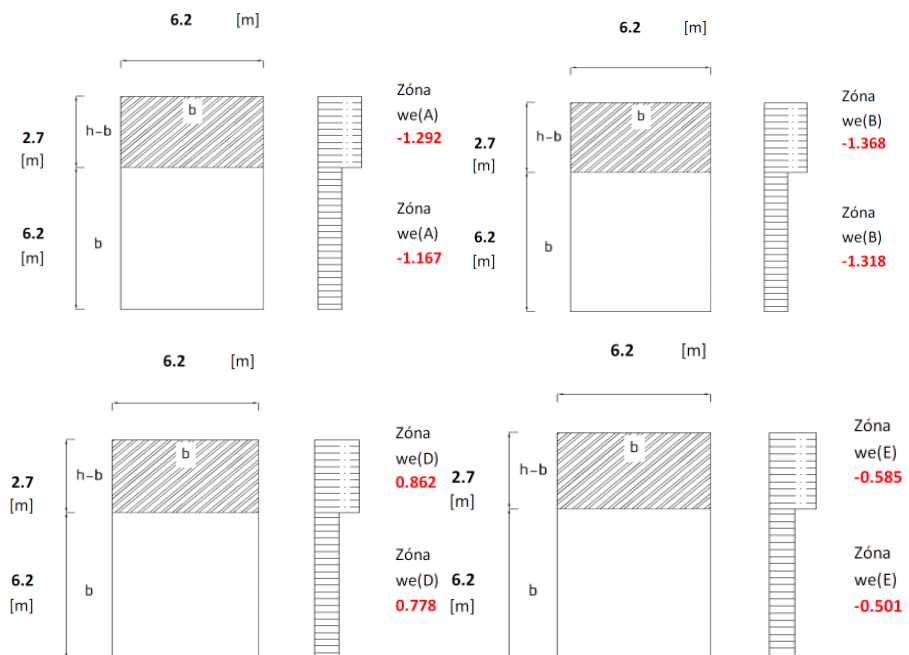
- 3.04 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)



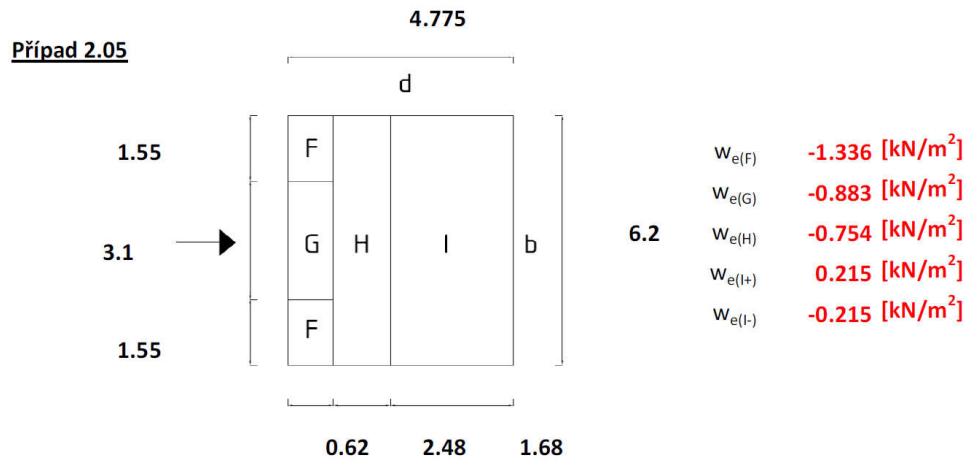
- 2.05 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)



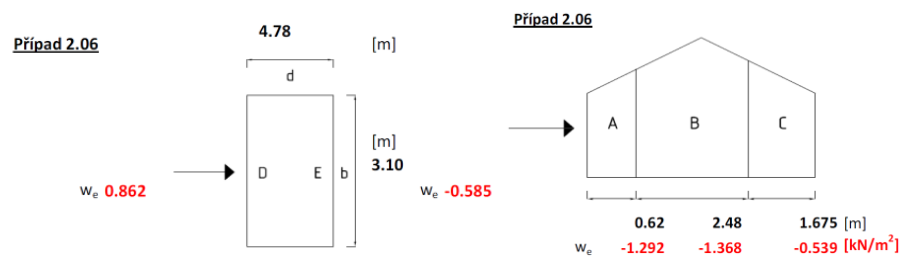
- 2.05 - Rozdělení zatížení po výšce budovy



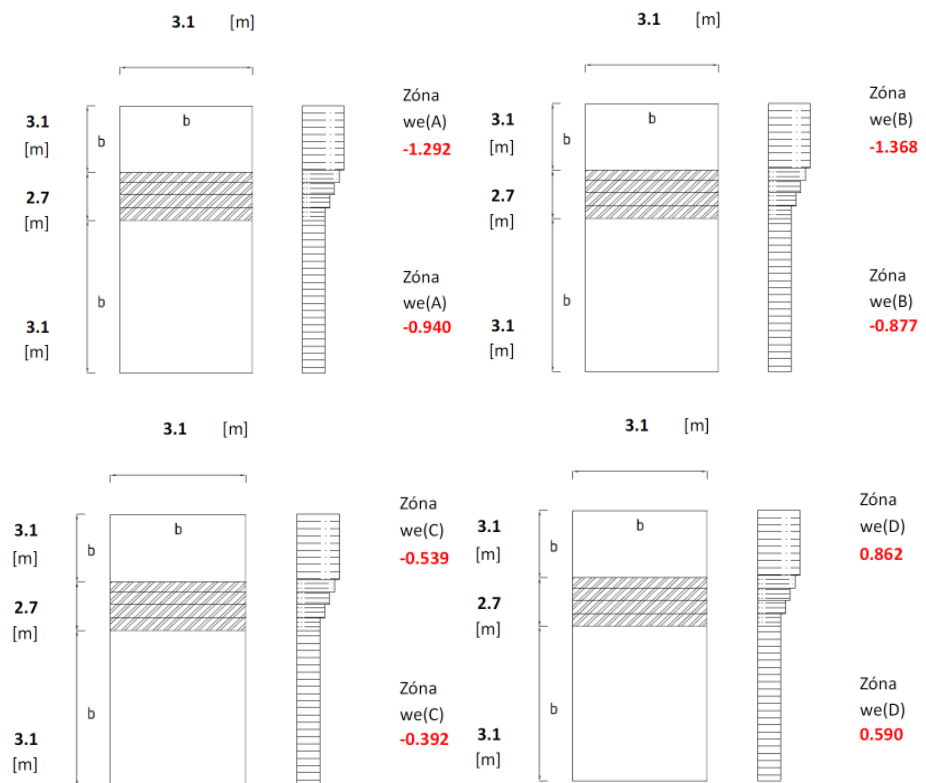
- 2.05 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)

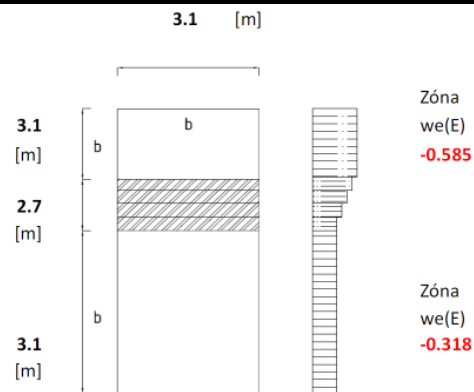


- 2.06 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)

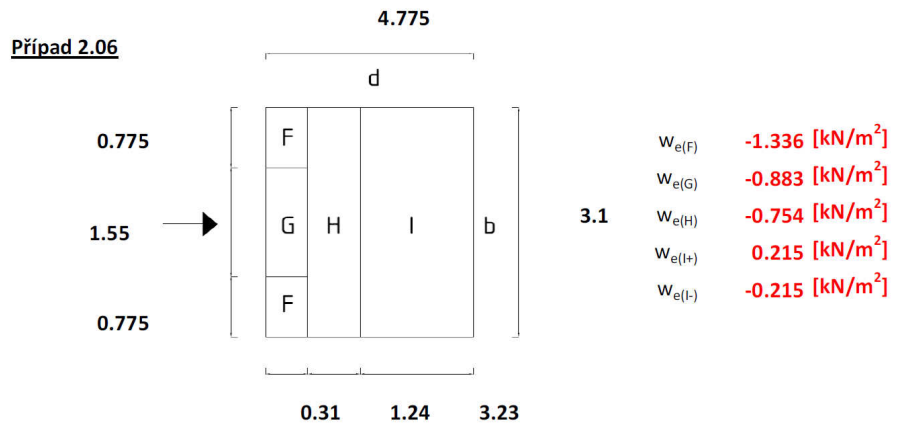


- 2.06 - Rozdělení zatížení po výšce budovy

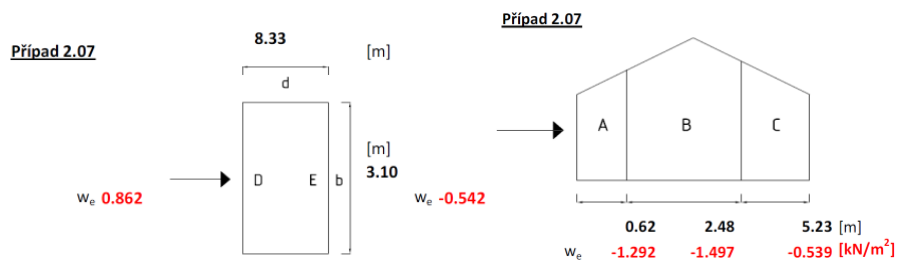




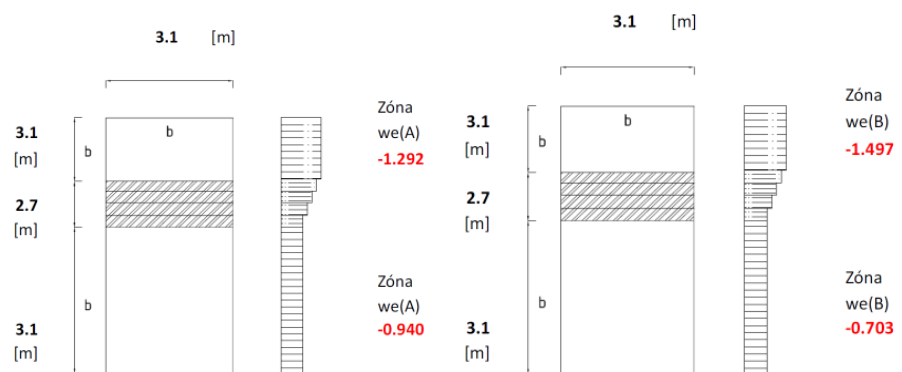
- 2.06 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)

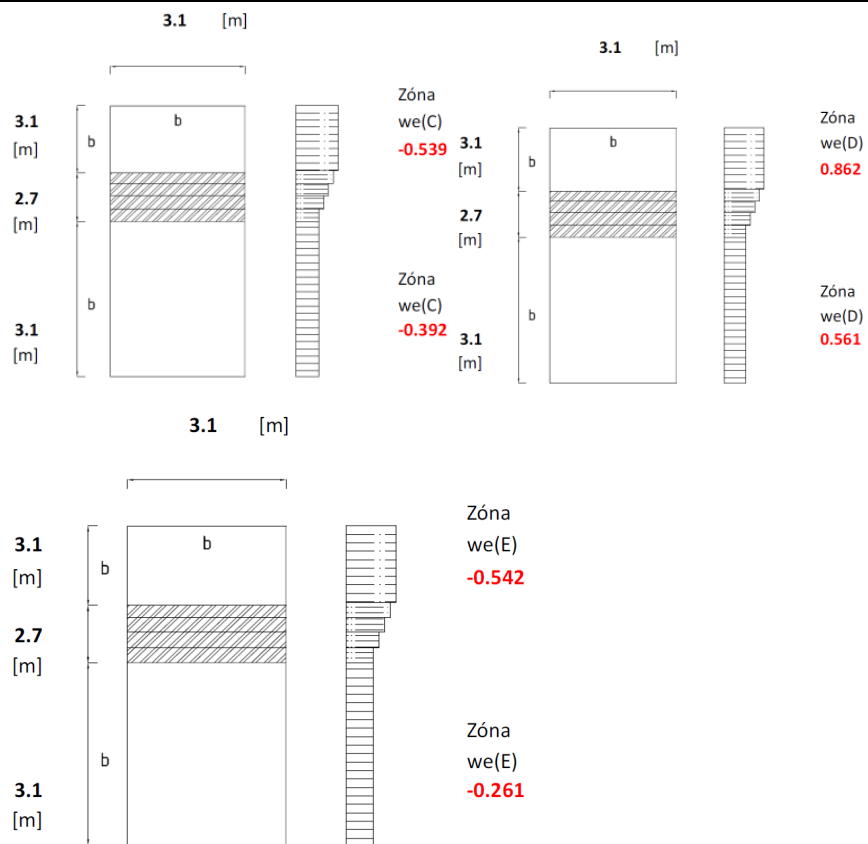


- 2.07 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)

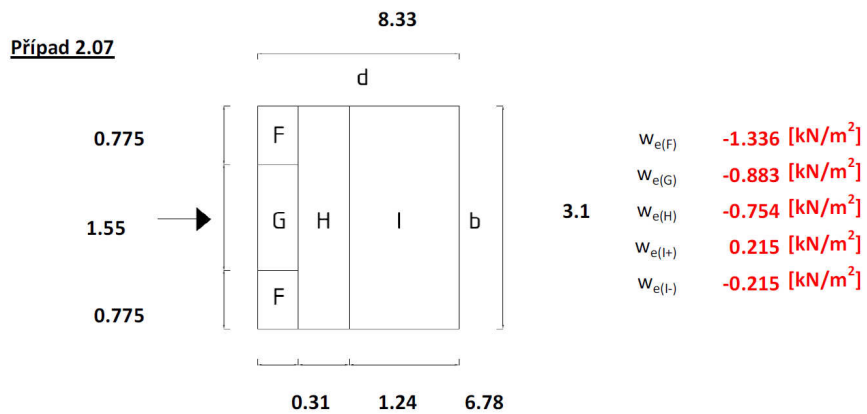


- 2.07 - Rozdělení zatížení po výšce budovy

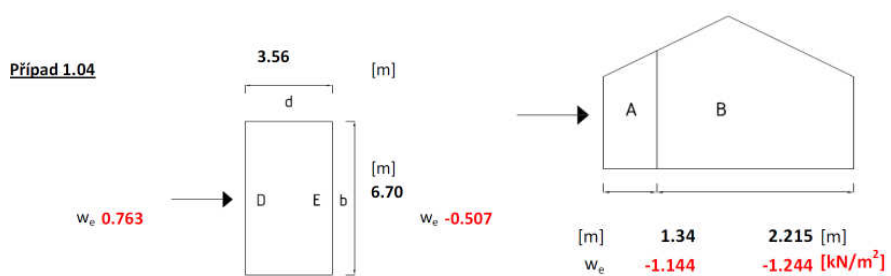




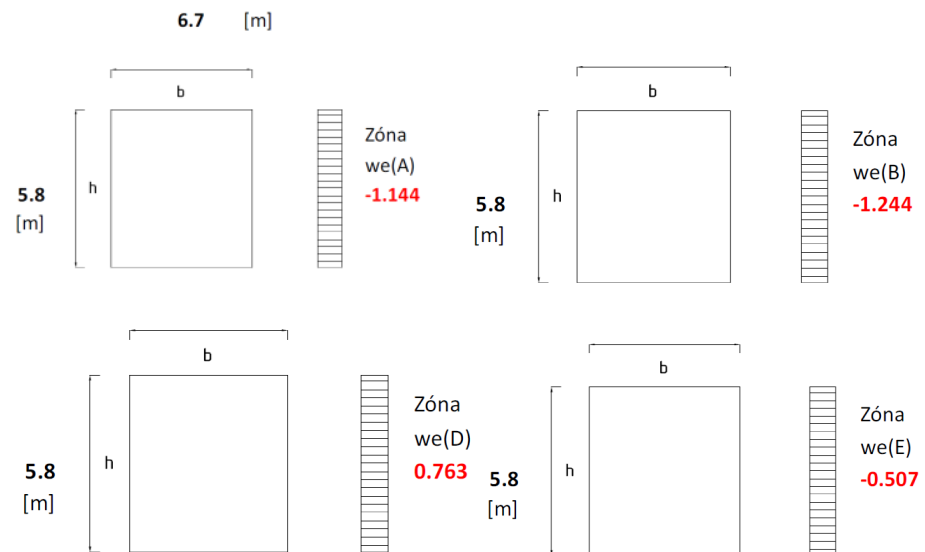
- 2.07 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)



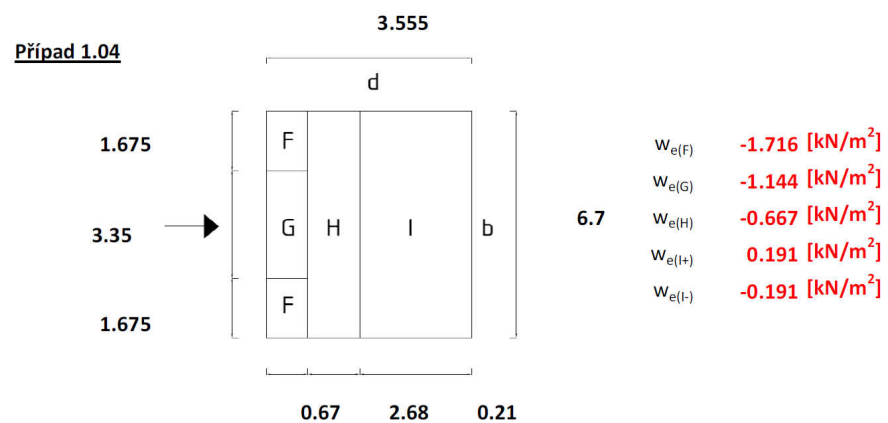
- 1.04 - Rozdělení zatížení na rovinu stěny (oblast A, B, C, D, E)



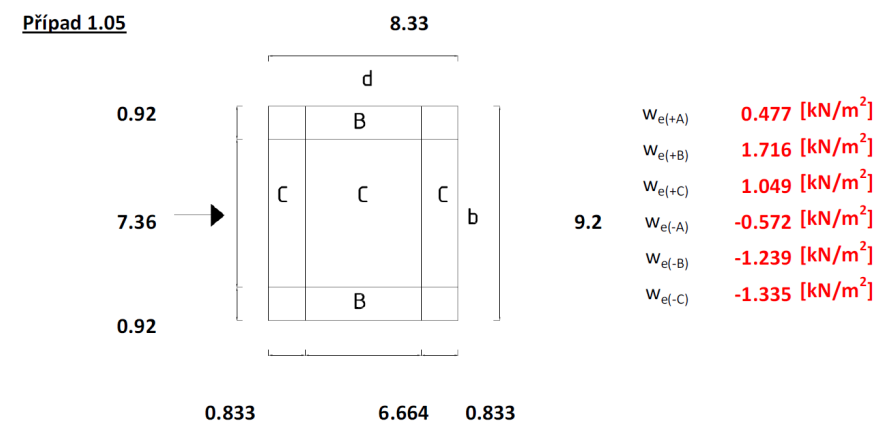
- 1.04 - Rozdělení zatížení po výšce budovy



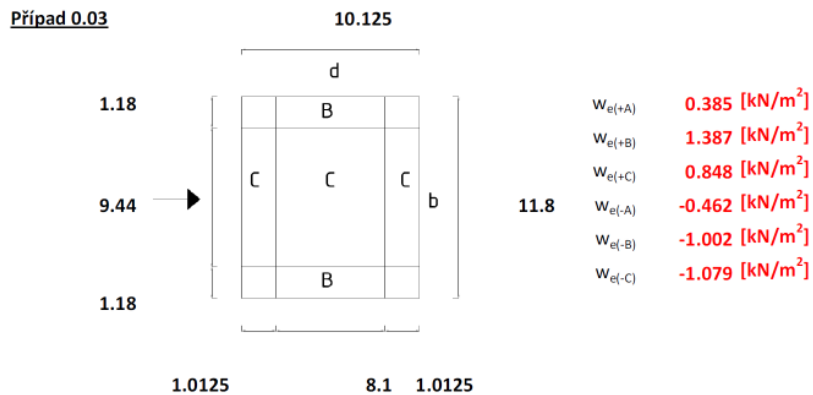
- 1.04 - Rozdělení zatížení na rovinu ploché střechy (oblast F, G, H, I)



- 1.05 - Rozdělení zatížení na rovinu „přístřešku“ (oblast A, B, C)



## - 0.03 - Rozdělení zatížení na rovinu „přístřešku“ (oblast A, B, C)



## 2.4.6 ZS10 – ZS13

Zatěžovací stavy ZS10 až ZS13 jsou totožné se ZS6 až ZS9, s rozdílem opačného znaménka v zónách kde se musí uvažovat sání i tlak. (I+)

## 2.5 Zatížení sněhem

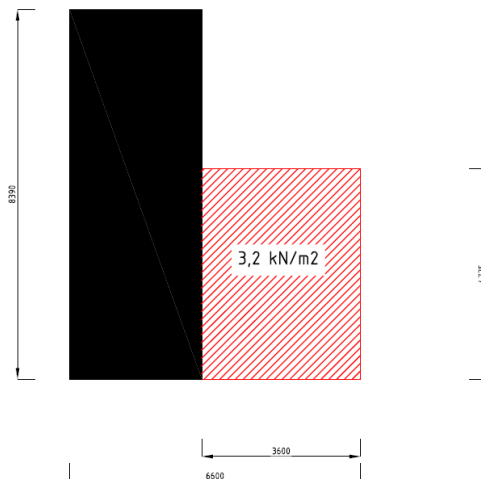
Pro zatížení sněhem byla použita norma ČSN EN 1991-1-3.

Objekt se nachází ve Vrchlabí, z mapy sněhových oblastí vychází oblast VII ( $s_k = 4,0 \text{ kN/m}^2$ ).

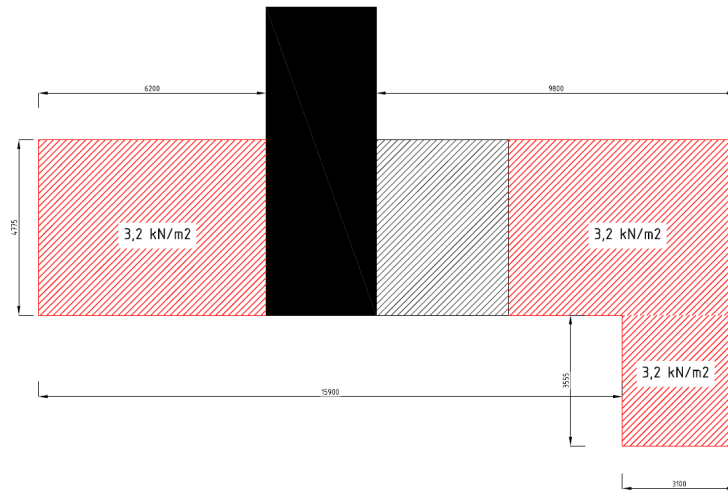
Uvažovány byly dva zatěžovací stavy pro zatížení sněhem. ZS14 – sníh plný nahlíží na střechu jako na speciální případ pultové střechy, kde je zatížení rovnoměrně rozloženo po celé ploše střechy. ZS15 – sníh navátý zohledňuje navátí sněhem k přiléhající stěně (ČSN EN 1991-1-3, 5.3.6) a návěj u překážky – atiky (ČSN EN 1991-1-3, 6.2).

## 2.5.1 ZS14 – Sníh plný

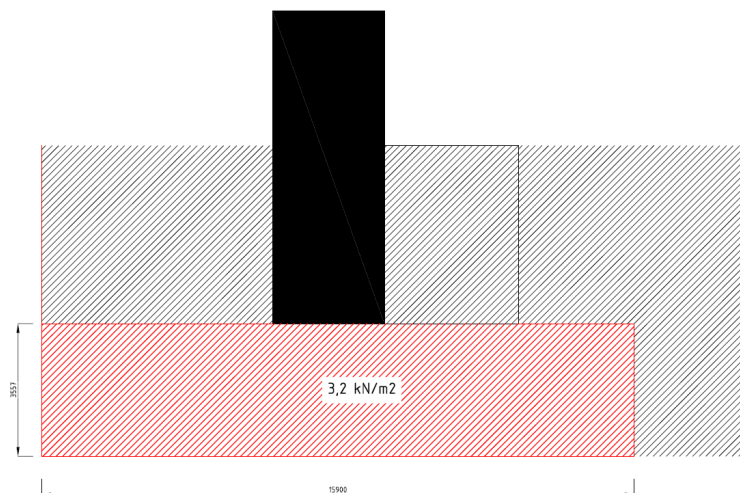
- Schematický půdorys případů zatížení –  $z = 12,200$



- Schematický půdorys případů zatížení – z = 8,900



- Schematický půdorys případů zatížení – z = 5,800



**ZATÍŽENÍ - PLOCHÁ STŘECHA (5.3.2)**

případ	sklon $\alpha$	$\mu_1$	$\mu_2$	$S_{\mu 1}$	$S_{\mu 2}$
Případ a	0.0 °	0.8	0.8	3.2	3.2
Případ b	0.0 °	0.8	0.8	3.2	3.2
Případ c	0.0 °	0.8	0.8	3.2	3.2
Případ d	0.0 °	0.8	0.8	3.2	3.2
Případ e	0.0 °	0.8	0.8	3.2	3.2
Případ f	0.0 °	0.8	0.8	3.2	3.2
Případ g	0.0 °	0.8	0.8	3.2	3.2
Případ h	0.0 °	0.8	0.8	3.2	3.2
Případ i	0.0 °	0.8	0.8	3.2	3.2

2.5.2 ZS15 – Sníh navátý

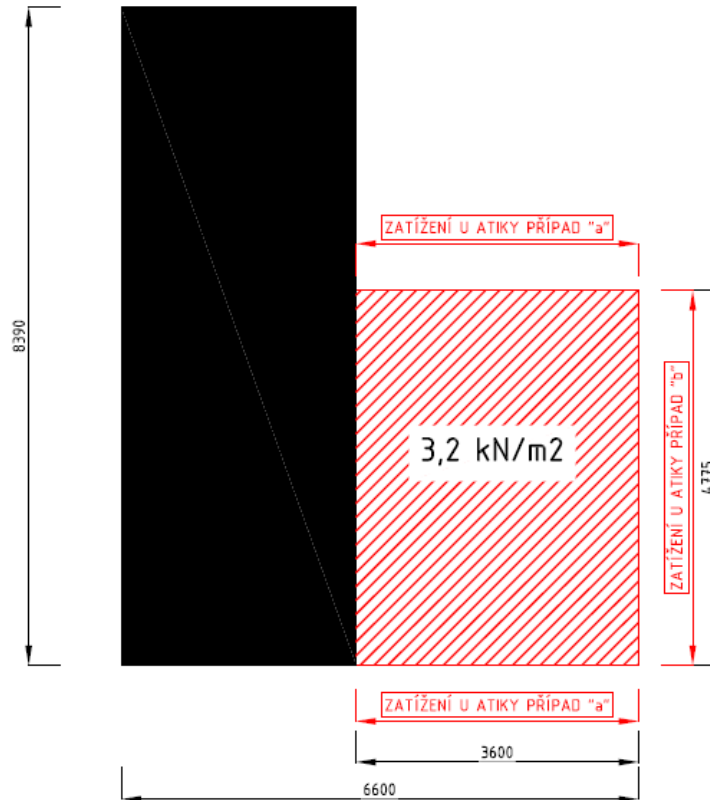
**ZATÍŽENÍ U PŘILEHLÉ STĚNY (5.3.6)**

případ	sklon $\alpha$	výška stěny h	šířka $b_1$	šířka $b_2$	$\mu_s$	$\mu_w$	$\mu_1$	$\mu_2$	délka návěje $l_s$	$s_{\mu 1}$	$b_2 < l_s$ $s_{\mu 1}$	$s_{\mu 2}$
Případ f	0.0°	3.2	6.6	6.2	0.0	1.6	0.8	1.60	6.4	3.2	3.40	6.4
Případ g	0.0°	3.2	6.6	6.2	0.0	1.6	0.8	1.60	6.4	3.2	3.40	6.4
Případ h	0.0°	3.1	3.1	15.9	0.0	1.55	0.8	1.55	6.2	3.2	N/A	6.2
Případ i	0.0°	3.1	4.775	3.555	0.0	1.55	0.8	1.55	6.2	3.2	5.85	6.2

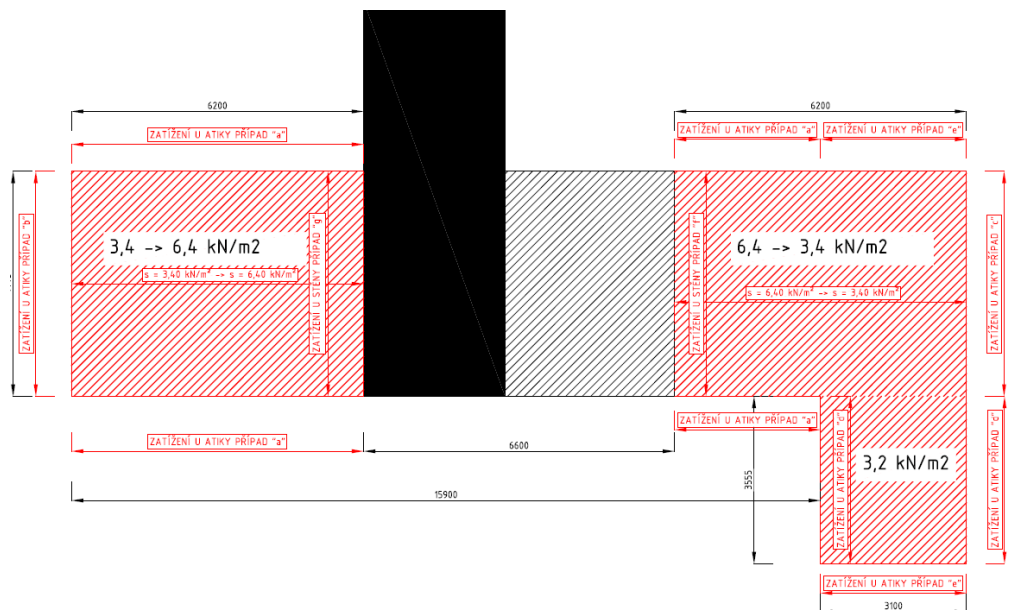
**ZATÍŽENÍ U ATIKY (6.2)**

případ	sklon $\alpha$	výška atiky h	$\mu_1$	$\mu_2$	$l_s$	$s_{\mu 1}$	$s_{\mu 2}$
Případ a	0.0°	0.8	0.8	0.8	5.0	3.2	3.2
Případ b	0.0°	0.8	0.8	0.8	5.0	3.2	3.2
Případ c	0.0°	0.8	0.8	0.8	5.0	3.2	3.2
Případ d	0.0°	0.8	0.8	0.8	5.0	3.2	3.2
Případ e	0.0°	0.8	0.8	0.80	5.0	3.2	3.2

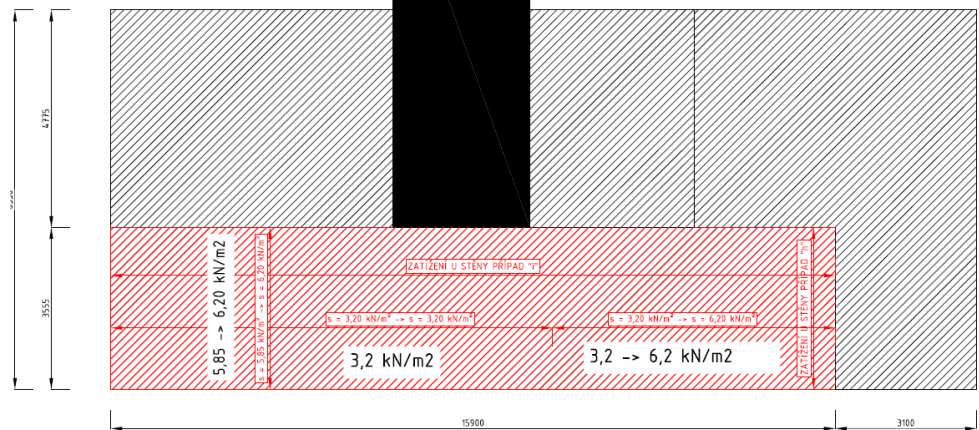
- Schematický půdorys případů zatížení – z = 12,200



- Schematický půdorys případů zatížení – z = 8,900



- Schematický půdorys případů zatížení – z = 5,800



### 3. Kombinace a skupiny zatížení

#### 3.1 Skupiny zatížení

V programu Scia Engineer byly vytvořeny čtyři skupiny zatížení. Skupinám PROMĚNNÉ, SNÍH a VÍTR byl přidělen atribut „výběrová“ tak, aby při normově závislých kombinacích bral software v potaz vždy jen jeden zatěžovací stav ze skupiny.

Jméno	Zatížení	Vztah	Typ
STALÉ	Stálé		
PROMĚNNÉ	Proměnné	Výběrová	Kat A : obytné
VÍTR	Proměnné	Výběrová	Vítr
SNÍH	Proměnné	Výběrová	Sníh

#### 3.2 Kombinace

V programu Scia Engineer je využito implementovaných normově závislých rovnic.

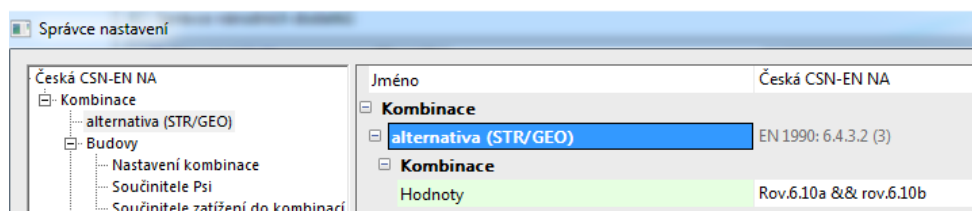
Jméno	Popis	Typ
MSU-EC		EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B
MSP-EC		EN-MSP charakteristická
MSP-VITR		EN-MSP charakteristická

Kombinace **MSU-EC** je použita při posudku únosnosti prvků. Obsahuje všechny zatěžovací stavy.

Kombinace **MSP-EC** je použita při posudku prvků na průhyb. Obsahuje všechny zatěžovací stavy.

Kombinace **MSP-VITR** je použita při posudku na celkovou deformaci konstrukce. Obsahuje skupinu zatížení stálých a větru.

Program byl nastaven tak, aby použil kombinační klíč dle rovnic 6.10a a 6.10b z normy.

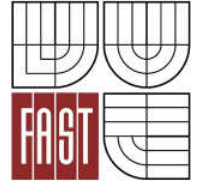


#### 4. Posudek ocelových prvků

Posudek vodorovných ocelových prvků byl proveden v programu Scia Engineer. Příkládám shrnující tabulku posudků, detailněji viz příloha F, část 5 – dokument Scia Engineer. Ručně byl proveden posudek sloupů se zaměřením na posudek vzpěru.

##### 4.1 Ocelové prvky – vodorovné, shrnutí

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B10	SL3 - HEB240	S 355	MSU-EC/46	0,000	0,40	0,37	0,40
B61	SL1 - IPE240	S 355	MSU-EC/47	0,000	0,59	0,59	0,57
B293	VA-2.2 - IPE360	S 355	MSU-EC/48	0,000	0,64	0,64	0,51
B23	BA-2.4 - IPE240	S 355	MSU-EC/49	4,900	0,08	0,08	0,07
B180	VA-2.1 - IPE360	S 355	MSU-EC/50	3,555	0,74	0,74	0,52
B395	SL2 - HEB240	S 355	MSU-EC/51	5,800	0,79	0,79	0,55
B289	VA-3.2 - IPE330	S 355	MSU-EC/52	0,900	0,65	0,48	0,65
B69	BA-3.1 - IPE240	S 355	MSU-EC/53	0,000	0,73	0,73	0,34
B73	VA-3.1 - IPE330	S 355	MSU-EC/49	4,755	0,78	0,23	0,78
B88	BA-3.2 - IPE120	S 355	MSU-EC/54	1,550	0,38	0,13	0,38
B103	ZTS1 - CHS139.7/5.0	S 355	MSU-EC/55	4,556	0,65	0,65	0,00
B109	ZTS2 - SHS80/80/6.3	S 355	MSU-EC/56	4,769	0,10	0,02	0,10
B387	BA-1.1 - UPE240	S 355	MSU-EC/50	0,000	0,48	0,48	0,40
B261	VA-1.2 - IPE360	S 355	MSU-EC/51	6,700	0,62	0,62	0,58
B160	VA-1.3 - IPE240	S 355	MSU-EC/48	1,889	0,42	0,30	0,42
B163	BA-1.2 - IPE240	S 355	MSU-EC/50	2,000	0,54	0,54	0,54
B142	VA-1.1 - IPE360	S 355	MSU-EC/50	3,555	0,53	0,53	0,43
B169	BA-1.3 - IPE120	S 355	MSU-EC/50	0,760	0,11	0,11	0,10
B269	BA-3.3 - CHS60.3/5.0	S 355	MSU-EC/57	1,067	0,02	0,02	0,01
B204	BA-2.5 - IPE120	S 355	MSU-EC/58	0,000	0,55	0,55	0,55
B271	BA-2.1 - IPE120	S 355	MSU-EC/59	5,055	0,20	0,20	0,18
B245	BA-3.4 - IPE120	S 355	MSU-EC/58	0,000	0,54	0,54	0,53
B247	BA-3.5 - IPE240	S 355	MSU-EC/60	0,000	0,03	0,03	0,01
B343	ZT4 - RD30	S 355	MSU-EC/49	0,000	0,49	0,49	0,00
B350	ZT1 - RD30	S 355	MSU-EC/61	0,000	0,41	0,41	0,00
B368	ZT2 - RD30	S 355	MSU-EC/62	0,000	0,61	0,61	0,00
B383	ZT3 - RD30	S 355	MSU-EC/49	0,000	0,31	0,31	0,00
B382	ZT7 - IPE240	S 355	MSU-EC/63	1,550	0,16	0,06	0,16
B388	BA-1.4 - IPE360	S 355	MSU-EC/59	0,000	0,30	0,30	0,26



## 4.2 Ocelové prvky - sloupy

V této kapitole budou posouzeny ocelové sloupy. Podrobně budou posouzeny pouze tři nejvíce namáhané sloupy (“průběžný” “v patře-zesílený” a “v patře”). Jelikož se jedná o prvky citlivé na vzpěr bude zadání vzpěrných délek rozebráno podrobněji.

Součinitel vzpěrných délek může být získán více způsoby.

- spočítány implementovanou metodou v programu Scia
- získány z “vhodné” stabilitní kombinace
- přibližně spočítány dle staré normy ČSN 73 1401

Nalezení vhodné stabilitní kombinace, při které prut vybočí do, směru ve kterém ho posuzujeme (y-y, z-z) není při složitější konstrukci snadný úkol. Za prvé potřebujeme pro každý směr vybočení právě jednu kritickou kombinaci a za druhé takových kombinací může být i několik desítek. Projít každou možnou a kombinaci a zkontrolovat její součinitel kritického zatížení by byl zdlouhavý úkol.

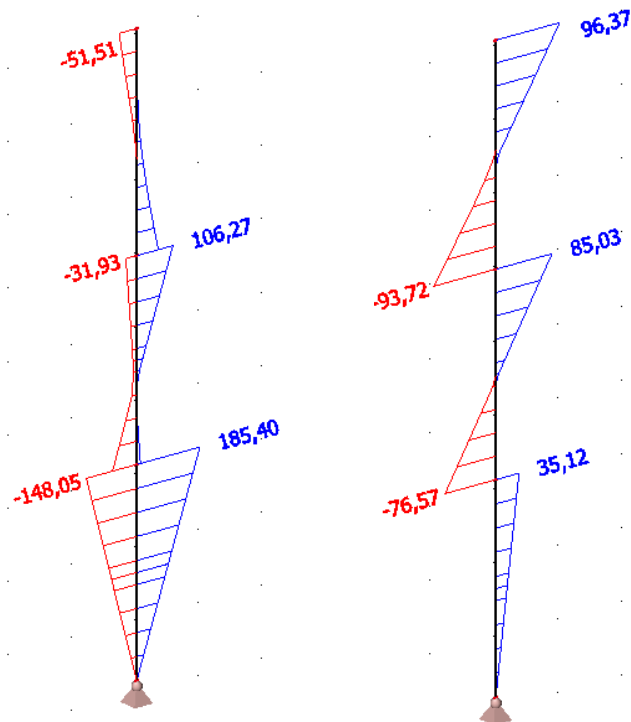
Výpočet přibližných hodnoty dle staré normy odpovídá typickým rámovým konstrukcím a zjednodušené geometrii. Ne vždy nám výběr ze 17 možných případů uspořádání rámu v normě stačí pro vystižení řešeného problému.

Primárně budu tedy využívat součinitel vzpěrných délek z implementované metody a tyto hodnoty budu porovnávat s přibližnou hodnotou získanou z normy.



- vnitřní síly My

Mz

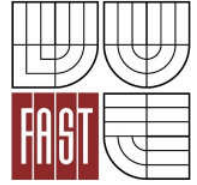


- vnitřní síly – návrhové případy

	$N_{ed,i}$	$V_{y,ed,i}$	$V_{z,ed,i}$	$M_{y,Ed,i}$	$M_{z,Ed,i}$
1) $N_{max}$	1411.94 kN	10.57 kN	14.37 kN	0.00 kNm	0.00 kNm
2) $V_{y,max}$	375.33 kN	64.98 kN	35.16 kN	60.48 kNm	93.72 kNm
3) $V_{z,max}$	1069.66 kN	10.68 kN	62.85 kN	0.00 kNm	0.00 kNm
4) $M_{y,max}$	1066.90 kN	10.68 kN	62.85 kN	185.40 kNm	16.52 kNm
5) $M_{z,max}$	375.33 kN	69.98 kN	35.16 kN	60.48 kNm	93.72 kNm

- vnitřní síly – tabulka

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B265	SL2 - HEB240	0,000	MSU-EC/1	<b>-1411,94</b>	10,57	-14,37	0,00	0,00
B265	SL2 - HEB240	8,900	MSU-EC/2	<b>-65,53</b>	13,60	-8,09	-15,60	28,82
B265	SL2 - HEB240	0,000	MSU-EC/3	-548,56	<b>2,99</b>	<b>-50,19</b>	0,00	0,00
B265	SL2 - HEB240	5,800	MSU-EC/5	-375,33	<b>64,98</b>	-35,16	60,48	<b>-93,72</b>
B265	SL2 - HEB240	0,000	MSU-EC/4	-1069,66	10,68	<b>62,85</b>	0,00	0,00
B265	SL2 - HEB240	2,950	MSU-EC/3	-546,16	2,99	-50,19	<b>-148,05</b>	8,82
B265	SL2 - HEB240	2,950	MSU-EC/4	-1066,90	10,68	62,85	<b>185,40</b>	31,52
B265	SL2 - HEB240	8,900	MSU-EC/6	-356,17	60,22	-28,89	-32,21	<b>96,37</b>



## - průřezové charakteristiky

<u>Navržený průřez - HE 240 B</u>	<u>materiál - S355</u>
výška $h = 240 \text{ mm}$	mez kluzu $f_y = 355 \text{ MPa}$
šířka $b = 240 \text{ mm}$	mez pevnosti $f_u = 510 \text{ MPa}$
tl. stojny $t_w = 10 \text{ mm}$	$\epsilon = (235/f_y)^{0.5} = 0.81$
tl. příruby $t_f = 17 \text{ mm}$	<u>zatřídění průřezu stojna</u>
plocha = $10600 \text{ mm}^2$	$c_w/t_w = 14.4$
účinná výška stojny $c_w = 206 \text{ mm}$	limit třída 1 - $33 \cdot \epsilon = 26.7$
účinná šířka příruby $c_f = 110 \text{ mm}$	limit třída 2 - $38 \cdot \epsilon = 30.8$
moment setrvačnosti $I_y = 0.0001126 \text{ m}^4$	limit třída 3 - $42 \cdot \epsilon = 34.0$
moment setrvačnosti $I_z = 0.0000392 \text{ m}^4$	<b>TŘÍDA 1</b>
poloměr setrvačnosti $i_y = 103.10 \text{ mm}$	<u>zatřídění průřezu příruba</u>
poloměr setrvačnosti $i_z = 60.80 \text{ mm}$	$c_f/t_f = 6.4$
průřezový modul (pl) $w_{pl,y} = 1053000 \text{ mm}^3$	limit třída 1 - $9 \cdot \epsilon = 7.3$
průřezový modul (pl) $w_{pl,z} = 498400 \text{ mm}^3$	limit třída 2 - $10 \cdot \epsilon = 8.1$
průřezový modul (el) $w_{el,y} = 938300 \text{ mm}^3$	limit třída 3 - $14 \cdot \epsilon = 11.3$
průřezový modul (el) $w_{el,z} = 326900 \text{ mm}^3$	<b>TŘÍDA 1</b>
poloměr zaoblení $r = 21 \text{ mm}$	<b>CELKOVÁ TŘÍDA 1</b>

**a) posudek na prostý tlak ( $N_{max}$ )**

$$- N_{Ed} = 1411,94 \text{ kN}$$

Třída průřezu je 1 -> únosnost z plné plochy průřezu A

$$- N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$- N_{c,Rd} = \frac{1,06 \times 10^{-2} \times 355 \times 10^6}{1,0}$$

$$- N_{c,Rd} = 3763,00 \text{ kN}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{1411,94}{3763,00} = 0,38 - \text{VYHOVÍ}$$

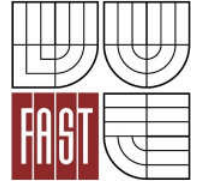
**b) posudek na prostý smyk ( $V_{y,max}$ )**

$$- V_{Ed} = 64,98 \text{ kN}$$

Třída průřezu je 2 -> únosnost z plochy  $A_v$

$$- A_v = \eta \times h_w \times t_w = 1,2 \times 206 \times 17 = 4202 \text{ mm}^2$$

$$- V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \times (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{4,20 \times 10^{-3} \times (355 \times 10^6 / \sqrt{3})}{1,0} = 860,83 \text{ kN}$$



Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

- $\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$
- $\frac{64,98}{860,83} = 0,08 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$

**c) posudek na prostý ohyb ( $M_{y,max}$ )**

- $M_{Ed} = M_{y,Ed} = 185,40 \text{ kN.m}$

Třída průřezu je 2 -> plastický moment únosnosti

- $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}}$
- $M_{pl,Rd} = \frac{1,053 \times 10^{-3} \times 355 \times 10^6}{1,00}$
- $M_{pl,Rd} = 373,82 \text{ kN.m}$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

- $\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$
- $\frac{185,40}{373,82} = 0,50 - \text{VYHOVÍ}$

**d) posudek na prostý ohyb ( $M_{z,max}$ )**

- $M_{Ed} = M_{z,Ed} = 93,72 \text{ kN.m}$

Třída průřezu je 2 -> plastický moment únosnosti

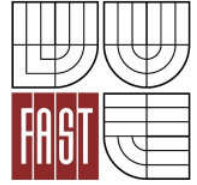
- $M_{c,Rd} = M_{z,pl,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}}$
- $M_{z,pl,Rd} = \frac{4,984 \times 10^{-4} \times 355 \times 10^6}{1,00}$
- $M_{z,pl,Rd} = 176,93 \text{ kN.m}$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

- $\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$
- $\frac{97,72}{176,93} = 0,53 - \text{VYHOVÍ}$

**e) posudek ohyb + smyk ( $V_{z,max}$ )**

Dle eurokódu 3, kapitoly 6.2.6 je možné zanedbat vliv smykové síly na momentovou únosnost, pokud smyková síla je menší jak polovina plastické smykové únosnosti. (V tomto případě jednotkový posudek  $0,08 < 0,5$ )

**f) posudek na kombinaci prostého tlaku/tahu a ohybu ( $M_{y,max}$ )**

$$N_{Ed} = 1069,66 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = M_{y,Ed} = 185,40 \text{ kN.m}$$

Pro dvojose symetrické I a H průřezy není nutné uvažovat účinek osových sil na plastický moment únosnosti při ohybu kolem osy y-y. jestliže jsou splněny tyto podmínky:

$$N_{Ed} \leq 0,25N_{pl,Rd} \rightarrow \text{jed. posudek } 0,28 \rightarrow \text{nesplněno}$$

$$N_{Ed} \leq \frac{0,5h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 0,206 \times 0,010 \times 355 \times 10^6}{1,0} = 365,65 \rightarrow \text{nesplněno}$$

Podmínka nebyla splněna, nutný výpočet  $M_{N,Rd}$

$$- n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{1069,66}{3763} = 0,28$$

$$- a = \frac{A - 2bt_f}{A} = \frac{10600 - 2 \times 240 \times 17}{10600} = 0,23$$

$$- M_{N,y,Rd} = \frac{M_{pl,y,Rd} \times (1-n)}{(1-0,5 \times a)} = \frac{373,82 \times (1-0,28)}{(1-0,5 \times 0,23)} = 303,46 \text{ kN.m}$$

$$- M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = 303,46 \text{ kN.m}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{185,40}{303,64} = 0,61 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

Interakce ohybu a osových sil:

$$- \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,N,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{1069,66}{3763} + \frac{185,40}{303,64} + \frac{16,52}{176,93} = 0,28 + 0,61 + 0,10 = 0,99 \leq 1,0$$

**g) posudek na šikmý ohyb ( $M_{y,max}$ )**

$$N_{Ed} = 1069,66 \text{ kN.m}$$

$$M_{y,Ed} = 185,40 \text{ kN.m}$$

$$M_{z,Ed} = 16,52 \text{ kN.m}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right]^\alpha + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right]^\beta \leq 1,0$$

$$- \left[ \frac{185,40}{303,64} \right]^2 + \left[ \frac{16,52}{176,93} \right]^{1,4} = 0,41 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

Pro průřezy I a H:

$$\alpha = 2,0$$

$$\beta = 5 \times n = 5 \times 0,28 = 1,4$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{1069,66}{3763} = 0,28$$

### h) posudek na vzpěrný tlak ( $N_{max}$ )

$$N_{Ed} = 1411,94 \text{ kN}$$

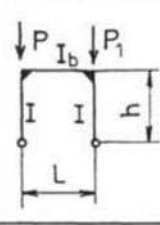
Vybočení bude uvažováno v rovině y-y (na tuhou osu), v rovině z-z (na měkkou osu). Součinitel vzpěrných délek byl spočítán implementovanou metodou v programu Scia.

Prvek	Jméno průřezu	Část	Posuvné y	Ly	ky	kz
			Posuvné z	[m] Lz		
B265	SL2	1	Ano	2,950	2,28	0,89
			Ne	2,950		
B265	SL2	2	Ano	2,850	1,86	0,75
			Ne	2,850		
B265	SL2	3	Ano	3,100	1,96	0,72
			Ne	3,100		

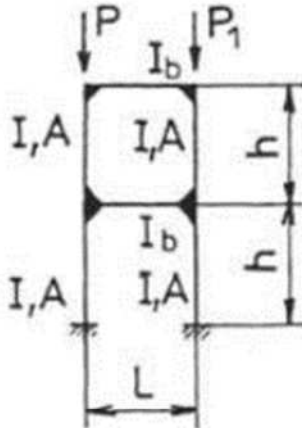
Kontrola ručním výpočtem:

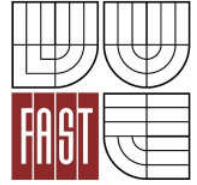
-376,61	-256,26
-376,90	-256,55
-377,19	-256,84
-377,48	-257,14
-377,77	-257,43
-378,06	-257,72
-378,35	-258,01
-378,65	-258,30
-378,94	-258,59
-379,23	-258,88
-379,52	-259,17
-379,81	-259,46
-380,10	-259,75
-380,39	-260,04
-380,68	-260,33
-380,97	-260,62
-381,26	-260,91
-381,55	-261,20
-381,84	-261,49
-382,13	-261,78
-382,42	-262,07
-382,71	-262,36
-383,00	-262,65
-383,29	-262,94
-383,58	-263,23
-383,87	-263,52
-384,16	-263,81
-384,45	-264,10
-384,74	-264,39
-385,03	-264,68
-385,32	-264,97
-385,61	-265,26
-385,90	-265,55
-386,19	-265,84
-386,48	-266,13
-386,77	-266,42
-387,06	-266,71
-387,35	-267,00
-387,64	-267,29
-387,93	-267,58
-388,22	-267,87
-388,51	-268,16
-388,80	-268,45
-389,09	-268,74
-389,38	-269,03
-389,67	-269,32
-389,96	-269,61
-390,25	-269,90
-390,54	-270,19
-390,83	-270,48
-391,12	-270,77
-391,41	-271,06
-391,70	-271,35
-391,99	-271,64
-392,28	-271,93
-392,57	-272,22
-392,86	-272,51
-393,15	-272,80
-393,44	-273,09
-393,73	-273,38
-394,02	-273,67
-394,31	-273,96
-394,60	-274,25
-394,89	-274,54
-395,18	-274,83
-395,47	-275,12
-395,76	-275,41
-396,05	-275,70
-396,34	-275,99
-396,63	-276,28
-396,92	-276,57
-397,21	-276,86
-397,50	-277,15
-397,79	-277,44
-398,08	-277,73
-398,37	-278,02
-398,66	-278,31
-398,95	-278,60
-399,24	-278,89
-399,53	-279,18
-399,82	-279,47
-400,11	-279,76
-400,40	-280,05
-400,69	-280,34
-400,98	-280,63
-401,27	-280,92
-401,56	-281,21
-401,85	-281,50
-402,14	-281,79
-402,43	-282,08
-402,72	-282,37
-403,01	-282,66
-403,30	-282,95
-403,59	-283,24
-403,88	-283,53
-404,17	-283,82
-404,46	-284,11
-404,75	-284,40
-405,04	-284,69
-405,33	-284,98
-405,62	-285,27
-405,91	-285,56
-406,20	-285,85
-406,49	-286,14
-406,78	-286,43
-407,07	-286,72
-407,36	-287,01
-407,65	-287,30
-407,94	-287,59
-408,23	-287,88
-408,52	-288,17
-408,81	-288,46
-409,10	-288,75
-409,39	-289,04
-409,68	-289,33
-409,97	-289,62
-410,26	-289,91
-410,55	-290,20
-410,84	-290,49
-411,13	-290,78
-411,42	-291,07
-411,71	-291,36
-412,00	-291,65
-412,29	-291,94
-412,58	-292,23
-412,87	-292,52
-413,16	-292,81
-413,45	-293,10
-413,74	-293,39
-414,03	-293,68
-414,32	-293,97
-414,61	-294,26
-414,90	-294,55
-415,19	-294,84
-415,48	-295,13
-415,77	-295,42
-416,06	-295,71
-416,35	-296,00
-416,64	-296,29
-416,93	-296,58
-417,22	-296,87
-417,51	-297,16
-417,80	-297,45
-418,09	-297,74
-418,38	-298,03
-418,67	-298,32
-418,96	-298,61
-419,25	-298,90
-419,54	-299,19
-419,83	-299,48
-420,12	-299,77
-420,41	-300,06
-420,70	-300,35
-420,99	-300,64
-421,28	-300,93
-421,57	-301,22
-421,86	-301,51
-422,15	-301,80
-422,44	-302,09
-422,73	-302,38
-423,02	-302,67
-423,31	-302,96
-423,60	-303,25
-423,89	-303,54
-424,18	-303,83
-424,47	-304,12
-424,76	-304,41
-425,05	-304,70
-425,34	-304,99
-425,63	-305,28
-425,92	-305,57
-426,21	-305,86
-426,50	-306,15
-426,79	-306,44
-427,08	-306,73
-427,37	-307,02
-427,66	-307,31
-427,95	-307,60
-428,24	-307,89
-428,53	-308,18
-428,82	-308,47
-429,11	-308,76
-429,40	-309,05
-429,69	-309,34
-429,98	-309,63
-430,27	-309,92
-430,56	-310,21
-430,85	-310,50
-431,14	-310,79
-431,43	-311,08
-431,72	-311,37
-432,01	-311,66
-432,30	-311,95
-432,59	-312,24
-432,88	-312,53
-433,17	-312,82
-433,46	-313,11
-433,75	-313,40
-434,04	-313,69
-434,33	-313,98
-434,62	-314,27
-434,91	-314,56
-435,20	-314,85
-435,49	-315,14
-435,78	-315,43
-436,07	-315,72
-436,36	-316,01
-436,65	-316,30
-436,94	-316,59
-437,23	-316,88
-437,52	-317,17
-437,81	-317,46
-438,10	-317,75
-438,39	-318,04
-438,68	-318,33
-438,97	-318,62
-439,26	-318,91
-439,55	-319,20
-439,84	-319,49
-440,13	-319,78
-440,42	-320,07
-440,71	-320,36
-441,00	-320,65
-441,29	-320,94
-441,58	-321,23
-441,87	-321,52
-442,16	-321,81
-442,45	-322,10
-442,74	-322,39
-443,03	-322,68
-443,32	-322,97
-443,61	-323,26
-443,90	-323,55
-444,19	-323,84
-444,48	-324,13
-444,77	-324,42
-445,06	-324,71
-445,35	-325,00
-445,64	-325,29
-445,93	-325,58
-446,22	-325,87
-446,51	-326,16
-446,80	-326,45
-447,09	-326,74
-447,38	-327,03
-447,67	-327,32
-447,96	-327,61
-448,25	-327,90
-448,54	-328,19
-448,83	-328,48
-449,12	-328,77
-449,41	-329,06
-449,70	-329,35
-450,00	-329,64
-450,29	-329,93
-450,58	-330,22
-450,87	-330,51
-451,16	-330,80
-451,45	-331,09
-451,74	-331,38
-452,03	-331,67
-452,32	-331,96
-452,61	-332,25
-452,90	-332,54
-453,19	-332,83
-453,48	-333,12
-453,77	-333,41
-454,06	-333,70
-454,35	-333,99
-454,64	-334,28
-454,93	-334,57
-455,22	-334,86
-455,51	-335,15
-455,80	-335,44
-456,09	-335,73
-456,38	-336,02
-456,67	-336,31
-456,96	-336,60
-457,25	-336,89
-457,54	-337,18
-457,83	-337,47
-458,12	-337,76
-458,41	-338,05
-458,70	-338,34
-459,00	-338,63
-459,29	-338,92
-459,58	-339,21
-459,87	-339,50
-460,16	-339,79
-460,45	-340,08
-460,74	-340,37
-461,03	-340,66
-461,32	-340,95
-461,61	-341,24
-461,90	-341,53
-462,19	-341,82
-462,48	-342,11
-462,77	-342,40
-463,06	-342,69
-463,35	-342,98
-463,64	-343,27
-463,93	-343,56
-464,22	-343,85
-464,51	-344,14
-464,80	-344,43
-465,09	-344,72
-465,38	-345,01
-465,67	-345,30
-465,96	-345,59
-466,25	-345,88
-466,54	-346,17
-466,83	-346,46
-467,12	-346,75
-467,41	-347,04
-467,70	-347,33
-468,00	-347,62
-468,29	-347,91
-468,58	-348,20
-468,87	-348,49
-469,16	-348,78
-469,45	-349,07
-469,74	-349,36
-470,03	-349,65
-470,32	-349,94
-470,61	-350,23
-470,90	-350,52
-471,19	-350,81
-471,48	-351,10
-471,77	-351,39
-472,06	-351,68
-472,35	-351,97
-472,64	-352,26
-472,93	-352,55
-473,22	-352,84
-473,51	-353,13
-473,80	-353,42
-474,09	-353,71
-474,38	-354,00
-474,67	-354,29
-474,96	-354,58
-475,25	-354,87
-475,54	-355,16
-475,83	-355,45
-476,12	-355,74
-476,41	-356,03
-476,70	-356,32
-477,00	-356,61
-477,29	-356,90
-477,58	-357,19
-477,87	-357,48
-478,16	-357,77
-478,45	-358,06
-478,74	-358,35
-479,03	-358,64
-479,32	-358,93
-479,61	-359,22
-479,90	-359,51
-480,19	-359,80
-480,48	-360,09
-480,77	-360,38
-481,06	-360,67
-481,35	-360,96
-481,64	-361,25
-481,93	-361,54
-482,22	-361,83
-482,51	-362,12
-482,80	-362,41
-483,09	-362,70
-483,38	-362,99
-483,67	-363,28
-483,96	-363,57
-484,25	-363,86
-484,54	-364,15
-484,83	-364,44
-485,12	-364,73
-485,41	-365,02
-485,70	-365,31
-486,00	-365,60
-486,29	-365,89
-486,58	-366,18
-486,87	-366,47
-487,16	-366,76
-487,45	-367,05
-487,74	-367,34
-488,03	-367,63
-488,32	-367,92
-488,61	-368,21
-488,90	-368,50
-489,19	-368,79
-489,48	-369,08
-489,77	-369,37
-490,06	-369,66
-490,35	-369,95
-490,64	-370,24
-490,93	-370,53
-491,22	-370,82
-491,51	-371,11
-491,80	-371,40
-492,09	-371,69
-492,38	-371,98
-492,67	-372,27
-492,96	-372,56
-493,25	-372,85
-493,54	-373,14
-493,83	-373,43
-494,12	-373,72
-494,41	-374,01
-494,70	-374,30
-495,00	-374,59
-495,29	-374,88
-495,58	-375,17
-495,87</	

- část 1

Uspořádání - 1		
1		<b>h =</b> 2.95 m
		<b>L =</b> 3.20 m
		<b>P =</b> 1409.00 kN
		<b>P<sub>1</sub> =</b> 1119.00 kN
	<b>SLOUP</b>	<b>PRŮVLAK</b>
<b>Směr</b>	tuhá osa y-y	tuhá osa y-y
<b>Profil</b>	HE 100 A	IPE 100
<b>I<sub>y</sub></b>	3.49E-06 m <sup>4</sup>	1.71E-06 m <sup>4</sup>
<b>I<sub>z</sub></b>	N/A	N/A
<b>κ</b>	2.215	
<b>β<sub>1</sub></b>	0.938	
<b>β</b>	<b>2.575</b>	

- část 2

Uspořádání - 16		
16		<b>h =</b> 5.95 m
		<b>L =</b> 3.38 m
		<b>P =</b> 376.61 kN
		<b>P<sub>1</sub> =</b> 256.26 kN
	<b>SLOUP</b>	<b>PRŮVLAK</b>
<b>Směr</b>	tuhá osa y-y	tuhá osa y-y
<b>Profil</b>	HE 240 B	IPE 360
<b>I<sub>y</sub></b>	1.13E-04 m <sup>4</sup>	1.63E-04 m <sup>4</sup>
<b>I<sub>z</sub></b>	N/A	N/A
<b>A</b>	1.06E-02 m <sup>2</sup>	7.27E-03 m <sup>2</sup>
<b>κ</b>	0.393	
<b>β<sub>1</sub></b>	0.907	
<b>α</b>	0.004	
<b>β</b>	<b>1.181</b>	



Ruční výpočet v části 1 je blízko hodnoty spočítané softwarem. V části 2 a 3 vyšla menší hodnota.

Posudek na vzpěr lze zanedbat pokud je splněna alespoň jedna z těchto podmínek:

$$\lambda' \leq 0,2$$

$$\frac{\gamma_M \times N_{Ed}}{N_{cr}} \leq 0,04$$

$$\lambda'_y = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,06 \times 10^{-2} \times 355 \times 10^6}{5158,74 \times 10^3}} = 0,85$$

$$N_{y,cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{y,cr}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 1,126 \times 10^{-4}}{6,726^2} = 5158,74 \text{ kN}$$

$$L_{y,cr} = k_y \times L_y = 2,28 \times 2,95 = 6,726 \text{ m}$$

$$\lambda'_z = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,06 \times 10^{-2} \times 355 \times 10^6}{11746,10 \times 10^3}} = 0,56$$

$$N_{z,cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{z,cr}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 3,92 \times 10^{-5}}{2,63^2} = 11746,10 \text{ kN}$$

$$L_{z,cr} = k_z \times L_z = 0,89 \times 2,95 = 2,63 \text{ m}$$

$$\lambda' = 0,56 < 0,2 \rightarrow \text{nesplněno}$$

$$\frac{\gamma_M \times N_{Ed}}{N_{cr}} = \frac{1,0 \times 1411,94}{5158,74} = 0,27 < 0,04 \rightarrow \text{nesplněno}$$

### **Vybočení v rovině (y-y):**

Určení křivky vzpěrné pevnosti:

$$\frac{h}{b} = \frac{240}{240} = 1,0 < 1,2$$

$$t_f = 17 < 100$$

Křivka vzpěrné pevnosti **b** -> součinitel imperfekce  $\alpha = 0,34$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\lambda'_y - 0,2) + \lambda'^2_y] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,85 - 0,2) + 0,85^2] = 0,97$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda'^2_y}} = \frac{1}{0,97 + \sqrt{0,97^2 - 0,85^2}} = 0,69$$

Výpočet  $N_{y,b,Rd}$ :

$$N_{y,b,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,69 \times 1,06 \times 10^{-2} \times 355 \times 10^6}{1,0} = 2596,47 \text{ kN}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \frac{N_{Ed}}{N_{y,b,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{1411,94}{2596,47} = 0,54 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

### **Vybočení v rovině (z-z):**

Určení křivky vzpěrné pevnosti:

$$\frac{h}{b} = \frac{240}{240} = 1,0 < 1,2$$

$$t_f = 17 < 100$$

Křivka vzpěrné pevnosti **c** -> součinitel imperfekce  $\alpha = 0,49$

$$- \phi_z = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\lambda'_z - 0,2) + \lambda'^2_z] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (0,56 - 0,2) + 0,56^2] = 0,75$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$- \chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda'^2_z}} = \frac{1}{0,75 + \sqrt{0,75^2 - 0,56^2}} = 0,80$$

Výpočet  $N_{z,b,Rd}$ :

$$- N_{z,b,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,80 \times 1,06 \times 10^{-2} \times 355 \times 10^6}{1,0} = 3010,40 \text{ kN}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \frac{N_{Ed}}{N_{z,b,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{1411,94}{3010,40} = 0,47 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

### **j) posudek na osovou sílu a ohyb včetně ztráty stability**

Interakční součinitelé byly převzaty z programu Scia Engineer.

Interakční součinitel $k_{yy}$	1,14
Interakční součinitel $k_{yz}$	0,28
Interakční součinitel $k_{zy}$	0,69
Interakční součinitel $k_{zz}$	0,47

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

- Rovnice 6.61 ( $N_{\max}$ )

$$- \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$- \frac{1411,94}{\frac{0,69 \times 3763,00}{1,0}} + 1,14 \times 0 + 0,28 \times 0 = 0,54 \leq 1,0 \text{ VYHOVÍ}$$

- Rovnice 6.62 ( $N_{\max}$ )

$$-\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$-\frac{1411,94}{\frac{0,80 \times 3763,00}{1,0}} + 0,69 \times 0 + 0,47 \times 0 = 0,47 \leq 1,0 \text{ VYHOVÍ}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

- Rovnice 6.61 ( $M_{y,\max}$ )

$$-\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$-\frac{1066,90}{\frac{0,69 \times 3763,00}{1,0}} + 1,14 \times \frac{185,40}{\frac{1,0 \times 373,82}{1,0}} + 0,28 \times \frac{16,52}{\frac{1,0 \times 176,93}{1,0}} = 1,0 \leq 1,0$$

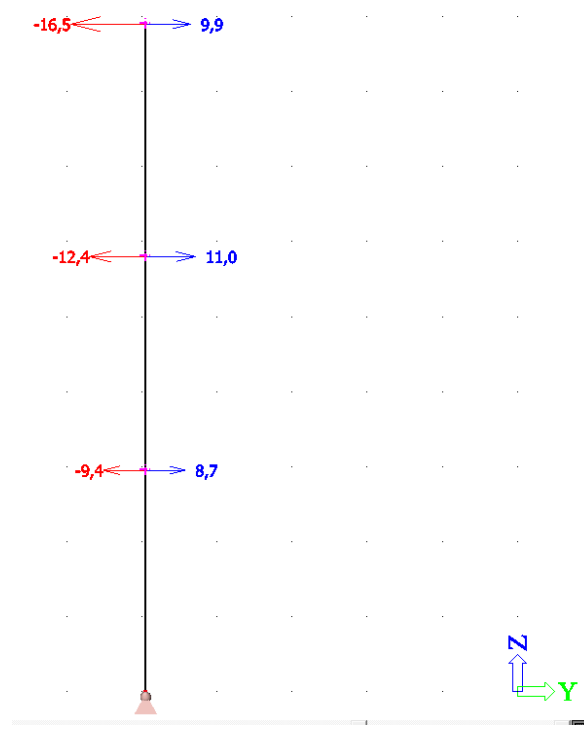
- Rovnice 6.62 ( $M_{y,\max}$ )

$$-\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$-\frac{1066,90}{\frac{0,80 \times 3763,00}{1,0}} + 0,69 \times \frac{185,40}{\frac{1,0 \times 373,82}{1,0}} + 0,47 \times \frac{16,52}{\frac{1,0 \times 176,93}{1,0}} = 0,95 \leq 1,0$$

### k) posudek na druhý mezní stav – průhyb

Vodorovný průhyb (kombinace MSP-VITR):



Maximální povolený vodorovný posun:

- Stropní konstrukce – nosoucí sloup

$$\delta_{1max} = \frac{h_1}{300} = \frac{2950}{300} = 9,8 \text{ mm} > 9,4 - \text{VYHOVÍ}$$

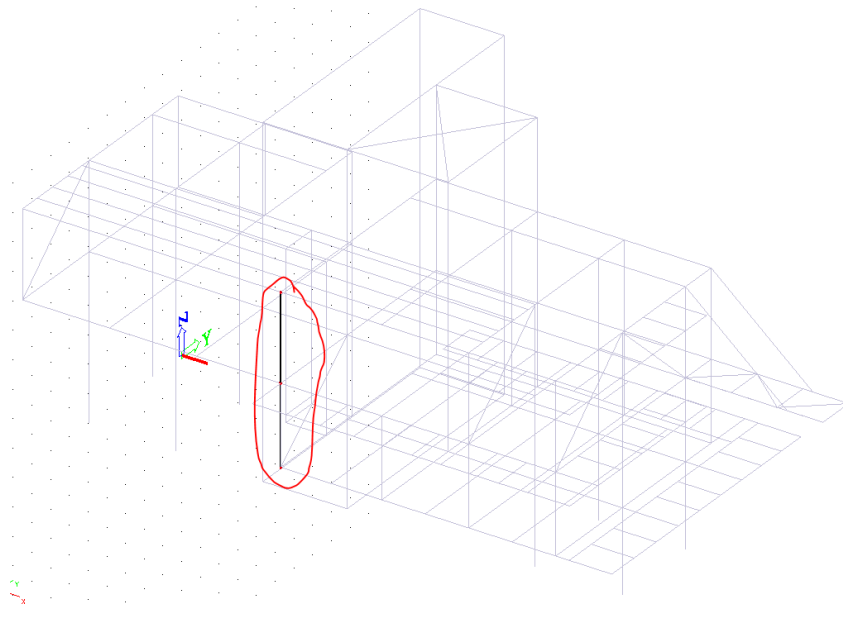
$$\delta_{2max} = \frac{h_1+h_2}{300} = \frac{2950+2850}{300} = 19,33 \text{ mm} > 12,4 - \text{VYHOVÍ}$$

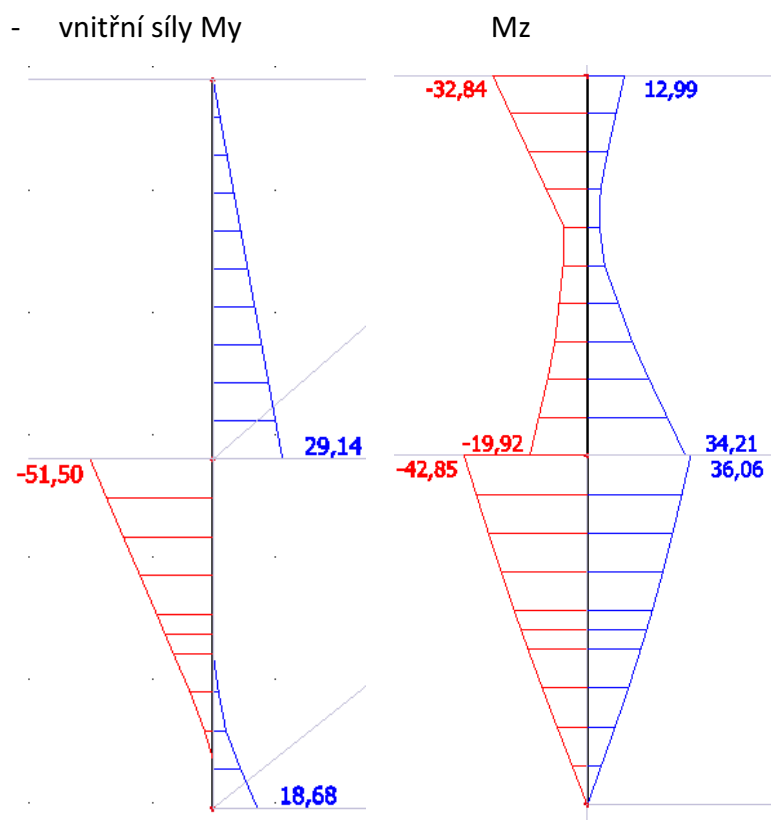
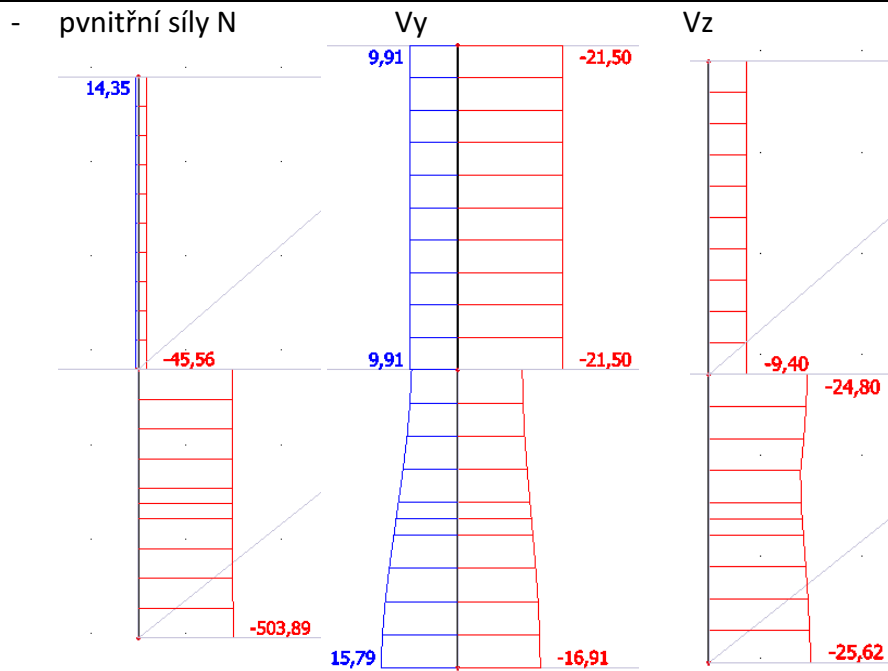
$$\delta_{3max} = \frac{h_1+h_2+h_3}{300} = \frac{2950+2850+3100}{300} = 30 \text{ mm}$$

$$\delta_{0max} = \frac{h_0}{500} = \frac{13000}{500} = 26,0 \text{ mm} > 16,5 \text{ mm} - \text{VYHOVÍ}$$

4.2.2 SL2 - sloup v patře - zesílený (B10 a B57)

- axonometrie







## - vnitřní síly – návrhové případy

	$N_{ed,i}$	$V_{y,ed,i}$	$V_{z,ed,i}$	$M_{y,Ed,i}$	$M_{z,Ed,i}$
1) $N_{max}$	503.89 kN	4.95 kN	25.62 kN	15.54 kNm	0.09 kNm
2) $V_{y,max}$	7.05 kN	21.50 kN	4.07 kN	12.62 kNm	33.81 kNm
3) $V_{z,max}$	503.89 kN	4.95 kN	25.62 kN	15.54 kNm	0.09 kNm
4) $M_{y,max}$	496.91 kN	3.60 kN	21.62 kN	51.50 kNm	12.33 kNm
5) $M_{z,max}$	183.50 kN	13.21 kN	5.76 kN	16.77 kNm	42.85 kNm

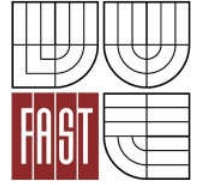
## - vnitřní síly – tabulka

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B10	SL2 - HEB240	0,000	MSU-EC/1	<b>-503,89</b>	4,95	<b>-25,62</b>	15,54	0,09
B57	SL2 - HEB240	3,100	MSU-EC/2	<b>14,35</b>	-18,66	-2,28	0,01	-27,96
B57	SL2 - HEB240	0,000	MSU-EC/3	7,05	<b>-21,50</b>	-4,07	12,62	33,81
B10	SL2 - HEB240	0,000	MSU-EC/4	-207,94	<b>15,79</b>	-10,33	6,25	-0,01
B57	SL2 - HEB240	0,000	MSU-EC/5	-0,60	-14,21	<b>-1,94</b>	6,03	23,52
B10	SL2 - HEB240	2,850	MSU-EC/1	-196,91	3,60	-21,62	<b>-51,50</b>	12,33
B57	SL2 - HEB240	0,000	MSU-EC/1	-31,98	-1,31	-9,40	<b>29,14</b>	-0,75
B10	SL2 - HEB240	2,850	MSU-EC/6	-183,50	-13,21	-5,76	-16,77	<b>-42,85</b>
B10	SL2 - HEB240	2,850	MSU-EC/4	-205,59	9,49	-10,84	-23,84	<b>36,06</b>

## - průřezové charakteristiky

Navržený průřez - HE 240 Bvýška  $h = 240$  mmšířka  $b = 240$  mmtl. stojny  $t_w = 10$  mmtl. příruby  $t_f = 17$  mmplocha = 10600 mm<sup>2</sup>účinná výška stojny  $c_w = 206$  mmúčinná šířka příruby  $c_f = 110$  mmmoment setrvačnosti  $I_y = 0.0001126$  m<sup>4</sup>moment setrvačnosti  $I_z = 0.0000392$  m<sup>4</sup>poloměr setrvačnosti  $i_y = 103.10$  mmpoloměr setrvačnosti  $i_z = 60.80$  mmprůřezový modul (pl)  $w_{pl,y} = 1053000$  mm<sup>3</sup>průřezový modul (pl)  $w_{pl,z} = 498400$  mm<sup>3</sup>průřezový modul (el)  $w_{el,y} = 938300$  mm<sup>3</sup>průřezový modul (el)  $w_{el,z} = 326900$  mm<sup>3</sup>poloměr zaoblení  $r = 21$  mmmateriál - S355mez kluzu  $f_y = 355$  MPamez pevnosti  $f_u = 510$  MPa $\epsilon = (235/f_y)^{0.5} = 0.81$ zatřídění průřezu stojna $c_w/t_w = 14.4$ limit třída 1 -  $33 \cdot \epsilon = 26.7$ limit třída 2 -  $38 \cdot \epsilon = 30.8$ limit třída 3 -  $42 \cdot \epsilon = 34.0$ **TŘÍDA 1**zatřídění průřezu příruba $c_f/t_f = 6.4$ limit třída 1 -  $9 \cdot \epsilon = 7.3$ limit třída 2 -  $10 \cdot \epsilon = 8.1$ limit třída 3 -  $14 \cdot \epsilon = 11.3$ **TŘÍDA 1****CELKOVÁ TŘÍDA 1**a) posudek na prostý tlak (Nmax)-  $N_{Ed} = 503,89$  kN

Třída průřezu je 1 -&gt; únosnost z plné plochy průřezu A



$$- N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$- N_{c,Rd} = \frac{1,06 \times 10^{-2} \times 355 \times 10^6}{1,0}$$

$$- N_{c,Rd} = 3763,00 \text{ kN}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{503,89}{3763,00} = 0,13 - \text{VYHOVÍ}$$

### **b) posudek na prostý smyk ( $V_{z,max}$ )**

$$- V_{Ed} = 25,62 \text{ kN}$$

Třída průřezu je 1 -> únosnost z plochy  $A_v$

$$- A_v = \eta \times h_w \times t_w = 1,2 \times 206 \times 17 = 4202 \text{ mm}^2$$

$$- V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \times (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{4,20 \times 10^{-3} (355 \times 10^6 / \sqrt{3})}{1,0} = 860,83 \text{ kN}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{25,62}{860,83} = 0,03 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

### **c) posudek na prostý ohyb ( $M_{y,max}$ )**

$$- M_{Ed} = M_{y,Ed} = 51,50 \text{ kN.m}$$

Třída průřezu je 1 -> plastický moment únosnosti

$$- M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$- M_{pl,Rd} = \frac{1,053 \times 10^{-3} \times 355 \times 10^6}{1,00}$$

$$- M_{pl,Rd} = 373,82 \text{ kN.m}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

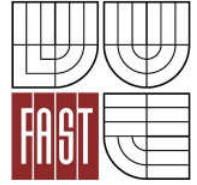
$$- \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{51,50}{373,82} = 0,14 - \text{VYHOVÍ}$$

### **d) posudek na prostý ohyb ( $M_{z,max}$ )**

$$- M_{Ed} = M_{z,Ed} = 42,85 \text{ kN.m}$$

Třída průřezu je 1 -> plastický moment únosnosti



$$- M_{c,Rd} = M_{z,pl,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$- M_{z,pl,Rd} = \frac{4,984 \times 10^{-4} \times 355 \times 10^6}{1,00}$$

$$- M_{z,pl,Rd} = 176,93 \text{ kN.m}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{42,85}{176,93} = 0,24 - \text{VYHOVÍ}$$

### **e) posudek ohyb + smyk ( $V_{z,max}$ )**

Dle eurokódu 3, kapitoly 6.2.6 je možné zanedbat vliv smykové síly na momentovou únosnost, pokud smyková síla je menší jak polovina plastické smykové únosnosti. (V tomto případě jednotkový posudek  $0,03 < 0,5$ )

### **f) posudek na kombinaci prostého tlaku/tahu a ohybu ( $M_{y,max}$ )**

$$N_{Ed} = 496,91 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = M_{y,Ed} = 51,50 \text{ kN.m}$$

Pro dvojose symetrické I a H průřezy není nutné uvažovat účinek osové síly na plastický moment únosnosti při ohybu kolem osy y-y. jestliže jsou splněny tyto podmínky:

$$N_{Ed} \leq 0,25 N_{pl,Rd} \rightarrow \text{jed. posudek } 0,13 \rightarrow \text{splněno}$$

$$N_{Ed} \leq \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 0,206 \times 0,010 \times 355 \times 10^6}{1,0} = 365,65 \rightarrow \text{nesplněno}$$

Podmínka nebyla splněna, nutný výpočet  $M_{N,Rd}$

$$- n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{496,91}{3763} = 0,13$$

$$- a = \frac{A - 2bt_f}{A} = \frac{10600 - 2 \times 240 \times 17}{10600} = 0,23$$

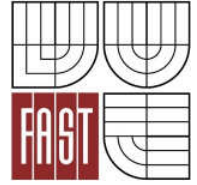
$$- M_{N,y,Rd} = \frac{M_{pl,y,Rd} \times (1-n)}{(1-0,5 \times a)} = \frac{373,82 \times (1-0,28)}{(1-0,5 \times 0,23)} = 303,46 \text{ kN.m}$$

$$- M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = 303,46 \text{ kN.m}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{51,50}{303,64} = 0,17 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$



Interakce ohybu a osové síly:

$$- \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,N,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{496,91}{3763} + \frac{51,50}{303,64} + \frac{12,33}{176,93} = 0,13 + 0,17 + 0,07 = 0,37 \leq 1,0$$

**g) posudek na šikmý ohyb ( $M_{v,max}$ )**

$$N_{Ed} = 496,91 \text{ kN.m}$$

$$M_{y,Ed} = 51,50 \text{ kN.m}$$

$$M_{z,Ed} = 12,33 \text{ kN.m}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right]^{\alpha} + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right]^{\beta} \leq 1,0$$

$$- \left[ \frac{51,50}{303,64} \right]^2 + \left[ \frac{12,33}{176,93} \right]^{1,0} = 0,10 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

Pro průřezy I a H:

$$\alpha = 2,0$$

$$\beta = 5 \times n = 5 \times 0,13 = 0,65$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{496,91}{3763} = 0,13$$

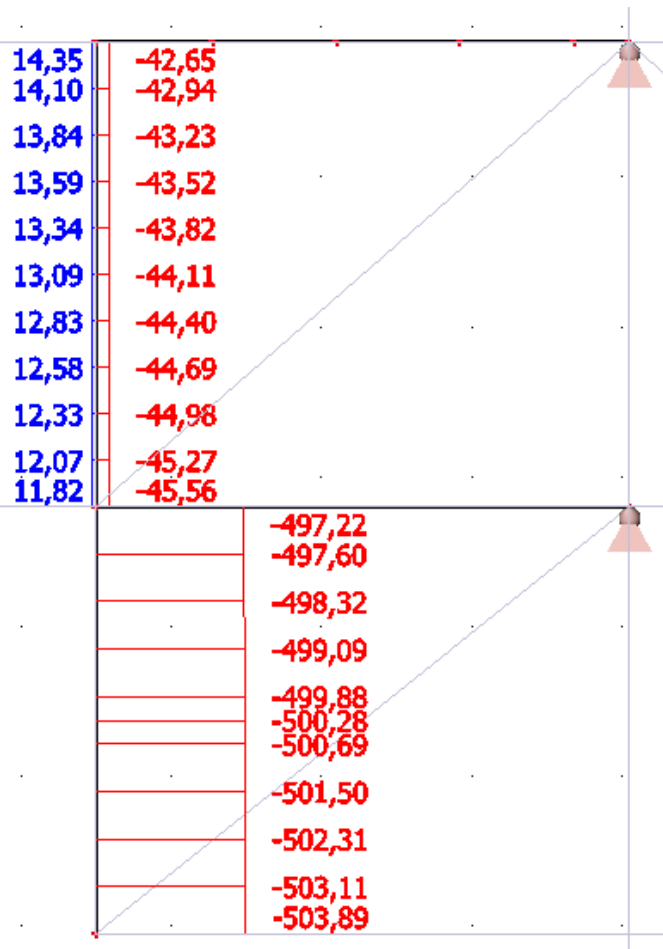
**h) posudek na vzpěrný tlak ( $N_{max}$ )**

$$N_{Ed} = 503,89 \text{ kN}$$

Vybočení bude uvažováno v rovině y-y (na tuhou osu), v rovině z-z (na měkkou osu). Součinitel vzpěrných délek byl spočítán implementovanou metodou v programu Scia.

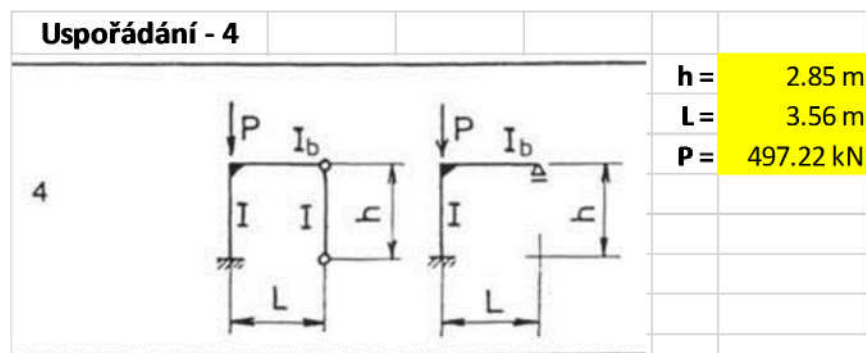
Prvek	Jméno průřezu	Část	Posuvné y	Ly	ky	kz
			Posuvné z	[m]		
B10	SL2	1	Ano	2,850	1,40	2,71
			Ano	2,850		
B57	SL2	1	Ano	3,100	2,07	1,44
			Ano	3,100		

Kontrola ručním výpočtem (y-y) :



- část 1 (y-y)

Uspořádání - 4

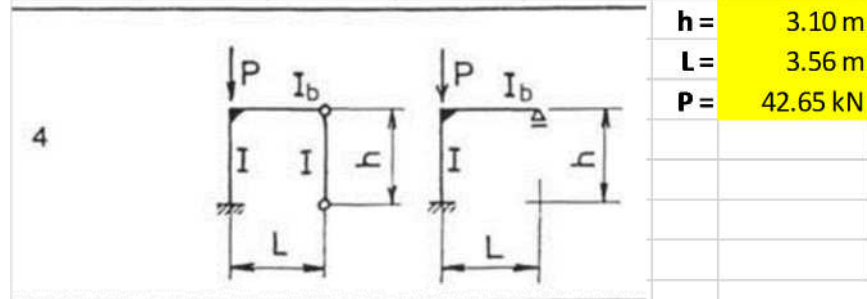


h = 2.85 m  
L = 3.56 m  
P = 497.22 kN

	SLOUP	PRŮVLAK
Směr	tuhá osa y-y	tuhá osa y-y
Profil	HE 240 B	IPE 360
I <sub>y</sub>	1.13E-04 m <sup>4</sup>	1.63E-04 m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	N/A	N/A
κ	0.863	
β	1.246	

- část 2 (y-y)

**Uspořádání - 4**



**h =** 3.10 m  
**L =** 3.56 m  
**P =** 42.65 kN

	SLOUP	PRŮVLAK
Směr	tuhá osa y-y	tuhá osa y-y
Profil	HE 240 B	IPE 240
$I_y$	1.13E-04 m <sup>4</sup>	3.89E-05 m <sup>4</sup>
$I_z$	N/A	N/A
$\kappa$	3.318	
$\beta$	1.604	

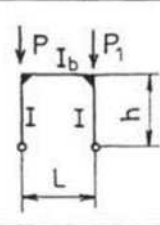
Ruční výpočet v části 1 (B10) je blízko hodnoty spočítané softwarem.

V části 2 (B57) vyšla menší hodnota.

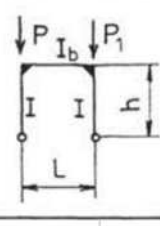
Kontrola ručním výpočtem (z-z) :

-42,65	14,35	-34,49	27,79
-42,94	14,10	-34,59	27,70
-43,23	13,84	-34,70	27,60
-43,52	13,59	-34,81	27,51
-43,82	13,34	-34,92	27,42
-44,11	13,09	-35,02	27,32
-44,40	12,83	-35,13	27,23
-44,69	12,58	-35,24	27,14
-44,98	12,33	-35,34	27,04
-45,27	12,07	-35,45	26,95
-45,56	11,82	-35,56	26,86
-497,22		65,59	
-497,60		65,48	
-498,32		65,37	
-499,09		65,26	
-499,88		65,15	
-500,28		65,10	
-500,69		65,04	
-501,50		64,93	
-502,31		64,82	
-503,11		64,72	
-503,89		64,61	

## - část 1 (z-z)

Uspořádání - 1		
1		<b>h =</b> 2.85 m
		<b>L =</b> 3.60 m
		<b>P =</b> 497.22 kN
		<b>P<sub>1</sub> =</b> 66.59 kN
	<b>SLOUP</b>	<b>PRŮVLAK</b>
<b>Směr</b>	měkká osa z-z	tuhá osa y-y
<b>Profil</b>	HE 240 B	IPE 360
<b>I<sub>y</sub></b>	N/A	1.63E-04 m <sup>4</sup>
<b>I<sub>z</sub></b>	3.92E-05 m <sup>4</sup>	N/A
<b>κ</b>	0.305	
<b>β<sub>1</sub></b>	0.745	
<b>β</b>	<b>1.579</b>	

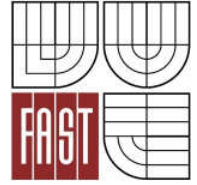
## - část 2 (z-z)

Uspořádání - 1		
1		<b>h =</b> 3.10 m
		<b>L =</b> 6.70 m
		<b>P =</b> 42.64 kN
		<b>P<sub>1</sub> =</b> 34.49 kN
	<b>SLOUP</b>	<b>PRŮVLAK</b>
<b>Směr</b>	měkká osa z-z	tuhá osa y-y
<b>Profil</b>	HE 240 B	IPE 240
<b>I<sub>y</sub></b>	N/A	3.89E-05 m <sup>4</sup>
<b>I<sub>z</sub></b>	3.92E-05 m <sup>4</sup>	N/A
<b>κ</b>	2.179	
<b>β<sub>1</sub></b>	0.941	
<b>β</b>	<b>2.576</b>	

Ruční výpočet v části 1 i 2 se neblíží výsledkům z ročního výpočtu, odchylka je nejspíše způsobena ne příliš přesnou idealizací geometrie a okrajových podmínek, aby vyhovovali případu v normě. Použity budou hodnoty ze softwareu.

Posudek na vzpěr lze zanedbat pokud je splněna alespoň jedna z těchto podmínek:

$$\lambda' \leq 0,2$$



$$\frac{\gamma_M \times N_{Ed}}{N_{cr}} \leq 0,04$$

$$\lambda'_y = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,06 \times 10^{-2} \times 355 \times 10^6}{14659,25 \times 10^3}} = 0,51$$

$$N_{y,cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{y,cr}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 1,126 \times 10^{-4}}{3,99^2} = 14659,25 \text{ kN}$$

$$L_{y,cr} = k_y \times L_y = 1,40 \times 2,85 = 3,99 \text{ m}$$

$$\lambda'_z = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,06 \times 10^{-2} \times 355 \times 10^6}{1363,23 \times 10^3}} = 1,66$$

$$N_{z,cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{z,cr}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 3,92 \times 10^{-5}}{7,72^2} = 1363,23 \text{ kN}$$

$$L_{z,cr} = k_z \times L_z = 2,71 \times 2,85 = 7,72 \text{ m}$$

$$\lambda' = 1,66 < 0,2 \rightarrow \text{nesplněno}$$

$$\frac{\gamma_M \times N_{Ed}}{N_{cr}} = \frac{1,0 \times 503,89}{1363,23} = 0,37 < 0,04 \rightarrow \text{nesplněno}$$

### **Vybočení v rovině (y-y):**

Určení křivky vzpěrné pevnosti:

$$\frac{h}{b} = \frac{240}{240} = 1,0 < 1,2$$

$$t_f = 17 < 100$$

Křivka vzpěrné pevnosti **b** -> součinitel imperfekce  $\alpha = 0,34$

$$\phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\lambda'_y - 0,2) + \lambda'^2_y] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,51 - 0,2) + 0,51^2] = 0,68$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda'^2_y}} = \frac{1}{0,68 + \sqrt{0,68^2 - 0,51^2}} = 0,89$$

Výpočet  $N_{y,b,Rd}$ :

$$N_{y,b,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,89 \times 1,06 \times 10^{-2} \times 355 \times 10^6}{1,0} = 3349,07 \text{ kN}$$

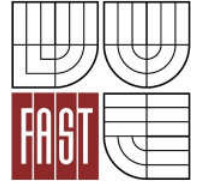
Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{y,b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{503,89}{3349,07} = 0,15 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

### **Vybočení v rovině (z-z):**

Určení křivky vzpěrné pevnosti:



$$\frac{h}{b} = \frac{240}{240} = 1,0 < 1,2$$

$$t_f = 17 < 100$$

Křivka vzpěrné pevnosti **c** -> součinitel imperfekce  $\alpha = 0,49$

$$\phi_z = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\lambda'_z - 0,2) + \lambda'^2_z] = 0,5 \times [1 + 0,49 \times (1,66 - 0,2) + 1,66^2] = 2,23$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda'^2_z}} = \frac{1}{2,23 + \sqrt{2,23^2 - 1,66^2}} = 0,27$$

Výpočet  $N_{z,b,Rd}$ :

$$N_{z,b,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,27 \times 1,06 \times 10^{-2} \times 355 \times 10^6}{1,0} = 1016,01 \text{ kN}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{z,b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{503,89}{1014,01} = 0,50 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

### **j) posudek na osovou sílu a ohyb včetně ztráty stability**

Interakční součinitelé byly převzaty z programu Scia Engineer.

Interakční součinitel $k_{yy}$	0,94
Interakční součinitel $k_{yz}$	0,87
Interakční součinitel $k_{zy}$	0,56
Interakční součinitel $k_{zz}$	1,45

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

- Rovnice 6.61 ( $N_{\max}$ )

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{503,89}{0,89 \times 3763,00} + 0,94 \times \frac{15,54}{1,00 \times 373,82} + 0,87 \times 0 = 0,18 \leq 1,0 \text{ VYHOVÍ}$$

- Rovnice 6.62 ( $N_{\max}$ )

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{503,89}{0,27 \times 3763,00} + 0,56 \times \frac{15,54}{1,00 \times 373,82} + 1,45 \times 0 = 0,52 \leq 1,0 \text{ VYHOVÍ}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

- Rovnice 6.61 ( $M_{y,max}$ )

$$-\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$-\frac{496,91}{\frac{0,89 \times 3763,00}{1,0}} + 0,94 \times \frac{51,50}{\frac{1,00 \times 373,82}{1,0}} + 0,87 \times \frac{12,33}{\frac{1,0 \times 176,93}{1,0}} = 0,34 \leq 1,0$$

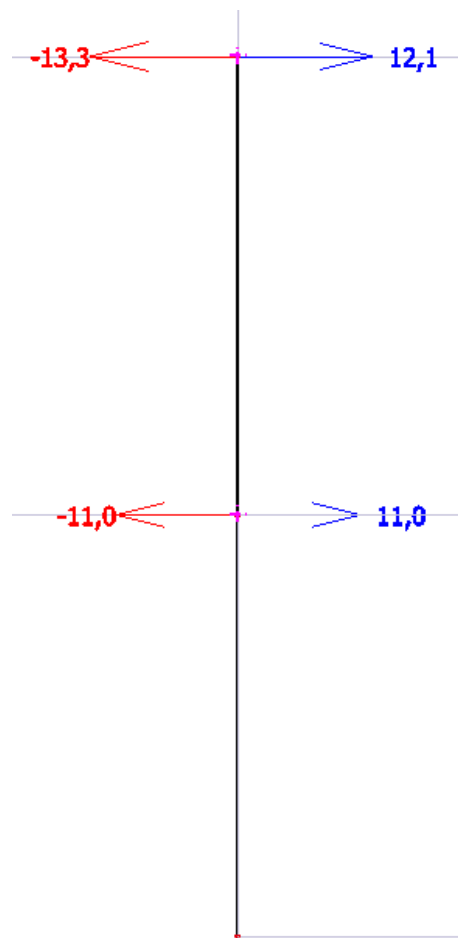
- Rovnice 6.62 ( $M_{y,max}$ )

$$-\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$-\frac{496,91}{\frac{0,27 \times 3763,00}{1,0}} + 0,56 \times \frac{51,50}{\frac{1,00 \times 373,82}{1,0}} + 1,45 \times \frac{12,33}{\frac{1,0 \times 176,93}{1,0}} = 0,67 \leq 1,0$$

### **k) posudek na druhý mezní stav – průhyb**

Vodorovný průhyb (kombinace MSP-VITR):



Maximální povolený vodorovný posun:

- Stropní konstrukce – nosoucí sloup

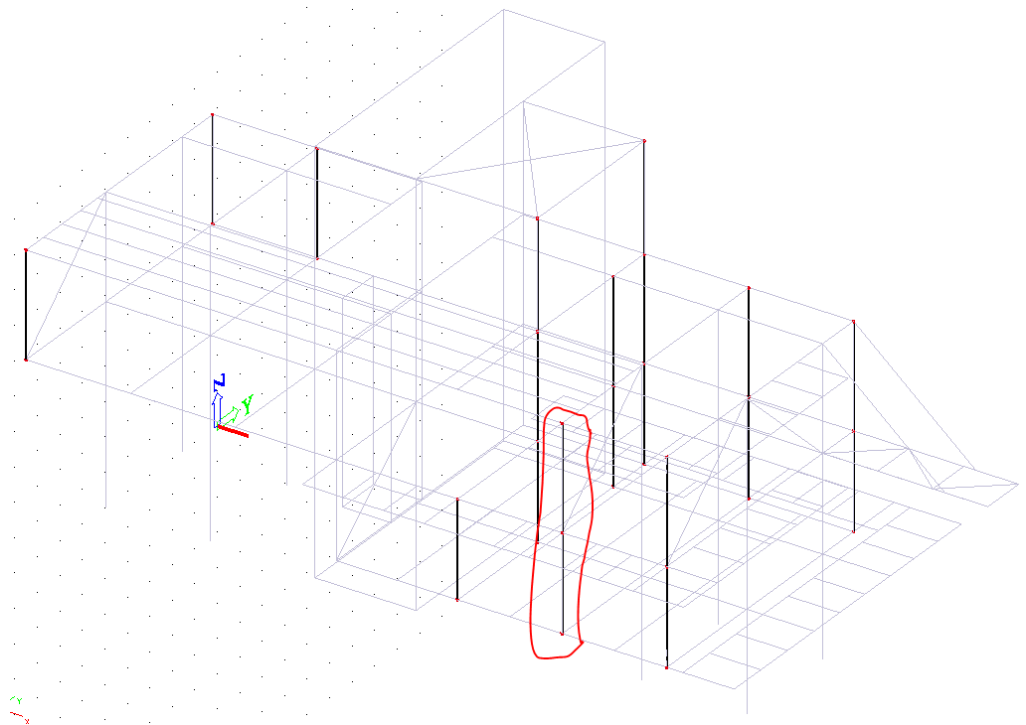
$$\delta_{2max} = \frac{h_1+h_2}{300} = \frac{2950+2850}{300} = 19,33 \text{ mm} > 11,0 - \text{VYHOVÍ}$$

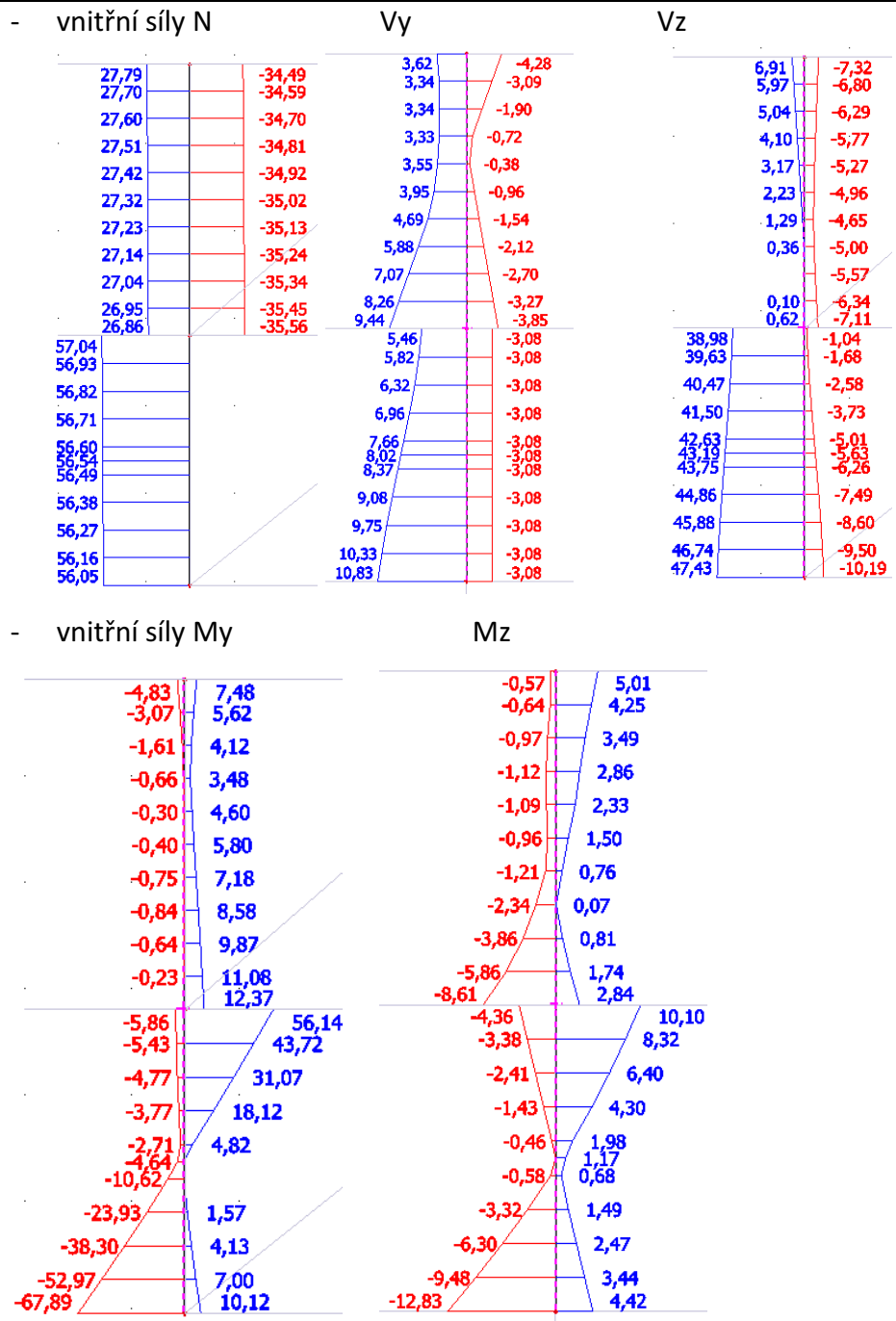
$$\delta_{3max} = \frac{h_1+h_2+h_3}{300} = \frac{2950+2850+3100}{300} = 30 \text{ mm}$$

$$\delta_{0max} = \frac{h_0}{500} = \frac{13000}{500} = 26,0 \text{ mm} > 13,3\text{mm} - \text{VYHOVÍ}$$

#### 4.2.3 SL1 - sloup v patře (B35 a B63)

- axonometrie





## - vnitřní síly – návrhové případy

	$N_{ed,i}$	$V_{y,ed,i}$	$V_{z,ed,i}$	$M_{y,Ed,i}$	$M_{z,Ed,i}$
1) $N_{max}$	57.06 kN	0.58 kN	22.65 kN	28.05 kNm	0.87 kNm
2) $V_{y,max}$	32.94 kN	10.83 kN	31.75 kN	49.99 kNm	12.83 kNm
3) $V_{z,max}$	29.49 kN	8.62 kN	47.43 kN	67.89 kNm	8.44 kNm
4) $M_{y,max}$	29.49 kN	8.62 kN	47.43 kN	67.89 kNm	8.44 kNm
5) $M_{z,max}$	34.26 kN	5.46 kN	34.05 kN	43.80 kNm	10.10 kNm

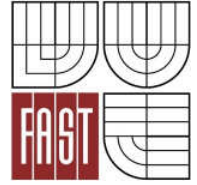
## - vnitřní síly – tabulka

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
B63	SL1 - IPE240	0,000	MSU-EC/8	<b>-35,56</b>	4,69	-2,18	7,16	-5,77
B35	SL1 - IPE240	2,850	MSU-EC/9	<b>57,04</b>	0,58	22,63	28,05	0,87
B63	SL1 - IPE240	3,100	MSU-EC/10	14,16	<b>-4,28</b>	3,86	4,43	-0,57
B35	SL1 - IPE240	0,000	MSU-EC/11	32,94	<b>10,83</b>	31,75	-49,99	<b>-12,83</b>
B35	SL1 - IPE240	0,000	MSU-EC/2	24,54	-3,08	<b>-10,19</b>	10,12	4,42
B35	SL1 - IPE240	0,000	MSU-EC/12	29,49	8,62	<b>47,43</b>	<b>-67,89</b>	-8,44
B35	SL1 - IPE240	2,850	MSU-EC/13	35,10	0,20	38,92	<b>56,14</b>	4,09
B35	SL1 - IPE240	2,850	MSU-EC/11	34,26	5,46	34,05	43,80	<b>10,10</b>

## - průřezové charakteristiky

Navržený průřez - IPE 240výška  $h = 240$  mmšířka  $b = 120$  mmtl. stojny  $t_w = 6$  mmtl. příruby  $t_f = 10$  mmplocha =  $3910$  mm<sup>2</sup>účinná výška stojny  $c_w = 220$  mmúčinná šířka příruby  $c_f = 53$  mmmoment setrvačnosti  $I_y = 0.0000389$  m<sup>4</sup>moment setrvačnosti  $I_z = 0.0000028$  m<sup>4</sup>poloměr setrvačnosti  $i_y = 99.70$  mmpoloměr setrvačnosti  $i_z = 26.90$  mmprůřezový modul (pl)  $w_{pl,y} = 366600$  mm<sup>3</sup>průřezový modul (pl)  $w_{pl,z} = 73920$  mm<sup>3</sup>průřezový modul (el)  $w_{el,y} = 324300$  mm<sup>3</sup>průřezový modul (el)  $w_{el,z} = 47270$  mm<sup>3</sup>poloměr zaoblení  $r = 15$  mmmateriál - S355mez kluzu  $f_y = 355$  MPamez pevnosti  $f_u = 510$  MPa $\epsilon = (235/f_y)^{0.5} = 0.81$ zatřizení průřezu stojna $c_w/t_w = 24.9$ limit třída 1 -  $33 \cdot \epsilon = 26.7$ limit třída 2 -  $38 \cdot \epsilon = 30.8$ limit třída 3 -  $42 \cdot \epsilon = 34.0$ **TŘÍDA 1**zatřizení průřezu příruha $c_f/t_f = 5.4$ limit třída 1 -  $9 \cdot \epsilon = 7.3$ limit třída 2 -  $10 \cdot \epsilon = 8.1$ limit třída 3 -  $14 \cdot \epsilon = 11.3$ **TŘÍDA 1****CELKOVÁ TŘÍDA 1**a) posudek na prostý tlak (Nmax)-  $N_{Ed} = 57,06$  kN

Třída průřezu je 1 -&gt; únosnost z plné plochy průřezu A



$$- N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$- N_{c,Rd} = \frac{3,91 \times 10^{-3} \times 355 \times 10^6}{1,0}$$

$$- N_{c,Rd} = 1388,05 \text{ kN}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{57,06}{1388,05} = 0,04 - \text{VYHOVÍ}$$

### **b) posudek na prostý smyk ( $V_{z,max}$ )**

$$- V_{Ed} = 47,43 \text{ kN}$$

Třída průřezu je 1 -> únosnost z plochy  $A_v$

$$- A_v = \eta \times h_w \times t_w = 1,2 \times 220 \times 6 = 1584 \text{ mm}^2$$

$$- V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \times (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1,584 \times 10^{-3} (355 \times 10^6 / \sqrt{3})}{1,0} = 324,66 \text{ kN}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{47,43}{324,66} = 0,146 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

### **c) posudek na prostý ohyb ( $M_{y,max}$ )**

$$- M_{Ed} = M_{y,Ed} = 67,890 \text{ kN.m}$$

Třída průřezu je 1 -> plastický moment únosnosti

$$- M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$- M_{pl,Rd} = \frac{3,666 \times 10^{-4} \times 355 \times 10^6}{1,00}$$

$$- M_{pl,Rd} = 130,14 \text{ kN.m}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

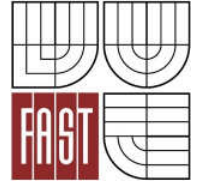
$$- \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{67,89}{130,14} = 0,52 - \text{VYHOVÍ}$$

### **d) posudek na prostý ohyb ( $M_{z,max}$ )**

$$- M_{Ed} = M_{z,Ed} = 10,10 \text{ kN.m}$$

Třída průřezu je 1 -> plastický moment únosnosti



$$- M_{c,Rd} = M_{z,pl,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$- M_{z,pl,Rd} = \frac{7,392 \times 10^{-5} \times 355 \times 10^6}{1,00}$$

$$- M_{z,pl,Rd} = 26,24 \text{ kN.m}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{10,10}{26,24} = 0,38 - \text{VYHOVÍ}$$

### **e) posudek ohyb + smyk ( $V_{z,max}$ )**

Dle eurokódu 3, kapitoly 6.2.6 je možné zanedbat vliv smykové síly na momentovou únosnost, pokud smyková síla je menší jak polovina plastické smykové únosnosti. (V tomto případě jednotkový posudek  $0,06 < 0,5$ )

### **f) posudek na kombinaci prostého tlaku/tahu a ohybu ( $M_{y,max}$ )**

$$N_{Ed} = 29,49 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = M_{y,Ed} = 67,89 \text{ kN.m}$$

Pro dvojose symetrické I a H průřezy není nutné uvažovat účinek osové síly na plastický moment únosnosti při ohybu kolem osy y-y. jestliže jsou splněny tyto podmínky:

$$N_{Ed} \leq 0,25 N_{pl,Rd} \rightarrow \text{jed. posudek } 0,02 \rightarrow \text{splněno}$$

$$N_{Ed} \leq \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 0,220 \times 0,006 \times 355 \times 10^6}{1,0} = 243,30 \rightarrow \text{splněno}$$

Interakce ohybu a osové síly:

$$- \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{29,49}{1388,05} + \frac{67,89}{130,14} + \frac{8,44}{26,24} = 0,02 + 0,52 + 0,32 = 0,86 \leq 1,0$$

### **g) posudek na šikmý ohyb ( $M_{y,max}$ )**

$$N_{Ed} = 29,49 \text{ kN.m}$$

$$M_{y,Ed} = 67,89 \text{ kN.m}$$

$$M_{z,Ed} = 8,44 \text{ kN.m}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \left[ \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right]^\alpha + \left[ \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right]^\beta \leq 1,0$$

$$- \left[ \frac{67,89}{130,14} \right]^2 + \left[ \frac{8,44}{26,24} \right]^{1,0} = 0,59 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

Pro průřezy I a H:

$$\alpha = 2,0$$

$$\beta = 5 \times n = 5 \times 0,02 = 0,10$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{29,49}{1388,05} = 0,02$$

### **h) posudek na vzpěrný tlak ( $N_{max}$ )**

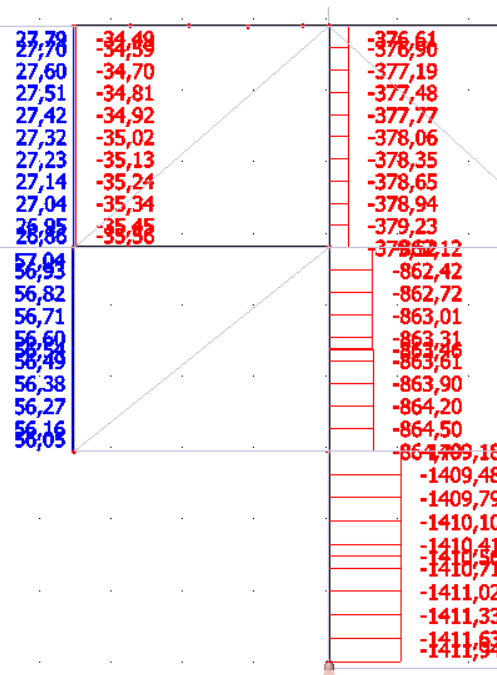
$$N_{Ed} = 35,56 \text{ kN}$$

Vybočení bude uvažováno v rovině y-y (na tuhou osu), v rovině z-z (na měkkou osu). Součinitel vzpěrných délek byl spočítán implementovanou metodou v programu Scia.

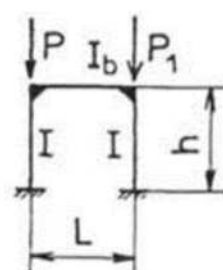
Prvek	Jméno průřezu	Část	Posuvné y	L <sub>y</sub>	k <sub>y</sub>	k <sub>z</sub>
			Posuvné z	L <sub>z</sub>	[-]	[-]
				[m]		
B35	SL1	1	Ano	2,850	1,39	1,11
			Ano	2,850		
B63	SL1	1	Ano	3,100	2,85	1,08
			Ano	3,100		

Kontrola ručním výpočtem (y-y) :

Tlak vzniká pouze ve 2 části (B63).



- část 2 (y-y)

Uspořádání - 3	
	<b>h =</b> 3.56 m <b>L =</b> 3.10 m <b>P =</b> 34.49 kN <b>P<sub>1</sub> =</b> 376.61 kN
SLOUP	PRŮVLAK
Směr	tuhá osa y-y
Profil	IPE 240
I <sub>y</sub>	3.89E-05 m <sup>4</sup>
I <sub>z</sub>	N/A
κ	0.288
β <sub>1</sub>	2.417
β	<b>2.534</b>

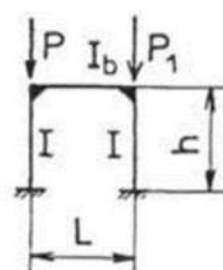
Ruční výpočet v části 2 (B63) je blízko hodnoty spočítané softwarem.

Kontrola ručním výpočtem (z-z) :

Tlak vzniká pouze ve 2 části (B63)

-34,49	27,79	-45,39	6,15
-34,59	27,70	-45,73	6,65
-34,70	27,60	-46,11	7,15
-34,81	27,51	-46,48	7,65
-34,92	27,42	-46,85	8,16
-35,02	27,32	-47,23	8,66
-35,13	27,23	-47,60	9,16
-35,24	27,14	-47,97	9,66
-35,34	27,04	-48,35	10,17
-35,45	26,95	-48,72	10,67
-35,56	26,86	-49,09	11,17
	57,04		120,63
	56,93		120,21
	56,82		119,79
	56,71		119,38
	56,60		118,96
	56,54		118,75
	56,49		118,54
	56,38		118,13
	56,27		117,71
	56,16		117,29
	56,05		116,88

- část 2 (z-z)

Uspořádání - 3																									
	<b>h =</b> 3.10 m <b>L =</b> 3.10 m <b>P =</b> 34.49 kN <b>P<sub>1</sub> =</b> 45.09 kN																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>SLOUP</th> <th>PRŮVLAK</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Směr</td> <td>měká osa z-z</td> <td>tuhá osa y-y</td> </tr> <tr> <td>Profil</td> <td>IPE 240</td> <td>IPE 330</td> </tr> <tr> <td>I<sub>y</sub></td> <td>N/A</td> <td>1.18E-04 m<sup>4</sup></td> </tr> <tr> <td>I<sub>z</sub></td> <td>2.84E-06 m<sup>4</sup></td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>κ</td> <td colspan="2">0.024</td> </tr> <tr> <td>β<sub>1</sub></td> <td colspan="2">1.063</td> </tr> <tr> <td>β</td> <td colspan="2"><b>1.068</b></td> </tr> </tbody> </table>		SLOUP	PRŮVLAK	Směr	měká osa z-z	tuhá osa y-y	Profil	IPE 240	IPE 330	I <sub>y</sub>	N/A	1.18E-04 m <sup>4</sup>	I <sub>z</sub>	2.84E-06 m <sup>4</sup>	N/A	κ	0.024		β <sub>1</sub>	1.063		β	<b>1.068</b>	
		SLOUP	PRŮVLAK																						
	Směr	měká osa z-z	tuhá osa y-y																						
Profil	IPE 240	IPE 330																							
I <sub>y</sub>	N/A	1.18E-04 m <sup>4</sup>																							
I <sub>z</sub>	2.84E-06 m <sup>4</sup>	N/A																							
κ	0.024																								
β <sub>1</sub>	1.063																								
β	<b>1.068</b>																								

Ruční výpočet v části 2 (B63) je blízko hodnoty spočítané softwarem.

Posudek na vzpěr lze zanedbat pokud je splněna alespoň jedna z těchto podmínek:

$$\lambda' \leq 0,2$$

$$\frac{\gamma_M \times N_{Ed}}{N_{cr}} \leq 0,04$$

$$\lambda'_y = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{3,91 \times 10^{-3} \times 355 \times 10^6}{1031,73 \times 10^3}} = 1,16$$

$$N_{y,cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{y,cr}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 3,890 \times 10^{-5}}{8,84^2} = 1031,73 \text{ kN}$$

$$L_{y,cr} = k_y \times L_y = 2,85 \times 3,1 = 8,84 \text{ m}$$

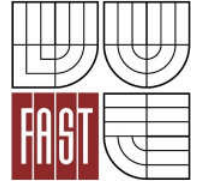
$$\lambda'_z = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{3,91 \times 10^{-3} \times 355 \times 10^6}{517,12 \times 10^3}} = 1,63$$

$$N_{z,cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{z,cr}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 2,80 \times 10^{-6}}{3,35^2} = 517,12 \text{ kN}$$

$$L_{z,cr} = k_z \times L_z = 1,08 \times 3,10 = 3,35 \text{ m}$$

$$\lambda' = 1,63 < 0,2 \rightarrow \text{nesplněno}$$

$$\frac{\gamma_M \times N_{Ed}}{N_{cr}} = \frac{1,0 \times 35,56}{517,12} = 0,07 < 0,04 \rightarrow \text{nesplněno}$$

**Vybočení v rovině (y-y):**

Určení křivky vzpěrné pevnosti:

$$\frac{h}{b} = \frac{240}{120} = 2,0 > 1,2$$

$$t_f = 10 < 40$$

Křivka vzpěrné pevnosti **a** -> součinitel imperfekce  $\alpha = 0,21$ 

$$\begin{aligned} - \phi_y &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\lambda'_y - 0,2) + \lambda'^2_y] = 0,5 \times \\ &[1 + 0,21 \times (1,16 - 0,2) + 1,16^2] = 1,27 \end{aligned}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$- \chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi^2_y - \lambda'^2_y}} = \frac{1}{1,27 + \sqrt{1,27^2 - 1,16^2}} = 0,56$$

Výpočet  $N_{y,b,Rd}$ :

$$- N_{y,b,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,56 \times 3,91 \times 10^{-3} \times 355 \times 10^6}{1,0} = 777,31 \text{ kN}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \frac{N_{Ed}}{N_{y,b,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{35,56}{777,31} = 0,05 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

**Vybočení v rovině (z-z):**

Určení křivky vzpěrné pevnosti:

$$\frac{h}{b} = \frac{240}{120} = 2,0 > 1,2$$

$$t_f = 10 < 40$$

Křivka vzpěrné pevnosti **b** -> součinitel imperfekce  $\alpha = 0,34$ 

$$\begin{aligned} - \phi_z &= 0,5 \times [1 + \alpha \times (\lambda'_z - 0,2) + \lambda'^2_z] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times \\ &(1,63 - 0,2) + 1,63^2] = 2,07 \end{aligned}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$- \chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi^2_z - \lambda'^2_z}} = \frac{1}{2,07 + \sqrt{2,07^2 - 1,66^2}} = 0,30$$

Výpočet  $N_{z,b,Rd}$ :

$$- N_{z,b,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,30 \times 3,91 \times 10^{-3} \times 355 \times 10^6}{1,0} = 416,42 \text{ kN}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \frac{N_{Ed}}{N_{z,b,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{35,56}{416,42} = 0,09 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

### **i) posudek na osovou sílu a ohyb včetně ztráty stability**

Interakční součinitelé byly převzaty z programu Scia Engineer.

Interakční součinitel $k_{yy}$	0,93
Interakční součinitel $k_{yz}$	0,59
Interakční součinitel $k_{zy}$	0,56
Interakční součinitel $k_{zz}$	0,98

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

- Rovnice 6.61 ( $N_{\max}$ )

$$- \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$- \frac{35,56}{\frac{0,56 \times 1388,05}{1,0}} + 0,93 \times \frac{7,16}{\frac{1,00 \times 130,14}{1,0}} + 0,59 \times \frac{5,77}{\frac{1,00 \times 26,24}{1,0}} = 0,22 \leq 1,0$$

- Rovnice 6.62 ( $N_{\max}$ )

$$- \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$- \frac{35,56}{\frac{0,30 \times 1388,05}{1,0}} + 0,56 \times \frac{7,16}{\frac{1,00 \times 130,14}{1,0}} + 0,98 \times \frac{5,77}{\frac{1,00 \times 26,24}{1,0}} = 0,33 \leq 1,0$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

- Rovnice 6.61 ( $M_{y,\max}$ )

$$- \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$- \frac{29,49}{\frac{1,0 \times 1388,05}{1,0}} + 0,93 \times \frac{67,89}{\frac{1,00 \times 130,14}{1,0}} + 0,59 \times \frac{8,44}{\frac{1,00 \times 26,24}{1,0}} = 0,70 \leq 1,0$$

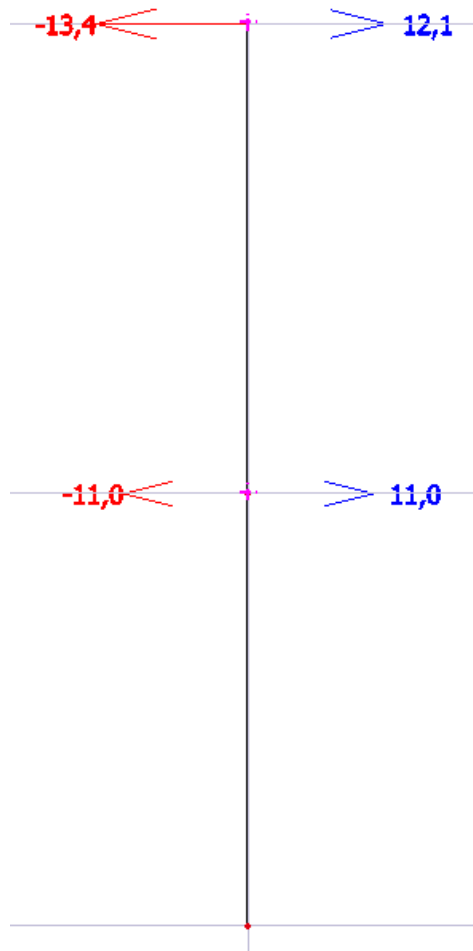
- Rovnice 6.62 ( $M_{y,\max}$ )

$$- \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,0$$

$$- \frac{29,49}{\frac{1,0 \times 1388,05}{1,0}} + 0,56 \times \frac{67,89}{\frac{1,00 \times 130,14}{1,0}} + 0,98 \times \frac{8,44}{\frac{1,00 \times 26,24}{1,0}} = 0,63 \leq 1,0$$

**k) posudek na druhý mezní stav – průhyb**

Vodorovný průhyb (kombinace MSP-VITR):



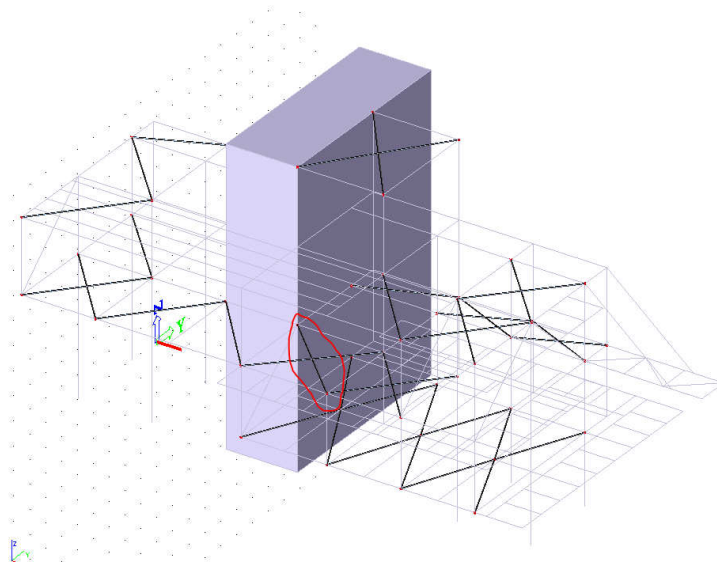
Maximální povolený vodorovný posun:

- $\delta_{2max} = \frac{h_1+h_2}{300} = \frac{2950+2850}{300} = 19,33 \text{ mm} > 11,0 - \text{VYHOVÍ}$
- $\delta_{3max} = \frac{h_1+h_2+h_3}{300} = \frac{2950+2850+3100}{300} = 30 \text{ mm}$
- $\delta_{0max} = \frac{h_0}{500} = \frac{13000}{500} = 26,0 \text{ mm} > 13,4 \text{ mm} - \text{VYHOVÍ}$

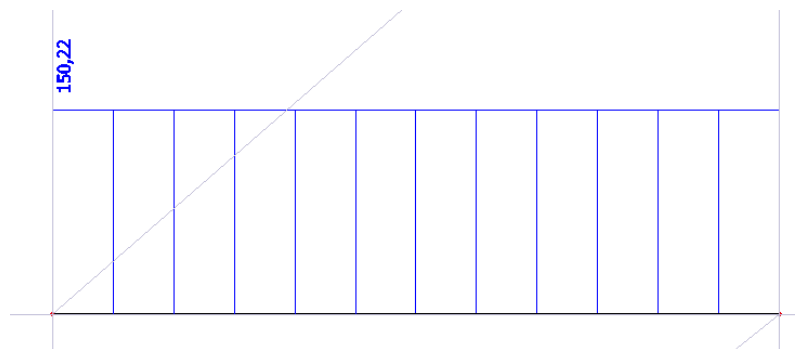
**4.3 Ocelové prvky – ztužidla a táhla****4.3.1 ZT1-4 - ztužidlo v rovině podlahy a střechy (B368)**

Ztužidla ve vodorovné rovině byly navrženy jako prvky zatížené pouze osovou silou. Toho bylo dosaženo nastavením FEM typu – pouze osově síly čímž jsme z prvku vyloučili jakékoliv jiné namáhání než osově. Aby bylo dosaženo pouze tahu, využili jsme možnosti absencí v programu Scia a pro každý ZS jsme vyloučili prvky namáhané tlakem.

- axonometrie



- vnitřní síly N



- vnitřní síly – tabulka

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B368	ZT2 - RD30	0,000	MSU-EC/1	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B368	ZT2 - RD30	0,000	MSU-EC/2	150,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B368	ZT2 - RD30	0,000	MSU-EC/3	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**a) posudek na tah (Nmax)**

-  $N_{Ed} = 150,22 \text{ kN}$

-  $N_{t,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}}$

-  $N_{t,Rd} = \frac{\pi \times 0,015^2 \times 355 \times 10^6}{1,0}$

-  $N_{t,Rd} = 250,93 \text{ kN}$

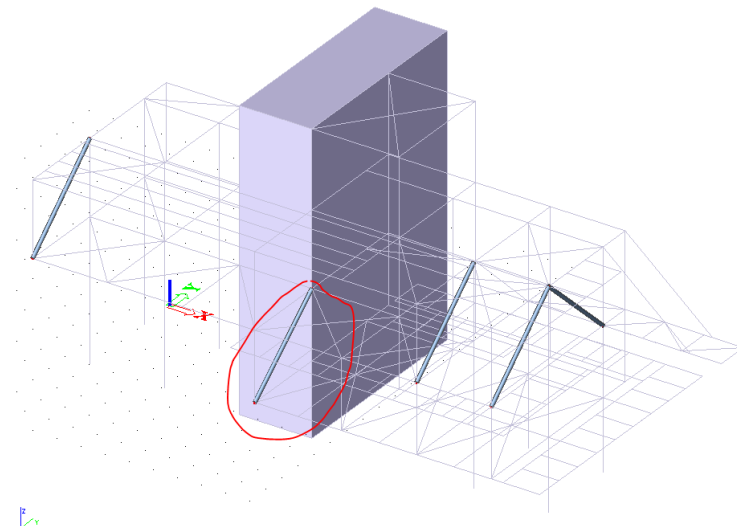
Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

- $\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$
- $\frac{150,22}{250,93} = 0,60$  – **VYHOVÍ**

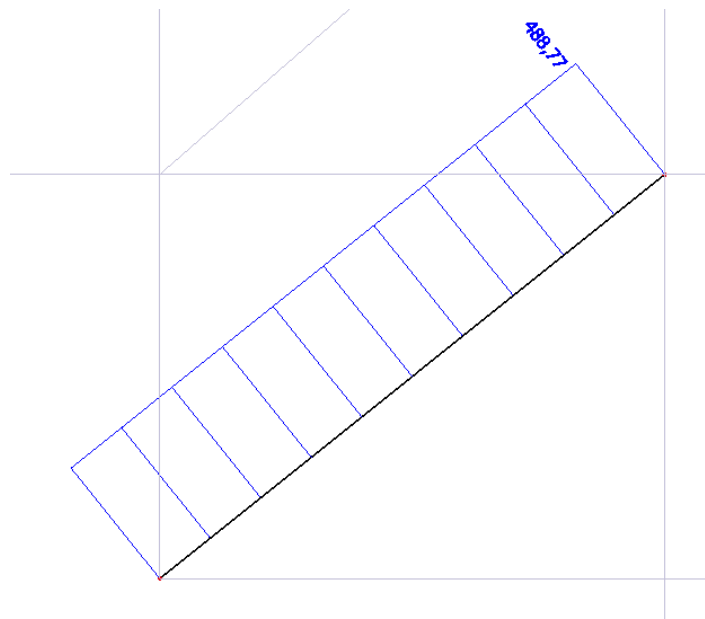
#### 4.3.2 ZTS1 - ztužidlo v rovině stěny (B103)

Ztužidla v rovině stěny byly navrženy jako prvky zatížené pouze osovou silou. Toho bylo dosaženo nastavením FEM typu – pouze osová síla čímž jsme z prvku vyloučili jakékoliv jiné namáhání než osová. Takové působení v prvcích bylo ponecháno.

- axonometrie



- vnitřní síly N



## - vnitřní síly – tabulka

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B103	ZTS1 - CHS139.7/5.0	0,000	MSU-EC/1	<b>61,69</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B103	ZTS1 - CHS139.7/5.0	4,556	MSU-EC/2	<b>488,77</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B103	ZTS1 - CHS139.7/5.0	0,000	MSU-EC/3	253,44	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

**a) posudek na tah (Nmax)**

$$- N_{Ed} = 488,77 \text{ kN}$$

$$- N_{t,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$- N_{t,Rd} = \frac{2,12 \times 10^{-3} \times 355 \times 10^6}{1,0}$$

$$- N_{t,Rd} = 752,60 \text{ kN}$$

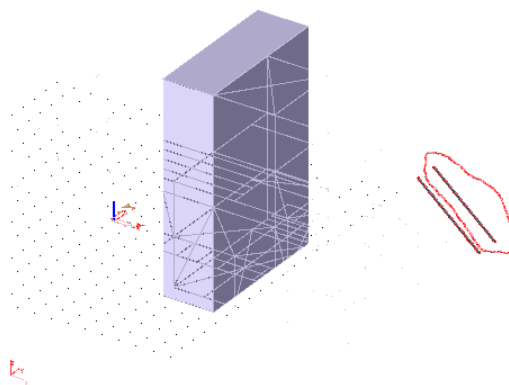
Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$$

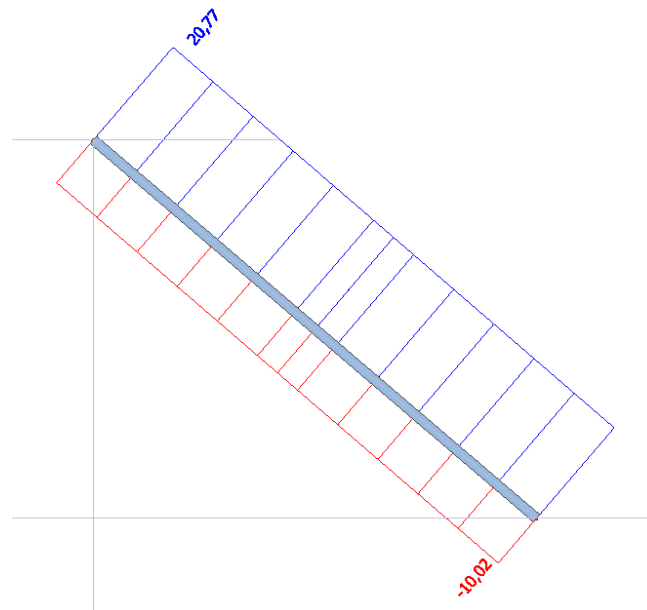
$$- \frac{488,77}{752,60} = 0,65 - \text{VYHOVÍ}$$

## 4.3.3 ZTS2 – táhlo u lávky (B109)

## - axonometrie



## - vnitřní síly N



- vnitřní síly – tabulka

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B109	ZTS2 - SHS80/80/6.3	4,769	MSU-EC/4	-10,02	0,00	-0,25	0,00	0,00	0,00
B109	ZTS2 - SHS80/80/6.3	0,000	MSU-EC/5	20,77	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00
B109	ZTS2 - SHS80/80/6.3	0,000	MSU-EC/6	-6,59	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
B109	ZTS2 - SHS80/80/6.3	4,769	MSU-EC/3	5,06	0,00	-0,34	0,00	0,00	0,00
B109	ZTS2 - SHS80/80/6.3	0,000	MSU-EC/3	5,64	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00
B109	ZTS2 - SHS80/80/6.3	0,000	MSU-EC/7	9,85	0,00	0,29	-0,01	0,00	0,00
B109	ZTS2 - SHS80/80/6.3	0,000	MSU-EC/14	6,13	0,00	0,25	0,01	0,00	0,00
B109	ZTS2 - SHS80/80/6.3	0,000	MSU-EC/9	-1,92	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
B109	ZTS2 - SHS80/80/6.3	2,384	MSU-EC/3	5,35	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00
B109	ZTS2 - SHS80/80/6.3	0,000	MSU-EC/10	19,34	0,00	0,29	0,01	0,00	0,00

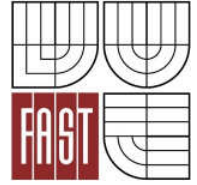
### a) posudek na tah (NTmax)

- $N_{Ed} = 20,77 \text{ kN}$
- $N_{t,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}}$
- $N_{t,Rd} = \frac{1,81 \times 10^{-3} \times 355 \times 10^6}{1,0}$
- $N_{t,Rd} = 642,55 \text{ kN}$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

- $\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$
- $\frac{20,77}{624,55} = 0,03 - \text{VYHOVÍ}$

### b) posudek na vzpěrný tlak (Nmax)



osudek na vzpěr lze zanedbat pokud je splněna alespoň jedna z těchto podmínek:

$$\lambda' \leq 0,2$$

$$\frac{\gamma_M \times N_{Ed}}{N_{cr}} \leq 0,04$$

$$- \lambda'_y = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,81 \times 10^{-3} \times 355 \times 10^6}{46,99 \times 10^3}} = 3,69$$

$$- N_{y,cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{y,cr}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^9 \times 1,62 \times 10^{-6}}{4,769^2} = 46,99 \text{ kN}$$

$$- L_{y,cr} = k_y \times L_y = 1 \times 4,769 = 4,769 \text{ m}$$

$$\lambda' = 3,69 < 0,2 \rightarrow \text{nesplněno}$$

$$\frac{\gamma_M \times N_{Ed}}{N_{cr}} = \frac{1,0 \times 10,02}{46,99} = 0,20 < 0,04 \rightarrow \text{nesplněno}$$

Křivka vzpěrné pevnosti **a** -> součinitel imperfekce  $\alpha = 0,21$

$$- \phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\lambda'_y - 0,2) + \lambda'^2_y] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (3,69 - 0,2) + 3,69^2] = 15,35$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$- \chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda'^2_y}} = \frac{1}{15,35 + \sqrt{15,35^2 - 3,69^2}} = 0,03$$

Výpočet  $N_{y,b,Rd}$ :

$$- N_{y,b,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,03 \times 1,81 \times 10^{-3} \times 355 \times 10^6}{1,0} = 19,28 \text{ kN}$$

Prvek vyhoví, platí-li podmínka:

$$- \frac{N_{Ed}}{N_{y,b,Rd}} \leq 1,0$$

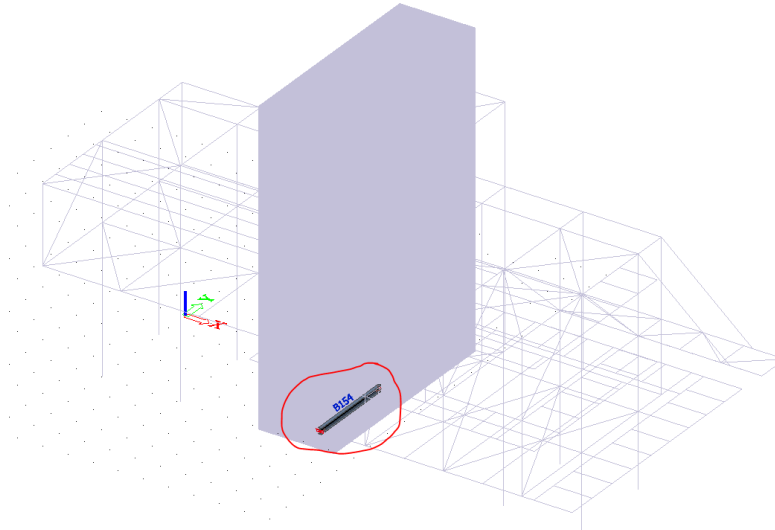
$$- \frac{10,02}{19,28} = 0,52 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

## 5. Výpočet varianty spřažené stropnice v 1NP

Diplomová práce je řešena jako vybraná varianta 2A. K tomuto řešení je uvažováno alternativní spřažené provedení stropnic. Alternativa bude řešena na izolovaném prutu (B154), původního profilu IPE 240. Prut je kloubově připojený k příčlím, trapézový plech je kladen kolmo na stropnici.

## 5.1 Ocelobetonová vaznice B154

- axonometrie

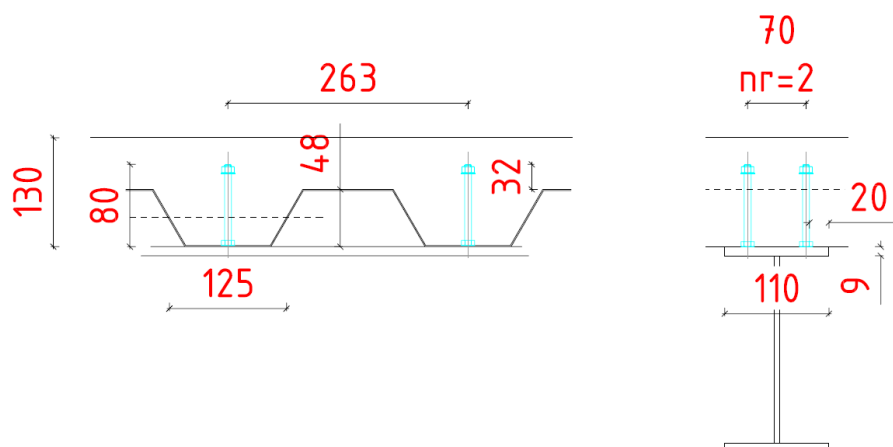


- zatížení pro 1 MS (montáž+provoz)

	kN/m <sup>2</sup>	zat. šířka	kN/m
Vlastní tíha			0.26
betonová deska	1.55	1.80	2.79
zbytek stálého	(4.21-1.55)	1.80	4.79
užitné	2.30	1.80	4.14
celkem			g <sub>k</sub> = 7.84 q <sub>k</sub> = 4.14

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \times (g_d + q_d) \times L^2 = \frac{1}{8} \times (7,84 \times 1,35 + 4,14 \times 1,5) \times 3,55^2 = 26,45 \text{ kNm}$$

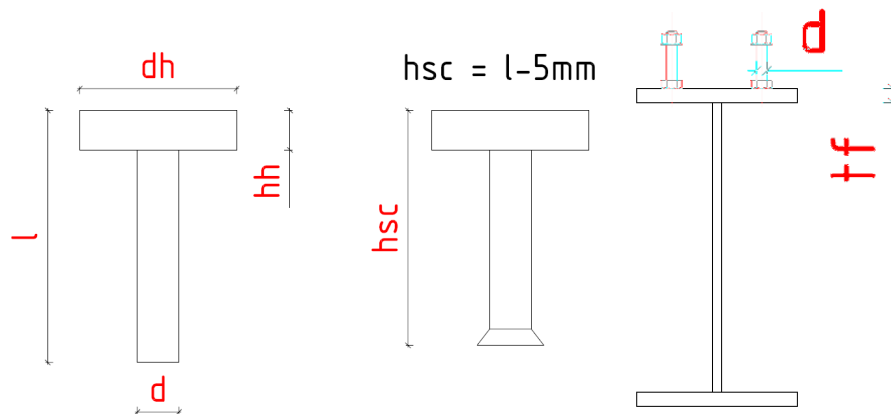
- uspořádání spřaženého průřezu



## - průřezové charakteristiky ocelové stropnice

Navržený průřez - IPE 220výška  $h = 220 \text{ mm}$ šířka  $b = 110 \text{ mm}$ tl. stojny  $t_w = 6 \text{ mm}$ tl. příruby  $t_f = 9 \text{ mm}$ plocha  $= 3340 \text{ mm}^2$ účinná výška stojny  $c_w = 202 \text{ mm}$ účinná šířka příruby  $c_f = 49 \text{ mm}$ moment setrvačnosti  $I_y = 0.0000277 \text{ m}^4$ moment setrvačnosti  $I_z = 0.0000020 \text{ m}^4$ poloměr setrvačnosti  $i_y = 91.10 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti  $i_z = 24.80 \text{ mm}$ průřezový modul (pl)  $w_{pl,y} = 285400 \text{ mm}^3$ průřezový modul (pl)  $w_{pl,z} = 58110 \text{ mm}^3$ průřezový modul (el)  $w_{el,y} = 252000 \text{ mm}^3$ průřezový modul (el)  $w_{el,z} = 37250 \text{ mm}^3$ poloměr zaoblení  $r = 12 \text{ mm}$ materiál - S235mez kluzu  $f_y = 235 \text{ MPa}$ mez pevnosti  $f_u = 360 \text{ MPa}$  $\epsilon = (235/f_y)^{0.5} = 1.00$ zatřídění průřezu stojna $c_w/t_w = 23.9$ limit třída 1 -  $33 \cdot \epsilon = 33.0$ limit třída 2 -  $38 \cdot \epsilon = 38.0$ limit třída 3 -  $42 \cdot \epsilon = 42.0$ **TŘÍDA 1**zatřídění průřezu příruba $c_f/t_f = 5.3$ limit třída 1 -  $9 \cdot \epsilon = 9.0$ limit třída 2 -  $10 \cdot \epsilon = 10.0$ limit třída 3 -  $14 \cdot \epsilon = 14.0$ **TŘÍDA 1****CELKOVÁ TŘÍDA 1**

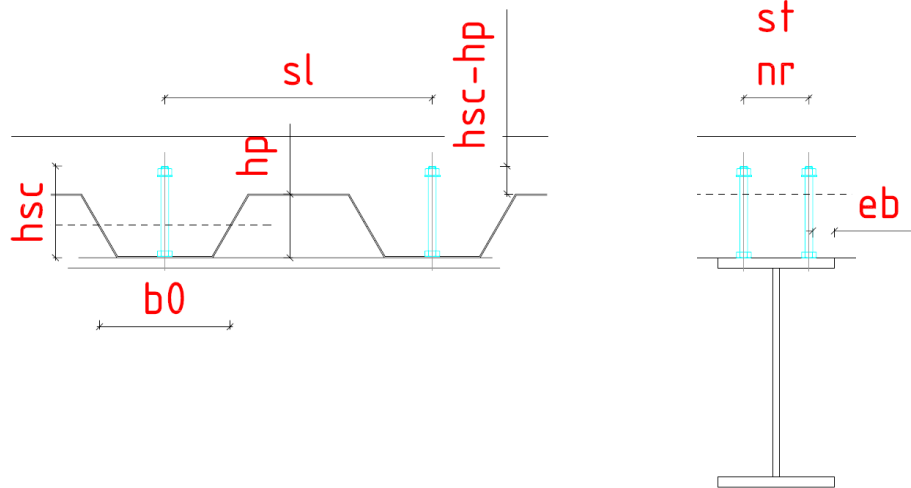
## - Vlastnosti spřahovacího prostředku – trny

 $d = 16 \text{ mm}$ ,  $d_h = 31,7 \text{ mm}$ ,  $h_h = 10 \text{ mm}$ ,  $l = 85 \text{ mm}$ ,  $h_{sc} = 80 \text{ mm}$ 

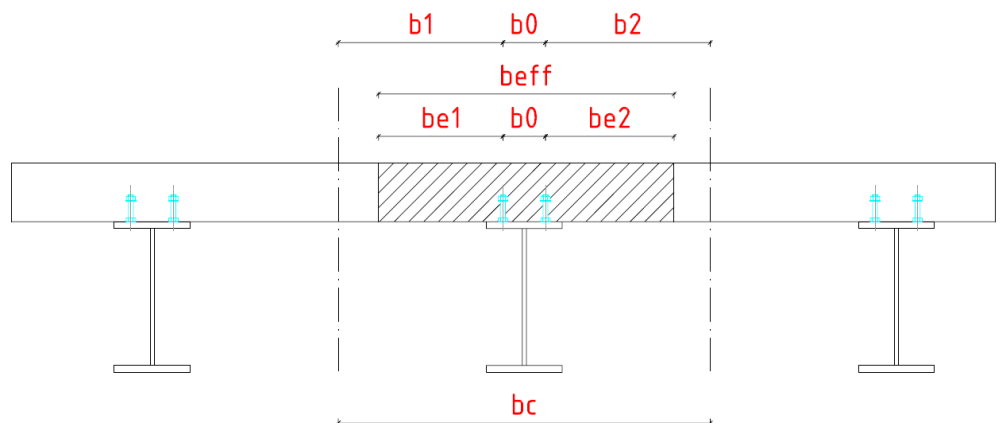
- $h_{sc} \geq 3d$  ;  $75 > 48$  – vyhoví
- $d_h \geq 1,5d$  ;  $31,7 > 24$  – vyhoví
- $h_h \geq 0,4d$  ;  $10 > 6,4$  – vyhoví
- $\frac{d}{t_f} \leq 2,5$  ;  $1,78 < 2,5$  – vyhoví

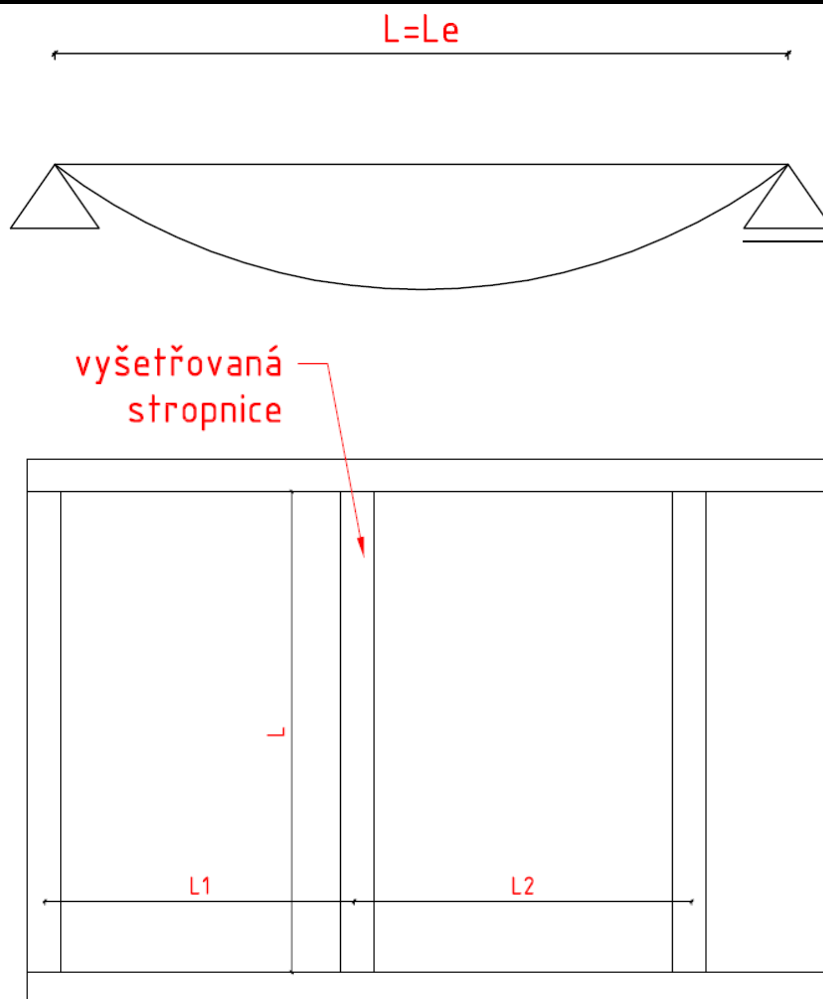
Mez kluzu  $f_y = 200 \text{ MPa}$ Mez únosnosti  $f_u = 340 \text{ MPa}$

- Konstrukční zásady pro rozmístění trnů vzhledem ke stropnici a plechu

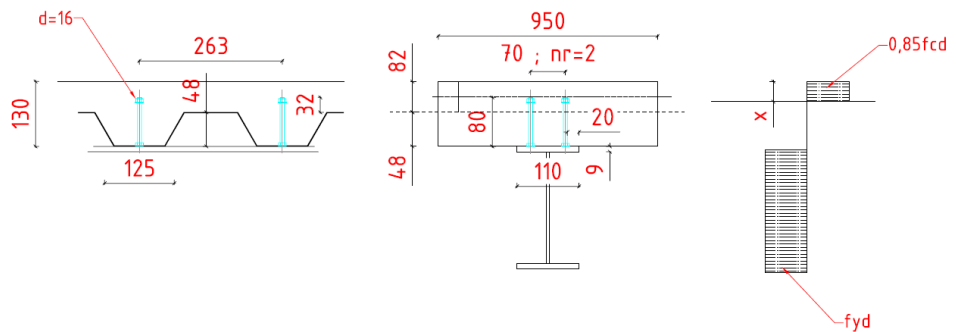


- $e_d \geq 20$  ;  $20 = 20$  – vyhoví
- $h_{sc} - h_p \geq 2d$  ;  $32 = 32$  – vyhoví
- $s_l \leq \min(6h_c - h_p ; 800) = \min(780 ; 800) = 263 < 780$  – vyhoví
- $s_l \geq 5d$  ;  $263 > 80$  – vyhoví
- $s_t \geq 4d$  ;  $70 > 64$  – vyhoví
- geometrie spřažení





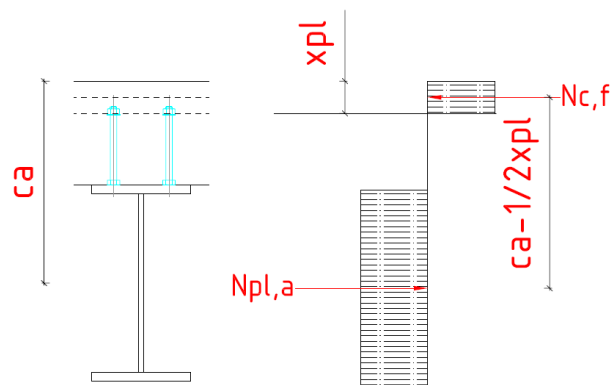
- $L_e = \text{vzdálenost bodů nulového momentu}$
- $L_e = L = 3,550 \text{ m}$
- $L_1 = L_2 = 1,80 \text{ m}$
- $b_i = b_1, b_2 = 0,5 \times 1,80 = 0,90 \text{ m}$
- $b_{ei} = b_{e1} \cdot b_{e2} = \min\left(\frac{L_e}{8}; b_i\right) = \min\left(\frac{3,55}{8}; 0,9\right) = \min(0,44; 0,9) = 0,44 \text{ m}$
- $b_{eff} = b_0 + \sum b_{ei} = 0,07 + 2 \times 0,44 = 0,95 \text{ m}$



- $x$  = poloha neutrálné osy při plném spřažení, plasticky

$$x = \frac{A_a \times f_{yd}}{b_{eff} \times 0,85 \times f_{cd}} = \frac{3340 \times 235}{950 \times 0,85 \times \frac{20}{1,5}} = 72,9 \rightarrow 73 \text{ mm}$$

- moment únosnosti



$$M_{pl,Rd} = N_{pl,a} \times \left( c_a - \frac{1}{2} x_{pl} \right) = 3340 \times 235 \times \left( 240 - \frac{1}{2} \times 73 \right) = 159,72 \text{ kNm} > 30,89 \text{ kNm} - \text{VYHOVÍ}$$

- spřažení

Návrhová únosnost trnu ve smyku, menší z hodnot:

$$P_{Rd} = \frac{0,8 \times f_u \times \pi \times \frac{d^2}{4}}{\gamma_v} = \frac{0,8 \times 340 \times \pi \times \frac{16^2}{4}}{1,25} = 43,75 \text{ kN}$$

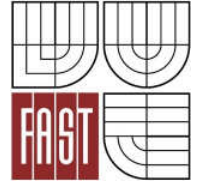
$$P_{Rd} = \frac{0,29 \times \alpha \times d^2 \times \sqrt{f_{ck} \times E_{cm}}}{\gamma_v} = \frac{0,29 \times 1 \times 16^2 \times \sqrt{20 \times 29000}}{1,25} = 45,23 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left( 0,2 \times \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right); 1,0 \right) = \min(1,2; 1,0) = 1,0$$

Redukovaná únosnost trnu v žebrové desce (žebra kolmo k nosníku):

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \times \frac{b_0}{h_p} \times \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7}{\sqrt{2}} \times \frac{125}{48} \times \left( \frac{80}{48} - 1 \right) = 0,85$$

$$k_{min} = 0,7 \text{ (pro 2 řady trnů a tl. plechu < 1,0mm)}$$



$$- P_{Rd,red} = k_t \times P_{Rd} = 0,70 \times 43,75 = 30,63 \text{ kN}$$

Pro plné spřažení je nutné přenést sílu v polovině rozpětí:

$$- N_{cf} = A_a \times f_{yd} = 3340 \times 235 = 784,9 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na polovinu nosníku:

$$- n_r = \frac{784,9}{30,63} = 26 \text{ trnů}$$

Počet trnů na polovinu nosníku,  $s_l = 263 \text{ mm}$

$$- n = \frac{3550 \times 0,5}{263} \times 2 = 14 \text{ trnů}$$

Podmínka pro využití částečného spojení:

$$- \eta = \frac{n}{n_r} = \frac{14}{26} = 0,54 < 1,0 \rightarrow \text{plné spřažení}$$

$$- \eta = \frac{n}{n_r} = \frac{14}{26} = 0,54 < 0,4 - \text{vyhoví}$$

- Moment únosnosti se spřažením (zjednodušená metoda)

$$- M_{Rd} = M_{pl,a,Rd} + (M_{pl,Rd} - M_{pl,a,Rd}) \times \eta = 67,10 + (159,72 - 67,10) \times 0,54 = 117,11 \text{ kN.m}$$

$$- M_{pl,a,Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 2854 \times 235 = 67,1 \text{ kNm}$$

$$- \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{26,45}{67,10} = 0,39 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- **Posudek na 2MS**

- **montážní stav**

	kN/m <sup>2</sup>	zat. šířka	kN/m
Vlastní tíha			0.26
betonová deska	1.55	1.80	2.79
celkem			gk = 3.05

$$- M_{Ek1} = \frac{1}{8} \times g_k \times L^2 = \frac{1}{8} \times 3,05 \times 3,55^2 = 4,81 \text{ kNm}$$

$$- \delta_1 = \frac{5}{384} \times \frac{g \times L^4}{E_a \times I_a} = \frac{5}{384} \times \frac{3,05 \times 10^3 \times 3,55^4}{210 \times 10^9 \times 1,32 \times 10^{-5}} = 2,3 \text{ mm}$$

$$- \sigma_{a1} = \frac{\frac{1}{8} \times g_k \times L^2}{W_{pl,y}} = \frac{\frac{1}{8} \times 3,05 \times 10^3 \times 3,55^2}{2,854 \times 10^{-4}} = 16,83 \text{ MPa}$$

- **provozní stav**

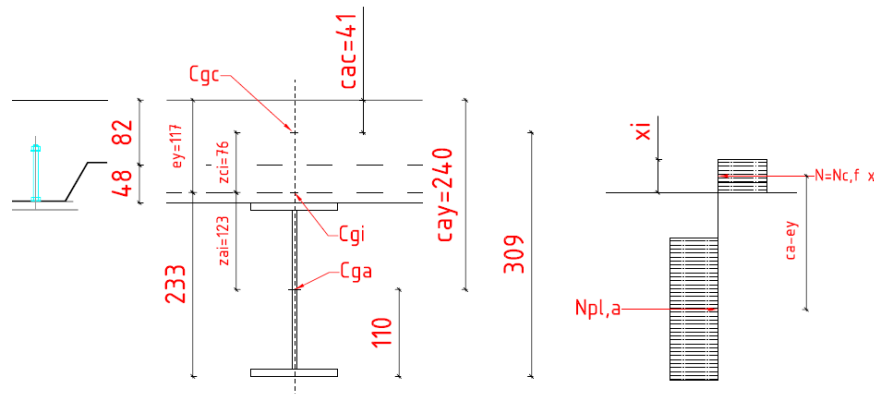
	kN/m <sup>2</sup>	zat. šířka	kN/m
zbytek stálého	(4.21-1.55)	1.80	4.79
užitné	2.30	1.80	4.14
celkem			gk = 4.79 qk = 4.14

$$- M_{Ek2} = \frac{1}{8} \times (g_k + q_k) \times L^2 = \frac{1}{8} \times (4,79 + 4,14) \times 3,55^2 = 14,10 \text{ kNm}$$

$$- n = \frac{E_a}{E_c} = \frac{210}{29 \times 0,5} = 14,48$$

$$- A_i = A_a + \frac{A_c}{n} = 3340 + \frac{82 \times 950}{14,48} = 8720 \text{ mm}^2$$

Poloha neutrálné osy spřaženého průřezu (od horní hrany betonu):



$$- e_y = \frac{\sum S_y}{A_i} = \frac{A_a \times c_{ay} + \frac{A_c \times c_{cy}}{n}}{A_i} = \frac{3340 \times 240 + \frac{82 \times 950 \times 41}{14,48}}{8720} = 117,2 \rightarrow 117 \text{ mm}$$

$$- I_i = (I_a + A_a \times z_{ai}^2) + \left( \frac{1}{12} \times b_c \times h_c^3 + b_c \times h_c \times z_{ci}^2 \right) = (2,77 \times 10^{-5} + 3,34 \times 10^{-3} \times 0,123^2) + \left( \frac{1}{12} \times 0,95 \times 0,082^3 + 0,95 \times 0,082 \times 0,076^2 \right) = 5,72 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$- \sigma_{a2} = \frac{M_{Ek2}}{I_i} \times z_{ai2} = \frac{14,10 \times 10^3}{5,72 \times 10^{-4}} \times 0,223 = 5,5 \text{ MPa}$$

$$- \sigma_{a1} + \sigma_{a2} = 16,83 + 5,50 = 22,33 < 235 - \text{VYHOVÍ}$$

Ověření napětí v betonu

$$- 0,85 \times \frac{f_{ck}}{1,5} = 0,85 \times \frac{20}{1,5} = 11,33 \text{ MPa}$$

$$- \sigma_c = \frac{M_{Ed}}{I_i} \times e_y = \frac{26,45 \times 10^3}{5,72 \times 10^{-4}} \times 0,117 = 5,41 \text{ MPa}$$

$$- 5,41 < 11,33 - \text{VYHOVÍ}$$

Celkový průhyb

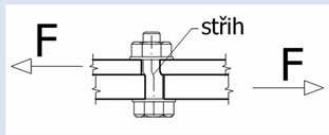
$$- \delta_{max} = \frac{L}{200} = \frac{3550}{250} = 17,75 \text{ mm}$$

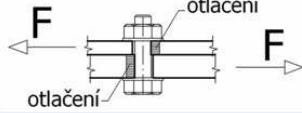
$$- \delta_c = \frac{5}{384} \times \frac{g \times L^4}{E_a \times I_i} = \frac{5}{384} \times \frac{8,93 \times 10^3 \times 3,55^4}{210 \times 10^9 \times 5,72 \times 10^{-4}} = 11,8 \text{ mm} < 17,75$$

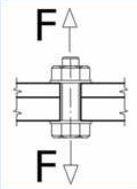
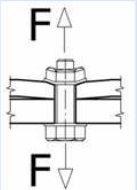
## 6. Posouzení přípojů

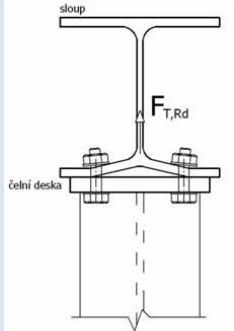
V diplomové práci byly posouzeny vybrané přípoje a kotvení do základu i betonového ztužujícího jádra. Reference detailů v konstrukci je uvedena ve výkresové části. Vnitřní síly jsou uvažovány vždy v maximech čímž navrhne přípoj na stranu bezpečnou a předejdeme zanedbáním kritické kombinace. Některé prvky přípojů (tuhá čelní deska, žiletka apod.) se v konstrukci opakují, proto bude takový typ přípoje navržen jen jednou.

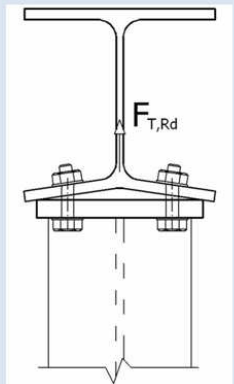
### 6.1 – posudky dle ČSN EN 1993-8

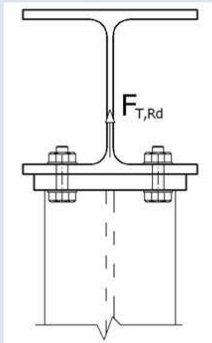
Způsob porušení	Návrhová únosnost jednotlivého spojovacího prostředku
<p><b><math>F_{v,Rd}</math></b> únosnost ve stříhu pro jednu stříhovou rovinu</p> 	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}}$ <p>prochází-li rovina stříhu závitem <math>A = A_s</math> potom <math>\alpha_v</math> je rovna:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\alpha_v = 0,6</math> pro 4.6, 5.6, 8.8</li> <li>- <math>\alpha_v = 0,5</math> pro 4.8, 5.8, 6.8, 10.9</li> </ul> <p>prochází-li rovina stříhu dřívkem <math>A = A</math> potom <math>\alpha_v</math> je rovna:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\alpha_v = 0,6</math> pro všechny třídy</li> </ul> <p><math>f_{ub}</math> - jmenovitá hodnota meze pevnosti šroubu <math>\gamma_{M2} = 1,25</math></p>

Způsob porušení	Návrhová únosnost jednotlivého spojovacího prostředku
<p><b><math>F_{b,Rd}</math></b> únosnost v otláčení</p> 	$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$ <p><math>\alpha_b = \min(\alpha_g; f_{ub}/f_u; 1,0)</math></p> <p><b>ve směru zatížení:</b></p> <p>šrouby krajní: <math>\alpha_g = e_1/3d_0</math></p> <p>šrouby vnitřní: <math>\alpha_g = p_1/3d_0 - 1/4</math></p> <p><b>kolmo na směr zatížení:</b></p> <p>šrouby krajní: <math>k_1 = \min(2,8 e_2/d_0 - 1,7; 2,5)</math></p> <p>šrouby vnitřní: <math>k_1 = \min(1,4 p_2/d_0 - 1,7; 2,5)</math></p> <p><math>f_u</math> - jmenovitá hodnota meze pevnosti připojovaného prvku <math>d</math> - průměr šroubu <math>t</math> - tloušťka připojovaného prvku</p> <p><b>dále platí:</b></p> <p><b>0,8 <math>F_{b,Rd}</math></b> pro šrouby v nadměrných otvorech</p> <p><b>0,6 <math>F_{b,Rd}</math></b> pro šrouby v prodloužených otvorech, jestliže je podélná osa prodlouženého otvoru kolmá na působící sílu</p> <p><math>F_{b,Rd} \leq 1,5 f_u d t / \gamma_{M2}</math> pro jednostřížný spoj s jednou řadou šroubů</p>

Způsob porušení	Návrhová únosnost jednotlivého spojovacího prostředku
 <p><b><math>F_{t,Rd}</math></b> únosnost v tahu</p>	$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$ <p><math>k_2 = 0,63</math> pro zapuštěné šrouby <math>k_2 = 0,9</math> jinak</p>
 <p><b><math>B_{p,Rd}</math></b> únosnost v protlačení</p>	$B_{p,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$ <p><math>d_m</math> - střední průměr kružnice opsané a vepsané do šestihranu hlavy šroubu nebo matice <math>t_p</math> - minimální tloušťka spojovaného prvku</p>
kombinace stříhu a tahu	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} \leq 1,0$

Způsob porušení	Návrhová únosnost náhradního T profilu
<p>1. způsob</p>  <p><b><math>F_{T,Rd}</math></b></p>	$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m}$ <p><math>M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma I_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0}</math> <math>t_f</math> - tloušťka desky (stojina, čelní deska..) <math>I_{eff,1}</math> - účinná délka dle tabulky 1, tabulky 2 <math>f_y</math> - jmenovitá hodnota meze kluzu připojovaného prvku <math>\gamma_{M0} = 1,00</math> <math>m</math> - viz obr. 1</p>

Způsob porušení	Návrhová únosnost náhradního T profilu
<p>2. způsob</p>  <p><b><math>F_{T,Rd}</math></b></p>	$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma \cdot F_{t,Rd}}{m + n}$ <p><math>M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma I_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0}</math> <math>t_f</math> - tloušťka desky (stojina, čelní deska..) <math>I_{eff,2}</math> - účinná délka dle tabulky 1, tabulky 2 <math>f_y</math> - jmenovitá hodnota meze kluzu připojovaného prvku <math>\gamma_{M0} = 1,00</math> <math>m</math> - viz obr. 1 <math>n = \min(e_{min}; 1,25 \text{ m})</math></p>

Způsob porušení	Návrhová únosnost náhradního T profilu
<p>3. způsob</p> 	$F_{T,3,Rd} = \Sigma \cdot F_{t,Rd}$
	$\Sigma F_{t,Rd}$ - návrhová únosnost šroubu v tahu  Návrhovou únosnost náhradního T profilu stanovíme:
	$F_{T,Rd} = \min (F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd})$

Tabulka 1 - Účinné délky vyztužené pásnice sloupu

Poloha řady šroubů	Kruhové porušení	Nekruhové porušení
	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$
Řada šroubů sousedících s výztuhou	$2\pi m$	$\alpha m$
Jiná vnitřní řada šroubů	$2\pi m$	$4m + 1,25e$
Jiná koncová řada šroubů	$\min (2\pi m; \pi m + 2e_1)$	$\min (4m + 1,25e; 2m + 0,625e + e_1)$
Koncová řada šroubů sousedící s výztuhou	$\min (2\pi m; \pi m + 2e_1)$	$\alpha m + 2m + 0,625e + e_1$
<b>1. způsob</b>	$l_{eff,1} = \min (l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$	
<b>2. způsob</b>	$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$	
<b><math>\alpha</math></b>	Graf 1	

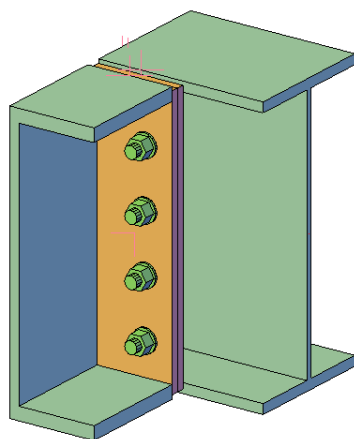
Tabulka 2 - Účinné délky pro čelní desku

Poloha řady šroubů	Kruhové porušení	Nekruhové porušení
	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$
Řada šroubů vně tažené pásnice nosníku	$\min (2\pi m_x; \pi m_x + w; \pi m_x + 2e)$	$\min (4m_x + 1,25e_x; 2m_x + 0,625e_x + e; 0,5b_p; 2m_x + 0,625e_x + 0,5w)$
Řada šroubů pod taženou pásnicí nosníku	$2\pi m$	$\alpha m$
Vnitřní řada šroubů	$2\pi m$	$4m + 1,25e$
Koncová řada šroubů	$2\pi m$	$4m + 1,25e$
<b>1. způsob</b>	$l_{eff,1} = \min (l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$	
<b>2. způsob</b>	$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$	
<b><math>\alpha</math></b>	Graf 1	

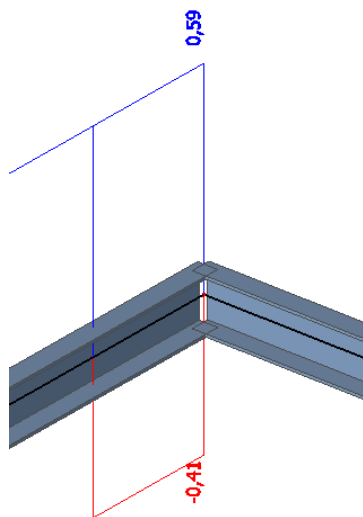
## 6.2 – přípoj D1 – roh terasy, čelní deska

Přípoj spojující roh terasy v 1NP.

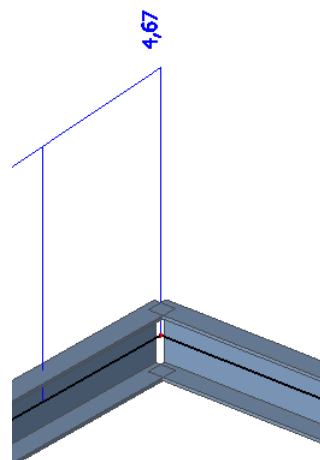
- axonometrie



- silové působení – N



- silové působení – Vz



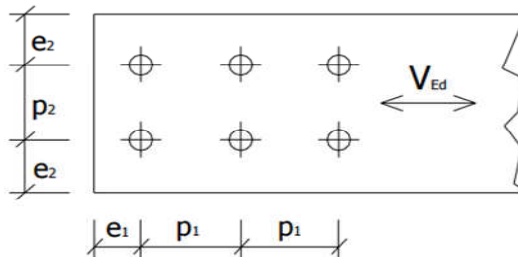
Spoj je namáhán tahem a smykovou silou – kategorie A, D.

## - Vlastnosti spojovacího prostředku

## • Šrouby

• Průměr šroubu **M16**Průměr díry  $d_0$  18 mmPlocha jádra  $A_s$  157 mm<sup>2</sup>• Jakost šroubu **8.8**Mez kluzu  $f_y$  640 MPaMez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

## • Rozteče



	Doporučené	Minimální
$p_1$	55	40
$p_2$	55	43
$e_1$	40	22
$e_2$	40	22

## - posouzení na stříh

$$- F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \times A \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 157 \times 800}{1,25} = 50,24 \text{ kN}$$

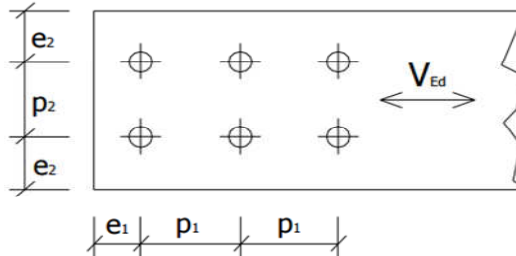
$$- \frac{V_{z,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{4,67}{50,24} = 0,09 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

## - Posouzení na otláčení

• Průměr šroubu **M16**Průměr díry  $d_0$  18 mm

## • Rozteče

**Doporučené****Minimální**

$p_1$	55	40
$p_2$	55	43
$e_1$	40	22
$e_2$	40	22

**Zvolené rozteče****parametry - otláčení**

$p_1$	210	$\alpha_b$ - šrouby krajní = <b>1.39</b>
$p_2$	0	$\alpha_b$ - šrouby vnitřní = <b>3.64</b>
$e_1$	75	$k_1$ - šrouby krajní = <b>2.5</b>
$e_2$	55	$k_1$ - šrouby vnitřní = <b>2.5</b>

## • Plech

materiál

**S235**

tloušťka

**10 mm**mez kluzu  $f_y$ 

235 Mpa

mez pevnosti  $f_u$ 

360 Mpa

$$- F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \times 1,39 \times 16 \times 10 \times 360}{1,25} = 160,13 \text{ kN}$$

$$- F_{b,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 16 \times 10 \times 360}{1,25} = 69,12 \text{ kN}$$

$$- F_{b,Rd} = 69,12 \text{ kN}$$

$$- \frac{V_{z,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{4,67}{69,12} = 0,07 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení v tahu, protlačení, stříh + tah

• **Průměr šroubu M16**

Průměr díry  $d_0$  18 mm

Průměr  $d_m$  25.85 mm

Plocha jádra  $A_s$  157 mm<sup>2</sup>

• **Jakost šroubu 8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa

Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

• **Plech**

materiál **S235**

tloušťka **10 mm**

mez kluzu  $f_y$  235 Mpa

mez pevnosti  $f_u$  360 Mpa

$$- F_{t,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 157}{1,25} = 90,43 \text{ kN}$$

$$- \frac{N_{Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{0,59}{90,43} = 0,007 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

$$- B_{p,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 25,85 \times 10 \times 360}{1,25} = 140,33 \text{ kN}$$

$$- \frac{N_{Ed}}{B_{p,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{0,59}{140,33} = 0,004 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

$$- \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{4,67}{50,24} + \frac{0,59}{1,4 \times 90,43} = 0,10 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení svarů – plech k přírubám UPE360

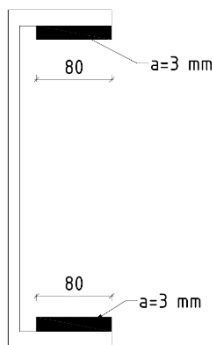
Zjednodušená metoda – návrhová únosnost svaru je dostatečná, jestliže výslednice všech sil přenášených svarem splňuje následující podmínku:

$$- F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$- F_{w,Rd} = f_{vw,d} \times \alpha = \frac{a \times l \times f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w \times \gamma_{M2}} \times \alpha = \frac{3 \times 2 \times 80 \times 360}{\sqrt{3} \times 0,8 \times 1,25} = 99,76 \text{ kN}$$

$$- F_{w,Ed} = \sqrt{N_{Ed}^2 + V_{z,Ed}^2} = \sqrt{0,59^2 + 4,67^2} = 4,63 \text{ kN}$$

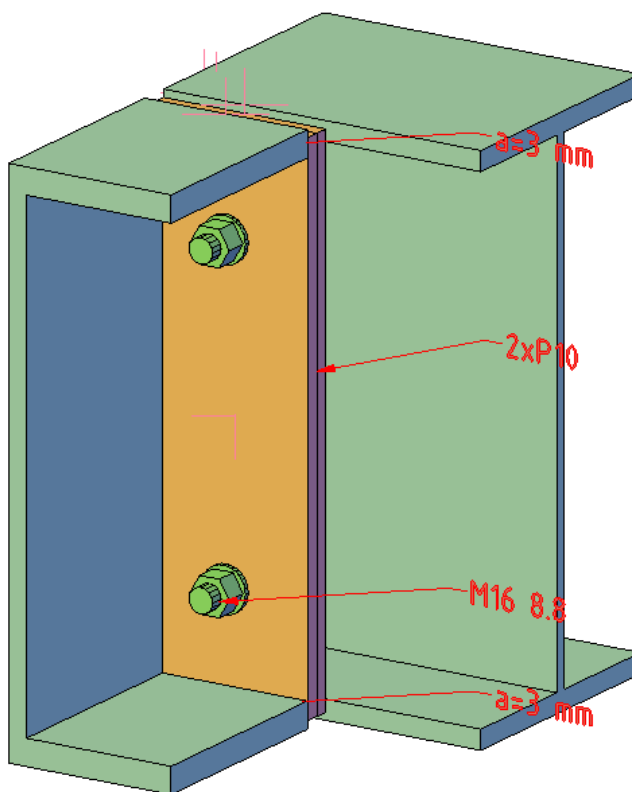
$$- 4,63 \leq 99,76 - \text{VYHOVÍ}$$



- Posouzení svarů – plech k přírubám IPE360

Posudek bude zanedbán z důvodu malých sil a s ohledem na posudek při minimálním množství svarů (viz výše).

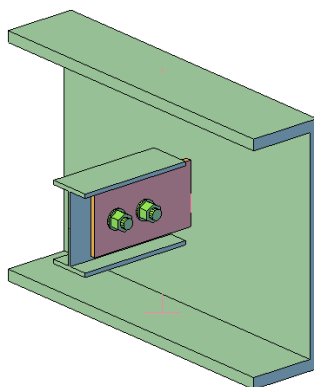
- Navržený přípoj:



### 6.3 – přípoj D2 - žiletka

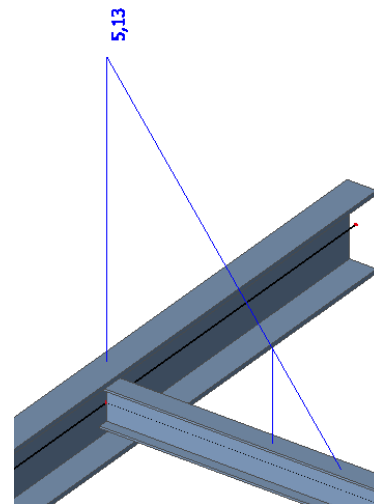
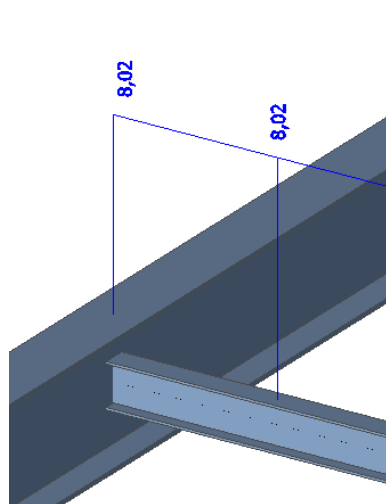
Přípoj vaznice na lem terasy v 1NP.

- axonometrie



- silové působení – N

silové působení – Vz



Spoj je namáhán smykovou silou – kategorie A.

$$\text{Výsledná síla na stříh} = \sqrt{8,02^2 \times 5,13^2} = 9,52 \text{ kN}$$

- Vlastnosti spojovacího prostředku (2xM16)

• Šrouby

• Průměr šroubu **M16**

Průměr díry  $d_0$  18 mm

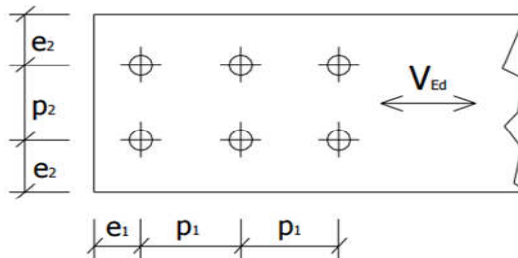
Plocha jádra  $A_s$  157 mm<sup>2</sup>

• Jakost šroubu **8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa

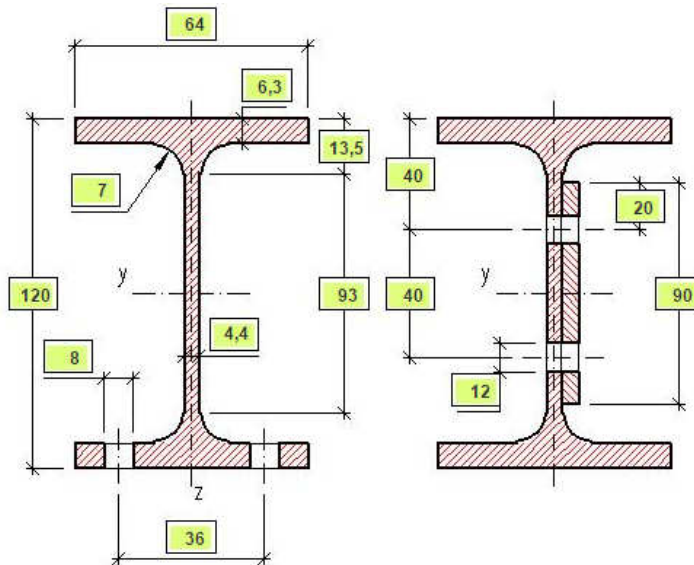
Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

• Rozteče



	Doporučené	Minimální
$p_1$	55	40
$p_2$	55	43
$e_1$	40	22
$e_2$	40	22

- Konstrukční rozměry připojovaného profilu IPE 120



- Posouzení na stříh

$$F_{v,1,Rd} = \frac{\alpha_v \times A \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 157 \times 800}{1,25} = 50,24 \text{ kN}$$

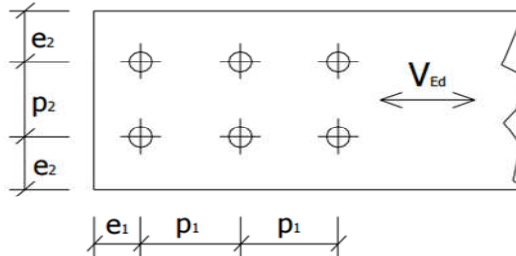
$$\frac{V_{z,Ed}}{n \times F_{v,1,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{9,52}{2 \times 50,24} = 0,10 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

## - Posouzení na otláčení

• Průměr šroubu **M16**Průměr díry  $d_0$  18 mm

## • Rozteče

**Doporučené****Minimální**

$p_1$	55	40
$p_2$	55	43
$e_1$	40	22
$e_2$	40	22

**Zvolené rozteče****parametry - otláčení**

$p_1$	48	$\alpha_b$ - šrouby krajní = <b>0.89</b>
$p_2$	50	$\alpha_b$ - šrouby vnitřní = <b>0.64</b>
$e_1$	48	$k_1$ - šrouby krajní = <b>2.50</b>
$e_2$	40	$k_1$ - šrouby vnitřní = <b>1.41</b>

## • Plech

materiál

**S235**

tloušťka

**10 mm**mez kluzu  $f_y$ 

235 Mpa

mez pevnosti  $f_u$ 

360 Mpa

$$- F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \times 0,89 \times 16 \times 10 \times 360}{1,25} = 102,53 \text{ kN}$$

$$- F_{b,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 16 \times 10 \times 360}{1,25} = 69,12 \text{ kN}$$

$$- F_{b,Rd} = 69,12 \text{ kN}$$

$$- \frac{V_{z,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{9,52}{69,12} = 0,14 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

## - Posouzení svarů – žiletka ke stojně

Zjednodušená metoda – návrhová únosnost svaru je dostatečná, jestliže výslednice všech sil přenášených svarem splňuje následující podmínku:

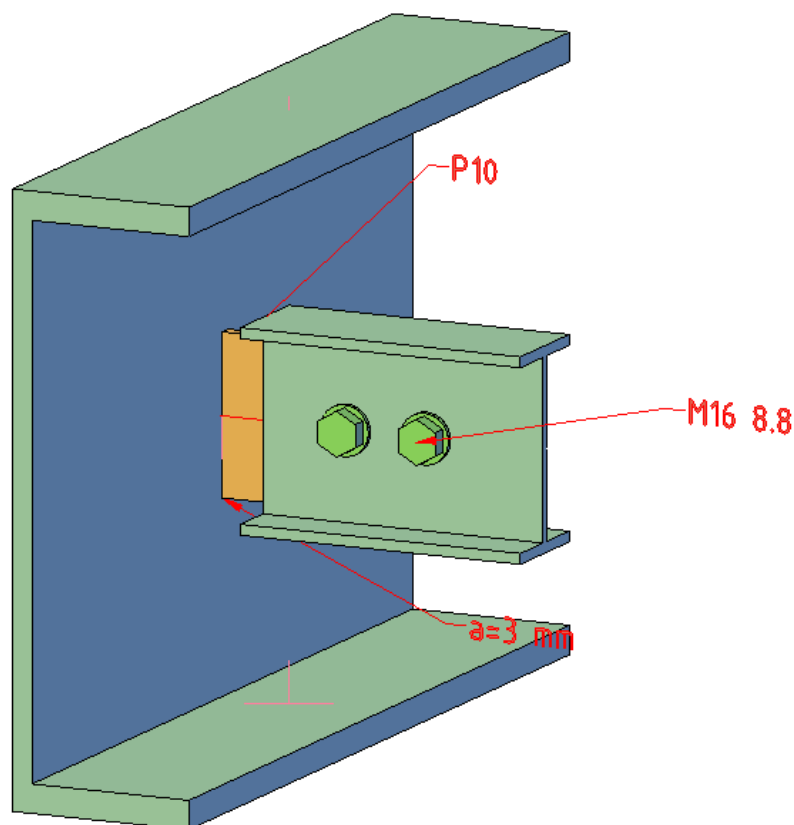
$$- F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$- F_{w,Rd} = f_{vw,d} \times \alpha = \frac{a \times l \times f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w \times \gamma_{M2}} \times \alpha = \frac{3 \times 2 \times 96 \times 360}{\sqrt{3} \times 0,8 \times 1,25} = 119,72 \text{ kN}$$

$$- F_{w,Ed} = \sqrt{N_{Ed}^2 + V_{z,Ed}^2} = \sqrt{1,71^2 + 5,13^2} = 5,50 \text{ kN}$$

$$- 5,50 \leq 119,72 - \text{VYHOVÍ}$$

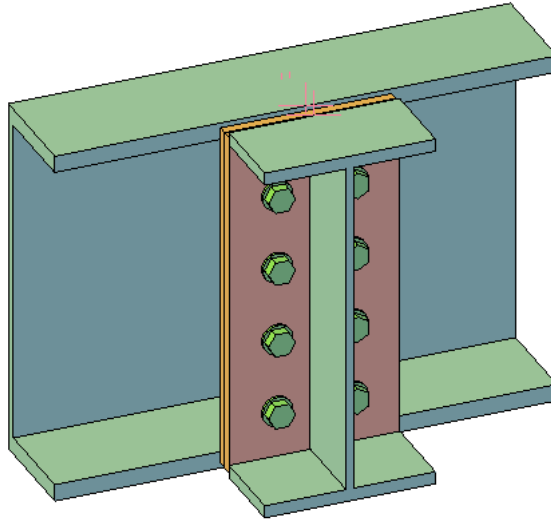
- Navržený přípoj:



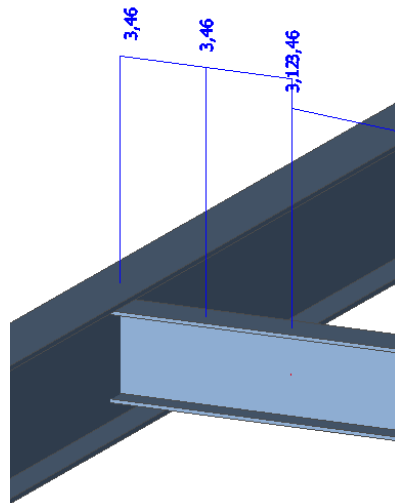
## 6.4 – přípoj D3 – lem terasy – čelní deska

Přípoj lemu terasy na konzolu.

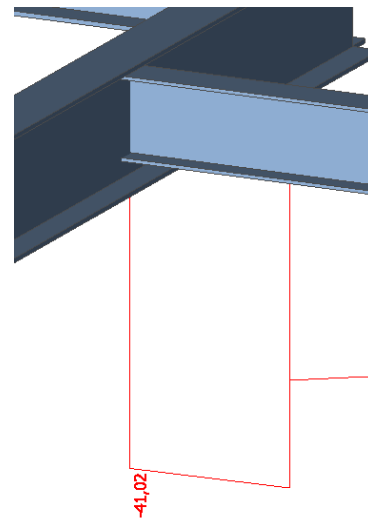
- axonometrie



- silové působení – N



- silové působení – Vz



Spoj je namáhán tahem a smykovou silou – kategorie A, D.

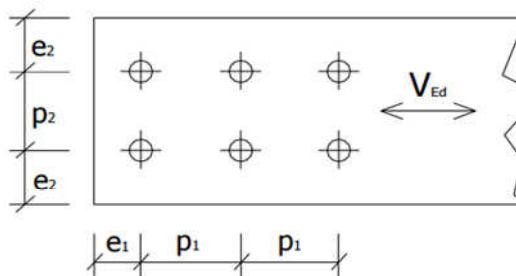
$$\text{Výsledná síla na stříh} = \sqrt{3,46^2 + 41,02^2} = 41,17 \text{ kN}$$

## - Vlastnosti spojovacího prostředku (4xM16)

## • Šrouby

• Průměr šroubu **M16**Průměr díry  $d_0$  18 mmPlocha jádra  $A_s$  157 mm<sup>2</sup>• Jakost šroubu **8.8**Mez kluzu  $f_y$  640 MPaMez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

## • Rozteče



	Doporučené	Minimální
$p_1$	55	40
$p_2$	55	43
$e_1$	40	22
$e_2$	40	22

## - Posouzení na stříh

$$F_{v,1,Rd} = \frac{\alpha_v \times A \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 157 \times 800}{1,25} = 50,24 \text{ kN}$$

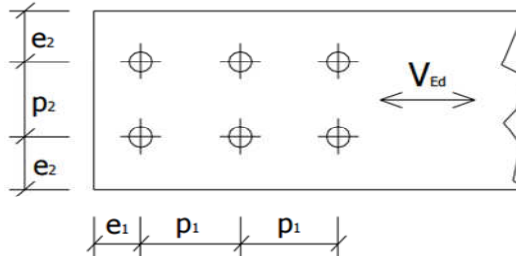
$$\frac{V_{z,Ed}}{n \times F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{41,17}{4 \times 50,24} = 0,21 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

## - Posouzení na otláčení

• Průměr šroubu **M16**Průměr díry  $d_0$  18 mm

## • Rozteče

**Doporučené****Minimální**

$p_1$	55	40
$p_2$	55	43
$e_1$	40	22
$e_2$	40	22

**Zvolené rozteče****parametry - otláčení**

$p_1$	210	$\alpha_b$ - šrouby krajní = <b>1.39</b>
$p_2$	0	$\alpha_b$ - šrouby vnitřní = <b>3.64</b>
$e_1$	75	$k_1$ - šrouby krajní = <b>2.5</b>
$e_2$	55	$k_1$ - šrouby vnitřní = <b>2.5</b>

## • Plech

materiál

**S235**

tloušťka

**10 mm**mez kluzu  $f_y$ 

235 Mpa

mez pevnosti  $f_u$ 

360 Mpa

$$- F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \times 1,39 \times 16 \times 10 \times 360}{1,25} = 160,13 \text{ kN}$$

$$- F_{b,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 16 \times 10 \times 360}{1,25} = 69,12 \text{ kN}$$

$$- F_{b,Rd} = 69,12 \text{ kN}$$

$$- \frac{V_{z,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{41,02}{69,12} = 0,59 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení v tahu, protlačení, stříh + tah

• **Průměr šroubu M16**

Průměr díry  $d_0$  18 mm

Průměr  $d_m$  25.85 mm

Plocha jádra  $A_s$  157 mm<sup>2</sup>

• **Jakost šroubu 8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa

Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

• **Plech**

materiál **S235**

tloušťka **10 mm**

mez kluzu  $f_y$  235 Mpa

mez pevnosti  $f_u$  360 Mpa

$$- F_{t,1,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 157}{1,25} = 90,43 \text{ kN}$$

$$- \frac{N_{Ed}}{n \times F_{t,1,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{3,46}{4 \times 90,43} = 0,001 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

$$- B_{p,1,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 25,85 \times 10 \times 360}{1,25} = 140,33 \text{ kN}$$

$$- \frac{N_{Ed}}{n \times B_{p,1,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{3,46}{4 \times 140,33} = 0,002 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

$$- \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{41,02}{4 \times 50,24} + \frac{3,46}{1,4 \times 4 \times 90,43} = 0,21 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení svarů – plech k obrysu IPE 360

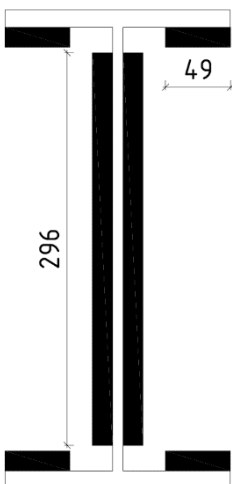
Zjednodušená metoda – návrhová únosnost svaru je dostatečná, jestliže výslednice všech sil přenášených svarem splňuje následující podmínku:

$$- F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$- F_{w,Rd} = f_{vw,d} \times \alpha = \frac{a \times l \times f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w \times \gamma_{M2}} \times \alpha = \frac{3 \times (4 \times 49 + 2 \times 296) \times 360}{\sqrt{3} \times 0,8 \times 1,25} = 491,35 \text{ kN}$$

$$- F_{w,Ed} = \sqrt{N_{Ed}^2 + V_{z,Ed}^2} = \sqrt{3,46^2 + 41,02^2} = 41,17 \text{ kN}$$

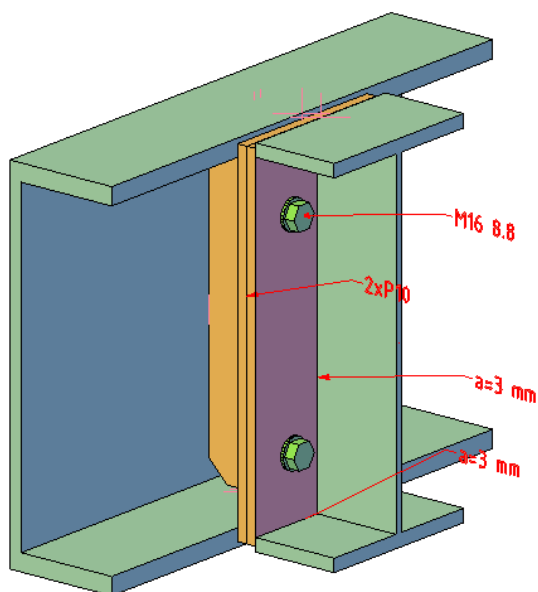
$$- 41,17 \leq 491,35 - \text{VYHOVÍ}$$



- Posouzení svarů – plech k přírubám UPE 360

Posudek bude zanedbán z důvodu malých sil a s ohledem na posudek při minimálním množství svarů (viz výše).

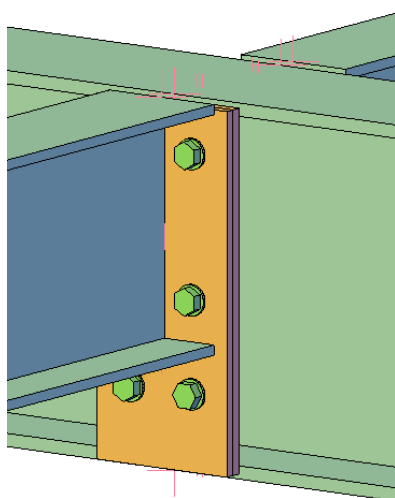
- Navržený přípoj:



### 6.5 – přípoj D4 – stropnice na příčel

Přípoj vaznice IPE240 na příčel IPE360 pomocí čelní desky.

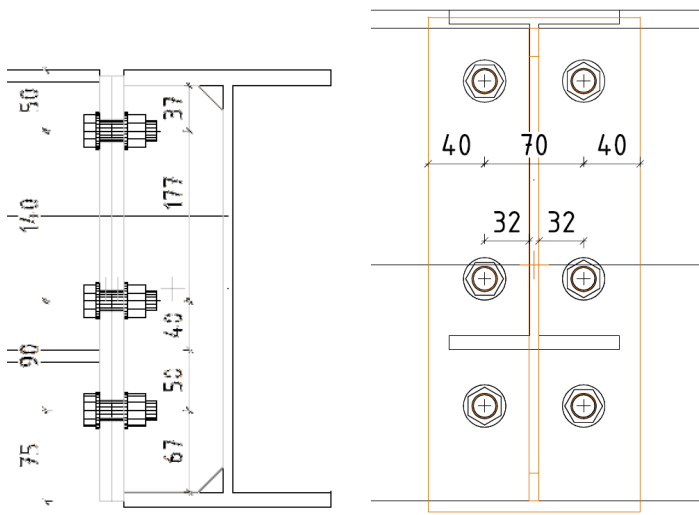
- axonometrie



Návrhové vnitřní síly byly zjištěny místě styčnicku.

vaznice	N	Vz	My
IPE240	10.61 kN	34.76 kN	0.00 kNm

Spoj je namáhán tahem a smykovou silou – kategorie A, D.



- Vlastnosti spojovacího prostředku (6xM16)

• **Šrouby**

• **Průměr šroubu** **M16**

Průměr díry  $d_0$  18 mm

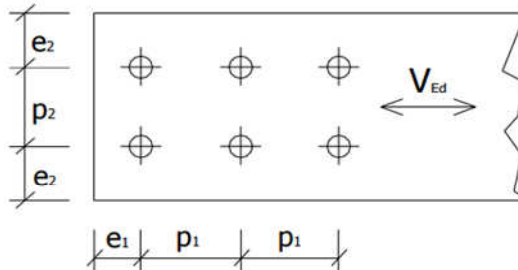
Plocha jádra  $A_s$  157 mm<sup>2</sup>

• **Jakost šroubu** **8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa

Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

• **Rozteče**



	Doporučené	Minimální
$p_1$	55	40
$p_2$	55	43
$e_1$	40	22
$e_2$	40	22

## - Posouzení na stříh

$$F_{v,1,Rd} = \frac{\alpha_v \times A \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 157 \times 800}{1,25} = 50,24 \text{ kN}$$

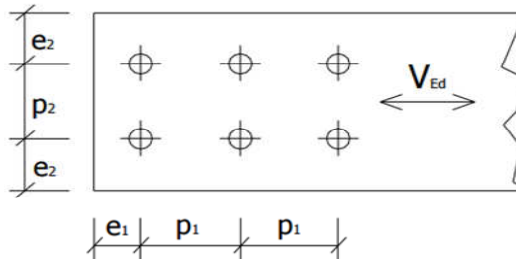
$$\frac{V_{z,Ed}}{n \times F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{34,76}{6 \times 50,24} = 0,11 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

## - Posouzení na otláčení

• Průměr šroubu **M16**Průměr díry  $d_0$  18 mm

## • Rozteče



	Doporučené	Minimální	
$p_1$	55	40	
$p_2$	55	43	
$e_1$	40	22	
$e_2$	40	22	
<b>Zvolené rozteče</b>			<b>parametry - otláčení</b>
$p_1$	90	$\alpha_b$ - šrouby krajní =	<b>0.93</b>
$p_2$	70	$\alpha_b$ - šrouby vnitřní =	<b>1.42</b>
$e_1$	50	$k_1$ - šrouby krajní =	<b>2.50</b>
$e_2$	40	$k_1$ - šrouby vnitřní =	<b>1.41</b>

## • Plech

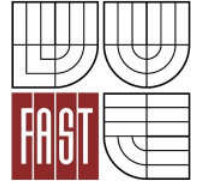
materiál **S235**tloušťka **10 mm**mez kluzu  $f_y$  235 Mpamez pevnosti  $f_u$  360 Mpa

$$F_{b,e,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,93 \times 2,50 \times 16 \times 10 \times 360}{1,25} = 107,14 \text{ kN}$$

$$F_{b,e,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 16 \times 10 \times 360}{1,25} = 69,12 \text{ kN}$$

$$F_{b,i,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,42 \times 1,41 \times 16 \times 10 \times 360}{1,25} = 92,26 \text{ kN}$$

$$F_{b,e,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 16 \times 10 \times 360}{1,25} = 69,12 \text{ kN}$$



$$- F_{b,Rd} = \sum F_{b,x,Rd} = 4 \times 69,12 + 2 \times 69,12 = 414,72$$

$$- \frac{V_{z,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{34,76}{414,72} = 0,08 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení v tahu, protlačení, střih + tah

• **Průměr šroubu** **M16**

Průměr díry  $d_0$  18 mm

Průměr  $d_m$  25.85 mm

Plocha jádra  $A_s$  157 mm<sup>2</sup>

• **Jakost šroubu** **8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa

Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

• **Plech**

materiál **S235**

tloušťka **10 mm**

mez kluzu  $f_y$  235 Mpa

mez pevnosti  $f_u$  360 Mpa

$$- F_{t,1,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 157}{1,25} = 90,43 \text{ kN}$$

$$- \frac{N_{Ed}}{n \times F_{t,1,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{10,61}{6 \times 90,43} = 0,02 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

$$- B_{p,1,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 25,85 \times 10 \times 360}{1,25} = 140,33 \text{ kN}$$

$$- \frac{N_{Ed}}{n \times B_{p,1,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{10,61}{6 \times 140,33} = 0,01 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

$$- \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

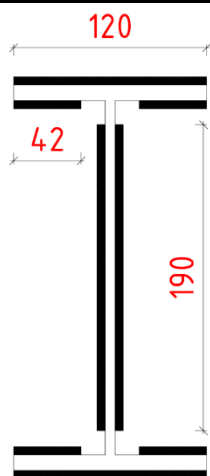
$$- \frac{34,76}{414,72} + \frac{3,46}{1,4 \times 6 \times 90,43} = 0,09 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení svarů

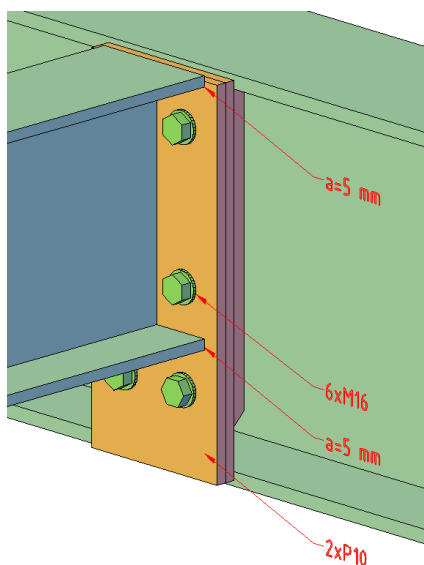
- plech k obrysu IPE 240

a = 5mm

Zjednodušená metoda – návrhová únosnost svaru je dostatečná, jestliže výslednice všech sil přenášených svarem splňuje následující podmínku:



- $F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$
- $F_{w,Rd} = f_{vw,d} \times \alpha = \frac{a \times l \times f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{5 \times (4 \times 42 + 2 \times 190) \times 360}{\sqrt{3} \times 0,8 \times 1,25} = 569,50 \text{ kN}$
- $F_{w,Ed} = \sqrt{N_{Ed}^2 + V_{z,Ed}^2} = \sqrt{10,61^2 + 34,76^2} = 36,34 \text{ kN}$
- $36,34 \leq 569,50$  – **VYHOVÍ**
- Navržený přípoj:



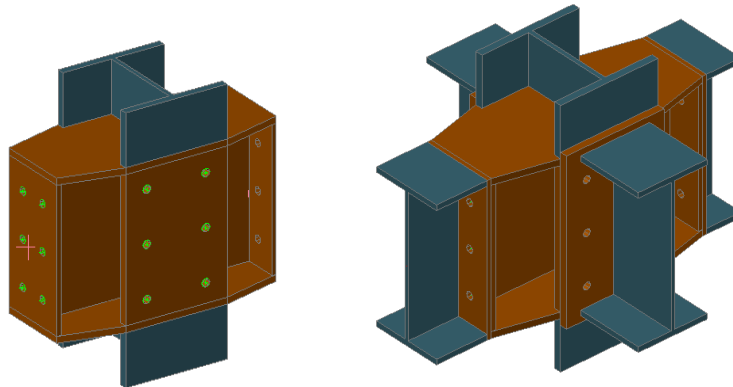
## 6.6 – sloup a příčel

K návrhu přípoje sloupu a příčle bylo přistoupeno po částech.

### 6.6.1 D5 – Průběžné sloupy

- Postup zhotovení:

Svařenec na dílně + přivaření průběžného sloupu (dílna) + příčle přes čelní tuhé desky (montáž)



- Navrhované části přípoje:

1 – přípoj průběžného sloupu – svar

2 – napojení příčle na sloup – momentový přípoj, čelní deska

3 – napojení příčle na svařenec – momentový přípoj, čelní deska

*D5 - část 1*

Návrhové vnitřní síly byly zjištěny v řezech 250 mm od styčnicku.

	N	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>y</sub>
IPE240	48.90 kN	4.21 kN	23.44 kN	34.97 kNm
HEB240	164.16 kN	55.68 kN	62.52 kN	131.38 kNm

Navrhuji svary pro HEB240.

a = 7 mm

Momentové a tahové namáhání bude přenášeno celým svarovým obrazcem. Napětí od posouvající síly bude přenášeno svarem u stojny (V<sub>z</sub>) a svarem u přírub (V<sub>y</sub>).

• **Plech/Profil**

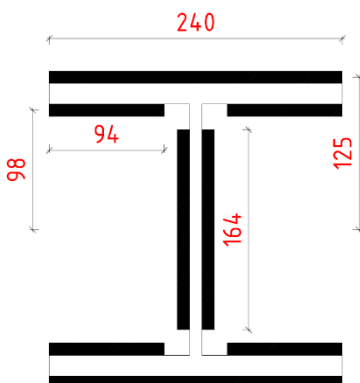
materiál	<b>S355</b>
tloušťka	<b>15 mm</b>
mez kluzu f <sub>y</sub>	355 Mpa
mez pevnosti f <sub>u</sub>	510 Mpa

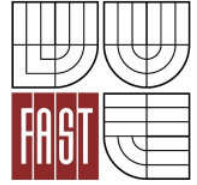
- Celý svar – tah

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{\sigma\perp}}{a \times l \times n} = \frac{164,16}{7 \times (164 \times 2 + 94 \times 4 + 2 \times 240)} = 19,81 \text{ MPa}$$

- Svar u stojny

$$F_{\tau\parallel} = 62,52 \text{ kN}$$





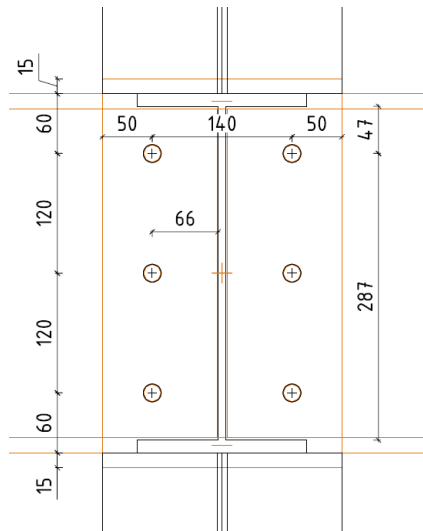
- $\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \times l \times n} = \frac{62,52}{7 \times 164 \times 2} = 27,23 \text{ MPa}$
- $\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{19,81^2 + 3 \times (0^2 + 27,23^2)} = 51,16$
- $\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$
- $51,16 < 453,33 - \text{VYHOVÍ}$
- Svar u příruby
- $F_{\tau_{\parallel}} = 55,68 \text{ kN}$
- $\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \times l \times n} = \frac{55,68}{7 \times (240 \times 2 + 4 \times 94)} = 9,30 \text{ MPa}$
- $\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{19,81^2 + 3 \times (0^2 + 9,30^2)} = 25,53$
- $\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$
- $25,53 < 453,33 - \text{VYHOVÍ}$
- Celý svar - moment
- $I_w = 2 \times \left( \frac{1}{12} \times a \times h_s^3 \right) + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times h_p \times a^3 \right) + (h_p \times a \times z_{yd}^2) \right] + 2 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times h_{ph} \times a^3 \right) + (h_{ph} \times a \times z_{yh}^2) \right] =$   
 $2 \times \left( \frac{1}{12} \times 7 \times 164^3 \right) + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times 94 \times 7^3 \right) + (94 \times 7 \times 98^2) \right] + 2 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times 240 \times 7^3 \right) + (240 \times 7 \times 125^2) \right] = 8,29 \times 10^{-5} \text{ m}^4$
- $\sigma_M = \frac{M_{Ed}}{I_w} \times z = \frac{131,38 \times 10^3}{8,29 \times 10^{-5}} \times 0,120 = 190,18 \text{ MPa}$
- $\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{190,18}{\sqrt{2}} = 134,48 \text{ MPa}$
- $\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} =$   
 $\sqrt{(134,48 + 25,53)^2 + 3 \times ((134,48^2 + 27,23^2) + 9,30^2)} = 326,67 \text{ MPa}$
- $\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$
- $326,67 < 453,33 - \text{VYHOVÍ}$

#### D5 - část 2

Návrhové vnitřní síly byly zjištěny v řezech 250 mm od styčnicku.

příčel/sloup	N	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>y</sub>
IPE360/HEB240	62.20 kN	19.23 kN	172.53 kN	120.83 kNm
HEB360/IPE240	95.34 kN	10.97 kN	96.09 kN	36.09 kNm
IPE330/HEB240	88.56 kN	8.68 kN	105.54 kN	69.23 kNm

Přípoj tuhou čelní deskou navrhují svary pro příčel IPE360 na sloup HEB240. 6xM24 8.8, plech P20 S355.



#### • Šrouby

• Průměr šroubu **M24**

Průměr díry  $d_0$  26 mm

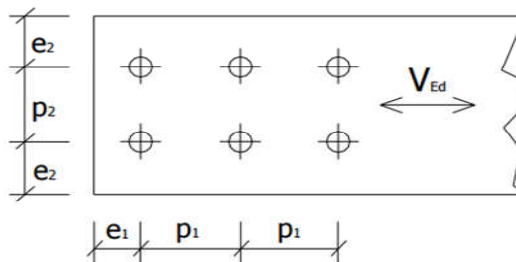
Plocha jádra  $A_s$  353 mm<sup>2</sup>

• Jakost šroubu **8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa

Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

#### • Rozteče



	Doporučené	Minimální
$p_1$	80	57
$p_2$	80	62
$e_1$	60	31
$e_2$	60	31

## - Posouzení na střih

$$\text{Výsledná síla na střih} = \sqrt{19,23^2 + 172,53^2} = 173,60 \text{ kN}$$

$$- F_{v1,Rd} = \frac{\alpha_v \times A \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 353 \times 800}{1,25} = 135,52 \text{ kN}$$

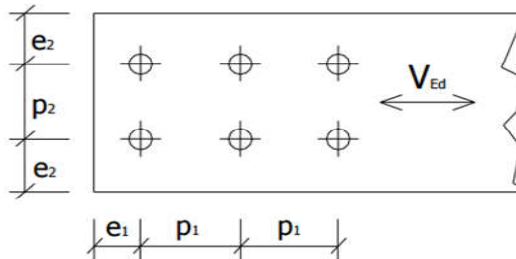
$$- \frac{V_{yz,Ed}}{F_{v1,Rd \times n}} \leq 1,0$$

$$- \frac{173,60}{135,52 \times 6} = 0,21 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

## - Posouzení na otláčení

• Průměr šroubu **M24**Průměr díry  $d_0$  26 mm

## • Rozteče



	Doporučené	Minimální	
$p_1$	80	57	
$p_2$	80	62	
$e_1$	60	31	
$e_2$	60	31	
<b>Zvolené rozteče</b>			<b>parametry - otláčení</b>
$p_1$	120	$\alpha_b$ - šrouby krajní =	<b>0.77</b>
$p_2$	140	$\alpha_b$ - šrouby vnitřní =	<b>1.29</b>
$e_1$	60	$k_1$ - šrouby krajní =	<b>2.50</b>
$e_2$	50	$k_1$ - šrouby vnitřní =	<b>0.99</b>

## • Plech

materiál **S355**tloušťka **20 mm**mez kluzu  $f_y$  355 Mpamez pevnosti  $f_u$  510 Mpa

$$- F_{b,e,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,77 \times 2,5 \times 24 \times 20 \times 510}{1,25} = 221,76 \text{ kN}$$

$$- F_{b,e,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 24 \times 20 \times 510}{1,25} = 293,76 \text{ kN}$$

$$- F_{b,i,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,29 \times 0,99 \times 24 \times 20 \times 510}{1,25} = 147,12 \text{ kN}$$

- $F_{b,i,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 24 \times 20 \times 510}{1,25} = 293,76 \text{ kN}$
- $F_{b,Rd} = \sum F_{b,x,Rd} = 4 \times 221,76 + 2 \times 147,12 = 985,44$
- $\frac{V_{z,Ed}}{F_{b,Rd} \times n} \leq 1,0$
- $\frac{173,60}{985,44} = 0,18 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$
- Posouzení v tahu, protlačení, stříh + tah

- **Průměr šroubu** **M24**

Průměr díry $d_0$	26 mm
Průměr $d_m$	38.80 mm
Plocha jádra $A_s$	353 mm <sup>2</sup>

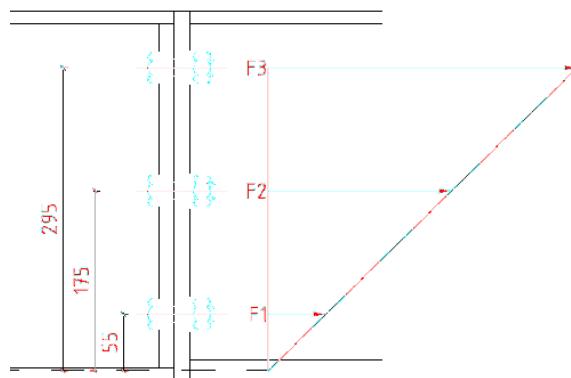
- **Jakost šroubu** **8.8**

Mez kluzu $f_y$	640 MPa
Mez pevnosti $f_{ub}$	800 MPa

- **Plech**

materiál	<b>S355</b>
tloušťka	<b>20 mm</b>
mez kluzu $f_y$	355 Mpa
mez pevnosti $f_u$	510 Mpa

- Tah vlivem momentu  $M_y$ :



- $M_{y,Ed} = F_1 \times r_1 + F_2 \times r_2 + F_3 \times r_3$
- $\frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} = \frac{F_3}{r_3}$
- $F_3 = \frac{M_{y,Ed} \times r_3}{r_1^2 + r_2^2 + r_3^2} = \frac{120,83 \times 295}{55^2 + 175^2 + 295^2} = 295,38 \text{ kN}$
- $F_2 = \frac{F_3 \times r_2}{r_3} = \frac{295,38 \times 175}{295} = 175,23 \text{ kN}$
- $F_1 = \frac{F_3 \times r_1}{r_3} = \frac{295,38 \times 55}{295} = 55,07 \text{ kN}$

$$- F_{t,Ed,M} = \frac{\max(F_1; F_2; \dots; F_n)}{n_r} = \frac{295,38}{2} = 147,65 \text{ kN}$$

$$- F_{t,Ed,N} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{62,20}{6} = 10,37 \text{ kN}$$

$$- F_{t,Ed} = 174,65 + 10,37 = 185,02 \text{ kN}$$

$$- F_{t,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 353}{1,25} = 203,33 \text{ kN}$$

$$- \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{185,02}{203,33} = 0,91 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Protlačení

$$- B_{p,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 38,80 \times 20 \times 510}{1,25} = 596,80 \text{ kN}$$

$$- \frac{F_{t,Ed}}{B_{p,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{185,02}{596,80} = 0,44 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

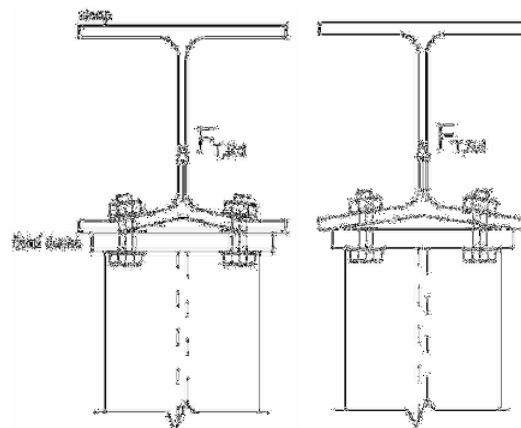
$$- \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{173,60}{135,52 \times 6} + \frac{185,02}{1,4 \times 203,33} = 0,86 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Vliv páčení

Ve spoji dochází vlivem zatížení k deformaci pásnice či čelní desky, což může způsobit páčení šroubů. Deformovanou část nahradíme ekvivalentním T profilem, páčení se pak může vyskytnout ve dvou případech porušení (deformace) T profilu:

1. při úplné plastifikaci náhradního T profilu (pásnice, čelní deska)
2. způsob: při porušení šroubů a plastifikaci náhradního T profilu (pásnice, čelní deska)



Účinky páčení se nepřímo uvažují při stanovení návrhové únosnosti T profilu v tahu  $F_{T,Rd}$ . Návrhovou únosnost T profilu uvažují jako nejmenší hodnotu ze tří možných způsobů porušení.

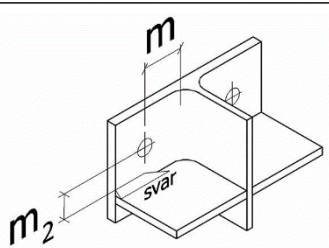
- Tabulky pro účinné délky

Tabulka 1 - Účinné délky vyztužené pásnice sloupu

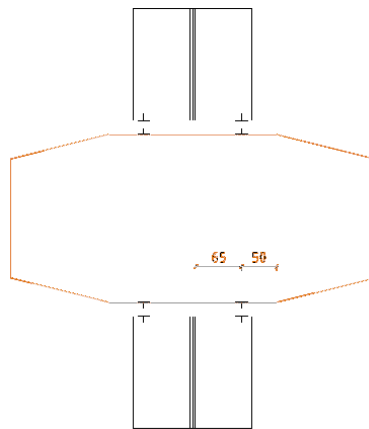
Poloha řady šroubů	Kruhové porušení	Nekruhové porušení
	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$
Řada šroubů sousedících s výztuhou	$2\pi m$	$\alpha m$
Jiná vnitřní řada šroubů	$2\pi m$	$4m + 1,25e$
Jiná koncová řada šroubů	$\min(2\pi m; \pi m + 2e_1)$	$\min(4m + 1,25e; 2m + 0,625e + e_1)$
Koncová řada šroubů sousedící s výztuhou	$\min(2\pi m; \pi m + 2e_1)$	$\alpha m + 2m + 0,625e + e_1$
<b>1. způsob</b>	$l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$	
<b>2. způsob</b>	$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$	
<b><math>\alpha</math></b>	Graf 1	

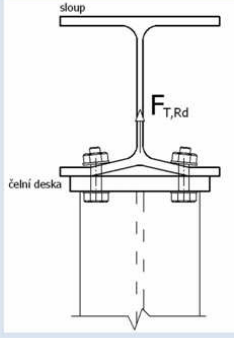
Tabulka 2 - Účinné délky pro čelní desku

Poloha řady šroubů	Kruhové porušení	Nekruhové porušení
	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$
Řada šroubů vně tažené pásnice nosníku	$\min(2\pi m_x; \pi m_x + w; \pi m_x + 2e)$	$\min(4m_x + 1,25e_x; 2m_x + 0,625e_x + e; 0,5b_p; 2m_x + 0,625e_x + 0,5w)$
Řada šroubů pod taženou pásnicí nosníku	$2\pi m$	$\alpha m$
Vnitřní řada šroubů	$2\pi m$	$4m + 1,25e$
Koncová řada šroubů	$2\pi m$	$4m + 1,25e$
<b>1. způsob</b>	$l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$	
<b>2. způsob</b>	$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$	
<b><math>\alpha</math></b>	Graf 1	



- Způsob porušení 1



Způsob porušení	Návrhová únosnost náhradního T profilu
<p>1. způsob</p> 	$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m}$ <p> <math>M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0}</math>  <math>t_f</math> - tloušťka desky (stojina, čelní deska..)  <math>l_{eff,1}</math> - účinná délka dle tabulky 1, tabulky 2  <math>f_y</math> - jmenovitá hodnota meze kluzu připojovaného prvku  <math>\gamma_{M0} = 1,00</math>  <math>m</math> - viz obr. 1                 </p>

-  $l_{eff,1} = \min(2\pi m ; \pi m + 2e_1 ; 4m + 1,25e ; 2m + 0,625e + e_1)$

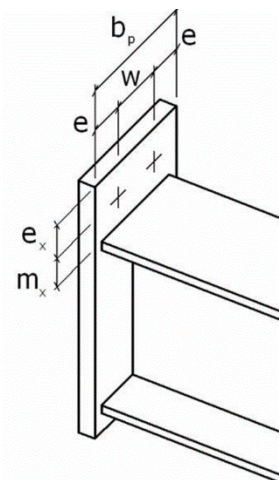
-  $l_{eff,1} = \min(2 \times \pi \times 65 ; \pi \times 65 + 2 \times 50 ; 4 \times 65 + 1,25 \times 50 ; 2 \times 65 + 0,625 \times 50 + 50) = \min(408 ; 304 ; 322 ; 211)$

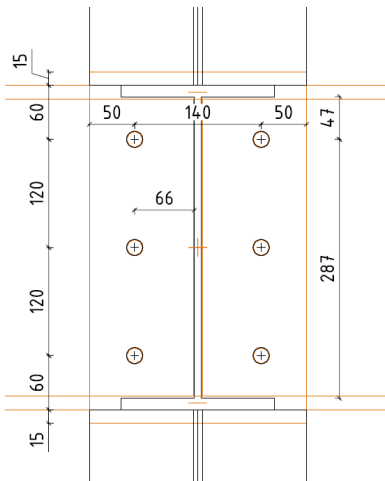
-  $l_{eff,1} = 211 \text{ mm}$

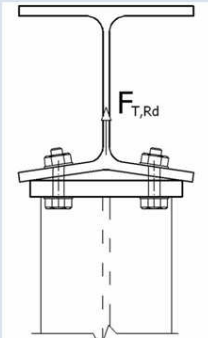
-  $M_{pl,1,Rd} = 0,25 \times l_{eff,1} \times t_f^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \times 211 \times 20^2 \times \frac{355}{1,0} = 7,49 \text{ kN.m}$

-  $F_{T,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 7,29}{65} = 448,62 \text{ kN}$

- Způsob porušení 2

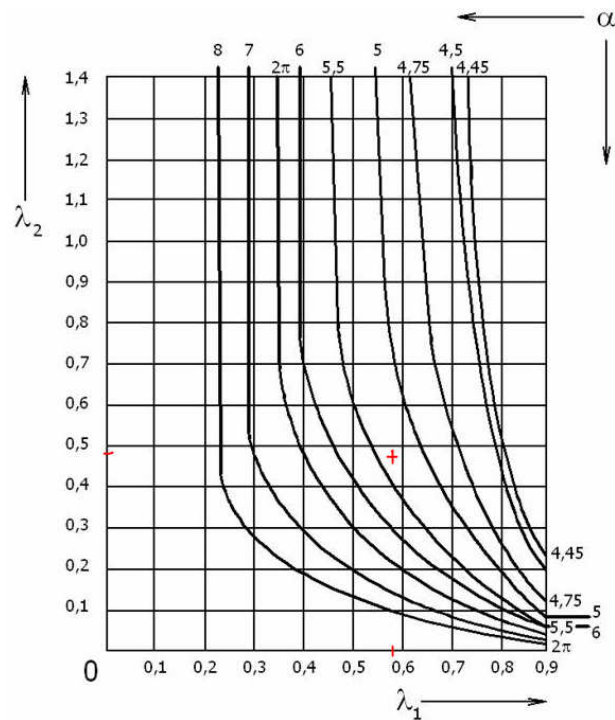




Způsob porušení	Návrhová únosnost náhradního T profilu
<p>2. způsob</p> 	$F_{T,2, Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2, Rd} + n \cdot \Sigma \cdot F_{t, Rd}}{m + n}$ <p> <math>M_{pl,2, Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0}</math>  <math>t_f</math> - tloušťka desky (stojina, čelní deska..)  <math>l_{eff,2}</math> - účinná délka dle tabulky 1, tabulky 2  <math>f_y</math> - jmenovitá hodnota meze kluzu připojovaného prvku  <math>\gamma_{M0} = 1,00</math>  <math>m</math> - viz obr. 1  <math>n = \min(e_{min}; 1,25 m)</math> </p>

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e} = \frac{65}{65+50} = 0,57$$

$$\lambda_1 = \frac{m_2}{m+e} = \frac{47}{47+50} = 0,48$$



$$\alpha = 5,25$$

$$l_{eff,2} = \min(2\pi m ; \alpha m) = \min(2 \times \pi \times 65 ; 5,25 \times 65) = \min(408 ; 341) = 341 \text{ mm}$$

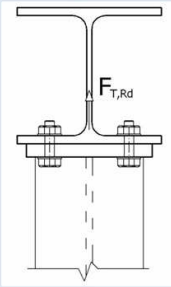
$$M_{pl,2, Rd} = 0,25 \times l_{eff,1} \times t_f^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \times 341 \times 20^2 \times \frac{355}{1,0} = 12,10 \text{ kN.m}$$

$$n = \min(e_{min} ; 1,25m) = \min(50 ; 1,25 \times 65) = \min(50 ; 82) = 50 \text{ mm}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \times M_{p1,2,Rd} + n \times F_{T,Rd}}{m+n} = \frac{2 \times 12,10 + 50 \times 2 \times 203,33}{65+50} = 387,24 \text{ kN}$$

- Způsob porušení 3

Únosnost na tah, všech šroubů v posuzované řadě.

Způsob porušení	Návrhová únosnost náhradního T profilu
<p>3. způsob</p> 	$F_{T,3,Rd} = \Sigma \cdot F_{t,Rd}$ <p><math>\Sigma F_{t,Rd}</math> - návrhová únosnost šroubu v tahu</p> <p>Návrhovou únosnost náhradního T profilu stanovíme:</p> $F_{T,Rd} = \min (F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd})$

$$F_{T,3,Rd} = n \times F_{T,Rd} = 2 \times 203,33 = 406,67 \text{ kN}$$

- Posouzení páčení

$$F_{T,Rd} = \min (F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = \min (448; 387,24; 407)$$

$$F_{T,Rd} = 388 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{T,Ed}}{F_{T,Rd}} = \frac{2 \times 185,02}{388} = 0,95 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení svarů

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

Momentové a tahové namáhání bude přenášeno celým svarovým obrazcem. Napětí od posouvající síly bude přenášeno svarem u stojny (Vz) a svarem u přírub (Vy).

#### • Plech/Profil

materiál	<b>S355</b>
tloušťka	<b>20 mm</b>
mez kluzu $f_y$	355 Mpa
mez pevnosti $f_u$	510 Mpa

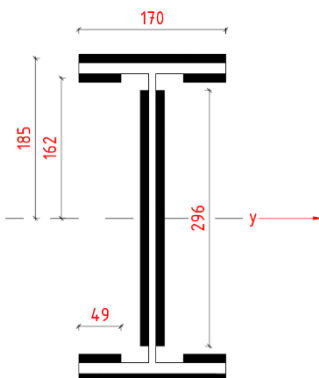
- Celý svar – tah

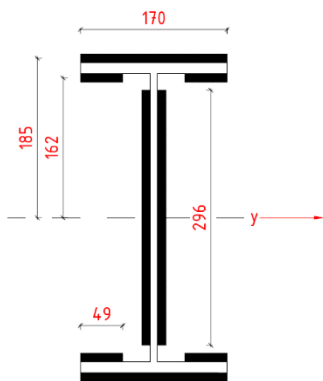
$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{\sigma\perp}}{a \times l \times n} = \frac{62,20}{5 \times (170 \times 2 + 49 \times 4 + 2 \times 296)} = 0,011 \text{ MPa}$$

- Svar u stojny

$$F_{\tau\parallel} = 172,53 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau\parallel}}{a \times l \times n} = \frac{172,53}{5 \times 296 \times 2} = 58,29 \text{ MPa}$$





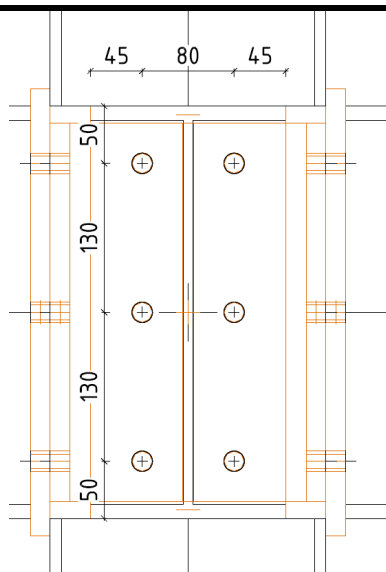
- $\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{0,01^2 + 3 \times (0^2 + 58,29^2)} = 100,96$
- $\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$
- $100,96 < 453 - \text{VYHOVÍ}$
- Svar u příruby
- $F_{\tau_{\parallel}} = 55,68 \text{ kN}$
- $\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \times l \times n} = \frac{19,23}{5 \times (170 \times 2 + 4 \times 49)} = 0,007 \text{ MPa}$
- $\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{0,011^2 + 3 \times (0^2 + 0,007^2)} = 0,02$
- $\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$
- $0,02 < 360 - \text{VYHOVÍ}$
- Celý svar - moment
- $I_w = 2 \times \left( \frac{1}{12} \times a \times h_s^3 \right) + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times h_p \times a^3 \right) + (h_p \times a \times z_{yd}^2) \right] + 2 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times h_{ph} \times a^3 \right) + (h_{ph} \times a \times z_{yh}^2) \right] = 2 \times \left( \frac{1}{12} \times 5 \times 296^3 \right) + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times 49 \times 5^3 \right) + (49 \times 5 \times 162^2) \right] + 2 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times 170 \times 5^3 \right) + (170 \times 5 \times 185^2) \right] = 1,06 \times 10^{-4} \text{ m}^4$
- $\sigma_M = \frac{M_{Ed}}{I_w} \times z = \frac{120,83 \times 10^3}{1,06 \times 10^{-4}} \times 0,180 = 203,77 \text{ MPa}$
- $\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{203,77}{\sqrt{2}} = 144,09 \text{ MPa}$
- $\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{144,09^2 + 3 \times (144,09^2 + 58,29^2)} = 305,35 \text{ MPa}$
- $\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$
- $305,35 < 453,33 - \text{VYHOVÍ}$

### D5 - část 3

Návrhové vnitřní síly byly zjištěny v řezech 250 mm od styčnicku.

příčel/sloup	N	Vy	Vz	My
IPE360/IPE240	107.08 kN	16.06 kN	137.19 kN	152.44 kNm

Přípoj tuhou čelní deskou navrhuji svary pro příčel IPE360 na sloup IPE240. 6xM24 8.8, plech P20 S355.



- Šrouby

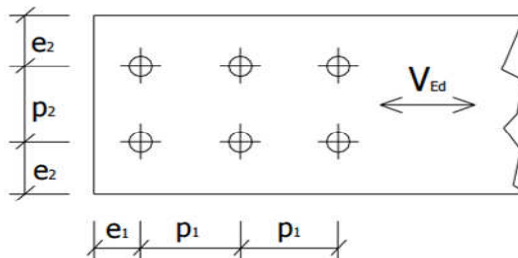
- Průměr šroubu **M24**

Průměr díry  $d_0$  26 mmPlocha jádra  $A_s$  353 mm<sup>2</sup>

- Jakost šroubu **8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPaMez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

- Rozteče



	Doporučené	Minimální
$p_1$	80	57
$p_2$	80	62
$e_1$	60	31
$e_2$	60	31

- Posouzení na stříh

$$\text{Výsledná síla na stříh} = \sqrt{16,06^2 + 137,19^2} = 138,13 \text{ kN}$$

$$- F_{v1,Rd} = \frac{\alpha_v \times A \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 353 \times 800}{1,25} = 135,52 \text{ kN}$$

$$- \frac{V_{yz,Ed}}{F_{v1,Rd \times n}} \leq 1,0$$

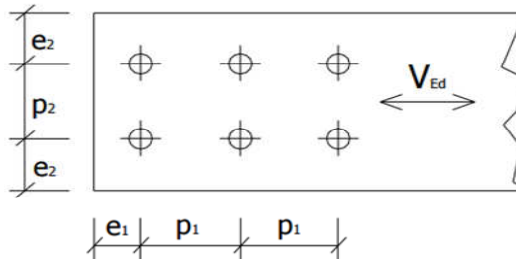
$$- \frac{138,13}{135,52 \times 6} = 0,17 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení na otláčení

• **Průměr šroubu** **M24**

Průměr díry  $d_0$  26 mm

• **Rozteče**



**Doporučené**                      **Minimální**

$p_1$                       80                      57

$p_2$                       80                      62

$e_1$                       60                      31

$e_2$                       60                      31

**Zvolené rozteče**                      **parametry - otláčení**

$p_1$                       130                       $\alpha_b$ - šrouby krajní = **0.64**

$p_2$                       80                       $\alpha_b$ - šrouby vnitřní = **1.42**

$e_1$                       50                       $k_1$ - šrouby krajní = **2.50**

$e_2$                       45                       $k_1$ - šrouby vnitřní = **0.72**

• **Plech**

materiál **S355**

tloušťka **20 mm**

mez kluzu  $f_y$  355 Mpa

mez pevnosti  $f_u$  510 Mpa

$$- F_{b,e,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,64 \times 2,5 \times 24 \times 20 \times 510}{1,25} = 313,34 \text{ kN}$$

$$- F_{b,e,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 24 \times 20 \times 510}{1,25} = 293,76 \text{ kN}$$

$$- F_{b,i,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,42 \times 0,72 \times 24 \times 20 \times 510}{1,25} = 200,23 \text{ kN}$$

$$- F_{b,i,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 24 \times 20 \times 510}{1,25} = 293,76 \text{ kN}$$

$$- F_{b,Rd} = \sum F_{b,x,Rd} = 4 \times 293,76 + 2 \times 200,23 = 985,44$$

$$- \frac{V_{z,Ed}}{F_{b,Rd} \times n} \leq 1,0$$

$$- \frac{135,52}{1575,5} = 0,09 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení v tahu, protlačení, stříh + tah

• **Průměr šroubu M24**

Průměr díry  $d_0$  26 mm

Průměr  $d_m$  38.80 mm

Plocha jádra  $A_s$  353 mm<sup>2</sup>

• **Jakost šroubu 8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa

Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

• **Plech**

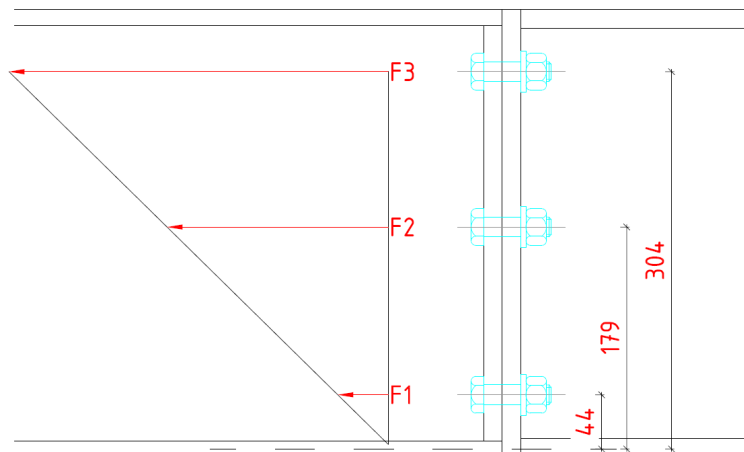
materiál **S355**

tloušťka **20 mm**

mez kluzu  $f_y$  355 Mpa

mez pevnosti  $f_u$  510 Mpa

- Tah vlivem momentu  $M_y$ :



$$- M_{y,Ed} = F_1 \times r_1 + F_2 \times r_2 + F_3 \times r_3$$

$$- \frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} = \frac{F_3}{r_3}$$

$$- F_3 = \frac{M_{y,Ed} \times r_3}{r_1^2 + r_2^2 + r_3^2} = \frac{152,54 \times 304}{44^2 + 179^2 + 304^2} = 366,89 \text{ kN}$$

$$- F_2 = \frac{F_3 \times r_2}{r_3} = \frac{366,89 \times 179}{304} = 216,03 \text{ kN}$$

$$- F_1 = \frac{F_3 \times r_1}{r_3} = \frac{366,89 \times 44}{304} = 52,14 \text{ kN}$$

$$- F_{t,Ed,M} = \frac{\max(F_1; F_2; \dots; F_n)}{n_r} = \frac{366,89}{2} = 183,45 \text{ kN}$$

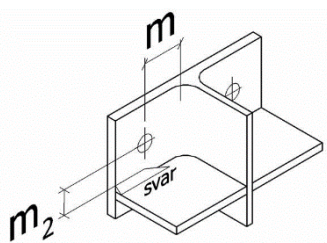
$$- F_{t,Ed,N} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{107,08}{6} = 17,85 \text{ kN}$$

$$- F_{t,Ed} = 183,45 + 17,85 = 201,30 \text{ kN}$$

- $F_{t,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 353}{1,25} = 203,33 \text{ kN}$
- $\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1,0$
- $\frac{201,30}{203,33} = 0,99 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$
- Protlačení
- $B_{p,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 38,80 \times 20 \times 510}{1,25} = 596,80 \text{ kN}$
- $\frac{F_{t,Ed}}{B_{p,Rd}} \leq 1,0$
- $\frac{201,30}{596,80} = 0,34 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$
- $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1,0$
- $\frac{138,13}{135,52 \times 6} + \frac{201,30}{1,4 \times 203,33} = 0,87 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$
- Vliv páčení
- Tabulky pro účinné délky

Tabulka 1 - Účinné délky vyztužené pásnice sloupu

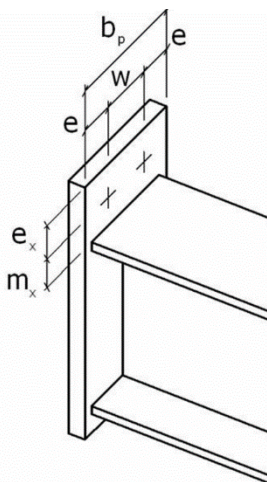
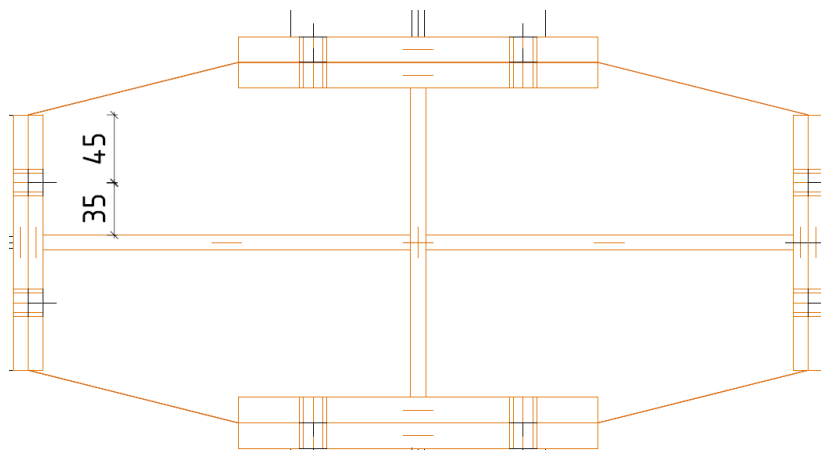
Poloha řady šroubů	Kruhové porušení	Nekruhové porušení
	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$
Řada šroubů sousedících s výztuhou	$2\pi m$	$\alpha m$
Jiná vnitřní řada šroubů	$2\pi m$	$4m + 1,25e$
Jiná koncová řada šroubů	$\min(2\pi m; \pi m + 2e_1)$	$\min(4m + 1,25e; 2m + 0,625e + e_1)$
Koncová řada šroubů sousedící s výztuhou	$\min(2\pi m; \pi m + 2e_1)$	$\alpha m + 2m + 0,625e + e_1$
<b>1. způsob</b>	$l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$	
<b>2. způsob</b>	$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$	
<b><math>\alpha</math></b>	Graf 1	

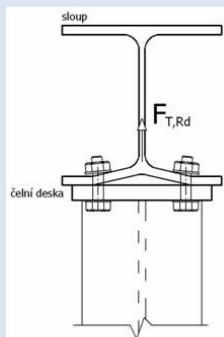


Tabulka 2 - Účinné délky pro čelní desku

Poloha řady šroubů	Kruhové porušení	Nekruhové porušení
	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$
Řada šroubů vně tažené pásnice nosníku	$\min(2\pi m_x; \pi m_x + w; \pi m_x + 2e)$	$\min(4m_x + 1,25e_x; 2m_x + 0,625e_x + e; 0,5b_p; 2m_x + 0,625e_x + 0,5w)$
Řada šroubů pod taženou pásnicí nosníku	$2\pi m$	$\alpha m$
Vnitřní řada šroubů	$2\pi m$	$4m + 1,25e$
Koncová řada šroubů	$2\pi m$	$4m + 1,25e$
<b>1. způsob</b>	$l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$	
<b>2. způsob</b>	$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$	
<b><math>\alpha</math></b>	Graf 1	

- Způsob porušení 1



Způsob porušení	Návrhová únosnost náhradního T profilu
<p><b>1. způsob</b></p> 	$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m}$ <p> <math>M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0}</math>  <math>t_f</math> - tloušťka desky (stojina, čelní deska..)  <math>l_{eff,1}</math> - účinná délka dle tabulky 1, tabulky 2  <math>f_y</math> - jmenovitá hodnota meze kluzu připojovaného prvku  <math>\gamma_{M0} = 1,00</math>  <math>m</math> - viz obr. 1                 </p>

-  $l_{eff,1} = \min(2\pi m; \pi m + 2e_1; 4m + 1,25e; 2m + 0,625e + e_1)$

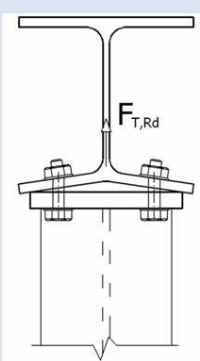
-  $l_{eff,1} = \min(2 \times \pi \times 35; \pi \times 35 + 2 \times 50; 4 \times 35 + 1,25 \times 50; 2 \times 35 + 0,625 \times 50 + 50) = \min(220; 210; 203; 152)$

-  $l_{eff,1} = 152 \text{ mm}$

-  $M_{pl,1,Rd} = 0,25 \times l_{eff,1} \times t_f^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \times 152 \times 20^2 \times \frac{355}{1,0} = 5,40 \text{ kN.m}$

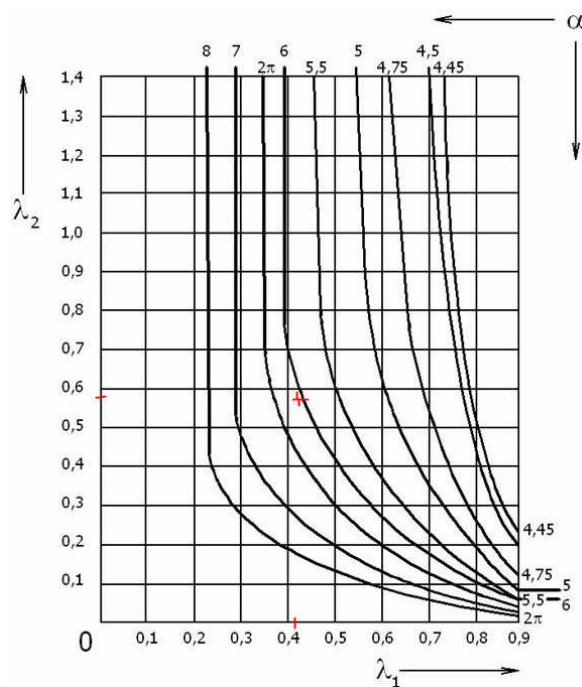
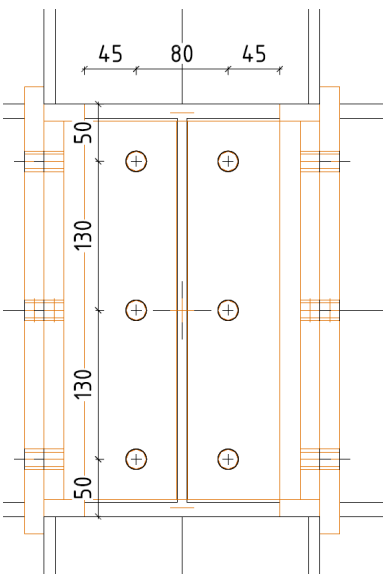
-  $F_{T,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 5,40}{35} = 617,14 \text{ kN}$

- Způsob porušení 2

Způsob porušení	Návrhová únosnost náhradního T profilu
<p>2. způsob</p> 	$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma \cdot F_{t,Rd}}{m + n}$ <p> <math>M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0}</math>  <math>t_f</math> - tloušťka desky (stojina, čelní deska..)  <math>l_{eff,2}</math> - účinná délka dle tabulky 1, tabulky 2  <math>f_y</math> - jmenovitá hodnota meze kluzu připojovaného prvku  <math>\gamma_{M0} = 1,00</math>  <math>m</math> - viz obr. 1  <math>n = \min(e_{min}; 1,25 \text{ m})</math> </p>

-  $\lambda_1 = \frac{m}{m+e} = \frac{35}{35+50} = 0,41$

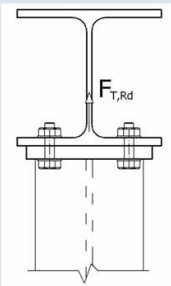
-  $\lambda_1 = \frac{m_2}{m+e} = \frac{50}{35+50} = 0,59$



-  $\alpha = 6,10$

- $l_{\text{eff},2} = \min(2\pi m ; \alpha m) = \min(2 \times \pi \times 35 ; 6,1 \times 35) = \min(220 ; 214) = 214 \text{ mm}$
- $M_{\text{pl},2,\text{Rd}} = 0,25 \times l_{\text{eff},1} \times t_f^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \times 214 \times 20^2 \times \frac{355}{1,0} = 7,60 \text{ kN.m}$
- $n = \min(e_{\text{min}} ; 1,25m) = \min(45 ; 1,25 \times 35) = \min(45 ; 44) = 44 \text{ mm}$
- $F_{\text{T},2,\text{Rd}} = \frac{2 \times M_{\text{pl},2,\text{Rd}} + n \times F_{\text{T},\text{Rd}}}{m+n} = \frac{2 \times 7,60 + 44 \times 2 \times 203,33}{35+44} = 534,00 \text{ kN}$
- Způsob porušení 3

Únosnost na tah, všech šroubů v posuzované řadě.

Způsob porušení	Návrhová únosnost náhradního T profilu
<p>3. způsob</p> 	$F_{\text{T},3,\text{Rd}} = \Sigma \cdot F_{\text{tRd}}$ <p><math>\Sigma F_{\text{tRd}}</math> - návrhová únosnost šroubu v tahu</p> <p>Návrhovou únosnost náhradního T profilu stanovíme:</p> $F_{\text{T},\text{Rd}} = \min(F_{\text{T},1,\text{Rd}}; F_{\text{T},2,\text{Rd}}; F_{\text{T},3,\text{Rd}})$

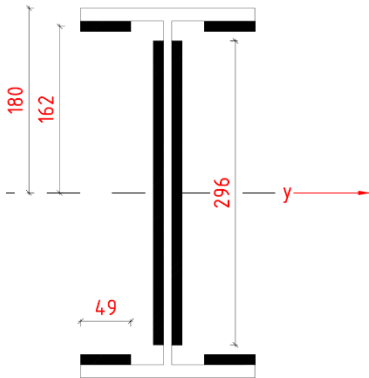
- $F_{\text{T},3,\text{Rd}} = n \times F_{\text{T},\text{Rd}} = 2 \times 203,33 = 406,67 \text{ kN}$
- Posouzení páčení
- $F_{\text{T},\text{Rd}} = \min(F_{\text{T},1,\text{Rd}}; F_{\text{T},2,\text{Rd}}; F_{\text{T},3,\text{Rd}}) = \min(617; 534; 407)$
- $F_{\text{T},\text{Rd}} = 306,65 \text{ kN}$
- $\frac{F_{\text{T},\text{Ed}}}{F_{\text{T},\text{Rd}}} = \frac{2 \times 201,30}{407} = 0,99 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$
- Posouzení svarů

Momentové a tahové namáhání bude přenášeno celým svarovým obrazcem. Napětí od posouvající síly bude přenášeno svarem u stojny (Vz) a svarem u přírub (Vy).

a = 10 mm

• **Plech/Profil**

materiál	<b>S355</b>
tloušťka	<b>20 mm</b>
mez kluzu $f_y$	355 Mpa
mez pevnosti $f_u$	510 Mpa



- Celý svar – tah

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{\sigma_{\perp}}}{a \times l \times n} = \frac{107,08}{10 \times (49 \times 4 + 2 \times 296)} = 13,59 \text{ MPa}$$

- Svar u stojny

$$F_{\tau_{\parallel}} = 137,19 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \times l \times n} = \frac{137,19}{10 \times 296 \times 2} = 23,18 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{13,59^2 + 3 \times (0^2 + 23,18^2)} = 42,4$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

-  $42,40 < 453,33$  – VYHOVÍ

- Svar u příruby

$$F_{\tau_{\parallel}} = 16,06 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \times l \times n} = \frac{16,06}{10 \times (4 \times 49)} = 8,19 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{13,59^2 + 3 \times (0^2 + 8,19^2)} = 19,64$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

-  $19,64 < 453,33$  – VYHOVÍ

- Celý svar - moment

$$I_w = 2 \times \left( \frac{1}{12} \times a \times h_s^3 \right) + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times h_p \times a^3 \right) + (h_p \times a \times z_{yd}^2) \right] = 2 \times \left( \frac{1}{12} \times 10 \times 296^3 \right) + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times 49 \times 10^3 \right) + (49 \times 10 \times 162^2) \right] = 9,47 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed}}{I_w} \times z = \frac{152,44 \times 10^3}{9,47 \times 10^{-5}} \times 0,180 = 289,81 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{289,81}{\sqrt{2}} = 204,93 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{(204,93 + 13,59)^2 + 3 \times ((204,93 + 13,59)^2 + 8,19^2)} = 437,27 \text{ MPa}$$

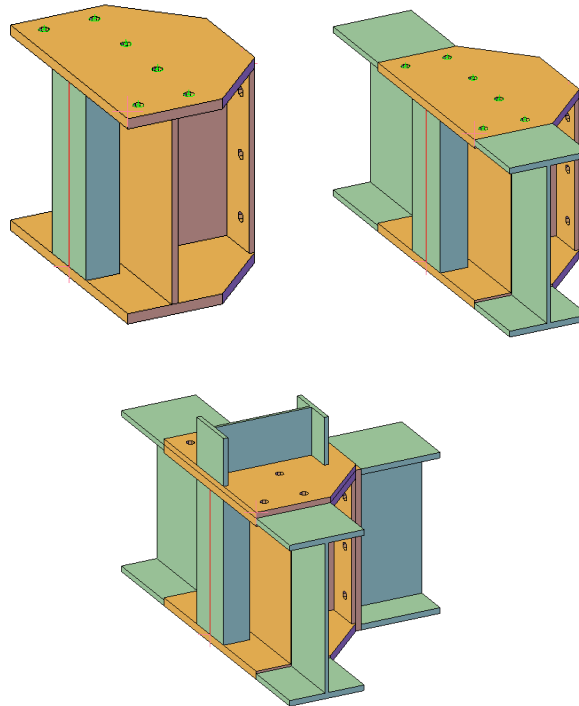
$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

-  $437,27 < 453,33$  – VYHOVÍ

### 6.6.2 D6 – Sloup uložený na ocelové konstrukci I

- Postup zhotovení

Svařenec na dílně + přivaření průběžné příčle (dílna) + příčle přes čelní tuhou desku (montáž) + sloup přes patní plech (montáž)



- Navrhované části přípoje:

- 1 – přípoj průběžné příčle – svar (dílnský)
- 2 – napojení kolmé příčle – momentový přípoj, čelní deska
- 3 – připojení sloupu – momentový přípoj, patní plech

#### D6 - část 1

Návrhové vnitřní síly byly zjištěny v řezech 250 mm od styčnicku.

příčel	N	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>y</sub>
IPE240	70.98 kN	6.36 kN	30.92 kN	19.89 kNm
IPE360	39.30 kN	11.99 kN	55.63 kN	73.91 kNm

Zhotovení průběžné příčle napojením svařence z plechů S355 na nosník profilu IPE 360 pomocí svarů  $a=7$  mm.

Momentové a tahové namáhání bude přenášeno celým svarovým obrazcem. Napětí od posouvající síly bude přenášeno svarem u stojny (Vz) a svarem u přírub (Vy).

• **Plech/Profil**

materiál	<b>S355</b>
tloušťka	<b>10 mm</b>
mez kluzu $f_y$	355 Mpa
mez pevnosti $f_u$	510 Mpa

- Celý svar – tah

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{\sigma_{\perp}}}{a \times l \times n} = \frac{39,30}{7 \times (49 \times 4 + 2 \times 296)} = 7,12 \text{ MPa}$$

- Svar u stojny

$$F_{\tau_{\parallel}} = 56,68 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \times l \times n} = \frac{55,63}{7 \times 296 \times 2} = 13,42 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{7,12^2 + 3 \times (0^2 + 13,42^2)} = 24,31$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

-  $24,31 < 453,33$  – **VYHOVÍ**

- Celý svar

$$I_w = 2 \times \left( \frac{1}{12} \times a \times h_s^3 \right) + 2 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times h_p \times a^3 \right) + (h_p \times a \times z_y^2) \right] = 2 \times \left( \frac{1}{12} \times 7 \times 296^3 \right) + 2 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times 49 \times 7^3 \right) + (49 \times 7 \times 162^2) \right] = 6,63 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed}}{I_w} \times z = \frac{73,91 \times 10^3}{6,63 \times 10^{-5}} \times 0,180 = 200,66 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{M,\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{200,66}{\sqrt{2}} = 141,89 \text{ MPa}$$

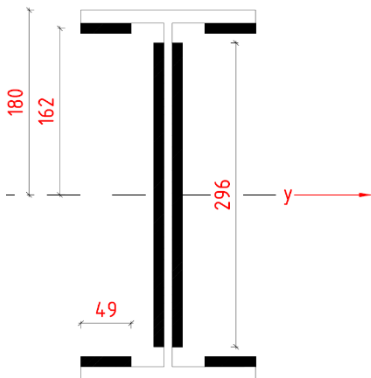
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{(141,89 + 7,12)^2 + 3 \times ((141,89 + 7,12)^2 + 13,42^2)} = 298,93$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

-  $298,93 < 453,33$  – **VYHOVÍ**

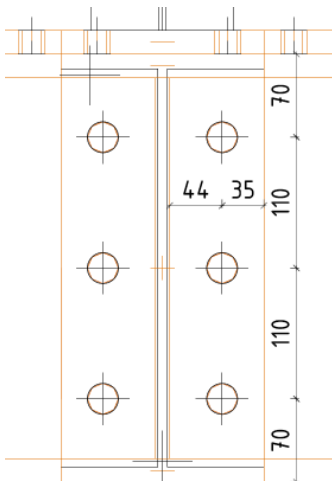
D6 - část 2

Návrhové vnitřní síly byly zjištěny v řezech 250 mm od styčníku.



příčel	N	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>y</sub>
IPE360	70.98 kN	24.68 kN	93.82 kN	143.34 kNm

Kolmá příčel bude napojená na svařenec tuhou čelní deskou, navrhuji 6xM24 8.8, plech P20 S355.



#### • Šrouby

• Průměr šroubu **M24**

Průměr díry  $d_0$  26 mm

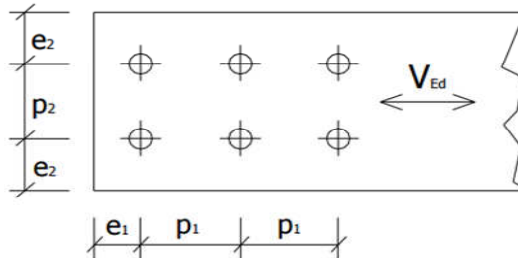
Plocha jádra  $A_s$  353 mm<sup>2</sup>

• Jakost šroubu **8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa

Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

#### • Rozteče



	Doporučené	Minimální
$p_1$	80	57
$p_2$	80	62
$e_1$	60	31
$e_2$	60	31

- Posouzení na stříh

$$\text{Výsledná síla na stříh} = \sqrt{24,68^2 + 93,82^2} = 97,01 \text{ kN}$$

$$- F_{v1,Rd} = \frac{\alpha_v \times A \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 353 \times 800}{1,25} = 135,52 \text{ kN}$$

$$- \frac{V_{yz,Ed}}{F_{v1,Rd} \times n} \leq 1,0$$

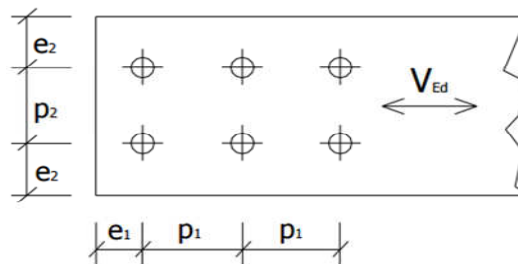
$$- \frac{97,01}{135,52 \times 6} = 0,12 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení na otláčení

• **Průměr šroubu** **M24**

Průměr díry  $d_0$  26 mm

• **Rozteče**



	Doporučené	Minimální	
$p_1$	80	57	
$p_2$	80	62	
$e_1$	60	31	
$e_2$	60	31	
<b>Zvolené rozteče</b>			<b>parametry - otláčení</b>
$p_1$	120	$\alpha_b$ - šrouby krajní =	<b>0.90</b>
$p_2$	140	$\alpha_b$ - šrouby vnitřní =	<b>1.29</b>
$e_1$	70	$k_1$ - šrouby krajní =	<b>2.07</b>
$e_2$	35	$k_1$ - šrouby vnitřní =	<b>0.18</b>

• **Plech**

materiál **S355**

tloušťka **20 mm**

mez kluzu  $f_y$  355 Mpa

mez pevnosti  $f_u$  510 Mpa

$$- F_{b,e,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,90 \times 2,07 \times 24 \times 20 \times 510}{1,25} = 364,85 \text{ kN}$$

$$- F_{b,e,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 24 \times 20 \times 510}{1,25} = 293,76 \text{ kN}$$

$$- F_{b,i,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,29 \times 0,18 \times 24 \times 20 \times 510}{1,25} = 45,47 \text{ kN}$$

$$- F_{b,i,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 24 \times 20 \times 510}{1,25} = 293,76 \text{ kN}$$

$$- F_{b,Rd} = \sum F_{b,x,Rd} = 4 \times 293,76 + 2 \times 45,47 = 1265,99$$

- $\frac{V_{z,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$
- $\frac{97,01}{1265,99} = 0,08 \leq 1,0$  – *VYHOVÍ*
- Posouzení v tahu, protlačení, stříh + tah

- **Průměr šroubu** **M24**

Průměr díry $d_0$	26 mm
Průměr $d_m$	38.80 mm
Plocha jádra $A_s$	353 mm <sup>2</sup>

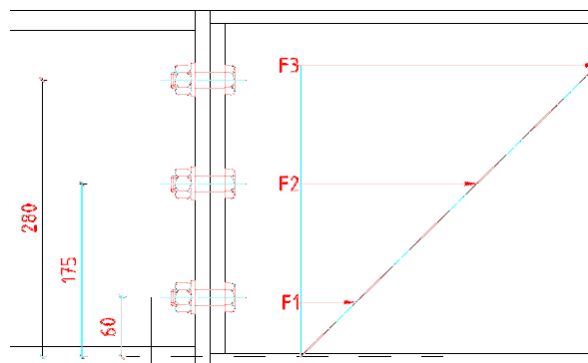
- **Jakost šroubu** **8.8**

Mez kluzu $f_y$	640 MPa
Mez pevnosti $f_{ub}$	800 MPa

- **Plech**

materiál	<b>S355</b>
tloušťka	<b>20 mm</b>
mez kluzu $f_y$	355 Mpa
mez pevnosti $f_u$	510 Mpa

- Tah vlivem momentu  $M_y$ :



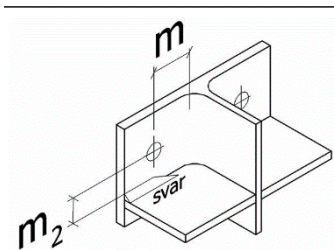
- $M_{y,Ed} = F_1 \times r_1 + F_2 \times r_2 + F_3 \times r_3$
- $\frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} = \frac{F_3}{r_3}$
- $F_3 = \frac{M_{y,Ed} \times r_3}{r_1^2 \times r_2^2 \times r_3^2} = \frac{143,34 \times 280}{60^2 + 175^2 + 280^2} = 316,36 \text{ kN}$
- $F_2 = \frac{F_3 \times r_2}{r_3} = \frac{316,36 \times 175}{280} = 222,73 \text{ kN}$
- $F_1 = \frac{F_3 \times r_1}{r_3} = \frac{316,36 \times 60}{280} = 76,36 \text{ kN}$
- $F_{t,Ed,M} = \frac{\max(F_1; F_2; \dots; F_n)}{n_r} = \frac{316,36}{2} = 158,18 \text{ kN}$
- $F_{t,Ed,N} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{70,98}{6} = 35,49 \text{ kN}$



- $F_{t,Ed} = 158,18 + 35,49 = 193,67 \text{ kN}$
- $F_{t,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 353}{1,25} = 203,33 \text{ kN}$
- $\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1,0$
- $\frac{193,67}{203,33} = 0,95 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$
- **Protlačení**
- $B_{p,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 38,80 \times 20 \times 510}{1,25} = 596,80 \text{ kN}$
- $\frac{F_{t,Ed}}{B_{p,Rd}} \leq 1,0$
- $\frac{193,67}{596,80} = 0,34 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$
- $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1,0$
- $\frac{97,01}{135,52 \times 6} + \frac{193,67}{1,4 \times 203,33} = 0,80 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$
- **Vliv páčení**
- **Tabulky pro účinné délky**

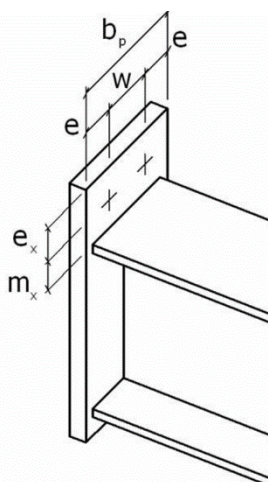
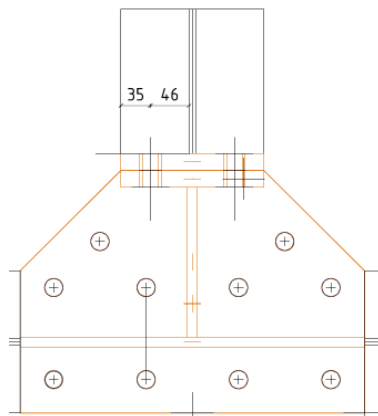
Tabulka 1 - Účinné délky vyztužené pásnice sloupu

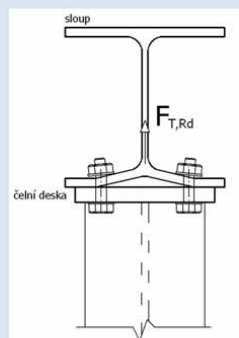
Poloha řady šroubů	Kruhové porušení	Nekruhové porušení
	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$
Řada šroubů sousedících s výztuhou	$2\pi \text{ m}$	$\alpha \text{ m}$
Jiná vnitřní řada šroubů	$2\pi \text{ m}$	$4\text{m} + 1,25e$
Jiná koncová řada šroubů	$\min(2\pi \text{ m}; \pi \text{ m} + 2e_1)$	$\min(4\text{m} + 1,25e; 2\text{m} + 0,625e + e_1)$
Koncová řada šroubů sousedící s výztuhou	$\min(2\pi \text{ m}; \pi \text{ m} + 2e_1)$	$\alpha \text{ m} + 2\text{m} + 0,625e + e_1$
<b>1. způsob</b>	$l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$	
<b>2. způsob</b>	$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$	
$\alpha$	Graf 1	



Poloha řady šroubů	Kruhové porušení	Nekruhové porušení
	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$
Řada šroubů vně tažené pásnice nosníku	$\min(2\pi m_x; \pi m_x + w; \pi m_x + 2e)$	$\min(4m_x + 1,25e_x; 2m_x + 0,625e_x + e; 0,5b_p; 2m_x + 0,625e_x + 0,5w)$
Řada šroubů pod taženou pásnicí nosníku	$2\pi m$	$\alpha m$
Vnitřní řada šroubů	$2\pi m$	$4m + 1,25e$
Koncová řada šroubů	$2\pi m$	$4m + 1,25e$
<b>1. způsob</b>	$l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$	
<b>2. způsob</b>	$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$	
<b><math>\alpha</math></b>	Graf 1	

- Způsob porušení 1

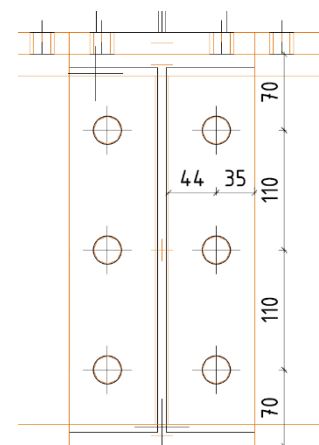
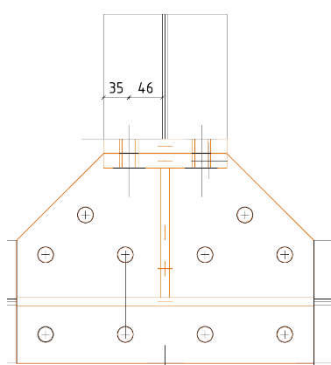


Způsob porušení	Návrhová únosnost náhradního T profilu
<p><b>1. způsob</b></p> 	$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m}$ <p> <math>M_{pl,1,Rd} = 0,25 \sum l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0}</math>  <math>t_f</math> - tloušťka desky (stojina, čelní deska..)  <math>l_{eff,1}</math> - účinná délka dle tabulky 1, tabulky 2  <math>f_y</math> - jmenovitá hodnota meze kluzu připojovaného prvku  <math>\gamma_{M0} = 1,00</math>  <math>m</math> - viz obr. 1                 </p>

-  $l_{eff,1} = \min(2\pi m; \pi m + 2e_1; 4m + 1,25e; 2m + 0,625e + e_1)$

-  $l_{eff,1} = \min(2 \times \pi \times 46; \pi \times 46 + 2 \times 35; 4 \times 46 + 1,25 \times 35; 2 \times 46 + 0,625 \times 35 + 35) = \min(289; 215; 228; 149)$

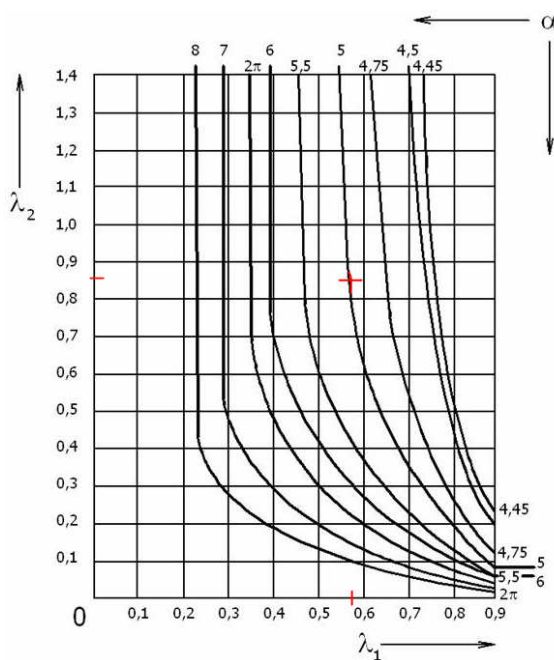
- $l_{eff,1} = 149 \text{ mm}$
- $M_{pl,1,Rd} = 0,25 \times l_{eff,1} \times t_f^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \times 149 \times 20^2 \times \frac{355}{1,0} = 5,29 \text{ kN.m}$
- $F_{T,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 5,29}{46} = 460 \text{ kN}$
- Způsob porušení 2



Způsob porušení	Návrhová únosnost náhradního T profilu
<p>2. způsob</p>	$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma \cdot F_{t,Rd}}{m + n}$
	<p><math>M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0}</math></p> <p><math>t_f</math> - tloušťka desky (stojina, čelní deska..)</p> <p><math>l_{eff,2}</math> - účinná délka dle tabulky 1, tabulky 2</p> <p><math>f_y</math> - jmenovitá hodnota meze kluzu připojovaného prvku</p> <p><math>\gamma_{M0} = 1,00</math></p> <p><math>m</math> - viz obr. 1</p> <p><math>n = \min(e_{min}; 1,25 \text{ m})</math></p>

-  $\lambda_1 = \frac{m}{m+e} = \frac{46}{46+35} = 0,57$

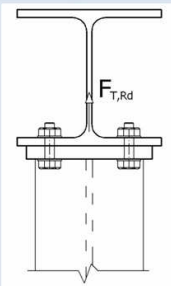
-  $\lambda_1 = \frac{m_2}{m+e} = \frac{70}{46+35} = 0,86$



-  $\alpha = 5,0$

- $l_{\text{eff},2} = \min(2\pi m ; \alpha m) = \min(2 \times \pi \times 46 ; 5,0 \times 46) = \min(289 ; 230) = 230 \text{ mm}$
- $M_{\text{pl},2,\text{Rd}} = 0,25 \times l_{\text{eff},1} \times t_f^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \times 230 \times 20^2 \times \frac{355}{1,0} = 8,17 \text{ kN.m}$
- $n = \min(e_{\text{min}} ; 1,25m) = \min(35 ; 1,25 \times 46) = \min(35 ; 58) = 35 \text{ mm}$
- $F_{\text{T},2,\text{Rd}} = \frac{2 \times M_{\text{pl},2,\text{Rd}} + n \times F_{\text{T},\text{Rd}}}{m+n} = \frac{2 \times 8,17 + 35 \times 2 \times 203,33}{46+35} = 385,45 \text{ kN}$
- Způsob porušení 3

Únosnost na tah, všech šroubů v posuzované řadě.

Způsob porušení	Návrhová únosnost náhradního T profilu
<p>3. způsob</p> 	$F_{\text{T},3,\text{Rd}} = \Sigma \cdot F_{\text{tRd}}$ <p><math>\Sigma F_{\text{tRd}}</math> - návrhová únosnost šroubu v tahu</p> <p>Návrhovou únosnost náhradního T profilu stanovíme:</p> $F_{\text{T},\text{Rd}} = \min(F_{\text{T},1,\text{Rd}}; F_{\text{T},2,\text{Rd}}; F_{\text{T},3,\text{Rd}})$

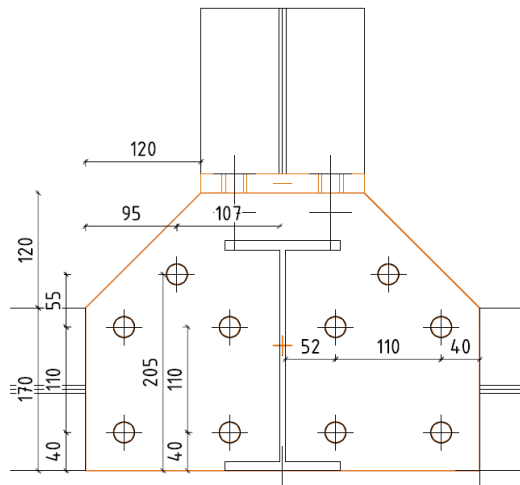
- $F_{\text{T},3,\text{Rd}} = n \times F_{\text{T},\text{Rd}} = 2 \times 203,33 = 406,67 \text{ kN}$
- Posouzení páčení
- $F_{\text{T},\text{Rd}} = \min(F_{\text{T},1,\text{Rd}}; F_{\text{T},2,\text{Rd}}; F_{\text{T},3,\text{Rd}}) = \min(460; 386; 407)$
- $F_{\text{T},\text{Rd}} = 289,59 \text{ kN}$
- $\frac{F_{\text{T},\text{Ed}}}{F_{\text{T},\text{Rd}}} = \frac{2 \times 193,67}{386} = 1,00 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$

### D6 - část 3

Návrhové vnitřní síly byly zjištěny místě styčnicku.

sloup	N	Vy	Vz	My	Mz
IPE240	97.97 kN	32.40 kN	57.99 kN	69.40 kNm	40.10 kNm

Sloup bude napojen na svařenec tuhou „patní“ deskou, navrhuji 10xM20 8.8, plech P20 S355.



• **Šrouby**

• **Průměr šroubu** **M20**

Průměr díry  $d_0$  22 mm

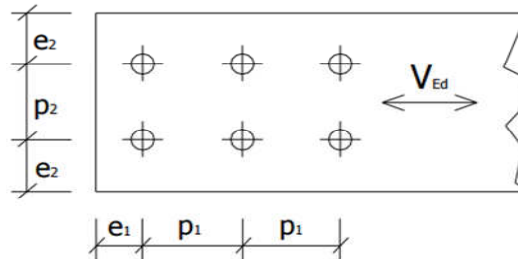
Plocha jádra  $A_s$  245 mm<sup>2</sup>

• **Jakost šroubu** **8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa

Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

• **Rozteče**



	Doporučené	Minimální
$p_1$	70	48
$p_2$	70	53
$e_1$	50	26
$e_2$	50	26

- Posouzení na střih

$$\text{Výsledná síla na střih} = \sqrt{32,40^2 + 57,99^2} = 66,43 \text{ kN}$$

$$- F_{v1,Rd} = \frac{\alpha_v \times A \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 245 \times 800}{1,25} = 94,08 \text{ kN}$$

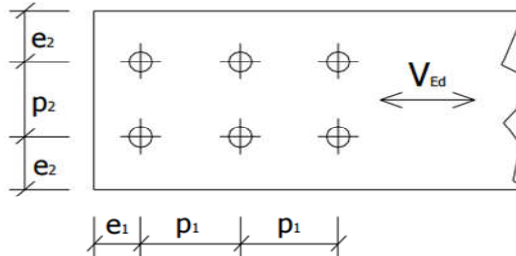
$$- \frac{V_{yz,Ed}}{F_{v1,Rd \times n}} \leq 1,0$$

$$- \frac{66,43}{94,08 \times 10} = 0,07 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

## - Posouzení na otláčení

• Průměr šroubu **M20**Průměr díry  $d_0$  22 mm

## • Rozteče



## Doporučené

## Minimální

$p_1$	70	48
$p_2$	70	53
$e_1$	50	26
$e_2$	50	26

## Zvolené rozteče

## parametry - otláčení

$p_1$	110	$\alpha_b$ - šrouby krajní = <b>0.61</b>
$p_2$	110	$\alpha_b$ - šrouby vnitřní = <b>1.42</b>
$e_1$	40	$k_1$ - šrouby krajní = <b>2.50</b>
$e_2$	40	$k_1$ - šrouby vnitřní = <b>0.85</b>

## • Plech

materiál

**S355**

tloušťka

**20 mm**mez kluzu  $f_y$ 

355 Mpa

mez pevnosti  $f_u$ 

510 Mpa

$$- F_{b,e,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,61 \times 2,5 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 248,88 \text{ kN}$$

$$- F_{b,e,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 244,80 \text{ kN}$$

$$- F_{b,i,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,42 \times 0,85 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 196,98 \text{ kN}$$

$$- F_{b,i,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 244,80 \text{ kN}$$

$$- F_{b,Rd} = \sum F_{b,x,Rd} = 6 \times 244,88 + 4 \times 196,98 = 2257,2$$

$$- \frac{V_{z,Ed}}{F_{b,Rd} \times n} \leq 1,0$$

$$- \frac{66,43}{2257,20} = 0,03 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení v tahu, protlačení, stříh + tah

• **Průměr šroubu** **M20**

Průměr díry  $d_0$  22 mm

Průměr  $d_m$  32.30 mm

Plocha jádra  $A_s$  245 mm<sup>2</sup>

• **Jakost šroubu** **8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa

Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

• **Plech**

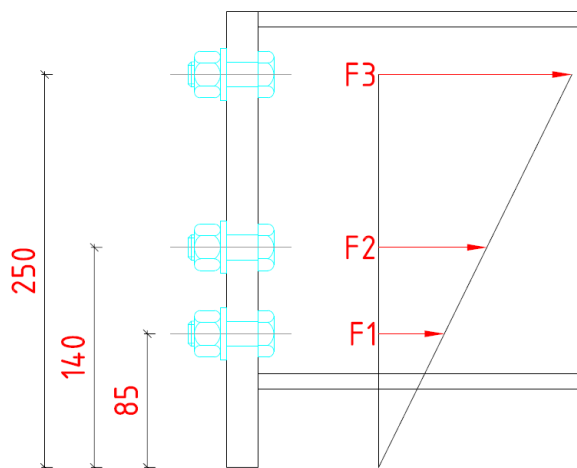
materiál **S355**

tloušťka **20 mm**

mez kluzu  $f_y$  355 Mpa

mez pevnosti  $f_u$  510 Mpa

- Tah vlivem momentu  $M_y$ :



$$- M_{y,Ed} = F_1 \times r_1 + F_2 \times r_2 + F_3 \times r_3$$

$$- \frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} = \frac{F_3}{r_3}$$

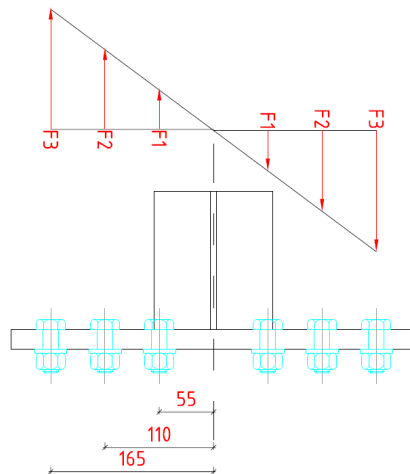
$$- F_3 = \frac{M_{y,Ed} \times r_3}{r_1^2 + r_2^2 + r_3^2} = \frac{69,40 \times 250}{85^2 + 140^2 + 250^2} = 193,40 \text{ kN}$$

$$- F_2 = \frac{F_3 \times r_2}{r_3} = \frac{193,40 \times 140}{250} = 108,3 \text{ kN}$$

$$- F_1 = \frac{F_3 \times r_1}{r_3} = \frac{193,40 \times 85}{250} = 65,76 \text{ kN}$$

$$- F_{t,Ed,My} = \frac{\max(F_1; F_2; \dots; F_n)}{n_r} = \frac{193,40}{4} = 48,35 \text{ kN}$$

- Tah vlivem momentu  $M_z$ :



$$- M_{z,Ed} = F_1 \times r_1 + F_2 \times r_2 + F_3 \times r_3$$

$$- \frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} = \frac{F_3}{r_3}$$

$$- F_3 = \frac{M_{z,Ed} \times r_3}{r_1^2 + r_2^2 + r_3^2} = \frac{40,10 \times 165}{55^2 + 110^2 + 165^2} = 156,23 \text{ kN}$$

$$- F_2 = \frac{F_3 \times r_2}{r_3} = \frac{156,23 \times 110}{165} = 104,15 \text{ kN}$$

$$- F_1 = \frac{F_3 \times r_1}{r_3} = \frac{156,23 \times 55}{165} = 52,08 \text{ kN}$$

$$- F_{t,Ed,Mz} = \frac{\max(F_1; F_2; \dots; F_n)}{n_r} = \frac{156,23}{2} = 78,12 \text{ kN}$$

- Tah vlivem  $N$ :

$$- F_{t,Ed,N} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{97,97}{10} = 9,80 \text{ kN}$$

- Posouzení na tah:

$$- F_{t,Ed} = 48,35 + 78,12 + 9,80 = 136,27 \text{ kN}$$

$$- F_{t,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 245}{1,25} = 141,12 \text{ kN}$$

$$- \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{136,27}{141,12} = 0,97 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení svarů

$$a = 7 \text{ mm}$$

Momentové a tahové namáhání bude přenášeno celým svarovým obrazcem. Napětí od posouvající síly bude přenášeno svarem u stojny (Vz) a svarem u přírub (Vy).

### • Plech/Profil

materiál	<b>S355</b>
tloušťka	<b>20 mm</b>
mez kluzu $f_y$	355 Mpa
mez pevnosti $f_u$	510 Mpa

- Celý svar – tah

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{\sigma\perp}}{a \times l \times n} = \frac{97,97}{7 \times (170 \times 2 + 49 \times 4 + 2 \times 296)} = 124,08 \text{ MPa}$$

- Svar u stojny

$$F_{\tau\parallel} = 57,99 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau\parallel}}{a \times l \times n} = \frac{57,99}{7 \times 296 \times 2} = 14,00 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{124,08^2 + 3 \times (0^2 + 14,00^2)} = 126,43$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

-  $126,43 < 453$  – VYHOVÍ

- Svar u příruby

$$F_{\tau\parallel} = 32,40 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau\parallel}}{a \times l \times n} = \frac{32,40}{7 \times (170 \times 2 + 49 \times 4)} = 69,45 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{124,08^2 + 3 \times (0^2 + 69,45^2)} = 172,82$$

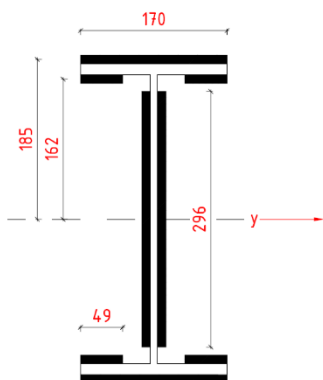
$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

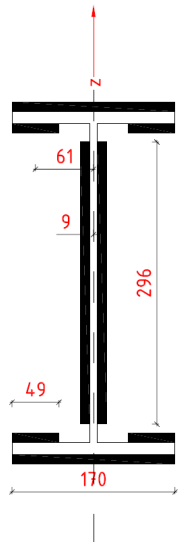
-  $172,82 < 453,33$  – VYHOVÍ

- Celý svar - moment

$$I_{w,y} = 2 \times \left( \frac{1}{12} \times a \times h_s^3 \right) + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times h_p \times a^3 \right) + (h_p \times a \times z_{yd}^2) \right] + 2 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times h_{ph} \times a^3 \right) + (h_{ph} \times a \times z_{yh}^2) \right] = 2 \times \left( \frac{1}{12} \times 5 \times 296^3 \right) + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times 49 \times 5^3 \right) + (49 \times 5 \times 162^2) \right] + 2 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times 170 \times 5^3 \right) + (170 \times 5 \times 185^2) \right] = 1,06 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$\sigma_{M,y} = \frac{M_{Ed,y}}{I_{w,y}} \times z = \frac{75,35 \times 10^3}{1,06 \times 10^{-4}} \times 0,180 = 127,95 \text{ MPa}$$





- $$I_{w,z} = 2 \times \left( \frac{1}{12} \times a \times h_s^3 \right) + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times h_p \times a^3 \right) + \left( h_p \times a \times z_{yd}^2 \right) \right] + 2 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times h_{ph} \times a^3 \right) + \left( h_{ph} \times a \times z_{yh}^2 \right) \right] =$$

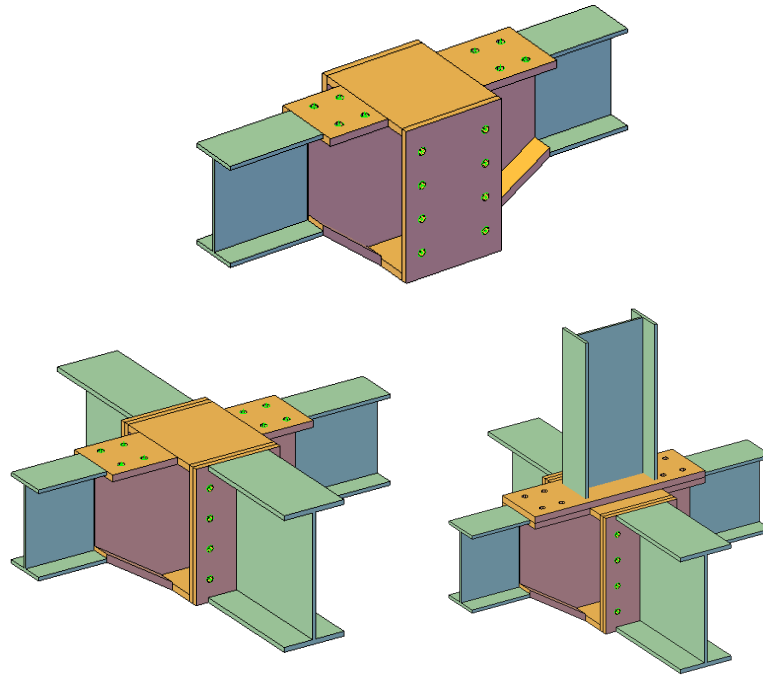
$$2 \times \left( \frac{1}{12} \times 7 \times 170^3 \right) + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times 7 \times 49^3 \right) + \left( 49 \times 7 \times 61^2 \right) \right] + 2 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times 296 \times 7^3 \right) + \left( 296 \times 7 \times 9^2 \right) \right] = 1,15 \times 10^{-5} m^4$$
- $$\sigma_{M,z} = \frac{M_{Ed,z}}{I_{w,z}} \times z = \frac{40,10 \times 10^3}{1,15 \times 10^{-5}} \times 0,085 = 296,40 \text{ MPa}$$
- $$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{296,40}{\sqrt{2}} = 209,59 \text{ MPa}$$
- $$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} =$$

$$\sqrt{209,59^2 + 3 \times (209,59^2 + 14,00^2)} = 419,89 \text{ MPa}$$
- $$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$
- $419,89 < 453,33$  – VYHOVÍ

### 6.6.3 D7 – Sloup uložený na ocelové konstrukci II

#### - Postup zhotovení

Svařenec na dílně + přivaření průběžné příčle (dílna) + příčle přes čelní tuhou desku (montáž) + sloup přes patní plech (montáž)



#### - Navrhované části přípoje:

1 – přípoj průběžné příčle – svar (dílnský)

2 – napojení kolmé příčle – momentový přípoj, čelní deska

3 – připojení sloupu – momentový přípoj, patní plech

#### D7 - část 1

Návrhové vnitřní síly byly zjištěny v řezech 250 mm od styčnicku.

příčel	N	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>y</sub>
IPE240	23.02 kN	6.10 kN	30.92 kN	19.04 kNm

Zhotovení průběžné příčle napojením svařence z plechů S355 na nosník profilu IPE 240 pomocí svarů  $a=5$  mm.

Momentové a tahové namáhání bude přenášeno celým svarovým obrazcem. Napětí od posouvající síly bude přenášeno svarem u stojny ( $V_z$ ) a svarem u přírub ( $V_y$ ).

### • Plech/Profil

materiál	<b>S355</b>
tloušťka	<b>12 mm</b>
mez kluzu $f_y$	355 Mpa
mez pevnosti $f_u$	510 Mpa

- Celý svar – tah

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{\sigma_{\perp}}}{a \times l \times n} = \frac{23,02}{5 \times (42 \times 4)} = 27,40 \text{ MPa}$$

- Svar u stojny

$$F_{\tau_{\parallel}} = 30,92 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \times l \times n} = \frac{30,92}{5 \times 190 \times 2} = 16,27 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{27,42^2 + 3 \times (0^2 + 16,27^2)} = 39,32$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

-  $39,32 < 453,33$  – VYHOVÍ

- Celý svar

$$I_w = 2 \times \left( \frac{1}{12} \times a \times h_s^3 \right) + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times h_p \times a^3 \right) + (h_p \times a \times z_y^2) \right] = 2 \times \left( \frac{1}{12} \times 5 \times 190^3 \right) + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times 42 \times 5^3 \right) + (42 \times 5 \times 108^2) \right] = 1,55 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed}}{I_w} \times z = \frac{19,04 \times 10^3}{1,55 \times 10^{-5}} \times 0,110 = 135,12 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{M,\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{135,13}{\sqrt{2}} = 95,55 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{(95,55 + 27,40)^2 + 3 \times ((95,55 + 27,40)^2 + 16,27^2)} = 213,43$$

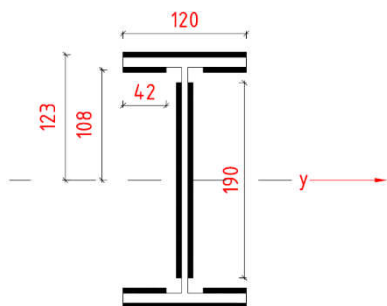
$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

-  $213,43 < 453,33$  – VYHOVÍ

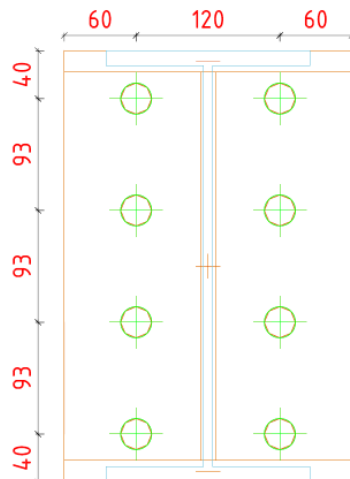
D7 - část 2

Návrhové vnitřní síly byly zjištěny v řezech 150 mm od styčnicku.

příčel	N	Vy	Vz	My
IPE360	38.32 kN	7.24 kN	72.46 kN	145.24 kNm



Kolmá příčel bude napojená na svařenec tuhou čelní deskou, navrhuji 8xM24 8.8, plech P20 S355.



#### • Šrouby

• Průměr šroubu **M24**

Průměr díry  $d_0$  26 mm

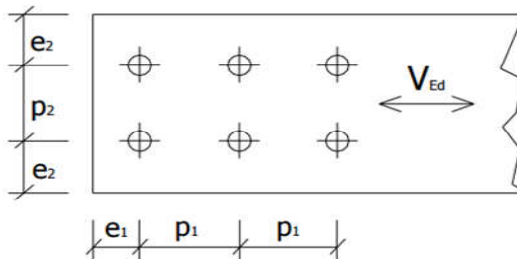
Plocha jádra  $A_s$  353 mm<sup>2</sup>

• Jakost šroubu **8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa

Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

#### • Rozteče



	Doporučené	Minimální
$p_1$	80	57
$p_2$	80	62
$e_1$	60	31
$e_2$	60	31

- Posouzení na stříh

Výsledná síla na stříh =  $\sqrt{72,46^2 + 7,24^2} = 72,81$  kN

-  $F_{v1,Rd} = \frac{\alpha_v \times A \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 353 \times 800}{1,25} = 135,52$  kN

$$- \frac{V_{yz,Ed}}{F_{v1,Rd \times n}} \leq 1,0$$

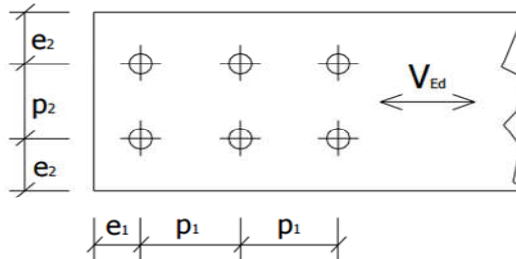
$$- \frac{72,81}{135,52 \times 8} = 0,07 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení na otláčení

• **Průměr šroubu** **M24**

Průměr díry  $d_0$  26 mm

• **Rozteče**



	Doporučené	Minimální
$p_1$	80	57
$p_2$	80	62
$e_1$	60	31
$e_2$	60	31
<b>Zvolené rozteče</b>		<b>parametry - otláčení</b>
$p_1$	93	$\alpha_b$ - šrouby krajní = <b>0.51</b>
$p_2$	120	$\alpha_b$ - šrouby vnitřní = <b>0.94</b>
$e_1$	40	$k_1$ - šrouby krajní = <b>2.50</b>
$e_2$	60	$k_1$ - šrouby vnitřní = <b>1.53</b>

• **Plech**

materiál **S355**

tloušťka **20 mm**

mez kluzu  $f_y$  355 Mpa

mez pevnosti  $f_u$  510 Mpa

$$- F_{b,e,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,51 \times 2,50 \times 24 \times 20 \times 510}{1,25} = 249,7 \text{ kN}$$

$$- F_{b,e,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 24 \times 20 \times 510}{1,25} = 293,76 \text{ kN}$$

$$- F_{b,i,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,94 \times 1,53 \times 24 \times 20 \times 510}{1,25} = 281,67 \text{ kN}$$

$$- F_{b,i,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 24 \times 20 \times 510}{1,25} = 293,76 \text{ kN}$$

$$- F_{b,Rd} = \sum F_{b,x,Rd} = 6 \times 281,67 + 2 \times 249,7 = 2189,42$$

$$- \frac{V_{z,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{72,81}{2189,42} = 0,00 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení v tahu, protlačení, stříh + tah

• **Průměr šroubu** **M24**

Průměr díry  $d_0$  26 mm

Průměr  $d_m$  38.80 mm

Plocha jádra  $A_s$  353 mm<sup>2</sup>

• **Jakost šroubu** **8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa

Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

• **Plech**

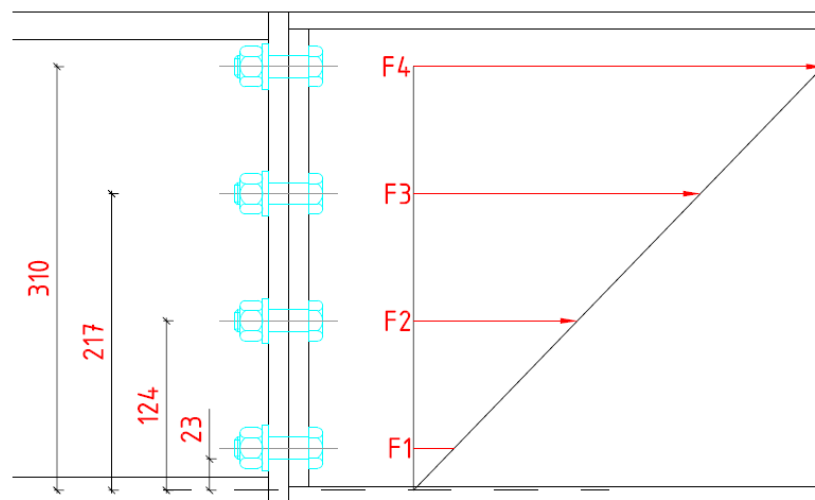
materiál **S355**

tloušťka **20 mm**

mez kluzu  $f_y$  355 Mpa

mez pevnosti  $f_u$  510 Mpa

- Tah vlivem momentu  $M_y$ :



$$- M_{y,Ed} = F_1 \times r_1 + F_2 \times r_2 + F_3 \times r_3 + F_4 \times r_4$$

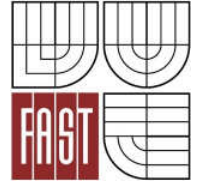
$$- \frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} = \frac{F_3}{r_3} = \frac{F_4}{r_4}$$

$$- F_4 = \frac{M_{y,Ed} \times r_4}{r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + r_4^2} = \frac{145,24 \times 310}{23^2 + 124^2 + 217^2 + 310^2} = 283,00 \text{ kN}$$

$$- F_3 = \frac{F_4 \times r_3}{r_4} = \frac{283 \times 217}{310} = 198,1 \text{ kN}$$

$$- F_2 = \frac{F_4 \times r_2}{r_4} = \frac{283 \times 124}{310} = 113,2 \text{ kN}$$

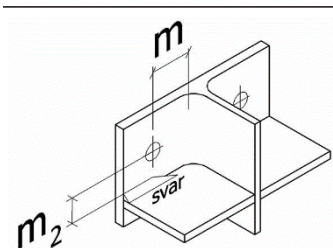
$$- F_1 = \frac{F_4 \times r_1}{r_4} = \frac{283 \times 23}{310} = 20,99 \text{ kN}$$



- $F_{t,Ed,M} = \frac{\max(F_1; F_2; \dots; F_n)}{n_r} = \frac{283,00}{2} = 141,5 \text{ kN}$
- $F_{t,Ed,N} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{38,32}{8} = 4,79 \text{ kN}$
- $F_{t,Ed} = 141,5 + 4,79 = 146,29 \text{ kN}$
- $F_{t,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 353}{1,25} = 203,33 \text{ kN}$
- $\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1,0$
- $\frac{146,29}{203,33} = 0,72 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$
- Protlačení
- $B_{p,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 38,80 \times 20 \times 510}{1,25} = 596,80 \text{ kN}$
- $\frac{F_{t,Ed}}{B_{p,Rd}} \leq 1,0$
- $\frac{146,29}{596,80} = 0,25 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$
- $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1,0$
- $\frac{72,81}{135,52 \times 8} + \frac{146,29}{1,4 \times 203,33} = 0,58 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$
- Vliv páčení
- Tabulky pro účinné délky

Tabulka 1 - Účinné délky vyztužené pásnice sloupu

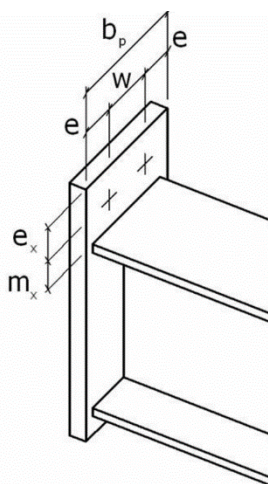
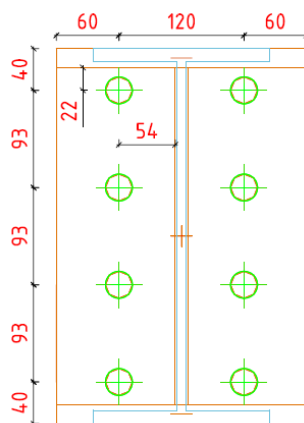
Poloha řady šroubů	Kruhovému porušení	Nekruhovému porušení
	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$
Řada šroubů sousedících s výztuhou	$2\pi \text{ m}$	$\alpha \text{ m}$
Jiná vnitřní řada šroubů	$2\pi \text{ m}$	$4\text{m} + 1,25e$
Jiná koncová řada šroubů	$\min(2\pi \text{ m}; \pi \text{ m} + 2e_1)$	$\min(4\text{m} + 1,25e; 2\text{m} + 0,625e + e_1)$
Koncová řada šroubů sousedící s výztuhou	$\min(2\pi \text{ m}; \pi \text{ m} + 2e_1)$	$\alpha \text{ m} + 2\text{m} + 0,625e + e_1$
<b>1. způsob</b>	$l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$	
<b>2. způsob</b>	$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$	
<b><math>\alpha</math></b>	Graf 1	

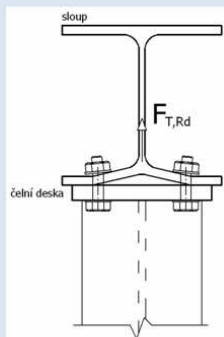


Tabulka 2 - Účinné délky pro čelní desku

Poloha řady šroubů	Kruhové porušení	Nekruhové porušení
	$l_{eff,cp}$	$l_{eff,nc}$
Řada šroubů vně tažené pásnice nosníku	$\min(2\pi m_x; \pi m_x + w; \pi m_x + 2e)$	$\min(4m_x + 1,25e_x; 2m_x + 0,625e_x + e; 0,5b_p; 2m_x + 0,625e_x + 0,5w)$
Řada šroubů pod taženou pásnicí nosníku	$2\pi m$	$\alpha m$
Vnitřní řada šroubů	$2\pi m$	$4m + 1,25e$
Koncová řada šroubů	$2\pi m$	$4m + 1,25e$
<b>1. způsob</b>	$l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,cp})$	
<b>2. způsob</b>	$l_{eff,2} = l_{eff,nc}$	
<b><math>\alpha</math></b>	Graf 1	

- Způsob porušení 1

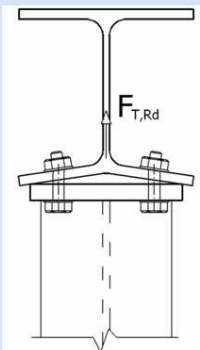


Způsob porušení	Návrhová únosnost náhradního T profilu
<p><b>1. způsob</b></p> 	$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m}$ <p> <math>M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0}</math>  <math>t_f</math> - tloušťka desky (stojina, čelní deska..)  <math>l_{eff,1}</math> - účinná délka dle tabulky 1, tabulky 2  <math>f_y</math> - jmenovitá hodnota meze kluzu připojovaného prvku  <math>\gamma_{M0} = 1,00</math>  <math>m</math> - viz obr. 1                 </p>

-  $l_{eff,1} = \min(2\pi m; \pi m + 2e_1; 4m + 1,25e; 2m + 0,625e + e_1)$

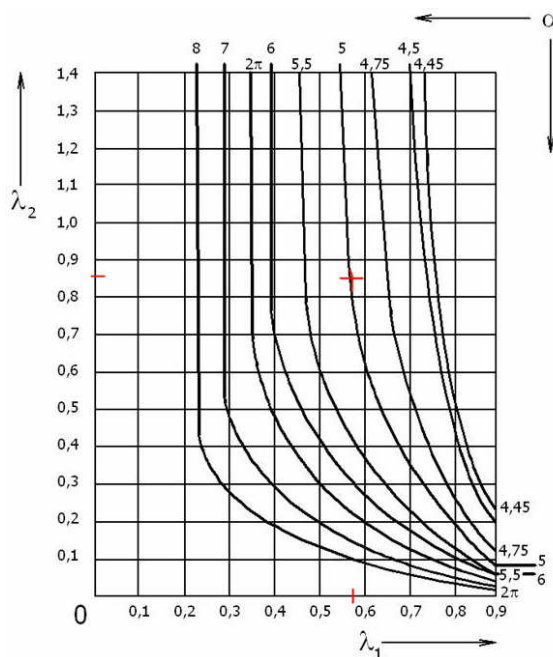
-  $l_{eff,1} = \min(2 \times \pi \times 54; \pi \times 54 + 2 \times 22; 4 \times 54 + 1,25 \times 60; 2 \times 54 + 0,625 \times 60 + 22) = \min(339; 213; 291; 168)$

- $l_{eff,1} = 168 \text{ mm}$
- $M_{pl,1,Rd} = 0,25 \times l_{eff,1} \times t_f^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \times 168 \times 20^2 \times \frac{355}{1,0} = 5,96 \text{ kN.m}$
- $F_{T,1,Rd} = \frac{4 \times M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \times 5,96}{54} = 441,48 \text{ kN}$
- Způsob porušení 2

Způsob porušení	Návrhová únosnost náhradního T profilu
<p>2. způsob</p> 	$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma \cdot F_{t,Rd}}{m + n}$ <p> <math>M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0}</math>  <math>t_f</math> - tloušťka desky (stojina, čelní deska..)  <math>l_{eff,2}</math> - účinná délka dle tabulky 1, tabulky 2  <math>f_y</math> - jmenovitá hodnota meze kluzu připojovaného prvku  <math>\gamma_{M0} = 1,00</math>  <math>m</math> - viz obr. 1  <math>n = \min(e_{min}; 1,25 \text{ m})</math> </p>

-  $\lambda_1 = \frac{m}{m+e} = \frac{54}{54+40} = 0,57$

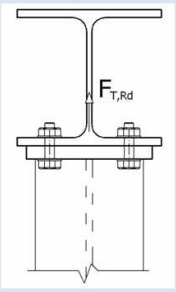
-  $\lambda_2 = \frac{m_2}{m+e} = \frac{22}{54+35} = 0,23$



-  $\alpha = 2\pi$

- $l_{\text{eff},2} = \min(2\pi m ; \alpha m) = \min(2 \times \pi \times 54 ; 2\pi \times 54) = \min(340 ; 340) = 340 \text{ mm}$
- $M_{\text{pl},2,\text{Rd}} = 0,25 \times l_{\text{eff},1} \times t_f^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,25 \times 340 \times 20^2 \times \frac{355}{1,0} = 12,07 \text{ kN.m}$
- $n = \min(e_{\text{min}} ; 1,25m) = \min(40 ; 1,25 \times 54) = \min(40 ; 68) = 40 \text{ mm}$
- $F_{\text{T},2,\text{Rd}} = \frac{2 \times M_{\text{pl},2,\text{Rd}} + n \times F_{\text{T},\text{Rd}}}{m+n} = \frac{2 \times 12,07 + 40 \times 2 \times 203,33}{54+40} = 429,85 \text{ kN}$
- Způsob porušení 3

Únosnost na tah, všech šroubů v posuzované řadě.

Způsob porušení	Návrhová únosnost náhradního T profilu
<p>3. způsob</p> 	$F_{\text{T},3,\text{Rd}} = \Sigma \cdot F_{\text{tRd}}$ <p><math>\Sigma F_{\text{tRd}}</math> - návrhová únosnost šroubu v tahu</p> <p>Návrhovou únosnost náhradního T profilu stanovíme:</p> $F_{\text{T},\text{Rd}} = \min(F_{\text{T},1,\text{Rd}}; F_{\text{T},2,\text{Rd}}; F_{\text{T},3,\text{Rd}})$

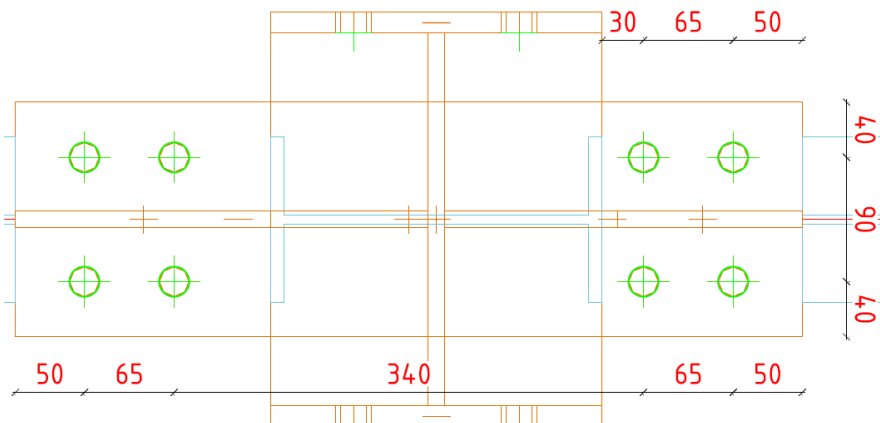
- $F_{\text{T},3,\text{Rd}} = n \times F_{\text{T},\text{Rd}} = 2 \times 203,33 = 406,67 \text{ kN}$
- Posouzení páčení
- $F_{\text{T},\text{Rd}} = \min(F_{\text{T},1,\text{Rd}}; F_{\text{T},2,\text{Rd}}; F_{\text{T},3,\text{Rd}}) = \min(441; 430; 407)$
- $F_{\text{T},\text{Rd}} = 343,33 \text{ kN}$
- $\frac{F_{\text{T},\text{Ed}}}{F_{\text{T},\text{Rd}}} = \frac{146,29 \times 2}{407} = 0,72 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$

### D7 - část 3

Návrhové vnitřní síly byly zjištěny místě styčnicku.

sloup	N	Vy	Vz	My	Mz
IPE240	37.77 kN	3.51 kN	16.40 kN	24.67 kNm	2.04 kNm

Sloup bude napojen na svařenec tuhou „patní“ deskou, navrhuji 8xM20 8.8, plech P20 S355.



### • Šrouby

• Průměr šroubu **M20**

Průměr díry  $d_0$  22 mm

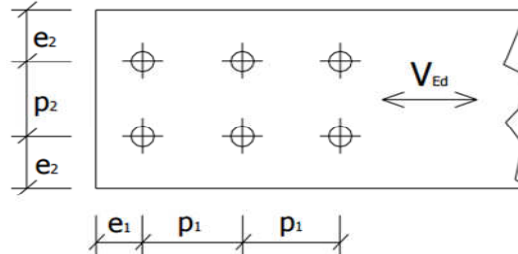
Plocha jádra  $A_s$  245 mm<sup>2</sup>

• Jakost šroubu **8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa

Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

### • Rozteče



	Doporučené	Minimální
$p_1$	70	48
$p_2$	70	53
$e_1$	50	26
$e_2$	50	26

- Posouzení na stříh

$$\text{Výsledná síla na stříh} = \sqrt{16,40^2 + 3,51^2} = 16,8 \text{ kN}$$

$$- F_{v1,Rd} = \frac{\alpha_v \times A \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 245 \times 800}{1,25} = 94,08 \text{ kN}$$

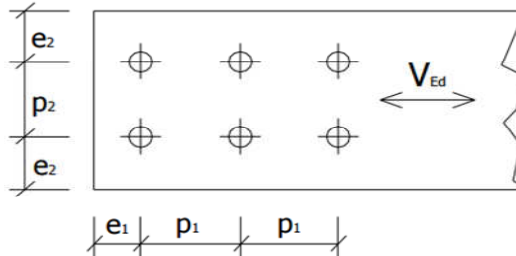
$$- \frac{V_{yz,Ed}}{F_{v1,Rd \times n}} \leq 1,0$$

$$- \frac{16,8}{94,08 \times 8} = 0,02 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

## - Posouzení na otláčení

• Průměr šroubu **M20**Průměr díry  $d_0$  22 mm

## • Rozteče

**Doporučené****Minimální**

$p_1$	70	48
$p_2$	70	53
$e_1$	50	26
$e_2$	50	26

**Zvolené rozteče****parametry - otláčení**

$p_1$	65	$\alpha_b$ - šrouby krajní = <b>0.76</b>
$p_2$	90	$\alpha_b$ - šrouby vnitřní = <b>0.73</b>
$e_1$	50	$k_1$ - šrouby krajní = <b>2.50</b>
$e_2$	40	$k_1$ - šrouby vnitřní = <b>0.85</b>

## • Plech

materiál

**S355**

tloušťka

**20 mm**mez kluzu  $f_y$ 

355 Mpa

mez pevnosti  $f_u$ 

510 Mpa

$$- F_{b,e,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,76 \times 2,5 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 310,08 \text{ kN}$$

$$- F_{b,e,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 244,80 \text{ kN}$$

$$- F_{b,i,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,73 \times 0,85 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 101,27 \text{ kN}$$

$$- F_{b,i,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 244,80 \text{ kN}$$

$$- F_{b,Rd} = \sum F_{b,x,Rd} = 2 \times 244,88 + 2 \times 101,27 = 692,3$$

$$- \frac{V_{z,Ed}}{F_{b,Rd} \times n} \leq 1,0$$

$$- \frac{16,8}{692,3} = 0,02 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení v tahu, protlačení, stříh + tah

• **Průměr šroubu M20**

Průměr díry  $d_0$  22 mm

Průměr  $d_m$  32.30 mm

Plocha jádra  $A_s$  245 mm<sup>2</sup>

• **Jakost šroubu 8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa

Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

• **Plech**

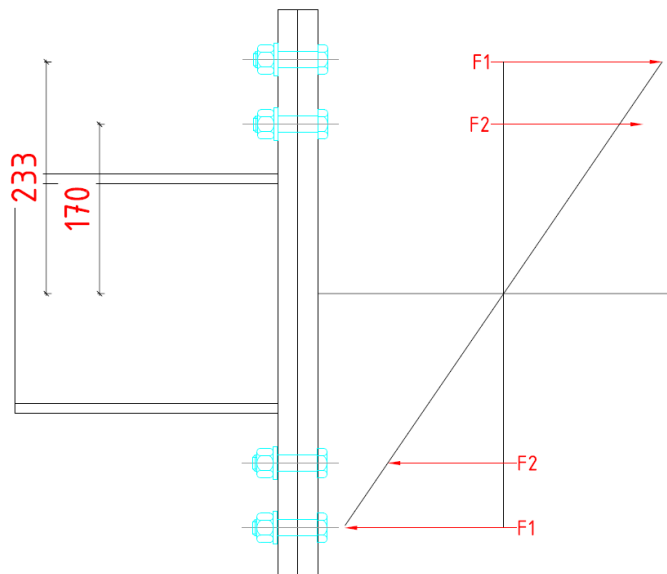
materiál **S355**

tloušťka **20 mm**

mez kluzu  $f_y$  355 Mpa

mez pevnosti  $f_u$  510 Mpa

- Tah vlivem momentu  $M_y$ :



$$- M_{y,Ed} = F_1 \times r_1 + F_2 \times r_2$$

$$- \frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2}$$

$$- F_2 = \frac{M_{y,Ed} \times r_2}{r_1^2 + r_2^2} = \frac{24,67 \times 233}{170^2 + 233^2} = 69,1 \text{ kN}$$

$$- F_1 = \frac{F_2 \times r_1}{r_2} = \frac{69,1 \times 170}{233} = 50,4 \text{ kN}$$

$$- F_{t,Ed,My} = \frac{\max(F_1; F_2; \dots; F_n)}{n_r} = \frac{69,1}{4} = 17,28 \text{ kN}$$

- Tah vlivem N:

- $F_{t,Ed,N} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{37,77}{8} = 4,72 \text{ kN}$
- Posouzení na tah:
- $F_{t,Ed} = 4,72 + 69,1 = 73,82 \text{ kN}$
- $F_{t,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 245}{1,25} = 141,12 \text{ kN}$
- $\frac{73,82}{141,12} = 0,52 \leq 1,0$  – VYHOVÍ

- Posouzení svarů

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

Momentové a tahové namáhání bude přenášeno celým svarovým obrazcem. Napětí od posouvající síly bude přenášeno svarem u stojny (Vz) a svarem u přírub (Vy).

#### • Plech/Profil

materiál	<b>S355</b>
tloušťka	<b>20 mm</b>
mez kluzu $f_y$	355 Mpa
mez pevnosti $f_u$	510 Mpa

- Celý svar – tah

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{\sigma\perp}}{a \times l \times n} = \frac{37,77}{5 \times (120 \times 2 + 42 \times 4 + 2 \times 190)} = 9,59 \text{ MPa}$$

- Svar u stojny

$$F_{\tau\parallel} = 16,4 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau\parallel}}{a \times l \times n} = \frac{16,4}{5 \times 190 \times 2} = 8,63 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{9,59^2 + 3 \times (0^2 + 8,63^2)} = 17,76$$

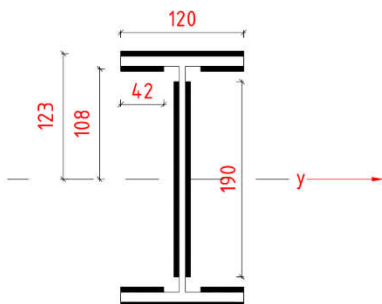
$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

- $17,76 < 453$  – VYHOVÍ

- Svar u přírubě – malá síla  $V_y$  -> zanedbáme

- Celý svar - moment

$$I_{w,y} = 2 \times \left( \frac{1}{12} \times a \times h_s^3 \right) + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times h_p \times a^3 \right) + (h_p \times a \times z_{yd}^2) \right] + 2 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times h_{ph} \times a^3 \right) + (h_{ph} \times a \times z_{yh}^2) \right] = 2 \times \left( \frac{1}{12} \times 5 \times 190^3 \right) + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times 42 \times 5^3 \right) + (42 \times 5 \times \right.$$



$$108^2) \Big] + 2 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times 120 \times 5^3 \right) + (120 \times 5 \times 123^2) \right] = 2,46 \times 10^{-5} m^4$$

$$- \sigma_{M,y} = \frac{M_{Ed,y}}{I_{w,y}} \times z = \frac{24,67 \times 10^3}{2,46 \times 10^{-5}} \times 0,123 = 123,35 \text{ MPa}$$

$$- \tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{123,35}{\sqrt{2}} = 87,22 \text{ MPa}$$

$$- \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{(87,22 + 8,63)^2 + 3 \times ((87,22 + 8,6)^2 + 17,76^2)} = 194,06 \text{ MPa}$$

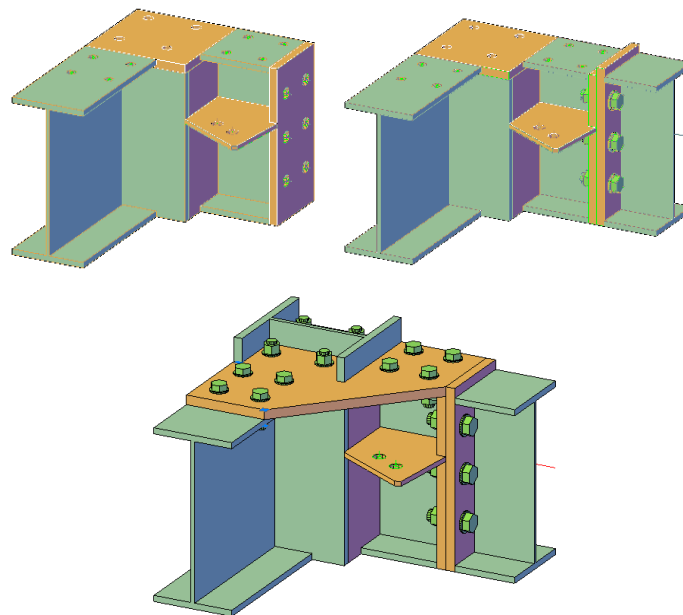
$$- \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

$$- 194,06 < 453,33 - \text{VYHOVÍ}$$

### 6.6.3 D8 – Sloup uložený na ocelové konstrukci III

- Postup zhotovení

Svařenec na dílně + přivaření průběžné a části rohové příčle (dílna) + příčle přes čelní tuhou desku (montáž) + sloup přes patní plech



- Navrhované části přípoje:

- 1 – přípoje příčle – svar (dílnský), (P1-delší, P2 botka rohová)
- 2 – napojení rohové příčle – momentový přípoj, čelní deska
- 3 – připojení sloupu – momentový přípoj, patní plech

*D8 - část 1*

Návrhové vnitřní síly byly zjištěny v místě styčnicku.

příčel	N	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>y</sub>
P1	26.30 kN	2.27 kN	48.37 kN	36.57 kNm
P2	-379.53 kN	5.31 kN	42.18 kN	11.74 kNm

Napojením svařence z plechů S355 na nosníky z profilů IPE 360 pomocí svarů a=7 mm.

Podobné napojení viz detail D6 – vnitřní síly:

příčel	N	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>y</sub>
IPE240	70.98 kN	6.36 kN	30.92 kN	19.89 kNm
IPE360	39.30 kN	11.99 kN	55.63 kN	73.91 kNm

Detail D6 byl vystaven většímu namáhání a svar a=7mm vyhověl, lze tedy předpokládat, že v případě detailu D8 svar vyhoví (menší vnitřní síly než u D6).

*D8 - část 2*

Návrhové vnitřní síly byly zjištěny v místě styčnicku.

příčel	N	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>y</sub>
IPE360	-379.53 kN	5.31 kN	42.18 kN	11.74 kNm

Kolmá příčel bude napojená na svařenec tuhou čelní deskou, navrhuji 6xM24 8.8, plech P20 S355.

Podobné napojení viz detail D6 – vnitřní síly:

příčel	N	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>y</sub>
IPE360	70.98 kN	24.68 kN	93.82 kN	143.34 kNm

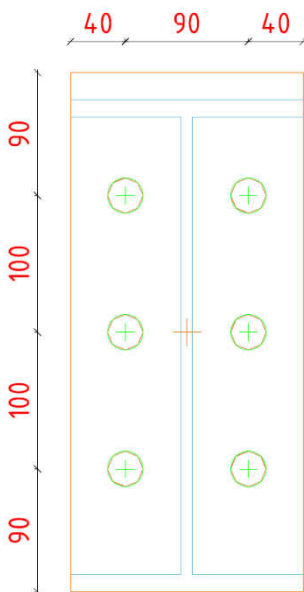
Detail D6 byl vystaven většímu namáhání a uspořádání 6xM24 (8.8) vyhovělo, lze tedy předpokládat, že v případě detailu D8 stejné uspořádání vyhoví (menší vnitřní síly než u D6).

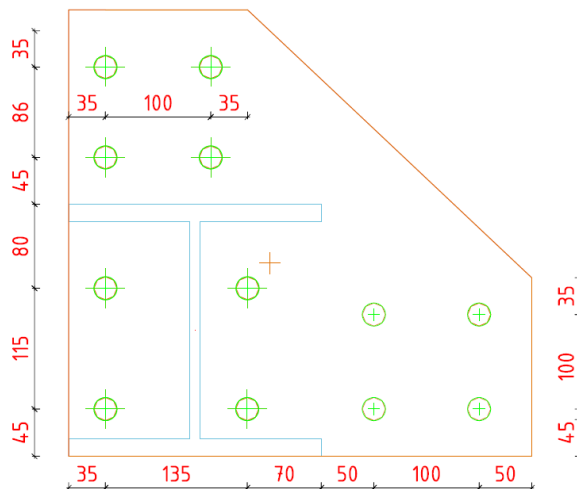
*D8 - část 3*

Návrhové vnitřní síly byly zjištěny v místě styčnicku.

sloup	N	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
HEB240	-223.92 kN	14.55 kN	4.65 kN	11.73 kNm	36.61 kNm

Sloup bude napojen na svařenec tuhou „patní“ deskou, navrhuji 12xM20 8.8, plech P20 S355.





Z důvodů relativně malých vnitřních sil bude posudek na posouvající síly zanedbán.

#### • Šrouby

##### • Průměr šroubu **M20**

Průměr díry  $d_0$  22 mm

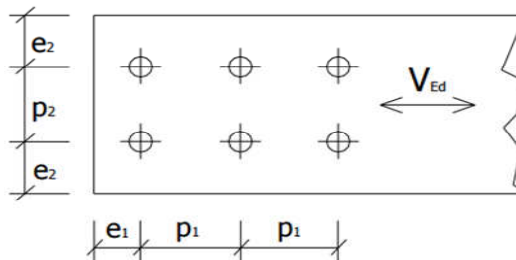
Plocha jádra  $A_s$  245 mm<sup>2</sup>

##### • Jakost šroubu **8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa

Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

#### • Rozteče



	Doporučené	Minimální
$p_1$	70	48
$p_2$	70	53
$e_1$	50	26
$e_2$	50	26

- Posouzení na stříh

Z důvodů relativně malých vnitřních sil bude posudek na posouvající síly zanedbán.

- Posouzení v tahu, protlačení, stříh + tah

• **Průměr šroubu** **M20**

Průměr díry  $d_0$  22 mm

Průměr  $d_m$  32.30 mm

Plocha jádra  $A_s$  245 mm<sup>2</sup>

• **Jakost šroubu** **8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa

Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

• **Plech**

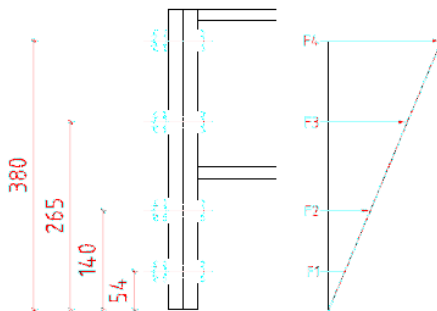
materiál **S355**

tloušťka **20 mm**

mez kluzu  $f_y$  355 Mpa

mez pevnosti  $f_u$  510 Mpa

- Tah vlivem momentu  $M_y$ :



$$- M_{y,Ed} = F_1 \times r_1 + F_2 \times r_2 + F_3 \times r_3 + F_4 \times r_4$$

$$- \frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} = \frac{F_3}{r_3} = \frac{F_4}{r_4}$$

$$- F_4 = \frac{M_{y,Ed} \times r_4}{r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + r_4^2} = \frac{11,73 \times 380}{54^2 + 140^2 + 265^2 + 380^2} = 18,79 \text{ kN}$$

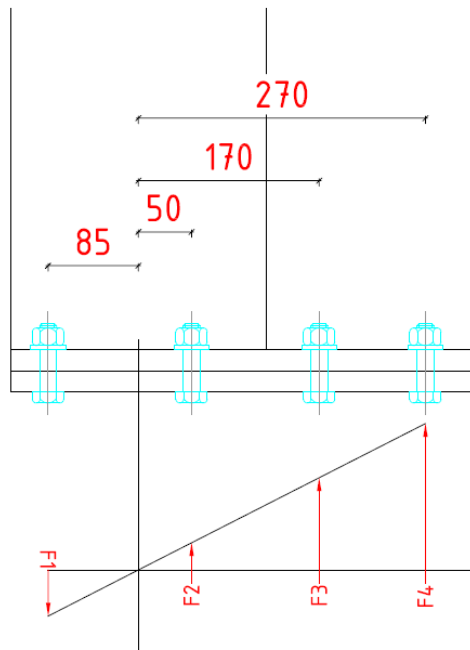
$$- F_3 = \frac{F_4 \times r_3}{r_4} = \frac{18,79 \times 265}{380} = 13,01 \text{ kN}$$

$$- F_2 = \frac{F_4 \times r_2}{r_4} = \frac{18,79 \times 140}{380} = 6,92 \text{ kN}$$

$$- F_1 = \frac{F_4 \times r_1}{r_4} = \frac{18,79 \times 54}{380} = 2,67 \text{ kN}$$

$$- F_{t,Ed,My} = \frac{\max(F_1; F_2; \dots; F_n)}{n_r} = \frac{18,79}{4} = 4,70 \text{ kN}$$

- Tah vlivem momentu  $M_z$ :



$$- M_{z,Ed} = F_1 \times r_1 - F_2 \times r_2 - F_3 \times r_3 - F_4 \times r_4$$

$$- \frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} = \frac{F_3}{r_3} = \frac{F_4}{r_4}$$

$$- F_4 = \frac{M_{z,Ed} \times r_4}{r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + r_4^2} = \frac{36,61 \times 270}{-85^2 + 50^2 + 170^2 + 270^2} = 101,83 \text{ kN}$$

$$- F_3 = \frac{F_4 \times r_3}{r_4} = \frac{101,83 \times 170}{270} = 64,12 \text{ kN}$$

$$- F_2 = \frac{F_4 \times r_2}{r_4} = \frac{101,83 \times 50}{270} = 18,86 \text{ kN}$$

$$- F_1 = \frac{F_4 \times r_1}{r_4} = \frac{101,83 \times -85}{270} = -32,06 \text{ kN}$$

$$- F_{t,Ed,My} = \frac{\max(F_1; F_2; \dots; F_n)}{n_r} = \frac{101,83}{2} = 50,92 \text{ kN}$$

- Posouzení na tah:

$$- F_{t,Ed} = 4,70 + 50,92 = 55,62 \text{ kN}$$

$$- F_{t,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 245}{1,25} = 141,12 \text{ kN}$$

$$- \frac{55,62}{141,12} = 0,39 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

## - Posouzení svarů

$$a = 7 \text{ mm}$$

Momentové a tahové namáhání bude přenášeno celým svarovým obrazcem. Napětí od posouvající síly bude přenášeno svarem u stojny (Vz) a svarem u přírub (Vy).

## • Plech/Profil

materiál	<b>S355</b>
tloušťka	<b>20 mm</b>
mez kluzu $f_y$	355 Mpa
mez pevnosti $f_u$	510 Mpa

- Celý svar - moment  $M_y$ 

$$I_{w,y} = 2 \times \left( \frac{1}{12} \times a \times h_s^3 \right) + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times h_p \times a^3 \right) + (h_p \times a \times z_{yd}^2) \right] + 1 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times h_{ph} \times a^3 \right) + (h_{ph} \times a \times z_{yh}^2) \right] =$$

$$2 \times \left( \frac{1}{12} \times 7 \times 164^3 \right) + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times 94 \times 7^3 \right) + (94 \times 7 \times 98^2) \right] + 1 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times 240 \times 7^3 \right) + (240 \times 7 \times 125^2) \right] = 5,7 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$\sigma_{M,y} = \frac{M_{Ed,y}}{I_{w,y}} \times z = \frac{11,73 \times 10^3}{5,7 \times 10^{-5}} \times 0,125 = 25,72 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{25,72}{\sqrt{2}} = 18,19 \text{ MPa}$$

- Celý svar - moment  $M_z$ 

$$I_{w,z} = 2 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times h_s \times a^3 \right) + (h_s \times a \times z_{sd}^2) \right] + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times a \times h_p^3 \right) + (h_p \times a \times z_{zd}^2) \right] + \left( \frac{1}{12} \times a \times h_{ph}^3 \right) = 2 \times$$

$$\left[ \left( \frac{1}{12} \times 164 \times 7^3 \right) + (7 \times 164 \times 10^2) \right] + 4 \times \left[ \left( \frac{1}{12} \times 7 \times 94^3 \right) + (94 \times 7 \times 73^2) \right] + 1 \times \left( \frac{1}{12} \times 7 \times 240^3 \right) = 3,39 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$\sigma_{M,z} = \frac{M_{Ed,z}}{I_{w,z}} \times y = \frac{36,61 \times 10^3}{3,39 \times 10^{-5}} \times 0,120 = 129,60 \text{ MPa}$$

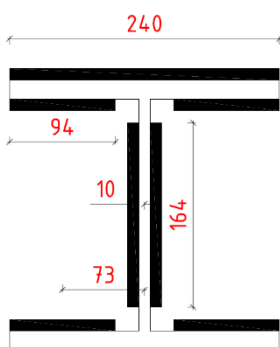
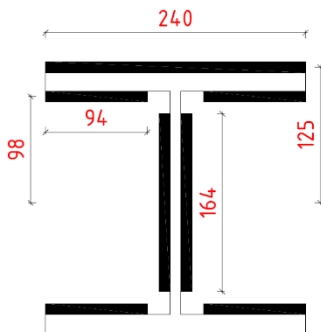
$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{129,60}{\sqrt{2}} = 91,64 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} =$$

$$\sqrt{(18,19 + 91,64)^2 + 3 \times ((18,19 + 91,64)^2 + 0^2)} = 219,66 \text{ MPa}$$

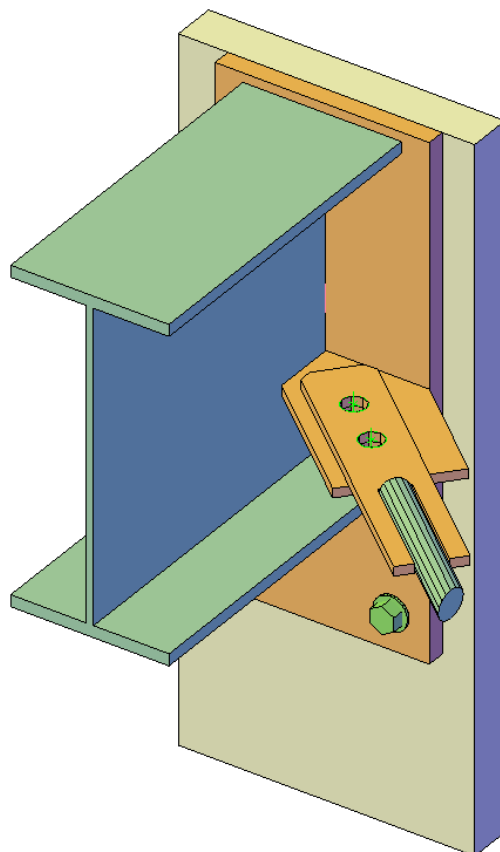
$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

$$219,66 < 453,33 - \text{VYHOVÍ}$$



## 6.7 – přípoj D14 – podlahové a střešní ztužidla

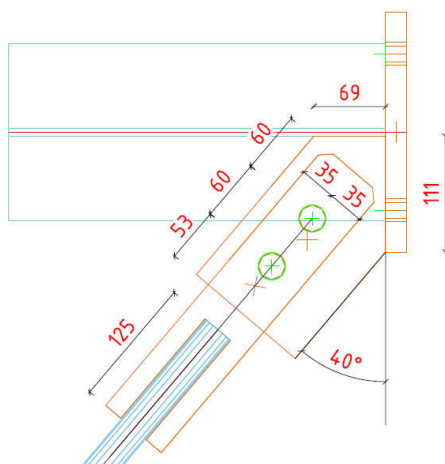
- axonometrie



Návrhové vnitřní síly byly zjištěny místě styčnicku.

napínák	N	Vz	My
KR30	150.22 kN	0.00 kN	0.00 kNm

Spoj je namáhán tahem – kategorie A.

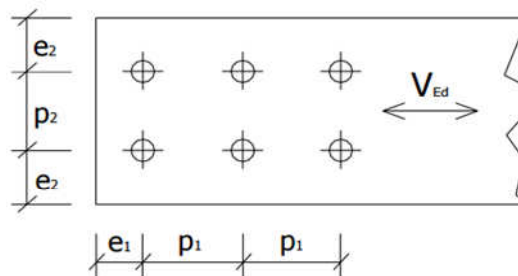


## - Vlastnosti spojovacího prostředku (2xM24)

## • Šrouby

• Průměr šroubu **M24**Průměr díry  $d_0$  26 mmPlocha jádra  $A_s$  353 mm<sup>2</sup>• Jakost šroubu **8.8**Mez kluzu  $f_y$  640 MPaMez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

## • Rozteče



	Doporučené	Minimální
$p_1$	80	57
$p_2$	80	62
$e_1$	60	31
$e_2$	60	31

## - Posouzení na stříh

$$F_{v1,Rd} = \frac{\alpha_v \times A \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 353 \times 800}{1,25} = 135,52 \text{ kN}$$

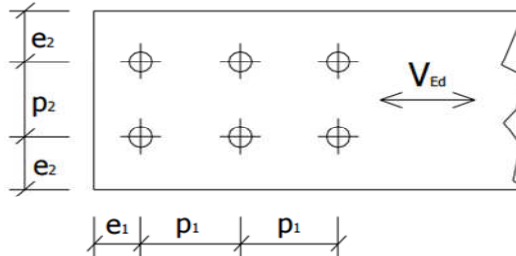
$$\frac{V_{yz,Ed}}{F_{v1,Rd \times n}} \leq 1,0$$

$$\frac{150,22}{135,52 \times 2} = 0,55 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

## - Posouzení na otláčení

• Průměr šroubu **M24**Průměr díry  $d_0$  26 mm

## • Rozteče

**Doporučené****Minimální**

$p_1$	80	57
$p_2$	80	62
$e_1$	60	31
$e_2$	60	31

**Zvolené rozteče****parametry - otláčení**

$p_1$	60	$\alpha_b$ - šrouby krajní = <b>0.64</b>
$p_2$	0	$\alpha_b$ - šrouby vnitřní = <b>0.52</b>
$e_1$	50	$k_1$ - šrouby krajní = <b>2.07</b>
$e_2$	35	$k_1$ - šrouby vnitřní = <b>0.18</b>

## • Plech

materiál

**S235**

tloušťka

**10 mm**mez kluzu  $f_y$ 

235 Mpa

mez pevnosti  $f_u$ 

360 Mpa

$$- F_{b,e,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,64 \times 2,07 \times 24 \times 10 \times 360}{1,25} = 91,57 \text{ kN}$$

$$- F_{b,e,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 24 \times 10 \times 360}{1,25} = 103,68 \text{ kN}$$

$$- F_{b,Rd} = \sum F_{b,x,Rd} = 2 \times 91,57 = 183,14$$

$$- \frac{V_{z,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

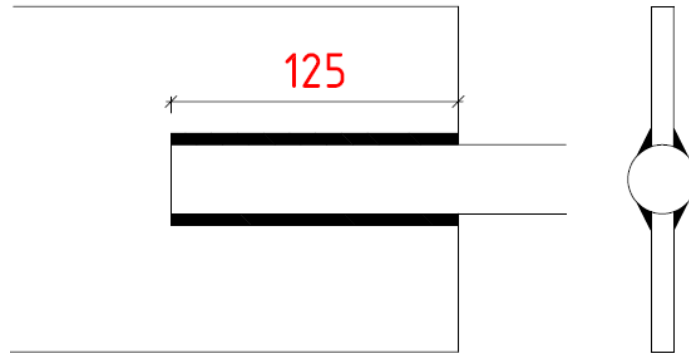
$$- \frac{150,22}{183,14} = 0,82 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení svarů

- plech k napínáku

a = 5mm

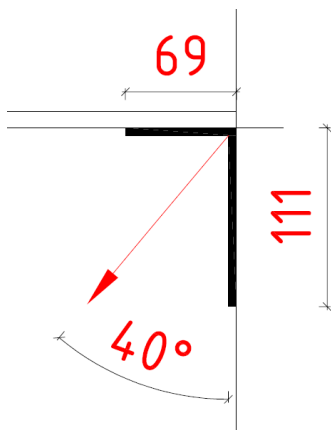
Zjednodušená metoda – návrhová únosnost svaru je dostatečná, jestliže výslednice všech sil přenášených svarem splňuje následující podmínku:



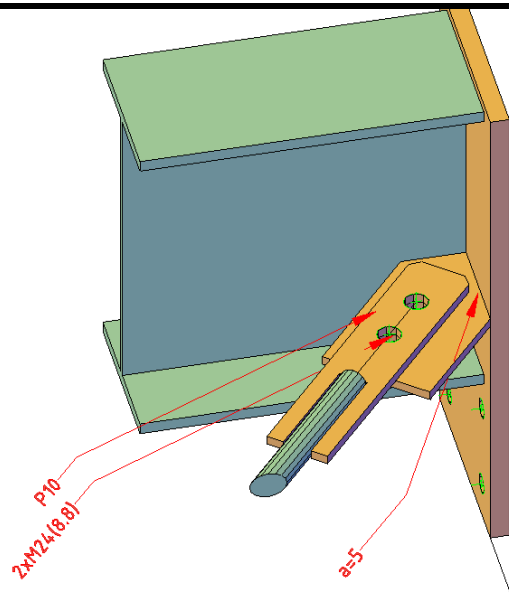
- $F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$
- $F_{w,Rd} = f_{vw,d} \times \alpha = \frac{a \times l \times f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{5 \times (4 \times 125) \times 360}{\sqrt{3} \times 0,8 \times 1,25} = 519,62 \text{ kN}$
- $F_{w,Ed} = 150,02 \text{ kN}$
- $150,02 \leq 519,62$  – VYHOVÍ
- plech ke stojně

$a = 5 \text{ mm}$

Zjednodušená metoda – návrhová únosnost svaru je dostatečná, jestliže výslednice všech sil přenášených svarem splňuje následující podmínku (svar  $l = 69$  přenáší složku  $N_{Ed,x}$ ; svar  $l = 111$  složku  $N_{Ed,y}$ ):

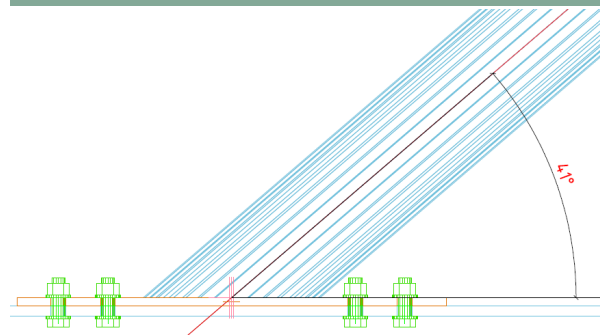
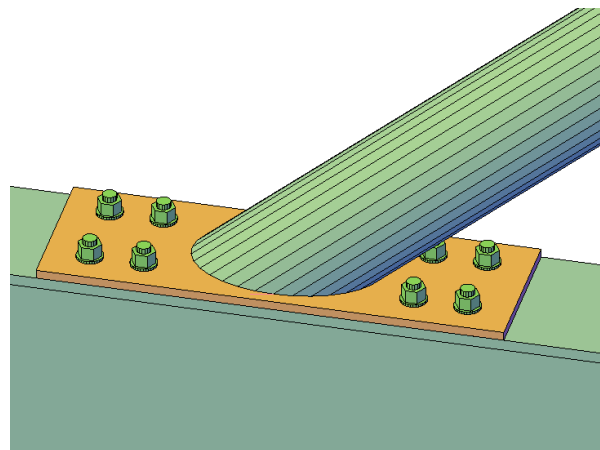


- Rozklad tahové síly:
- $N_{Ed,y} = N_{Ed} \times \sin \alpha = 150,02 \times \sin 40^\circ = 96,43$
- $N_{Ed,x} = N_{Ed} \times \cos \alpha = 150,02 \times \cos 40^\circ = 114,91$
- $F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$
- $F_{w,Rd,x} = f_{vw,d} \times \alpha = \frac{a \times l \times f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{5 \times 69 \times 2 \times 360}{\sqrt{3} \times 0,8 \times 1,25} = 143,31 \text{ kN}$
- $96,43 \leq 143,31$  – VYHOVÍ
- $F_{w,Rd,y} = f_{vw,d} \times \alpha = \frac{a \times l \times f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{5 \times 111 \times 2 \times 360}{\sqrt{3} \times 0,8 \times 1,25} = 230,71 \text{ kN}$
- $114,91 \leq 230,31$  – VYHOVÍ
- Navržený přípoj:



### 6.8 – přípoj D15 – ztužidlo v rovině stěny

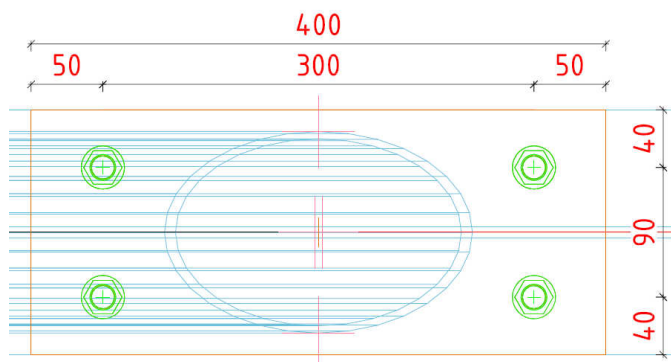
- axonometrie



Návrhové vnitřní síly z rozkladu tahové síly  $N = 223,20$

ZT	N	Vz	My
TR140/5	146.43 kN	168.56 kN	0.00 kNm

Spoj je namáhán tahem a smykovou silou – kategorie A, D.



- Vlastnosti spojovacího prostředku (4xM20)

• Šrouby

• Průměr šroubu **M20**

Průměr díry  $d_0$  22 mm

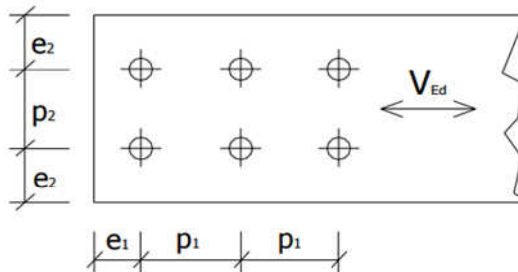
Plocha jádra  $A_s$  245 mm<sup>2</sup>

• Jakost šroubu **8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa

Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

• Rozteče



**Doporučené**                      **Minimální**

$p_1$                       70                      48

$p_2$                       70                      53

$e_1$                       50                      26

$e_2$                       50                      26

- Posouzení na stříh

$$F_{v1,Rd} = \frac{\alpha_v \times A \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,5 \times 245 \times 800}{1,25} = 78,40 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{F_{v1,Rd} \times n} \leq 1,0$$

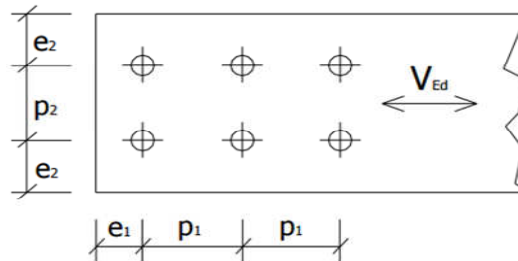
$$\frac{168,56}{78,40 \times 4} = 0,54 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení na otláčení

• **Průměr šroubu** **M20**

Průměr díry  $d_0$  22 mm

• **Rozteče**



**Doporučené**                      **Minimální**

$p_1$	70	48
$p_2$	70	53
$e_1$	50	26
$e_2$	50	26

**Zvolené rozteče**                      **parametry - otláčení**

$p_1$	300	$\alpha_b$ - šrouby krajní = <b>0.76</b>
$p_2$	90	$\alpha_b$ - šrouby vnitřní = <b>4.30</b>
$e_1$	50	$k_1$ - šrouby krajní = <b>2.50</b>
$e_2$	40	$k_1$ - šrouby vnitřní = <b>0.85</b>

• **Plech**

materiál **S355**

tloušťka **15 mm**

mez kluzu  $f_y$  355 Mpa

mez pevnosti  $f_u$  510 Mpa

$$- F_{b,e,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \times 0,76 \times 20 \times 15 \times 510}{1,25} = 232,56 \text{ kN}$$

$$- F_{b,e,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 20 \times 15 \times 510}{1,25} = 183,6 \text{ kN}$$

$$- F_{b,Rd} = 183,60$$

$$- \frac{V_{z,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{150,22}{168,56} = 0,81 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení v tahu, protlačení, stříh + tah

• **Průměr šroubu** **M20**

Průměr díry $d_0$	22 mm
Průměr $d_m$	32.30 mm
Plocha jádra $A_s$	245 mm <sup>2</sup>

• **Jakost šroubu** **8.8**

Mez kluzu $f_y$	640 MPa
Mez pevnosti $f_{ub}$	800 MPa

• **Plech**

materiál	<b>S355</b>
tloušťka	<b>15 mm</b>
mez kluzu $f_y$	355 Mpa
mez pevnosti $f_u$	510 Mpa

$$- F_{t,1,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 245}{1,25} = 141,12 \text{ kN}$$

$$- \frac{N_{Ed}}{n \times F_{t,1,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{146,63}{4 \times 141,12} = 0,26 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

$$- B_{p,1,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 32,30 \times 15 \times 510}{1,25} = 372,61 \text{ kN}$$

$$- \frac{N_{Ed}}{n \times B_{p,1,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{146,63}{4 \times 372,61} = 0,010 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

$$- \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{168,56}{78,40 \times 4} + \frac{146,63}{1,4 \times 4 \times 141,12} = 0,72 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení svarů

Plech k obrysu CHS140/5.0

Zjednodušená metoda – návrhová únosnost svaru je dostatečná, jestliže výslednice všech sil přenášených svarem splňuje následující podmínku:

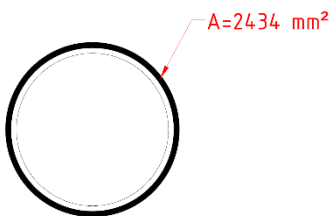
$$a = 5 \text{ mm}$$

$$- F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$- F_{w,Rd} = f_{vw,d} \times \alpha = \frac{A \times f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{2423 \times 510}{\sqrt{3} \times 0,9 \times 1,25} = 528,48 \text{ kN}$$

$$- F_{w,Ed} = 488,77 \text{ kN}$$

$$- 223,20 \leq 528,48 - \text{VYHOVÍ}$$



## 7. Posouzení kotvení

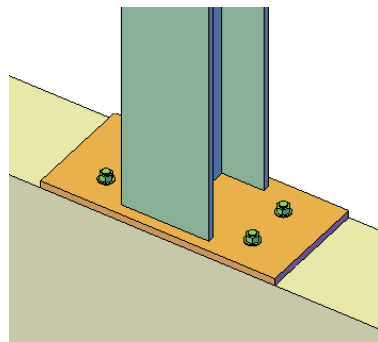
Kotvení bylo provedeno do betonových základů a stěny ztužujícího betonového jádra. Veškeré kotvení bylo navrženo jako kloubové, nosné kotvení. Použity byly mechanické kotvy i lepené kotvy HILTI. Vnitřní síly pro posudek kotvení byly uvažovány z jednotlivých maximálních hodnot čímž navrhne kotvení na stranu bezpečnou a předejdeme zanedbáním kritické kombinace.

### 7.1 – Kotvení do základů

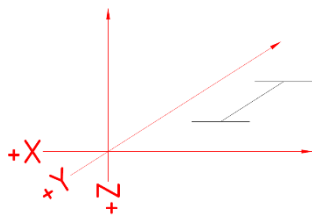
#### 7.1.1 – Kotvení K1 (Sn1 a Sn5)

Chemické kotvy HILTI HIT-HY-A+4xHIT-V-F(8.8) M20. Návrh kotvy v programu HILTI Profis Anchor. Viz příloha F – část 4.

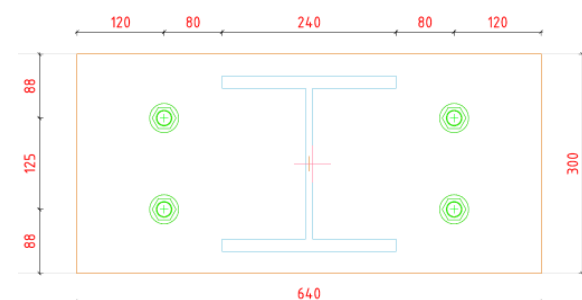
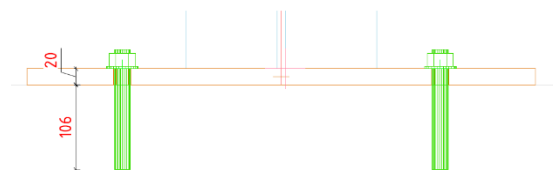
- axonometrie



sloup	N (min/tlak)	N (max/tah)	Rx	Ry
HEB240	-983.72 kN	-24.24 kN	8.14 kN	35.83 kN



Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]
Sn1/N65	MSU-EC/19	-8,14	-15,59	947,72
Sn1/N65	MSU-EC/6	-1,10	23,38	260,09
Sn1/N65	MSU-EC/23	-6,80	-35,83	669,11
Sn1/N65	MSU-EC/1	-2,22	-27,27	89,16
Sn1/N65	MSU-EC/24	-7,32	2,90	983,72
Sn5/N71	MSU-EC/34	-0,08	-3,86	303,36
Sn5/N71	MSU-EC/6	0,03	-2,36	24,24
Sn5/N71	MSU-EC/23	-0,07	-7,58	232,45
Sn5/N71	MSU-EC/35	-0,03	0,28	115,54



## - posouzení betonového základu (tlak)

**Posouzení betonové patky**• **Patka**

Beton	<b>C30/37</b>
pevnost v tlaku $f_{ck}$	30.0 MPa
pevnost v tahu $f_{ctm}$	2.9 MPa
celkový rozměr patky $a_1$	<b>1000 mm</b>
celkový rozměr patky $b_1$	<b>300 mm</b>
rozměr $a$	640 mm
rozměr $b$	300 mm
výška patky $h$	<b>300 mm</b>

• **Plech**

materiál	<b>S355</b>
tloušťka $t$	20 mm
rozměr $a$	640 mm
rozměr $b$	300 mm
odsazení plechu $a_r$	0 mm
odsazení plechu $b_r$	<b>0 mm</b>
mez kluzu	355 MPa

• **Sloup**

Profil	<b>HE 240 B</b>
tloušťka stojny $t_w$	10 mm
tloušťka příruby $t_f$	17 mm
výška profilu sloupu $h_c$	240 mm
šířka profilu sloupu $b_c$	240 mm

• **Efektivní plocha**

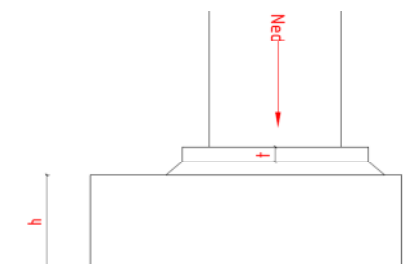
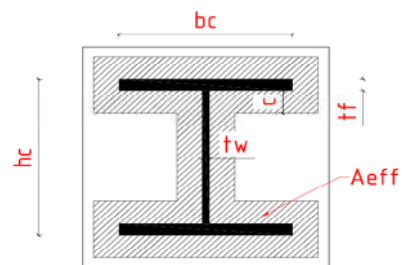
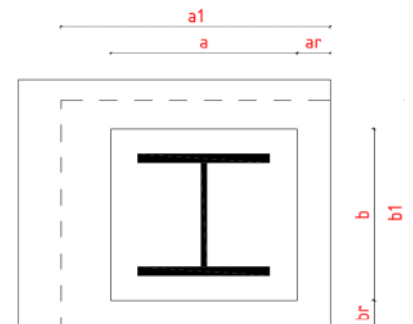
podlití $f_{md} > 0.2f_{cd}$	<b>Ano</b>
součinitel koncentrace $k_j$	1.00
efektivní pevnost $f_j$	13.4 MPa
rozměr $c$	59 mm
Efektivní plocha $A_{eff}$	108744.89 mm <sup>2</sup>

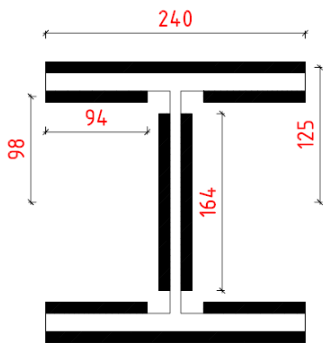
• **Návrhová únosnost patky**

$$N_{Rd} = \underline{\underline{1457.18 \text{ kN}}}$$

$$- \frac{R_Z}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{983,72}{1481,36} = 0,89 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$





### - Posouzení svarů

Patní plech k obrysu HEB 240

$a = 5\text{ mm}$

Zjednodušená metoda – návrhová únosnost svaru je dostatečná, jestliže výslednice všech sil přenášených svarem splňuje následující podmínku:

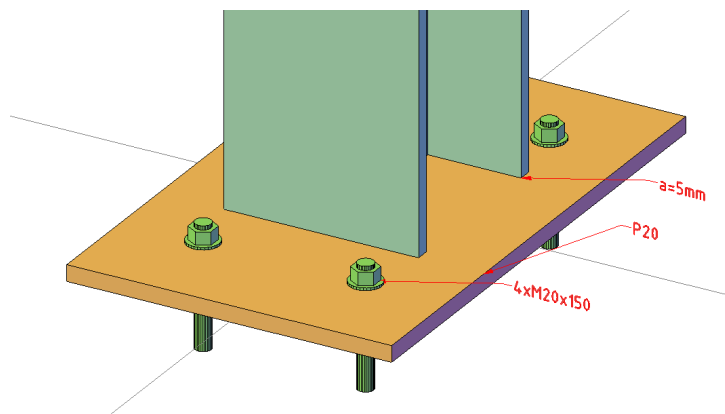
$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \times \alpha = \frac{a \times l \times f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{5 \times (4 \times 94 + 2 \times 240 + 2 \times 164) \times 510}{\sqrt{3} \times 0,9 \times 1,25} = 1549,45 \text{ kN}$$

$$F_{w,Ed} = R_{xy} = 24,11 \text{ kN}$$

$$36,74 \leq 1549,45 - \text{VYHOVÍ}$$

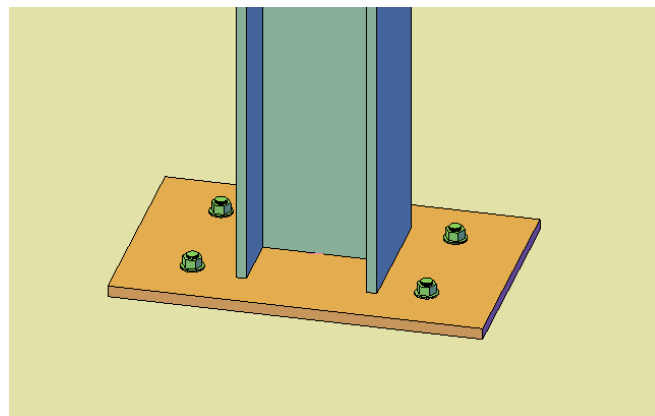
- Navržené kotvení:

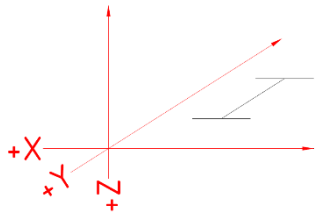


### 7.1.2 – Kotvení K2 (Sn2 a Sn6)

Chemické kotvy HILTI HIT-HY-A+4xHIT-V-F(8.8) M20. Návrh kotvy v programu HILTI Profis Anchor. Viz příloha F – část 4.

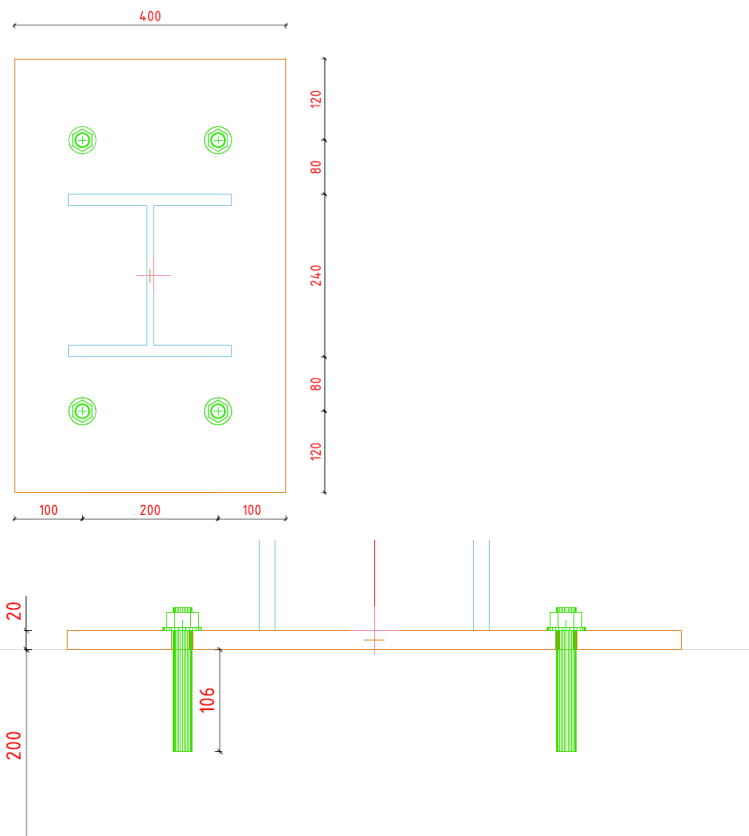
- axonometrie





sloup	N (min/tlak)	N (max/tah)	Rx	Ry
HEB240	-873.85 kN	-43.35 kN	6.58 kN	-29.75 kN

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]
Sn2/N66	MSU-EC/19	<b>-6,58</b>	1,90	847,22
Sn2/N66	MSU-EC/13	<b>-1,31</b>	-2,07	177,30
Sn2/N66	MSU-EC/25	-2,52	<b>-23,19</b>	410,22
Sn2/N66	MSU-EC/26	-4,49	<b>29,75</b>	498,99
Sn2/N66	MSU-EC/27	-1,56	16,09	<b>123,07</b>
Sn2/N66	MSU-EC/20	-6,37	-10,32	<b>873,85</b>
Sn6/N72	MSU-EC/20	<b>-0,18</b>	-2,39	287,62
Sn6/N72	MSU-EC/38	<b>-0,03</b>	1,10	<b>43,35</b>
Sn6/N72	MSU-EC/39	-0,10	<b>-4,09</b>	155,78
Sn6/N72	MSU-EC/40	-0,10	<b>1,32</b>	144,04
Sn6/N72	MSU-EC/24	-0,18	-1,13	<b>292,16</b>





## - posouzení betonového základu (tlak)

**Posouzení betonové patky**• **Patka**

Beton	<b>C30/37</b>
pevnost v tlaku $f_{ck}$	30.0 MPa
pevnost v tahu $f_{ctm}$	2.9 MPa
celkový rozměr patky $a_1$	<b>400 mm</b>
celkový rozměr patky $b_1$	<b>1000 mm</b>
rozměr $a_1$	400 mm
rozměr $b_1$	640 mm
výška patky $h$	<b>300 mm</b>

• **Plech**

materiál	<b>S355</b>
tloušťka $t$	20 mm
rozměr $a$	400 mm
rozměr $b$	640 mm
odsazení plechu $a_r$	0 mm
odsazení plechu $b_r$	<b>0 mm</b>
mez kluzu	355 MPa

• **Sloup**

Profil	<b>HE 240 B</b>
tloušťka stojny $t_w$	10 mm
tloušťka příruby $t_f$	17 mm
výška profilu sloupu $h_c$	240 mm
šířka profilu sloupu $b_c$	240 mm

• **Efektivní plocha**

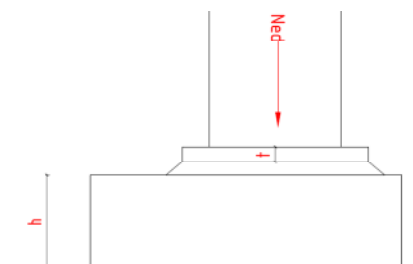
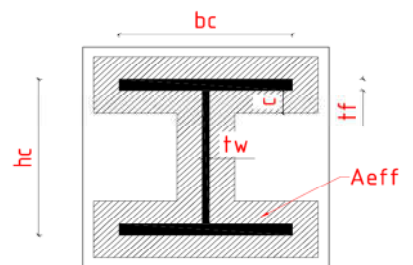
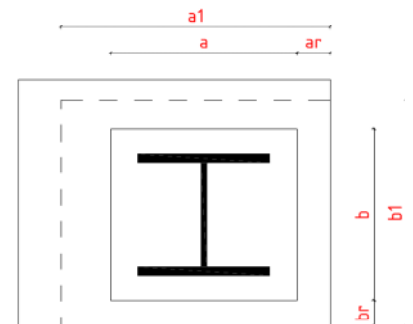
podlití $f_{md} > 0.2f_{cd}$	<b>Ano</b>
součinitel koncentrace $k_j$	1.00
efektivní pevnost $f_j$	13.4 MPa
rozměr $c$	59 mm
Efektivní plocha $A_{eff}$	108744.89 mm <sup>2</sup>

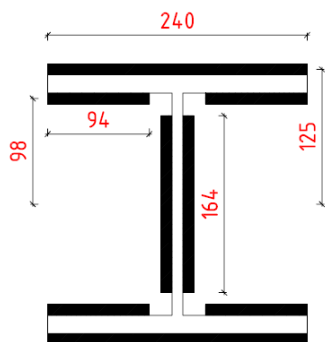
• **Návrhová únosnost patky**

$$N_{Rd} = \underline{\underline{1457.18 \text{ kN}}}$$

$$- \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{873,85}{1457,18} = 0,67 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$





### - Posouzení svarů

Patní plech k obrysu HEB 240

$a = 5\text{mm}$

Zjednodušená metoda – návrhová únosnost svaru je dostatečná, jestliže výslednice všech sil přenášených svarem splňuje následující podmínku:

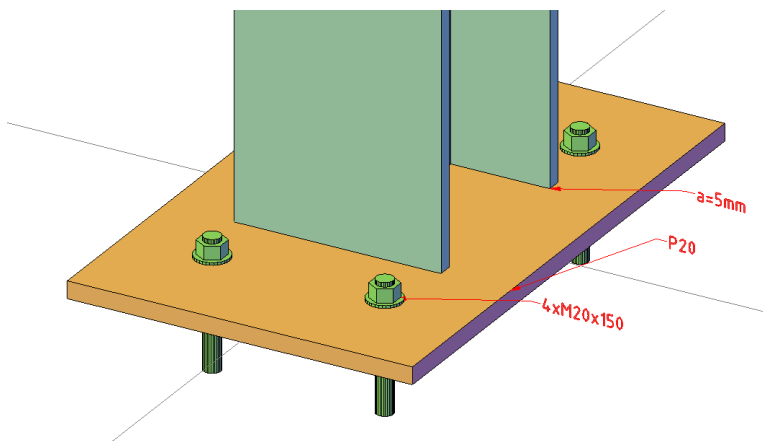
$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \times \alpha = \frac{a \times l \times f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{5 \times (4 \times 94 + 2 \times 240 + 2 \times 164) \times 510}{\sqrt{3} \times 0,9 \times 1,25} = 1549,45 \text{ kN}$$

$$F_{w,Ed} = R_{xy} = 24,11 \text{ kN}$$

$$24,11 \leq 1549,45 - \text{VYHOVÍ}$$

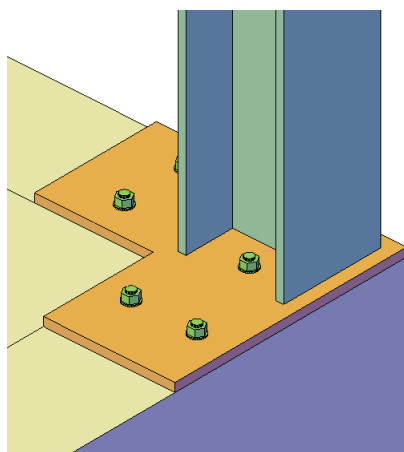
- Navržené kotvení:

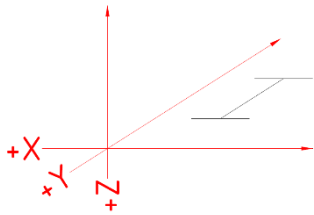


### 7.1.3 – Kotvení K3 (Sn3 a Sn7)

Předem zabetonované kotvy s kotevní hlavou.

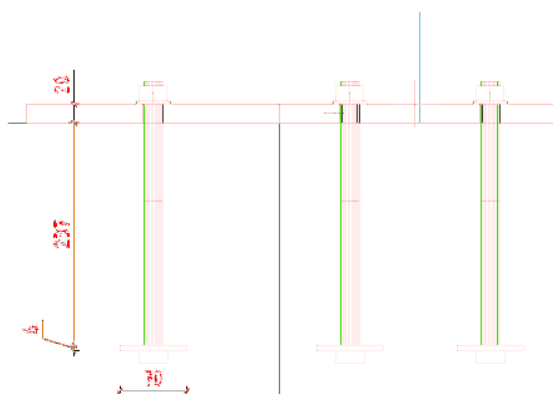
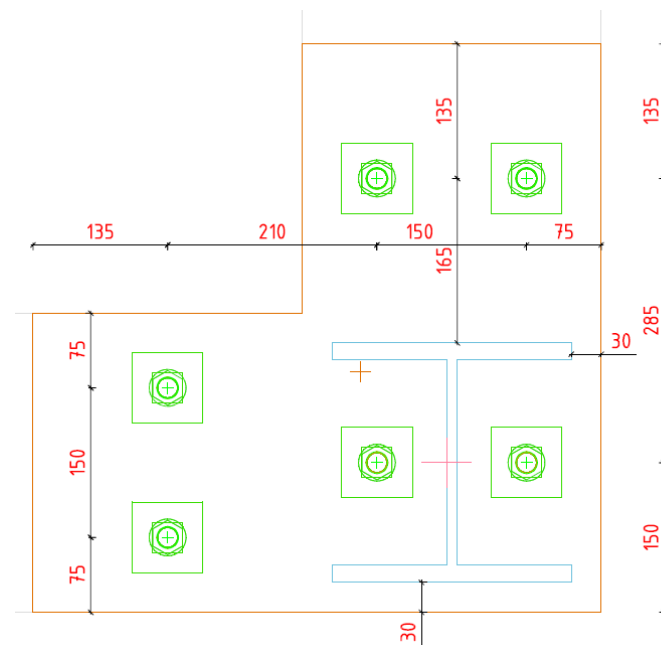
- axonometrie





sloup	N (min/tlak)	N (max/tah)	Rx	Ry
HEB240	-576.70 kN	80.91 kN	-3.00 kN	38.66 kN

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]
Sn3/N67	MSU-EC/14	0,46	-35,51	5,71
Sn3/N67	MSU-EC/28	3,00	12,15	520,35
Sn3/N67	MSU-EC/10	1,72	-38,66	270,47
Sn3/N67	MSU-EC/6	0,71	29,03	232,98
Sn3/N67	MSU-EC/1	0,46	-33,98	-80,91
Sn3/N67	MSU-EC/24	1,92	10,88	576,70
Sn7/N73	MSU-EC/14	-0,04	-2,85	83,05
Sn7/N73	MSU-EC/36	0,04	1,79	238,98
Sn7/N73	MSU-EC/37	0,03	-4,99	281,68
Sn7/N73	MSU-EC/35	0,04	3,14	115,72
Sn7/N73	MSU-EC/1	-0,04	-2,44	34,56
Sn7/N73	MSU-EC/34	0,03	-0,52	326,66



## - posouzení betonového základu (tlak)

**Posouzení betonové patky**• **Patka**Beton **C30/37**pevnost v tlaku  $f_{ck}$  30.0 MPapevnost v tahu  $f_{ctm}$  2.9 MPacelkový rozměr patky  $a_1$  **570 mm**celkový rozměr patky  $b_1$  **300 mm**rozměr  $a$  570 mmrozměr  $b$  300 mmvýška patky  $h$  **300 mm**• **Plech**materiál **S355**tloušťka  $t$  20 mmrozměr  $a$  570 mmrozměr  $b$  300 mmodsazení plechu  $a_r$  0 mmodsazení plechu  $b_r$  **0 mm**

mez kluzu 355 MPa

• **Sloup**Profil **HE 240 B**tloušťka stojny  $t_w$  10 mmtloušťka příruby  $t_f$  17 mmvýška profilu sloupu  $h_c$  240 mmšířka profilu sloupu  $b_c$  240 mm• **Efektivní plocha**podlití  $f_{md} > 0.2f_{cd}$  **Ano**součinitel koncentrace  $k_j$  1.00efektivní pevnost  $f_j$  13.4 MParozměr  $c$  59 mmEfektivní plocha  $A_{eff}$  108744.89 mm<sup>2</sup>• **Návrhová únosnost patky**

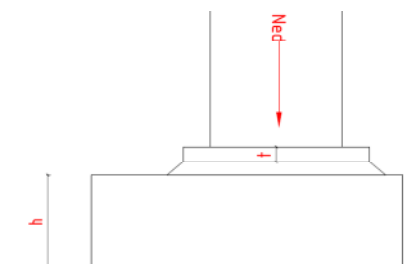
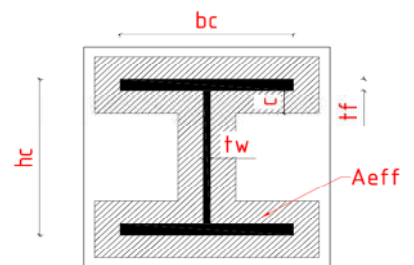
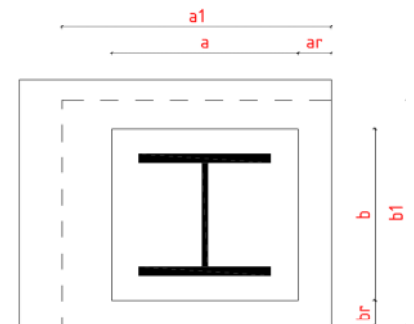
$$N_{Rd} = \underline{\underline{1457.18 \text{ kN}}}$$

$$- \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{576,70}{1457,18} = 0,65 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- posouzení kotev na střih

$$- \text{Výsledná síla na střih} = \sqrt{3,00^2 + 38,66^2} = 38,77 \text{ kN}$$

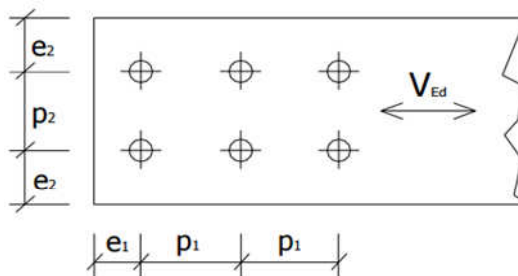


## - Vlastnosti kotev (6xM20)

## • Šrouby

• Průměr šroubu **M20**Průměr díry  $d_0$  22 mmPlocha jádra  $A_s$  245 mm<sup>2</sup>• Jakost šroubu **8.8**Mez kluzu  $f_y$  640 MPaMez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

## • Rozteče



	Doporučené	Minimální
$p_1$	70	48
$p_2$	70	53
$e_1$	50	26
$e_2$	50	26

## - Posouzení na stříh

Vzhledem k malé působící síle bude příspěvek k únosnosti vlivem tření, popřípadě kotevní zarážky zanedbán.

$$- F_{v,1,Rd} = \frac{\alpha_v \times A \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 245 \times 800}{1,25} = 94,08 \text{ kN}$$

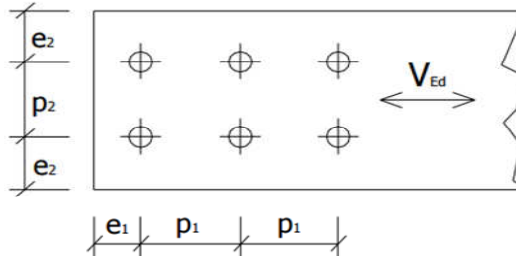
$$- \frac{R_{xy}}{n \times F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{38,77}{6 \times 94,08} = 0,04 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

## - Posouzení na otláčení

• Průměr šroubu **M20**Průměr díry  $d_0$  22 mm

## • Rozteče

**Doporučené****Minimální**

$p_1$	70	48
$p_2$	70	53
$e_1$	50	26
$e_2$	50	26

**Zvolené rozteče****parametry - otláčení**

$p_1$	285	$\alpha_b$ - šrouby krajní = <b>2.05</b>
$p_2$	150	$\alpha_b$ - šrouby vnitřní = <b>4.07</b>
$e_1$	135	$k_1$ - šrouby krajní = <b>2.5</b>
$e_2$	75	$k_1$ - šrouby vnitřní = <b>2.5</b>

## • Plech

materiál

**S355**

tloušťka

**20 mm**mez kluzu  $f_y$ 

355 Mpa

mez pevnosti  $f_u$ 

510 Mpa

$$- F_{b,e,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,05 \times 2,50 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 836,40 \text{ kN}$$

$$- F_{b,e,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 244,8 \text{ kN}$$

$$- F_{b,Rd} = \sum F_{b,x,Rd} = 6 \times 244,80 = 1468,8$$

$$- \frac{R_{xy}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{38,77}{1468,8} = 0,02 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení kotev v tahu, protlačení, stříh + tah

- **Průměr šroubu** **M20**

Průměr díry  $d_0$  22 mmPrůměr  $d_m$  32.30 mmPlocha jádra  $A_s$  245 mm<sup>2</sup>

- **Jakost šroubu** **8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPaMez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

- **Plech**

materiál **S355**tloušťka **20 mm**mez kluzu  $f_y$  355 Mpamez pevnosti  $f_u$  510 Mpa

$$- F_{t,1,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 245}{1,25} = 176,40 \text{ kN}$$

$$- \frac{N_{Ed}}{n \times F_{t,1,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{80,91}{6 \times 176,40} = 0,08 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

$$- B_{p,1,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 32,30 \times 20 \times 510}{1,25} = 496,81 \text{ kN}$$

$$- \frac{N_{Ed}}{B_{p,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{80,91}{496,81} = 0,16 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

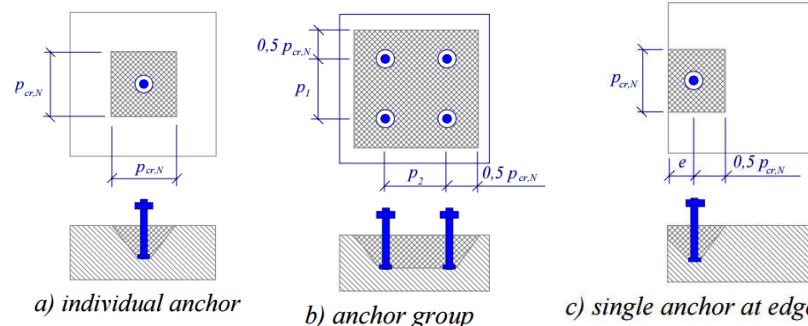
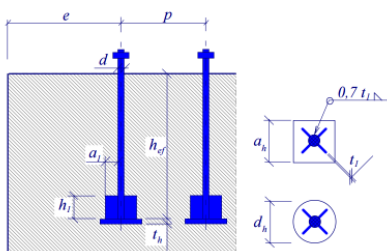
$$- \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{38,77}{1468,8} + \frac{80,91}{1,4 \times 6 \times 176,40} = 0,08 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení kotvy na vytržení z betonu

$$- N_{Rd,p} = \frac{11,0 \times f_{ck} \times A_h}{\gamma_{Mp}} = \frac{11,0 \times 37 \times 70 \times 70}{2,16} = 923,3 \text{ kN} > 80,91 \text{ kN}$$

- Posouzení vytržení betonového kužele



- $p_{cr,N} = 2 \times e_{cr,N} = 2 \times 75 = 150$
- $N_{Rd,c}^0 = \frac{11,0 \times \sqrt{f_{ck}} \times h_{ef}^{1,5}}{\gamma_{Mc}} = \frac{11,0 \times \sqrt{37} \times 238^{1,5}}{2,16} = 113,02$
- $A_{c,N}^0 = p_{cr,N}^2 = 150^2 = 22500$
- $A_{c,N} = (e + 0,5 \times p_{cr,N}) \times p_{cr,N} = (75 + 0,5 \times 150) \times 150 = 22500$
- $\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \times \frac{e}{e_{cr,N}} = 0,93 \leq 1,0$  (nerovnoměrnost napětí)
- $\psi_{ec,N} = 1,0$  (vliv excentricity)
- $\psi_{re,N} = 1,0$  (při  $h_{ef} > 100mm$ )
- $\psi_{ure,N} = 1,4$  (beton bez trhlin)
- $N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^0 \times \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \times \psi_{s,N} \times \psi_{ec,N} \times \psi_{re,N} \times \psi_{ucr,N} = 113,02 \times \frac{22500}{22500} \times 0,93 \times 1 \times 1 \times 1,4 = 147,15$
- $\frac{Rz}{N_{Rd,c}} = \frac{80,91}{147,15} = 0,55 < 1,0$  – VYHOVÍ

- Posouzení roztržení betonového bloku

Splněno při dodržení:

- $p_{min} = 50 < 100$  – VYHOVÍ
- $e_{min} = 50 < 75$  – VYHOVÍ
- $h_{min} = h_{ef} + t_h + c_\emptyset = 238 + 6 + 50 = 294 < 500$  – VYHOVÍ
- Posouzení svarů

Patní plech k obrysu HEB 240

$a = 5mm$

- Celý svar – tah

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{\sigma_{\perp}}}{a \times l \times n} = \frac{80,91}{5 \times (164 \times 2 + 94 \times 4 + 2 \times 240)} = 13,67 \text{ MPa}$$

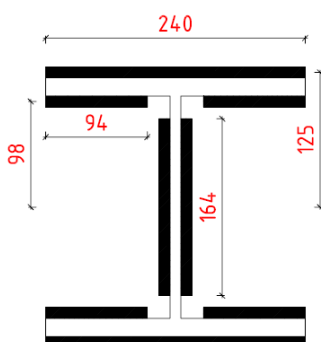
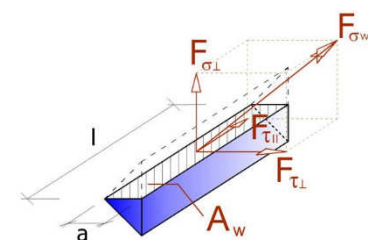
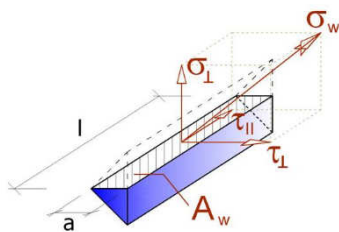
- Svar u stojny

$$F_{\tau_{\parallel}} = 38,66 \text{ kN}$$

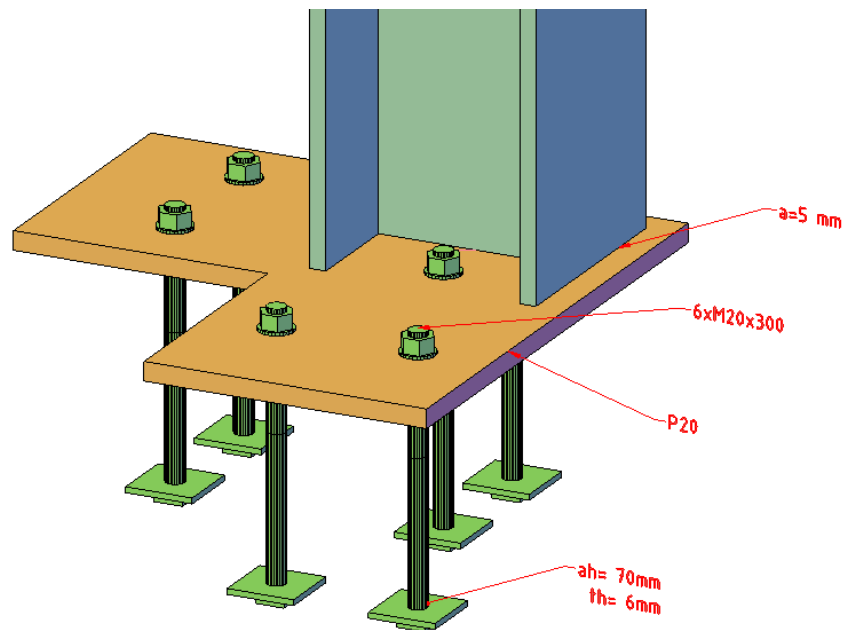
$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \times l \times n} = \frac{38,66}{5 \times 164 \times 2} = 23,57 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{13,67^2 + 3 \times (0^2 + 23,57^2)} = 43,05$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$



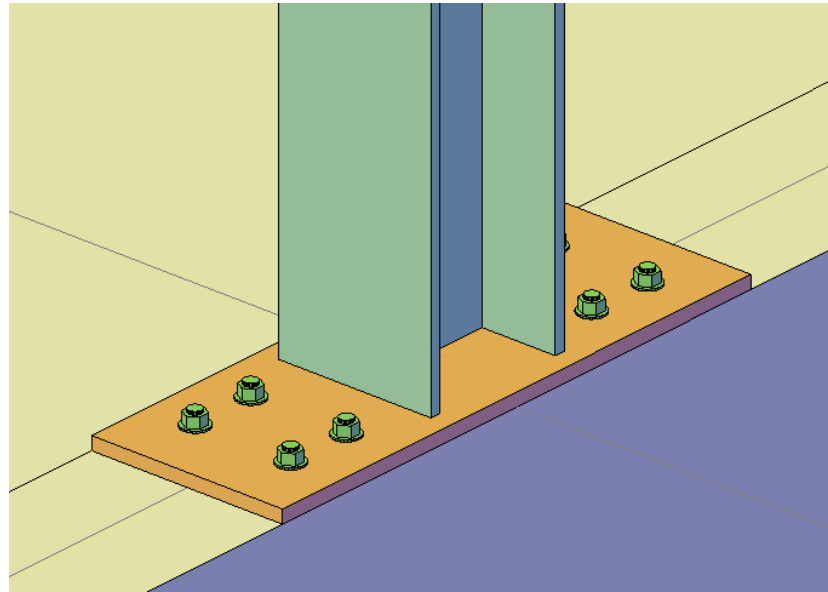
- $43,05 < 453,33$  – VYHOVÍ
- Svar u příruby
- $F_{\tau_{\parallel}} = 3,00 \text{ kN}$
- $\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \times l \times n} = \frac{3,16}{5 \times (240 \times 2 + 4 \times 94)} = 0,8 \text{ MPa}$
- $\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{18,28^2 + 3 \times (0^2 + 0,8^2)} = 18,33$
- $\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$
- $18,33 < 453,33$  – VYHOVÍ
- Navržené kotvení:



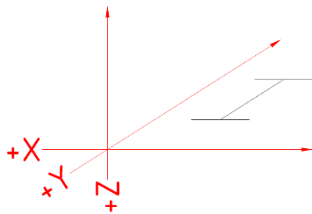
### 7.1.4 – Kotvení K4 (Sn4 a Sn8)

Předem zabetonované kotvy s kotevní hlavou.

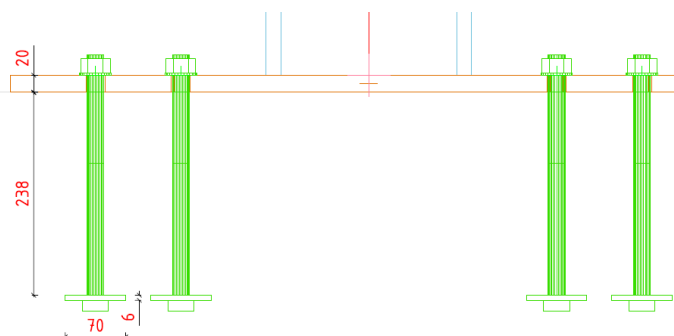
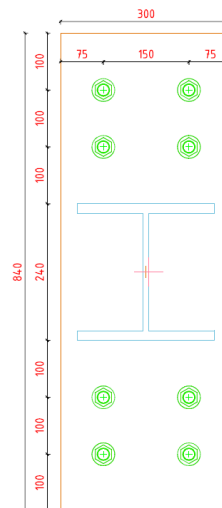
- axonometrie



sloup	N (min/tlak)	N (max/tah)	Rx	Ry
HEB240	-319.71 kN	108.20 kN	-3.16 kN	32.59 kN



Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]
Sn4/N69	MSU-EC/29	<b>0,40</b>	29,65	-78,53
Sn4/N69	MSU-EC/30	<b>3,16</b>	-30,01	277,86
Sn4/N69	MSU-EC/31	1,46	<b>-32,59</b>	220,79
Sn4/N69	MSU-EC/32	1,98	<b>32,09</b>	-16,46
Sn4/N69	MSU-EC/33	0,45	29,66	<b>-108,20</b>
Sn4/N69	MSU-EC/10	3,03	-31,04	<b>319,71</b>
Sn8/N74	MSU-EC/41	<b>-0,02</b>	-2,82	74,08
Sn8/N74	MSU-EC/42	<b>0,05</b>	2,06	214,98
Sn8/N74	MSU-EC/37	-0,01	<b>-3,95</b>	203,38
Sn8/N74	MSU-EC/35	0,04	<b>3,19</b>	150,52
Sn8/N74	MSU-EC/38	-0,01	1,78	<b>50,74</b>
Sn8/N74	MSU-EC/20	0,02	-1,88	<b>339,06</b>



## - posouzení betonového základu (tlak)

**Posouzení betonové patky**• **Patka**

Beton	<b>C30/37</b>
pevnost v tlaku $f_{ck}$	30.0 MPa
pevnost v tahu $f_{ctm}$	2.9 MPa
celkový rozměr patky $a_1$	<b>300 mm</b>
celkový rozměr patky $b_1$	<b>840 mm</b>
rozměr $a$	300 mm
rozměr $b$	840 mm
výška patky $h$	<b>300 mm</b>

• **Plech**

materiál	<b>S355</b>
tloušťka $t$	20 mm
rozměr $a$	300 mm
rozměr $b$	840 mm
odsazení plechu $a_r$	0 mm
odsazení plechu $b_r$	<b>0 mm</b>
mez kluzu	355 MPa

• **Sloup**

Profil	<b>HE 240 B</b>
tloušťka stojny $t_w$	10 mm
tloušťka příruby $t_f$	17 mm
výška profilu sloupu $h_c$	240 mm
šířka profilu sloupu $b_c$	240 mm

• **Efektivní plocha**

podlití $f_{md} > 0.2f_{cd}$	<b>Ano</b>
součinitel koncentrace $k_j$	1.00
efektivní pevnost $f_j$	13.4 MPa
rozměr $c$	59 mm
Efektivní plocha $A_{eff}$	108744.89 mm <sup>2</sup>

• **Návrhová únosnost patky**

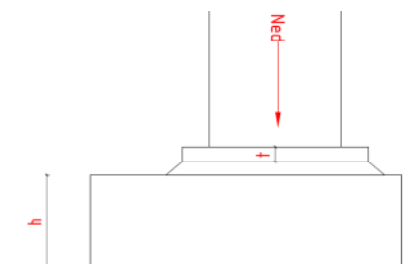
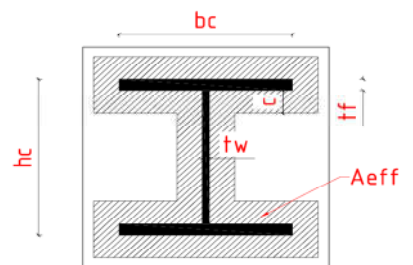
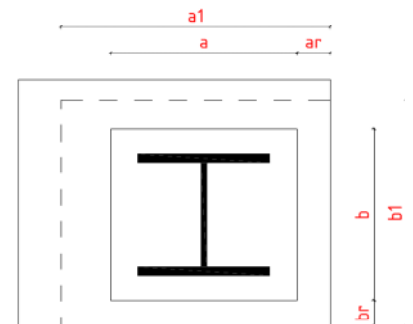
$$N_{Rd} = \underline{\underline{1457.18 \text{ kN}}}$$

$$- \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{319,71}{1457,18} = 0,36 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- posouzení kotev na střih

$$- \text{Výsledná síla na střih} = \sqrt{3,16^2 + 32,59^2} = 32,75 \text{ kN}$$

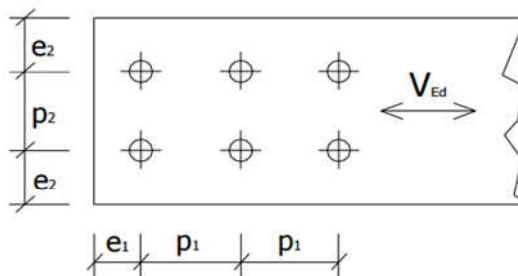


## - Vlastnosti kotev (8xM20)

## • Šrouby

• Průměr šroubu **M20**Průměr díry  $d_0$  22 mmPlocha jádra  $A_s$  245 mm<sup>2</sup>• Jakost šroubu **8.8**Mez kluzu  $f_y$  640 MPaMez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

## • Rozteče



	Doporučené	Minimální
$p_1$	70	48
$p_2$	70	53
$e_1$	50	26
$e_2$	50	26

## - Posouzení na stříh

Vzhledem k malé působící síle bude příspěvek k únosnosti vlivem tření, popřípadě kotevní zarážky zanedbán.

$$- F_{v,1,Rd} = \frac{\alpha_v \times A \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 245 \times 800}{1,25} = 94,08 \text{ kN}$$

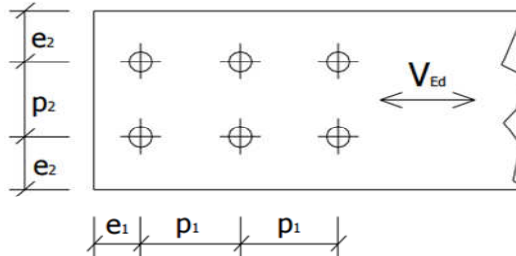
$$- \frac{R_{xy}}{n \times F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{32,75}{8 \times 94,08} = 0,04 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

## - Posouzení na otláčení

• Průměr šroubu **M20**Průměr díry  $d_0$  22 mm

## • Rozteče



	Doporučené	Minimální
$p_1$	70	48
$p_2$	70	53
$e_1$	50	26
$e_2$	50	26

Zvolené rozteče	parametry - otláčení
$p_1$	$\alpha_b$ - šrouby krajní = <b>1.52</b>
$p_2$	$\alpha_b$ - šrouby vnitřní = <b>1.27</b>
$e_1$	$k_1$ - šrouby krajní = <b>2.5</b>
$e_2$	$k_1$ - šrouby vnitřní = <b>2.5</b>

## • Plech

materiál **S355**tloušťka **20 mm**mez kluzu  $f_y$  355 Mpamez pevnosti  $f_u$  510 Mpa

$$- F_{b,e,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,52 \times 2,50 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 621,16 \text{ kN}$$

$$- F_{b,e,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 244,8 \text{ kN}$$

$$- F_{b,i,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,27 \times 2,50 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 518,16 \text{ kN}$$

$$- F_{b,i,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 244,8 \text{ kN}$$

$$- F_{b,Rd} = \sum F_{b,x,Rd} = 8 \times 244,80 = 1958,4$$

$$- \frac{R_{xy}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{32,75}{1958,40} = 0,02 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení kotev v tahu, protlačení, stříh + tah

**• Průměr šroubu M20**

Průměr díry  $d_0$  22 mm  
 Průměr  $d_m$  32.30 mm

Plocha jádra  $A_s$  245 mm<sup>2</sup>

**• Jakost šroubu 8.8**

Mez kluzu  $f_y$  640 MPa  
 Mez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

**• Plech**

materiál **S355**  
 tloušťka **20 mm**  
 mez kluzu  $f_y$  355 Mpa  
 mez pevnosti  $f_u$  510 Mpa

$$- F_{t,1,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 245}{1,25} = 176,40 \text{ kN}$$

$$- \frac{N_{Ed}}{n \times F_{t,1,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{108,20}{8 \times 176,40} = 0,08 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

$$- B_{p,1,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 32,30 \times 20 \times 510}{1,25} = 496,81 \text{ kN}$$

$$- \frac{N_{Ed}}{B_{p,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{108,20}{496,81} = 0,22 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

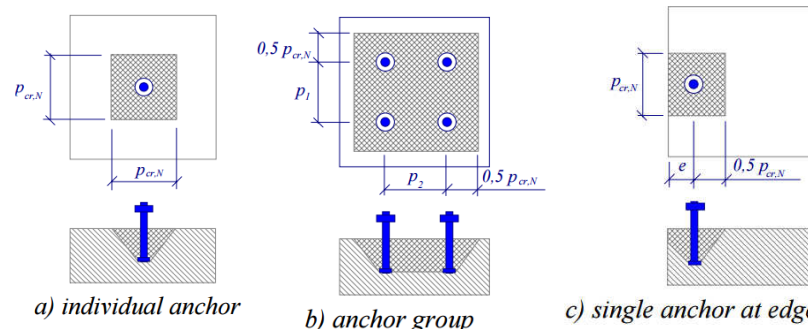
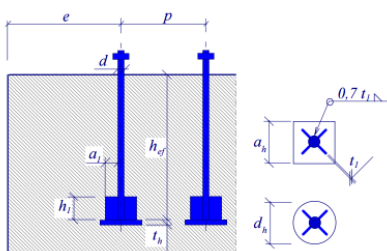
$$- \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

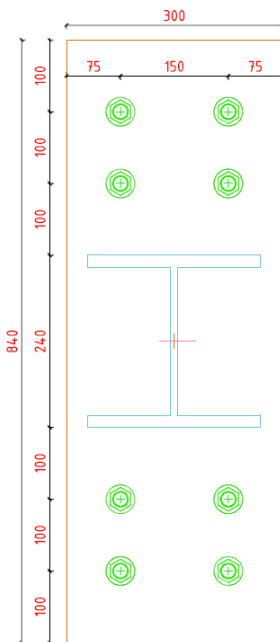
$$- \frac{32,75}{1958,40} + \frac{108,20}{1,4 \times 8 \times 176,40} = 0,08 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení kotvy na vytržení z betonu

$$- N_{Rd,p} = \frac{11,0 \times f_{ck} \times A_h}{\gamma_{Mp}} = \frac{11,0 \times 37 \times 70 \times 70}{2,16} = 923,3 \text{ kN} > 108,2 \text{ kN}$$

- Posouzení vytržení betonového kužele





- $p_{cr,N} = 2 \times e_{cr,N} = 2 \times 75 = 150$
- $N_{Rd,c}^0 = \frac{11,0 \times \sqrt{f_{ck}} \times h_{ef}^{1,5}}{\gamma_{Mc}} = \frac{11,0 \times \sqrt{37} \times 238^{1,5}}{2,16} = 113,02$
- $A_{c,N}^0 = p_{cr,N}^2 = 150^2 = 22500$
- $A_{c,N} = (p_{cr,N} + p_1) \times (p_{cr,N} + p_2) = (150 + 100) \times (150 + 150) = 75000$
- $\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \times \frac{e}{e_{cr,N}} = 0,93 \leq 1,0$  (nerovnoměrnost napětí)
- $\psi_{ec,N} = 1,0$  (vliv excentricity)
- $\psi_{re,N} = 1,0$  (při  $h_{ef} > 100\text{mm}$ )
- $\psi_{ure,N} = 1,4$  (beton bez trhlin)
- $N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^0 \times \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \times \psi_{s,N} \times \psi_{ec,N} \times \psi_{re,N} \times \psi_{ucr,N} = 113,02 \times \frac{75000}{22500} \times 0,93 \times 1 \times 1 \times 1,4 = 490,51$
- $\frac{Rz}{N_{Rd,c}} = \frac{108,20}{490,51} = 0,22 < 1,0$  – VYHOVÍ

Posouzení roztržení betonového bloku

Splněno při dodržení:

- $p_{min} = 50 < 100$  – VYHOVÍ
- $e_{min} = 50 < 75$  – VYHOVÍ
- $h_{min} = h_{ef} + t_h + c_\emptyset = 238 + 6 + 50 = 294 < 500$  – VYHOVÍ
- Posouzení svarů

Patní plech k obrysu HEB 240

$a = 5\text{mm}$

- Celý svar – tah

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{\sigma_{\perp}}}{a \times l \times n} = \frac{108,2}{5 \times (164 \times 2 + 94 \times 4 + 2 \times 240)} = 18,28 \text{ MPa}$$

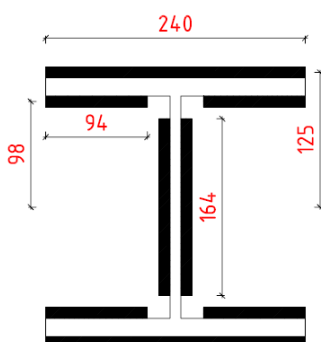
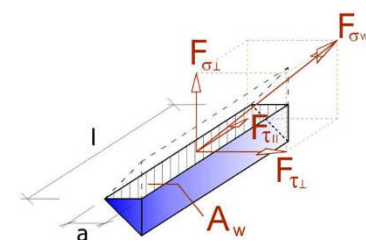
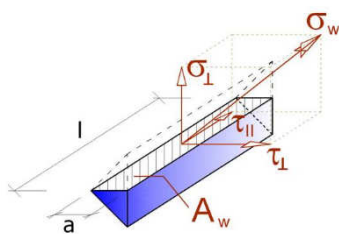
- Svar u stojny

$$F_{\tau_{\parallel}} = 35,29 \text{ kN}$$

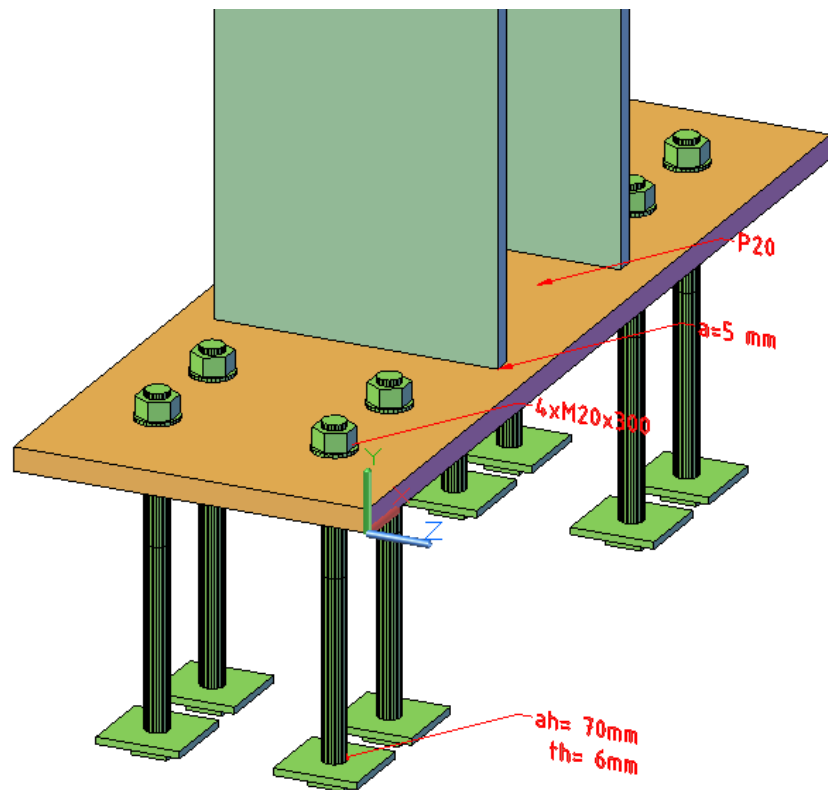
$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \times l \times n} = \frac{35,29}{5 \times 164 \times 2} = 15,42 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{18,28^2 + 3 \times (0^2 + 15,42^2)} = 32,36$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$



- $32,36 < 453,33$  – VYHOVÍ
- Svar u příruby
- $F_{\tau_{\parallel}} = 3,16 \text{ kN}$
- $\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \times l \times n} = \frac{3,16}{5 \times (240 \times 2 + 4 \times 94)} = 0,8 \text{ MPa}$
- $\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{18,28^2 + 3 \times (0^2 + 0,8^2)} = 18,33$
- $\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$
- $18,33 < 453,33$  – VYHOVÍ
- Navržené kotvení:

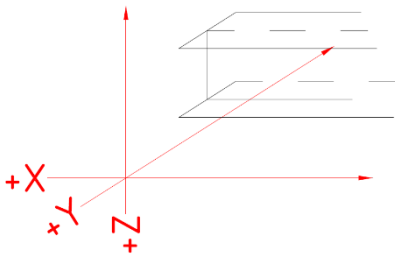
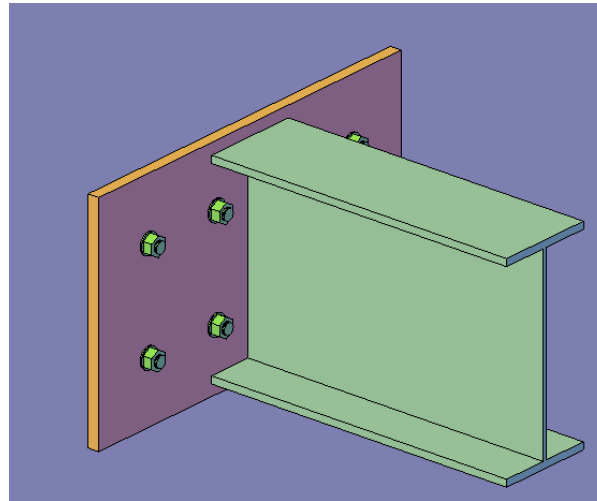


## 7.2 – Kotvení do betonového jádra

### 7.2.1 – Kotvení K5 (Sn10,12,16,18,20,21,24,25,30)

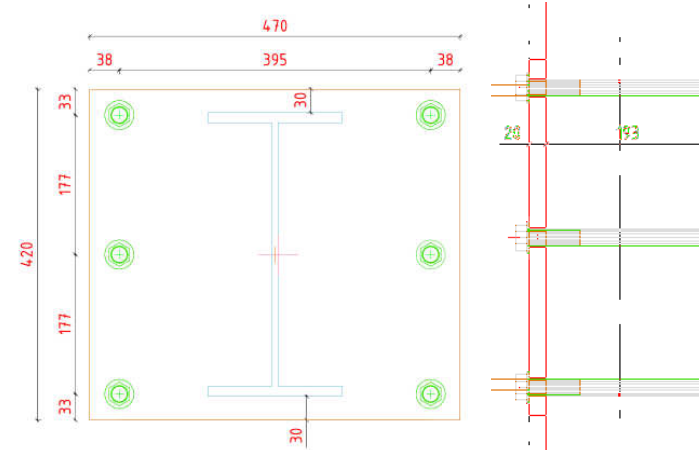
Chemické kotvy HILTI HIT-HY-A+8xHIT-V-F(8.8) M20. Návrh kotvy v programu HILTI Profis Anchor. Viz příloha F – část 4.

- axonometrie



příčel	N (min/tlak)	N (max/tah)	Ry	Rz
IPE 360	-255.45 kN	247.78 kN	-101.87 kN	-58.53 kN

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]
Sn18/N33	MSU-EC/1	<b>-247,78</b>	-52,74	10,11
Sn20/N54	MSU-EC/43	<b>255,45</b>	-4,38	21,74
Sn18/N33	MSU-EC/44	-219,51	<b>-53,14</b>	26,62
Sn24/N145	MSU-EC/37	-68,51	<b>101,87</b>	45,69
Sn10/N91	MSU-EC/38	-2,11	1,20	<b>0,78</b>
Sn24/N145	MSU-EC/19	-14,62	14,56	<b>58,53</b>



- posouzení betonového základu (tlak)

### Posouzení betonové patky

#### • Patka

Beton	<b>C30/37</b>
pevnost v tlaku $f_{ck}$	30.0 MPa
pevnost v tahu $f_{ctm}$	2.9 MPa
celkový rozměr patky $a_1$	<b>470 mm</b>
celkový rozměr patky $b_1$	<b>420 mm</b>
rozměr $a$	470 mm
rozměr $b$	420 mm
výška patky $h$	<b>300 mm</b>

#### • Plech

materiál	<b>S355</b>
tloušťka $t$	20 mm
rozměr $a$	470 mm
rozměr $b$	420 mm
odsazení plechu $a_r$	0 mm
odsazení plechu $b_r$	<b>0 mm</b>
mez kluzu	355 MPa

#### • Sloup

Profil	<b>IPE 360</b>
tloušťka stojny $t_w$	8 mm
tloušťka příruby $t_f$	13 mm
výška profilu sloupu $h_c$	360 mm
šířka profilu sloupu $b_c$	170 mm

#### • Efektivní plocha

podlití $f_{md} > 0.2f_{cd}$	<b>Ano</b>
součinitel koncentrace $k_j$	1.00
efektivní pevnost $f_j$	13.4 MPa
rozměr $c$	59 mm
Efektivní plocha $A_{eff}$	103380.09 mm <sup>2</sup>

#### • Návrhová únosnost patky

$$N_{Rd} = \underline{\underline{1385.29 \text{ kN}}}$$

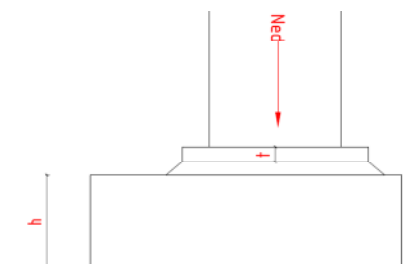
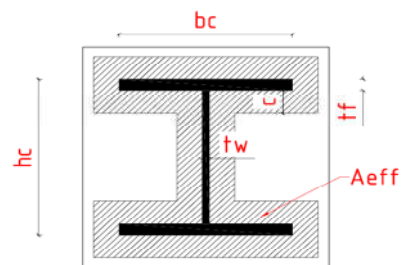
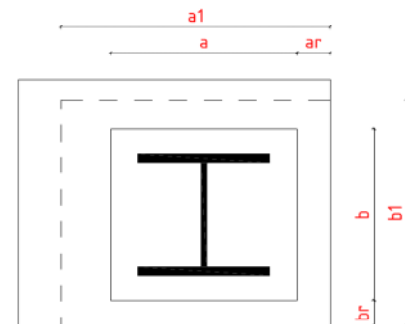
$$- \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

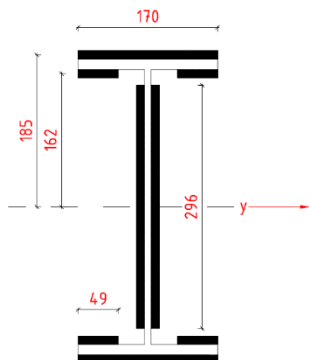
$$- \frac{225,45}{1385,29} = 0,19 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

- Posouzení svarů

Patní plech k obrysu IPE 360

$a = 5 \text{ mm}$





- Celý svar – tah

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{\sigma_{\perp}}}{a \times l \times n} = \frac{247,78}{5 \times (164 \times 2 + 94 \times 4 + 2 \times 240)} = 41,89 \text{ MPa}$$

- Svar u stojny

$$F_{\tau_{\parallel}} = 58,53 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \times l \times n} = \frac{38,66}{5 \times 164 \times 2} = 19,77 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{41,89^2 + 3 \times (0^2 + 19,77^2)} = 54,10$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

-  $54,10 < 453,33$  – VYHOVÍ

- Svar u příruby

$$F_{\tau_{\parallel}} = 101,87 \text{ kN}$$

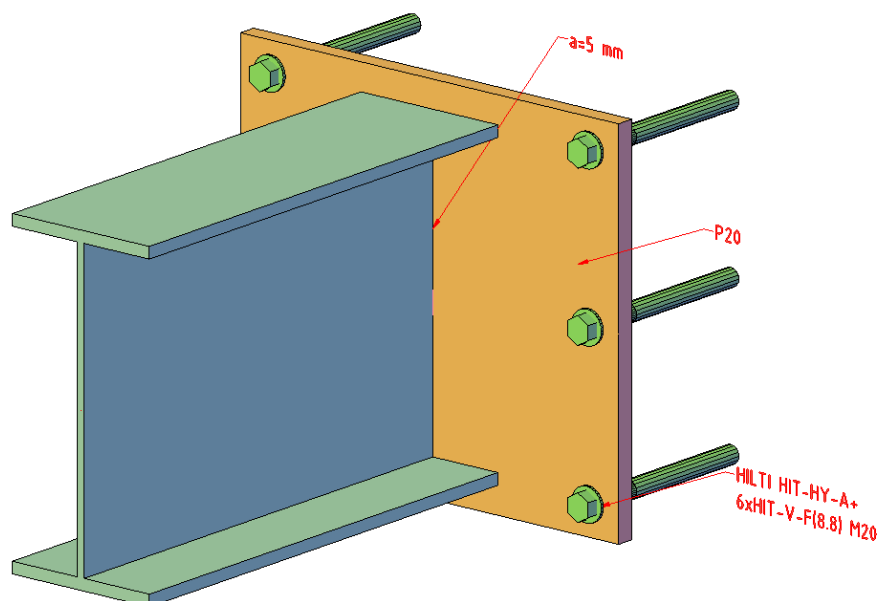
$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \times l \times n} = \frac{101,87}{5 \times (240 \times 2 + 4 \times 94)} = 23,80 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{41,89^2 + 3 \times (0^2 + 23,8^2)} = 63,19$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

-  $63,19 < 453,33$  – VYHOVÍ

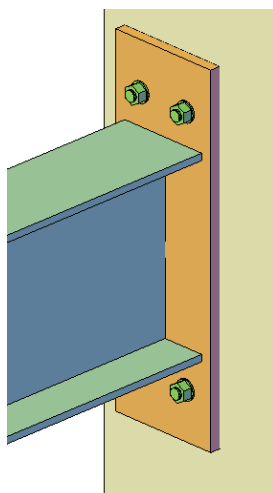
- Navržené kotvení:



## 7.2.2 – Kotvení K6 (Sn9/R,11/R,14/R,19/R,22/R,23/R)

Chemické kotvy HILTI HIT-HY-A+HIT-V-F(8.8) M20. Návrh kotvy v programu HILTI Profis Anchor. Viz příloha F – část 4.

- axonometrie



příčel	N (min/tlak)	N (max/tah)	Ry	Rz
IPE360	-132.65 kN	152.13 kN	12.41 kN	75.71 kN

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]
B261	VA-1.2 - IPE360	0,000	MSU-EC/1	<b>-132,65</b>	-5,98	17,38
B292	VA-2.2 - IPE360	3,100	MSU-EC/2	<b>152,13</b>	-1,84	-1,92
B289	VA-3.2 - IPE330	3,600	MSU-EC/3	71,01	<b>-11,18</b>	-7,87
B292	VA-2.2 - IPE360	3,100	MSU-EC/4	-67,68	<b>12,41</b>	-1,99
B118	VA-3.2 - IPE330	3,600	MSU-EC/5	-10,12	2,33	<b>-58,56</b>
B261	VA-1.2 - IPE360	0,000	MSU-EC/5	80,31	0,10	<b>75,71</b>

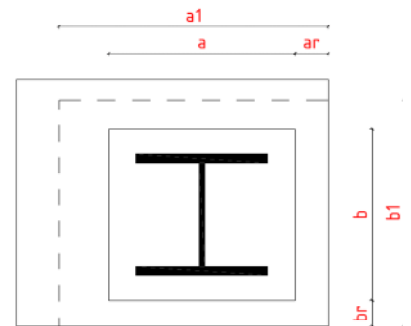
- posouzení betonového základu (tlak)



### Posouzení betonové patky

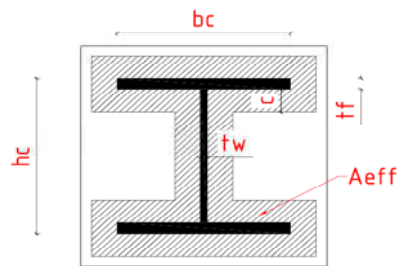
#### • Patka

Beton	<b>C30/37</b>
pevnost v tlaku $f_{ck}$	30.0 MPa
pevnost v tahu $f_{ctm}$	2.9 MPa
celkový rozměr patky $a_1$	<b>1000 mm</b>
celkový rozměr patky $b_1$	<b>1000 mm</b>
rozměr $a$	300 mm
rozměr $b$	620 mm
výška patky $h$	<b>300 mm</b>



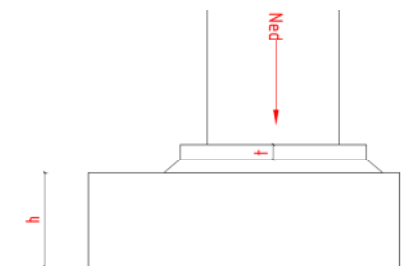
#### • Plech

materiál	<b>S355</b>
tloušťka $t$	20 mm
rozměr $a$	230 mm
rozměr $b$	420 mm
odsazení plechu $a_r$	35 mm
odsazení plechu $b_r$	<b>100 mm</b>
mez kluzu	355 MPa



#### • Sloup

Profil	<b>IPE 360</b>
tloušťka stojny $t_w$	8 mm
tloušťka příruby $t_f$	13 mm
výška profilu sloupu $h_c$	360 mm
šířka profilu sloupu $b_c$	170 mm



#### • Efektivní plocha

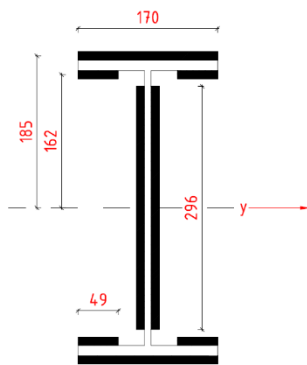
podlití $f_{md} > 0.2f_{cd}$	<b>Ano</b>
součinitel koncentrace $k_j$	1.39
efektivní pevnost $f_j$	18.6 MPa
rozměr $c$	50 mm
Efektivní plocha $A_{eff}$	88029.63 mm <sup>2</sup>

#### • Návrhová únosnost patky

$$N_{Rd} = \underline{\underline{1636.82 \text{ kN}}}$$

$$- \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{132,65}{1636,82} = 0,19 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$



## - Posouzení svarů

Patní plech k obrysu IPE 360

a = 5mm

## - Celý svar – tah

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{\sigma_{\perp}}}{a \times l \times n} = \frac{152,13}{5 \times (164 \times 2 + 94 \times 4 + 2 \times 240)} = 25,70 \text{ MPa}$$

## - Svar u stojny

$$F_{\tau_{\parallel}} = 58,53 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \times l \times n} = \frac{75,71}{5 \times 164 \times 2} = 46,16 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{25,7^2 + 3 \times (0^2 + 46,16^2)} = 83,99$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

- 83,99 &lt; 453,33 – VYHOVÍ

## - Svar u příruby

$$F_{\tau_{\parallel}} = 12,41 \text{ kN}$$

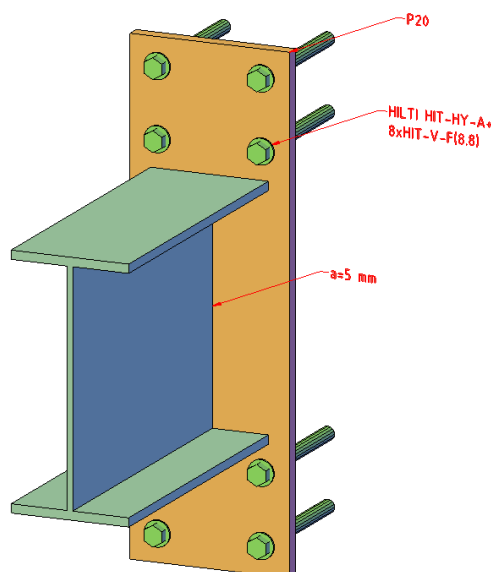
$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \times l \times n} = \frac{12,41}{5 \times (240 \times 2 + 4 \times 94)} = 2,90 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{25,7^2 + 3 \times (0^2 + 2,90^2)} = 26,19$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

- 26,19 &lt; 453,33 – VYHOVÍ

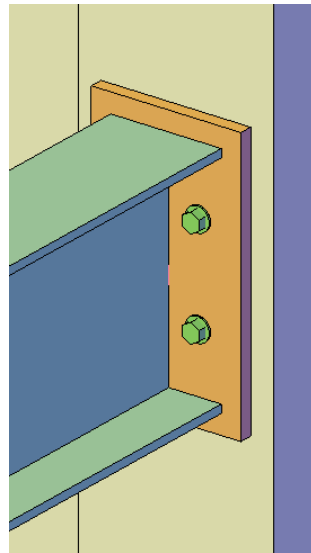
## - Navržené kotvení:



### 7.2.3 – Kotvení K7 (Sn9,11,14,19,22,27,29)

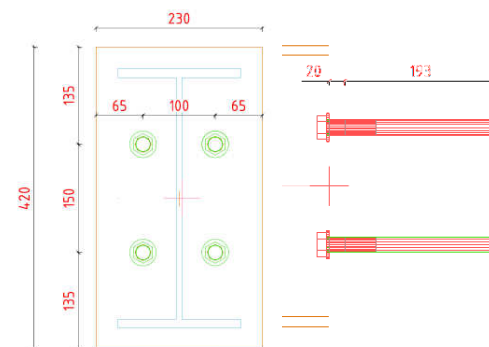
Chemické kotvy HILTI HIT-HY-A+4xHIT-V-F(8.8) M20. Návrh kotvy v programu HILTI Profis Anchor. Viz část F – přílohy.

- axonometrie



příčel	N (min/tlak)	N (max/tah)	Ry	Rz
IPE360	-379.43 kN	13.47 kN	33.27 kN	110.65 kN

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]
B255	VA-1.1 - IPE360	3,555	MSU-EC/1	<b>-379,43</b>	-0,37	-43,49
B186	VA-2.1 - IPE360	3,555	MSU-EC/2	<b>13,47</b>	14,87	-73,06
B69	BA-3.1 - IPE240	0,000	MSU-EC/3	-1,56	<b>-33,27</b>	-6,91
B76	BA-3.1 - IPE240	0,000	MSU-EC/4	-1,50	<b>27,65</b>	-7,54
B186	VA-2.1 - IPE360	3,555	MSU-EC/1	5,88	-5,01	<b>-110,65</b>
B76	BA-3.1 - IPE240	0,000	MSU-EC/5	-0,27	-29,15	<b>13,56</b>



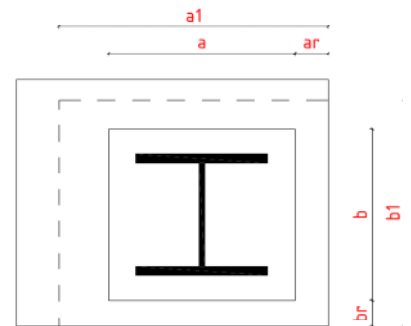
- posouzení betonového základu (tlak)



### Posouzení betonové patky

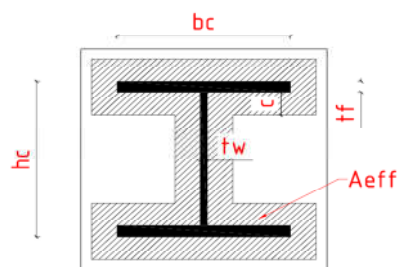
#### • Patka

Beton	<b>C30/37</b>
pevnost v tlaku $f_{ck}$	30.0 MPa
pevnost v tahu $f_{ctm}$	2.9 MPa
celkový rozměr patky $a_1$	<b>230 mm</b>
celkový rozměr patky $b_1$	<b>420 mm</b>
rozměr $a_1$	230 mm
rozměr $b_1$	420 mm
výška patky $h$	<b>300 mm</b>



#### • Plech

materiál	<b>S355</b>
tloušťka $t$	20 mm
rozměr $a$	230 mm
rozměr $b$	420 mm
odsazení plechu $a_r$	0 mm
odsazení plechu $b_r$	0 mm
mez kluzu	355 MPa

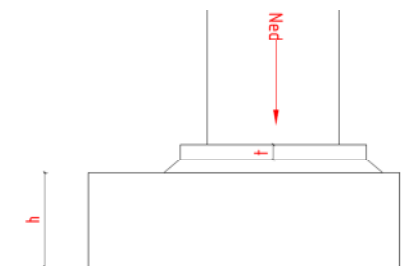


#### • Sloup

Profil	<b>IPE 360</b>
tloušťka stojny $t_w$	8 mm
tloušťka příruby $t_f$	13 mm
výška profilu sloupu $h_c$	360 mm
šířka profilu sloupu $b_c$	170 mm

#### • Efektivní plocha

podlití $f_{md} > 0.2f_{cd}$	<b>Ano</b>
součinitel koncentrace $k_j$	1.00
efektivní pevnost $f_j$	13.4 MPa
rozměr $c$	59 mm
Efektivní plocha $A_{eff}$	103380.09 mm <sup>2</sup>

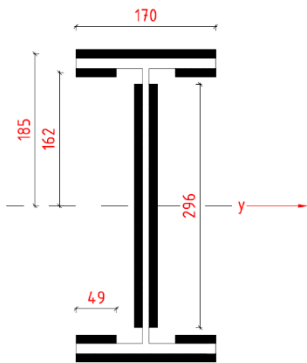


#### • Návrhová únosnost patky

$$N_{Rd} = \underline{\underline{1385.29 \text{ kN}}}$$

$$- \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{379,43}{1385,29} = 0,27 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$



## - Posouzení svarů

Patní plech k obrysu IPE 360

a = 5 mm

## - Celý svar – tah

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{\sigma_{\perp}}}{a \times l \times n} = \frac{13,47}{5 \times (164 \times 2 + 94 \times 4 + 2 \times 240)} = 2,27 \text{ MPa}$$

## - Svar u stojny

$$F_{\tau_{\parallel}} = 110,65 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \times l \times n} = \frac{110,65}{5 \times 164 \times 2} = 67,47 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{2,27^2 + 3 \times (0^2 + 67,47^2)} = 116,9$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

- 116,9 &lt; 453,33 – VYHOVÍ

## - Svar u příruby

$$F_{\tau_{\parallel}} = 33,27 \text{ kN}$$

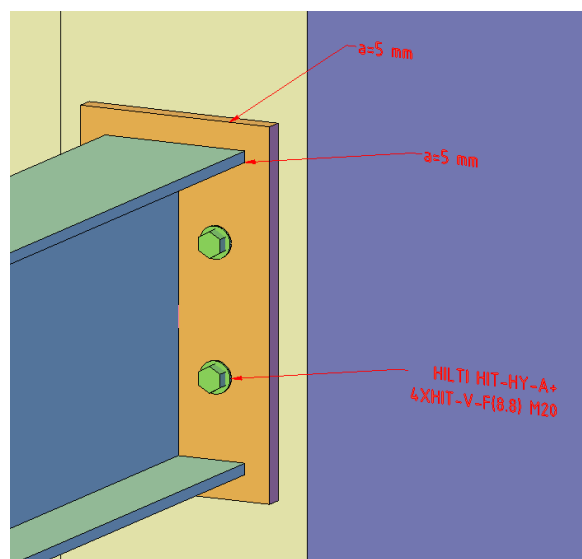
$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\tau_{\parallel}}}{a \times l \times n} = \frac{33,27}{5 \times (240 \times 2 + 4 \times 94)} = 4,22 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{2,27^2 + 3 \times (0^2 + 4,22^2)} = 7,65$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,9 \times 1,25} = 453,33 \text{ MPa}$$

- 7,65 &lt; 453,33 – VYHOVÍ

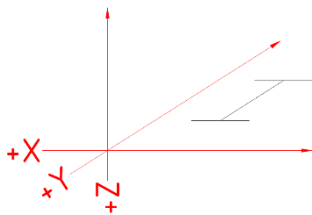
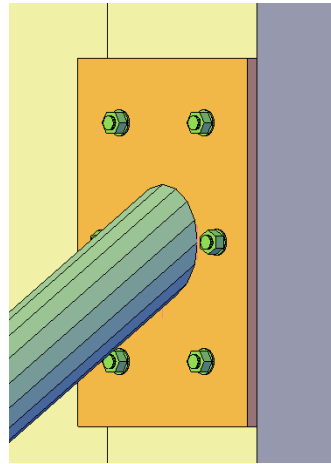
## - Navržené kotvení:



### 7.2.4 – Kotvení K8 (Sn19/D)

Předem zabetonované kotvy s kotevní hlavou.

- axonometrie



diagonála	N (min/tlak)	N (max/tah)	Rx	Ry
CHS140/5.0	0.00 kN	488.77 kN	0.00 kN	0.00 kN

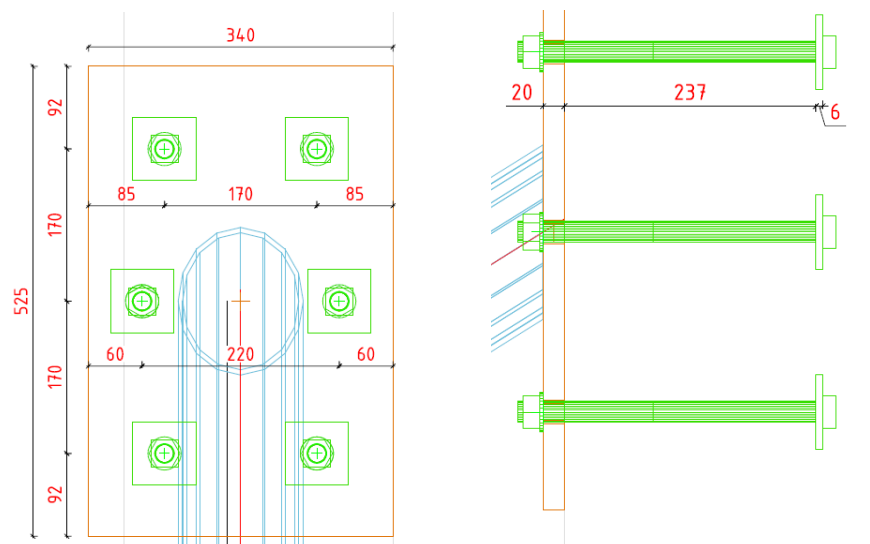
Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]
B103	ZTS1 - CHS139.7/5.0	0,000	MSU-EC/4	<b>61,69</b>	0,00	0,00
B103	ZTS1 - CHS139.7/5.0	4,556	MSU-EC/1	<b>488,77</b>	0,00	0,00
B103	ZTS1 - CHS139.7/5.0	0,000	MSU-EC/15	253,44	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

Úhel mezi diagonálou a stěnou  $\alpha=58^\circ$

Rozklad normálové síly na svislou (sřih) a vodorovnou (tah) složku:

$$- R_Y = 488,77 \times \sin 58^\circ = 414,50 \text{ kN}$$

$$- R_Z = \sqrt{488,77^2 - 414,50^2} = 260,24 \text{ kN}$$

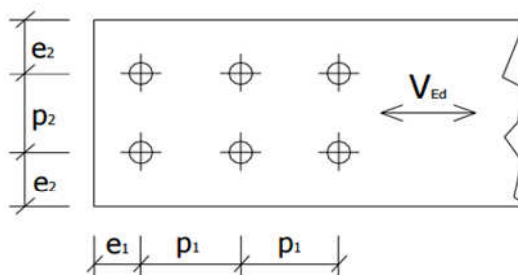


## - Vlastnosti kotev (6xM20)

## • Šrouby

• Průměr šroubu **M20**Průměr díry  $d_0$  22 mmPlocha jádra  $A_s$  245 mm<sup>2</sup>• Jakost šroubu **8.8**Mez kluzu  $f_y$  640 MPaMez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

## • Rozteče



	Doporučené	Minimální
$p_1$	70	48
$p_2$	70	53
$e_1$	50	26
$e_2$	50	26

## - Posouzení na stříh

$$F_{v,1,Rd} = \frac{\alpha_v \times A \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 245 \times 800}{1,25} = 94,08 \text{ kN}$$

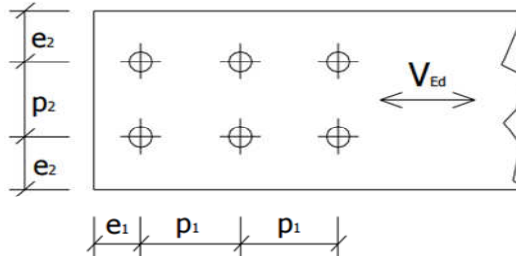
$$\frac{R_z}{n \times F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{260,24}{6 \times 94,08} = 0,46 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

## - Posouzení na otláčení

• Průměr šroubu **M20**Průměr díry  $d_0$  22 mm

## • Rozteče

**Doporučené****Minimální**

$p_1$	70	48
$p_2$	70	53
$e_1$	50	26
$e_2$	50	26

**Zvolené rozteče****parametry - otláčení**

$p_1$	170	$\alpha_b$ - šrouby krajní = <b>1.39</b>
$p_2$	170	$\alpha_b$ - šrouby vnitřní = <b>2.33</b>
$e_1$	92	$k_1$ - šrouby krajní = <b>2.50</b>
$e_2$	60	$k_1$ - šrouby vnitřní = <b>2.12</b>

## • Plech

materiál

**S355**

tloušťka

**20 mm**mez kluzu  $f_y$ 

355 Mpa

mez pevnosti  $f_u$ 

510 Mpa

$$- F_{b,e,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,39 \times 2,50 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 567,12 \text{ kN}$$

$$- F_{b,e,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 244,8 \text{ kN}$$

$$- F_{b,i,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,33 \times 2,12 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 806,14 \text{ kN}$$

$$- F_{b,i,Rd} \leq \frac{1,5 \times d \times t \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \times 20 \times 20 \times 510}{1,25} = 244,8 \text{ kN}$$

$$- F_{b,Rd} = \sum F_{b,x,Rd} = 6 \times 244,80 = 1468,8$$

$$- \frac{R_z}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{260,24}{1468,8} = 0,18 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

## - Posouzení kotev v tahu, protlačení, stříh + tah

• Průměr šroubu **M20**Průměr díry  $d_0$  22 mmPrůměr  $d_m$  32.30 mmPlocha jádra  $A_s$  245 mm<sup>2</sup>• Jakost šroubu **8.8**Mez kluzu  $f_y$  640 MPaMez pevnosti  $f_{ub}$  800 MPa

## • Plech

materiál **S355**tloušťka **20 mm**mez kluzu  $f_y$  355 Mpamez pevnosti  $f_u$  510 Mpa

$$- F_{t,1,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 245}{1,25} = 176,40 \text{ kN}$$

$$- \frac{R_y}{n \times F_{t,1,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{414,50}{6 \times 176,40} = 0,39 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

$$- B_{p,1,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 32,30 \times 20 \times 510}{1,25} = 496,81 \text{ kN}$$

$$- \frac{R_y}{B_{p,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{414,50}{496,81} = 0,83 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

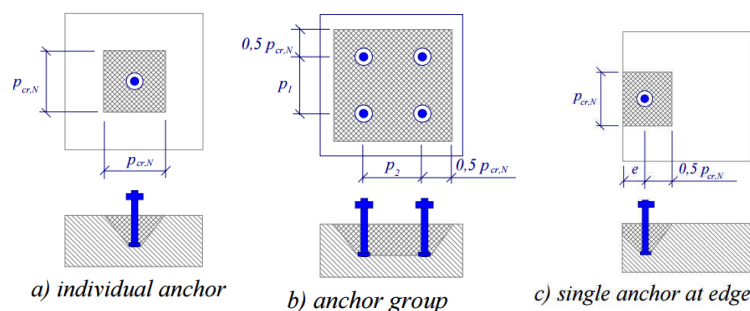
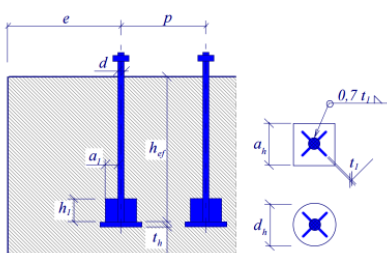
$$- \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$- \frac{260,24}{6 \times 94,08} + \frac{414,50}{1,4 \times 6 \times 176,40} = 0,74 \leq 1,0 - \text{VYHOVÍ}$$

## - Posouzení kotvy na vytržení z betonu

$$- N_{Rd,p} = \frac{11,0 \times f_{ck} \times A_h}{\gamma_{Mp}} = \frac{11,0 \times 37 \times 70 \times 70}{2,16} = 923,3 \text{ kN} > 404,50 \text{ kN}$$

## - Posouzení vytržení betonového kužele



- $p_{cr,N} = 2 \times e_{cr,N} = 2 \times 60 = 120$
- $N_{Rd,c}^0 = \frac{11,0 \times \sqrt{f_{ck}} \times h_{ef}^{1,5}}{\gamma_{Mc}} = \frac{11,0 \times \sqrt{37} \times 238^{1,5}}{2,16} = 113,02$
- $A_{c,N}^0 = p_{cr,N}^2 = 120^2 = 14400$
- $A_{c,N} = (e + 0,5 \times p_{cr,N}) \times p_{cr,N} = (60 + 0,5 \times 120) \times 120 = 14400$
- $\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \times \frac{e}{e_{cr,N}} = 1,0 \leq 1,0$  (nerovnoměrnost napětí)
- $\psi_{ec,N} = 1,0$  (vliv excentricity)
- $\psi_{re,N} = 1,0$  (při  $h_{ef} > 100\text{mm}$ )
- $\psi_{ure,N} = 1,4$  (beton bez trhlin)
- $N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^0 \times \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \times \psi_{s,N} \times \psi_{ec,N} \times \psi_{re,N} \times \psi_{ucr,N} = 113,02 \times \frac{14400}{14400} \times 1,0 \times 1 \times 1 \times 1,4 = 158,23$
- $\frac{R_y}{n \times N_{Rd,c}} = \frac{405,5}{6 \times 158,23} = 0,42 < 1,0$  – VYHOVÍ

- Posouzení roztržení betonového bloku

Splněno při dodržení:

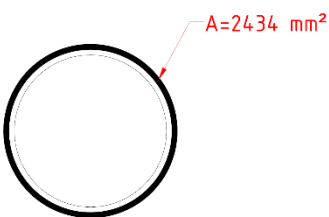
- $p_{min} = 50 < 170$  – VYHOVÍ
- $e_{min} = 50 < 60$  – VYHOVÍ
- $h_{min} = h_{ef} + t_h + c_\emptyset = 238 + 6 + 50 = 294 < 300$  – VYHOVÍ
- Posouzení svarů

Patní plech k obrysu CHS140/5.0

Zjednodušená metoda – návrhová únosnost svaru je dostatečná, jestliže výslednice všech sil přenášených svarem splňuje následující podmínku:

$a = 5\text{mm}$

- $F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$
- $F_{w,Rd} = f_{vw,d} \times \alpha = \frac{A \times f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{2423 \times 510}{\sqrt{3} \times 0,9 \times 1,25} = 528,48 \text{ kN}$
- $F_{w,Ed} = 488,77 \text{ kN}$
- $488,77 \leq 528,48$  – VYHOVÍ



- Navržené kotvení:

