

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

**FAKULTA STAVEBNÍ**  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING



**OCELOVÁ KONSTRUKCE POLYFUNKČNÍHO DOMU V JUNGMANNOVĚ  
ULICI V PRAZE**  
STATICKÝ VÝPOČET

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**

**Bc. Veronika Rybářová**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

**Ing. Zdeněk Sokol, Ph.D.**

## Obsah

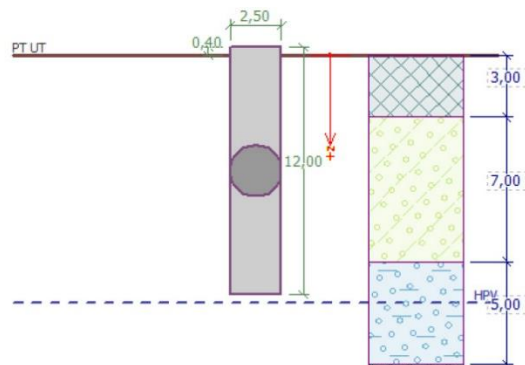
1. Předběžný návrh založení objektu .....	4
1.1 Návrh osamělé piloty.....	4
1.1.1 Závěr.....	5
1.2 Předběžný návrh skupiny pilot se základovou deskou .....	6
1.2.1 Závěr .....	7
2. Předběžný návrh ztužení objektu .....	7
2.1 Návrh výztuže stěny ztužujícího jádra .....	7
3. Návrh a posouzení hlavní nosné konstrukce .....	9
3.1 Posouzení trapézových plechů .....	9
3.1.1 Trapézové plechy stropů – v poli.....	9
3.1.2 Trapézové plechy stropů – u otvoru (atria).....	12
3.2 Návrh a posouzení stropnic .....	15
3.2.1 Stropnice střešní desky.....	15
3.2.2 Stropnice 3.NPa – 7.NP.....	24
3.2.3 Stropnice 2.NP .....	38
3.3 Návrh a posouzení průvlaků .....	51
3.3.1 Průvlak střecha .....	51
3.3.2 Průvlak 7.NP – 3.NPa .....	58
3.3.3 Průvlak 2.NP .....	76
3.4 Posouzení sloupů.....	89
3.4.1 Sloupy 1.NP – 3.NPa .....	89
3.4.2 Sloupy 3.NPb – 6.NP .....	94
3.4.3 Sloupy 6.NP - střecha.....	98
3.5 Návrh a posouzení táhel.....	100
3.5.1 Táhlo 1 .....	100
3.5.2 Táhlo 2 .....	104
4. Návrh a posouzení přípojů .....	108
4.1 Přípoj stropnice na průvlak.....	108
4.1.1 Stropnice IPE 180 na průvlak IPE 200 .....	108
4.1.2 Stropnice IPE 270 na průvlak IPE 400 .....	110
4.2 Návrh a posouzení přípoje průvlaku na sloup.....	112
4.2.1 Průvlak IPE 200 na HEB 140.....	112
4.2.2 Průvlak IPE 400 na HEB 240.....	114
4.3 Návrh a posouzení montážního přípoje sloupů .....	115
4.4 Návrh a posouzení přípoje sloupu k základové desce.....	117

4.4.1 Sloup 1 .....	117
4.4.2 Sloup 2 .....	118
4.4.3 Sloup 3 .....	119

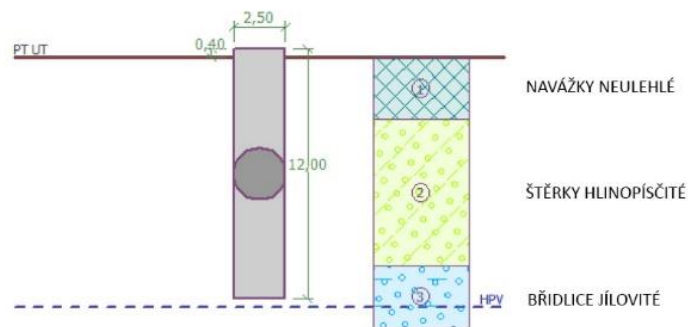
## 1. Předběžný návrh založení objektu

### 1.1 Návrh osamělé piloty

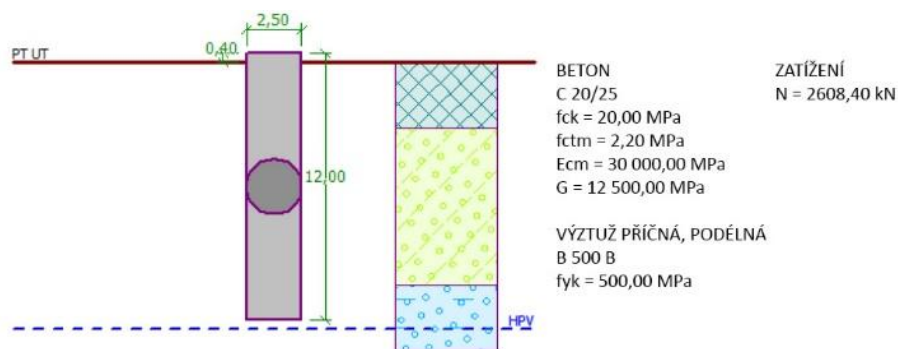
Jedná se o pilotu pod sloupem s největší normálovou silou  $N_{Ed} = 2608,40$  kN.



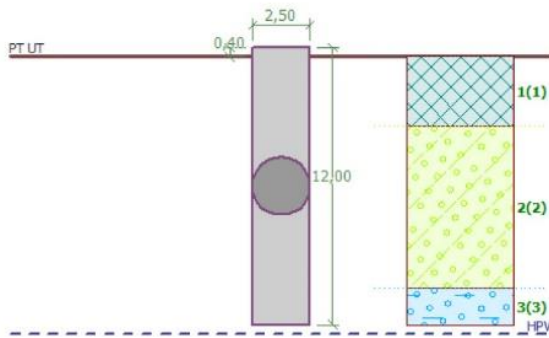
Obrázek 1 - Mocnost zemin



Obrázek 2 - Třídy zemin



Obrázek 3 - Zatížení a materiál piloty



**Posouzení svislé únosnosti : NAVFAC DM 7.2**

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepríznivějších zatěžovacích stavů.  
Součinitel výpočtu kritické hloubky  $k_{dc} = 1,00$

Posouzení tlačené piloty:  
Nejnepríznivější zatěžovací stav číslo 1. (Zatížení č. 1)

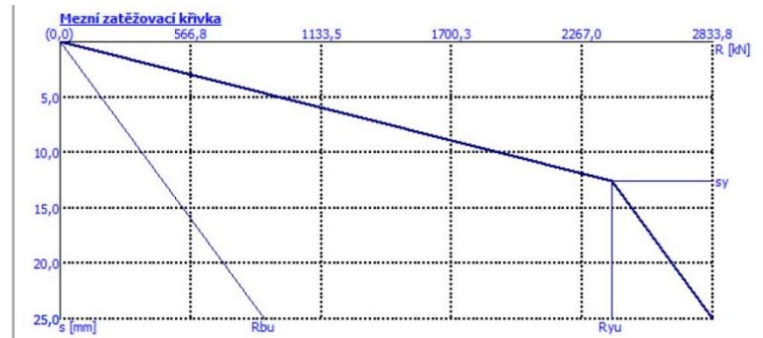
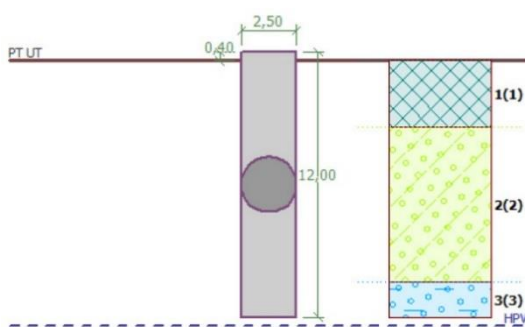
Únosnost piloty na plášti  $R_s = 1747,84 \text{ kN}$   
Únosnost piloty v patě  $R_b = 8851,79 \text{ kN}$

Únosnost piloty  $R_c = 10599,63 \text{ kN}$   
Extrémní svislá síla  $V_d = 2608,40 \text{ kN}$

$$R_c = 10599,63 \text{ kN} > 2608,40 \text{ kN} = V_d$$

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Obrázek 4 - Posouzení MSÚ



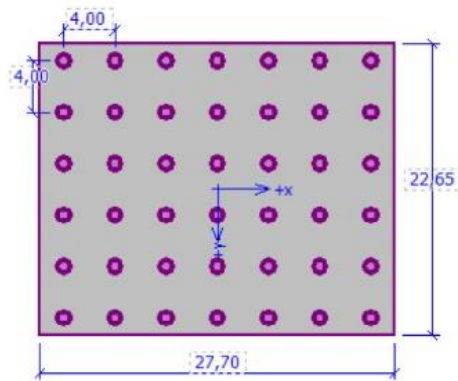
Obrázek 5 - Posouzení MSP (sedání piloty)

Posouzení piloty na MSP (sednutí) VYHOVUJE, jelikož z mezní zatěžovací křivky lze odvodit, že při maximálním zatížení normálovou silou 2608,40 kN je sednutí menší než 25 mm.

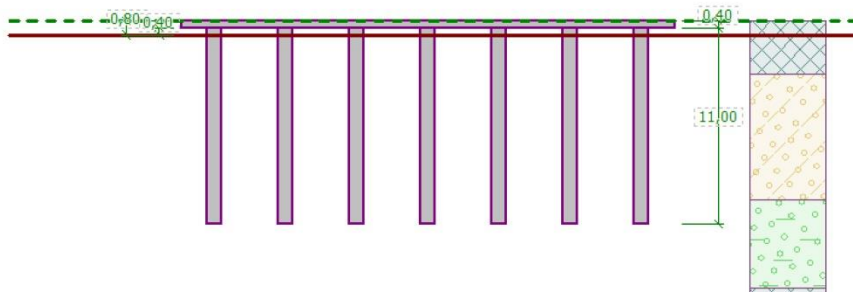
### 1.1.1 Závěr

Piloty byly navrženy tak, aby vyhovely na oba mezní stavy. V daném případě o průměru piloty rozhoduje mezní stav použitelnosti. Vzhledem k průměru navržené piloty je řešení založení na osamělých pilotách nevhodné a v následující kapitole je proveden předběžný návrh a posouzení skupiny pilot se základovou deskou.

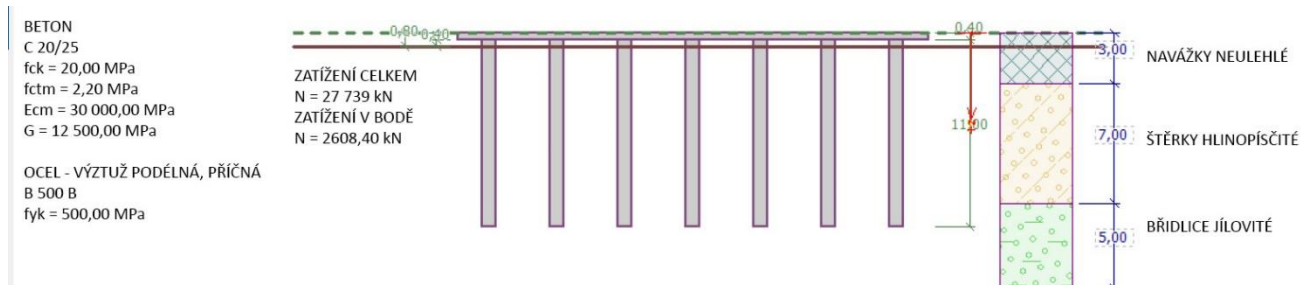
## 1.2 Předběžný návrh skupiny pilot se základovou deskou



Obrázek 6 - Půdorys základové desky se skupinou pilot



Obrázek 7 - Geometrie pilot



Obrázek 8 - Materiál, zatížení, třídy zemin

### Posouzení svislé únosnosti skupiny pilot v soudržné zemině

Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Průměrná totální soudržnost podél dřívů pilot	$c_{us} = 8,00 \text{ kPa}$
Totální soudržnost zemin v patách pilot	$c_{ub} = 8,00 \text{ kPa}$
Součinitel únosnosti	$N_{cg} = 6,32$
Svislá únosnost skupiny pilot	$R_g = 38073,58 \text{ kN}$
Maximální svislá síla	$V_d = 35531,37 \text{ kN}$
$R_g = 38073,58 \text{ kN} > 35531,37 \text{ kN} = V_d$	

Svislá únosnost skupiny pilot VYHOVUJE

Obrázek 9 - Posouzení MSÚ

**Výpočet sednutí skupiny pilot v soudržné zemině**  
Max. svislá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Hloubka fiktivního základu  $d = 7,73$  m  
Maximální svislé zatížení  $N = 33511,13$  kN  
Hloubka deformační zóny  $h = 11,93$  m  
Sednutí skupiny pilot  $s = 25,0$  mm

Obrázek 10 - Posouzení MSP – sednutí

Sednutí skupiny pilot je rovno 25 mm, čili skupina pilot VYHOVUJE na mezní stav použitelnosti.

### 1.2.1 Závěr

Z výše uvedeného posouzení navrhovaných pilot je možné usoudit, že založení objektu na desce podpírané skupinou pilot je vhodnější řešení pro daný objekt vzhledem k průměru pilot 0,8 m. Byla uvažována tloušťka základové desky 400 mm. Výpočet výztuže nebyl proveden.

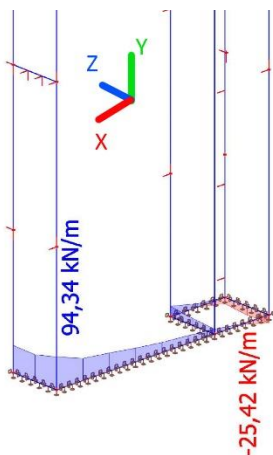
## 2. Předběžný návrh ztužení objektu

### 2.1 Návrh výztuže stěny ztužujícího jádra

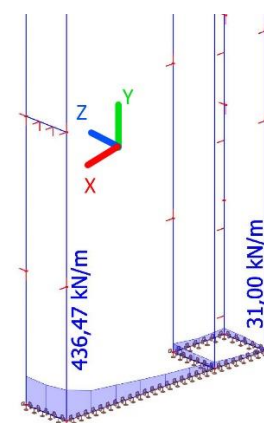
Pro návrh výztuže stěny ztužujícího jádra objektu byly uvažovány dvě hlavní kombinace pro zjištění vnitřních sil a napětí.

Tažená oblast – charakteristická hodnota vlastní tíhy železobetonových konstrukcí + návrhová hodnota zatížení větrem

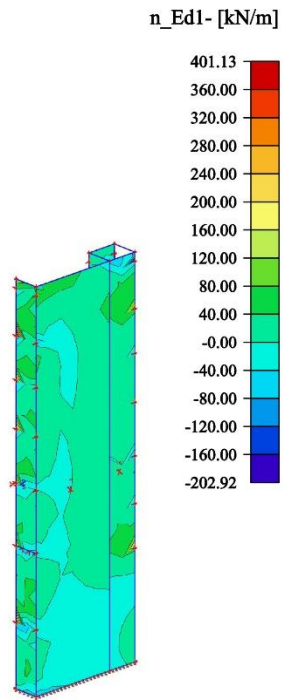
Tlačená oblast – návrhová hodnota stálého i užitného zatížení + návrhová hodnota zatížení větrem



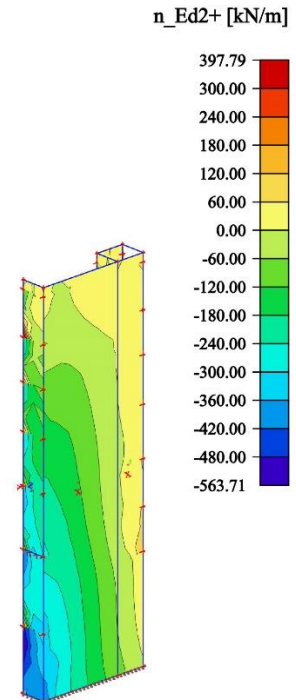
Obrázek 11 - Reakce v patě stěny - tažená oblast



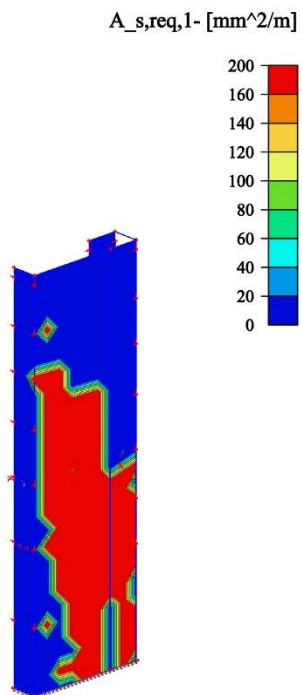
Obrázek 12 - Reakce v patě stěny - tlačená oblast



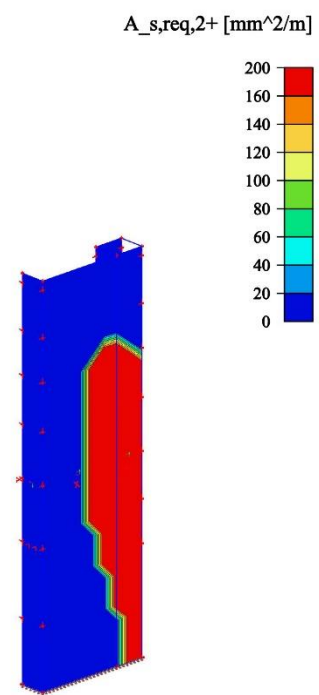
Obrázek 13 - Vnitřní síly - směr X



Obrázek 14 - Vnitřní síly - směr Y



Obrázek 15 - Návrh výztuže – vodorovný směr X



Obrázek 16 - Návrh výztuže – svislý směr Y



**SVISLÁ (NOSNÁ) VÝZTUŽ**

$$A_{s,min} = 0,002A_c = 0,002 * 1000 * 200 = 400 \text{ mm}^2/m$$

Minimální požadovaná plocha svislé výztuže při jednom povrchu je  $400 \text{ mm}^2/m'$  stěny. Dle výše uvedeného návrhu výztuže z programu SCIA Engineer je její požadovaná plocha v tahově nejvíce namáhaných místech stěny  $200 \text{ mm}^2/m'$ . V tlačené oblasti je namáhání zcela schopen přenést beton. S ohledem na konstrukční zásady a minimální plochu výztuže při jednom povrchu je tedy navrženo:

**$452 \text{ mm}^2/m' = 4\text{Ø}12$  do 1m stěny při jednom povrchu po 125 mm**

**VODOROVNÁ VÝZTUŽ**

$$\begin{aligned} A_{s,min} &= \max\{0,25A_{s,v}; 0,001A_c\} = \max\{0,25 * 452; 0,001 * 1000 * 200\} \\ &= \max\{113; 400\} = 400 \text{ mm}^2/m' \end{aligned}$$

Minimální požadovaná plocha vodorovné výztuže při jednom povrchu je  $400 \text{ mm}^2/m'$  stěny. Dle výše uvedeného návrhu výztuže z programu SCIA Engineer je její požadovaná plocha v tahově nejvíce namáhaných místech stěny  $200 \text{ mm}^2/m'$ . V tlačené oblasti je namáhání zcela schopen přenést beton. S ohledem na konstrukční zásady a minimální plochu výztuže při jednom povrchu je tedy navrženo:

**$452 \text{ mm}^2/m' = 4\text{Ø}12$  do 1m stěny při jednom povrchu po 125 mm**

**3. Návrh a posouzení hlavní nosné konstrukce****3.1 Posouzení trapézových plechů****3.1.1 Trapézové plechy stropů – v poli**

Délka pole (vzdálenost stropnic): 2,0 m

ZATÍŽENÍ: (uvažuje se šířka 1 m)

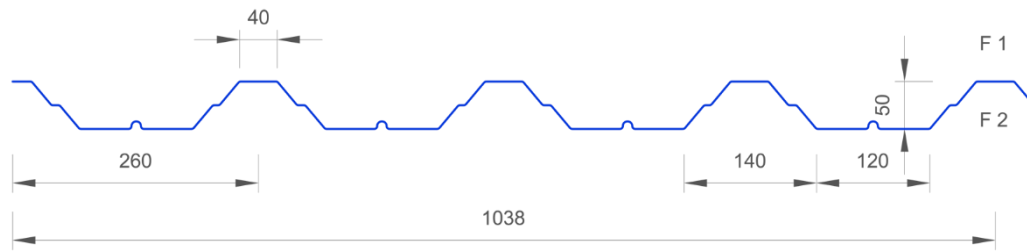
Uvažováno: 1. STÁLÉ (vrstva betonu + vl. tíha trapézového plechu):  $g_d = 2,23 \text{ kN/m}^2$

2. NAHODILÉ – MONTÁŽNÍ STAV – uvnitř pracovní plochy 3x3m:  $q_d = 2,25 \text{ kN/m}^2$

- vně pracovní plochy:  $q_d = 1,125 \text{ kN/m}^2$

## NÁVRH:

Navržen trapézový plech: TR 50/260/1.0, ocel S320GD

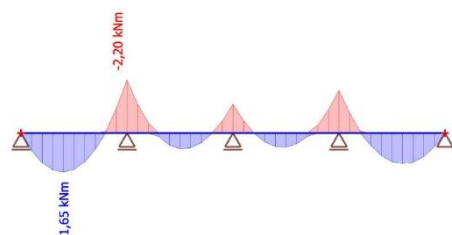
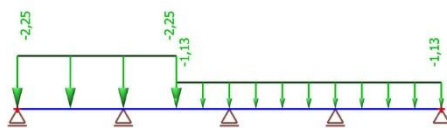
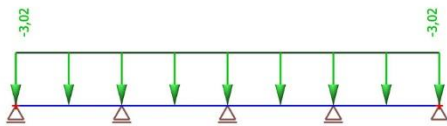


		Plný průřez		Efektivní průřez			
t [mm]	G [kg/m <sup>2</sup> ]	A <sub>g</sub> [mm <sup>2</sup> ]	I <sub>y,g</sub> [mm <sup>4</sup> ]	W <sub>y,eff</sub> <sup>+</sup> [mm <sup>3</sup> ]	W <sub>y,eff</sub> <sup>-</sup> [mm <sup>3</sup> ]	I <sub>y,eff</sub> <sup>+</sup> [mm <sup>3</sup> ]	I <sub>y,eff</sub> <sup>-</sup> [mm <sup>3</sup> ]
1,0	10,74	1304	10 <sup>^</sup> 6 0,452	10 <sup>^</sup> 3 14,54	10 <sup>^</sup> 3 14,80	10 <sup>^</sup> 6 0,429	10 <sup>^</sup> 6 0,447

## POSOUZENÍ V MONTÁŽNÍM STAVU:

### 1. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

ZATÍŽENÍ:



stálé:  $g_d = 3,02 \text{ kN/m}^2$

uvnitř pracovní plochy 3x3m:  $q_d = 2,25 \text{ kN/m}^2$

vně pracovní plochy:  $q_d = 1,125 \text{ kN/m}^2$

POSOUZENÍ:

$$M_{Ed} = 2,2 \text{ kNm}$$

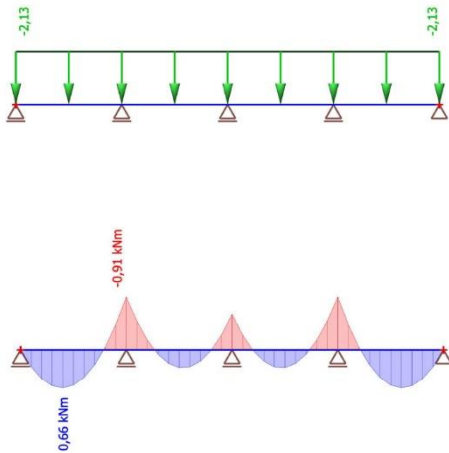
$$M_{Rd} = \frac{W_{eff,min}^- \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{14800 \cdot 320 \cdot 10^{-6}}{1,0} = 4,736 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$2,2 \text{ kNm} < 4,736 \text{ kNm} \Rightarrow$  Navržený profil TR 50/260/1.0 VYHOVUJE

## 2. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI (průhyb od čerstvého betonu)

ZATÍŽENÍ:



$$g_k = 2,13 \text{ kN/m}^2$$

POSOUZENÍ:

$$M_1 = 0,91 \text{ kNm}$$

$$\delta = \frac{1}{E \cdot I} \cdot \left( \frac{5}{384} \cdot g_k \cdot L^4 - \frac{1}{16} \cdot M_1 \cdot L^2 \right) =$$

$$= \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot 447000} \cdot \left( \frac{5}{384} \cdot 2,13 \cdot 2000^4 - \frac{1}{16} \cdot 0,91 \cdot 10^6 \cdot 2000^2 \right) = 2,3 \text{ mm}$$

$$\delta \leq \frac{L}{250}$$

$$2,3 \text{ mm} \leq \frac{2000}{250} = 8 \text{ mm} \Rightarrow \text{rybníkový efekt není nutno uvažovat}$$

*Navržený profil TR 50/260/1.0 VYHOVUJE*

3.1.2 Trapézové plechy stropů – u otvoru (atria)

Délka pole (vzdálenost stropnic): 2,5 m

ZATÍŽENÍ: (uvažuje se šířka 1 m)

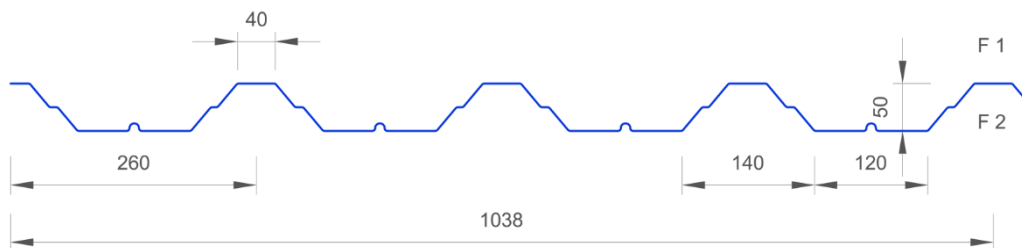
Uvažováno: 1. STÁLÉ (vrstva betonu + vl. tíha trapezového plechu):  $g_d = 2,23 \text{ kN/m}^2$

2. NAHODILÉ – MONTÁŽNÍ STAV – uvnitř pracovní plochy 3x3m:  $q_d = 2,25 \text{ kN/m}^2$

- vně pracovní plochy:  $q_d = 1,125 \text{ kN/m}^2$

**NÁVRH:**

Navržen trapezový plech: TR 50/260/1,25, ocel S320GD

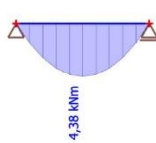
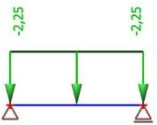
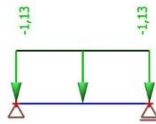
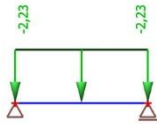


		Plný průřez		Efektivní průřez			
t [mm]	G [kg/m <sup>2</sup> ]	A <sub>g</sub> [mm <sup>2</sup> ]	I <sub>y,g</sub> [mm <sup>4</sup> ]	W <sub>y,eff</sub> <sup>+</sup> [mm <sup>3</sup> ]	W <sub>y,eff</sub> <sup>-</sup> [mm <sup>3</sup> ]	I <sub>y,eff</sub> <sup>+</sup> [mm <sup>3</sup> ]	I <sub>y,eff</sub> <sup>-</sup> [mm <sup>3</sup> ]
1,25	14,26	1730	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>
			0,599	19,51	19,94	0,599	0,599

## POSOUZENÍ V MONTÁŽNÍM STAVU:

### 1. MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

ZATÍŽENÍ:



stále:  $g_d = 3,02 \text{ kN/m}^2$

uvnitř pracovní plochy  $3 \times 3 \text{ m}$ :  $q_d = 2,25 \text{ kN/m}^2$

vně pracovní plochy:  $q_d = 1,125 \text{ kN/m}^2$

POSOUZENÍ:

$M_{Ed} = 4,38 \text{ kNm}$

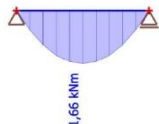
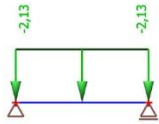
$$M_{Rd} = \frac{W_{eff,min}^+ \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{19510 \cdot 320 \cdot 10^{-6}}{1,0} = 6,243 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$4,38 \text{ kNm} < 6,24 \text{ kNm} \Rightarrow \text{Navržený profil TR 50/260/1.25 VYHOVUJE}$

## 2. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI (průhyb od čerstvého betonu)

ZATÍŽENÍ:



$$g_k = 2,13 \text{ kN/m}^2$$

POSOUZENÍ:

$$M_1 = 1,66 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{1}{E \cdot I} \cdot \left( \frac{5}{384} \cdot g_k \cdot L^4 - \frac{1}{16} \cdot M_1 \cdot L^2 \right) = \\ &= \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot 599000} \cdot \left( \frac{5}{384} \cdot 2,13 \cdot 2500^4 - \frac{1}{16} \cdot 1,66 \cdot 10^6 \cdot 2500^2 \right) = 3,46 \text{ mm} \end{aligned}$$

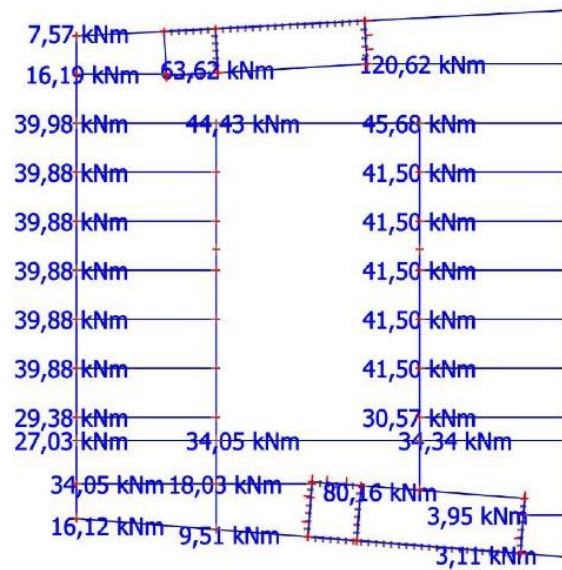
$$\delta \leq \frac{L}{250}$$

$$3,46 \text{ mm} \leq \frac{2500}{250} = 10 \text{ mm} \Rightarrow \text{rybníkový efekt není nutno uvažovat}$$

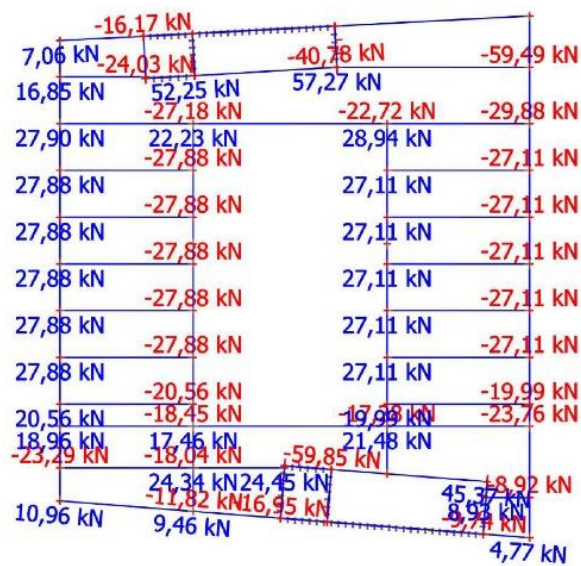
*Navržený profil TR 50/260/1.25 VYHOVUJE*

### 3.2 Návrh a posouzení stropnic

#### 3.2.1 Stropnice střešní desky



Obrázek 17 – Střešní deska –  $M_y$



Obrázek 18 -Střešní deska –  $V_z$

### 3.2.1.1 Stropnice 1

- stropnice s největším rozpětím 8,25 m,  $M_y = 120,62$  kNm,  $V_z = 59,49$  kN

#### Návrh nosníku a průřezové charakteristiky

<b>Profil</b>	<b>IPE 240</b>	<b>Ocel</b>	<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355$	MPa
		<b>Beton</b>	<b>C 25/30</b>	$f_{ck} = 25$	MPa
$A =$	3911,62 mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0} =$	1,00	$E_{cm} = 31000$	MPa
$A_{vz} =$	1914,00 mm <sup>2</sup>	$\gamma_c =$	1,50	$E'_{cm} = 15500$	MPa
$W_{pl,y} =$	366645,33 mm <sup>3</sup>			$E_a = 210000$	MPa
$g =$	30,71 kg/m			$n = 13,548$	
$h =$	240 mm				
$H =$	360				
$I_y =$	38916214,51 mm <sup>4</sup>				
<b>Plech</b>	<b>TR 50/260</b>				
š. žebra	260 mm				
$h_d =$	70 mm				

#### Posouzení nosníku v montážním stavu

##### 1. Zatížení

$$g_k = 7,283 \text{ kN/m}$$

$$q_k = 5,198 \text{ kN/m}$$

$$g_d = (g_{k,c} + g_{k,TR} + g_{vl.tiha \ nosniku}) \cdot Z\check{S} \cdot \gamma_G$$

$$q_d = (q_{k,beton} + g_{montaznici}) \cdot Z\check{S} \cdot \gamma_Q$$

$$f_d = g_d + q_d$$

$$f_d = 12,481 \text{ kN/m}$$

##### 2. Vnitřní síly

$$V_{pl,Ed} = \frac{1}{2} f_d \cdot L$$

$$V_{pl,Ed} = 51,483 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Ed} = \frac{1}{8} f_d \cdot L^2$$

$$M_{pl,Ed} = 106,184 \text{ kNm}$$

##### 3. Návrhová únosnost ve smyku

$$V_{Rd} = A_{vz} \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \sqrt{3}}$$

$$V_{Rd} = 392,292 \text{ kN}$$

##### 4. Návrhová momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,Rd} = 130,159 \text{ kNm}$$

##### 5. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

<b>392,29 kN</b>	<b>≥</b>	<b>51,48 kN</b>	<b>VYHOVUJE</b>
------------------	----------	-----------------	-----------------

##### 6. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed}$$

<b>130,16 kNm</b>	<b>≥</b>	<b>106,18 kNm</b>	<b>VYHOVUJE</b>
-------------------	----------	-------------------	-----------------

##### 7. Návrhový průhyb

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot l^4}{E \cdot I_y}$$

$$\delta = 65,39 \text{ mm}$$

##### 8. Maximální průhyb stropnice

$$\delta_{max} = \frac{l}{250}$$

$$\delta_{max} = 33,00 \text{ mm}$$

##### 9. Posouzení MSÚ - průhyb

$$\delta \leq \delta_{max}$$

<b>65,39 mm</b>	<b>≤</b>	<b>33,00 mm</b>	<b>NEVYHOVUJE</b>
-----------------	----------	-----------------	-------------------

STROPNÍCI NUTNO V MONTÁŽNÍM STAVU PODEPŘÍT



### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSÚ

#### 1. Vnitřní síly

$$V_{Ed} = 59,49 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 120,62 \text{ kNm}$$

#### 2. Geometrie

Vzdálenost mezi stropnicemi

$$L_1 = 2,20 \text{ m}$$

$$L_2 = 2,42 \text{ m}$$

Délka nosníku

$$L = 8,25 \text{ m}$$

#### 3. Efektivní šířka, poloha N.O.

předpoklad: neutrální osa leží v železobetonové desce

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_1 + L_2}{2}; \frac{0,8 \cdot L}{4}\right) \quad b_{eff} = 1,65 \text{ m}$$

$$b_{eff} \cdot x \cdot \frac{0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \Rightarrow x = \frac{A \cdot f_{yk} \cdot \gamma_c}{\gamma_{M0} \cdot 0,85 \cdot b_{eff} \cdot f_{ck}}$$

$$x = 59,41 \text{ mm} \leq 70,00 \text{ mm} \quad \text{N.O. JE V ŽB DESCE}$$

$$z = H - \frac{h}{2} - \frac{x}{2} \quad z = 210,297 \text{ mm}$$

#### 4. Návrhový moment

$$M_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \cdot z \quad M_{pl,Rd} = 292,02 \text{ kNm}$$

#### 5. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad \boxed{292,02 \text{ kNm} \geq 120,62 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

#### 6. Návrhová únosnost ve smyku

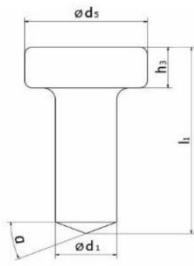
$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \quad V_{pl,Rd} = 392,29 \text{ kN}$$

#### 7. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad \boxed{392,29 \text{ kN} \geq 59,49 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

**Návrh úplného spřažení nosníku s ocelo-betonovou deskou**

Spřahovací trny



$d=d_1=$	25 mm
$l_1=$	100 mm
$d_5=$	41 mm
$h_3=$	12 mm
$\alpha=$	22,5°

$f_u=$	340 Mpa
po přivaření se trn zkrátí cca o 5 mm	
$h_{sc}=$	95 mm
$\gamma_v=$	1,25
$n_r=$	1 ks
$b_0=$	120 mm
$h_p=$	50 mm

**1. Únosnost trnu v plné desce**

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} P_{Rk,1} = 133,450 \text{ kN} \\ P_{Rk,2} = 159,562 \text{ kN} \end{array} \quad P_{Rk} = 133,450 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 \text{ pro } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} \frac{l}{d} = 3,800 \\ \alpha = 1 \\ P_{rd} = 106,760 \text{ kN} \end{array}$$

**2. Redukovaná únosnost v žebrové desce**

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_t \quad P_{rd,r} = 106,760 \text{ kN}$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \quad \begin{array}{l} k_{t1} = 1,512 \\ k_t = 1 \end{array}$$

**3. Návrh počtu trnů**

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{ef} = N_c = N_a = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad N_{ef} = 1388,626 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na polovině nosníku

$$n_f = \frac{N_{ef}}{P_{rd,r}} \quad n_f = 13 \text{ ks}$$

Maximální množství trnů na polovině nosníku

$$\frac{L}{2} = 4125 \text{ mm} \rightarrow \frac{\frac{L}{2}}{\text{š. žebra}} = 15 \text{ trnů}$$

potřebný počet trnů ≤ maximální možný počet trnů  
13 ≤ 15

**VYHOVUJE**

## Posouzení průřezu v provozním stavu na MSP

### 1. Průřezové charakteristiky ideálního průřezu

Plocha

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} \quad A_i = 12436,622 \text{ mm}^2$$

Těžiště

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} \quad z_i = 260,522 \text{ mm}$$

$$A_c = 115500 \text{ mm}^2$$

$$z_c = 325 \text{ mm}$$

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

Moment setrvačnosti

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left( \frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) \quad I_i = 152770916,303 \text{ mm}^4$$

$$r_a = z_i - z_a \quad r_a = 140,522 \text{ mm}$$

$$r_c = z_c - z_i \quad r_c = 64,478 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^2 \cdot h_d \quad I_c = 15881250 \text{ mm}^4$$

### 2. Napětí v průřezu

Zatížení

$$g_k = 6,313 \text{ kN/m} \quad \text{stálé} \quad \text{skladba střechy} \quad 2,6 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 2,580 \text{ kN/m} \quad \text{proměnné} \quad \text{vítr} \quad 0,417 \text{ kN/m}^2$$

$$f_k = g_k + q_k \quad \text{sníh} \quad 0,7 \text{ kN/m}^2$$

$$f_k = 8,893 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = \frac{1}{8} \cdot f_k \cdot L^2 \quad M_{Ek} = 75,663 \text{ kNm}$$

Napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot z_d$$

$$z_d = 260,52 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a,max} = 129,029 \text{ Mpa} \leq f_{yd} = 355 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

Napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot z_h$$

$$z_h = 99,48 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,max} = 3,636 \text{ Mpa} \leq 0,85f_{ck} = 21,25 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

### 3. Celkový průhyb

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E \cdot I_i} \leq \frac{L}{250}$$

$\delta_2 =$	<b>4,851 mm</b>	$\leq$	$\delta_{max} =$	<b>33,000 mm</b>	<b>VYHOVUJE</b>
--------------	-----------------	--------	------------------	------------------	-----------------

### 3.2.1.2 Stropnice 2

- stropnice se středním rozpětím 6,10 m,  $M_y = 45,60$  kNm,  $V_z = 29,88$  kN

#### Návrh nosníku a průřezové charakteristiky

<b>Profil</b>	<b>IPE 180</b>	<b>Ocel</b>	<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355$	MPa
		<b>Beton</b>	<b>C 25/30</b>	$f_{ck} = 25$	MPa
$A =$	2394,73	$V_{M0} =$	1,00	$E_{cm} = 31000$	MPa
$A_{vz} =$	1125,00	$V_c =$	1,50	$E'_{cm} = 15500$	MPa
$W_{pl,y} =$	166414,96			$E_s = 210000$	MPa
$g =$	18,80			$n = 13,548$	
$h =$	180				
$H =$	300				
$I_y =$	13169581,74				
<b>Plech</b>	<b>TR 50/260</b>				
š. žebra	260				
$h_d =$	70				

#### Posouzení nosníku v montážním stavu

##### 1. Zatížení

$g_k =$	6,862	kN/m
$q_k =$	4,973	kN/m

$$g_d = (g_{k,c} + g_{k,TR} + g_{vl.tiha\ nosniku}) \cdot Z\check{S} \cdot \gamma_G$$

$$q_d = (q_{k,beton} + g_{montážníci}) \cdot Z\check{S} \cdot \gamma_Q$$

$$f_d = g_d + q_d$$

$$f_d = 11,835 \text{ kN/m}$$

##### 2. Vnitřní síly

$$V_{pl,Ed} = \frac{1}{2} f_d \cdot L$$

$$V_{pl,Ed} = 36,096 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Ed} = \frac{1}{8} f_d \cdot L^2$$

$$M_{pl,Ed} = 55,046 \text{ kNm}$$

##### 3. Návrhová únosnost ve smyku

$$V_{Rd} = A_{vz} \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \sqrt{3}}$$

$$V_{Rd} = 230,579 \text{ kN}$$

##### 4. Návrhová momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,Rd} = 59,077 \text{ kNm}$$

##### 5. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$230,58 \text{ kN}$$

$$\geq$$

$$36,10 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

##### 6. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed}$$

$$59,08 \text{ kNm}$$

$$\geq$$

$$55,05 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

##### 7. Návrhový průhyb

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot L^4}{E \cdot I_y}$$

$$\delta = 54,75 \text{ mm}$$

##### 8. Maximální průhyb stropnice

$$\delta_{max} = \frac{l}{250}$$

$$\delta_{max} = 24,40 \text{ mm}$$

##### 9. Posouzení MSÚ - průhyb

$$\delta \leq \delta_{max}$$

$$54,75 \text{ mm}$$

$$\leq$$

$$24,40 \text{ mm}$$

NEVYHOVUJE

STROPNICE NUTNO V MONTÁŽNÍM STAVU PODEPŘÍT

### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSÚ

#### 1. Vnitřní síly

$$V_{Ed} = 29,88 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 45,60 \text{ kNm}$$

#### 2. Geometrie

Vzdálenost mezi stropnicemi

$$L_1 = 2,00 \text{ m}$$

$$L_2 = 2,42 \text{ m}$$

Délka nosníku

$$L = 6,1 \text{ m}$$

#### 3. Efektivní šířka, poloha N.O.

předpoklad: neutrální osa leží v železobetonové desce

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_1 + L_2}{2}; \frac{0,8 \cdot L}{4}\right) \quad b_{eff} = 1,22 \text{ m}$$

$$b_{eff} \cdot x \cdot \frac{0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \Rightarrow x = \frac{A \cdot f_{yk} \cdot \gamma_c}{\gamma_{M0} \cdot 0,85 \cdot b_{eff} \cdot f_{ck}}$$

$$x = 49,19 \text{ mm} \leq 70,00 \text{ mm} \quad \text{N.O. JE V ŽB DESCE}$$

$$z = H - \frac{h}{2} - \frac{x}{2} \quad z = 185,406 \text{ mm}$$

#### 4. Návrhový moment

$$M_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \cdot z \quad M_{pl,Rd} = 157,62 \text{ kNm}$$

#### 5. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad \boxed{157,62 \text{ kNm} \geq 45,6 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

#### 6. Návrhová únosnost ve smyku

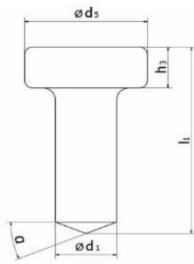
$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \quad V_{pl,Rd} = 230,58 \text{ kN}$$

#### 7. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad \boxed{230,58 \text{ kN} \geq 29,88 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

**Návrh úplného spřažení nosníku s ocelo-betonovou deskou**

Spřahovací trny



$d=d_1=$	25 mm
$l_1=$	100 mm
$d_5=$	41 mm
$h_3=$	12 mm
$\alpha=$	22,5°

$f_u=$	340 Mpa
po přivaření se trn zkrátí cca o 5 mm	
$h_{sc}=$	95 mm
$\gamma_v=$	1,25
$n_r=$	1 ks
$b_0=$	120 mm
$h_p=$	50 mm

**1. Únosnost trnu v plné desce**

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} P_{Rk,1}= 133,450 \text{ kN} \\ P_{Rk,2}= 159,562 \text{ kN} \end{array} \quad P_{Rk}= 133,450 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 \text{ pro } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} \frac{l}{d} = 3,800 \\ \alpha = 1 \\ P_{rd} = 106,760 \text{ kN} \end{array}$$

**2. Redukovaná únosnost v žebrové desce**

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_t \quad P_{rd,r} = 106,760 \text{ kN}$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \quad \begin{array}{l} k_{t1} = 1,512 \\ k_t = 1 \end{array}$$

**3. Návrh počtu trnů**

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{ef} = N_c = N_a = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad N_{ef} = 850,130 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na polovině nosníku

$$n_f = \frac{N_{ef}}{P_{rd,r}} \quad n_f = 8 \text{ ks}$$

Maximální množství trnů na polovině nosníku

$$\frac{L}{2} = 3050 \text{ mm} \rightarrow \frac{\frac{L}{2}}{\text{š. žebra}} = 11 \text{ trnů}$$

$$\text{potřebný počet trnů} \leq \text{maximální možný počet trnů}$$

$$8 \leq 11$$

**VYHOVUJE**

## Posouzení průřezu v provozním stavu na MSP

### 1. Průřezové charakteristiky ideálního průřezu

Plocha

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} \quad A_i = 8698,064 \text{ mm}^2$$

Těžiště

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} \quad z_i = 216,819 \text{ mm}$$

$$A_c = 85400 \text{ mm}^2$$

$$z_c = 265 \text{ mm}$$

$$z_a = 90 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left( \frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) \quad I_i = 66957633,162 \text{ mm}^4$$

$$r_a = z_i - z_a \quad r_a = 126,819 \text{ mm}$$

$$r_c = z_c - z_i \quad r_c = 48,181 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^2 \cdot h_d \quad I_c = 8682333 \text{ mm}^4$$

### 2. Napětí v průřezu

Zatížení

$$g_k = 5,934 \text{ kN/m} \quad \text{stálé} \quad \text{skladba střechy} \quad 2,6 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 2,469 \text{ kN/m} \quad \text{proměnné} \quad \text{vítr} \quad 0,417 \text{ kN/m}^2$$

$$f_k = g_k + q_k \quad \text{sníh} \quad 0,7 \text{ kN/m}^2$$

$$f_k = 8,403 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = \frac{1}{8} \cdot f_k \cdot L^2 \quad M_{Ek} = 39,082 \text{ kNm}$$

Napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot z_d$$

$$z_d = 216,82 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a,max} = 126,555 \text{ Mpa} \leq f_{yd} = 355 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

Napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot z_h$$

$$z_h = 83,18 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,max} = 3,584 \text{ Mpa} \leq 0,85f_{ck} = 21,25 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

### 3. Celkový průhyb

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E \cdot I_i} \leq \frac{L}{250}$$

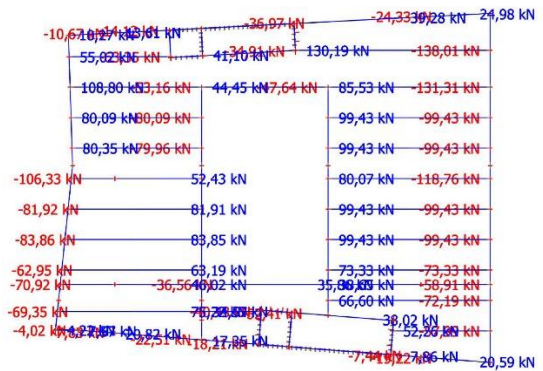
$\delta_2 =$	3,165 mm	$\leq$	$\delta_{max} =$	24,400 mm	VYHOVUJE
--------------	----------	--------	------------------	-----------	----------

### 3.2.2 Stropnice 3.NPa – 7.NP

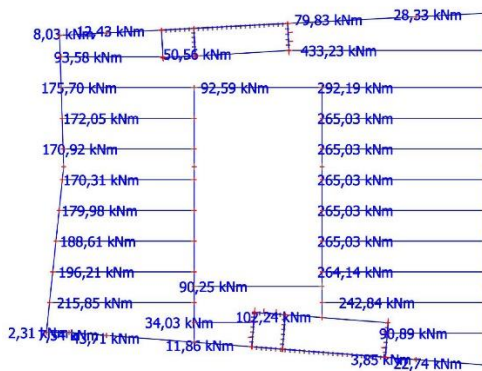
Stropnice jsou navrženy a posouzeny pro výše uvedená podlaží dohromady, jelikož působící zatížení je v jednotlivých patrech totožné. Velikosti navržených průřezů tedy závisí na rozpětí stropnice a její poloze v konstrukci.



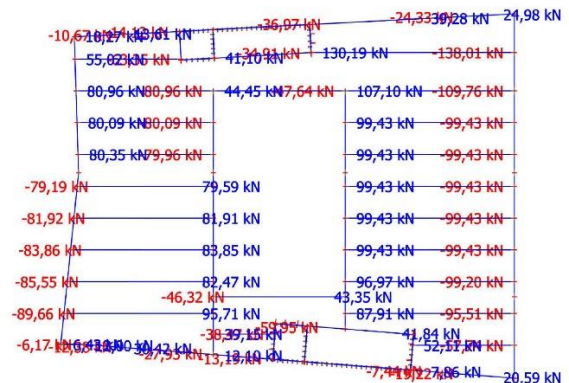
Obrázek 19 - 7.NP - My



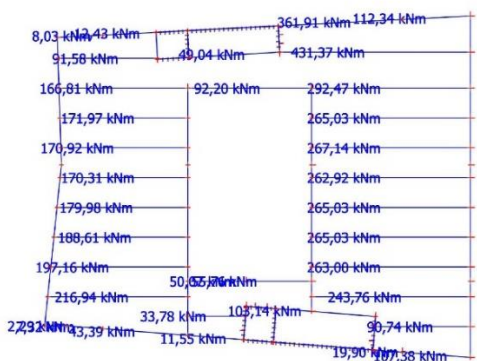
Obrázek 20 - 7.NP - Vz



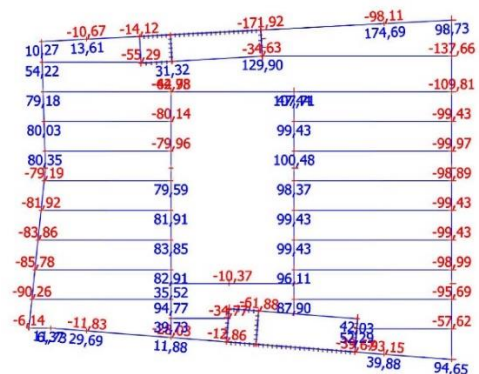
Obrázek 21 - 6.NP, 5.NP, 4.NP - My



Obrázek 22 - 6.NP, 5.NP, 4.NP - Vz

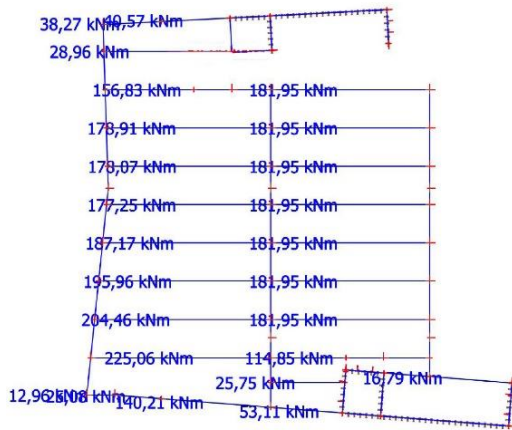


Obrázek 23 - 3.NPb - My

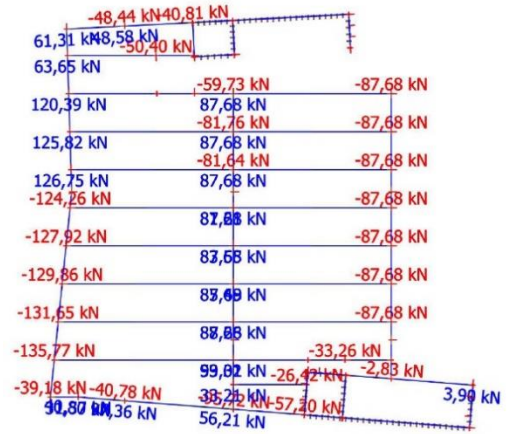


Obrázek 24 - 3.NPb - Vz





Obrázek 25 – 3.NPa –  $M_y$



Obrázek 26 – 3.NPa -  $V_z$

### 3.2.2.1 Stropnice 3

- stropnice s největším rozpětím,  $l = 12,1 \text{ m}$ ,  $M_y = 433,33 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 138,01 \text{ kN}$

#### Návrh nosníku a průřezové charakteristiky

<b>Profil</b>	<b>IPE 330</b>	<b>Ocel</b>	<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355$	MPa
		<b>Beton</b>	<b>C 25/30</b>	$f_{ck} = 25$	MPa
$A =$	6260,62 mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0} =$	1,00	$E_{cm} = 31000$	MPa
$A_{vz} =$	3081,00 mm <sup>2</sup>	$\gamma_c =$	1,50	$E'_{cm} = 15500$	MPa
$W_{pl,y} =$	804330,67 mm <sup>3</sup>			$E_a = 210000$	MPa
$g =$	49,15 kg/m			$n = 13,548$	
$h =$	330 mm				
$H =$	450				
$I_y =$	117668927,28 mm <sup>4</sup>				
<b>Plech</b>	<b>TR 50/260</b>				
š. žebra	260 mm				
$h_d =$	70 mm				

#### Posouzení nosníku v montážním stavu

##### 1. Zatížení

$$g_k = 7,815 \text{ kN/m}$$

$$q_k = 5,456 \text{ kN/m}$$

$$g_d = (g_{k,c} + g_{k,TR} + g_{vl.tiha \text{ nosníku}}) \cdot Z\check{S} \cdot \gamma_G$$

$$q_d = (q_{k,beton} + g_{montážníci}) \cdot Z\check{S} \cdot \gamma_Q$$

$$f_d = g_d + q_d$$

$$f_d = 13,271 \text{ kN/m}$$

##### 2. Vnitřní síly

$$V_{pl,Ed} = \frac{1}{2} f_d \cdot L$$

$$V_{pl,Ed} = 84,936 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Ed} = \frac{1}{8} f_d \cdot L^2$$

$$M_{pl,Ed} = 271,794 \text{ kNm}$$

##### 3. Návrhová únosnost ve smyku

$$V_{Rd} = A_{vz} \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \sqrt{3}}$$

$$V_{Rd} = 631,480 \text{ kN}$$

##### 4. Návrhová momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,Rd} = 285,537 \text{ kNm}$$

##### 5. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

<b>631,48 kN</b>	<b>≥</b>	<b>84,94 kN</b>	<b>VYHOVUJE</b>
------------------	----------	-----------------	-----------------

##### 6. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed}$$

<b>285,54 kNm</b>	<b>≥</b>	<b>271,79 kNm</b>	<b>VYHOVUJE</b>
-------------------	----------	-------------------	-----------------

##### 7. Návrhový průhyb

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot l^4}{E \cdot I_y}$$

$$\delta = 133,33 \text{ mm}$$

##### 8. Maximální průhyb stropnice

$$\delta_{max} = \frac{l}{250}$$

$$\delta_{max} = 51,20 \text{ mm}$$

##### 9. Posouzení MSÚ - průhyb

$$\delta \leq \delta_{max}$$

<b>133,33 mm</b>	<b>≤</b>	<b>51,20 mm</b>	<b>NEVYHOVUJE</b>
------------------	----------	-----------------	-------------------

STROPNICE NUTNO V MONTÁŽNÍM STAVU PODEPŘÍT

### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSÚ

#### 1. Vnitřní síly

$$V_{Ed} = 138,01 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 433,33 \text{ kNm}$$

#### 2. Geometrie

Vzdálenost mezi stropnicemi

$$L_1 = 2,43 \text{ m}$$

$$L_2 = 2,42 \text{ m}$$

Délka nosníku

$$L = 12,8 \text{ m}$$

#### 3. Efektivní šířka, poloha N.O.

předpoklad: neutrálná osa leží v železobetonové desce

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_1 + L_2}{2}; \frac{0,8 \cdot L}{4}\right) \quad b_{eff} = 2,43 \text{ m}$$

$$b_{eff} \cdot x \cdot \frac{0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \Rightarrow x = \frac{A \cdot f_{yk} \cdot \gamma_c}{\gamma_{M0} \cdot 0,85 \cdot b_{eff} \cdot f_{ck}}$$

$$x = 64,69 \text{ mm} \leq 70,00 \text{ mm} \quad \text{N.O. JE V ŽB DESCE}$$

$$z = H - \frac{h}{2} - \frac{x}{2} \quad z = 252,653 \text{ mm}$$

#### 4. Návrhový moment

$$M_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \cdot z \quad M_{pl,Rd} = 561,53 \text{ kNm}$$

#### 5. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad \boxed{561,53 \text{ kNm} \geq 433,33 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

#### 6. Návrhová únosnost ve smyku

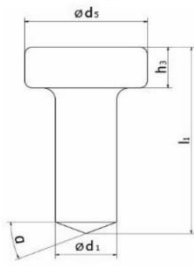
$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \quad V_{pl,Rd} = 631,48 \text{ kN}$$

#### 7. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad \boxed{631,48 \text{ kN} \geq 138,01 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

**Návrh úplného spřažení nosníku s ocelo-betonovou deskou**

Spřahovací trny



$d=d_1=$	25 mm
$l_1=$	100 mm
$d_5=$	41 mm
$h_3=$	12 mm
$\alpha=$	22,5°

$f_u=$	340 Mpa
po přivaření se trn zkrátí cca o 5 mm	
$h_{sc}=$	95 mm
$\gamma_v=$	1,25
$n_r=$	1 ks
$b_0=$	120 mm
$h_p=$	50 mm

**1. Únosnost trnu v plné desce**

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} P_{Rk,1}= 133,450 \text{ kN} \\ P_{Rk,2}= 159,562 \text{ kN} \end{array} \quad P_{Rk}= 133,450 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 \text{ pro } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} \frac{l}{d} = 3,800 \\ \alpha = 1 \\ P_{rd} = 106,760 \text{ kN} \end{array}$$

**2. Redukovaná únosnost v žebrové desce**

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_t \quad P_{rd,r} = 106,760 \text{ kN}$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \quad \begin{array}{l} k_{t1} = 1,512 \\ k_t = 1 \end{array}$$

**3. Návrh počtu trnů**

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{ef} = N_c = N_a = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad N_{ef} = 2222,522 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na polovině nosníku

$$n_f = \frac{N_{ef}}{P_{rd,r}} \quad n_f = 21 \text{ ks}$$

Maximální množství trnů na polovině nosníku

$$\frac{L}{2} = 6400 \text{ mm} \rightarrow \frac{\frac{L}{2}}{\text{š. žebra}} = 24 \text{ trnů}$$

potřebný počet trnů ≤ maximální možný počet trnů  
21 ≤ 24

**VYHOVUJE**

**Posouzení průřezu v provozním stavu na MSP****1. Průřezové charakteristiky ideálního průřezu**

Plocha

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} \quad A_i = 18789,791 \text{ mm}^2$$

Těžiště

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} \quad z_i = 331,702 \text{ mm}$$

$$A_c = 169750 \text{ mm}^2$$

$$z_c = 415 \text{ mm}$$

$$z_a = 165 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left( \frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) \quad I_i = 381115163,394 \text{ mm}^4$$

$$r_a = z_i - z_a \quad r_a = 166,702 \text{ mm}$$

$$r_c = z_c - z_i \quad r_c = 83,298 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^2 \cdot h_d \quad I_c = 34303646 \text{ mm}^4$$

**2. Napětí v průřezu**

Zatížení

$$g_k = 11,064 \text{ kN/m} \quad \text{stálé} \quad \text{skladba podlahy} \quad 4,36 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 5,578 \text{ kN/m} \quad \text{proměnné} \quad \text{užitné obytné prostory} \quad 1,5 \text{ kN/m}^2$$

$$f_k = g_k + q_k \quad \text{přemístitelné příčky} \quad 0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$f_k = 16,642 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = \frac{1}{8} \cdot f_k \cdot L^2 \quad M_{Ek} = 340,827 \text{ kNm}$$

Napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot z_d$$

$$z_d = 331,70 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a,max} = 296,637 \text{ Mpa} \leq f_{yd} = 355 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

Napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot z_h$$

$$z_h = 118,30 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,max} = 7,809 \text{ Mpa} \leq 0,85f_{ck} = 21,25 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

**3. Celkový průhyb**

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E \cdot I_i} \leq \frac{L}{250}$$

$\delta_2 =$	<b>24,358 mm</b>	$\leq$	$\delta_{max} =$	<b>51,200 mm</b>	<b>VYHOVUJE</b>
--------------	------------------	--------	------------------	------------------	-----------------

### 3.2.2.2 Stropnice 4

- stropnice se středním rozpětím,  $l = 10,65 \text{ m}$ ,  $M_y = 292,19 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 109,76 \text{ kN}$

#### Návrh nosníku a průřezové charakteristiky

<b>Profil</b>	<b>IPE 270</b>	<b>Ocel</b>	<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355$	MPa
		<b>Beton</b>	<b>C 25/30</b>	$f_{ck} = 25$	MPa
$A =$	4594,50 mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0} =$	1,00	$E_{cm} = 31000$	MPa
$A_{vz} =$	2214,00 mm <sup>2</sup>	$\gamma_c =$	1,50	$E'_{cm} = 15500$	MPa
$W_{pl,y} =$	483996,82 mm <sup>3</sup>			$E_a = 210000$	MPa
$g =$	36,07 kg/m			$n = 13,548$	
$h =$	270 mm				
$H =$	390				
$I_y =$	57897773,32 mm <sup>4</sup>				
<b>Plech</b>	<b>TR 50/260</b>				
š. žebra	260 mm				
$h_d =$	70 mm				

#### Posouzení nosníku v montážním stavu

##### 1. Zatížení

$g_k =$	7,035 kN/m
$q_k =$	4,973 kN/m

$$g_d = (g_{k,c} + g_{k,TR} + g_{vl.tiha \text{ nosníku}}) \cdot Z\dot{S} \cdot \gamma_G$$

$$q_d = (q_{k,beton} + g_{montážníci}) \cdot Z\dot{S} \cdot \gamma_Q$$

$$f_d = g_d + q_d$$

$$f_d = 12,007 \text{ kN/m}$$

##### 2. Vnitřní síly

$$V_{pl,Ed} = \frac{1}{2} f_d \cdot L$$

$$V_{pl,Ed} = 63,939 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Ed} = \frac{1}{8} f_d \cdot L^2$$

$$M_{pl,Ed} = 170,238 \text{ kNm}$$

##### 3. Návrhová únosnost ve smyku

$$V_{Rd} = A_{vz} \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \sqrt{3}}$$

$$V_{Rd} = 453,780 \text{ kN}$$

##### 4. Návrhová momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,Rd} = 171,819 \text{ kNm}$$

##### 5. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

453,78 kN	≥	63,94 kN	VYHOVUJE
-----------	---	----------	----------

##### 6. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed}$$

171,82 kNm	≥	170,24 kNm	VYHOVUJE
------------	---	------------	----------

##### 7. Návrhový průhyb

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot l^4}{E \cdot I_y}$$

$$\delta = 117,46 \text{ mm}$$

##### 8. Maximální průhyb stropnice

$$\delta_{max} = \frac{l}{250}$$

$$\delta_{max} = 42,60 \text{ mm}$$

##### 9. Posouzení MSÚ - průhyb

$$\delta \leq \delta_{max}$$

117,46 mm	≤	42,60 mm	NEVYHOVUJE
-----------	---	----------	------------

STROPNICE NUTNO V MONTÁŽNÍM STAVU PODEPŘÍT

### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSÚ

#### 1. Vnitřní síly

$$V_{Ed} = 109,76 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 292,19 \text{ kNm}$$

#### 2. Geometrie

Vzdálenost mezi stropnicemi

$$L_1 = 2,00 \text{ m}$$

$$L_2 = 2,42 \text{ m}$$

Délka nosníku

$$L = 10,65 \text{ m}$$

#### 3. Efektivní šířka, poloha N.O.

předpoklad: neutrální osa leží v železobetonové desce

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_1 + L_2}{2}; \frac{0,8 \cdot L}{4}\right) \quad b_{eff} = 2,13 \text{ m}$$

$$b_{eff} \cdot x \cdot \frac{0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \Rightarrow x = \frac{A \cdot f_{yk} \cdot \gamma_c}{\gamma_{M0} \cdot 0,85 \cdot b_{eff} \cdot f_{ck}}$$

$$x = 54,05 \text{ mm} \leq 70,00 \text{ mm} \quad \text{N.O. JE V ŽB DESCE}$$

$$z = H - \frac{h}{2} - \frac{x}{2} \quad z = 227,974 \text{ mm}$$

#### 4. Návrhový moment

$$M_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \cdot z \quad M_{pl,Rd} = 371,84 \text{ kNm}$$

#### 5. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad \boxed{371,84 \text{ kNm} \geq 292,19 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

#### 6. Návrhová únosnost ve smyku

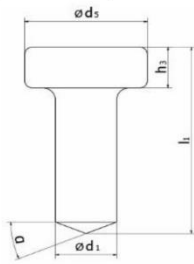
$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \quad V_{pl,Rd} = 453,78 \text{ kN}$$

#### 7. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad \boxed{453,78 \text{ kN} \geq 109,76 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

**Návrh úplného spřažení nosníku s ocelo-betonovou deskou**

Spřahovací trny



$d=d_1=$	25 mm
$l_1=$	100 mm
$d_5=$	41 mm
$h_3=$	12 mm
$\alpha=$	22,5°

$f_u=$	340 Mpa
po přivaření se trn zkrátí cca o 5 mm	
$h_{sc}=$	95 mm
$\gamma_v=$	1,25
$n_r=$	1 ks
$b_0=$	120 mm
$h_p=$	50 mm

**1. Únosnost trnu v plné desce**

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\}$$

$P_{Rk,1}=$	133,450 kN	$P_{Rk}=$	133,450 kN
$P_{Rk,2}=$	159,562 kN		

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 \text{ pro } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \end{array} \right\}$$

$\frac{l}{d}=$	3,800
$\alpha=$	1
$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v}$	$P_{rd}=$ 106,760 kN

**2. Redukovaná únosnost v žebrové desce**

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_t$$

$P_{rd,r}=$	106,760 kN
-------------	------------

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$k_{t1}=$	1,512
$k_t=$	1

**3. Návrh počtu trnů**

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{ef} = N_c = N_a = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$N_{ef}=$	1631,048 kN
-----------	-------------

Potřebný počet trnů na polovině nosníku

$$n_f = \frac{N_{ef}}{P_{rd,r}}$$

$n_f=$	15 ks
--------	-------

Maximální množství trnů na polovině nosníku

$$\frac{L}{2} = 5325 \text{ mm} \rightarrow \frac{\frac{L}{2}}{\text{š. žebra}} = 20 \text{ trnů}$$

potřebný počet trnů ≤ maximální možný počet trnů  
15 ≤ 20

**VYHOVUJE**



## Posouzení průřezu v provozním stavu na MSP

### 1. Průřezové charakteristiky ideálního průřezu

Plocha

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} \quad A_i = 15599,502 \text{ mm}^2$$

Těžiště

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} \quad z_i = 290,204 \text{ mm}$$

$$A_c = 149100 \text{ mm}^2$$

$$z_c = 355 \text{ mm}$$

$$z_a = 135 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left( \frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) \quad I_i = 216729540,902 \text{ mm}^4$$

$$r_a = z_i - z_a \quad r_a = 155,204 \text{ mm}$$

$$r_c = z_c - z_i \quad r_c = 64,796 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^2 \cdot h_d \quad I_c = 26465250 \text{ mm}^4$$

### 2. Napětí v průřezu

Zatížení

$$g_k = 9,996 \text{ kN/m} \quad \text{stálé} \quad \text{skladba podlahy} \quad 4,36 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 5,083 \text{ kN/m} \quad \text{proměnné} \quad \text{užitné obytné prostory} \quad 1,5 \text{ kN/m}^2$$

$$f_k = g_k + q_k \quad \text{přemístitelné příčky} \quad 0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$f_k = 15,079 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = \frac{1}{8} \cdot f_k \cdot L^2 \quad M_{Ek} = 213,791 \text{ kNm}$$

Napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot z_d$$

$$z_d = 290,20 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a,max} = 286,269 \text{ Mpa} \leq f_{yd} = 355 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

Napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot z_h$$

$$z_h = 99,80 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,max} = 7,266 \text{ Mpa} \leq 0,85f_{ck} = 21,25 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

### 3. Celkový průhyb

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E \cdot I_i} \leq \frac{L}{250}$$

$\delta_2 =$	18,708 mm	$\leq$	$\delta_{max} =$	42,600 mm	VYHOVUJE
--------------	-----------	--------	------------------	-----------	----------

### 3.2.2.3 Stropnice 5

- stropnice na malá rozpětí,  $l = 4,75 \text{ m}$ ,  $M_y = 93,58 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 63,35 \text{ kN}$

#### Návrh nosníku a průřezové charakteristiky

<b>Profil</b>	<b>IPE 160</b>	<b>Ocel</b>	<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355$	MPa
		<b>Beton</b>	<b>C 25/30</b>	$f_{ck} = 25$	MPa
$A =$	2009,13	$V_{M0} =$	1,00	$E_{cm} = 31000$	MPa
$A_{vz} =$	966,00	$V_c =$	1,50	$E'_{cm} = 15500$	MPa
$W_{pl,y} =$	123859,65			$E_a = 210000$	MPa
$g =$	15,77			$n = 13,548$	
$h =$	160				
$H =$	280				
$I_y =$	8692922,28				
<b>Plech</b>	<b>TR 50/260</b>				
š. žebra	260				
$h_d =$	70				

#### Posouzení nosníku v montážním stavu

##### 1. Zatížení

$g_k =$	5,443	kN/m
$q_k =$	3,938	kN/m

$$g_d = (g_{k,c} + g_{k,TR} + g_{vltiha\ nosniku}) \cdot ZS \cdot \gamma_G$$

$$q_d = (q_{k,beton} + g_{montaznici}) \cdot ZS \cdot \gamma_Q$$

$$f_d = g_d + q_d$$

$$f_d = 9,380 \text{ kN/m}$$

##### 2. Vnitřní síly

$$V_{pl,Ed} = \frac{1}{2} f_d \cdot L$$

$$V_{pl,Ed} = 22,278 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Ed} = \frac{1}{8} f_d \cdot L^2$$

$$M_{pl,Ed} = 26,455 \text{ kNm}$$

##### 3. Návrhová únosnost ve smyku

$$V_{Rd} = A_{vz} \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \sqrt{3}}$$

$$V_{Rd} = 197,991 \text{ kN}$$

##### 4. Návrhová momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,Rd} = 43,970 \text{ kNm}$$

##### 5. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

<b>197,99 kN</b>	<b>≥</b>	<b>22,28 kN</b>	<b>VYHOVUJE</b>
------------------	----------	-----------------	-----------------

##### 6. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed}$$

<b>43,97 kNm</b>	<b>≥</b>	<b>26,46 kNm</b>	<b>VYHOVUJE</b>
------------------	----------	------------------	-----------------

##### 7. Návrhový průhyb

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot l^4}{E \cdot I_y}$$

$$\delta = 24,17 \text{ mm}$$

##### 8. Maximální průhyb stropnice

$$\delta_{max} = \frac{l}{250}$$

$$\delta_{max} = 19,00 \text{ mm}$$

##### 9. Posouzení MSÚ - průhyb

$$\delta \leq \delta_{max}$$

<b>24,17 mm</b>	<b>≤</b>	<b>19,00 mm</b>	<b>NEVYHOVUJE</b>
-----------------	----------	-----------------	-------------------

STROPNICE NUTNO V MONTÁŽNÍM STAVU PODEPŘÍT

### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSÚ

#### 1. Vnitřní síly

$$V_{Ed} = 63,35 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 93,58 \text{ kNm}$$

#### 2. Geometrie

Vzdálenost mezi stropnicemi

$$L_1 = 1,40 \text{ m}$$

$$L_2 = 2,10 \text{ m}$$

Délka nosníku

$$L = 4,75 \text{ m}$$

#### 3. Efektivní šířka, poloha N.O.

předpoklad: neutrálná osa leží v železobetonové desce

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_1 + L_2}{2}; \frac{0,8 \cdot L}{4}\right) \quad b_{eff} = 0,95 \text{ m}$$

$$b_{eff} \cdot x \cdot \frac{0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \Rightarrow x = \frac{A \cdot f_{yk} \cdot \gamma_c}{\gamma_{M0} \cdot 0,85 \cdot b_{eff} \cdot f_{ck}}$$

$$x = 53,00 \text{ mm} \leq 70,00 \text{ mm} \quad \text{N.O. JE V ŽB DESCE}$$

$$z = H - \frac{h}{2} - \frac{x}{2} \quad z = 173,502 \text{ mm}$$

#### 4. Návrhový moment

$$M_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \cdot z \quad M_{pl,Rd} = 123,75 \text{ kNm}$$

#### 5. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad \boxed{123,75 \text{ kNm} \geq 93,58 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

#### 6. Návrhová únosnost ve smyku

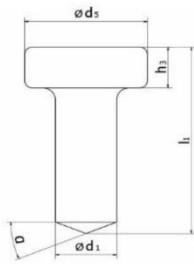
$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \quad V_{pl,Rd} = 197,99 \text{ kN}$$

#### 7. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad \boxed{197,99 \text{ kN} \geq 63,35 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

**Návrh úplného spřažení nosníku s ocelo-betonovou deskou**

Spřahovací trny



$d=d_1=$	25 mm
$l_1=$	100 mm
$d_5=$	41 mm
$h_3=$	12 mm
$\alpha=$	22,5°

$f_u=$	340 Mpa
po přivaření se trn zkrátí cca o 5 mm	
$h_{sc}=$	95 mm
$\gamma_v=$	1,25
$n_r=$	1 ks
$b_0=$	120 mm
$h_p=$	50 mm

**1. Únosnost trnu v plné desce**

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} P_{Rk,1}= 133,450 \text{ kN} \\ P_{Rk,2}= 159,562 \text{ kN} \end{array} \quad P_{Rk}= 133,450 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 \text{ pro } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} \frac{l}{d} = 3,800 \\ \alpha = 1 \\ P_{rd} = 106,760 \text{ kN} \end{array}$$

**2. Redukovaná únosnost v žebrové desce**

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_t \quad P_{rd,r} = 106,760 \text{ kN}$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \quad \begin{array}{l} k_{t1} = 1,512 \\ k_t = 1 \end{array}$$

**3. Návrh počtu trnů**

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{ef} = N_c = N_a = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad N_{ef} = 713,242 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na polovině nosníku

$$n_f = \frac{N_{ef}}{P_{rd,r}} \quad n_f = 7 \text{ ks}$$

Maximální množství trnů na polovině nosníku

$$\frac{L}{2} = 2375 \text{ mm} \rightarrow \frac{\frac{L}{2}}{\text{š. žebra}} = 9 \text{ trnů}$$

$$\text{potřebný počet trnů} \leq \text{maximální možný počet trnů}$$

$$7 \leq 9$$

**VYHOVUJE**

## Posouzení průřezu v provozním stavu na MSP

### 1. Průřezové charakteristiky ideálního průřezu

Plocha

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} \quad A_i = 6917,464 \text{ mm}^2$$

Těžiště

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} \quad z_i = 197,077 \text{ mm}$$

$$A_c = 66500 \text{ mm}^2$$

$$z_c = 245 \text{ mm}$$

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

Moment setrvačnosti

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left( \frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) \quad I_i = 47893251,996 \text{ mm}^4$$

$$r_a = z_i - z_a \quad r_a = 117,077 \text{ mm}$$

$$r_c = z_c - z_i \quad r_c = 47,923 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^2 \cdot h_d \quad I_c = 5264583 \text{ mm}^4$$

### 2. Napětí v průřezu

Zatížení

$$g_k = 7,788 \text{ kN/m} \quad \text{stálé} \quad \text{skladba podlahy} \quad 4,36 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 4,025 \text{ kN/m} \quad \text{proměnné} \quad \text{užitné obytné prostory} \quad 1,5 \text{ kN/m}^2$$

$$f_k = g_k + q_k \quad \text{přemístitelné příčky} \quad 0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$f_k = 11,813 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = \frac{1}{8} \cdot f_k \cdot L^2 \quad M_{Ek} = 33,316 \text{ kNm}$$

Napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot z_d$$

$$z_d = 197,08 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a,max} = 137,091 \text{ Mpa} \leq f_{yd} = 355 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

Napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot z_h$$

$$z_h = 82,92 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,max} = 4,258 \text{ Mpa} \leq 0,85f_{ck} = 21,25 \text{ Mpa}$$

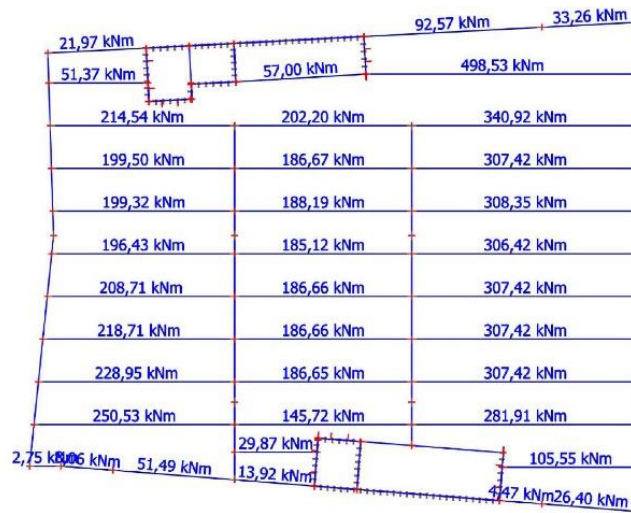
PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

### 3. Celkový průhyb

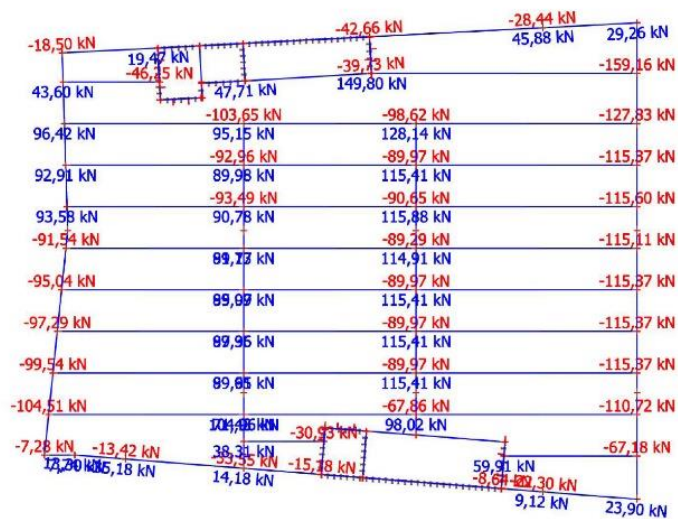
$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E \cdot I_i} \leq \frac{L}{250}$$

$\delta_2 =$	2,653 mm	$\leq$	$\delta_{max} =$	19,000 mm	VYHOVUJE
--------------	----------	--------	------------------	-----------	----------

### 3.2.3 Stropnice 2.NP



Obrázek 27 - 2.NP –  $M_y$



Obrázek 28 - 2.NP –  $V_z$

### 3.2.3.1 Stropnice 6

- stropnice s největším rozpětím,  $l = 12,1 \text{ m}$ ,  $M_y = 498,53 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 159,16 \text{ kN}$

#### Návrh nosníku a průřezové charakteristiky

<b>Profil</b>	<b>IPE 330</b>	<b>Ocel</b>	<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355$	MPa
		<b>Beton</b>	<b>C 25/30</b>	$f_{ck} = 25$	MPa
$A =$	6260,62 mm <sup>2</sup>	$V_{M0} =$	1,00	$E_{cm} = 31000$	MPa
$A_{vz} =$	3081,00 mm <sup>2</sup>	$\nu_c =$	1,50	$E'_{cm} = 15500$	MPa
$W_{pl,y} =$	804330,67 mm <sup>3</sup>			$E_a = 210000$	MPa
$g =$	49,15 kg/m			$n = 13,548$	
$h =$	330 mm				
$H =$	450				
$I_y =$	117668927,28 mm <sup>4</sup>				
<b>Plech</b>	<b>TR 50/260</b>				
š. žebra	260 mm				
$h_d =$	70 mm				

#### Posouzení nosníku v montážním stavu

##### 1. Zatížení

$g_k =$	7,815 kN/m
$q_k =$	5,456 kN/m

$$g_d = (g_{k,c} + g_{k,TR} + g_{vl.tiha \ nosniku}) \cdot ZS \cdot \gamma_G$$

$$q_d = (q_{k,beton} + g_{montaznici}) \cdot ZS \cdot \gamma_Q$$

$$f_d = g_d + q_d$$

$$f_d = 13,271 \text{ kN/m}$$

##### 2. Vnitřní síly

$$V_{pl,Ed} = \frac{1}{2} f_d \cdot L$$

$$V_{pl,Ed} = 80,291 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Ed} = \frac{1}{8} f_d \cdot L^2$$

$$M_{pl,Ed} = 242,880 \text{ kNm}$$

##### 3. Návrhová únosnost ve smyku

$$V_{Rd} = A_{vz} \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \sqrt{3}}$$

$$V_{Rd} = 631,480 \text{ kN}$$

##### 4. Návrhová momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,Rd} = 285,537 \text{ kNm}$$

##### 5. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

631,48 kN

≥

80,29 kN

VYHOVUJE

##### 6. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed}$$

285,54 kNm

≥

242,88 kNm

VYHOVUJE

##### 7. Návrhový průhyb

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot L^4}{E \cdot I_y}$$

$$\delta = 106,47 \text{ mm}$$

##### 8. Maximální průhyb stropnice

$$\delta_{max} = \frac{l}{250}$$

$$\delta_{max} = 48,40 \text{ mm}$$

##### 9. Posouzení MSÚ - průhyb

$$\delta \leq \delta_{max}$$

106,47 mm

≤

48,40 mm

NEVYHOVUJE

STROPNICE NUTNO V MONTÁŽNÍM STAVU PODEPŘÍT

### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSÚ

#### 1. Vnitřní síly

$$V_{Ed} = 159,16 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 498,53 \text{ kNm}$$

#### 2. Geometrie

Vzdálenost mezi stropnicemi

$$L_1 = 2,43 \text{ m}$$

$$L_2 = 2,42 \text{ m}$$

Délka nosníku

$$L = 12,1 \text{ m}$$

#### 3. Efektivní šířka, poloha N.O.

předpoklad: neutrální osa leží v železobetonové desce

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_1 + L_2}{2}; \frac{0,8 \cdot L}{4}\right) \quad b_{eff} = 2,42 \text{ m}$$

$$b_{eff} \cdot x \cdot \frac{0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \Rightarrow x = \frac{A \cdot f_{yk} \cdot \gamma_c}{\gamma_{M0} \cdot 0,85 \cdot b_{eff} \cdot f_{ck}}$$

$$x = 64,83 \text{ mm} \leq 70,00 \text{ mm} \quad \text{N.O. JE V ŽB DESCE}$$

$$z = H - \frac{h}{2} - \frac{x}{2} \quad z = 252,586 \text{ mm}$$

#### 4. Návrhový moment

$$M_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \cdot z \quad M_{pl,Rd} = 561,38 \text{ kNm}$$

#### 5. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad \boxed{561,38 \text{ kNm} \geq 498,53 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

#### 6. Návrhová únosnost ve smyku

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \quad V_{pl,Rd} = 631,48 \text{ kN}$$

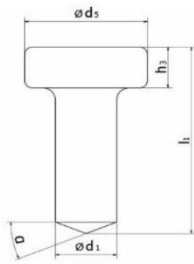
#### 7. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad \boxed{631,48 \text{ kN} \geq 159,16 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$



**Návrh úplného spřažení nosníku s ocelo-betonovou deskou**

Spřahovací trny



$d=d_1=$	25 mm
$l_1=$	100 mm
$d_5=$	41 mm
$h_3=$	12 mm
$\alpha=$	22,5°

$f_u=$	340 Mpa
po přivaření se trn zkrátí cca o 5 mm	
$h_{sc}=$	95 mm
$\gamma_v=$	1,25
$n_r=$	1 ks
$b_0=$	120 mm
$h_p=$	50 mm

**1. Únosnost trnu v plné desce**

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} P_{Rk,1}= 133,450 \text{ kN} \\ P_{Rk,2}= 159,562 \text{ kN} \end{array} \quad P_{Rk}= 133,450 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 \text{ pro } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} \frac{l}{d} = 3,800 \\ \alpha = 1 \\ P_{rd} = 106,760 \text{ kN} \end{array}$$

**2. Redukovaná únosnost v žebrové desce**

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_t \quad P_{rd,r} = 106,760 \text{ kN}$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \quad \begin{array}{l} k_{t1} = 1,512 \\ k_t = 1 \end{array}$$

**3. Návrh počtu trnů**

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{ef} = N_c = N_a = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad N_{ef} = 2222,522 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na polovině nosníku

$$n_f = \frac{N_{ef}}{P_{rd,r}} \quad n_f = 21 \text{ ks}$$

Maximální množství trnů na polovině nosníku

$$\frac{L}{2} = 6050 \text{ mm} \rightarrow \frac{\frac{L}{2}}{\text{š. žebra}} = 23 \text{ trnů}$$

$$\text{potřebný počet trnů} \leq \text{maximální možný počet trnů}$$

$$21 \leq 23$$

**VYHOVUJE**

## Posouzení průřezu v provozním stavu na MSP

### 1. Průřezové charakteristiky ideálního průřezu

Plocha

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} \quad A_i = 18763,957 \text{ mm}^2$$

Těžiště

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} \quad z_i = 331,587 \text{ mm}$$

$$A_c = 169400 \text{ mm}^2$$

$$z_c = 415 \text{ mm}$$

$$z_a = 165 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left( \frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) \quad I_i = 380925239,436 \text{ mm}^4$$

$$r_a = z_i - z_a \quad r_a = 166,587 \text{ mm}$$

$$r_c = z_c - z_i \quad r_c = 83,413 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^2 \cdot h_d \quad I_c = 34162333 \text{ mm}^4$$

### 2. Napětí v průřezu

Zatížení

$$g_k = 11,064 \text{ kN/m} \quad \text{stálé} \quad \text{skladba podlahy} \quad 4,36 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 8,003 \text{ kN/m} \quad \text{proměnné} \quad \text{užitné kancelářské prostory} \quad 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$f_k = g_k + q_k \quad \text{přemístitelné příčky} \quad 0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$f_k = 19,067 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = \frac{1}{8} \cdot f_k \cdot L^2 \quad M_{Ek} = 348,949 \text{ kNm}$$

Napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot z_d$$

$$z_d = 331,59 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a,max} = 303,753 \text{ Mpa} \leq f_{yd} = 355 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

Napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot z_h$$

$$z_h = 118,41 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,max} = 8,006 \text{ Mpa} \leq 0,85f_{ck} = 21,25 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

### 3. Celkový průhyb

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E \cdot I_i} \leq \frac{L}{250}$$

$\delta_2 =$	27,922 mm	$\leq$	$\delta_{max} =$	48,400 mm	VYHOVUJE
--------------	-----------	--------	------------------	-----------	----------

### 3.2.3.2 Stropnice 7

- stropnice se středním rozpětím,  $l = 10,65 \text{ m}$ ,  $M_y = 340,92 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 128,14 \text{ kN}$

#### Návrh nosníku a průřezové charakteristiky

<b>Profil</b>	<b>IPE 270</b>	<b>Ocel</b>	<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355$	MPa
		<b>Beton</b>	<b>C 25/30</b>	$f_{ck} = 25$	MPa
$A =$	4594,50 mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0} =$	1,00	$E_{cm} = 31000$	MPa
$A_{vz} =$	2214,00 mm <sup>2</sup>	$\gamma_c =$	1,50	$E'_{cm} = 15500$	MPa
$W_{pl,y} =$	483996,82 mm <sup>3</sup>			$E_s = 210000$	MPa
$g =$	36,07 kg/m			$n = 13,548$	
$h =$	270 mm				
$H =$	390				
$I_y =$	57897773,32 mm <sup>4</sup>				
<b>Plech</b>	<b>TR 50/260</b>				
š. žebra	260 mm				
$h_d =$	70 mm				

#### Posouzení nosníku v montážním stavu

##### 1. Zatížení

$g_k =$	6,401 kN/m
$q_k =$	4,500 kN/m

$$g_d = (g_{k,c} + g_{k,TR} + g_{vltiha\ nosniku}) \cdot ZS \cdot \gamma_G$$

$$q_d = (q_{k,beton} + g_{montaznici}) \cdot ZS \cdot \gamma_Q$$

$$f_d = g_d + q_d$$

$$f_d = 10,901 \text{ kN/m}$$

##### 2. Vnitřní síly

$$V_{pl,Ed} = \frac{1}{2} f_d \cdot L$$

$$V_{pl,Ed} = 58,046 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Ed} = \frac{1}{8} f_d \cdot L^2$$

$$M_{pl,Ed} = 154,548 \text{ kNm}$$

##### 3. Návrhová únosnost ve smyku

$$V_{Rd} = A_{vz} \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \sqrt{3}}$$

$$V_{Rd} = 453,780 \text{ kN}$$

##### 4. Návrhová momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,Rd} = 171,819 \text{ kNm}$$

##### 5. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

453,78 kN	≥	58,05 kN	VYHOVUJE
-----------	---	----------	----------

##### 6. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed}$$

171,82 kNm	≥	154,55 kNm	VYHOVUJE
------------	---	------------	----------

##### 7. Návrhový průhyb

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot l^4}{E \cdot I_y}$$

$$\delta = 106,65 \text{ mm}$$

##### 8. Maximální průhyb stropnice

$$\delta_{max} = \frac{l}{250}$$

$$\delta_{max} = 42,60 \text{ mm}$$

##### 9. Posouzení MSÚ - průhyb

$$\delta \leq \delta_{max}$$

106,65 mm	≤	42,60 mm	NEVYHOVUJE
-----------	---	----------	------------

STROPNICE NUTNO V MONTÁŽNÍM STAVU PODEPŘÍT

### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSÚ

#### 1. Vnitřní síly

$$V_{Ed} = 128,14 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 340,92 \text{ kNm}$$

#### 2. Geometrie

Vzdálenost mezi stropnicemi

$$L_1 = 2,00 \text{ m}$$

$$L_2 = 2,00 \text{ m}$$

Délka nosníku

$$L = 10,65 \text{ m}$$

#### 3. Efektivní šířka, poloha N.O.

předpoklad: neutrální osa leží v železobetonové desce

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_1 + L_2}{2}; \frac{0,8 \cdot L}{4}\right) \quad b_{eff} = 2,00 \text{ m}$$

$$b_{eff} \cdot x \cdot \frac{0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \Rightarrow x = \frac{A \cdot f_{yk} \cdot \gamma_c}{\gamma_{M0} \cdot 0,85 \cdot b_{eff} \cdot f_{ck}}$$

$$x = 57,57 \text{ mm} \leq 70,00 \text{ mm} \quad \text{N.O. JE V ŽB DESCE}$$

$$z = H - \frac{h}{2} - \frac{x}{2} \quad z = 226,217 \text{ mm}$$

#### 4. Návrhový moment

$$M_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \cdot z \quad M_{pl,Rd} = 368,97 \text{ kNm}$$

#### 5. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad \boxed{368,97 \text{ kNm} \geq 340,92 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

#### 6. Návrhová únosnost ve smyku

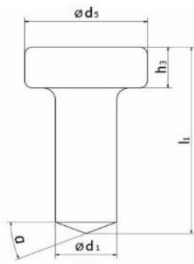
$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \quad V_{pl,Rd} = 453,78 \text{ kN}$$

#### 7. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad \boxed{453,78 \text{ kN} \geq 128,14 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

**Návrh úplného spřažení nosníku s ocelo-betonovou deskou**

Spřahovací trny



$d=d_1=$	25 mm
$l_1=$	100 mm
$d_5=$	41 mm
$h_3=$	12 mm
$\alpha=$	22,5°

$f_u=$	340 Mpa
po přivaření se trn zkrátí cca o 5 mm	
$h_{sc}=$	95 mm
$\gamma_v=$	1,25
$n_r=$	1 ks
$b_0=$	120 mm
$h_p=$	50 mm

**1. Únosnost trnu v plné desce**

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\}$$

$P_{Rk,1}=$	133,450 kN	$P_{Rk}=$	133,450 kN
$P_{Rk,2}=$	159,562 kN		

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 \text{ pro } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \end{array} \right\}$$

$\frac{l}{d}=$	3,800	
$\alpha=$	1	
$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v}$	$P_{rd}=$	106,760 kN

**2. Redukovaná únosnost v žebrové desce**

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_t$$

$P_{rd,r}=$	106,760 kN
-------------	------------

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$k_{t1}=$	1,512
$k_t=$	1

**3. Návrh počtu trnů**

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{ef} = N_c = N_a = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$N_{ef}=$	1631,048 kN
-----------	-------------

Potřebný počet trnů na polovině nosníku

$$n_f = \frac{N_{ef}}{P_{rd,r}}$$

$n_f=$	15 ks
--------	-------

Maximální množství trnů na polovině nosníku

$$\frac{L}{2} = 5325 \text{ mm} \rightarrow \frac{\frac{L}{2}}{\text{š. žebra}} = 20 \text{ trnů}$$

potřebný počet trnů ≤ maximální možný počet trnů  
15 ≤ 20

**VYHOVUJE**

**Posouzení průřezu v provozním stavu na MSP****1. Průřezové charakteristiky ideálního průřezu**

Plocha

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} \quad A_i = 14927,835 \text{ mm}^2$$

Těžiště

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} \quad z_i = 287,288 \text{ mm}$$

$$A_c = 140000 \text{ mm}^2$$

$$z_c = 355 \text{ mm}$$

$$z_a = 135 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left( \frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) \quad I_i = 213551455,046 \text{ mm}^4$$

$$r_a = z_i - z_a$$

$$r_a = 152,288 \text{ mm}$$

$$r_c = z_c - z_i$$

$$r_c = 67,712 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^2 \cdot h_d$$

$$I_c = 23333333 \text{ mm}^4$$

**2. Napětí v průřezu**

Zatížení

$$g_k = 9,081 \text{ kN/m}$$

stálé skladba podlahy

$$4,36 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 6,600 \text{ kN/m}$$

proměnné užitné kancelářské prostory

$$2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$f_k = g_k + q_k$$

přemístitelné příčky

$$0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$f_k = 15,681 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = \frac{1}{8} \cdot f_k \cdot L^2$$

$$M_{Ek} = 222,318 \text{ kNm}$$

Napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot z_d$$

$$z_d = 287,29 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a,max} = 299,081 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

$$f_{yd} = 355 \text{ Mpa}$$

Napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot z_h$$

$$z_h = 102,71 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,max} = 7,892 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

$$0,85f_{ck} = 21,25 \text{ Mpa}$$

**3. Celkový průhyb**

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E \cdot I_i} \leq \frac{L}{250}$$

$\delta_2 =$	24,652 mm	$\leq$	$\delta_{max} =$	42,600 mm	VYHOVUJE
--------------	-----------	--------	------------------	-----------	----------

### 3.2.3.3 Stropnice 8

- stropnice na malá rozpětí,  $l = 4,75 \text{ m}$ ,  $M_y = 105,55 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 67,18 \text{ kN}$

#### Návrh nosníku a průřezové charakteristiky

<b>Profil</b>	<b>IPE 180</b>	<b>Ocel</b>	<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355$	MPa
		<b>Beton</b>	<b>C 25/30</b>	$f_{ck} = 25$	MPa
$A =$	2394,73 mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0} =$	1,00	$E_{cm} = 31000$	MPa
$A_{vz} =$	1125,00 mm <sup>2</sup>	$\gamma_c =$	1,50	$E'_{cm} = 15500$	MPa
$W_{pl,y} =$	166414,96 mm <sup>3</sup>			$E_a = 210000$	MPa
$g =$	18,80 kg/m			$n = 13,548$	
$h =$	180 mm				
$H =$	300				
$I_y =$	13169581,74 mm <sup>4</sup>				
<b>Plech</b>	<b>TR 50/260</b>				
š. žebra	260 mm				
$h_d =$	70 mm				

#### Posouzení nosníku v montážním stavu

##### 1. Zatížení

$$\begin{aligned} g_k &= 6,228 \text{ kN/m} \\ q_k &= 4,500 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g_d &= (g_{k,c} + g_{k,TR} + g_{vl.tiha \ nosníku}) \cdot Z\check{S} \cdot \gamma_G \\ q_d &= (q_{k,beton} + g_{montážnici}) \cdot Z\check{S} \cdot \gamma_Q \\ f_d &= g_d + q_d \end{aligned}$$

$$f_d = 10,728 \text{ kN/m}$$

##### 2. Vnitřní síly

$$V_{pl,Ed} = \frac{1}{2} f_d \cdot L$$

$$V_{pl,Ed} = 33,257 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Ed} = \frac{1}{8} f_d \cdot L^2$$

$$M_{pl,Ed} = 51,548 \text{ kNm}$$

##### 3. Návrhová únosnost ve smyku

$$V_{Rd} = A_{vz} \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \sqrt{3}}$$

$$V_{Rd} = 230,579 \text{ kN}$$

##### 4. Návrhová momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{pl,Rd} = 59,077 \text{ kNm}$$

##### 5. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed}$$

<b>230,58 kN</b>	<b>≥</b>	<b>33,26 kN</b>	<b>VYHOVUJE</b>
------------------	----------	-----------------	-----------------

##### 6. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed}$$

<b>59,08 kNm</b>	<b>≥</b>	<b>51,55 kNm</b>	<b>VYHOVUJE</b>
------------------	----------	------------------	-----------------

##### 7. Návrhový průhyb

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{f_k \cdot l^4}{E \cdot I_y}$$

$$\delta = 52,96 \text{ mm}$$

##### 8. Maximální průhyb stropnice

$$\delta_{max} = \frac{l}{250}$$

$$\delta_{max} = 24,80 \text{ mm}$$

##### 9. Posouzení MSÚ - průhyb

$$\delta \leq \delta_{max}$$

<b>52,96 mm</b>	<b>≤</b>	<b>24,80 mm</b>	<b>NEVYHOVUJE</b>
-----------------	----------	-----------------	-------------------

STROPNICE NUTNO V MONTÁŽNÍM STAVU PODEPŘÍT

### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSÚ

#### 1. Vnitřní síly

$$V_{Ed} = 67,18 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 105,55 \text{ kNm}$$

#### 2. Geometrie

Vzdálenost mezi stropnicemi

$$L_1 = 2,10 \text{ m}$$

$$L_2 = 1,90 \text{ m}$$

Délka nosníku

$$L = 6,2 \text{ m}$$

#### 3. Efektivní šířka, poloha N.O.

předpoklad: neutrální osa leží v železobetonové desce

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_1 + L_2}{2}; \frac{0,8 \cdot L}{4}\right) \quad b_{eff} = 1,24 \text{ m}$$

$$b_{eff} \cdot x \cdot \frac{0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \Rightarrow x = \frac{A \cdot f_{yk} \cdot \gamma_c}{\gamma_{M0} \cdot 0,85 \cdot b_{eff} \cdot f_{ck}}$$

$$x = 48,39 \text{ mm} \leq 70,00 \text{ mm} \quad \text{N.O. JE V ŽB DESCE}$$

$$z = H - \frac{h}{2} - \frac{x}{2} \quad z = 185,803 \text{ mm}$$

#### 4. Návrhový moment

$$M_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \cdot z \quad M_{pl,Rd} = 157,96 \text{ kNm}$$

#### 5. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad \boxed{157,96 \text{ kNm} \geq 105,55 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

#### 6. Návrhová únosnost ve smyku

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \quad V_{pl,Rd} = 230,58 \text{ kN}$$

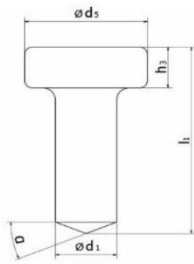
#### 7. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad \boxed{230,58 \text{ kN} \geq 67,18 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$



**Návrh úplného spřažení nosníku s ocelo-betonovou deskou**

Spřahovací trny



$d=d_1=$	25 mm
$l_1=$	100 mm
$d_5=$	41 mm
$h_3=$	12 mm
$\alpha=$	22,5°

$f_u=$	340 Mpa
po přivaření se trn zkrátí cca o 5 mm	
$h_{sc}=$	95 mm
$\gamma_v=$	1,25
$n_r=$	1 ks
$b_0=$	120 mm
$h_p=$	50 mm

**1. Únosnost trnu v plné desce**

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} P_{Rk,1} = 133,450 \text{ kN} \\ P_{Rk,2} = 159,562 \text{ kN} \end{array} \quad P_{Rk} = 133,450 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 \text{ pro } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} \frac{l}{d} = 3,800 \\ \alpha = 1 \\ P_{rd} = 106,760 \text{ kN} \end{array}$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v}$$

**2. Redukovaná únosnost v žebrové desce**

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_t \quad P_{rd,r} = 106,760 \text{ kN}$$

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \quad \begin{array}{l} k_{t1} = 1,512 \\ k_t = 1 \end{array}$$

**3. Návrh počtu trnů**

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{ef} = N_c = N_a = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad N_{ef} = 850,130 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na polovině nosníku

$$n_f = \frac{N_{ef}}{P_{rd,r}} \quad n_f = 8 \text{ ks}$$

Maximální množství trnů na polovině nosníku

$$\frac{L}{2} = 3100 \text{ mm} \rightarrow \frac{\frac{L}{2}}{\text{š. žebra}} = 11 \text{ trnů}$$

potřebný počet trnů  $\leq$  maximální možný počet trnů  
8  $\leq$  11

**VYHOVUJE**

**Posouzení průřezu v provozním stavu na MSP****1. Průřezové charakteristiky ideálního průřezu**

Plocha

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} \quad A_i = 8801,398 \text{ mm}^2$$

Těžiště

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} \quad z_i = 217,385 \text{ mm}$$

$$A_c = 86800 \text{ mm}^2$$

$$z_c = 265 \text{ mm}$$

$$z_a = 90 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left( \frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) \quad I_i = 67215875,114 \text{ mm}^4$$

$$r_a = z_i - z_a \quad r_a = 127,385 \text{ mm}$$

$$r_c = z_c - z_i \quad r_c = 47,615 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^2 \cdot h_d \quad I_c = 8969333 \text{ mm}^4$$

**2. Napětí v průřezu**

Zatížení

$$g_k = 8,908 \text{ kN/m} \quad \text{stálé} \quad \text{skladba podlahy} \quad 4,36 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 6,600 \text{ kN/m} \quad \text{proměnné} \quad \text{užitné kancelářské prostory} \quad 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$f_k = g_k + q_k \quad \text{přemístitelné příčky} \quad 0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$f_k = 15,508 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = \frac{1}{8} \cdot f_k \cdot L^2 \quad M_{Ek} = 74,516 \text{ kNm}$$

Napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot z_d$$

$$z_d = 217,39 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a,max} = 240,994 \text{ Mpa} \leq f_{yd} = 355 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

Napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot z_h$$

$$z_h = 82,61 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,max} = 6,760 \text{ Mpa} \leq 0,85f_{ck} = 21,25 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

**3. Celkový průhyb**

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E \cdot I_i} \leq \frac{L}{250}$$

$\delta_2 =$	<b>8,996 mm</b>	$\leq$	$\delta_{max} =$	<b>24,800 mm</b>	<b>VYHOVUJE</b>
--------------	-----------------	--------	------------------	------------------	-----------------

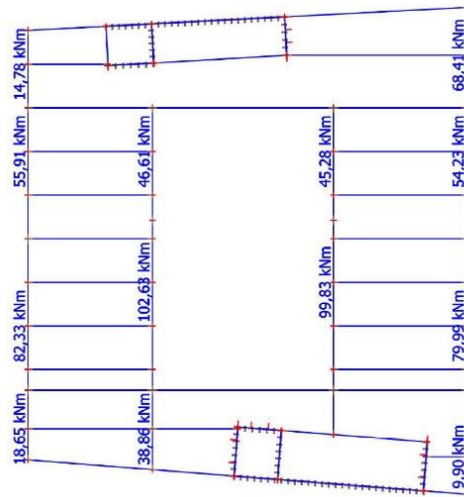
### 3.3 Návrh a posouzení průvlaků

#### 3.3.1 Průvlak střecha

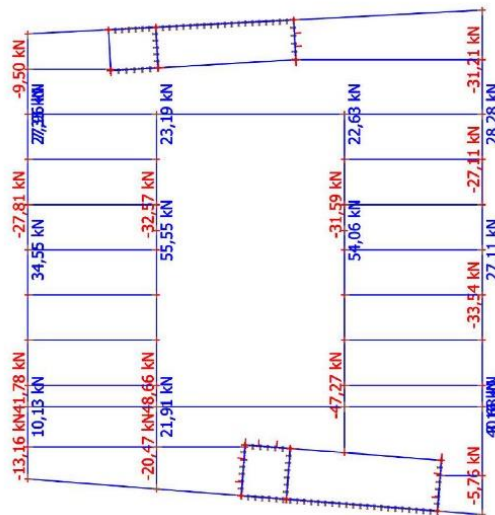
- průvlaky navrženy a posouzeny ve dvou variantách podle velikosti vnitřních sil, respektive maximálního momentu

Průvlak 1 – maximální  $M_y = 102,63 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 55,55 \text{ kN}$

Průvlak 2 – maximální  $M_y = 55,91 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 27,81 \text{ kN}$



Obrázek 29 – Střecha –  $M_y$



Obrázek 30 - Střecha –  $V_z$

### 3.3.1.1 Průvlak 1

#### Návrh nosníku a průřezové charakteristiky

<b>Profil</b>	<b>IPE 220</b>	<b>Ocel</b>	<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355$	MPa
		<b>Beton</b>	<b>C 25/30</b>	$f_{ck} = 25$	MPa
$A =$	3337,05 mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0} =$	1,00	$E_{cm} = 31000$	MPa
$A_{vz} =$	1588,00 mm <sup>2</sup>	$\gamma_c =$	1,50	$E'_{cm} = 15500$	MPa
$W_{pl,y} =$	285406,00 mm <sup>3</sup>			$E_a = 210000$	MPa
$g =$	26,20 kg/m			$n = 13,548$	
$h =$	220 mm				
$b =$	110,00 mm				
$t_f =$	9,20 mm				
$H =$	340 mm				
$I_y =$	27718364,68 mm <sup>4</sup>				
<b>Plech</b>	<b>TR 50/260</b>				
š. žebra	260 mm				
$h_d =$	70 mm				

#### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSÚ

##### 1. Vnitřní síly

$V_{Ed} =$	55,55 kN
$M_{Ed} =$	102,63 kNm

##### 2. Geometrie

Vzdálenost mezi průvlaky

$L_1 =$	5,70 m
$L_2 =$	0,00 m

Délka nosníku

$L =$	6,95 m
-------	--------

##### 3. Efektivní šířka, poloha N.O.

předpoklad: neutrální osa leží v železobetonové desce

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_1 + L_2}{2}; \frac{0,8 \cdot L}{4}\right)$$

$b_{eff} =$	1,39 m
-------------	--------

$$b_{eff} \cdot x \cdot \frac{0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \Rightarrow x = \frac{A \cdot f_{yk} \cdot \gamma_c}{\gamma_{M0} \cdot 0,85 \cdot b_{eff} \cdot f_{ck}}$$

$x =$	60,16 mm	$\leq$	70,00 mm	<b>N.O. JE V ŽB DESCE</b>
-------	----------	--------	----------	---------------------------

$$z = H - \frac{h}{2} - \frac{x}{2} \quad z = 199,920 \text{ mm}$$

5. Návrhový moment

$$M_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \cdot z \quad M_{pl,Rd} = 236,84 \text{ kNm}$$

5. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad \boxed{236,84 \text{ kNm} \geq 102,63 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

6. Návrhová únosnost ve smyku

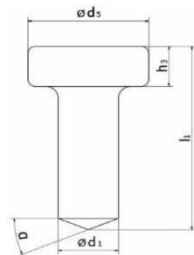
$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \quad V_{pl,Rd} = 325,48 \text{ kN}$$

7. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad \boxed{325,48 \text{ kN} \geq 55,55 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

Návrh úplného spřažení nosníku s ocelo-betonovou deskou

Spřahovací trny



$d = d_1 =$	25 mm	$f_u =$	340 Mpa
$l_1 =$	100 mm	po přivaření se trn zkrátí cca o 5 mm	
$d_s =$	41 mm	$h_{sc} =$	95 mm
$h_3 =$	12 mm	$\gamma_v =$	1,25
$\alpha =$	22,5 °	$n_r =$	1 ks
		$b_0 =$	120 mm
		$h_p =$	50 mm

1. Únosnost trnu v plné desce

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} P_{Rk,1} = 133,450 \text{ kN} \\ P_{Rk,2} = 159,562 \text{ kN} \end{array} \quad P_{Rk} = 133,450 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 \text{ pro } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} \frac{l}{d} = 3,800 \\ \alpha = 1 \end{array}$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v} \quad P_{Rd} = 106,760 \text{ kN}$$

2. Redukovaná únosnost v žebrové desce

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_t \quad P_{Rd,r} = 106,760 \text{ kN}$$

$$k_t = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \quad \begin{array}{l} k_{t1} = 1,296 \\ k_t = 1 \end{array}$$

3. Návrh počtu trnů

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{ef} = N_c = N_a = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad N_{ef} = 1184,653 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na polovině nosníku

$$n_f = \frac{N_{ef}}{P_{Rd,r}} \quad n_f = 11 \text{ ks}$$

Maximální množství trnů na polovině nosníku

$$\frac{L}{2} = 3475 \text{ mm} \rightarrow \frac{L}{5d} = 27 \text{ trnů}$$

$$\text{potřebný počet trnů} \leq \text{maximální možný počet trnů}$$

$$11 \leq 27$$

**VYHOVUJE**

**Posouzení průřezu v provozním stavu na MSP****1. Průřezové charakteristiky ideálního průřezu**

Plocha

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} \quad A_i = 10518,717 \text{ mm}^2$$

Těžiště

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} \quad z_i = 243,136 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_c &= 97300 \text{ mm}^2 \\ z_c &= 305 \text{ mm} \\ z_a &= 110 \text{ mm} \end{aligned}$$

Moment setrvačnosti

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left( \frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) \quad I_i = 115185460,897 \text{ mm}^4$$

$$r_a = z_i - z_a \quad r_a = 133,136 \text{ mm}$$

$$r_c = z_c - z_i \quad r_c = 61,864 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^2 \cdot h_d \quad I_c = 11270583 \text{ mm}^4$$

**2. Napětí v průřezu**

Zatížení

$$\begin{aligned} g_k &= 2,6 \text{ kN/m}^2 \\ q_k &= 0,6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$F = (g_k + q_k) \cdot \frac{L}{3} \cdot \frac{(L_1 + L_2)}{2}$$

$$F = 21,128 \text{ kN}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = \frac{F \cdot L}{2} \quad M_{Ek} = 73,420 \text{ kNm}$$

Napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot z_d$$

$$z_d = 243,14 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a,max} = 154,976 \text{ Mpa} \leq f_{yd} = 355 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

Napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot z_h$$

$$z_h = 96,86 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,max} = 4,557 \text{ Mpa} \leq 0,85f_{ck} = 21,25 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

**3. Celkový průhyb**

$$\delta_2 = \frac{23}{648} \cdot \frac{F \cdot L^3}{E \cdot I_i} \leq \frac{L}{400}$$

$\delta_2 = 14,508 \text{ mm}$	$\leq$	$\delta_{max} = 17,375 \text{ mm}$	<b>VYHOVUJE</b>
--------------------------------	--------	------------------------------------	-----------------

### 3.3.1.1 Průvlak 2

#### Návrh nosníku a průřezové charakteristiky

<b>Profil</b>	<b>IPE 180</b>	<b>Ocel</b>	<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355$	MPa
		<b>Beton</b>	<b>C 25/30</b>	$f_{ck} = 25$	MPa
$A =$	2394,73 mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0} =$	1,00	$E_{cm} = 31000$	MPa
$A_{vz} =$	1125,00 mm <sup>2</sup>	$\gamma_c =$	1,50	$E'_{cm} = 15500$	MPa
$W_{pl,y} =$	166414,96 mm <sup>3</sup>			$E_a = 210000$	MPa
$g =$	18,80 kg/m			$n = 13,548$	
$h =$	180 mm				
$b =$	91,00 mm				
$t_f =$	8,00 mm				
$H =$	300 mm				
$I_y =$	13169581,74 mm <sup>4</sup>				
<b>Plech</b>	<b>TR 50/260</b>				
š. žebra	260 mm				
$h_d =$	70 mm				

#### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSÚ

##### 1. Vnitřní síly

$V_{Ed} =$	27,81 kN
$M_{Ed} =$	55,91 kNm

##### 2. Geometrie

Vzdálenost mezi průvlaky

$L_1 =$	5,70 m
$L_2 =$	0,00 m

Délka nosníku

$L =$	6 m
-------	-----

##### 3. Efektivní šířka, poloha N.O.

předpoklad: neutrálná osa leží v železobetonové desce

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_1 + L_2}{2}; \frac{0,8 \cdot L}{4}\right)$$

$b_{eff} =$	1,20 m
-------------	--------

$$b_{eff} * x * \frac{0,85 * f_{ck}}{\gamma_c} = A * \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \Rightarrow x = \frac{A * f_{yk} * \gamma_c}{\gamma_{M0} * 0,85 * b_{eff} * f_{ck}}$$

$x =$	50,01 mm	$\leq$	70,00 mm	<b>N.O. JE V ŽB DESCE</b>
-------	----------	--------	----------	---------------------------

$$z = H - \frac{h}{2} - \frac{x}{2}$$

$z =$	184,996 mm
-------	------------

5. Návrhový moment

$$M_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \cdot z \quad M_{pl,Rd} = 157,27 \text{ kNm}$$

5. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad \boxed{157,27 \text{ kNm} \geq 55,91 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

6. Návrhová únosnost ve smyku

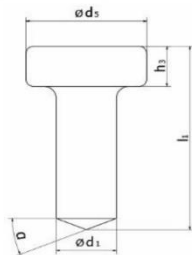
$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \quad V_{pl,Rd} = 230,58 \text{ kN}$$

7. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad \boxed{230,58 \text{ kN} \geq 27,81 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

Návrh úplného spřažení nosníku s ocelo-betonovou deskou

Spřahovací trny



$d=d_1 =$	25 mm	$f_u =$	340 Mpa
$l_1 =$	100 mm	po přivaření se trn zkrátí cca o 5 mm	
$d_5 =$	41 mm	$h_{sc} =$	95 mm
$h_3 =$	12 mm	$\gamma_v =$	1,25
$\alpha =$	22,5 °	$n_f =$	1 ks
		$b_0 =$	120 mm
		$h_p =$	50 mm

1. Únosnost trnu v plné desce

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} P_{Rk,1} = 133,450 \text{ kN} \\ P_{Rk,2} = 159,562 \text{ kN} \end{array} \quad P_{Rk} = 133,450 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 \text{ pro } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} \frac{l}{d} = 3,800 \\ \alpha = 1 \end{array}$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v} \quad P_{Rd} = 106,760 \text{ kN}$$

2. Redukovaná únosnost v žebrové desce

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_t \quad P_{Rd,r} = 106,760 \text{ kN}$$

$$k_t = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \quad \begin{array}{l} k_{t1} = 1,296 \\ k_t = 1 \end{array}$$

3. Návrh počtu trnů

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{ef} = N_c = N_a = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad N_{ef} = 850,130 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na polovině nosníku

$$n_f = \frac{N_{ef}}{P_{Rd,r}} \quad n_f = 8 \text{ ks}$$

Maximální množství trnů na polovině nosníku

$$\frac{L}{2} = 3000 \text{ mm} \rightarrow \frac{L}{5d} = 24 \text{ trnů}$$

potřebný počet trnů  $\leq$  maximální možný počet trnů  
8  $\leq$  24

**VYHOVUJE**



**Posouzení průřezu v provozním stavu na MSP****1. Průřezové charakteristiky ideálního průřezu**

Plocha

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} \quad A_i = 8594,731 \text{ mm}^2$$

Těžiště

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} \quad z_i = 216,240 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_c &= 84000 \text{ mm}^2 \\ z_c &= 265 \text{ mm} \\ z_a &= 90 \text{ mm} \end{aligned}$$

Moment setrvačnosti

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left( \frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) \quad I_i = 66694035,405 \text{ mm}^4$$

$$r_a = z_i - z_a \quad r_a = 126,240 \text{ mm}$$

$$r_c = z_c - z_i \quad r_c = 48,760 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^2 \cdot h_d \quad I_c = 8400000 \text{ mm}^4$$

**2. Napětí v průřezu**

Zatížení

$$\begin{aligned} g_k &= 2,6 \text{ kN/m}^2 \\ q_k &= 0,6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$F = (g_k + q_k) \cdot \frac{L}{3} \cdot \frac{(L_1 + L_2)}{2}$$

$$F = 18,240 \text{ kN}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = \frac{F \cdot L}{2} \quad M_{Ek} = 54,720 \text{ kNm}$$

Napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot z_d$$

$$z_d = 216,24 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a,max} = 177,417 \text{ Mpa} \leq f_{yd} = 355 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

Napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot z_h$$

$$z_h = 83,76 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,max} = 5,072 \text{ Mpa} \leq 0,85f_{ck} = 21,25 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

**3. Celkový průhyb**

$$\delta_2 = \frac{23}{648} \cdot \frac{F \cdot L^3}{E \cdot I_i} \leq \frac{L}{400}$$

$\delta_2 = 13,919 \text{ mm}$	$\leq$	$\delta_{max} = 15,000 \text{ mm}$	<b>VYHOVUJE</b>
--------------------------------	--------	------------------------------------	-----------------

### 3.3.2 Průvlak 7.NP – 3.NPa

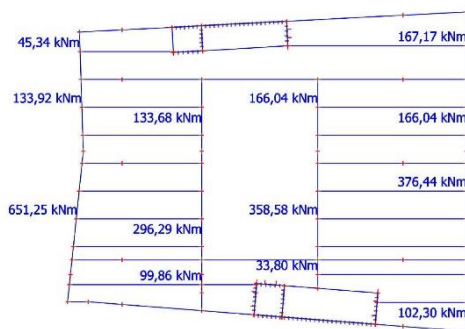
- průvlaky navrženy a posouzeny ve čtyřech variantách podle velikosti vnitřních sil, respektive maximálního momentu

Průvlak 3 – maximální  $M_y = 963,57 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 296,61 \text{ kN}$

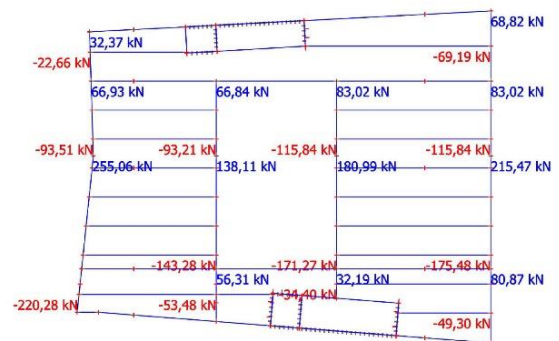
Průvlak 4 – maximální  $M_y = 380,11 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 201,38 \text{ kN}$

Průvlak 5 – maximální  $M_y = 167,17 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 69,19 \text{ kN}$

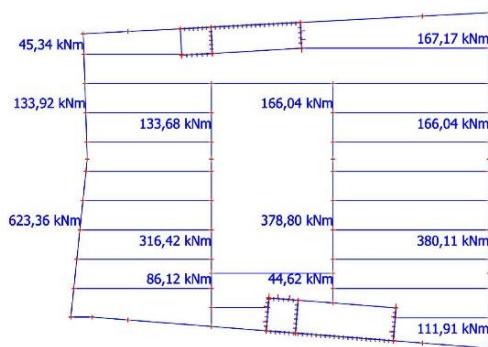
Průvlak 6 – maximální  $M_y = 52,45 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 37,44 \text{ kN}$



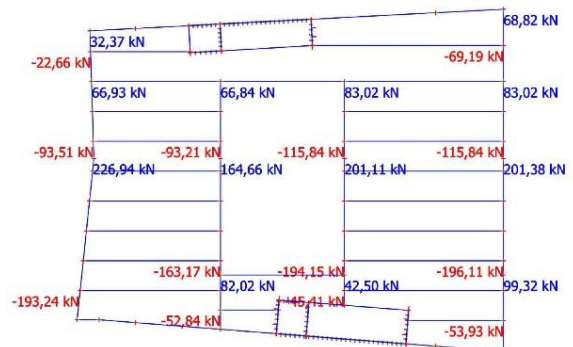
Obrázek 31 - 7.NP –  $M_y$



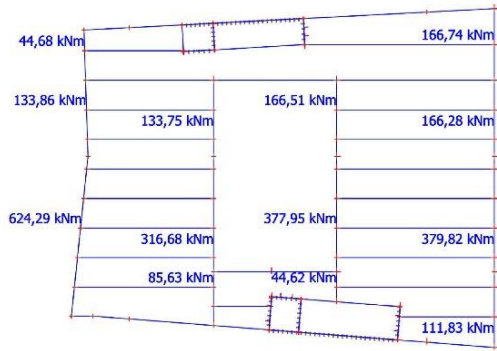
Obrázek 32 - 7.NP –  $V_z$



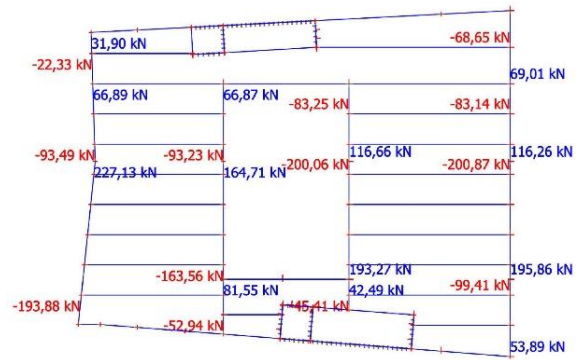
Obrázek 33 - 6.NP, 5.NP, 4.NP –  $M_y$



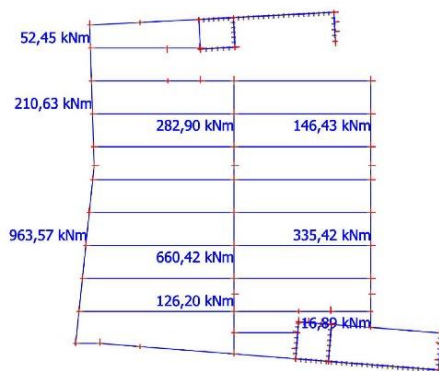
Obrázek 34 - 6.NP, 5.NP, 4.NP -  $V_z$



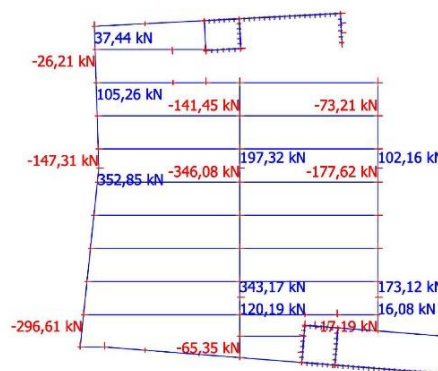
Obrázek 35 - 3.NPb –  $M_y$



Obrázek 36 - 3.NPb -  $V_z$



Obrázek 37 - 3.NPa –  $M_y$



Obrázek 38 - 3.NPa –  $V_z$

### 3.3.2.1 Průvlak 3

#### Návrh nosníku a průřezové charakteristiky

<b>Profil</b>	<b>IPE 550</b>	<b>Ocel</b>	<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355$	MPa
		<b>Beton</b>	<b>C 25/30</b>	$f_{ck} = 25$	MPa
$A =$	13441,60 mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0} =$	1,00	$E_{cm} = 31000$	MPa
$A_{vz} =$	7234,00 mm <sup>2</sup>	$\gamma_c =$	1,50	$E'_{cm} = 15500$	MPa
$W_{pl,y} =$	2787005,61 mm <sup>3</sup>			$E_a = 210000$	MPa
$g =$	105,52 kg/m			$n = 13,548$	
$h =$	550 mm				
$b =$	210,00 mm				
$t_f =$	17,20 mm				
$H =$	670 mm				
$I_y =$	671164648,81 mm <sup>4</sup>				
<b>Plech</b>	<b>TR 50/260</b>				
š. žebra	260 mm				
$h_d =$	70 mm				

#### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSÚ

##### 1. Vnitřní síly

$V_{Ed} =$	<b>296,61</b>	kN
$M_{Ed} =$	<b>963,57</b>	kNm

##### 2. Geometrie

Vzdálenost mezi průvlaky

$L_1 =$	<b>8,50</b>	m
$L_2 =$	<b>0,00</b>	m

Délka nosníku

$L =$	<b>10,9</b>	m
-------	-------------	---

##### 3. Efektivní šířka, poloha N.O.

předpoklad: neutrální osa leží v železobetonové desce

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_1 + L_2}{2}; \frac{0,8 \cdot L}{4}\right)$$

$$b_{efi} = 2,18 \text{ m}$$

$$b_{eff} * x * \frac{0,85 * f_{ck}}{\gamma_c} = A * \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \Rightarrow x = \frac{A * f_{yk} * \gamma_c}{\gamma_{M0} * 0,85 * b_{eff} * f_{ck}}$$

$$x = 154,51 \text{ mm} \leq 70,00 \text{ mm} \quad \text{PŘEDPOKLAD NEPLATÍ}$$

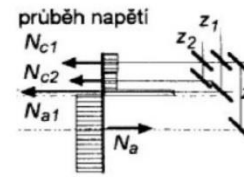
Únosnosti částí průřezu

$$N_a = \frac{A_a \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad N_a = 4771,769 \text{ kN}$$

$$N_{c1} = \frac{0,85 \cdot A_{c1} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad N_{c1} = 2161,833 \text{ kN}$$

$$N_{c2} = \frac{0,85 \cdot A_{c2} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad N_{c2} = 184,167 \text{ kN}$$

$$N_a > N_{c1} + N_{c2} \quad 4771,769 \text{ kN} > 2346,000 \text{ kN}$$



Položka NO se určí z rovnováhy sil vprůřezu, tahová síla se musí rovnat tlakové

$$N_+ = N_- = 3558,884 \text{ kN}$$

Tlaková síla v ocelovém profilu

$$N_{a1} = N_+ - (N_{c1} + N_{c2}) \quad N_{a1} = 1212,884 \text{ kN}$$

$$x' = \frac{N_{a1} \cdot \gamma_{M0}}{b \cdot f_{yk}} \quad x' = 16,269 \text{ mm}$$

$$x' = 16,27 \text{ mm} < t_f = 17,20 \text{ mm}$$

**POLOHA NO JE V PÁSNICI**

$$z = \frac{70}{2} + 50 + \frac{h}{2} \quad z = 360,00 \text{ mm}$$

$$z_1 = \frac{70}{2} + 50 + \frac{x'}{2} \quad z_1 = 93,13 \text{ mm}$$

$$z_2 = \frac{70}{2} + \frac{50}{2} \quad z_2 = 60,00 \text{ mm}$$

### 5. Návrhový moment

$$M_{pl,Rd} = N_a \cdot z - 2N_{a1} \cdot z_1 - N_{c2} \cdot z_2 \quad M_{pl,Rd} = 1480,864 \text{ kNm}$$

### 5. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad \boxed{1480,86 \text{ kNm} \geq 963,57 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

### 6. Návrhová únosnost ve smyku

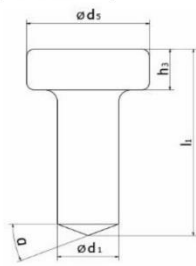
$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \quad V_{pl,Rd} = 1482,68 \text{ kN}$$

### 7. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad \boxed{1482,68 \text{ kN} \geq 296,61 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

**Návrh úplného spřažení nosníku s ocelo-betonovou deskou**

Spřahovací trny



$d=d_1=$	30 mm
$l_1=$	100 mm
$d_5=$	41 mm
$h_3=$	12 mm
$\alpha=$	22,5°

$f_u=$	340 Mpa
po přivaření se trn zkrátí cca o 5 mm	
$h_{sc}=$	95 mm
$\gamma_v=$	1,25
$n_r=$	1 ks
$b_0=$	120 mm
$h_p=$	50 mm

**1. Únosnost trnu v plné desce**

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\}$$

$P_{Rk,1}=$	192,168 kN	$P_{Rk}=$	192,168 kN
$P_{Rk,2}=$	229,769 kN		

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 \text{ pro } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \end{array} \right\}$$

$\frac{l}{d}=$	3,167
$\alpha=$	1
$P_{rd}=$	153,734 kN

**2. Redukovaná únosnost v žebrové desce**

$$P_{rd,r} = P_{rd} \cdot k_t$$

$P_{rd,r}=$	153,734 kN
-------------	------------

$$k_t = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$k_{t1}=$	1,296
$k_t=$	1

**3. Návrh počtu trnů**

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{ef} = N_c = N_a = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$N_{ef}=$	4771,769 kN
-----------	-------------

Potřebný počet trnů na polovině nosníku

$$n_f = \frac{N_{ef}}{P_{rd,r}}$$

$n_f=$	31 ks
--------	-------

Maximální množství trnů na polovině nosníku

$$\frac{L}{2} = 5450 \text{ mm} \rightarrow \frac{L}{5d} = 36 \text{ trnů}$$

potřebný počet trnů ≤ maximální možný počet trnů  
31 ≤ 36

**VYHOVUJE**

**Posouzení průřezu v provozním stavu na MSP****1. Průřezové charakteristiky ideálního průřezu**

Plocha

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} \quad A_i = 24704,936 \text{ mm}^2$$

Těžiště

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} \quad z_i = 439,129 \text{ mm}$$

$$A_c = 152600 \text{ mm}^2$$

$$z_c = 635 \text{ mm}$$

$$z_a = 275 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left( \frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) \quad I_i = 1467427966,709 \text{ mm}^4$$

$$r_a = z_i - z_a \quad r_a = 164,129 \text{ mm}$$

$$r_c = z_c - z_i \quad r_c = 195,871 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^2 \cdot h_d \quad I_c = 27722333 \text{ mm}^4$$

**2. Napětí v průřezu**

Zatížení

$$g_k = 4,36 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 2,3 \text{ kN/m}^2$$

$$F = (g_k + q_k) \cdot \frac{L}{3} \cdot \frac{(L_1 + L_2)}{2}$$

$$F = 102,842 \text{ kN}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = F \cdot \frac{3L}{5} \quad M_{Ek} = 672,583 \text{ kNm}$$

Napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot z_d$$

$$z_d = 439,13 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a,max} = 201,271 \text{ Mpa} \leq f_{yd} = 355 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

Napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot z_h$$

$$z_h = 230,87 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,max} = 7,810 \text{ Mpa} \leq 0,85f_{ck} = 21,25 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

**3. Celkový průhyb**

$$\delta_2 = \frac{63}{1000} \cdot \frac{F \cdot L^3}{E \cdot I_i} \leq \frac{L}{400}$$

$\delta_2 = 27,228 \text{ mm}$	$\leq$	$\delta_{max} = 27,250 \text{ mm}$	<b>VYHOVUJE</b>
--------------------------------	--------	------------------------------------	-----------------

### 3.3.2.1 Průvlak 4

#### Návrh nosníku a průřezové charakteristiky

<b>Profil</b>	<b>IPE 400</b>	<b>Ocel</b>	<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355$	MPa
		<b>Beton</b>	<b>C 25/30</b>	$f_{ck} = 25$	MPa
$A =$	8446,36 mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0} =$	1,00	$E_{cm} = 31000$	MPa
$A_{vz} =$	4269,00 mm <sup>2</sup>	$\gamma_c =$	1,50	$E'_{cm} = 15500$	MPa
$W_{pl,y} =$	1307147,64 mm <sup>3</sup>			$E_a = 210000$	MPa
$g =$	66,30 kg/m			$n = 13,548$	
$h =$	400 mm				
$b =$	180,00 mm				
$t_f =$	13,50 mm				
$H =$	520 mm				
$I_y =$	231283456,03 mm <sup>4</sup>				
<b>Plech</b>	<b>TR 50/260</b>				
š. žebra	260 mm				
$h_d =$	70 mm				

#### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSÚ

##### 1. Vnitřní síly

$V_{Ed} =$	<b>201,38</b>	kN
$M_{Ed} =$	<b>380,11</b>	kNm

##### 2. Geometrie

Vzdálenost mezi průvlaky

$L_1 =$	<b>10,65</b>	m
$L_2 =$	<b>0,00</b>	m

Délka nosníku

$L =$	<b>7,8</b>	m
-------	------------	---

##### 3. Efektivní šířka, poloha N.O.

předpoklad: neutrální osa leží v železobetonové desce

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_1 + L_2}{2}; \frac{0,8 \cdot L}{4}\right)$$

$$b_{eff} = 1,56 \text{ m}$$

$$b_{eff} \cdot x \cdot \frac{0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = A \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \Rightarrow x = \frac{A \cdot f_{yk} \cdot \gamma_c}{\gamma_{M0} \cdot 0,85 \cdot b_{eff} \cdot f_{ck}}$$

$$x = 135,68 \text{ mm} \leq 70,00 \text{ mm} \quad \text{PŘEDPOKLAD NEPLATÍ}$$



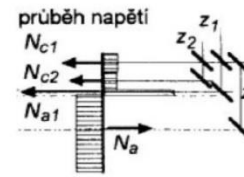
Únosnosti částí průřezu

$$N_a = \frac{A_a \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad N_a = 2998,457 \text{ kN}$$

$$N_{c1} = \frac{0,85 \cdot A_{c1} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad N_{c1} = 1547,000 \text{ kN}$$

$$N_{c2} = \frac{0,85 \cdot A_{c2} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad N_{c2} = 184,167 \text{ kN}$$

$$N_a > N_{c1} + N_{c2} \quad 2998,457 \text{ kN} > 1731,167 \text{ kN}$$



Poloha NO se určí z rovnováhy sil vprůřezu, tahová síla se musí rovnat tlakové

$$N_+ = N_- = 2364,812 \text{ kN}$$

Tlaková síla v ocelovém profilu

$$N_{al} = N_+ - (N_{c1} + N_{c2}) \quad N_{al} = 633,645 \text{ kN}$$

$$x' = \frac{N_{al} \cdot \gamma_{M0}}{b \cdot f_{yk}} \quad x' = 9,916 \text{ mm}$$

$$x' = 9,92 \text{ mm} < t_f = 13,50 \text{ mm}$$

**POLOHA NO JE V PÁSNIČI**

$$z = \frac{70}{2} + 50 + \frac{h}{2} \quad z = 285,00 \text{ mm}$$

$$z_1 = \frac{70}{2} + 50 + \frac{x'}{2} \quad z_1 = 89,96 \text{ mm}$$

$$z_2 = \frac{70}{2} + \frac{50}{2} \quad z_2 = 60,00 \text{ mm}$$

### 5. Návrhový moment

$$M_{pl,Rd} = N_a \cdot z - 2N_{al} \cdot z_1 - N_{c2} \cdot z_2 \quad M_{pl,Rd} = 729,507 \text{ kNm}$$

### 5. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad \boxed{729,51 \text{ kNm} \geq 380,11 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

### 6. Návrhová únosnost ve smyku

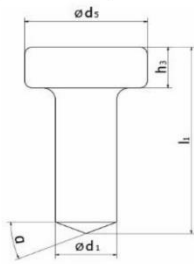
$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \quad V_{pl,Rd} = 874,97 \text{ kN}$$

### 7. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad \boxed{874,97 \text{ kN} \geq 201,38 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

**Návrh úplného spřažení nosníku s ocelo-betonovou deskou**

Spřahovací trny



$d=d_1=$	25 mm
$l_1=$	100 mm
$d_5=$	41 mm
$h_3=$	12 mm
$\alpha=$	22,5°

$f_u=$	340 Mpa
po přivaření se trn zkrátí cca o 5 mm	
$h_{sc}=$	95 mm
$\gamma_v=$	1,25
$n_r=$	1 ks
$b_0=$	120 mm
$h_p=$	50 mm

**1. Únosnost trnu v plné desce**

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} P_{Rk,1}= 133,450 \text{ kN} \\ P_{Rk,2}= 159,562 \text{ kN} \end{array} \quad P_{Rk}= 133,450 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 \text{ pro } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} \frac{l}{d} = 3,800 \\ \alpha = 1 \\ P_{rd} = 106,760 \text{ kN} \end{array}$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v}$$

**2. Redukovaná únosnost v žebrové desce**

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_t \quad P_{rd,r} = 106,760 \text{ kN}$$

$$k_t = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \quad \begin{array}{l} k_{t1} = 1,296 \\ k_t = 1 \end{array}$$

**3. Návrh počtu trnů**

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{ef} = N_c = N_a = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad N_{ef} = 2998,457 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na polovině nosníku

$$n_f = \frac{N_{ef}}{P_{rd,r}} \quad n_f = 28 \text{ ks}$$

Maximální množství trnů na polovině nosníku

$$\frac{L}{2} = 3900 \text{ mm} \rightarrow \frac{L}{5d} = 31 \text{ trnů}$$

potřebný počet trnů ≤ maximální možný počet trnů  
28 ≤ 31

**VYHOVUJE**

### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSP

#### 1. Průřezové charakteristiky ideálního průřezu

Plocha

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} \quad A_i = 16506,358 \text{ mm}^2$$

Těžiště

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} \quad z_i = 339,165 \text{ mm}$$

$$A_c = 109200 \text{ mm}^2$$

$$z_c = 485 \text{ mm}$$

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

Moment setrvačnosti

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left( \frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) \quad I_i = 567329844,992 \text{ mm}^4$$

$$r_a = z_i - z_a \quad r_a = 139,165 \text{ mm}$$

$$r_c = z_c - z_i \quad r_c = 145,835 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^2 \cdot h_d \quad I_c = 14196000 \text{ mm}^4$$

#### 2. Napětí v průřezu

Zatížení

$$g_k = 4,36 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 2,3 \text{ kN/m}^2$$

$$F = (g_k + q_k) \cdot \frac{L}{3} \cdot \frac{(L_1 + L_2)}{2}$$

$$F = 92,208 \text{ kN}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = \frac{F \cdot L}{2} \quad M_{Ek} = 359,610 \text{ kNm}$$

Napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot z_d$$

$$z_d = 339,16 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a,max} = 214,984 \text{ Mpa} \leq f_{yd} = 355 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

Napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot z_h$$

$$z_h = 180,84 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,max} = 8,460 \text{ Mpa} \leq 0,85f_{ck} = 21,25 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

#### 3. Celkový průhyb

$$\delta_2 = \frac{23}{648} \cdot \frac{F \cdot L^3}{E \cdot I_i} \leq \frac{L}{400}$$

$\delta_2 =$	18,173 mm	$\leq$	$\delta_{max} =$	19,500 mm	VYHOVUJE
--------------	-----------	--------	------------------	-----------	----------

### 3.3.2.1 Průvlak 5

#### Návrh nosníku a průřezové charakteristiky

<b>Profil</b>	<b>IPE 220</b>	<b>Ocel</b>	<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355$	MPa
		<b>Beton</b>	<b>C 25/30</b>	$f_{ck} = 25$	MPa
$A =$	3337,05 mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0} =$	1,00	$E_{cm} = 31000$	MPa
$A_{vz} =$	1588,00 mm <sup>2</sup>	$\gamma_c =$	1,50	$E'_{cm} = 15500$	MPa
$W_{pl,y} =$	285406,00 mm <sup>3</sup>			$E_a = 210000$	MPa
$g =$	26,20 kg/m			$n = 13,548$	
$h =$	220 mm				
$b =$	110,00 mm				
$t_f =$	9,20 mm				
$H =$	340 mm				
$I_y =$	27718364,68 mm <sup>4</sup>				
<b>Plech</b>	<b>TR 50/260</b>				
š. žebra	260 mm				
$h_d =$	70 mm				

#### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSÚ

##### 1. Vnitřní síly

$V_{Ed} =$	69,19	kN
$M_{Ed} =$	167,17	kNm

##### 2. Geometrie

Vzdálenost mezi průvlaky

$L_1 =$	12,11	m
$L_2 =$	0,00	m

Délka nosníku

$L =$	4,85	m
-------	------	---

##### 3. Efektivní šířka, poloha N.O.

předpoklad: neutrální osa leží v železobetonové desce

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_1 + L_2}{2}; \frac{0,8 \cdot L}{4}\right)$$

$$b_{efi} = 0,97 \text{ m}$$

$$b_{eff} * x * \frac{0,85 * f_{ck}}{\gamma_c} = A * \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \Rightarrow x = \frac{A * f_{yk} * \gamma_c}{\gamma_{M0} * 0,85 * b_{eff} * f_{ck}}$$

$$x = 86,21 \text{ mm} \leq 70,00 \text{ mm} \quad \text{PŘEDPOKLAD NEPLATÍ}$$

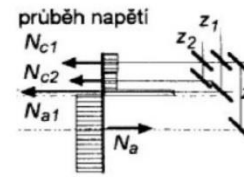
Únosnosti částí průřezu

$$N_a = \frac{A_a \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad N_a = 1184,653 \text{ kN}$$

$$N_{c1} = \frac{0,85 \cdot A_{c1} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad N_{c1} = 961,917 \text{ kN}$$

$$N_{c2} = \frac{0,85 \cdot A_{c2} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad N_{c2} = 184,167 \text{ kN}$$

$$N_a > N_{c1} + N_{c2} \quad 1184,653 \text{ kN} > 1146,083 \text{ kN}$$



Poloha NO se určí z rovnováhy sil vprůřezu, tahová síla se musí rovnat tlakové

$$N_+ = N_- = 1165,368 \text{ kN}$$

Tlaková síla v ocelovém profilu

$$N_{al} = N_+ - (N_{c1} + N_{c2}) \quad N_{al} = 19,285 \text{ kN}$$

$$x' = \frac{N_{al} \cdot \gamma_{M0}}{b \cdot f_{yk}} \quad x' = 0,494 \text{ mm}$$

$$x' = 0,49 \text{ mm} < t_f = 9,20 \text{ mm}$$

**POLOHA NO JE V PÁSNIČI**

$$z = \frac{70}{2} + 50 + \frac{h}{2} \quad z = 195,00 \text{ mm}$$

$$z_1 = \frac{70}{2} + 50 + \frac{x'}{2} \quad z_1 = 85,25 \text{ mm}$$

$$z_2 = \frac{70}{2} + \frac{50}{2} \quad z_2 = 60,00 \text{ mm}$$

### 5. Návrhový moment

$$M_{pl,Rd} = N_a \cdot z - 2N_{al} \cdot z_1 - N_{c2} \cdot z_2 \quad M_{pl,Rd} = 216,669 \text{ kNm}$$

### 5. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad \boxed{216,67 \text{ kNm} \geq 167,17 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

### 6. Návrhová únosnost ve smyku

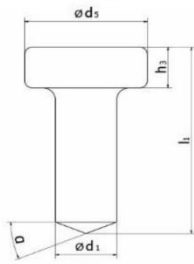
$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \quad V_{pl,Rd} = 325,48 \text{ kN}$$

### 7. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad \boxed{325,48 \text{ kN} \geq 69,19 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

**Návrh úplného spřažení nosníku s ocelo-betonovou deskou**

Spřahovací trny



$d=d_1=$	25 mm
$l_1=$	100 mm
$d_5=$	41 mm
$h_3=$	12 mm
$\alpha=$	22,5°

$f_u=$	340 Mpa
po přivaření se trn zkrátí cca o 5 mm	
$h_{sc}=$	95 mm
$\gamma_v=$	1,25
$n_r=$	1 ks
$b_0=$	120 mm
$h_p=$	50 mm

**1. Únosnost trnu v plné desce**

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\}$$

$P_{Rk,1}=$	133,450 kN	$P_{Rk}=$	133,450 kN
$P_{Rk,2}=$	159,562 kN		

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 \text{ pro } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \end{array} \right\}$$

$\frac{l}{d}=$	3,800	
$\alpha=$	1	
$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v}$	$P_{rd}=$	106,760 kN

**2. Redukovaná únosnost v žebrové desce**

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_t$$

$P_{rd,r}=$	106,760 kN
-------------	------------

$$k_t = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$k_{t1}=$	1,296
$k_t=$	1

**3. Návrh počtu trnů**

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{ef} = N_c = N_a = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$N_{ef}=$	1184,653 kN
-----------	-------------

Potřebný počet trnů na polovině nosníku

$$n_f = \frac{N_{ef}}{P_{rd,r}}$$

$n_f=$	11 ks
--------	-------

Maximální množství trnů na polovině nosníku

$$\frac{L}{2} = 2425 \text{ mm} \rightarrow \frac{L}{5d} = 19 \text{ trnů}$$

potřebný počet trnů ≤ maximální možný počet trnů  
11 ≤ 19

**VYHOVUJE**

### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSP

#### 1. Průřezové charakteristiky ideálního průřezu

Plocha

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} \quad A_i = 8348,717 \text{ mm}^2$$

Těžiště

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} \quad z_i = 227,057 \text{ mm}$$

$$A_c = 67900 \text{ mm}^2$$

$$z_c = 305 \text{ mm}$$

$$z_a = 110 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left( \frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) \quad I_i = 104295313,829 \text{ mm}^4$$

$$r_a = z_i - z_a \quad r_a = 117,057 \text{ mm}$$

$$r_c = z_c - z_i \quad r_c = 77,943 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^2 \cdot h_d \quad I_c = 5488583 \text{ mm}^4$$

#### 2. Napětí v průřezu

Zatížení

$$g_k = 4,36 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 2,3 \text{ kN/m}^2$$

$$F = (g_k + q_k) \cdot \frac{L}{3} \cdot \frac{(L_1 + L_2)}{2}$$

$$F = 65,194 \text{ kN}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = \frac{F \cdot L}{4} \quad M_{Ek} = 79,048 \text{ kNm}$$

Napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot z_d$$

$$z_d = 227,06 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a,max} = 172,092 \text{ Mpa} \leq f_{yd} = 355 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

Napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot z_h$$

$$z_h = 112,94 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,max} = 6,318 \text{ Mpa} \leq 0,85f_{ck} = 21,25 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

#### 3. Celkový průhyb

$$\delta_2 = \frac{1}{48} \cdot \frac{F \cdot L^3}{E \cdot I_i} \leq \frac{L}{400}$$

$\delta_2 =$	7,075 mm	$\leq$	$\delta_{max} =$	12,125 mm	VYHOVUJE
--------------	----------	--------	------------------	-----------	----------

### 3.3.2.1 Průvlak 6

#### Návrh nosníku a průřezové charakteristiky

<b>Profil</b>	<b>IPE 200</b>	<b>Ocel</b>	<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355$	MPa
		<b>Beton</b>	<b>C 25/30</b>	$f_{ck} = 25$	MPa
$A =$	2848,41 mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0} =$	1,00	$E_{cm} = 31000$	MPa
$A_{vz} =$	1400,00 mm <sup>2</sup>	$\gamma_c =$	1,50	$E'_{cm} = 15500$	MPa
$W_{pl,y} =$	220638,65 mm <sup>3</sup>			$E_a = 210000$	MPa
$g =$	22,36 kg/m			$n = 13,548$	
$h =$	200 mm				
$b =$	100,00 mm				
$t_f =$	8,50 mm				
$H =$	320 mm				
$I_y =$	19431661,98 mm <sup>4</sup>				
<b>Plech</b>	<b>TR 50/260</b>				
š. žebra	260 mm				
$h_d =$	70 mm				

#### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSÚ

##### 1. Vnitřní síly

$V_{Ed} =$	37,44 kN
$M_{Ed} =$	52,45 kNm

##### 2. Geometrie

Vzdálenost mezi průvlaky

$L_1 =$	4,65 m
$L_2 =$	0,00 m

Délka nosníku

$L =$	3,4 m
-------	-------

##### 3. Efektivní šířka, poloha N.O.

předpoklad: neutrální osa leží v železobetonové desce

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_1 + L_2}{2}; \frac{0,8 \cdot L}{4}\right)$$

$b_{efi} =$	0,68 m
-------------	--------

$$b_{eff} * x * \frac{0,85 * f_{ck}}{\gamma_c} = A * \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \Rightarrow x = \frac{A * f_{yk} * \gamma_c}{\gamma_{M0} * 0,85 * b_{eff} * f_{ck}}$$

$x =$	104,97 mm	$\leq$	70,00 mm	<b>PŘEDPOKLAD NEPLATÍ</b>
-------	-----------	--------	----------	---------------------------



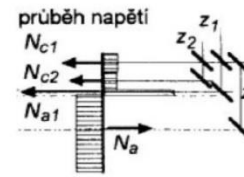
Únosnosti částí průřezu

$$N_a = \frac{A_a \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad N_a = 1011,186 \text{ kN}$$

$$N_{c1} = \frac{0,85 \cdot A_{c1} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad N_{c1} = 674,333 \text{ kN}$$

$$N_{c2} = \frac{0,85 \cdot A_{c2} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad N_{c2} = 184,167 \text{ kN}$$

$$N_a > N_{c1} + N_{c2} \quad 1011,186 \text{ kN} > 858,500 \text{ kN}$$



Poloha NO se určí z rovnováhy sil vprůřezu, tahová síla se musí rovnat tlakové

$$N_+ = N_- = 934,843 \text{ kN}$$

Tlaková síla v ocelovém profilu

$$N_{al} = N_+ - (N_{c1} + N_{c2}) \quad N_{al} = 76,343 \text{ kN}$$

$$x' = \frac{N_{al} \cdot \gamma_{M0}}{b \cdot f_{yk}} \quad x' = 2,151 \text{ mm}$$

$$x' = 2,15 \text{ mm} < t_f = 8,50 \text{ mm}$$

**POLOHA NO JE V PÁSNICI**

$$z = \frac{70}{2} + 50 + \frac{h}{2} \quad z = 185,00 \text{ mm}$$

$$z_1 = \frac{70}{2} + 50 + \frac{x'}{2} \quad z_1 = 86,08 \text{ mm}$$

$$z_2 = \frac{70}{2} + \frac{50}{2} \quad z_2 = 60,00 \text{ mm}$$

### 5. Návrhový moment

$$M_{pl,Rd} = N_a \cdot z - 2N_{al} \cdot z_1 - N_{c2} \cdot z_2 \quad M_{pl,Rd} = 162,877 \text{ kNm}$$

### 5. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad \boxed{162,88 \text{ kNm} \geq 52,45 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

### 6. Návrhová únosnost ve smyku

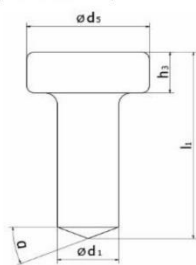
$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \quad V_{pl,Rd} = 286,94 \text{ kN}$$

### 7. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad \boxed{286,94 \text{ kN} \geq 37,44 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

**Návrh úplného spřažení nosníku s ocelo-betonovou deskou**

Spřahovací trny



$d=d_1=$	25 mm
$l_1=$	100 mm
$d_5=$	41 mm
$h_3=$	12 mm
$\alpha=$	22,5°

$f_u=$	340 Mpa
po přivaření se trn zkrátí cca o 5 mm	
$h_{sc}=$	95 mm
$\gamma_v=$	1,25
$n_r=$	1 ks
$b_0=$	120 mm
$h_p=$	50 mm

**1. Únosnost trnu v plné desce**

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\}$$

$P_{Rk,1}=$	133,450 kN	$P_{Rk}=$	133,450 kN
$P_{Rk,2}=$	159,562 kN		

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 \text{ pro } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \end{array} \right\}$$

$\frac{l}{d}=$	3,800
$\alpha=$	1
$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v}$	$P_{rd}=$ 106,760 kN

**2. Redukovaná únosnost v žebrové desce**

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_t$$

$P_{rd,r}=$	106,760 kN
-------------	------------

$$k_t = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$k_{t1}=$	1,296
$k_t=$	1

**3. Návrh počtu trnů**

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{ef} = N_c = N_a = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$N_{ef}=$	1011,186 kN
-----------	-------------

Potřebný počet trnů na polovině nosníku

$$n_f = \frac{N_{ef}}{P_{rd,r}}$$

$n_f=$	10 ks
--------	-------

Maximální množství trnů na polovině nosníku

$$\frac{L}{2} = 1700 \text{ mm} \rightarrow \frac{L}{5d} = 13 \text{ trnů}$$

potřebný počet trnů ≤ maximální možný počet trnů  
10 ≤ 13

**VYHOVUJE**

### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSP

#### 1. Průřezové charakteristiky ideálního průřezu

Plocha

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} \quad A_i = 6361,744 \text{ mm}^2$$

Těžiště

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} \quad z_i = 202,168 \text{ mm}$$

$$A_c = 47600 \text{ mm}^2$$

$$z_c = 285 \text{ mm}$$

$$z_a = 100 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left( \frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) \quad I_i = 73468789,126 \text{ mm}^4$$

$$r_a = z_i - z_a \quad r_a = 102,168 \text{ mm}$$

$$r_c = z_c - z_i \quad r_c = 82,832 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^2 \cdot h_d \quad I_c = 2697333 \text{ mm}^4$$

#### 2. Napětí v průřezu

Zatížení

$$g_k = 4,36 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 2,3 \text{ kN/m}^2$$

$$F = (g_k + q_k) \cdot \frac{L}{3} \cdot \frac{(L_1 + L_2)}{2}$$

$$F = 17,549 \text{ kN}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = \frac{F \cdot L}{4} \quad M_{Ek} = 14,917 \text{ kNm}$$

Napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot z_d$$

$$z_d = 202,17 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a,max} = 41,047 \text{ Mpa} \leq f_{yd} = 355 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

Napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot z_h$$

$$z_h = 117,83 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,max} = 1,766 \text{ Mpa} \leq 0,85f_{ck} = 21,25 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

#### 3. Celkový průhyb

$$\delta_2 = \frac{1}{48} \cdot \frac{F \cdot L^3}{E \cdot I_i} \leq \frac{L}{400}$$

$\delta_2 =$	0,931 mm	$\leq$	$\delta_{max} =$	8,500 mm	VYHOVUJE
--------------	----------	--------	------------------	----------	----------

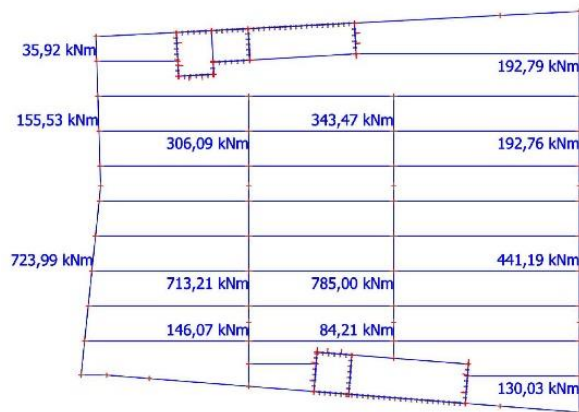
### 3.3.3 Průvlak 2.NP

- průvlaky navrženy a posouzeny ve třech variantách podle velikosti vnitřních sil, respektive maximálního momentu

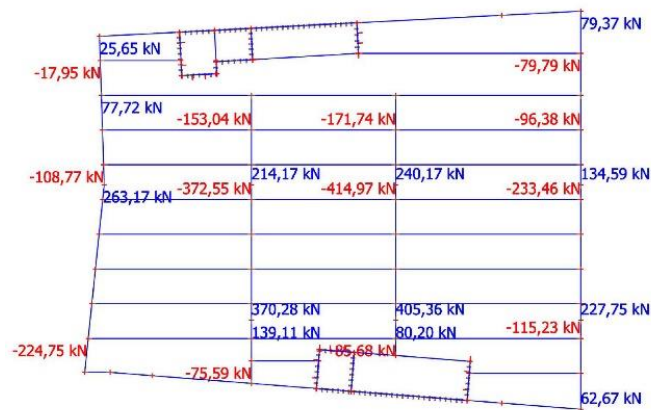
Průvlak 7 – maximální  $M_y = 723,99 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 263,17 \text{ kN}$

Průvlak 8 – maximální  $M_y = 441,19 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 227,75 \text{ kN}$

Průvlak 9 – maximální  $M_y = 192,79 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 79,79 \text{ kN}$



Obrázek 39 - 2.NP –  $M_y$



Obrázek 40 - 2.NP –  $V_z$

### 3.3.2.1 Průvlak 7

#### Návrh nosníku a průřezové charakteristiky

<b>Profil</b>	<b>IPE 600</b>	<b>Ocel</b>	<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355$	MPa
		<b>Beton</b>	<b>C 30/37</b>	$f_{ck} = 30$	MPa
$A =$	15598,44 mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0} =$	1,00	$E_{cm} = 32000$	MPa
$A_{vz} =$	8378,00 mm <sup>2</sup>	$\gamma_c =$	1,50	$E'_{cm} = 16000$	MPa
$W_{pl,y} =$	3512399,76 mm <sup>3</sup>			$E_a = 210000$	MPa
$g =$	122,45 kg/m			$n = 13,125$	
$h =$	600 mm				
$b =$	220,00 mm				
$t_f =$	19,00 mm				
$H =$	720 mm				
$I_y =$	920833980,67 mm <sup>4</sup>				
<b>Plech</b>	<b>TR 50/260</b>				
š. žebra	260 mm				
$h_d =$	70 mm				

#### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSÚ

##### 1. Vnitřní síly

$V_{Ed} =$	263,17 kN
$M_{Ed} =$	723,99 kNm

##### 2. Geometrie

Vzdálenost mezi průvlaky

$L_1 =$	8,50 m
$L_2 =$	0,00 m

Délka nosníku

$L =$	10,9 m
-------	--------

##### 3. Efektivní šířka, poloha N.O.

předpoklad: neutrální osa leží v železobetonové desce

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_1 + L_2}{2}; \frac{0,8 \cdot L}{4}\right)$$

$$b_{efi} = 2,18 \text{ m}$$

$$b_{eff} * x * \frac{0,85 * f_{ck}}{\gamma_c} = A * \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \Rightarrow x = \frac{A * f_{yk} * \gamma_c}{\gamma_{M0} * 0,85 * b_{eff} * f_{ck}}$$

$$x = 149,42 \text{ mm} \leq 70,00 \text{ mm} \quad \text{PŘEDPOKLAD NEPLATÍ}$$

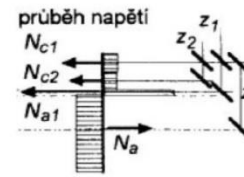
Únosnosti částí průřezu

$$N_a = \frac{A_a \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad N_a = 5537,447 \text{ kN}$$

$$N_{c1} = \frac{0,85 \cdot A_{c1} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad N_{c1} = 2594,200 \text{ kN}$$

$$N_{c2} = \frac{0,85 \cdot A_{c2} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad N_{c2} = 221,000 \text{ kN}$$

$$N_a > N_{c1} + N_{c2} \quad 5537,447 \text{ kN} > 2815,200 \text{ kN}$$



Položka NO se určí z rovnováhy sil vprůřezu, tahová síla se musí rovnat tlakové

$$N_+ = N_- = 4176,324 \text{ kN}$$

Tlaková síla v ocelovém profilu

$$N_{al} = N_+ - (N_{c1} + N_{c2}) \quad N_{al} = 1361,124 \text{ kN}$$

$$x' = \frac{N_{al} \cdot \gamma_{M0}}{b \cdot f_{yk}} \quad x' = 17,428 \text{ mm}$$

$$x' = 17,43 \text{ mm} < t_f = 19,00 \text{ mm}$$

POLOHA NO JE V PÁSNICI

$$z = \frac{70}{2} + 50 + \frac{h}{2} \quad z = 385,00 \text{ mm}$$

$$z_1 = \frac{70}{2} + 50 + \frac{x'}{2} \quad z_1 = 93,71 \text{ mm}$$

$$z_2 = \frac{70}{2} + \frac{50}{2} \quad z_2 = 60,00 \text{ mm}$$

### 5. Návrhový moment

$$M_{pl,Rd} = N_a \cdot z - 2N_{al} \cdot z_1 - N_{c2} \cdot z_2 \quad M_{pl,Rd} = 1863,545 \text{ kNm}$$

### 5. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad \boxed{1863,54 \text{ kNm} \geq 723,99 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

### 6. Návrhová únosnost ve smyku

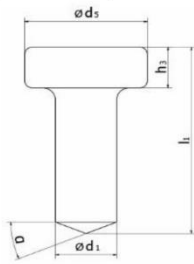
$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \quad V_{pl,Rd} = 1717,15 \text{ kN}$$

### 7. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad \boxed{1717,15 \text{ kN} \geq 263,17 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

**Návrh úplného spřažení nosníku s ocelo-betonovou deskou**

Spřahovací trny



$d=d_1=$	30 mm
$l_1=$	100 mm
$d_5=$	41 mm
$h_3=$	12 mm
$\alpha=$	22,5°

$f_u=$	340 Mpa
po přivaření se trn zkrátí cca o 5 mm	
$h_{sc}=$	95 mm
$\gamma_v=$	1,25
$n_r=$	1 ks
$b_0=$	120 mm
$h_p=$	50 mm

**1. Únosnost trnu v plné desce**

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\}$$

$P_{Rk,1}=$	192,168 kN	$P_{Rk}=$	192,168 kN
$P_{Rk,2}=$	255,727 kN		

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 \text{ pro } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \end{array} \right\}$$

$\frac{l}{d}=$	3,167
$\alpha=$	1
$P_{rd}= \frac{P_{Rk}}{\gamma_v}$	153,734 kN

**2. Redukovaná únosnost v žebrové desce**

$$P_{rd,r} = P_{rd} \cdot k_t$$

$$k_t = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$P_{rd,r}=$	153,734 kN
$k_{t1}=$	1,296
$k_t=$	1

**3. Návrh počtu trnů**

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{ef} = N_c = N_a = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$N_{ef}=$	5537,447 kN
-----------	-------------

Potřebný počet trnů na polovině nosníku

$$n_f = \frac{N_{ef}}{P_{rd,r}}$$

$n_f=$	36 ks
--------	-------

Maximální množství trnů na polovině nosníku

$$\frac{L}{2} = 5450 \text{ mm} \rightarrow \frac{L}{5d} = 36 \text{ trnů}$$

potřebný počet trnů ≤ maximální možný počet trnů  
36 ≤ 36

**VYHOVUJE**

### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSP

#### 1. Průřezové charakteristiky ideálního průřezu

Plocha

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} \quad A_i = 27225,109 \text{ mm}^2$$

Těžiště

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} \quad z_i = 464,417 \text{ mm}$$

$$A_c = 152600 \text{ mm}^2$$

$$z_c = 685 \text{ mm}$$

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

Moment setrvačnosti

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left( \frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) \quad I_i = 1910335167,426 \text{ mm}^4$$

$$r_a = z_i - z_a \quad r_a = 164,417 \text{ mm}$$

$$r_c = z_c - z_i \quad r_c = 220,583 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^2 \cdot h_d \quad I_c = 27722333 \text{ mm}^4$$

#### 2. Napětí v průřezu

Zatížení

$$g_k = 4,36 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 3,3 \text{ kN/m}^2$$

$$F = (g_k + q_k) \cdot \frac{L}{3} \cdot \frac{(L_1 + L_2)}{2}$$

$$F = 118,283 \text{ kN}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = F \cdot \frac{3L}{5} \quad M_{Ek} = 773,572 \text{ kNm}$$

Napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot z_d$$

$$z_d = 464,42 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a,max} = 188,061 \text{ Mpa} \leq f_{yd} = 355 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

Napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot z_h$$

$$z_h = 255,58 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,max} = 7,885 \text{ Mpa} \leq 0,85f_{ck} = 25,5 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

#### 3. Celkový průhyb

$$\delta_2 = \frac{63}{1000} \cdot \frac{F \cdot L^3}{E \cdot I_i} \leq \frac{L}{400}$$

$\delta_2 =$	24,055 mm	$\leq$	$\delta_{max} =$	27,250 mm	VYHOVUJE
--------------	-----------	--------	------------------	-----------	----------



### 3.3.2.2 Průvlak 8

#### Návrh nosníku a průřezové charakteristiky

<b>Profil</b>	<b>IPE 450</b>	<b>Ocel</b>	<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355$	MPa
		<b>Beton</b>	<b>C 30/37</b>	$f_{ck} = 30$	MPa
$A =$	9882,08 mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0} =$	1,00	$E_{cm} = 32000$	MPa
$A_{vz} =$	5085,00 mm <sup>2</sup>	$\gamma_c =$	1,50	$E'_{cm} = 16000$	MPa
$W_{pl,y} =$	1701793,12 mm <sup>3</sup>			$E_a = 210000$	MPa
$g =$	77,57 kg/m			$n = 13,125$	
$h =$	450 mm				
$b =$	190,00 mm				
$t_f =$	14,60 mm				
$H =$	570 mm				
$I_y =$	337429141,04 mm <sup>4</sup>				
<b>Plech</b>	<b>TR 50/260</b>				
š. žebra	260 mm				
$h_d =$	70 mm				

#### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSÚ

##### 1. Vnitřní síly

$V_{Ed} =$	227,75 kN
$M_{Ed} =$	441,19 kNm

##### 2. Geometrie

Vzdálenost mezi průvlaky

$L_1 =$	10,65 m
$L_2 =$	0,00 m

Délka nosníku

$L =$	7,8 m
-------	-------

##### 3. Efektivní šířka, poloha N.O.

předpoklad: neutrální osa leží v železobetonové desce

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_1 + L_2}{2}; \frac{0,8 \cdot L}{4}\right)$$

$$b_{efi} = 1,56 \text{ m}$$

$$b_{eff} * x * \frac{0,85 * f_{ck}}{\gamma_c} = A * \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \Rightarrow x = \frac{A * f_{yk} * \gamma_c}{\gamma_{M0} * 0,85 * b_{eff} * f_{ck}}$$

$$x = 132,28 \text{ mm} \leq 70,00 \text{ mm} \quad \text{PŘEDPOKLAD NEPLATÍ}$$

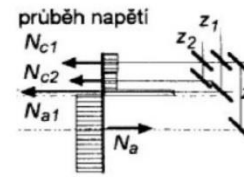
Únosnosti částí průřezu

$$N_a = \frac{A_a \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad N_a = 3508,138 \text{ kN}$$

$$N_{c1} = \frac{0,85 \cdot A_{c1} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad N_{c1} = 1856,400 \text{ kN}$$

$$N_{c2} = \frac{0,85 \cdot A_{c2} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad N_{c2} = 221,000 \text{ kN}$$

$$N_a > N_{c1} + N_{c2} \quad 3508,138 \text{ kN} > 2077,400 \text{ kN}$$



Poloha NO se určí z rovnováhy sil vprůřezu, tahová síla se musí rovnat tlakové

$$N_+ = N_- = 2792,769 \text{ kN}$$

Tlaková síla v ocelovém profilu

$$N_{al} = N_+ - (N_{c1} + N_{c2}) \quad N_{al} = 715,369 \text{ kN}$$

$$x' = \frac{N_{al} \cdot \gamma_{M0}}{b \cdot f_{yk}} \quad x' = 10,606 \text{ mm}$$

$$x' = 10,61 \text{ mm} < t_f = 14,60 \text{ mm}$$

**POLOHA NO JE V PÁSNIČI**

$$z = \frac{70}{2} + 50 + \frac{h}{2} \quad z = 310,00 \text{ mm}$$

$$z_1 = \frac{70}{2} + 50 + \frac{x'}{2} \quad z_1 = 90,30 \text{ mm}$$

$$z_2 = \frac{70}{2} + \frac{50}{2} \quad z_2 = 60,00 \text{ mm}$$

### 5. Návrhový moment

$$M_{pl,Rd} = N_a \cdot z - 2N_{al} \cdot z_1 - N_{c2} \cdot z_2 \quad M_{pl,Rd} = 945,063 \text{ kNm}$$

### 5. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad \boxed{945,06 \text{ kNm} \geq 441,19 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

### 6. Návrhová únosnost ve smyku

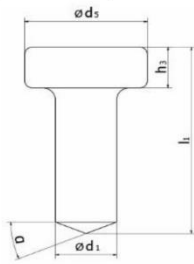
$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \quad V_{pl,Rd} = 1042,22 \text{ kN}$$

### 7. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad \boxed{1042,22 \text{ kN} \geq 227,75 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

**Návrh úplného spřažení nosníku s ocelo-betonovou deskou**

Spřahovací trny



$d=d_1=$	25 mm
$l_1=$	100 mm
$d_5=$	41 mm
$h_3=$	12 mm
$\alpha=$	22,5°

$f_u=$	340 Mpa
po přivaření se trn zkrátí cca o 5 mm	
$h_{sc}=$	95 mm
$\gamma_v=$	1,25
$n_r=$	1 ks
$b_0=$	120 mm
$h_p=$	50 mm

**1. Únosnost trnu v plné desce**

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\}$$

$P_{Rk,1}=$	133,450 kN	$P_{Rk}=$	133,450 kN
$P_{Rk,2}=$	177,588 kN		

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 \text{ pro } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \end{array} \right\}$$

$\frac{l}{d}=$	3,800	
$\alpha=$	1	
$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v}$	$P_{rd}=$	106,760 kN

**2. Redukovaná únosnost v žebrové desce**

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_t$$

$P_{rd,r}=$	106,760 kN
-------------	------------

$$k_t = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$k_{t1}=$	1,296
$k_t=$	1

**3. Návrh počtu trnů**

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{ef} = N_c = N_a = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$N_{ef}=$	3508,138 kN
-----------	-------------

Potřebný počet trnů na polovině nosníku

$$n_f = \frac{N_{ef}}{P_{rd,r}}$$

$n_f=$	31 ks
--------	-------

Maximální množství trnů na polovině nosníku

$$\frac{L}{2} = 3900 \text{ mm} \rightarrow \frac{L}{5d} = 31 \text{ trnů}$$

potřebný počet trnů ≤ maximální možný počet trnů  
31 ≤ 31

**VYHOVUJE**

### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSP

#### 1. Průřezové charakteristiky ideálního průřezu

Plocha

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} \quad A_i = 18202,078 \text{ mm}^2$$

Těžiště

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} \quad z_i = 366,698 \text{ mm}$$

$$A_c = 109200 \text{ mm}^2$$

$$z_c = 535 \text{ mm}$$

$$z_a = 225 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left( \frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) \quad I_i = 772594975,673 \text{ mm}^4$$

$$r_a = z_i - z_a \quad r_a = 141,698 \text{ mm}$$

$$r_c = z_c - z_i \quad r_c = 168,302 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^2 \cdot h_d \quad I_c = 14196000 \text{ mm}^4$$

#### 2. Napětí v průřezu

Zatížení

$$g_k = 4,36 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 3,3 \text{ kN/m}^2$$

$$F = (g_k + q_k) \cdot \frac{L}{3} \cdot \frac{(L_1 + L_2)}{2}$$

$$F = 106,053 \text{ kN}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = \frac{F \cdot L}{2} \quad M_{Ek} = 413,606 \text{ kNm}$$

Napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot z_d$$

$$z_d = 366,70 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a,max} = 196,310 \text{ Mpa} \leq f_{yd} = 355 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

Napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot z_h$$

$$z_h = 203,30 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,max} = 8,292 \text{ Mpa} \leq 0,85f_{ck} = 25,5 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

#### 3. Celkový průhyb

$$\delta_2 = \frac{23}{648} \cdot \frac{F \cdot L^3}{E \cdot I_i} \leq \frac{L}{400}$$

$\delta_2 =$	15,348 mm	$\leq$	$\delta_{max} =$	19,500 mm	VYHOVUJE
--------------	-----------	--------	------------------	-----------	----------

### 3.3.2.1 Průvlak 9

#### Návrh nosníku a průřezové charakteristiky

<b>Profil</b>	<b>IPE 270</b>	<b>Ocel</b>	<b>S 355</b>	$f_{yk} = 355$	MPa
		<b>Beton</b>	<b>C 25/30</b>	$f_{ck} = 25$	MPa
$A =$	4594,50 mm <sup>2</sup>	$\gamma_{M0} =$	1,00	$E_{cm} = 31000$	MPa
$A_{vz} =$	2214,00 mm <sup>2</sup>	$\gamma_c =$	1,50	$E'_{cm} = 15500$	MPa
$W_{pl,y} =$	483996,82 mm <sup>3</sup>			$E_a = 210000$	MPa
$g =$	36,07 kg/m			$n = 13,548$	
$h =$	270 mm				
$b =$	135,00 mm				
$t_f =$	10,20 mm				
$H =$	390 mm				
$I_y =$	57897773,32 mm <sup>4</sup>				
<b>Plech</b>	<b>TR 50/260</b>				
š. žebra	260 mm				
$h_d =$	70 mm				

#### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSÚ

##### 1. Vnitřní síly

$V_{Ed} =$	79,79	kN
$M_{Ed} =$	192,79	kNm

##### 2. Geometrie

Vzdálenost mezi průvlaky

$L_1 =$	12,80	m
$L_2 =$	0,00	m

Délka nosníku

$L =$	4,845	m
-------	-------	---

##### 3. Efektivní šířka, poloha N.O.

předpoklad: neutrální osa leží v železobetonové desce

$$b_{eff} = \min\left(\frac{L_1 + L_2}{2}; \frac{0,8 \cdot L}{4}\right)$$

$$b_{efi} = 0,97 \text{ m}$$

$$b_{eff} * x * \frac{0,85 * f_{ck}}{\gamma_c} = A * \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \Rightarrow x = \frac{A * f_{yk} * \gamma_c}{\gamma_{M0} * 0,85 * b_{eff} * f_{ck}}$$

$$x = 118,82 \text{ mm} \leq 70,00 \text{ mm} \quad \text{PŘEDPOKLAD NEPLATÍ}$$

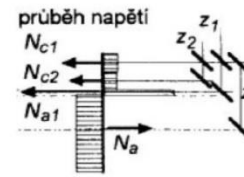
Únosnosti částí průřezu

$$N_a = \frac{A_a \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} \quad N_a = 1631,048 \text{ kN}$$

$$N_{c1} = \frac{0,85 \cdot A_{c1} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad N_{c1} = 960,925 \text{ kN}$$

$$N_{c2} = \frac{0,85 \cdot A_{c2} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad N_{c2} = 184,167 \text{ kN}$$

$$N_a > N_{c1} + N_{c2} \quad 1631,048 \text{ kN} > 1145,092 \text{ kN}$$



Poloha NO se určí z rovnováhy sil vprůřezu, tahová síla se musí rovnat tlakové

$$N_+ = N_- = 1388,070 \text{ kN}$$

Tlaková síla v ocelovém profilu

$$N_{al} = N_+ - (N_{c1} + N_{c2}) \quad N_{al} = 242,978 \text{ kN}$$

$$x' = \frac{N_{al} \cdot \gamma_{M0}}{b \cdot f_{yk}} \quad x' = 5,070 \text{ mm}$$

$$x' = 5,07 \text{ mm} < t_f = 10,20 \text{ mm}$$

**POLOHA NO JE V PÁSNICI**

$$z = \frac{70}{2} + 50 + \frac{h}{2} \quad z = 220,00 \text{ mm}$$

$$z_1 = \frac{70}{2} + 50 + \frac{x'}{2} \quad z_1 = 87,53 \text{ mm}$$

$$z_2 = \frac{70}{2} + \frac{50}{2} \quad z_2 = 60,00 \text{ mm}$$

### 5. Návrhový moment

$$M_{pl,Rd} = N_a \cdot z - 2N_{al} \cdot z_1 - N_{c2} \cdot z_2 \quad M_{pl,Rd} = 305,242 \text{ kNm}$$

### 5. Posouzení MSÚ - moment

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} \quad \boxed{305,24 \text{ kNm} \geq 192,79 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

### 6. Návrhová únosnost ve smyku

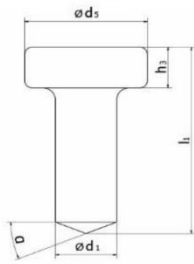
$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} \quad V_{pl,Rd} = 453,78 \text{ kN}$$

### 7. Posouzení MSÚ - posouvající síly

$$V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \quad \boxed{453,78 \text{ kN} \geq 79,79 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

**Návrh úplného spřažení nosníku s ocelo-betonovou deskou**

Spřahovací trny



$d=d_1=$	25 mm
$l_1=$	100 mm
$d_5=$	41 mm
$h_3=$	12 mm
$\alpha=$	22,5°

$f_u=$	340 Mpa
po přivaření se trn zkrátí cca o 5 mm	
$h_{sc}=$	95 mm
$\gamma_v=$	1,25
$n_r=$	1 ks
$b_0=$	120 mm
$h_p=$	50 mm

**1. Únosnost trnu v plné desce**

$$P_{Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} \end{array} \right\}$$

$P_{Rk,1}=$	133,450 kN	$P_{Rk}=$	133,450 kN
$P_{Rk,2}=$	159,562 kN		

$$\alpha = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 \text{ pro } \frac{h_{sc}}{d} > 4 \end{array} \right\}$$

$\frac{l}{d}=$	3,800
$\alpha=$	1
$P_{rd}= \frac{P_{Rk}}{\gamma_v}$	106,760 kN

**2. Redukovaná únosnost v žebrové desce**

$$P_{rd,r} = P_{rd} \cdot k_t$$

$$k_t = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right)$$

$P_{rd,r}=$	106,760 kN
$k_{t1}=$	1,296
$k_t=$	1

**3. Návrh počtu trnů**

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku

$$N_{ef} = N_c = N_a = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$N_{ef}=$	1631,048 kN
-----------	-------------

Potřebný počet trnů na polovině nosníku

$$n_f = \frac{N_{ef}}{P_{rd,r}}$$

$n_f=$	15 ks
--------	-------

Maximální množství trnů na polovině nosníku

$$\frac{L}{2} = 2422,5 \text{ mm} \rightarrow \frac{L}{5d} = 19 \text{ trnů}$$

potřebný počet trnů ≤ maximální možný počet trnů  
15 ≤ 19

**VYHOVUJE**

### Posouzení průřezu v provozním stavu na MSP

#### 1. Průřezové charakteristiky ideálního průřezu

Plocha

$$A_i = A_a + \frac{A_c}{n} \quad A_i = 9601,002 \text{ mm}^2$$

Těžiště

$$z_i = \frac{A_a \cdot z_a + \frac{A_c \cdot z_c}{n}}{A_i} \quad z_i = 249,720 \text{ mm}$$

$$A_c = 67830 \text{ mm}^2$$

$$z_c = 355 \text{ mm}$$

$$z_a = 135 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti

$$I_i = (I_a + A_a \cdot r_a^2) + \left( \frac{I_c + A_c \cdot r_c^2}{n} \right) \quad I_i = 174260244,064 \text{ mm}^4$$

$$r_a = z_i - z_a \quad r_a = 114,720 \text{ mm}$$

$$r_c = z_c - z_i \quad r_c = 105,280 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \cdot b_{eff}^2 \cdot h_d \quad I_c = 5477273 \text{ mm}^4$$

#### 2. Napětí v průřezu

Zatížení

$$g_k = 4,36 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = 3,3 \text{ kN/m}^2$$

$$F = (g_k + q_k) \cdot \frac{L}{3} \cdot \frac{(L_1 + L_2)}{2}$$

$$F = 79,174 \text{ kN}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ek} = \frac{F \cdot L}{4} \quad M_{Ek} = 95,899 \text{ kNm}$$

Napětí v ocelovém profilu

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} \cdot z_d$$

$$z_d = 249,72 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a,max} = 137,427 \text{ Mpa} \leq f_{yd} = 355 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

Napětí v betonové desce

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n \cdot I_i} \cdot z_h$$

$$z_h = 140,28 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,max} = 5,698 \text{ Mpa} \leq 0,85f_{ck} = 21,25 \text{ Mpa}$$

PRŮŘEZ PŮSOBÍ ELASTICKY

#### 3. Celkový průhyb

$$\delta_2 = \frac{1}{48} \cdot \frac{F \cdot L^3}{E \cdot I_i} \leq \frac{L}{400}$$

$\delta_2 =$	5,126 mm	$\leq$	$\delta_{max} =$	12,113 mm	VYHOVUJE
--------------	----------	--------	------------------	-----------	----------



### 3.4 Posouzení sloupů

Součinitel vzpěrnosti  $\chi$  určen na základě poměrné štíhlosti  $\lambda$  z křivek vzpěrné pevnosti [Obr. 6.4 4SN EN 1993-1-1]. Křivky vzpěrné pevnosti přiřazeny k průřezům na základě Tab. 6.2 ČSN EN 1993-1.

#### 3.4.1 Sloupy 1.NP – 3.NPa

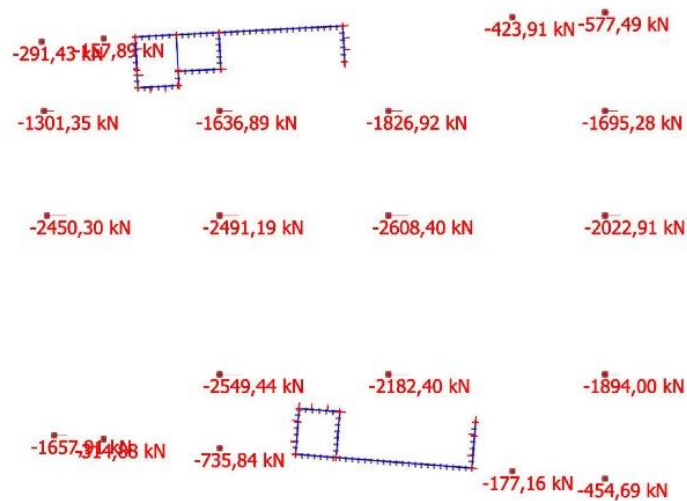
Sloupy navrženy od paty 1.NP do paty 3.NPa, čili maximální délka prvku je 11 m. Při návrhu je uvažována nejdelší vzpěrná délka prvku 4330 mm (výška v 1.NP). Jelikož jsou veškeré spoje kloubové, ve sloupech tedy nevzniká momentové namáhání – sloupy jsou posouzeny pouze na vzpěrný tlak.

- sloupy navrženy a posouzeny ve třech variantách podle velikosti vnitřních sil, respektive maximální normálové síly

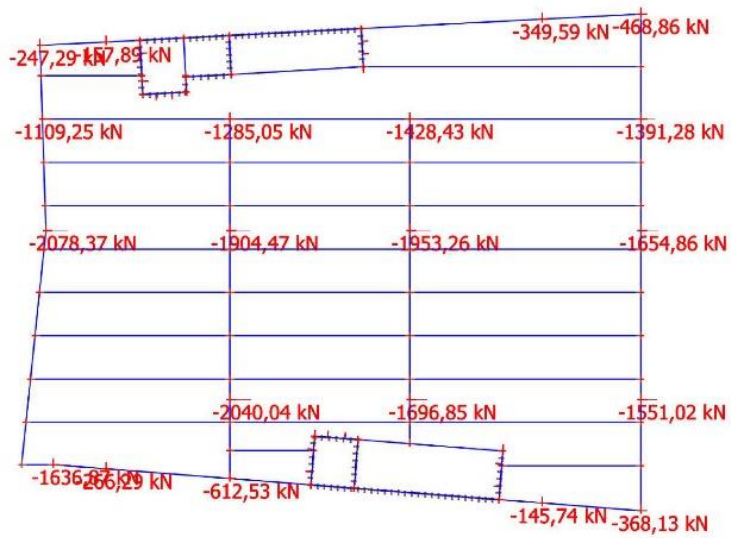
Sloup 1 – maximální N = 2608,40 kN

Sloup 2 – maximální N = 1695,28 kN

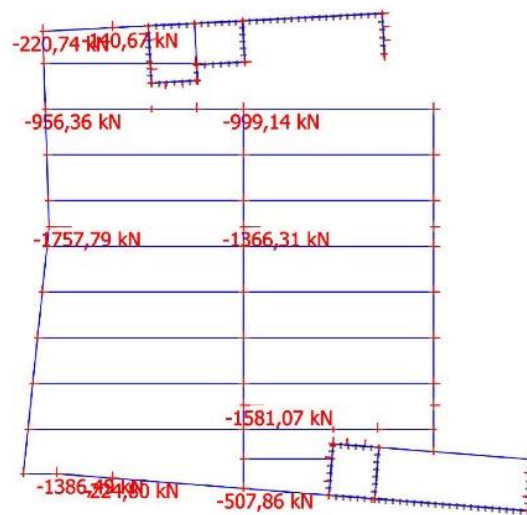
Sloup 3 – maximální N = 735,84 kN



Obrázek 41 - Normálové vnitřní síly sloupů v 1.NP



Obrázek 42 - Normálové vnitřní síly sloupů ve 2.NP



Obrázek 43 – Normálové vnitřní síly ve 3.NPa

### 3.4.1.1 Sloup 1

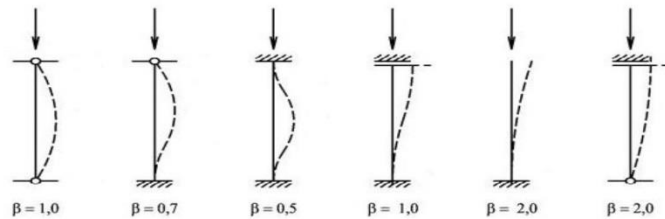
#### Posouzení sloupu na vzpěrný tlak

##### 1. Průřezové charakteristiky

Profil	HEB 240	Ocel	S 355	$f_y$	355	Mpa
$A$	10598,56 mm <sup>2</sup>	$I_y$	1,126E+08 mm <sup>4</sup>	$I_z$	3,923E+07 mm <sup>4</sup>	
$b$	240 mm	$W_y$	9,383E+05 mm <sup>3</sup>	$W_z$	3,269E+05 mm <sup>3</sup>	
$h$	206,00 mm	$W_{pl,y}$	1,053E+06 mm <sup>3</sup>	$W_{pl,z}$	4,984E+05 mm <sup>3</sup>	
$t_w$	10,00 mm	$i_y$	1,031E+02 mm	$i_z$	6,084E+01 mm	
$t_f$	17,00 mm					
$r$	21,00 mm	$I_w$	4,869E+11 mm <sup>6</sup>	$I_t$	1,027E+06 mm <sup>4</sup>	
$\gamma_{M0}$	1,00	$\gamma_{M1}$	1,00	$\gamma_{M2}$	1,25	

##### 2. Délka prvku

$L_y$	4330 mm
$L_z$	4330 mm
$\beta_y$	1
$\beta_z$	1
$L_{cr,i} = \beta_i L_i$	
$L_{cr,y}$	4330 mm
$L_{cr,z}$	4330 mm



##### 3. Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 2920,18 \text{ kN}$$

##### 4. Štíhlost

$$\lambda_i = \frac{L_{cr,i}}{i_i} \quad \lambda_y = 4,201E+01 \quad \bar{\lambda}_y = 1,961E-01 \quad \chi_y = 1,000$$

$$\lambda_z = 7,117E+01 \quad \bar{\lambda}_z = 3,322E-01 \quad \chi_z = 0,933$$

$$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad \lambda_1 = 214,28$$

##### 5. Návrhová vzpěrná únosnost tlačенého prutu

$$N_{b,Rd,i} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} \quad N_{b,Rd,y} = 3762,49 \text{ kN} \quad N_{b,Rd} = \min(N_{b,Rd,y}; N_{b,Rd,z})$$

$$N_{b,Rd,z} = 3510,40 \text{ kN} \quad N_{b,Rd} = 3510,40 \text{ kN}$$

##### 6. Posouzení

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

<b>0,832</b>	<b>≤</b>	<b>1,0</b>	<b>VYHOVUJE</b>
--------------	----------	------------	-----------------

### 3.4.1.2 Sloup 2

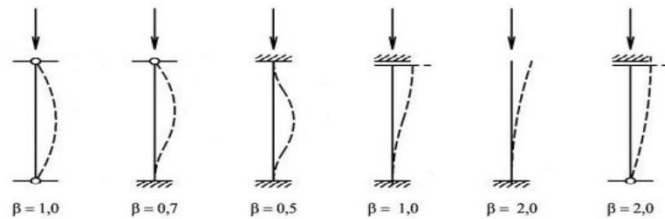
#### Posouzení sloupu na vzpěrný tlak

##### 1. Průřezové charakteristiky

Profil	HEB 220	Ocel	S 355	$f_y$	355	Mpa
$A$	9104,12 mm <sup>2</sup>	$I_y$	8,091E+07 mm <sup>4</sup>	$I_z$	2,843E+07 mm <sup>4</sup>	
$b$	220 mm	$W_y$	7,355E+05 mm <sup>3</sup>	$W_z$	2,585E+05 mm <sup>3</sup>	
$h$	188,00 mm	$W_{pl,y}$	8,270E+05 mm <sup>3</sup>	$W_{pl,z}$	3,939E+05 mm <sup>3</sup>	
$t_w$	9,50 mm	$i_y$	9,427E+01 mm	$i_z$	5,588E+01 mm	
$t_f$	16,00 mm					
$r$	18,00 mm	$I_w$	2,954E+11 mm <sup>6</sup>	$I_t$	7,657E+05 mm <sup>4</sup>	
$\gamma_{M0}$	1,00	$\gamma_{M1}$	1,00	$\gamma_{M2}$	1,25	

##### 2. Délka prvku

$L_y$	4330 mm
$L_z$	4330 mm
$\beta_y$	1
$\beta_z$	1
$L_{cr,i} = \beta_i L_i$	
$L_{cr,y}$	4330 mm
$L_{cr,z}$	4330 mm



##### 3. Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 1695,28 \text{ kN}$$

##### 4. Štíhlost

$$\lambda_i = \frac{L_{cr,i}}{i_i} \quad \lambda_y = 4,593E+01 \quad \bar{\lambda}_y = 2,143E-01 \quad \chi_y = 0,995$$

$$\lambda_z = 7,748E+01 \quad \bar{\lambda}_z = 3,616E-01 \quad \chi_z = 0,628$$

$$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad \lambda_1 = 214,28$$

##### 5. Návrhová vzpěrná únosnost tlačенého prutu

$$N_{b,Rd,i} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} \quad N_{b,Rd,y} = 3215,80 \text{ kN} \quad N_{b,Rd} = \min(N_{b,Rd,y}; N_{b,Rd,z})$$

$$N_{b,Rd,z} = 2029,67 \text{ kN} \quad N_{b,Rd} = 2029,67 \text{ kN}$$

##### 6. Posouzení

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

<b>0,835</b>	<b>≤</b>	<b>1,0</b>	<b>VYHOVUJE</b>
--------------	----------	------------	-----------------

### 3.4.1.2 Sloup 3

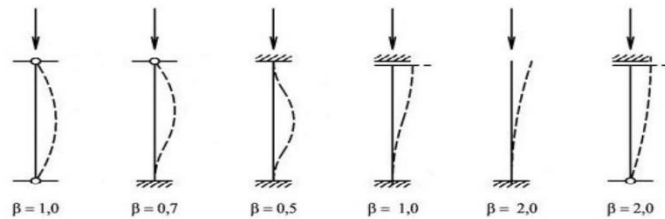
#### Posouzení sloupu na vzpěrný tlak

##### 1. Průřezové charakteristiky

Profil	HEB 140	Ocel	S 355	fy=	355	Mpa
A =	4295,61 mm <sup>2</sup>	I <sub>y</sub> =	1,509E+07 mm <sup>4</sup>	I <sub>z</sub> =	5,497E+06 mm <sup>4</sup>	
b =	140 mm	W <sub>y</sub> =	2,156E+05 mm <sup>3</sup>	W <sub>z</sub> =	7,852E+04 mm <sup>3</sup>	
h =	116,00 mm	W <sub>pl,y</sub> =	2,454E+05 mm <sup>3</sup>	W <sub>pl,z</sub> =	1,198E+05 mm <sup>3</sup>	
t <sub>w</sub> =	7,00 mm	i <sub>y</sub> =	5,927E+01 mm	i <sub>z</sub> =	3,577E+01 mm	
t <sub>f</sub> =	12,00 mm					
r =	12,00 mm	I <sub>w</sub> =	2,248E+10 mm <sup>6</sup>	I <sub>t</sub> =	2,006E+05 mm <sup>4</sup>	
Y <sub>M0</sub> =	1,00	Y <sub>M1</sub> =	1,00	Y <sub>M2</sub> =	1,25	

##### 2. Délka prvku

L <sub>y</sub> =	4330 mm
L <sub>z</sub> =	4330 mm
β <sub>y</sub> =	1
β <sub>z</sub> =	1
L <sub>cr,i</sub> = β <sub>i</sub> L <sub>i</sub>	
L <sub>cr,y</sub> =	4330 mm
L <sub>cr,z</sub> =	4330 mm



##### 3. Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 735,84 \text{ kN}$$

##### 4. Štíhlost

$$\lambda_i = \frac{L_{cr,i}}{i_i} \quad \lambda_y = 7,305E+01 \quad \bar{\lambda}_y = 3,409E-01 \quad \chi_y = 0,965$$

$$\lambda_z = 1,210E+02 \quad \bar{\lambda}_z = 5,649E-01 \quad \chi_z = 0,843$$

$$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad \lambda_1 = 214,28$$

##### 5. Návrhová vzpěrná únosnost tlačенého prutu

$$N_{b,Rd,i} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} \quad N_{b,Rd,y} = 1471,57 \text{ kN} \quad N_{b,Rd} = \min(N_{b,Rd,y}; N_{b,Rd,z})$$

$$N_{b,Rd,z} = 1285,53 \text{ kN} \quad N_{b,Rd} = 1285,53 \text{ kN}$$

##### 6. Posouzení

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

<b>0,572</b>	<b>≤</b>	<b>1,0</b>	<b>VYHOVUJE</b>
--------------	----------	------------	-----------------

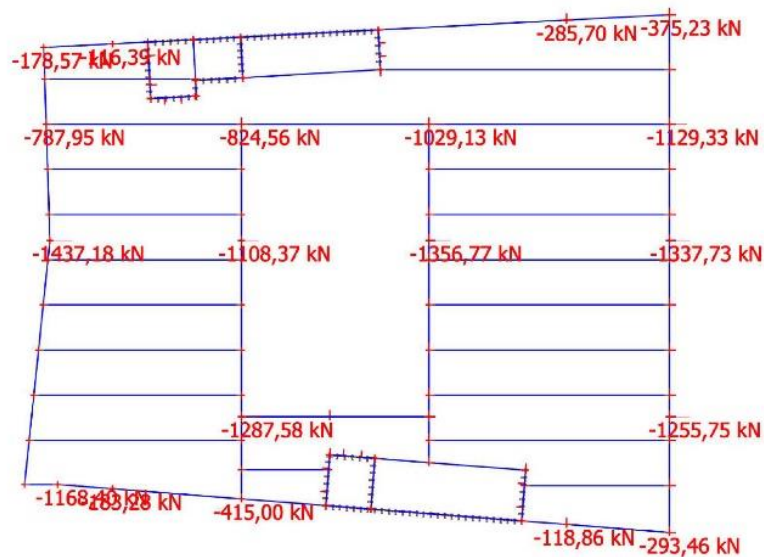
### 3.4.2 Sloupy 3.NPb – 6.NP

Sloupy navrženy od paty 3.NPa do paty 6.NP, čili maximální délka prvku je 10 m.

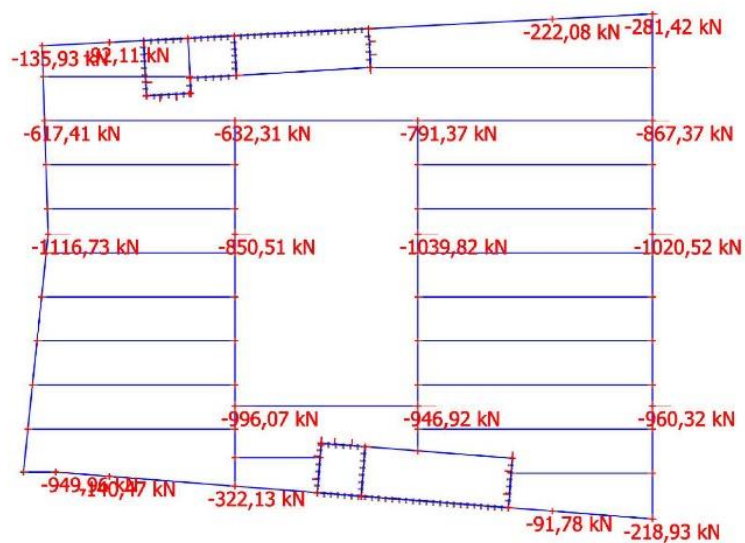
- sloupy navrženy a posouzeny ve třech variantách podle velikosti vnitřních sil, respektive maximální normálové síly

Sloup 4 – maximální N = 1437,18 kN

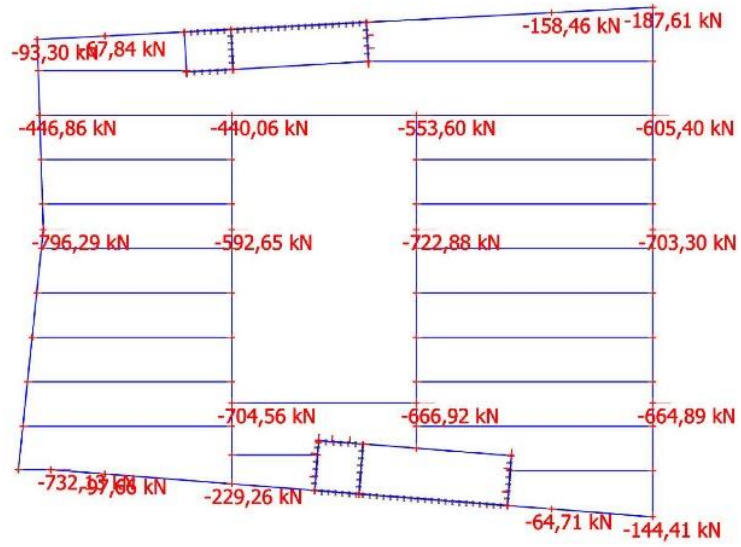
Sloup 5 – maximální N = 824,56 kN



Obrázek 44 - Normálové vnitřní síly sloupů v 3.NPb



Obrázek 45 - Normálové vnitřní síly sloupů v 4.NP



Obrázek 46 - Normálové vnitřní síly sloupů v 5.NP

### 3.4.2.1 Sloup 4

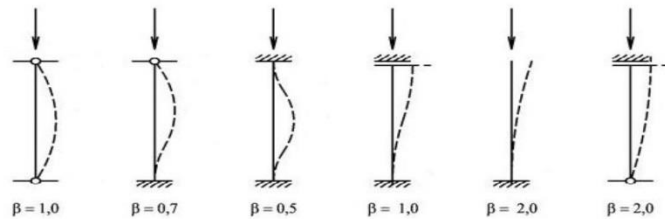
#### Posouzení sloupu na vzpěrný tlak

##### 1. Průřezové charakteristiky

Profil	HEB 220	Ocel	S 355	$f_y$	355	Mpa
$A$	9104,12 mm <sup>2</sup>	$I_y$	8,091E+07 mm <sup>4</sup>	$I_z$	2,843E+07 mm <sup>4</sup>	
$b$	220 mm	$W_y$	7,355E+05 mm <sup>3</sup>	$W_z$	2,585E+05 mm <sup>3</sup>	
$h$	188,00 mm	$W_{pl,y}$	8,270E+05 mm <sup>3</sup>	$W_{pl,z}$	3,939E+05 mm <sup>3</sup>	
$t_w$	9,50 mm	$i_y$	9,427E+01 mm	$i_z$	5,588E+01 mm	
$t_f$	16,00 mm					
$r$	18,00 mm	$I_w$	2,954E+11 mm <sup>6</sup>	$I_t$	7,657E+05 mm <sup>4</sup>	
$\gamma_{M0}$	1,00	$\gamma_{M1}$	1,00	$\gamma_{M2}$	1,25	

##### 2. Délka prvku

$L_y$	3100 mm
$L_z$	3100 mm
$\beta_y$	1
$\beta_z$	1
$L_{cr,i} = \beta_i L_i$	
$L_{cr,y}$	3100 mm
$L_{cr,z}$	3100 mm



##### 3. Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 1437,18 \text{ kN}$$

##### 4. Štíhlost

$\lambda_i = \frac{L_{cr,i}}{i_i}$	$\lambda_y = 3,288E+01$	$\bar{\lambda}_y = 1,535E-01$	$\chi_y = 1,000$
	$\lambda_z = 5,547E+01$	$\bar{\lambda}_z = 2,589E-01$	$\chi_z = 0,975$
$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$	$\lambda_1 = 214,28$		

##### 5. Návrhová vzpěrná únosnost tlačенého prutu

$N_{b,Rd,i} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}}$	$N_{b,Rd,y} = 3231,96 \text{ kN}$	$N_{b,Rd} = \min(N_{b,Rd,y}; N_{b,Rd,z})$
	$N_{b,Rd,z} = 3151,16 \text{ kN}$	$N_{b,Rd} = 3151,16 \text{ kN}$

##### 6. Posouzení

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

<b>0,456</b>	<b>≤</b>	<b>1,0</b>	<b>VYHOVUJE</b>
--------------	----------	------------	-----------------



3.4.2.2 Sloup 5

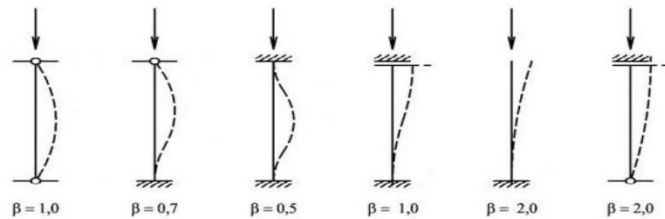
Posouzení sloupu na vzpěrný tlak

1. Průřezové charakteristiky

Profil	HEB 180	Ocel	S 235	fy=	235	Mpa
A =	6525,14 mm <sup>2</sup>	I <sub>y</sub> =	3,831E+07 mm <sup>4</sup>	I <sub>z</sub> =	1,363E+07 mm <sup>4</sup>	
b =	180 mm	W <sub>y</sub> =	4,257E+05 mm <sup>3</sup>	W <sub>z</sub> =	1,514E+05 mm <sup>3</sup>	
h =	152,00 mm	W <sub>pl,y</sub> =	4,814E+05 mm <sup>3</sup>	W <sub>pl,z</sub> =	2,310E+05 mm <sup>3</sup>	
t <sub>w</sub> =	8,50 mm	i <sub>y</sub> =	7,662E+01 mm	i <sub>z</sub> =	4,570E+01 mm	
t <sub>f</sub> =	14,00 mm					
r =	15,00 mm	I <sub>w</sub> =	9,375E+10 mm <sup>6</sup>	I <sub>t</sub> =	4,216E+05 mm <sup>4</sup>	
Y <sub>M0</sub> =	1,00	Y <sub>M1</sub> =	1,00	Y <sub>M2</sub> =	1,25	

2. Délka prvku

L <sub>y</sub> =	3100 mm
L <sub>z</sub> =	3100 mm
β <sub>y</sub> =	1
β <sub>z</sub> =	1
L <sub>cr,i</sub> = β <sub>i</sub> L <sub>i</sub>	
L <sub>cr,y</sub> =	3100 mm
L <sub>cr,z</sub> =	3100 mm



3. Vnitřní síly

N<sub>Ed</sub> = 824,56 kN

4. Štíhlost

$\lambda_i = \frac{L_{cr,i}}{i_i}$	$\lambda_y = 4,046E+01$	$\bar{\lambda}_y = 4,309E-01$	$\chi_y = 0,914$
	$\lambda_z = 6,783E+01$	$\bar{\lambda}_z = 7,224E-01$	$\chi_z = 0,711$
$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$	$\lambda_1 = 93,90$		

5. Návrhová vzpěrná únosnost tláčeného prutu

$N_{b,Rd,i} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}}$	N <sub>b,Rd,y</sub> = 1401,54 kN	N <sub>b,Rd</sub> = min(N <sub>b,Rd,y</sub> ; N <sub>b,Rd,z</sub> )
	N <sub>b,Rd,z</sub> = 1090,25 kN	N <sub>b,Rd</sub> = 1090,25 kN

6. Posouzení

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

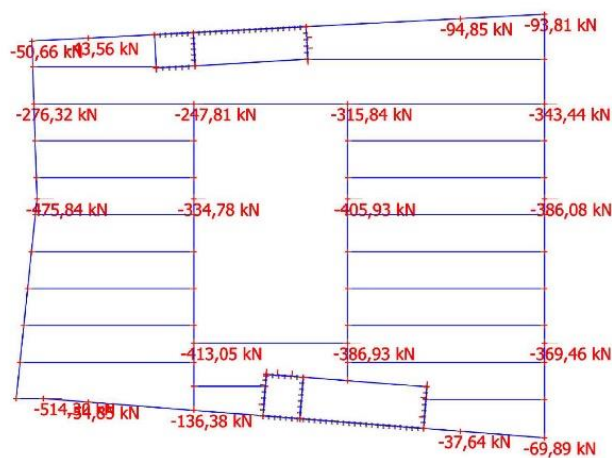
**0,756 ≤ 1,0 VYHOVUJE**

### 3.4.3 Sloupy 6.NP - střecha

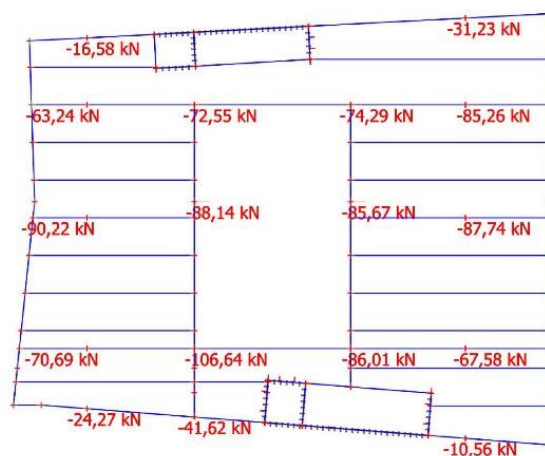
Sloupy navrženy od paty 6.NP po střechu, čili maximální délka prvku je 7 m. I přesto, že se zatížení na sloupy s výškou budovy snižuje a nároky na velikost průřezů profilů taktéž, nejmenším navrženým průřezem je HEB 140 kvůli možnosti připojení průvlaků a stropnic s většími průřezy.

- sloupy navrženy a posouzeny ve třech variantách podle velikosti vnitřních sil, respektive maximální normálové síly

Sloup 6 – maximální N = 514,54 kN



Obrázek 47 - Normálové vnitřní síly sloupů v 6.NP



Obrázek 32 - Normálové vnitřní síly sloupů v 7.NP

### 3.4.3.1 Sloup 6

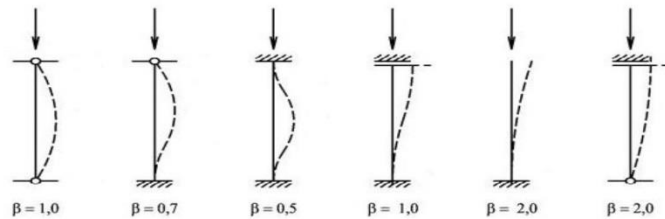
#### Posouzení sloupu na vzpěrný tlak

##### 1. Průřezové charakteristiky

Profil	HEB 140	Ocel	S 235	$f_y$	235	Mpa
$A$	4295,61 mm <sup>2</sup>	$I_y$	1,509E+07 mm <sup>4</sup>	$I_z$	5,497E+06 mm <sup>4</sup>	
$b$	140 mm	$W_y$	2,156E+05 mm <sup>3</sup>	$W_z$	7,852E+04 mm <sup>3</sup>	
$h$	116,00 mm	$W_{pl,y}$	2,454E+05 mm <sup>3</sup>	$W_{pl,z}$	1,198E+05 mm <sup>3</sup>	
$t_w$	7,00 mm	$i_y$	5,927E+01 mm	$i_z$	3,577E+01 mm	
$t_f$	12,00 mm					
$r$	12,00 mm	$I_w$	2,248E+10 mm <sup>6</sup>	$I_t$	2,006E+05 mm <sup>4</sup>	
$\gamma_{M0}$	1,00	$\gamma_{M1}$	1,00	$\gamma_{M2}$	1,25	

##### 2. Délka prvku

$L_y$	3000 mm
$L_z$	3000 mm
$\beta_y$	1
$\beta_z$	1
$L_{cr,i} = \beta_i L_i$	
$L_{cr,y}$	3000 mm
$L_{cr,z}$	3000 mm



##### 3. Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 514,3 \text{ kN}$$

##### 4. Štíhlost

$\lambda_i = \frac{L_{cr,i}}{i_i}$	$\lambda_y = 5,061E+01$	$\bar{\lambda}_y = 5,390E-01$	$\chi_y = 0,866$
	$\lambda_z = 8,387E+01$	$\bar{\lambda}_z = 8,931E-01$	$\chi_z = 0,605$
$\lambda_1 = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$	$\lambda_1 = 93,90$		

##### 5. Návrhová vzpěrná únosnost tlačенého prutu

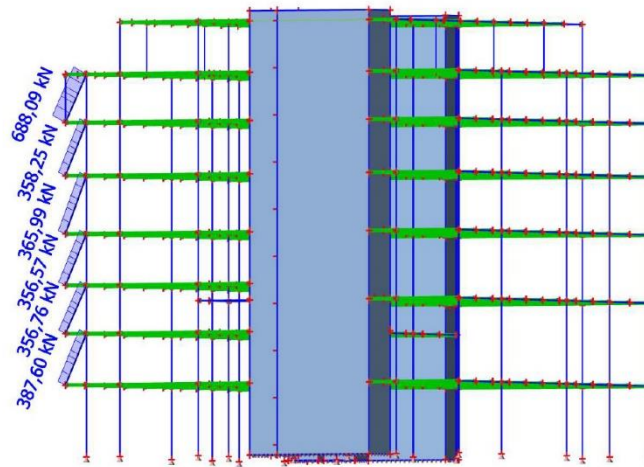
$N_{b,Rd,i} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}}$	$N_{b,Rd,y} = 874,20 \text{ kN}$	$N_{b,Rd} = \min(N_{b,Rd,y}; N_{b,Rd,z})$
	$N_{b,Rd,z} = 610,73 \text{ kN}$	$N_{b,Rd} = 610,73 \text{ kN}$

##### 6. Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,min}} \leq 1,0 \quad \boxed{0,842 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}}$$

Pro dané zatížení vyhoví sloup HEB 140 z oceli S235. Vzhledem k průřezům připojovaných stropnic a průvlaků v 6.NP a 7.NP je však ponechán profil HEB 220.

### 3.5 Návrh a posouzení táhel



Obrázek 48 - normálové síly v táhlech

#### 3.5.1 Táhlo 1

Vnitřní síly:  $N_{Ed} = 688,09 \text{ kN}$

Navržena kruhová trubka 89x8,0 mm, ocel S355,  $A = 2036 \text{ mm}^2$

#### 1. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{2036 \cdot 355}{1,0} = 722\,780 \text{ N} = 722,78 \text{ kN}$$

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

$$\frac{688,09}{722,78} = 0,952 \leq 1$$

Navržená kruhová trubka 89x8,0 mm VYHOVUJE

### 3.5.1.1 Přípoj táhla ke stropnici

#### 1. Vstupní data

Šrouby	<b>M27</b>	materiál	<b>8.8</b>	s = roviny stříhu	<b>1</b>
$A_s =$	459 mm <sup>2</sup>	$f_{yb} =$	640 Mpa		
$A =$	573 mm <sup>2</sup>	$f_{ub} =$	800 Mpa		
$d =$	27 mm				
$d_0 =$	30 mm	$e =$	0,45 mm		
$e_1 =$	70 mm	$\alpha_v =$	0,5		
$p_1, p_2 =$	90 mm				
$e_2 =$	55 mm				
<b>n šroubů</b>	<b>6 ks</b>				
Plech	<b>P12</b>	materiál	<b>S355</b>	svar	
$t_p =$	12 mm	$f_u =$	510 Mpa		
$\beta_w =$	0,9			$a =$	6 mm
$\gamma_{M2} =$	1,25				

#### 2. Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 688,09 \text{ kN}$$

#### 3. Výpočet únosnosti 1 šroubu

STŘIH

$$F_{v,Rd} = s \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot \frac{A_s}{\gamma_{M2}} \quad F_{v,Rd} = 146,88 \text{ kN}$$

OTLAČENÍ

Plech

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_p \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad F_{b,Rd} = 134,784 \text{ kN}$$

$$\alpha\text{-NEJMENŠÍ Z: } 0,750 \quad k\text{-NEJMENŠÍ Z: } 0,867$$

$$\frac{e_1}{3 \cdot d_0} \text{ šrouby na konci} = 0,778 \quad 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \text{ šrouby u okraje} = 3,433$$

$$\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \text{ vnitřní šrouby} = 0,750 \quad 1,4 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \text{ vnitřní šrouby} = 0,867$$

$$\frac{f_{ub}}{f_u} = 1,569 \quad 2,5$$

1

#### 4. Posouzení šroubů

STŘIH

$$F_{v,Rd} \cdot n \geq N_{Ed} \quad \boxed{881,28 \text{ kN} \geq 688,09 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

OTLAČENÍ

Plech

$$F_{b,Rd} \cdot n \geq N_{Ed} \quad \boxed{808,70 \text{ kN} \geq 688,09 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

**5. Návrh koutového svaru - PLECH K TRUBCE**Návrh koutového svaru na  $N_{\parallel}$ 

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \Rightarrow l_{\parallel} = \frac{N_{Ed} \cdot \sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}{2a \cdot f_u}$$

$$l_{\parallel} = 219,082 \text{ mm}$$

Navržen koutový svar  $l = 250 \text{ mm}$ **6. Posouzení koutového svaru - PLECH K TRUBCE**

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l} < \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$\tau_{\parallel} =$	<b>229,363 Mpa</b>	$<$	<b>261,732 MPa</b>	<b>VYHOVUJE</b>
----------------------	--------------------	-----	--------------------	-----------------

**7. Návrh koutového svaru - PLECH K NOSNÍKU**

Rozložení normálové síly

$$N_{\parallel} = \cos \alpha \cdot N_{Ed} \quad N_{\parallel} = 312,38632 \text{ kN}$$

$$N_{\perp} = \sin \alpha \cdot N_{Ed} \quad N_{\perp} = 613,09268 \text{ kN}$$

Návrh koutového svaru na  $N_{\parallel}$ 

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{2 \cdot a \cdot l} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \Rightarrow l_{\parallel} = \frac{N_{\parallel} \cdot \sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}{2a \cdot f_u}$$

$$l_{\parallel} = 99,461 \text{ mm}$$

Návrh koutového svaru na  $N_{\perp}$ 

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N_{\perp}}{2 \cdot a \cdot l} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \Rightarrow l_{\perp} = \frac{N_{\perp} \cdot \gamma_{M2}}{2a \cdot f_u}$$

$$l_{\perp} = 140,541 \text{ mm}$$

Navržen koutový svar  $l = 250 \text{ mm}$ **8. Posouzení koutového svaru - PLECH K NOSNÍKU**

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{2 \cdot a \cdot l} < \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$\tau_{\parallel} =$	<b>104,129 Mpa</b>	$<$	<b>261,732 MPa</b>	<b>VYHOVUJE</b>
----------------------	--------------------	-----	--------------------	-----------------

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N_{\perp}}{2 \cdot a \cdot l} < \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$\tau_{\perp} =$	<b>204,364 Mpa</b>	$<$	<b>408,000 MPa</b>	<b>VYHOVUJE</b>
------------------	--------------------	-----	--------------------	-----------------

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

	<b>446,752 Mpa</b>	$<$	<b>453,333 MPa</b>	<b>VYHOVUJE</b>
--	--------------------	-----	--------------------	-----------------

### 3.5.1.2 Přípoj stropnice k průvlaku v místě táhla

#### 1. Vstupní data

Šrouby	<b>M24</b>	materiál	<b>8.8</b>	s = roviny stříhu	<b>1</b>
$A_s =$	353 mm <sup>2</sup>	$f_{yb} =$	640 Mpa		
$A =$	452 mm <sup>2</sup>	$f_{ub} =$	800 Mpa		
$d =$	24 mm				
$d_0 =$	26 mm	$e =$	105 mm		
$e_1 =$	60 mm	$\alpha_s =$	0,5		
$p_1, p_2 =$	80 mm				
$e_2 =$	50 mm				
<b>n šroubů</b>	<b>8 ks</b>				
Průvlak	<b>IPE 550</b>	materiál	<b>S355</b>	deska	
$h_c =$	550 mm	$t_w =$	11,1 mm	$t =$	10 mm
$b_c =$	210 mm	$t_f =$	17,2 mm	$l =$	140,000 mm
		$f_u =$	510 Mpa	$a =$	10 mm
$\gamma_{M2} =$	1,25			$\beta_w =$	0,9

#### 2. Vnitřní síly

$$V_{Ed} = 688,09 \text{ kN}$$

#### 3. Výpočet únosnosti 1 šroubu

STŘIH

$$F_{v,Rd} = s \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot \frac{A_s}{\gamma_{M2}} \quad F_{v,Rd} = 112,96 \text{ kN}$$

OTLAČENÍ

Stojina nosníku

$$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_w \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad F_{b,Rd,1} = 130,142 \text{ kN}$$

Čelní deska

$$F_{b,Rd,2} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad F_{b,Rd,2} = 117,245 \text{ kN}$$

$$\alpha\text{-NEJMENŠÍ Z: } 0,769 \quad k\text{-NEJMENŠÍ Z: } 0,992$$

$$\frac{e_1}{3 \cdot d_0} \text{ šrouby na konci} = 0,769 \quad 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \text{ šrouby u okraje} = 3,685$$

$$\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \text{ vnitřní šrouby} = 0,776 \quad 1,4 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \text{ vnitřní šrouby} = 0,992$$

$$\frac{f_{ub}}{f_u} = 1,569 \quad 2,5$$

1

#### 4. Posouzení šroubů

STŘIH

$$F_{v,Rd} \cdot n \geq V_{Ed} \quad \boxed{903,68 \text{ kN} \geq 688,09 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

OTLAČENÍ

Stojina nosníku

$$F_{b,Rd,1} \cdot n \geq V_{Ed} \quad \boxed{1041,14 \text{ kN} \geq 688,09 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

Čelní deska

$$F_{b,Rd,2} \cdot n \geq V_{Ed} \quad \boxed{937,96 \text{ kN} \geq 688,09 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

Návrh koutového svaru na  $N_{II}$

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \Rightarrow l = \frac{V_{Ed} \cdot \sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}{2a \cdot f_u}$$

$$l = 131,449 \text{ mm}$$

$$\text{Navržen koutový svar} \quad l = 140,000 \text{ mm}$$

#### 5. Posouzení koutového svaru desky

KE STOJINĚ

#### 8. Posouzení koutového svaru - PLECH K NOSNÍKU

$$\tau_{II} = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l} < \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\tau_{II} = 245,746 \text{ Mpa} < 261,73 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### 3.5.2 Táhlo 2

Vnitřní síly:  $N_{Ed} = 387,60 \text{ kN}$

Navržena kruhová trubka 70x6,3 mm, ocel S355,  $A = 1261 \text{ mm}^2$

#### 1. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{1261 \cdot 355}{1,0} = 447\,655 \text{ N} = 447,66 \text{ kN}$$

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

$$\frac{387,6}{447,66} = 0,866 \leq 1$$

*Navržená kruhová trubka 70x6,3 mm VYHOVUJE*



### 3.5.2.1 Přípoj táhla ke stropnici

#### 1. Vstupní data

Šrouby	<b>M20</b>	materiál	<b>8.8</b>	s = roviny stříhu	<b>1</b>
$A_s =$	245 mm <sup>2</sup>	$f_{yb} =$	640 Mpa		
$A =$	314 mm <sup>2</sup>	$f_{ub} =$	800 Mpa		
$d =$	20 mm				
$d_0 =$	22 mm	$e =$	0,45 mm		
$e_1 =$	50 mm	$\alpha_v =$	0,5		
$p_1, p_2 =$	70 mm				
$e_2 =$	40 mm				
<b>n šroubů</b>	<b>6 ks</b>				
Plech	<b>P10</b>	materiál	<b>S355</b>	svar	
$t_p =$	10 mm	$f_u =$	510 Mpa	$a =$	6 mm
$\beta_w =$	0,9				
$\gamma_{M2} =$	1,25				

#### 2. Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 387,60 \text{ kN}$$

#### 3. Výpočet únosnosti 1 šroubu STŘIH

$$F_{v,Rd} = s \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot \frac{A_s}{\gamma_{M2}} \quad F_{v,Rd} = 78,4 \text{ kN}$$

#### OTLAČENÍ Plech

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_p \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad F_{b,Rd} = 81,983 \text{ kN}$$

$$\alpha\text{-NEJMENŠÍ Z: } 0,758 \quad k\text{-NEJMENŠÍ Z: } 0,845$$

$$\frac{e_1}{3 \cdot d_0} \text{ šrouby na konci} = 0,758 \quad 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \text{ šrouby u okraje} = 3,391$$

$$\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \text{ vnitřní šrouby} = 0,811 \quad 1,4 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \text{ vnitřní šrouby} = 0,845$$

$$\frac{f_{ub}}{f_u} = 1,569 \quad 2,5$$

1

#### 4. Posouzení šroubů STŘIH

$$F_{v,Rd} \cdot n \geq N_{Ed} \quad \boxed{470,40 \text{ kN} \geq 387,60 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

#### OTLAČENÍ Plech

$$F_{b,Rd} \cdot n \geq N_{Ed} \quad \boxed{491,90 \text{ kN} \geq 387,60 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

**5. Návrh koutového svaru - PLECH K TRUBCE**Návrh koutového svaru na  $N_{\parallel}$ 

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \Rightarrow l_{\parallel} = \frac{N_{Ed} \cdot \sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}{2a \cdot f_u}$$

$$l_{\parallel} = 123,409 \text{ mm}$$

Navržen koutový svar  $l = 150 \text{ mm}$ **6. Posouzení koutového svaru - PLECH K TRUBCE**

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l} < \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$\tau_{\parallel} =$	<b>215,333 Mpa</b>	$<$	<b>261,732 MPa</b>	<b>VYHOVUJE</b>
----------------------	--------------------	-----	--------------------	-----------------

**7. Návrh koutového svaru - PLECH K NOSNÍKU**

Rozložení normálové síly

$$N_{\parallel} = \cos \alpha \cdot N_{Ed} \quad N_{\parallel} = 175,96672 \text{ kN}$$

$$N_{\perp} = \sin \alpha \cdot N_{Ed} \quad N_{\perp} = 345,35413 \text{ kN}$$

Návrh koutového svaru na  $N_{\parallel}$ 

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{2 \cdot a \cdot l} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \Rightarrow l_{\parallel} = \frac{N_{\parallel} \cdot \sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}{2a \cdot f_u}$$

$$l_{\parallel} = 56,026 \text{ mm}$$

Návrh koutového svaru na  $N_{\perp}$ 

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N_{\perp}}{2 \cdot a \cdot l} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \Rightarrow l_{\perp} = \frac{N_{\perp} \cdot \gamma_{M2}}{2a \cdot f_u}$$

$$l_{\perp} = 79,167 \text{ mm}$$

Navržen koutový svar  $l = 150 \text{ mm}$ **8. Posouzení koutového svaru - PLECH K NOSNÍKU**

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{2 \cdot a \cdot l} < \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$\tau_{\parallel} =$	<b>97,759 Mpa</b>	$<$	<b>261,732 MPa</b>	<b>VYHOVUJE</b>
----------------------	-------------------	-----	--------------------	-----------------

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N_{\perp}}{2 \cdot a \cdot l} < \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$\tau_{\perp} =$	<b>191,863 Mpa</b>	$<$	<b>408,000 MPa</b>	<b>VYHOVUJE</b>
------------------	--------------------	-----	--------------------	-----------------

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

	<b>419,424 Mpa</b>	$<$	<b>453,333 MPa</b>	<b>VYHOVUJE</b>
--	--------------------	-----	--------------------	-----------------

### 3.5.2.2 Přípoj stropnice k průvlaku v místě táhla

#### 1. Vstupní data

Šrouby	<b>M20</b>	materiál	<b>8.8</b>	s = roviny stříhu	<b>1</b>
$A_s =$	245 mm <sup>2</sup>	$f_{yb} =$	640 Mpa		
$A =$	314 mm <sup>2</sup>	$f_{ub} =$	800 Mpa		
$d =$	20 mm				
$d_0 =$	22 mm	$e =$	105 mm		
$e_1 =$	50 mm	$\alpha_v =$	0,5		
$p_1, p_2 =$	70 mm				
$e_2 =$	40 mm				
<b>n šroubů</b>	<b>6 ks</b>				
Průvlak	<b>IPE 550</b>	materiál	<b>S355</b>	deska	
$h_x =$	550 mm	$t_w =$	11,1 mm	$t =$	10 mm
$b_x =$	210 mm	$t_f =$	17,2 mm	$l =$	140,0 mm
		$f_u =$	510 Mpa	$a =$	6 mm
$\gamma_{M2} =$	1,25			$\beta_w =$	0,9

#### 2. Vnitřní síly

$$V_{Ed} = 387,60 \text{ kN}$$

#### 3. Výpočet únosnosti 1 šroubu

STŘÍH

$$F_{v,Rd} = s \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot \frac{A_s}{\gamma_{M2}} \quad F_{v,Rd} = 78,4 \text{ kN}$$

OTLAČENÍ

Stojina nosníku

$$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_w \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad F_{b,Rd,1} = 91,002 \text{ kN}$$

Čelní deska

$$F_{b,Rd,2} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad F_{b,Rd,2} = 81,983 \text{ kN}$$

$$\alpha\text{-NEJMENŠÍ Z:} \quad 0,758 \quad k\text{-NEJMENŠÍ Z:} \quad 0,845$$

$$\frac{e_1}{3 \cdot d_0} \text{ šrouby na konci} = 0,758 \quad 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \text{ šrouby u okraje} = 3,391$$

$$\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \text{ vnitřní šrouby} = 0,811 \quad 1,4 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \text{ vnitřní šrouby} = 0,845$$

$$\frac{f_{ub}}{f_u} = 1,569 \quad 2,5$$

1

#### 4. Posouzení šroubů

STŘÍH

$$F_{v,Rd} \cdot n \geq V_{Ed} \quad \boxed{470,40 \text{ kN} \geq 387,6 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

OTLAČENÍ

Stojina nosníku

$$F_{b,Rd,1} \cdot n \geq V_{Ed} \quad \boxed{546,01 \text{ kN} \geq 387,60 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

Čelní deska

$$F_{b,Rd,2} \cdot n \geq V_{Ed} \quad \boxed{491,90 \text{ kN} \geq 387,60 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

Návrh koutového svaru na  $N_{II}$

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \Rightarrow l = \frac{V_{Ed} \cdot \sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}{2a \cdot f_u}$$

$$\text{Navržen koutový svar} \quad l = 123,409 \text{ mm} \\ l = 140,00 \text{ mm}$$

#### 5. Posouzení koutového svaru desky

KE STOJINĚ

#### 8. Posouzení koutového svaru - PLECH K NOSNÍKU

$$\tau_{II} = \frac{N_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l} < \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\tau_{II} = 230,714 \text{ Mpa} < 261,73 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## 4. Návrh a posouzení přípoju

Návrhové únosnosti šroubů namáhaných smykem nebo tahem jsou převzaty z Tab. 3.4 v ČSN EN 1993-1-8.

### 4.1 Přípoj stropnice na průvlak

Jsou vybrány dva reprezentativní případy s rozdílnými hodnotami posouvajících sil ve styčnicích a rozdílnými průřezy připojovaných prvků. Jedná se o ideový návrh, který by byl podrobně řešen ve fázi výrobní dokumentace.

#### 4.1.1 Stropnice IPE 180 na průvlak IPE 200

Přípoj je navrhován pro všechny stropnice IPE 180 připojované na průvlaky IPE 200, IPE 220 a IPE 270. Pokud vyhoví stojina nejmenšího průřezu průvlaku na otláčení, lze říct, že průvlaky větších průřezů vyhoví taktéž.

- maximální posouvající síla  $V_z = 67,17$  kN

1. Vstupní data

Šrouby	<b>M16</b>	materiál	<b>8.8</b>	s = roviny stříhu	<b>2</b>
$A_s =$	157 mm <sup>2</sup>	$f_{yb} =$	640 Mpa		
$A =$	201 mm <sup>2</sup>	$f_{ub} =$	800 Mpa		
$d =$	16 mm	$e =$	50 mm		
$d_0 =$	18 mm	$\alpha_u =$	0,5		
$e_1 =$	40 mm				
$p_1, p_2 =$	55 mm				
$e_2 =$	30 mm				
n šroubů	<b>4</b> ks				
Průvlak	<b>IPE 200</b>	materiál	<b>S355</b>	deska	
$h_c =$	200 mm	$t_w =$	5,6 mm	$t =$	10 mm
$b_c =$	100 mm	$t_f =$	8,5 mm	$l =$	100 mm
		$f_u =$	510 Mpa	$a =$	4 mm
$\gamma_{M2} =$	1,25			$\beta_w =$	0,9

2. Vnitřní síly

$V_{Ed} = 67,17$  kN

3. Výpočet únosnosti 1 šroubu STŘIH

$F_{v,Rd} = s \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot \frac{A_s}{\gamma_{M2}}$   $F_{v,Rd} = 100,48$  kN

OTLAČENÍ

Stojina nosníku

$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_w \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}}$   $F_{b,Rd,1} = 26,902$  kN

Čelní deska

$F_{b,Rd,2} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}}$   $F_{b,Rd,2} = 48,040$  kN

$\alpha$ -NEJMENŠÍ Z: 0,741  $k$ -NEJMENŠÍ Z: 0,633

$\frac{e_1}{3 \cdot d_0}$  šrouby na konci = 0,741  $2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7$  šrouby u okraje = 2,967

$\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}$  vnitřní šrouby = 0,769  $1,4 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7$  vnitřní šrouby = 0,633

$\frac{f_{ub}}{f_u}$  = 1,569 = 2,5

1

4. Posouzení šroubů

STŘIH

$F_{v,Rd} \cdot n \geq V_{Ed}$  **401,92 kN**  $\geq$  **67,17 kN** **VYHOVUJE**

OTLAČENÍ

Stojina nosníku

$F_{b,Rd,1} \cdot n \geq V_{Ed}$  **107,61 kN**  $\geq$  **67,17 kN** **VYHOVUJE**

Čelní deska

$F_{b,Rd,2} \cdot n \geq 2 \cdot V_{Ed}$  **192,16 kN**  $\geq$  **134,34 kN** **VYHOVUJE**

5. Posouzení koutového svaru desky

KE STOJINĚ

$\tau_{II} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l}$   $\tau_{II} = 83,963$  MPa

$\tau_{II} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$  **83,96 MPa**  $<$  **261,73 MPa** **VYHOVUJE**

#### 4.1.2 Stropnice IPE 270 na průvlak IPE 400

Přípoj je navrhován pro všechny stropnice IPE 270 připojované na průvlaky IPE 400, IPE 450, IPE 550 a IPE 600. Pokud vyhoví stojina nejmenšího průřezu průvlaku na otláčení, lze říct, že průvlaky větších průřezů vyhoví taktéž.

- maximální posouvající síla  $V_z = 195,71$  kN

### 1. Vstupní data

Šrouby	<b>M20</b>	materiál	<b>8.8</b>	s = roviny stříhu	<b>2</b>
$A_s =$	245 mm <sup>2</sup>	$f_{yb} =$	640 Mpa		
$A =$	314 mm <sup>2</sup>	$f_{ub} =$	800 Mpa		
$d =$	20 mm	$e =$	90 mm		
$d_0 =$	22 mm	$\alpha_s =$	0,5		
$e_1 =$	50 mm				
$p_1, p_2 =$	70 mm				
$e_2 =$	40 mm				
<b>n šroubů</b>	<b>6</b> ks				
Průvlak	<b>IPE 400</b>	materiál	<b>S355</b>	deska	
$h_c =$	400 mm	$t_w =$	8,6 mm	$t =$	10 mm
$b_c =$	180 mm	$t_f =$	13,5 mm	$l =$	140 mm
		$f_u =$	510 Mpa	$a =$	4 mm
$V_{M2} =$	1,25			$\beta_w =$	0,9

### 2. Vnitřní síly

$$V_{Ed} = 195,71 \text{ kN}$$

### 3. Výpočet únosnosti 1 šroubu

STŘIH

$$F_{v,Rd} = s \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot \frac{A_s}{\gamma_{M2}} \quad F_{v,Rd} = 156,8 \text{ kN}$$

OTLAČENÍ

Stojina nosníku

$$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_w \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad F_{b,Rd,1} = 70,506 \text{ kN}$$

Čelní deska

$$F_{b,Rd,2} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad F_{b,Rd,2} = 81,983 \text{ kN}$$

$$\alpha\text{-NEJMENŠÍ Z:} \quad 0,758 \quad k\text{-NEJMENŠÍ Z:} \quad 0,845$$

$$\frac{e_1}{3 \cdot d_0} \quad \text{šrouby na konci} \quad = \quad 0,758 \quad 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \quad \text{šrouby u okraje} \quad = \quad 3,391$$

$$\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \quad \text{vnitřní šrouby} \quad = \quad 0,811 \quad 1,4 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \quad \text{vnitřní šrouby} \quad = \quad 0,845$$

$$\frac{f_{ub}}{f_u} = 1,569 \quad 2,5$$

1

### 4. Posouzení šroubů

STŘIH

$$F_{v,Rd} \cdot n \geq V_{Ed} \quad \boxed{940,80 \text{ kN} \geq 195,71 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

OTLAČENÍ

Stojina nosníku

$$F_{b,Rd,1} \cdot n \geq V_{Ed} \quad \boxed{423,03 \text{ kN} \geq 195,71 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

Čelní deska

$$F_{b,Rd,2} \cdot n \geq 2 \cdot V_{Ed} \quad \boxed{491,90 \text{ kN} \geq 391,42 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

### 5. Posouzení koutového svaru desky

KE STOJINĚ

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l} \quad \tau_{\parallel} = 174,741 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad \boxed{174,74 \text{ MPa} < 261,73 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

#### 4.2 Návrh a posouzení přípoje průvlaku na sloup

Jsou vybrány dva reprezentativní případy s rozdílnými hodnotami posouvajících sil ve styčnicích a rozdílnými průřezy připojovaných prvků. Jedná se o ideový návrh, který by byl podrobně řešen ve fázi výrobní dokumentace.

##### 4.2.1 Průvlak IPE 200 na HEB 140

- maximální posouvající síla  $V_z = 167,17$  kN



### 1. Vstupní data

Šrouby	<b>M20</b>	materiál	<b>8.8</b>	s = roviny stříhu	<b>1</b>
$A_s =$	245 mm <sup>2</sup>	$f_{yb} =$	640 Mpa		
$A =$	314 mm <sup>2</sup>	$f_{ub} =$	800 Mpa		
$d =$	20 mm	$e =$	70 mm		
$d_0 =$	22 mm	$\alpha_s =$	0,5		
$e_1 =$	50 mm				
$p_1, p_2 =$	70 mm				
$e_2 =$	40 mm				
<b>n šroubů</b>	<b>4</b> ks				
Sloup	<b>HEB 140</b>	materiál	<b>S355</b>	deska	
$h_c =$	140 mm	$t_w =$	7 mm	$t =$	12 mm
$b_c =$	140 mm	$t_f =$	12 mm	$l =$	100 mm
		$f_u =$	510 Mpa	$a =$	4 mm
$V_{M2} =$	1,25			$\beta_w =$	0,9

### 2. Vnitřní síly

$$V_{Ed} = 167,17 \text{ kN}$$

### 3. Výpočet únosnosti 1 šroubu

STŘIH

$$F_{v,Rd} = s \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot \frac{A_s}{\gamma_{M2}} \quad F_{v,Rd} = 78,4 \text{ kN}$$

OTLAČENÍ

Pásnice sloupu

$$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_f \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad F_{b,Rd,1} = 98,380 \text{ kN}$$

Čelní deska

$$F_{b,Rd,2} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad F_{b,Rd,2} = 98,380 \text{ kN}$$

$$\alpha\text{-NEJMENŠÍ Z:} \quad 0,758 \quad k\text{-NEJMENŠÍ Z:} \quad 0,845$$

$$\frac{e_1}{3 \cdot d_0} \text{ šrouby na konci} = 0,758 \quad 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \text{ šrouby u okraje} = 3,391$$

$$\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \text{ vnitřní šrouby} = 0,811 \quad \text{vnitřní šrouby} = 2,5$$

$$\frac{f_{ub}}{f_u} = 1,569 \quad 1,4 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 0,845$$

1

### 4. Posouzení šroubů

STŘIH

$$F_{v,Rd} \cdot n \geq V_{Ed} \quad \boxed{313,60 \text{ kN} \geq 167,17 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

OTLAČENÍ

Pásnice sloupu

$$F_{b,Rd,1} \cdot n \geq V_{Ed} \quad \boxed{393,52 \text{ kN} \geq 167,17 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

Čelní deska

$$F_{b,Rd,2} \cdot n \geq 2 \cdot V_{Ed} \quad \boxed{393,52 \text{ kN} \geq 334,34 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

### 5. Posouzení koutového svaru desky

KE STOJINĚ

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l} \quad \tau_{\parallel} = 208,963 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad \boxed{208,96 \text{ MPa} < 261,73 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

## 4.2.2 Průvlak IPE 400 na HEB 240

- maximální posouvající síla  $V_z = 343,17$  kN

### 1. Vstupní data

Šrouby	<b>M20</b>	materiál	<b>8.8</b>	s = roviny stříhu	<b>1</b>
$A_s =$	245 mm <sup>2</sup>	$f_{yb} =$	640 Mpa		
$A =$	314 mm <sup>2</sup>	$f_{ub} =$	800 Mpa		
$d =$	20 mm				
$d_0 =$	22 mm	$e =$	120 mm		
$e_1 =$	50 mm	$\alpha_r =$	0,5		
$p_1, p_2 =$	70 mm				
$e_2 =$	40 mm				
n šroubů	<b>6</b> ks				
Sloup	<b>HEB 240</b>	materiál	<b>S355</b>	deska	
$h_c =$	240 mm	$t_w =$	10 mm	$t =$	15 mm
$b_c =$	240 mm	$t_f =$	17 mm	$l =$	140 mm
		$f_u =$	510 Mpa	$a =$	6 mm
$\gamma_{M2} =$	1,25			$\beta_w =$	0,9

### 2. Vnitřní síly

$$V_{Ed} = 343,17 \text{ kN}$$

### 3. Výpočet únosnosti 1 šroubu

STŘÍH

$$F_{v,Rd} = s \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot \frac{A_s}{\gamma_{M2}} \quad F_{v,Rd} = 78,4 \text{ kN}$$

OTLAČENÍ

Pásnice sloupu

$$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_f \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad F_{b,Rd,1} = 139,372 \text{ kN}$$

Čelní deska

$$F_{b,Rd,2} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad F_{b,Rd,2} = 122,975 \text{ kN}$$

$$\alpha\text{-NEJMENŠÍ Z: } 0,758 \quad k\text{-NEJMENŠÍ Z: } 0,845$$

$$\frac{e_1}{3 \cdot d_0} \text{ šrouby na konci} = 0,758 \quad 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \text{ šrouby u okraje} = 3,391$$

$$\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \text{ vnitřní šrouby} = 0,811 \quad 1,4 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \text{ vnitřní šrouby} = 0,845$$

$$\frac{f_{ub}}{f_u} = 1,569 \quad 2,5$$

1

### 4. Posouzení šroubů

STŘÍH

$$F_{v,Rd} \cdot n \geq V_{Ed} \quad \boxed{470,40 \text{ kN} \geq 343,17 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

OTLAČENÍ

Pásnice sloupu

$$F_{b,Rd,1} \cdot n \geq V_{Ed} \quad \boxed{836,23 \text{ kN} \geq 343,17 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

Čelní deska

$$F_{b,Rd,2} \cdot n \geq 2 \cdot V_{Ed} \quad \boxed{737,85 \text{ kN} \geq 686,34 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

### 5. Posouzení koutového svaru desky

KE STOJINĚ

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot l} \quad \tau_{\parallel} = 204,268 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad \boxed{204,27 \text{ MPa} < 261,73 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

### 4.3 Návrh a posouzení montážního přípoje sloupů

#### Návrh horní řady šroubů se dvěma střížnými rovinami

##### 1. Vstupní data

Šrouby	<b>M24</b>	materiál	<b>8.8</b>	s = roviny stříhu	<b>2</b>
$A_s =$	353 mm <sup>2</sup>	$f_{yb} =$	640 Mpa		
$A =$	452 mm <sup>2</sup>	$f_{ub} =$	800 Mpa		
$d =$	24 mm				
$d_0 =$	26 mm	$e =$	0,45 mm		
$e_1 =$	60 mm	$\alpha_v =$	0,5		
$p_1, p_2 =$	80 mm				
$e_2 =$	50 mm				
n šroubů	<b>8 ks</b>				
Plech	<b>P10</b>	materiál	<b>S355</b>	Sloup	<b>HEB 220</b>
$t_p =$	10 mm	$f_u =$	510 Mpa	$t_f =$	16 mm
$\beta_w =$	0,9				
$\gamma_{M2} =$	1,25				

##### 2. Vnitřní síly

$$N_{Ed} = \mathbf{718,59 \text{ kN}}$$

##### 3. Výpočet únosnosti 1 šroubu

STŘIH

$$F_{v,Rd} = s \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot \frac{A_s}{\gamma_{M2}} \quad F_{v,Rd} = 225,920 \text{ kN}$$

OTLAČENÍ

Pásnice sloupu

$$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_f \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad F_{b,Rd,1} = 187,592 \text{ kN}$$

Plech

$$F_{b,Rd,2} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_p \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} \quad F_{b,Rd,2} = 117,245 \text{ kN}$$

$$\alpha\text{-NEJMENŠÍ Z: } 0,769 \quad k\text{-NEJMENŠÍ Z: } 0,992$$

$$\frac{e_1}{3 \cdot d_0} \text{ šrouby na konci} = 0,769 \quad 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \text{ šrouby u okraje} = 3,685$$

$$\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \text{ vnitřní šrouby} = 0,776 \quad 1,4 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \text{ vnitřní šrouby} = 0,992$$

$$\frac{f_{ub}}{f_u} = 1,569 \quad 2,5$$

1

##### 4. Posouzení šroubů

STŘIH

$$F_{v,Rd} \cdot n \geq N_{Ed} \quad \mathbf{1807,36 \text{ kN} \geq 718,59 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

OTLAČENÍ

Pásnice sloupu

$$F_{b,Rd,1} \cdot n \geq N_{Ed} \quad \mathbf{1500,74 \text{ kN} \geq 718,59 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

Plech

$$F_{b,Rd,2} \cdot n \geq N_{Ed} \quad \mathbf{937,96 \text{ kN} \geq 718,59 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}}$$

**Návrh spodní řady šroubů s jednou střížnou rovinou**

**1. Vstupní data**

Šrouby	<b>M24</b>	materiál	<b>8.8</b>	s = roviny stříhu	<b>1</b>
$A_s =$	353 mm <sup>2</sup>	$f_{yb} =$	640 Mpa		
$A =$	452 mm <sup>2</sup>	$f_{ub} =$	800 Mpa		
$d =$	24 mm	$e =$	0,45 mm		
$d_0 =$	26 mm	$\alpha_s =$	0,5		
$e_1 =$	60 mm				
$p_1, p_2 =$	80 mm				
$e_2 =$	50 mm				
<b>n šroubů</b>	<b>8 ks</b>				
Plech	<b>P10</b>	materiál	<b>S355</b>	Sloup	<b>HEB 240</b>
$t_p =$	10 mm	$f_u =$	510 Mpa	$t_f =$	17 mm
$\beta_w =$	0,9				
$V_{M2} =$	1,25				

**2. Vnitřní síly**

$N_{Ed} = 718,59$  kN

**3. Výpočet únosnosti 1 šroubu**

STŘIH

$F_{v,Rd} = s \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot \frac{A_s}{\gamma_{M2}}$        $F_{v,Rd} = 112,960$  kN

OTLAČENÍ

Pásnice sloupu

$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_f \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}}$        $F_{b,Rd,1} = 199,316$  kN

Plech

$F_{b,Rd,2} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_p \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}}$        $F_{b,Rd,2} = 117,245$  kN

$\alpha$ -NEJMENŠÍ Z:      0,769      k-NEJMENŠÍ Z:      0,992

$\frac{e_1}{3 \cdot d_0}$  šrouby na konci = 0,769       $2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7$  šrouby u okraje = 3,685

$\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}$  vnitřní šrouby = 0,776       $1,4 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7$  vnitřní šrouby = 0,992

$\frac{f_{ub}}{f_u} = 1,569$       2,5

1

**4. Posouzení šroubů**

STŘIH

$F_{v,Rd} \cdot n \geq N_{Ed}$       **903,68 kN      ≥      718,59 kN      VYHOVUJE**

OTLAČENÍ

Pásnice sloupu

$F_{b,Rd,1} \cdot n \geq N_{Ed}$       **1594,53 kN      ≥      718,59 kN      VYHOVUJE**

Plech

$F_{b,Rd,2} \cdot n \geq N_{Ed}$       **937,96 kN      ≥      718,59 kN      VYHOVUJE**

## 4.4 Návrh a posouzení přípoje sloupu k základové desce

## 4.4.1 Sloup 1

## Posouzení únosnosti patní desky

## 1. Průřezové charakteristiky

Profil	HEB 240	Patní plech	P25	Ocel	S 355
A =	10598,56 mm <sup>2</sup>	t <sub>p</sub> =	25 mm	f <sub>y</sub> =	355 Mpa
b =	240 mm	b <sub>1</sub> =d <sub>1</sub> =	320 mm	Beton	C 20/25
h =	240 mm			f <sub>ck</sub> =	20 Mpa
t <sub>w</sub> =	10,00 mm			γ <sub>M0</sub> =	1,00
t <sub>f</sub> =	17,00 mm			γ <sub>c</sub> =	1,50

## 2. Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 2608,4 \text{ kN}$$

## 3. Výpočet únosnosti patní desky

Návrhová pevnost při rozdrčení betonu od zatížení patní deskou

$$f_{jd} = \beta_j \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} = \beta_j \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{b_2 \cdot d_2}{b_1 \cdot d_1}} < 3 \cdot f_{cd}$$

$$f_{jd} = 27,78 \text{ MPa} < 40 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Účinná šířka patního plechu

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} \quad c = 51,599 \text{ mm}$$

Účinná plocha

$$A_{eff} = \min(b; b_c + 2c) \cdot \min(a; h_f + 2c) - \max[\min(b; b_c + 2c) - t_w - 2c; 0] \cdot \max(h_c - 2t_f - 2c; 0)$$

$$A_{eff} = 94141,174 \text{ mm}^2$$

Únosnost patní desky v tlaku

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{jd}$$

$$N_{Rd} = 2615,033 \text{ kN}$$

## 4. Posouzení únosnosti patní desky

$$N_{Rd} \geq N_{Ed}$$

$N_{Rd} = 2615,03 \text{ kN}$	$\geq$	$N_{Ed} = 2608,40 \text{ kN}$	VYHOVUJE
-------------------------------	--------	-------------------------------	----------

Návrh a posouzení šroubů:

Vyskytuje se pouze normálová síla, proto navrženy konstrukční šrouby Hilti 2xHIT-V-R M20x200.

## 4.4.2 Sloup 2

## Posouzení únosnosti patní desky

## 1. Průřezové charakteristiky

Profil	HEB 220	Patní plech	P18	Ocel	S 355
				$f_y =$	355 Mpa
$A =$	9104,12 mm <sup>2</sup>	$t_p =$	18 mm	Beton	C 20/25
$b =$	220 mm	$b_1 = d_1 =$	300 mm	$f_{ck} =$	20 Mpa
$h =$	220 mm			$\gamma_{M0} =$	1,00
$t_w =$	9,50 mm			$\gamma_c =$	1,50
$t_f =$	16,00 mm				

## 2. Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 1695,28 \text{ kN}$$

## 3. Výpočet únosnosti patní desky

Návrhová pevnost při rozdrčení betonu od zatížení patní deskou

$$f_{jd} = \beta_j \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} = \beta_j \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{b_2 \cdot d_2}{b_1 \cdot d_1}} < 3 \cdot f_{cd}$$

$$f_{jd} = 29,63 \text{ MPa} < 40 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Účinná šířka patního plechu

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} \quad c = 35,972 \text{ mm}$$

Účinná plocha

$$A_{eff} = \min(b; b_c + 2c) \cdot \min(a; h_f + 2c) - \max[\min(b; b_c + 2c) - t_w - 2c; 0] \cdot \max(h_c - 2t_f - 2c; 0)$$

$$A_{eff} = 60801,295 \text{ mm}^2$$

Únosnost patní desky v tlaku

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{jd}$$

$$N_{Rd} = 1801,520 \text{ kN}$$

## 4. Posouzení únosnosti patní desky

$$N_{Rd} \geq N_{Ed}$$

$N_{Rd} = 1801,52 \text{ kN}$	$\geq$	$N_{Ed} = 1695,28 \text{ kN}$	VYHOVUJE
-------------------------------	--------	-------------------------------	----------

Návrh a posouzení šroubů:

Vyskytuje se pouze normálová síla, proto navrženy konstrukční šrouby Hilti 2xHIT-V-R M20x200.

## 4.4.3 Sloup 3

## Posouzení únosnosti patní desky

## 1. Průřezové charakteristiky

Profil	HEB 140	Patní plech	P12	Ocel	S 355
				$f_y =$	355 Mpa
$A =$	4295,61 mm <sup>2</sup>	$t_p =$	12 mm	Beton	C 20/25
$b =$	140 mm	$b_1 = d_1 =$	250 mm	$f_{ck} =$	20 Mpa
$h =$	140 mm			$\gamma_{M0} =$	1,00
$t_w =$	7,00 mm			$\gamma_c =$	1,50
$t_f =$	12,00 mm				

## 2. Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 735,84 \text{ kN}$$

## 3. Výpočet únosnosti patní desky

Návrhová pevnost při rozdrčení betonu od zatížení patní deskou

$$f_{jd} = \beta_j \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} = \beta_j \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{b_2 \cdot d_2}{b_1 \cdot d_1}} < 3 \cdot f_{cd}$$

$$f_{jd} = 35,56 \text{ MPa} < 40 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Účinná šířka patního plechu

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} \quad c = 21,892 \text{ mm}$$

Účinná plocha

$$A_{eff} = \min(b; b_c + 2c) \cdot \min(a; h_f + 2c) - \max[\min(b; b_c + 2c) - t_w - 2c; 0] \cdot \max(h_c - 2t_f - 2c; 0)$$

$$A_{eff} = 24171,610 \text{ mm}^2$$

Únosnost patní desky v tlaku

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{jd}$$

$$N_{Rd} = 859,435 \text{ kN}$$

## 4. Posouzení únosnosti patní desky

$$N_{Rd} \geq N_{Ed}$$

$N_{Rd} = 859,44 \text{ kN}$	$\geq$	$N_{Ed} = 735,84 \text{ kN}$	VYHOVUJE
------------------------------	--------	------------------------------	----------

Návrh a posouzení šroubů:

Vyskytuje se pouze normálová síla, proto navrženy konstrukční šrouby Hilti 2xHIT-V-R M20x200.