


ŽELEZOBETONOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY

REINFORCED CONCRETE STRUCTURE OF A ADMINISTRATIVE BUILDING

STATICKÝ VÝPOČET

 VUT V BRNĚ	FAKULTA STAVEBNÍ	VYPRACOVAL	MAREK MAZURA	FORMÁT	1 x A4	
		KONTROLOVAL	ING. PAVEL ŠULÁK, PH.D.	DATUM	5. 2016	
		ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ		AK. ROK	2015/2016	
		STAVBA	ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA		SKUPINA	B4S11
		OBSAH	STATICKÝ VÝPOČET		MĚŘÍTKO	ČÍSLO PŘÍLOHY P2.

OBSAH

Ověření reakce

Návrh konstrukce

Zatěžovací stavy

Kombinace

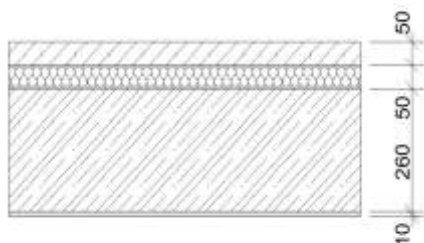
Náhradní rám

Dimenzování výztuže na ohybový moment

Posouzení na protlačení sloupu a návrh smykové výztuže

Návrh výztuže proti řetězovému zřícení

Posouzení na mezní stav použitelnosti



OVĚŘENÍ REAKCÍ

Pro kombinaci K3 = ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4

ZS1 – VLASTNÍ TÍHA

$$g_{K1} = \gamma \times t = 25 \times 0,26 = 6,5 \text{ kN/m}^2$$

Zatěžovací plocha zjištěná softwarem $A = 35,06 \text{ m}^2$

$$G_{K1} = g_{K1} \times A = 6,5 \times 35,06 = 227,89 \text{ kN}$$

$$G_{D1} = G_{K1} \times \gamma_G = 227,89 \times 1,35 = 307,65 \text{ kN}$$

ZS2 – OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

PODLAHA	t [m]	γ [kN/m ³]	g [kN/m ²]
PVC	0,0020	12,0	0,0240
ANHYDRIT	0,0500	22,0	1,1000
PE-FOLIE	0,0002	9,0	0,0018
POLYSTYREN	0,0500	0,3	0,0150
$\Sigma g_k =$			1,14

	t [m]	γ [kN/m ³]	g [kN/m ²]
OMÍTKA	0,01	20	0,2
$\Sigma g_k =$			0,20

$$g_{K2} = g_{K,podlaha} + g_{K,omítka} = 1,14 + 0,2 = 1,34 \text{ kN/m}^2$$

$$G_{K2} = g_{K2} \times A = 1,34 \times 35,06 = 46,98 \text{ kN}$$

$$G_{D2} = G_{K2} \times \gamma_G = 46,98 \times 1,35 = 63,46 \text{ kN}$$

ZS3 – PŘÍČKY + ZS4 – UŽITNÉ ZATÍŽENÍ PLNÉ

Provozní zatížení – Kategorie B (kanceláře) $q_{K1} = 2,5 \text{ kN/m}^2$

$$Q_{K1} = q_{K1} \times A = 2,5 \times 35,06 = 87,65 \text{ kN}$$

Příčky $q_{Kp} = 1,8 \text{ kN/m}^2$

$$Q_{Kp} = q_{Kp} \times A = 1,8 \times 35,06 = 63,11 \text{ kN}$$

$$Q_K = Q_{K1} + Q_{Kp} = 87,65 + 63,11 = 150,76 \text{ kN}$$

$$Q_D = Q_K \times \gamma_Q = 150,76 \times 1,50 = 226,14 \text{ kN}$$

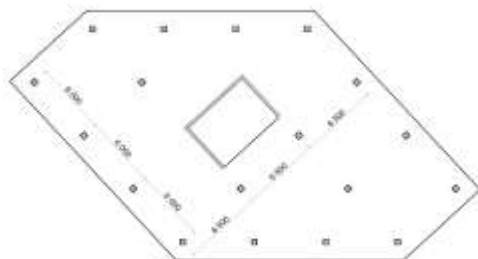
$$6.10a \quad N_d = 307,65 + 63,46 + 0,7 \times 226,14 = \underline{\underline{529,41 \text{ kN}}}$$

$$6.10b \quad N_d = 0,85 \times (307,65 + 63,46) + 1,5 \times 87,65 + 0,7 \times 1,5 \times 63,11 = \underline{\underline{513,18 \text{ kN}}}$$

Reakce vypočtená softwarem: 631,88 kN

Závěr: Hodnoty reakce vypočtené ručně a softwarem se liší, což je způsobeno přesnějším výpočtem softwaru s uvážením spojitého nosníku.





NÁVRH KONSTRUKCE LOKÁLNĚ PODEPŘENÉ ŽB DESKY

Deska bude podepřena ŽB sloupy s osovými vzdálenostmi 6,5 m v jednom a 6,0 m v druhém směru. Nejdelší rozměr desky nepřesáhne 40 m, tím pádem neuvažujeme s dilatačními spárami.

Tloušťka desky h

$$h = \frac{l_{max}}{33} = \frac{6500}{33} = 197 \text{ mm} \quad h_{lim} = 160 \text{ mm}$$

$$h_{s,lim} = l_{n,max} \times \frac{800 + 0,7 \times f_{yk}}{36 + 5 \times \varepsilon \times \eta}$$

$$\eta = \alpha_m - 0,5 \times (1 - k) \times \left(1 + \frac{1}{\varepsilon}\right) \quad \alpha_m = 0$$

$$k = \frac{l_1 + l_2}{2 \times (l_1 + l_2)} = \frac{6,5 + 6}{2 \times (6,5 + 6)} = 0,5 \quad \varepsilon = \frac{l_1}{l_2} = \frac{6,5}{6} = 1,083$$

$$\eta = 0 - 0,5 \times (1 - 0,5) \times \left(1 + \frac{1}{1,083}\right) = -0,48 < 0 \Rightarrow \eta = 0$$

$$h_{s,lim} = 6,5 \times \frac{800 + 0,7 \times 500}{36 + 5 \times 1,083 \times 0} = 207,64 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \text{volím } \underline{h = 260 \text{ mm}}$$

Krytí výztuže c

$$c \geq c_{nom} \quad c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur}; 10\text{mm}\}$$

Odhad průměru hlavní nosné výztuže: $\varnothing 16\text{mm}$

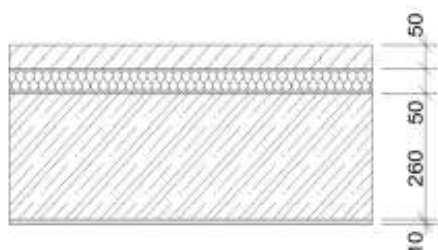
$$c_{min} = \max\{16\text{mm}; 10\text{mm}; 10\text{mm}\} = 16 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 16 + 10 = 26 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad \underline{c = 30 \text{ mm}}$$

MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Beton:	C 25/30	Ocel:	B500B
	$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$		$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
	$\gamma_c = 1,50$		$\gamma_s = 1,15$
	$f_{cd} = 16,67 \text{ MPa}$		$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$
	$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$		$E_s = 210 \text{ GPa}$
	$E_{cm} = 31 \text{ GPa}$		$\varepsilon_{yd} = 2,17 \text{ ‰}$
	$E_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$		
	Konzistence S3		
	Frakce kameniva 16 mm		
	Prostředí XC1		

**ZATĚŽOVACÍ STAVY**ZS1 – VLASTNÍ TÍHA

$$g_{K1} = \gamma \times t = 25 \times 0,26 = 6,5 \text{ kN/m}^2$$

ZS2 – OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

PODLAHA	t [m]	γ [kN/m ³]	g [kN/m ²]
PVC	0,0020	12,0	0,0240
ANHYDRIT	0,0500	22,0	1,1000
PE-FOLIE	0,0002	9,0	0,0018
POLYSTYREN	0,0500	0,3	0,0150
$\Sigma g_k =$			1,14

	t [m]	γ [kN/m ³]	g [kN/m ²]
OMÍTKA	0,01	20	0,2
$\Sigma g_k =$			0,20

$$g_{K2} = g_{K,podlaha} + g_{K,omítka} = 1,14 + 0,2 = 1,34 \text{ kN/m}^2$$

Schodiště – liniové zatížení

$$g_{sch} = 9,66 \text{ kN/m}$$

Osamělá břemena

- Prosklená fasáda
Plošná hmotnost: 2500 kg/m²
Izolační trojsklo 6-12-4-12-6 mm
 $2500 \times (0,006 \times 2 + 0,004) = 40 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow 0,4 \text{ kN/m}^2$
- Fasádní izolační panely
Plošná hmotnost: 26 kg/m² $\Rightarrow 0,26 \text{ kN/m}^2$
Tloušťka 150 mm
- Nosné profily pro izolační panely
Hmotnost: 5,6 kg/m $\Rightarrow 0,056 \text{ kN/m}$
- Nosné rámy prosklené fasády
CW 60-HI Sloupky: 6,5 kg/m $\Rightarrow 0,065 \text{ kN/m}$
Příčníky: 4 kg/m $\Rightarrow 0,04 \text{ kN/m}$

Zatěžovací šířky:

- Pro skleněné panely $b_1 = 3,11 \text{ m}$ $b_2 = 2,87 \text{ m}$
- Pro izolační panely $b = 6,73 \text{ m}$

Konstrukční výška jednoho podlaží je 3,5 m

$$P_1 = 0,065 \times 3,5 + (0,04 + 0,4 \times 3,5) \times 3,11 = 4,71 \text{ kN}$$

$$P_2 = 0,065 \times 3,5 + (0,04 + 0,4 \times 3,5) \times 2,87 = 4,36 \text{ kN}$$

$$P_3 = 0,056 \times 3,5 + 0,26 \times 6,73 \times 3,5 = 6,32 \text{ kN}$$

$$P_4 = 0,065 \times 3,5 + (0,04 + 0,4 \times 3,5) \times \left(\frac{2,87}{2} + \frac{3,11}{2} \right) = 4,53 \text{ kN}$$

$$P_5 = 0,065 \times 3,5 + (0,04 + 0,4 \times 3,5) \times \frac{3,11}{2} + 0,056 \times 3,5 + 0,26 \times 3,5 \times \frac{6,73}{2} = 5,72 \text{ kN}$$

$$P_6 = 0,065 \times 3,5 + (0,04 + 0,4 \times 3,5) \times \frac{2,87}{2} + 0,056 \times 3,5 + 0,26 \times 3,5 \times \frac{6,73}{2} = 5,55 \text{ kN}$$

$$P_d = P \times \gamma_G \quad \gamma_G = 1,35$$

$$P_{1d} = 4,71 \times 1,35 = 6,36 \text{ kN}$$

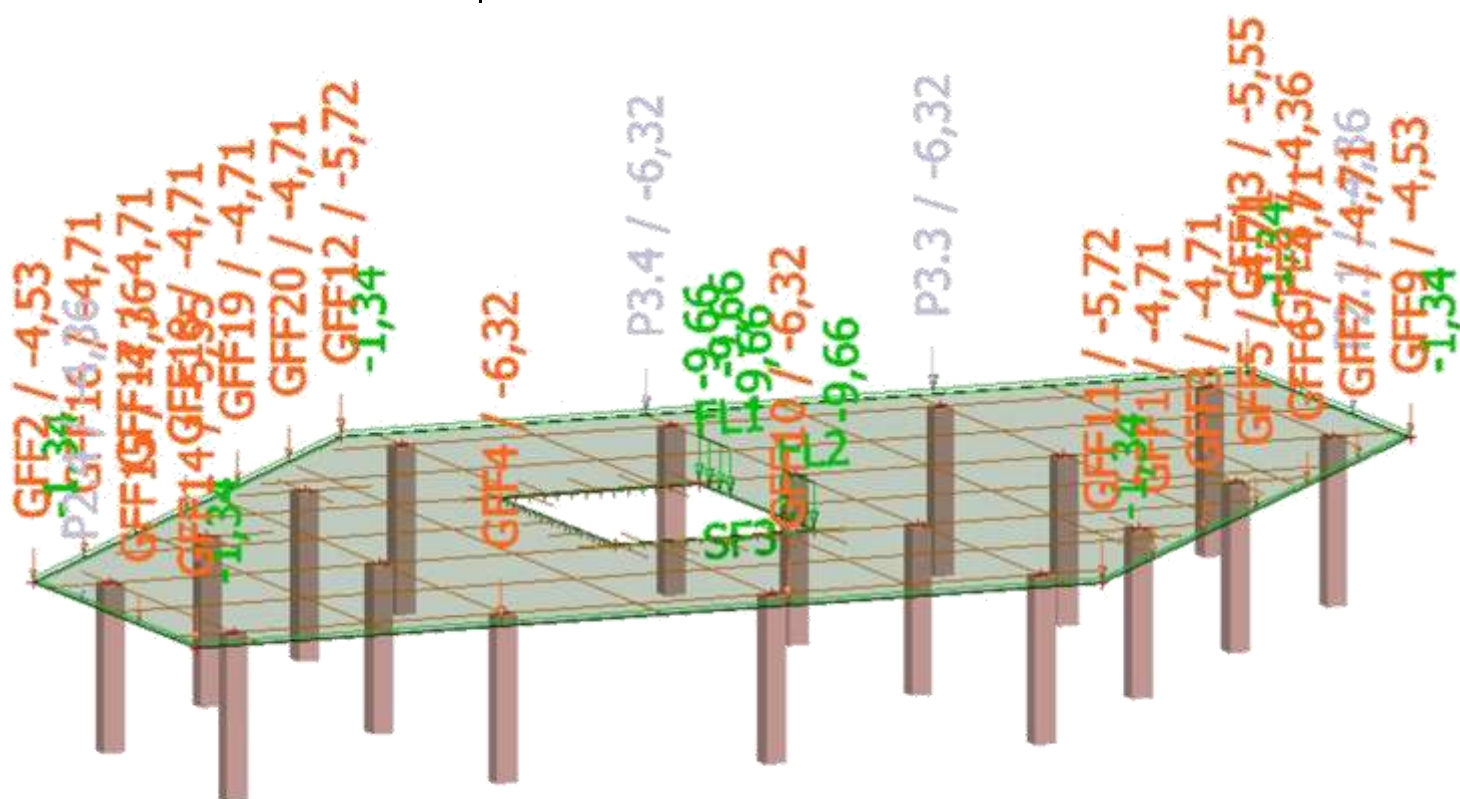
$$P_{2d} = 4,36 \times 1,35 = 5,89 \text{ kN}$$

$$P_{3d} = 6,32 \times 1,35 = 8,53 \text{ kN}$$

$$P_{4d} = 4,53 \times 1,35 = 6,12 \text{ kN}$$

$$P_{5d} = 5,72 \times 1,35 = 7,72 \text{ kN}$$

$$P_{6d} = 5,55 \times 1,35 = 7,49 \text{ kN}$$



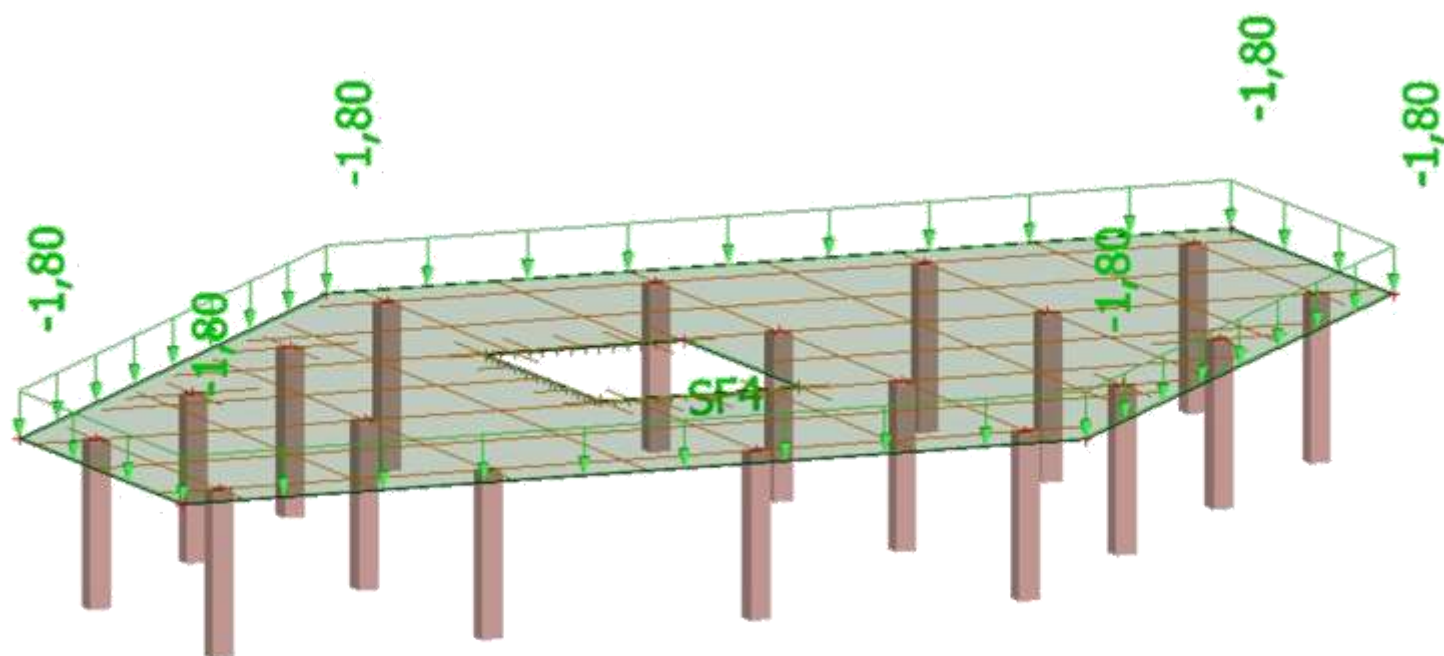
ZS3 – PŘÍČKY

Sádkartonové příčky W 112

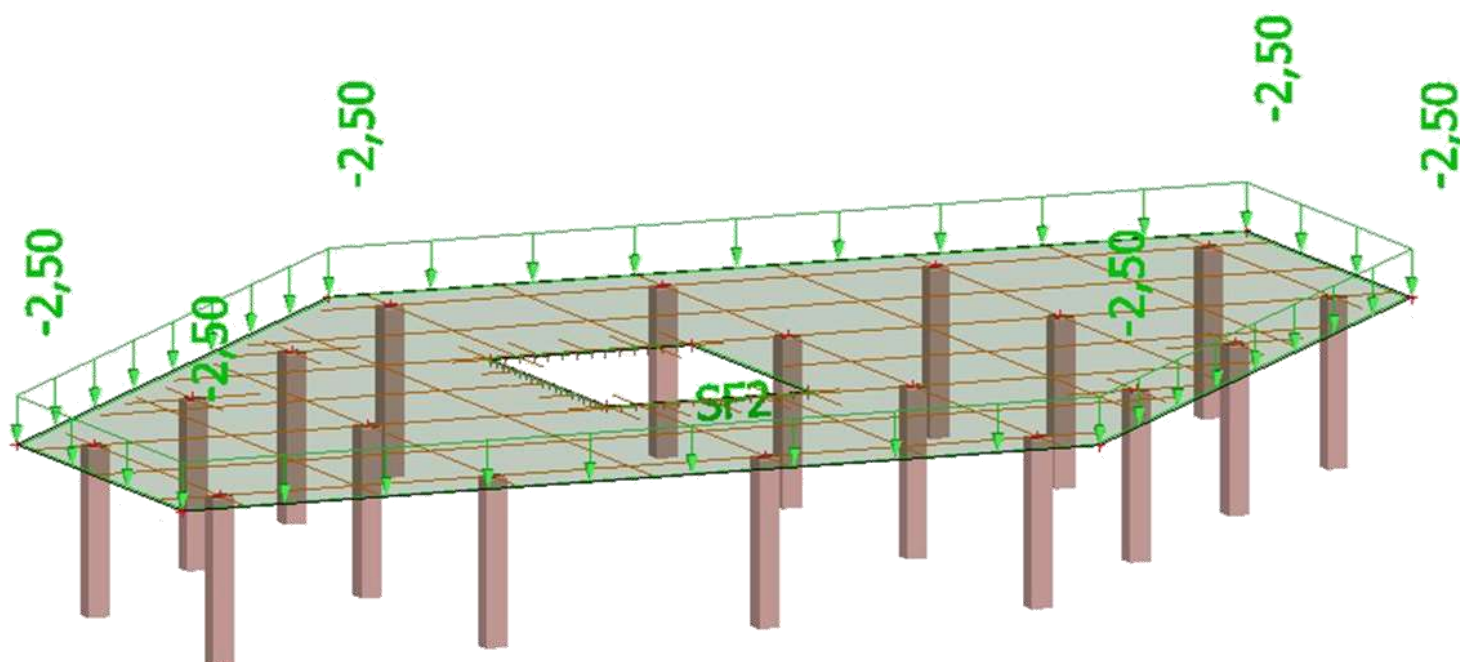
Izolace Piano

Hmotnost: 55 kg/m²Hmotnost: 0,6 kg/m²Celková hm.: 55 + 0,6 = 55,6 kg/m² => 0,556 kN/m²

Výška příčky: 3,24 m => 3,24 x 0,556 = 1,8 kN/m

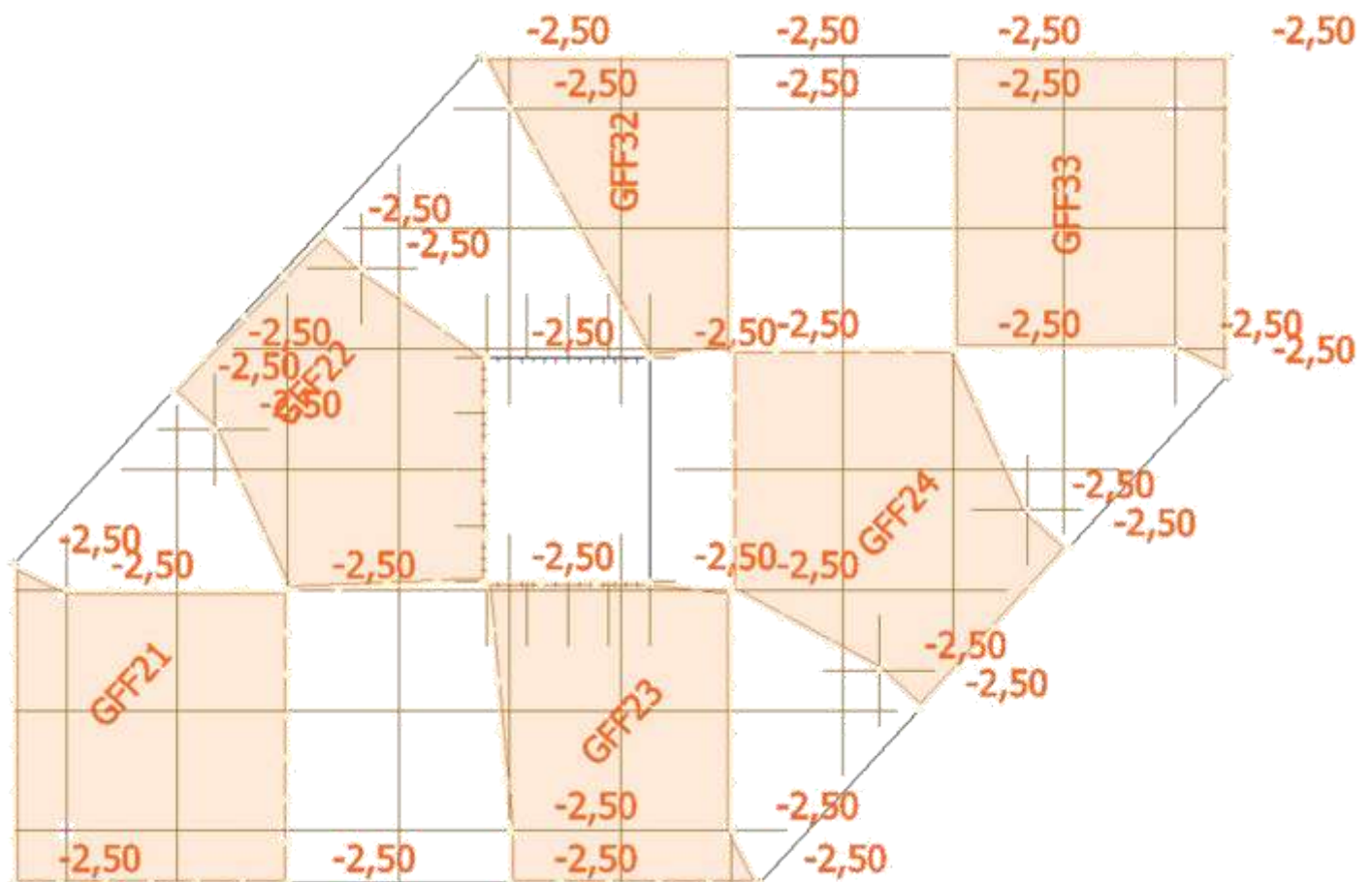
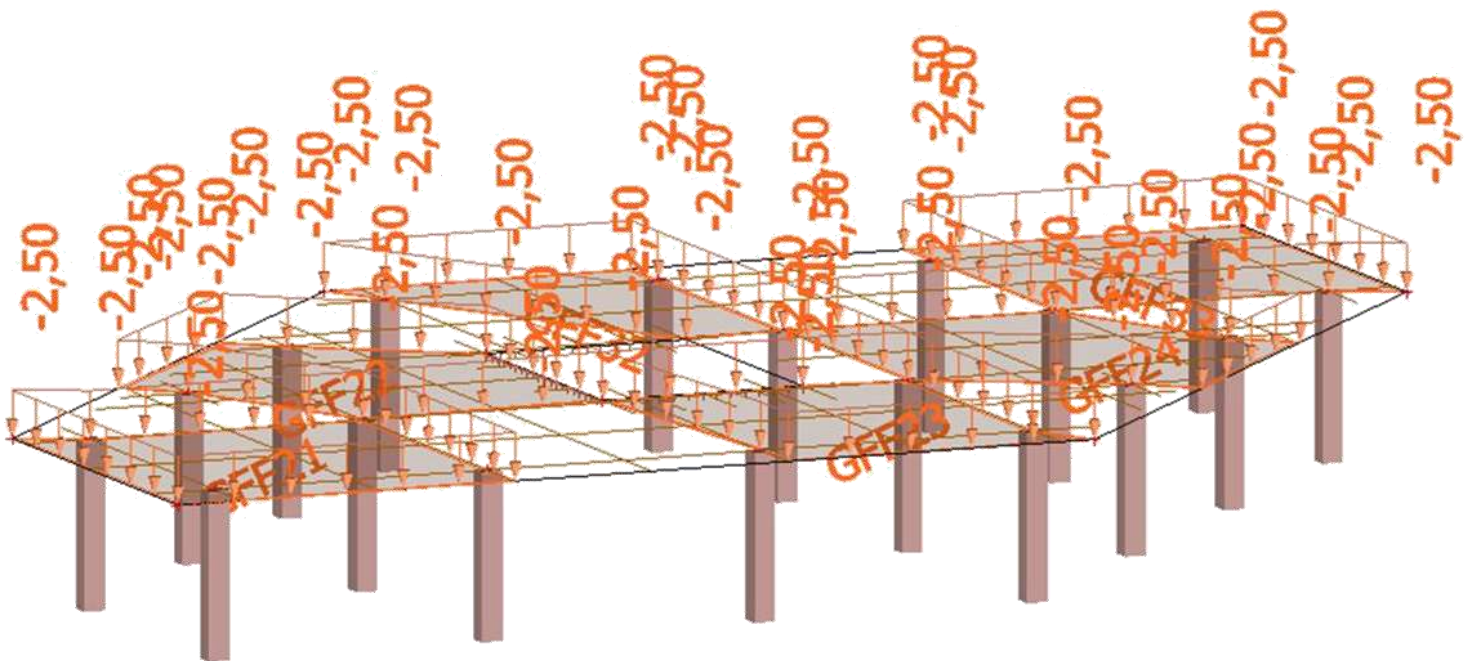
 $q_p = 1,8 \text{ kN/m}^2$ $q_{pd} = 1,8 \times 1,50 = 2,7 \text{ kN/m}^2$ ZS4 – UŽITNÉ ZATÍŽENÍ PLNÉ

Provozní zatížení – Kategorie B (kanceláře)

 $q_{k1} = 2,5 \text{ kN/m}^2$ $q_{d1} = 2,5 \times 1,50 = 3,75 \text{ kN/m}^2$ 

$$q_{K1} = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

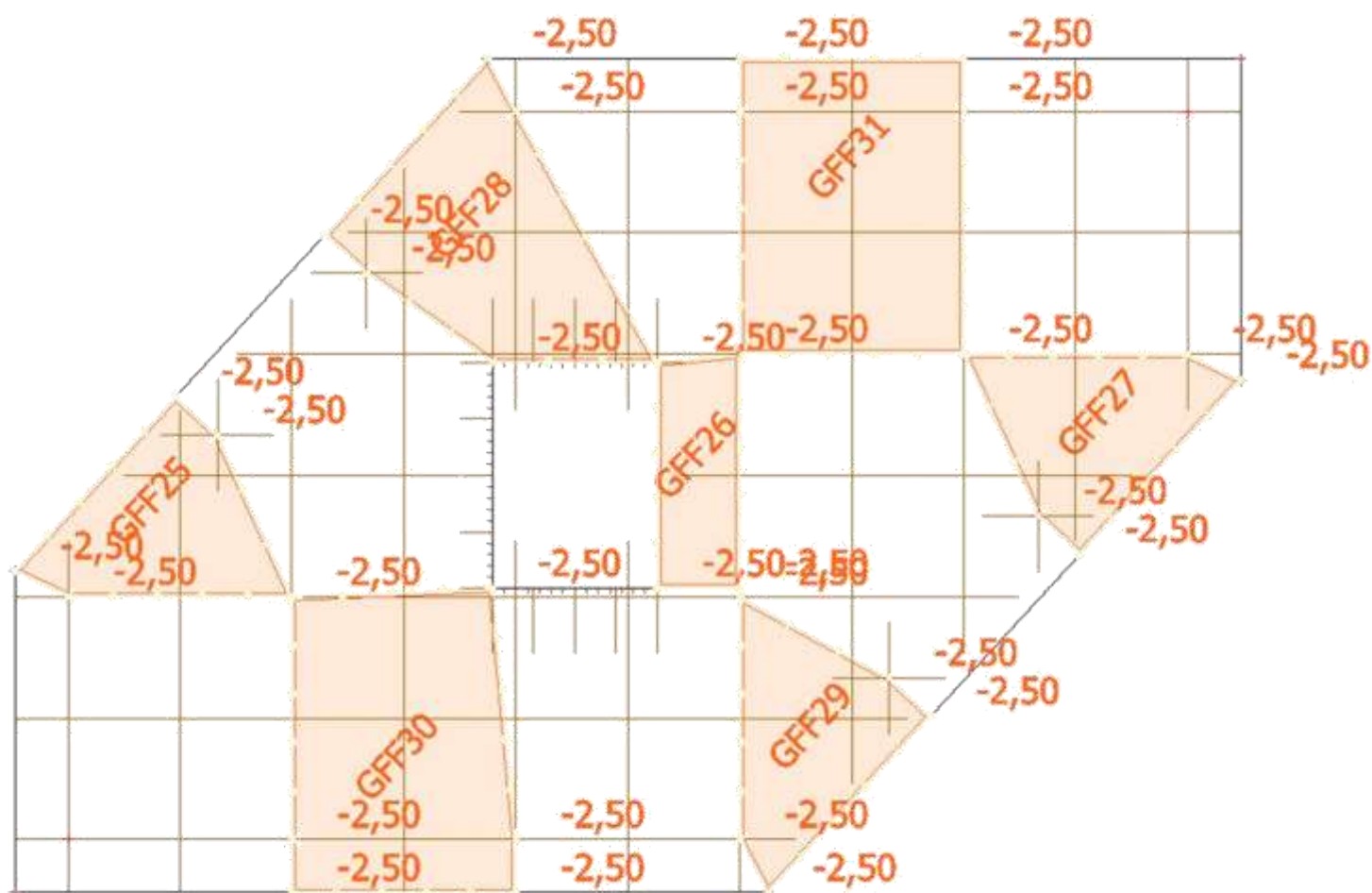
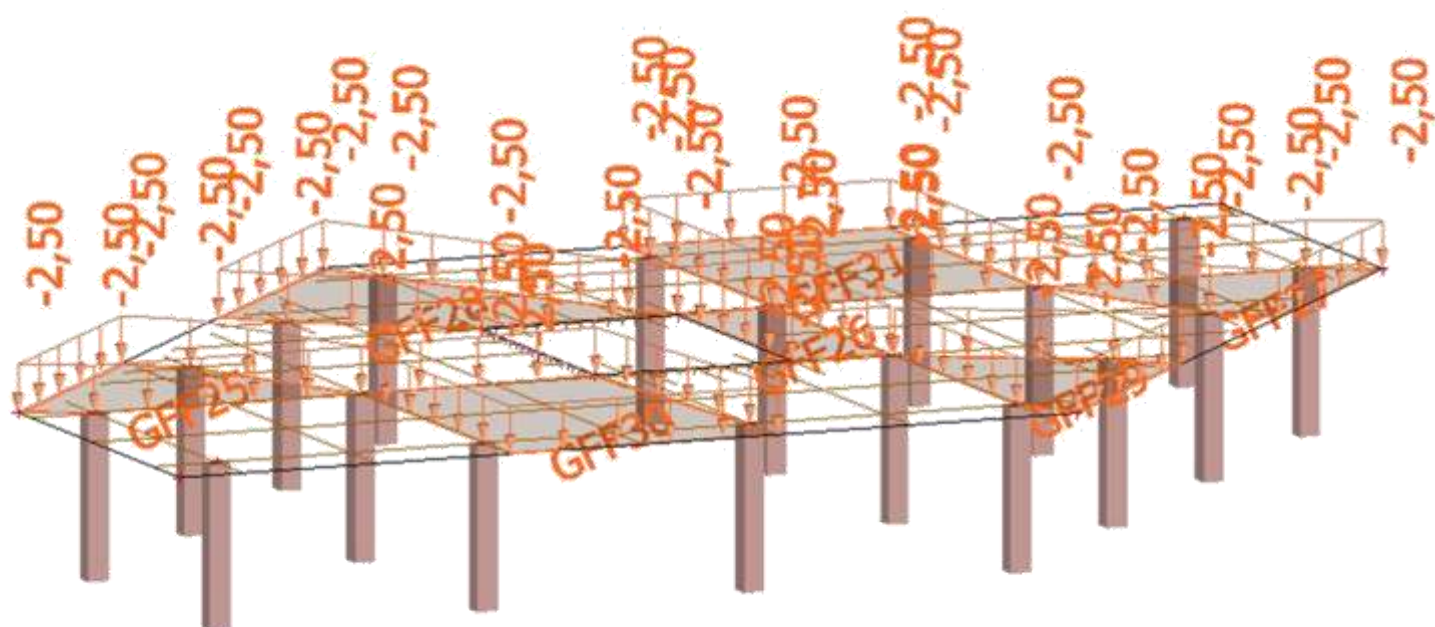
$$q_{d1} = 2,5 \times 1,50 = 3,75 \text{ kN/m}^2$$



ZS6 – UŽITNÉ ZATÍŽENÍ ŠACH II

$$q_{k1} = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{d1} = 2,5 \times 1,50 = 3,75 \text{ kN/m}^2$$



KOMBINACE

Kombinace pro mezní stav únosnosti jsou tvořeny podle rovnic 6.10a, 6.10b doporučeného postupu pro mezní stavy STR a GEO (Soubor B)

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n \gamma_{G,i} G_{k,i} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ \sum_{i=1}^n \xi_i \gamma_{G,i} G_{k,i} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{(Rce 6.10 a)} \\ \text{(Rce 6.10 b)} \end{array}$$

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy
K1	EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	ZS1 - VLASTNÍ TÍHA ZS2 - OSTATNÍ STÁLÉ
K2	EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	ZS1 - VLASTNÍ TÍHA ZS2 - OSTATNÍ STÁLÉ ZS3 - PŘÍČKY
K3	EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	ZS1 - VLASTNÍ TÍHA ZS2 - OSTATNÍ STÁLÉ ZS3 - PŘÍČKY ZS4 - UŽITNÉ
K4	EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	ZS1 - VLASTNÍ TÍHA ZS2 - OSTATNÍ STÁLÉ ZS3 - PŘÍČKY ZS5 - UŽITNÉ - ŠACH I
K5	EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	ZS1 - VLASTNÍ TÍHA ZS2 - OSTATNÍ STÁLÉ ZS3 - PŘÍČKY ZS6 - UŽITNÉ - ŠACH II

VYHODNOCENÍ KOMBINACÍ

Na vybraném integračním pásu desky bylo provedeno srovnání hodnot ohybových momentů a na základě toho byla kombinace K3 označena jako nejnepříznivější pro konstrukci.

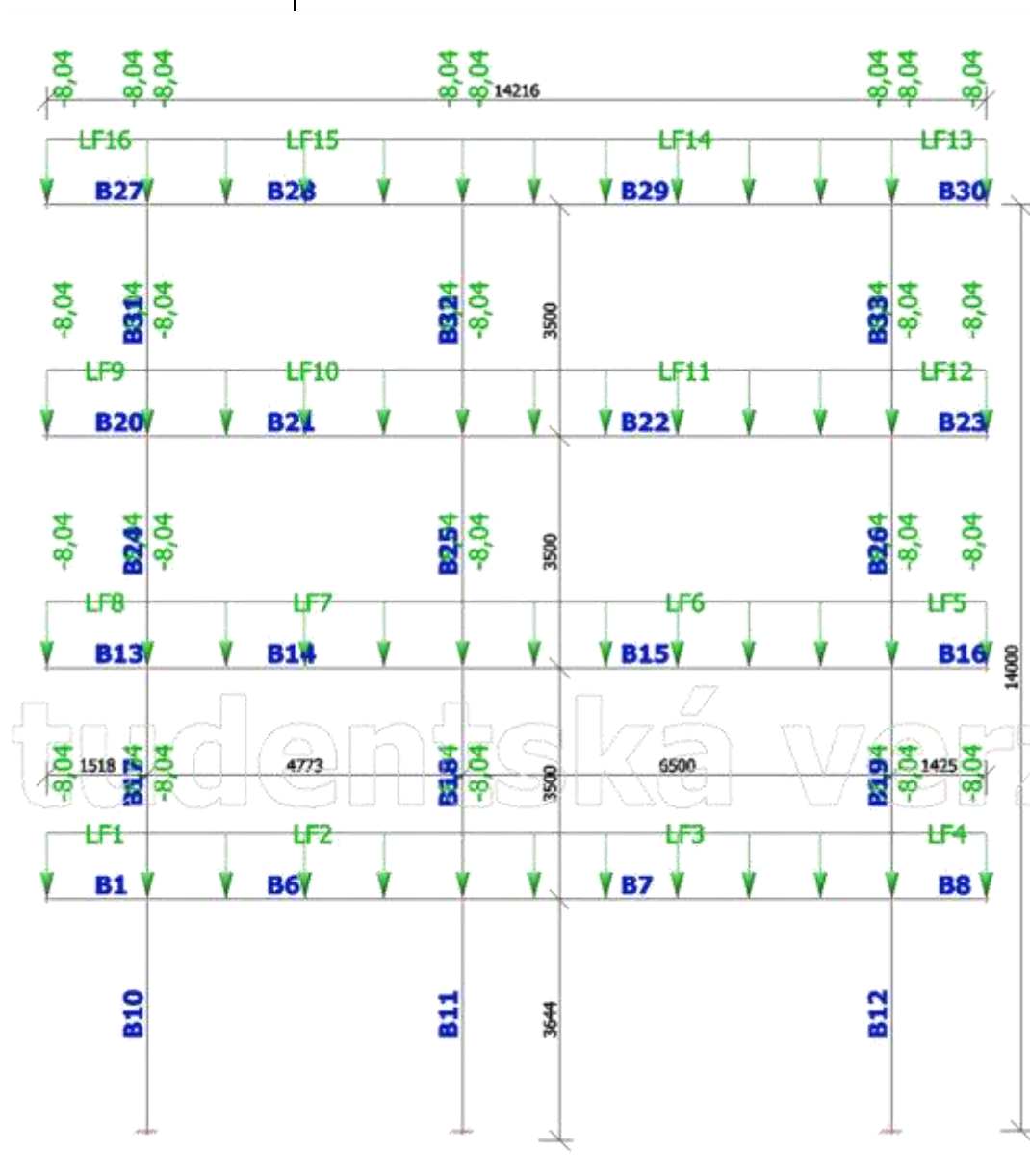
$$K3 = ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4$$

Dle návrhové skupiny STR a GEO (Soubor B)

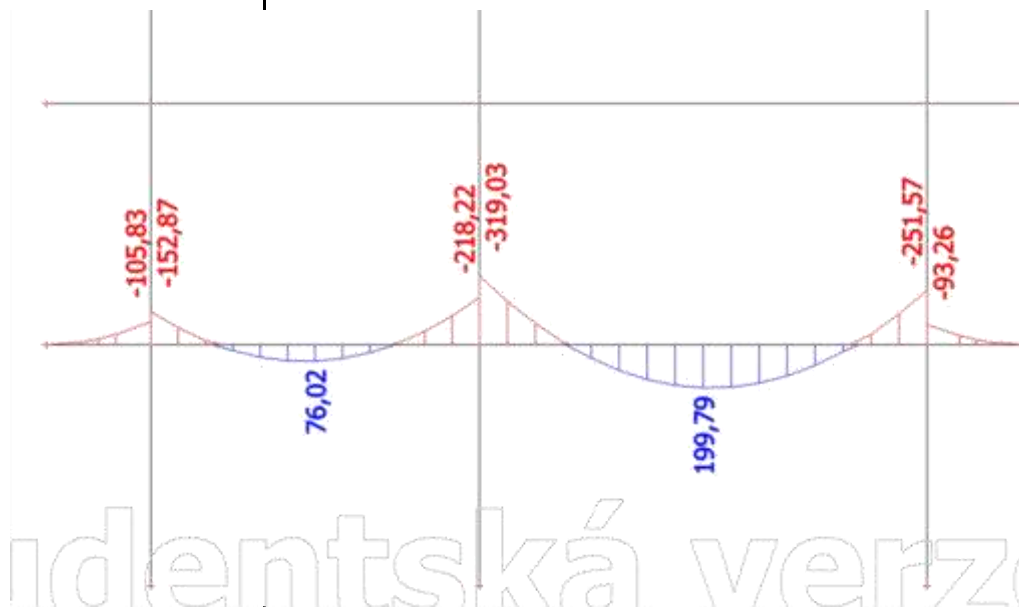
OVĚŘENÍ VÝPOČTU METODOU NÁHRADNÍCH RÁMŮ

Pro ověření správnosti výpočtu softwaru metodou konečný prvků jsem použil metodu náhradních rámů (metoda součtových momentů nebyla možná). Z konstrukce jsem vyjmul pruh desky podepřený sloupy a namodeloval jako rámovou konstrukci ve 2D. Zde uvádím výsledky vnitřních sil a průhybů od působení nejnepříznivější kombinace zatížení (K3).

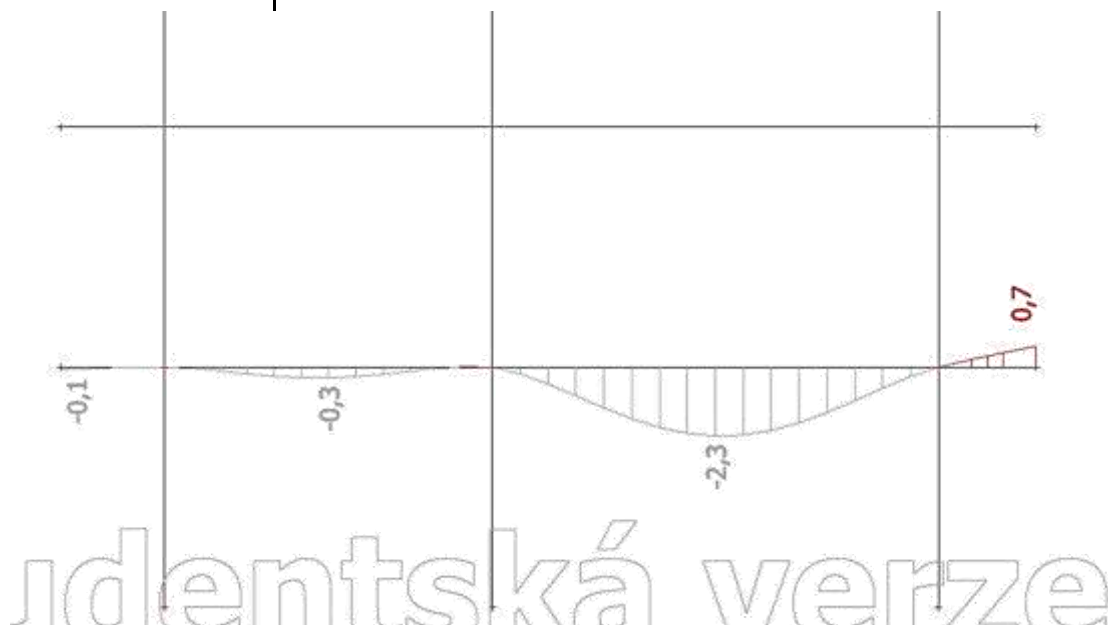
Model náhradního rámu



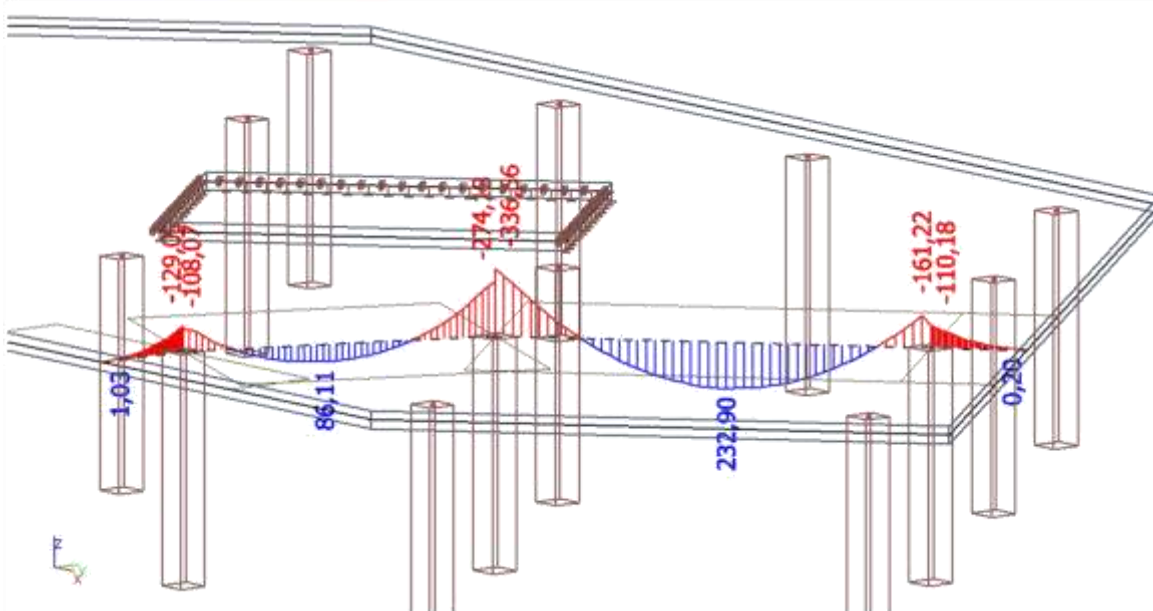
Průběh momentů v desce nad 1NP v náhradní rámové konstrukci



Výsledky průhybů desky nad 1NP v náhradní rámové konstrukci



Porovnání s výsledky na itegračním pásu v desce, který kopíruje směr náhradního rámu



Dimenzování výztuže na ohybový moment

Beton C 25/30: $f_{ck} = 25 \text{ MPa} \Rightarrow f_{cd} = 16,67 \text{ MPa}$

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035$$

Ocel B 500B : $f_{yk} = 500 \text{ MPa} \Rightarrow f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon_{yd} = 0,00217$$

Návrh plochy výztuže

$$A_{st,req} = b \times d \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times M_{Ed}}{b \times d^2 \times f_{cd}}} \right)$$

Posouzení plochy výztuže

Dle EC:

$$A_{s,min} = 0,26 \times \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \times b \times d$$

$$A_{s,min} = 0,013 \times b \times d$$

$$A_{s,max} = 0,04 \times A_c$$

Dle ČSN:

$$A_{s,min} = 0,0018 \times \frac{f_{yk}}{500} \times h$$

Vzdálenost výztuže

$$S_{max} = \min\{2h_s; 300\text{mm}\} = 300\text{mm}$$

$$S_{min} = \max\{1,5\varnothing; d_g + 5\text{mm}; 20\text{mm}\} = 21\text{mm}$$

Výška tlačené oblasti

$$x = \frac{A_{st} \times f_{yd}}{b \times \lambda \times f_{cd}}$$

Ověření využití výztuže

$$x_{lim} = \xi_{bal,1} \times d$$

$$x_{lim} = \frac{|\varepsilon_{cu3}|}{|\varepsilon_{cu3}| \times \varepsilon_{yd}} \times d \quad x < x_{lim}$$

Rameno vnitřních sil

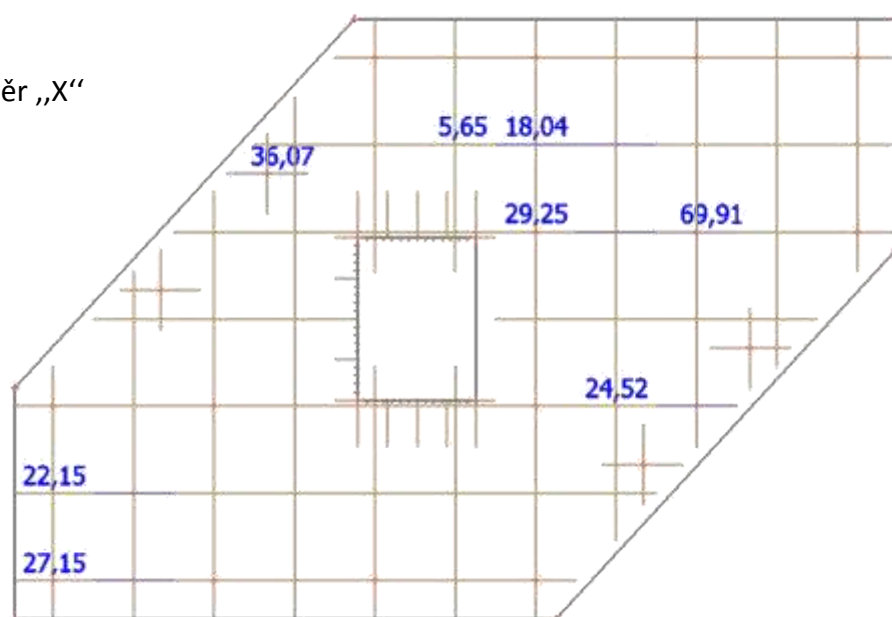
$$z_c = \left(d - \frac{\lambda \times x}{2} \right)$$

Posouzení momentové únosnosti

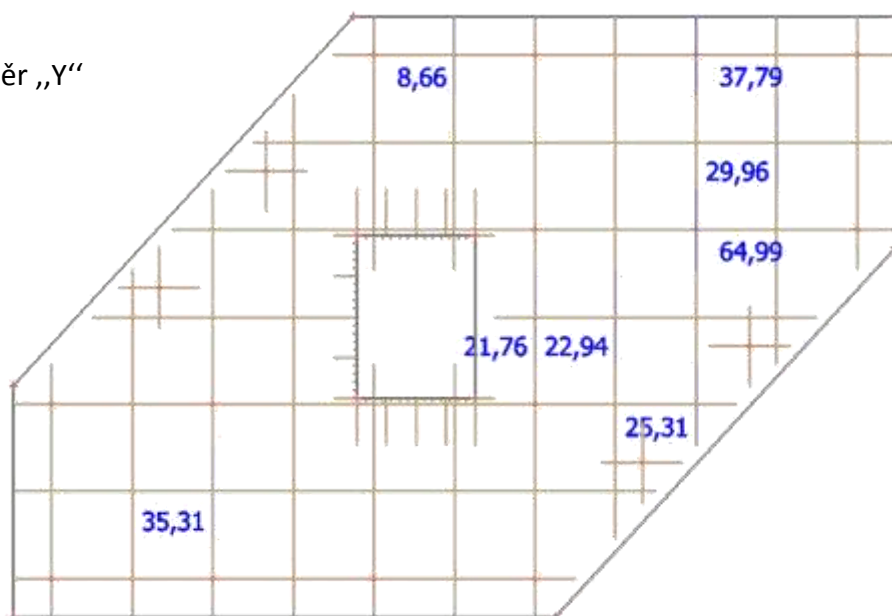
$$M_{Rd} = A_{st} \times f_{yd} \times z_c$$

SMĚR	PRUH	PRŮŘEZ	M_{Ed} [kNm]
X	SLOUPOVÝ	KRAJNÍ PODPORA	-36,07
		KRAJNÍ POLE	27,15
		VNITŘNÍ PODPORA	-69,91
		VNITŘNÍ POLE	29,25
	STŘEDNÍ	KRAJNÍ PODPORA	24,52
		KRAJNÍ POLE	22,15
		VNITŘNÍ PODPORA	5,65
		VNITŘNÍ POLE	18,04
Y	SLOUPOVÝ	KRAJNÍ PODPORA	-37,79
		KRAJNÍ POLE	35,31
		VNITŘNÍ PODPORA	-64,99
		VNITŘNÍ POLE	21,76
	STŘEDNÍ	KRAJNÍ PODPORA	8,66
		KRAJNÍ POLE	29,96
		VNITŘNÍ PODPORA	25,31
		VNITŘNÍ POLE	22,94

Směr „X“



Směr „Y“



KOTEVNÍ A STYKOVACÍ DÉLKY

$$L_{b,rqd} = \frac{\emptyset}{4} \times \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{14}{4} \times \frac{434,78}{2,7} = 563,60 \text{ mm}$$

$$f_{bd} = 2,25 \times \eta_1 \times \eta_2 \times f_{ctd} = 2,25 \times 1 \times 1 \times 1,2 = 2,7 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \times \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 1 \times \frac{1,8}{1,5} = 1,2 \text{ MPa}$$

$$L_{bd} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times L_{b,rqd} = 1 \times 1 \times 0,83 \times 1 \times 1 \times 563,6 = 467,79 \text{ mm}$$

Z tabulky: C 25/30, B 500 41Ø

$$41 \times 14 = 574 \text{ mm}$$

$$L_0 = \alpha_6 \times L_{bd} = 1,5 \times 467,79 = 701,68 \text{ mm}$$

Z tabulky: C 25/30, B 500 87Ø

$$87 \times 14 = 1218 \text{ mm}$$

Volím hodnoty z tabulky

Kotevní délky:

$$\emptyset 8 = 328 \text{ mm}$$

$$\emptyset 10 = 410 \text{ mm}$$

$$\emptyset 12 = 492 \text{ mm}$$

$$\emptyset 14 = 574 \text{ mm}$$

$$\emptyset 20 = 820 \text{ mm}$$

Stykovací délky:

$$\emptyset 8 = 696 \text{ mm}$$

$$\emptyset 10 = 870 \text{ mm}$$

$$\emptyset 12 = 1044 \text{ mm}$$

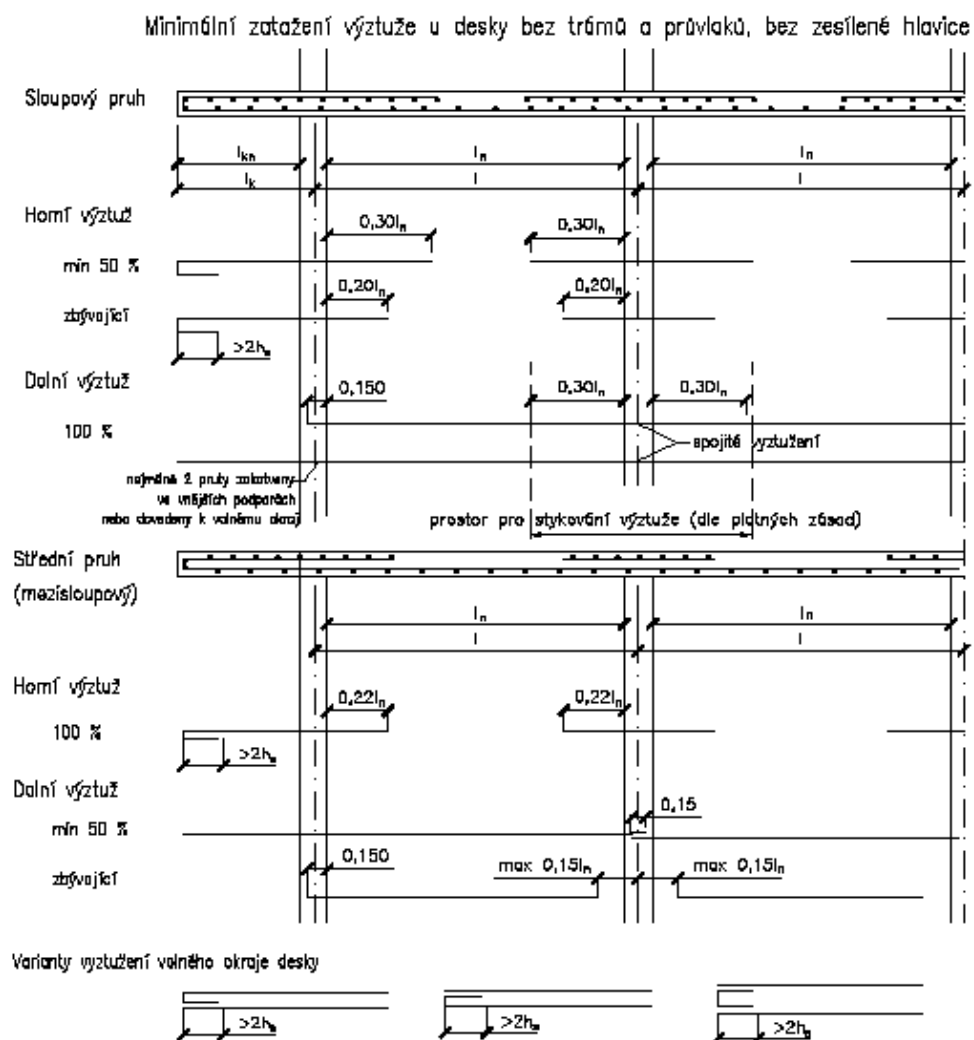
$$\emptyset 14 = 1218 \text{ mm}$$

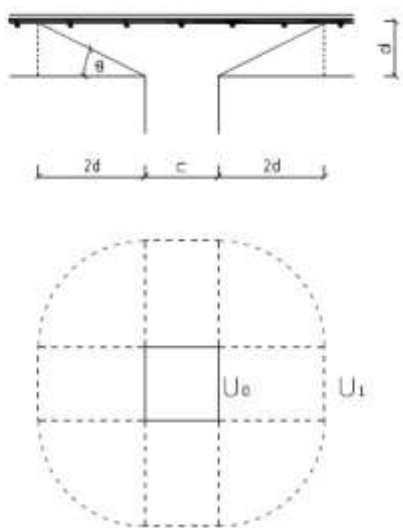
$$\emptyset 20 = 1740 \text{ mm}$$

Minimální plocha vyztužení je posouzena podle ČSN 731201, takže se při návrhu nemusí uvažovat s účinky změn teploty a smršťování.

Kotevní délka L_{bd} [mm]			
Ø [mm]	Označení použité oceli		
Třída betonu	B 420	B 500	B 550
C 12/15	56 Ø	66 Ø	73 Ø
C 16/20	46 Ø	55 Ø	60 Ø
C 20/25	40 Ø	47 Ø	52 Ø
C 25/30	34 Ø	41 Ø	45 Ø
C 30/37	31 Ø	36 Ø	40 Ø
C 35/45	28 Ø	33 Ø	36 Ø
C 40/50	25 Ø	30 Ø	33 Ø
C 45/55	23 Ø	28 Ø	31 Ø
C 50/60	22 Ø	26 Ø	28 Ø
C 60/75	21 Ø	25 Ø	27 Ø
C 70/85	21 Ø	25 Ø	27 Ø
C 80/95	21 Ø	25 Ø	27 Ø
C 90/105	21 Ø	25 Ø	27 Ø

Délka přesahu L_0 [mm]			
Ø [mm]	Označení použité oceli		
Třída betonu	B 420	B 500	B 550
C 12/15	119 Ø	142 Ø	156 Ø
C 16/20	98 Ø	117 Ø	129 Ø
C 20/25	85 Ø	101 Ø	111 Ø
C 25/30	73 Ø	87 Ø	96 Ø
C 30/37	65 Ø	77 Ø	85 Ø
C 35/45	59 Ø	70 Ø	77 Ø
C 40/50	54 Ø	64 Ø	70 Ø
C 45/55	50 Ø	59 Ø	65 Ø
C 50/60	46 Ø	55 Ø	60 Ø
C 60/75	44 Ø	52 Ø	57 Ø
C 70/85	44 Ø	52 Ø	57 Ø
C 80/95	44 Ø	52 Ø	57 Ø
C 90/105	44 Ø	52 Ø	57 Ø



**Posouzení desky na protlačení sloupu**

$$V_{Ed} = 522,91 \text{ kN}$$

$$u_0 = 4 \times 0,45 = 1,8 \text{ m}$$

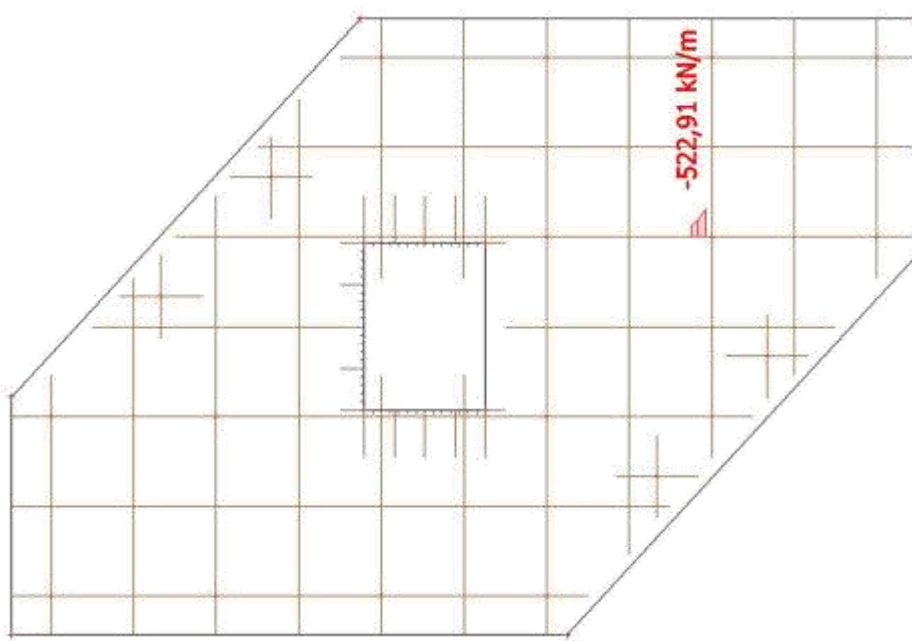
$$d_y = 260 - 14/2 = 223 \text{ mm}$$

$$d_x = 260 - 14 - 14/2 = 209 \text{ mm}$$

$$d_{eff} = (d_x + d_y) / 2 = (209 + 223) / 2 = 216 \text{ mm}$$

$$u_1 = 4 \times \pi \times d_{eff} + u_0 = 4 \times \pi \times 0,216 + 1,8 = 4,51 \text{ m}$$

$$\beta = 1,15$$

**Smyková únosnost na obvodu sloupu**

$$v_{Ed,0} = \beta \times \frac{V_{Ed}}{u_0 \times d} = 1,15 \times \frac{522,91}{1,8 \times 0,216} = 1546,67 \text{ kPa}$$

$$v = 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \times \left(1 - \frac{25}{250}\right) = 0,54$$

$$v_{Rd,max} = 0,5 \times f_{cd} \times v = 0,5 \times 16,67 \times 10^3 \times 0,54 = 4500,9 \text{ kPa}$$

$$v_{Ed,0} = 1546,67 \text{ kPa} < v_{Rd,max} = 4500,9 \text{ kPa}$$

Smyková únosnost v základním kontrolovaném obvodu

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_{eff}}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{216}} = 1,96 \leq 2,0$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$b_x = b_y = c + 6 \times d_{eff} = 0,45 + 6 \times 0,216 = 1,746 \text{ m}$$

$$\rho_{lx} = \frac{A_{sx}}{b_x \times d_x} = \frac{8,55 \times 10^{-4}}{1,746 \times 0,209} = 2,34 \times 10^{-3}$$

$$\rho_{ly} = \frac{A_{sy}}{b_y \times d_y} = \frac{8,55 \times 10^{-4}}{1,746 \times 0,223} = 2,20 \times 10^{-3}$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}} = \sqrt{0,00234 \times 0,0022} = 2,27 \times 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} v_{Rd,c} &= C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} \\ &= 0,12 \times 1,96 \times (100 \times 2,27 \times 10^{-3} \times 25)^{1/3} \\ &= 0,41953 \text{ MPa} = 419,53 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,96^{1/2} \times 25^{1/2} = 480,2 \text{ kPa}$$

$$v_{min} > v_{Rd,c} \Rightarrow v_{Rd,c} = 480,2 \text{ kPa}$$

Smykové napětí v základním kontrolovaném obvodu

$$v_{Ed,1} = \beta \times \frac{V_{Ed}}{u_1 \times d} = 1,15 \times \frac{522,91}{4,51 \times 0,216} = 617,30 \text{ kPa}$$

$$v_{Ed,1} = 617,30 \text{ kPa} > v_{Rd,c} = 480,2 \text{ kPa}$$

=> Je nutné navrhnout smykovou výztuž

Návrh smykové výztuže

$$s_r \leq 0,75 d_{eff} \Rightarrow s_r = 160 \text{ mm}$$

$$v_{Rd,s} = 0,75 \times v_{Rd,c} + 1,5 \times \frac{d}{s_r} \times V_{1,s} \times \frac{1}{u_1 \times d} \times \sin \alpha$$

$$V_{1,s} = \frac{(v_{Ed,1} - 0,75 \times v_{Rd,c}) \times s_r \times u_1 \times d_{eff}}{1,5 \times d_{eff} \times \sin \alpha}$$

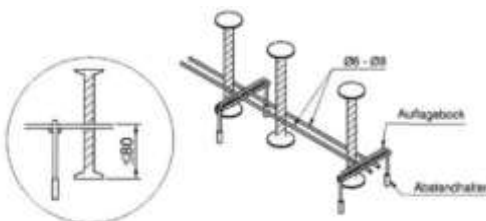
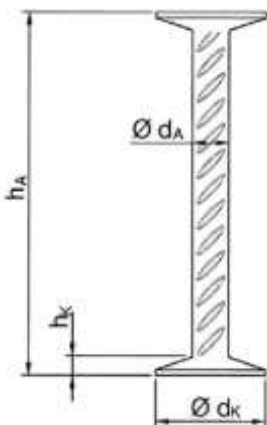
$$V_{1,s} = \frac{(617,30 - 0,75 \times 480,2) \times 0,16 \times 4,51 \times 0,216}{1,5 \times 0,216 \times \sin 90^\circ} = 123,71 \text{ kN}$$

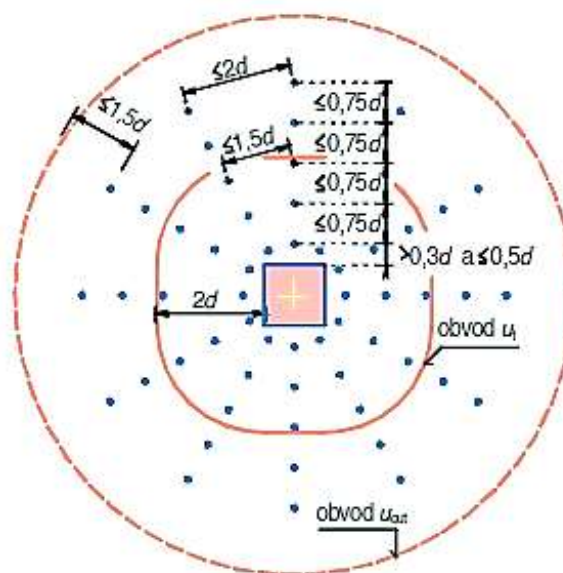
Síla na délku kontrolovaného obvodu je 123,71 kN.

=> 6 x Ø10 mm nosnost jednoho trnu je 34,37 kN

$$V_{Rd} = 6 \times 34,37 = 206,22 \text{ kN} > V_{1,s} = 123,71 \text{ kN}$$

Navržené smykové trny jsou od výrobce Schöck - Wittek



Konstrukční zásadyDélka obvodu, na kterém již není nutná smyková výztuž

$$u_{out} = \beta \times \frac{V_{Ed}}{v_{Rd,c} \times d_{eff}} = 1,0 \times \frac{522,91}{480,2 \times 0,216} = 5,04 \text{ m}$$

$$u_k = u_{out} - u_0 = 5,04 - 1,8 = 3,24 \text{ m}$$

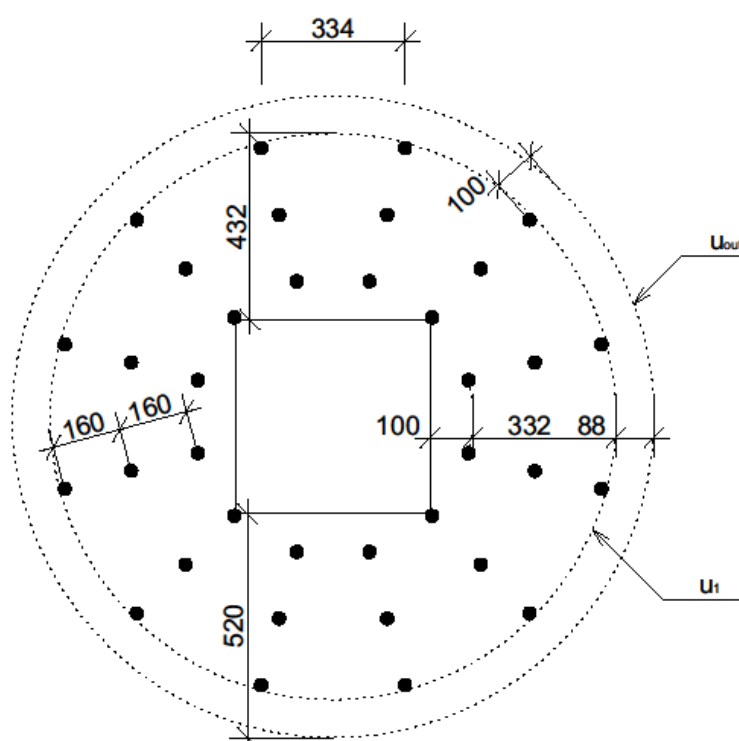
$$r_{out} = \frac{u_k}{2 \times \pi} = \frac{3,24}{2 \times \pi} = 0,52 \text{ m}$$

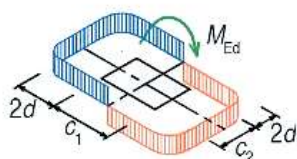
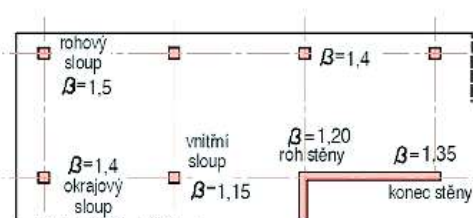
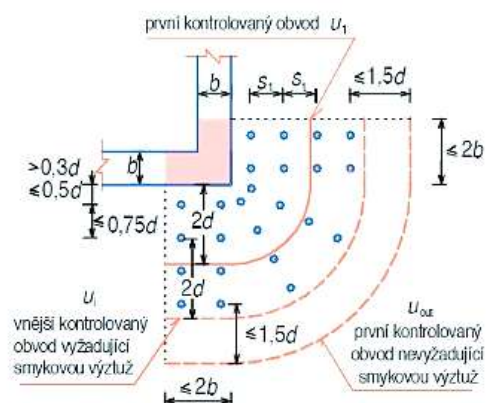
$$r_{out} - 2 \times d_{eff} \leq 1,5 \times d_{eff}$$

$$0,52 - 0,432 = 0,088 \text{ m} \leq 1,5 \times 0,216 = 0,324 \text{ m}$$

$$2d = 2 \times 0,216 = 0,432 \text{ m}$$

$$1,5d = 1,5 \times 0,216 = 0,324 \text{ m}$$





Posouzení desky na protlačení na rohu stěny

$$V_{Ed} = 135,11 \text{ kN/m}$$

$$d_x = d - c - \frac{\phi}{2} - \phi = 260 - 30 - \frac{14}{2} - 12 = 211 \text{ mm}$$

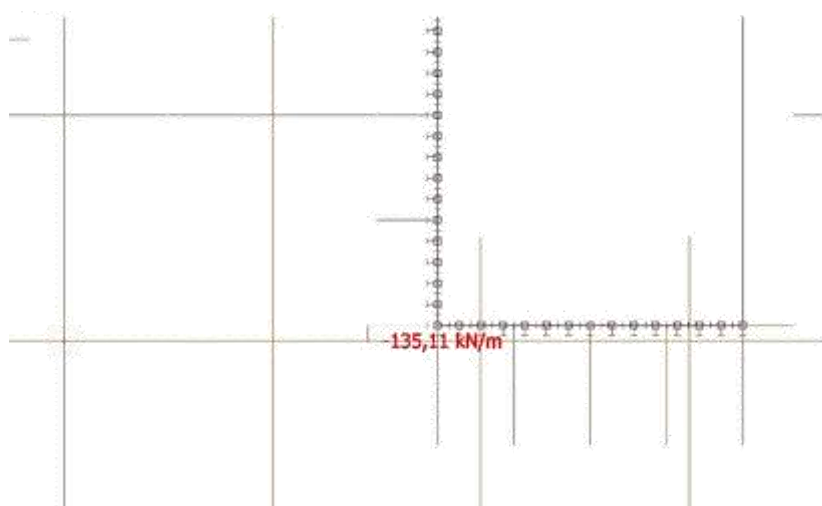
$$d_y = d - c - \frac{\phi}{2} = 260 - 30 - \frac{12}{2} = 224 \text{ mm}$$

$$d_{eff} = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{211 + 224}{2} = 217,5 \text{ mm}$$

$$u_0 = 2 \times 2b = 2 \times 2 \times 0,25 = 1 \text{ m}$$

$$u_1 = 1 + \frac{4 \times \pi \times d_{eff}}{4} = 1 + \frac{4 \times \pi \times 217,5}{4} = 1,68 \text{ m}$$

$$\beta = 1,20$$



Smyková únosnost na rohu stěny

$$v_{Ed,0} = \beta \times \frac{V_{Ed}}{u_0 \times d} = 1,2 \times \frac{135,11}{1 \times 0,2175} = 745,43 \text{ kPa}$$

$$v = 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \times \left(1 - \frac{25}{250}\right) = 0,54$$

$$v_{Rd,max} = 0,5 \times f_{cd} \times v = 0,5 \times 16,67 \times 10^3 \times 0,54 = 4500,9 \text{ kPa}$$

$$v_{Ed,0} = 745,43 \text{ kPa} < v_{Rd,max} = 4500,9 \text{ kPa}$$

Smyková únosnost v základním kontrolovaném obvodu

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_{eff}}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{217,5}} = 1,96 \leq 2,0$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$b_x = b_y = 2 \times b + 2 \times d_{eff} = 2 \times 0,25 + 2 \times 0,2175 = 0,935 \text{ m}$$

$$\rho_{lx} = \frac{A_{sx}}{b_x \times d_x} = \frac{8,55 \times 10^{-4}}{0,935 \times 0,211} = 4,33 \times 10^{-3}$$

$$\rho_{ly} = \frac{A_{sy}}{b_y \times d_y} = \frac{6,28 \times 10^{-4}}{0,935 \times 0,224} = 3,00 \times 10^{-3}$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}} = \sqrt{0,00433 \times 0,003} = 3,60 \times 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} v_{Rd,c} &= C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} \\ &= 0,12 \times 1,96 \times (100 \times 3,6 \times 10^{-3} \times 25)^{1/3} \\ &= 0,48924 \text{ MPa} = 489,24 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,96^{1/2} \times 25^{1/2} = 480,2 \text{ kPa}$$

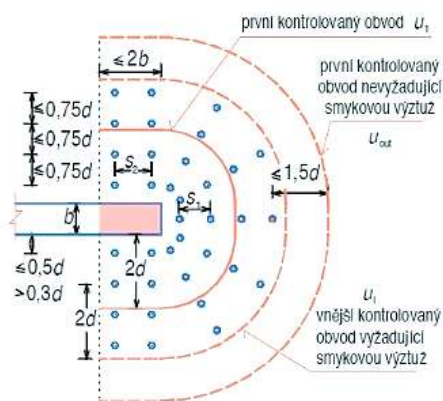
$$v_{min} < v_{Rd,c} \Rightarrow v_{Rd,c} = 489,24 \text{ kPa}$$

Smykové napětí v základním kontrolovaném obvodu

$$v_{Ed,1} = \beta \times \frac{V_{Ed}}{u_1 \times d} = 1,20 \times \frac{135,11}{1,68 \times 0,2175} = 443,71 \text{ kPa}$$

$$v_{Ed,1} = 443,71 \text{ kPa} < v_{Rd,c} = 489,24 \text{ kPa}$$

=> Není nutné navrhnout smykovou výztuž



Posouzení desky na protlačení na konci stěny

$$V_{Ed} = 136,84 \text{ kN/m}$$

$$d_x = d - c - \frac{\emptyset}{2} - \emptyset = 260 - 30 - \frac{8}{2} - 12 = 214 \text{ mm}$$

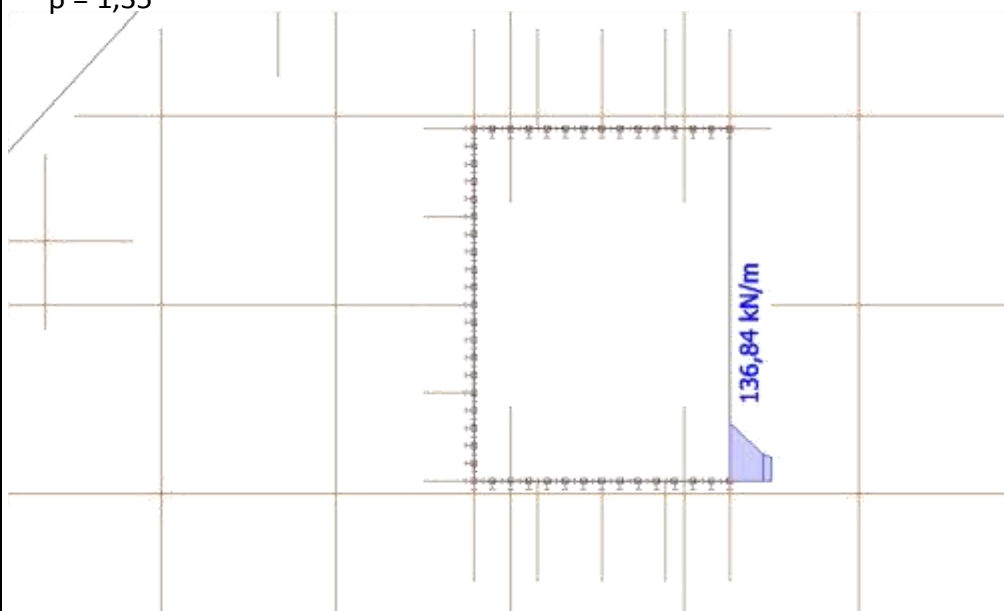
$$d_y = d - c - \frac{\emptyset}{2} = 260 - 30 - \frac{12}{2} = 224 \text{ mm}$$

$$d_{eff} = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{214 + 224}{2} = 219 \text{ mm}$$

$$u_0 = b + 2b = 0,25 + 0,5 = 0,75 \text{ m}$$

$$u_1 = u_0 + 2 \times \pi \times d_{eff} = 0,75 + 2 \times \pi \times 0,219 = 2,13 \text{ m}$$

$$\beta = 1,35$$



Smyková únosnost na konci stěny

$$v_{Ed,0} = \beta \times \frac{V_{Ed}}{u_0 \times d} = 1,35 \times \frac{136,84}{0,75 \times 0,219} = 1124,71 \text{ kPa}$$

$$v = 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \times \left(1 - \frac{25}{250}\right) = 0,54$$

$$v_{Rd,max} = 0,5 \times f_{cd} \times v = 0,5 \times 16,67 \times 10^3 \times 0,54 = 4500,9 \text{ kPa}$$

$$v_{Ed,0} = 1124,71 \text{ kPa} < v_{Rd,max} = 4500,9 \text{ kPa}$$

Smyková únosnost v základním kontrolovaném obvodu

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_{eff}}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{219}} = 1,96 \leq 2,0$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$b_x = 2 \times b + 2 \times d_{eff} = 2 \times 0,25 + 2 \times 0,219 = 0,938 \text{ m}$$

$$b_y = b + 4 \times d_{eff} = 0,25 + 4 \times 0,219 = 1,126 \text{ m}$$

$$\rho_{lx} = \frac{A_{sx}}{b_x \times d_x} = \frac{2,79 \times 10^{-4}}{0,938 \times 0,214} = 1,39 \times 10^{-3}$$

$$\rho_{ly} = \frac{A_{sy}}{b_y \times d_y} = \frac{6,28 \times 10^{-4}}{1,126 \times 0,224} = 2,49 \times 10^{-3}$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}} = \sqrt{0,00139 \times 0,00249} = 1,86 \times 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} v_{Rd,c} &= C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} \\ &= 0,12 \times 1,96 \times (100 \times 1,86 \times 10^{-3} \times 25)^{1/3} \\ &= 0,39257 \text{ MPa} = 392,57 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,035 \times 1,96^{1/3} \times 25^{1/2} = 480,2 \text{ kPa}$$

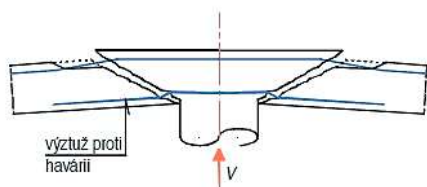
$$v_{min} > v_{Rd,c} \Rightarrow v_{Rd,c} = 480,2 \text{ kPa}$$

Smykové napětí v základním kontrolovaném obvodu

$$v_{Ed,1} = \beta \times \frac{V_{Ed}}{u_1 \times d} = 1,35 \times \frac{136,84}{2,13 \times 0,219} = 396,03 \text{ kPa}$$

$$v_{Ed,1} = 396,03 \text{ kPa} < v_{Rd,c} = 480,2 \text{ kPa}$$

=> Není nutné navrhnout smykovou výztuž

**Výztuž proti řetězovému zřícení**

$$f_d = \max\{\Sigma q_d; 2\Sigma g_d\} = \max\{4,3; 21,168\} = 21,168 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,x} = \frac{f_d \times L_{n,x} \times L_y}{2,5} = \frac{21,168 \times 5,55 \times 6,5}{2,5} = 305,45 \text{ kN}$$

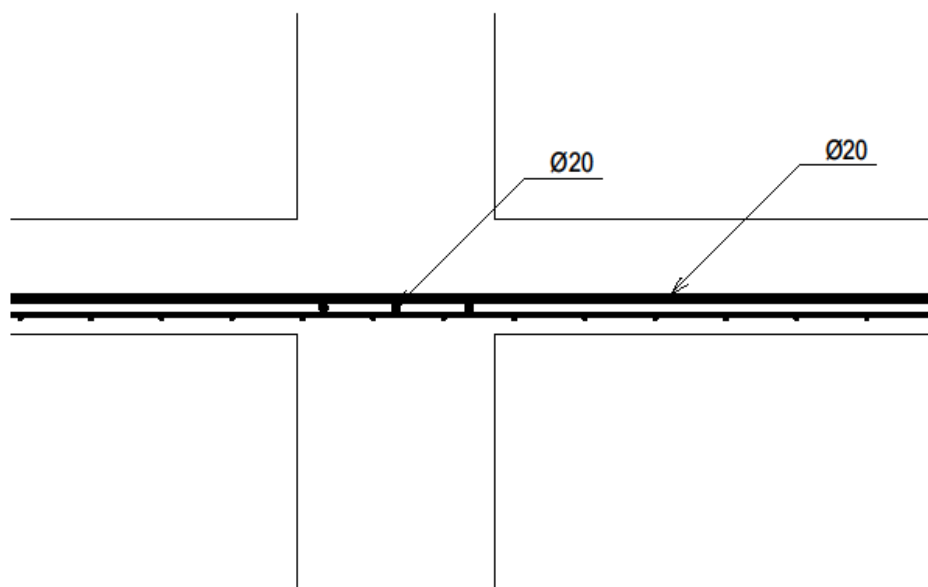
$$N_{Ed,y} = \frac{f_d \times L_{n,y} \times L_x}{2,5} = \frac{21,168 \times 6,05 \times 6}{2,5} = 307,36 \text{ kN}$$

$$A_{s,req} = \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$$

$$A_{s,reqx} = \frac{N_{Ed,x}}{f_{yd}} = \frac{305,45}{434,78 \times 10^3} = 7,03 \times 10^{-4}$$

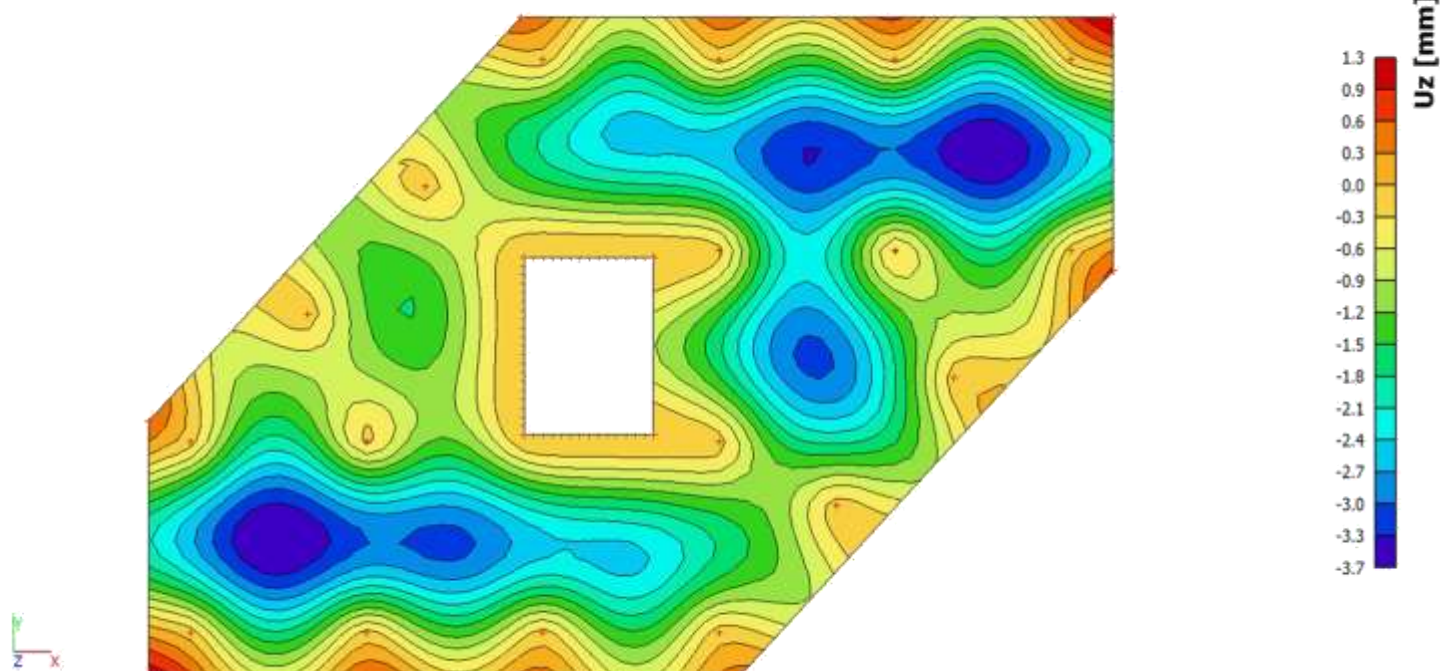
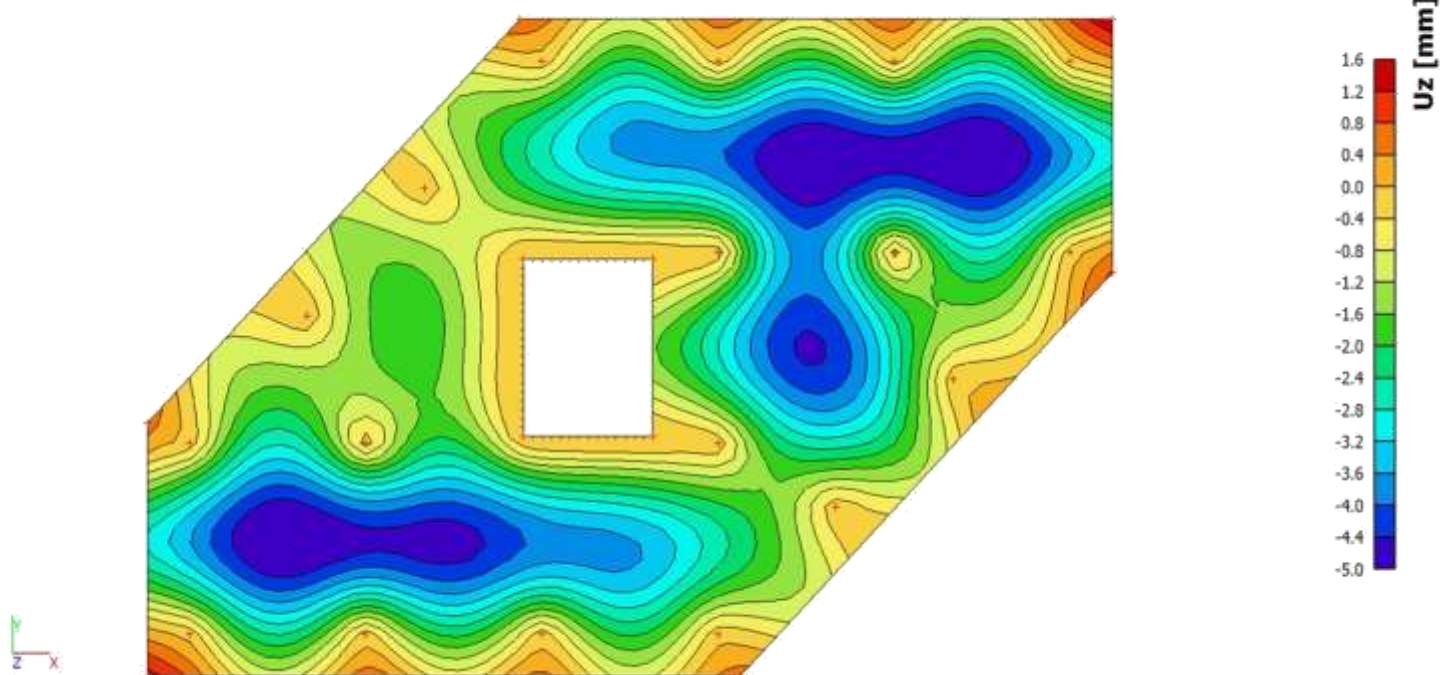
$$A_{s,reqy} = \frac{N_{Ed,y}}{f_{yd}} = \frac{307,36}{434,78 \times 10^3} = 7,07 \times 10^{-4}$$

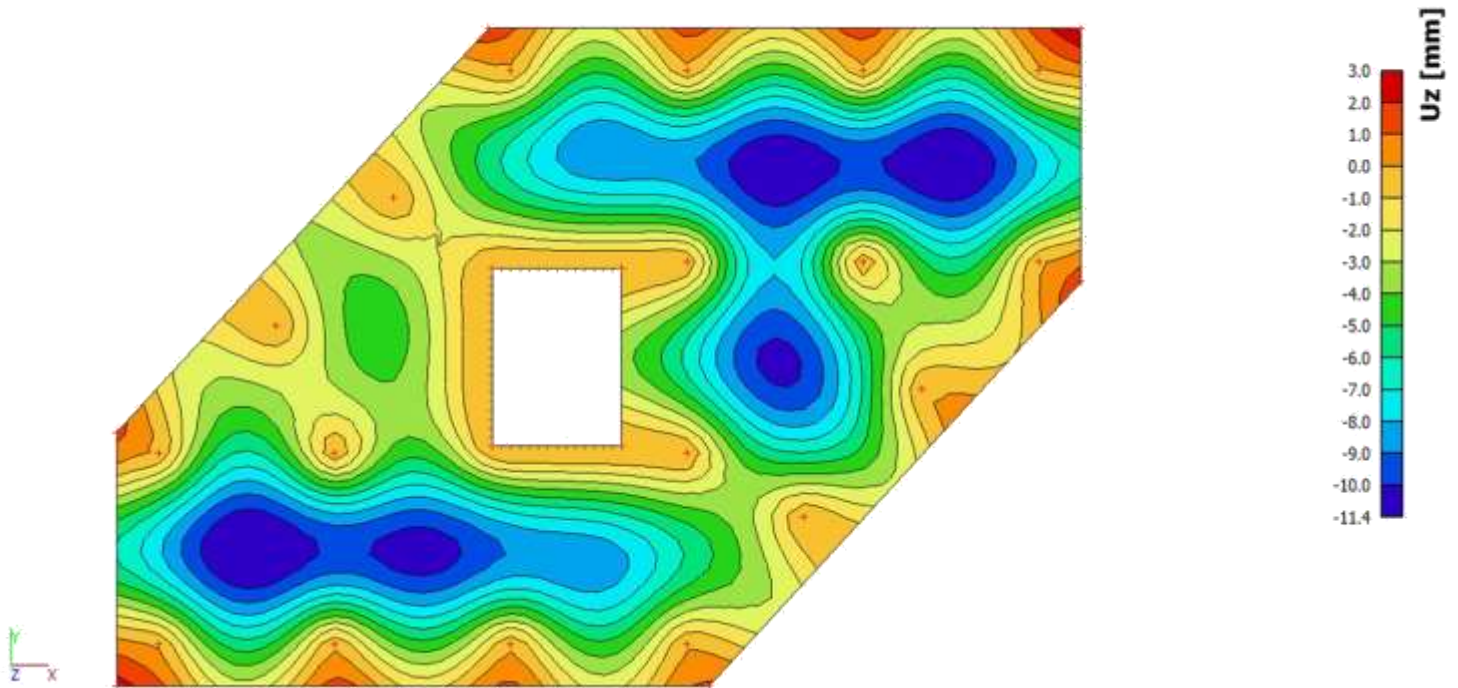
$$\Rightarrow \quad \text{Návrh: } 3 \times \text{Ø}20 \quad A_s = 9,42 \times 10^{-4}$$



POSOUZENÍ NELINEÁRNÍHO PRŮHYBU S DOTVAROVÁNÍM

Výsledky průhybu ze softwaru SCIA Engineer po nastavení nadimenzované výztuže

1. Plochy - průhyby - lineární; U_z **2. Plochy - průhyby - nelineární; U_z** 

3. Plochy - průhyby - nelineární s dotvarováním; U_z 

Pro nelineární průhyb s dotvarováním byla vytvořena kombinace pro beton pomocí rovnic 6.14b), 6.15b), 6.16b)

Maximální průhyb vyšel 11,4 mm

$$w_{lim} = l/250 = 6500/250 = 26 \text{ mm}$$

Konstrukce vyhoví na mezní stav použitelnosti

SMĚR	PRUH	PRŮŘEZ	Ø [mm]	c [mm]	h [mm]	d ₁ [mm]	d [mm]	A _{st,req} [m ²]	A _{s,min} [m ²]	A _{s,min} [m ²]	A _{s,min} [m ²]	A _{s,max} [m ²]	návrh	A _{st} [m ²]	x [m]	z [m]	M _{Ed} [kNm]	M _{Rd} [kNm]	posouzení
X	SLOUPOVÝ	KRAJNÍ PODPORA	12	44	260	50	210	0,000405	0,000284	0,000273	0,000468	0,0104	ØR 12 á 180 mm	0,000628	0,020474	0,201810	36,07	55,10	VYHOVÍ
		KRAJNÍ POLE	10	40	260	45	215	0,000296	0,000291	0,000280	0,000468	0,0104	ØR 10 á 160 mm	0,000491	0,016008	0,208597	27,15	44,53	VYHOVÍ
		VNITŘNÍ PODPORA	14	44	260	51	209	0,000810	0,000283	0,000272	0,000468	0,0104	ØR 14 á 180 mm	0,000855	0,027875	0,197850	69,91	73,55	VYHOVÍ
		VNITŘNÍ POLE	10	40	260	45	215	0,000319	0,000291	0,000280	0,000468	0,0104	ØR 10 á 160 mm	0,000491	0,016008	0,208597	29,25	44,53	VYHOVÍ
	STŘEDNÍ	KRAJNÍ PODPORA	10	40	260	45	215	0,000267	0,000291	0,000280	0,000468	0,0104	ØR 10 á 160 mm	0,000491	0,016008	0,208597	24,52	44,53	VYHOVÍ
		KRAJNÍ POLE	10	40	260	45	215	0,000240	0,000291	0,000280	0,000468	0,0104	ØR 10 á 160 mm	0,000491	0,016008	0,208597	22,15	44,53	VYHOVÍ
		VNITŘNÍ PODPORA	10	40	260	45	215	0,000061	0,000291	0,000280	0,000468	0,0104	ØR 10 á 160 mm	0,000491	0,016008	0,208597	5,65	44,53	VYHOVÍ
		VNITŘNÍ POLE	10	40	260	45	215	0,000195	0,000291	0,000280	0,000468	0,0104	ØR 10 á 160 mm	0,000491	0,016008	0,208597	18,04	44,53	VYHOVÍ
Y	SLOUPOVÝ	KRAJNÍ PODPORA	12	30	260	36	224	0,000397	0,000303	0,000291	0,000468	0,0104	ØR 12 á 180 mm	0,000628	0,020474	0,215810	37,79	58,93	VYHOVÍ
		KRAJNÍ POLE	10	30	260	35	225	0,000369	0,000304	0,000293	0,000468	0,0104	ØR 10 á 160 mm	0,000491	0,016008	0,218597	35,31	46,67	VYHOVÍ
		VNITŘNÍ PODPORA	14	30	260	37	223	0,000699	0,000301	0,000290	0,000468	0,0104	ØR 14 á 180 mm	0,000855	0,027875	0,211850	64,99	78,75	VYHOVÍ
		VNITŘNÍ POLE	10	30	260	35	225	0,000225	0,000304	0,000293	0,000468	0,0104	ØR 10 á 160 mm	0,000491	0,016008	0,218597	21,76	46,67	VYHOVÍ
	STŘEDNÍ	KRAJNÍ PODPORA	10	30	260	35	225	0,000089	0,000304	0,000293	0,000468	0,0104	ØR 10 á 160 mm	0,000491	0,016008	0,218597	8,66	46,67	VYHOVÍ
		KRAJNÍ POLE	10	30	260	35	225	0,000312	0,000304	0,000293	0,000468	0,0104	ØR 10 á 160 mm	0,000491	0,016008	0,218597	29,96	46,67	VYHOVÍ
		VNITŘNÍ PODPORA	10	30	260	35	225	0,000263	0,000304	0,000293	0,000468	0,0104	ØR 10 á 160 mm	0,000491	0,016008	0,218597	25,31	46,67	VYHOVÍ
		VNITŘNÍ POLE	10	30	260	35	225	0,000238	0,000304	0,000293	0,000468	0,0104	ØR 10 á 160 mm	0,000491	0,016008	0,218597	22,94	46,67	VYHOVÍ
X	JÁDRO		14	44	260	51	209	0,000687	0,000283	0,000272	0,000468	0,0104	ØR 14 á 180 mm	0,000855	0,027875	0,197850	59,74	73,55	VYHOVÍ
Y	JÁDRO		12	30	260	36	224	0,000526	0,000303	0,000291	0,000468	0,0104	ØR 12 á 180 mm	0,000628	0,020474	0,215810	49,66	58,93	VYHOVÍ