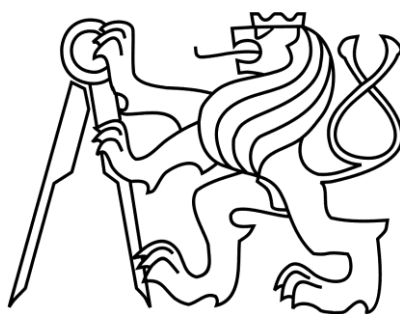


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
Fakulta stavební
Katedra betonových a zděných konstrukcí (K133)



Bakalářská práce

Příloha 1

Statický výpočet

Vypracoval: Marek Pixa

Vedoucí práce: Ing. Martin Tipka, Ph.D.

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Pozemní stavby

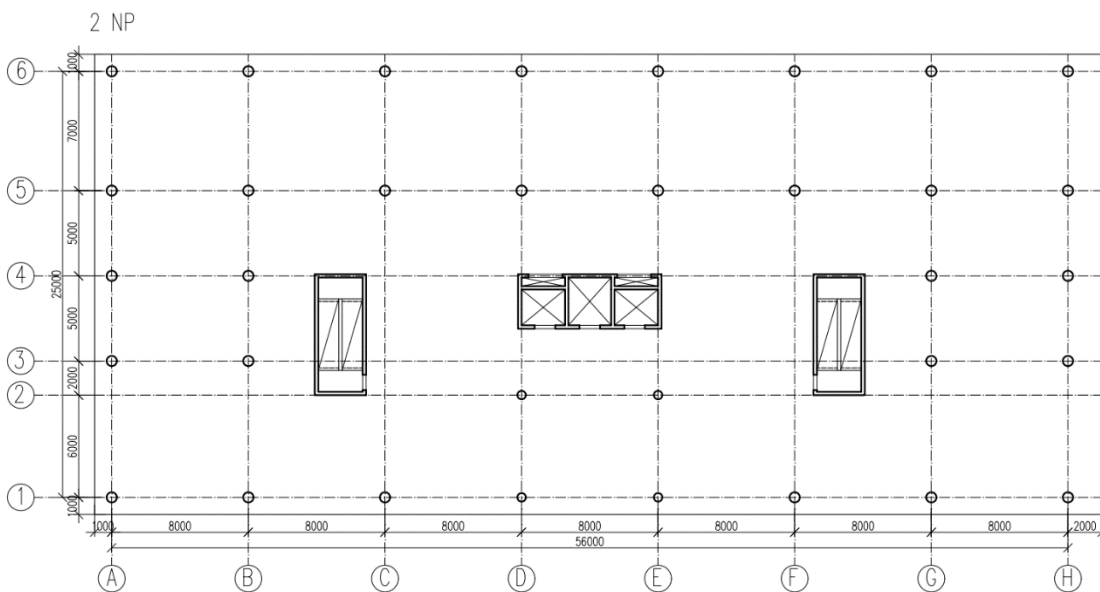
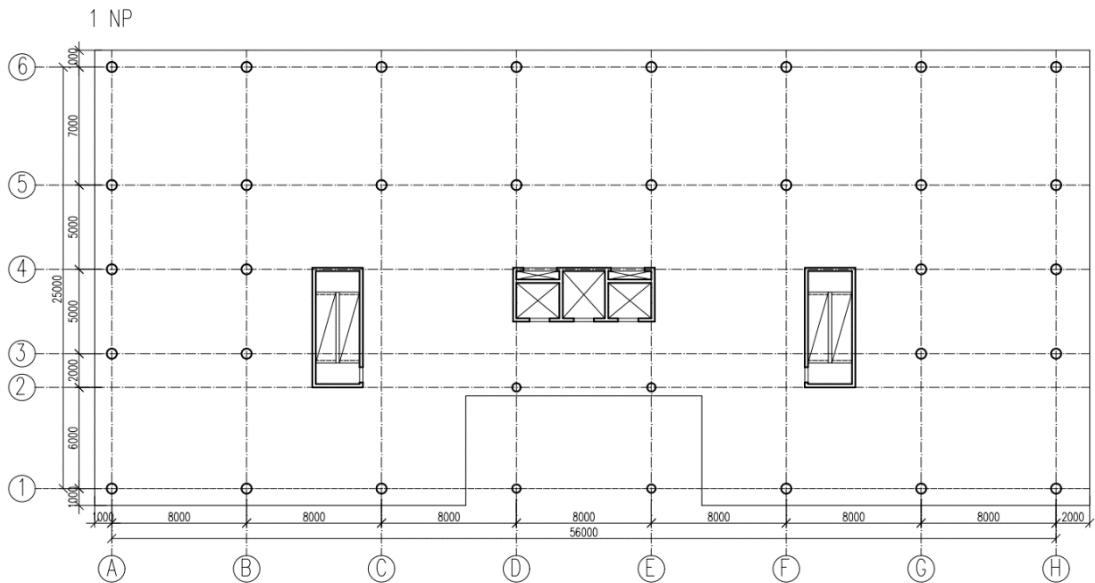
Praha 2021/2022

1 Obsah

2	Schéma a popis konstrukce	3
2.1	Schéma	3
2.2	Použité materiály	3
3	Přehled zatížení	4
3.1	Stálé zatížení	4
3.1.1	Podlaha	4
3.1.2	Střecha	5
3.1.3	Obvodový plášť	5
3.1.4	Příčky	5
3.2	Proměnné zatížení	6
3.2.1	Užitné zatížení	6
3.2.2	Zatížení sněhem	6
3.2.3	Zatížení větrem	7
4	Předběžný návrh a posouzení nosných prvků	8
4.1	Stropní deska	8
4.1.1	Předběžný návrh stropních desek	8
4.1.2	Posouzení stropních desek z hlediska únosnosti v ohybu	10
4.1.3	Ověření desky z hlediska protlačení	10
4.1.4	Železobetonové stěny	12
4.1.5	Železobetonové sloupy	12
4.2	Schodiště	14
5	Namáhání sloupu se zohledněním II. řádu	15
5.1	Metoda založena na jmenovité křivosti	21
5.1.1	Výpočet křivosti	21
5.1.2	Návrh výztuže	24
5.2	Metoda založena na ohybové tuhosti	26
5.2.1	Výpočet jmenovité tuhosti	26
5.2.2	Návrh výztuže	29
5.3	Obecná numerická metoda ze SCIA Engineer	31
5.3.1	Výpočet podle obecné numerické metody	31
5.3.2	Návrh výztuže	36
5.4	Porovnání výsledků	39
6	Použité normy	41

2 Schéma a popis konstrukce

2.1 Schéma



Konstrukční výška podlaží: 4 m

2.2 Použité materiály

- Beton: C 30/37 XC2 (CZ) – C1 0,2 – D_{\max} 16 – S3
 - $f_{ck} = 30$ Mpa
 - $f_{cd} = 20$ MPa
- Betonářská ocel: B 500 B
 - $f_{yk} = 500$ Mpa
 - $f_{yd} = 435$ MPa

3 Přehled zatížení

3.1 Stálé zatížení

3.1.1 Podlaha

SKLADBA P1		LAMINÁTOVÁ PODLAHA V INTERIÉRU				
i	Materiál	Tloušťka	Objemová tíha	Plošná hmotnost CHAR	Součinitel γ_G	Plošná hmotnost NÁVRHOVÁ
		[mm]	[kN/m ³]	g _k [kN/m ²]	[-]	g _d [kN/m ²]
1	LAMINÁTOVÁ PODLAHA	10	7	0,07	1,35	0,095
2	TLUMÍČÍ PODLOŽKA MINERALON	5	0,8	0,004	1,35	0,005
3	BETONOVÁ MAZANINA + KARISÍŤ	60	20	1,2	1,35	1,62
4	SEPARAČNÍ FÓLIE DEKSEPAR	0,2	0	0	1,35	0
5	AKUSTICKÁ IZOLACE ISOVER TDPT	30	1,4	0,042	1,35	0,057
		105,2	Σ=	1,32		1,78

SKLADBA P2		DLAŽBOVÁ PODLAHA V INTERIÉRU				
i	Materiál	Tloušťka	Objemová tíha	Plošná hmotnost CHAR	Součinitel γ_G	Plošná hmotnost NÁVRHOVÁ
		[mm]	[kN/m ³]	g _k [kN/m ²]	[-]	g _d [kN/m ²]
1	DLAŽBA	10	7	0,07	1,35	0,095
2	LEPÍČÍ MALTA	5	20	0,1	1,35	0,135
3	SAMONIVELAČNÍ STĚRKA	10	20	0,2	1,35	0,270
4	BETONOVÁ MAZANINA + KARISÍŤ	50	20	1	1,35	1,35
5	SEPARAČNÍ FÓLIE DEKSEPAR	0,2	0	0	1,35	0
6	AKUSTICKÁ IZOLACE ISOVER TDPT	30	1,4	0,042	1,35	0,057
		105,2	Σ=	1,41		1,91

Uvažovaná jednotná tíha podlah $g_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

3.1.2 Střecha

SKLADBA ST1		NEPOCHOZÍ STŘECHA				
i	Materiál	Tloušťka	Objemová tíha	Plošná hmotnost CHAR	Součinitel γ_G	Plošná hmotnost NÁVRHOVÁ
		[mm]	[kN/m ³]	g_k [kN/m ²]	[-]	gd [kN/m ²]
1	PVC HYDROIZOLACE DEKPLAN76	2	13	0,026	1,35	0,035
2	SEPARAČNÍ FÓLIE FILTEK	2	0	0,000	1,35	0,000
3	TEPELNÁ IZOLACE EPS 150	260	0,025	0,007	1,35	0,009
4	HYDROIZOLACE - GLASTEK 40 SPECIAL	4	12	0,048	1,35	0,065
5	SPÁDOVÁ VRSTVA - LEHČENÝ BETON	150	17	2,550	1,35	3,443
		418	$\Sigma=$	2,63		3,55

3.1.3 Obvodový plášť

Lehký skleněný obvodový plášť - **Schuco FWS 50 SGSI**

$\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$ hustota skla

$t = 15 \text{ mm}$ celková tloušťka skelné výplně

$h = 4 \text{ m}$ konstrukční výška na patro

$g_k = \rho \cdot t \cdot h = 25 \cdot 0,015 \cdot 4 = 1,5 \text{ kN/m}$

3.1.4 Příčky

Jednotlivé prostory jsou odděleny pomocí **YTONG KLASIK P2-500** $t = 100 \text{ mm}$

Objemová tíha: $6,0 \text{ kN/m}^3$

Plošná hmotnost stěny: $0,6 \text{ kN/m}^2$

Konstrukční výška podlaží: 4 m

$g_k = 0,6 \cdot 4 = 2,4 \text{ kN/m}$

Příčky mají menší tíhu než $3,0 \text{ kN/m}$, tím pádem lze použít plošný odhad.

$g_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$

3.2 Proměnné zatížení

3.2.1 Užité zatížení

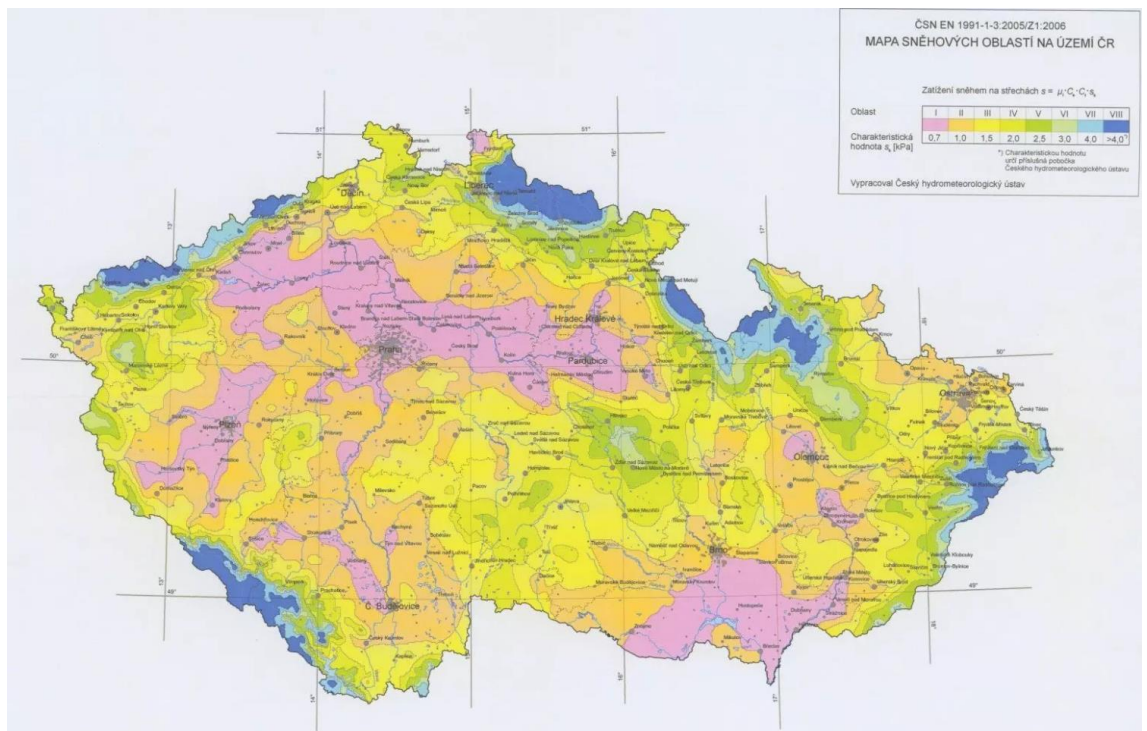
- 1-6 NP – kancelářské plochy
 - $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$
- Střecha
 - nepřístupná
 - $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

3.2.2 Zatížení sněhem

Plochá střecha $\eta = 0,8$

Součinitel expozice $C_e = 1$

Součinitel tepla $C_t = 1$



Obr. 1 Sněhová mapa podle [8]

Praha – sněhová oblast I – $s_k = 0,7$

$$s = \eta \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8$$

$$s = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

Hodnota proměnného zatížení je uvažována hodnota užitého zatížení

$$q_{str} = 0,75 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

3.2.3 Zatížení větrem

Parametry objektu

Rozměry 56 x 25 m

Výška objektu 28 m

Zatížení větrem je v objektu řešeno pomocí nástroje Generátor větru 3D v softwaru SCIA Engineer [17].

Parametry pro výpočet větru

Součinitel směru větru $c_{dir} = 1,0$

Součinitel ročního období $c_{season} = 1,0$

Kategorie terénu III

Umístění objektu Praha – větrná oblast II

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

Základní rychlost větru

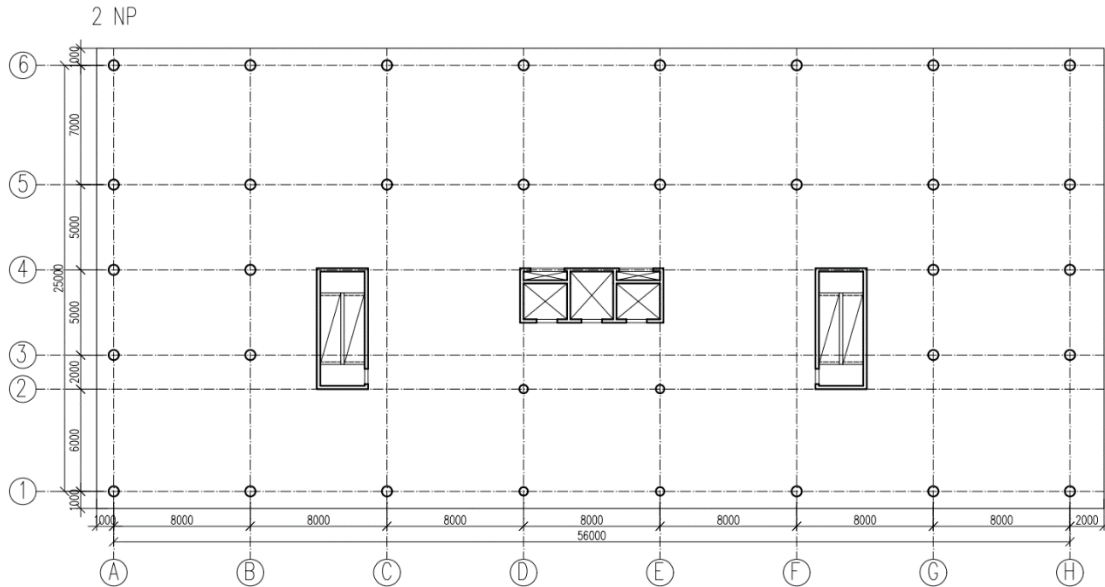
$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 25,0 \text{ m/s}$$

4 Předběžný návrh a posouzení nosných prvků

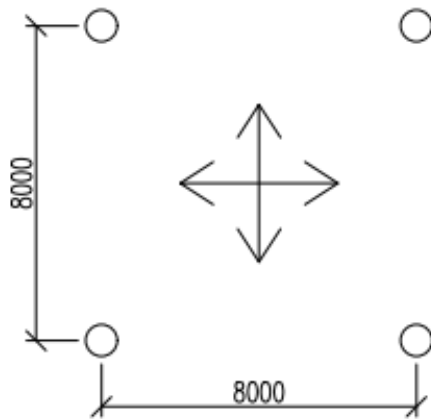
4.1 Stropní deska

4.1.1 Předběžný návrh stropních desek

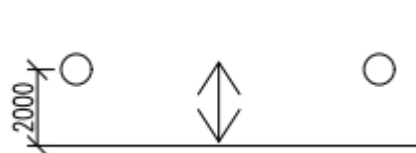
Schéma



Lokálně podepřená deska



Konzola



Návrh na základě ohybové štíhlosti

Vzorec:

$$\lambda = \frac{L}{d} \leq \lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}$$

$$d \geq \frac{L}{\lambda_d}$$

$\kappa_{c1} = 1$ obdélníkový průřez

$\kappa_{c2} = 1$ $\kappa_{c2} = \min(8,5/L_d; 1) = \min(8,5/8; 1) = 1$

$\kappa_{c3} = 1,2$ odhad součinitele napětí tahové výztuže

- Předpokládaný stupeň vyztužení desek $\rho \leq 0,5\%$
- Předpokládané krytí výztuže: $c = 20$ mm
- Předpokládaný profil výztuže: 10 mm

Typ podepření	L	λ_{dtab}	λ_d	d	hd
	[m]	[-]	[-]	[mm]	[mm]
Lokálně podepřená deska	8	24,6	29,52	271,00	296
Konzola	2	8,2	9,8	204,08	229

Návrh na základě empirických vzorců

Lokálně podepřená deska

$$h_d \geq 1/33 L_2 = 1/33 \cdot 8000 = 243 \text{ mm}$$

Konzola

$$h_d \geq (1/10 - 1/5) L = (1/10 - 1/5) \cdot 2000 = 200 - 400 \text{ mm}$$

Návrh stropní desky

Vzhledem k požadované tloušťce dle ohybové štíhlosti navrhuji

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

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

4.1.2 Posouzení stropních desek z hlediska únosnosti v ohybu

Zatížení desek

	Tloušťka	Objemová tíha	Plošná hmotnost CHAR	Součinitel γ_G	Plošná hmotnost NÁVRHOVÁ
	[mm]	[kN/m ³]	gk [kN/m ²]	[-]	gd [kN/m ²]
ŽB deska	300	25	7,5	1,35	10,125
Podlaha			1,5	1,35	2,025
Příčky			1,2	1,35	1,620
Užitné			3	1,5	4,5
		$\Sigma=$	13,20		18,27

Lokálně podepřená deska

Max. součtový moment

$$M_{TOT} = 1/8 \cdot 18,27 \cdot 8 \cdot (8 - 0,6)^2$$

$$M_{TOT} = 666,98 \text{ kNm}$$

Šířka sloupového pruhu $b_{sloup} = 4 \text{ m}$

Max. návrhový moment

$$m_{ed} = \frac{M_{TOT} \cdot \gamma \cdot \omega}{b_{SLOUP}} = \frac{716,26 \cdot 0,65 \cdot 0,75}{4}$$

$$m_{ed} = 81,29 \text{ kNm/m}$$

hd	d	med	η	ξ	Asreq	ρ
[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[-]	[mm ²]	[%]
300	275	81,2878	0,0537	0,069	697,931	0,253793

4.1.3 Ověření desky z hlediska protlačení

Tloušťka $h_d = 300 \text{ mm}$

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

Průměr sloupu $d_{sloup} = 600 \text{ mm}$

Zatěžovací plocha sloupu $A = 6 \cdot 8 = 48 \text{ m}^2$

Návrhové zatížení desky $f_d = 18,27 \text{ kN/m}^2$

Odhad maximální posouvající síly $V_{Ed} = A f_d = 48 \cdot 18,27 = 876,96 \text{ kN}$

Kontrolované obvody

- $u_0 = 2\pi r = 1887 \text{ mm}^2$
- $u_1 = 2\pi(r + 2d) = 5346,5 \text{ mm}^2$

Součinitel polohy sloupu $\beta = 1,15$ (vnitřní sloup)

Účinek zatížení v kontrolovaných obvodech

$$v_{Ed,0} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_0 d} = \frac{1,15 \cdot 876,96 \cdot 10^3}{1887 \cdot 315} = 1,943 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Ed,1} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_1 d} = \frac{1,15 \cdot 876,96 \cdot 10^3}{5346,5 \cdot 315} = 0,686 \text{ N/mm}^2$$

Únosnost tlačené diagonály

$$v_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,4 \cdot 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \cdot f_{cd}$$

$$v_{Rd,max} = 4,224 \text{ N/mm}^2 > v_{Ed,0} = 1,943 \text{ N/mm}^2$$

Smyková únosnost desky bez smykové výztuže

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}}$$

$$v_{Rd,c} = 0,592 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{max} \cdot v_{Rd,c} > v_{Ed,1}$$

$$1,45 \cdot 0,592 > 0,686$$

$$0,858 \text{ N/mm}^2 > 0,686 \text{ N/mm}^2$$

Navržená deska vyhovuje na protlačení

4.1.4 Železobetonové stěny

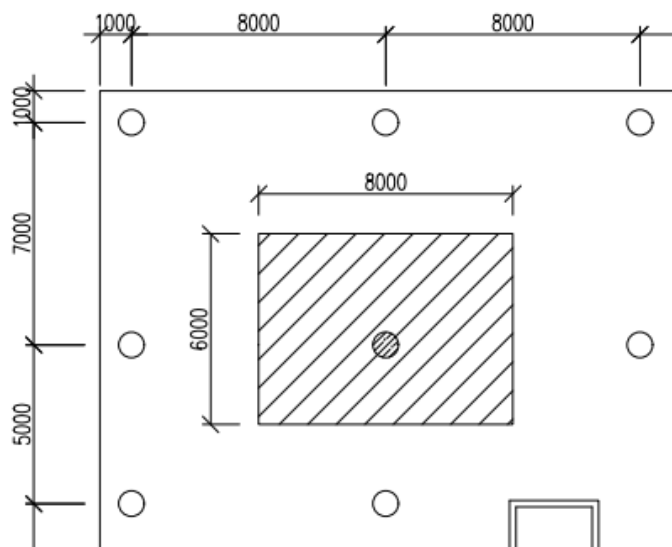
Schodišťové jádro

$$t = 200 \text{ mm} \quad g_{0k} = 0,2 \times 25 = 5 \text{ kN/m}^2$$

4.1.5 Železobetonové sloupy

Výpočet únosnosti pro nejvíce zatížený sloup

Schéma



	Počet	Výpočet zatížení	Plošná hmotnost CHAR	Součinitel γ_G	Plošná hmotnost NÁVRHOVÁ
	[-]		g_k [kN]	[-]	g_d [kN]
ŽB SLOUP	24 m	$\pi \cdot 0,6^2 / 4 \cdot 25$	169,83	1,35	229,3
ŽB DESKA	6	$0,30 \cdot 48 \cdot 25$	2160	1,35	2916
PODLAHA	5	$1,5 \cdot 48$	360	1,35	486
PŘÍČKY	5	$1,2 \cdot 48$	288	1,35	388,8
STŘECHA	1	$3,49 \cdot 48$	167,52	1,35	226,15
UŽITNÉ	5	$3 \cdot 48$	720	1,5	1080
UŽITNÉ STŘECHA	1	$0,75 \cdot 48$	36	1,5	54
		$\Sigma =$	3901,35		5380,22

Návrhové zatížení v patě sloupu $N_{edmax} = 5380,22 \text{ kN}$

Normálová únosnost sloupu:

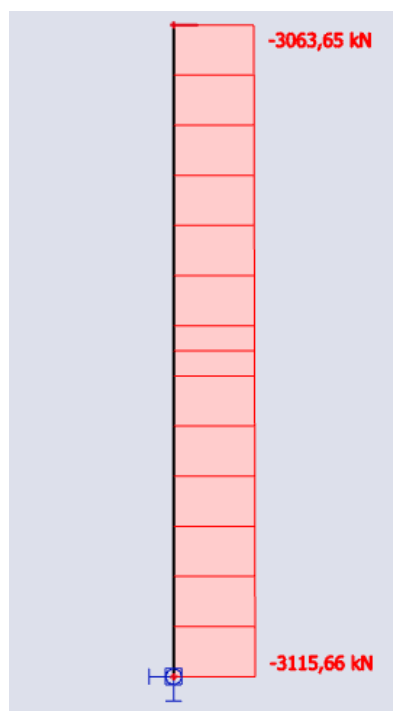
$$N_{Rd} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot \sigma_s$$

$$N_{Rd} = 6793,2 \text{ kN}$$

Navržený rozměr sloupu o průměru $d = 600 \text{ mm}$ vyhovuje.

Výpočet únosnosti pro štíhlý sloup

Výpočet proběhl v programu SCIA Engineer 21



Návrhové zatížení v patě sloupu $N_{edmax} = 3115,66$ kN

Průměr štíhlého sloupu $d = 500$ mm

Normálová únosnost sloupu:

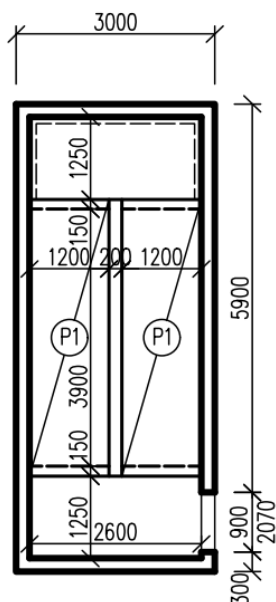
$$N_{Rd} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot \sigma_s$$

$$N_{Rd} = 4712,4 \text{ kN}$$

Předběžně navržený rozměr sloupu o průměru $d = 500$ mm vyhovuje.

4.2 Schodiště

V rámci návrhu schodiště je pouze navržena základní geometrie. V další části výpočtu není podrobně řešeno.



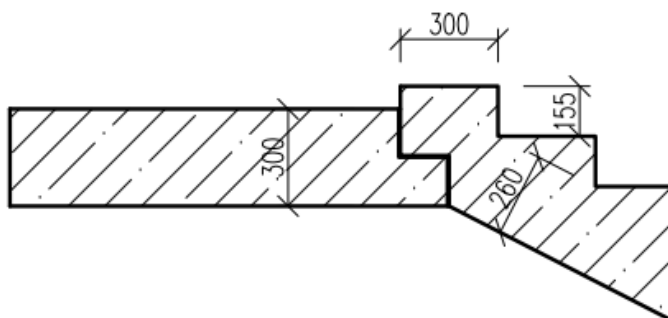
Parametry schodiště

Konstrukční výška podlaží:	4 m
Teoretické rozpětí podesty:	2600 mm
Teoretické rozpětí ramene:	4200 mm
Šířka stupně:	300 mm
Výška stupně:	153,85 mm
Úhel stoupání:	27,15°
Počet stupňů v rameni:	13 stupňů

Popis řešení prvků schodiště

Podesty:	monolitické, navazující na stropní desky
Mezipodesty:	monolitické, uložené na vylamovací výztuž
Schodišťová ramena:	prefabrikovaná
Typ schodiště:	dvojramenné

Schéma uložení schodišťového ramena na podestu



Akustické prvky

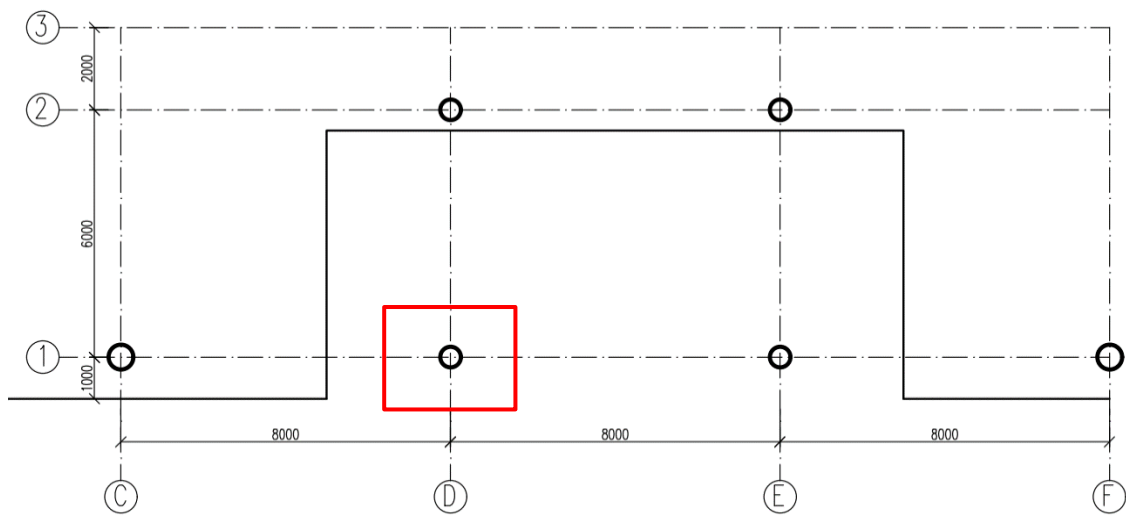
Pro oddělení prefabrikátových ramen je použita akustická izolace Schock Tronsole typ L. Prefabrikovaná ramena nejsou podrobně řešena. Tloušťka mezipodest je 280 mm a je navržena s ohledem na rozměry ozubu.

5 Namáhání sloupu se zohledněním II. řádu

Výpočet proveden třemi způsoby

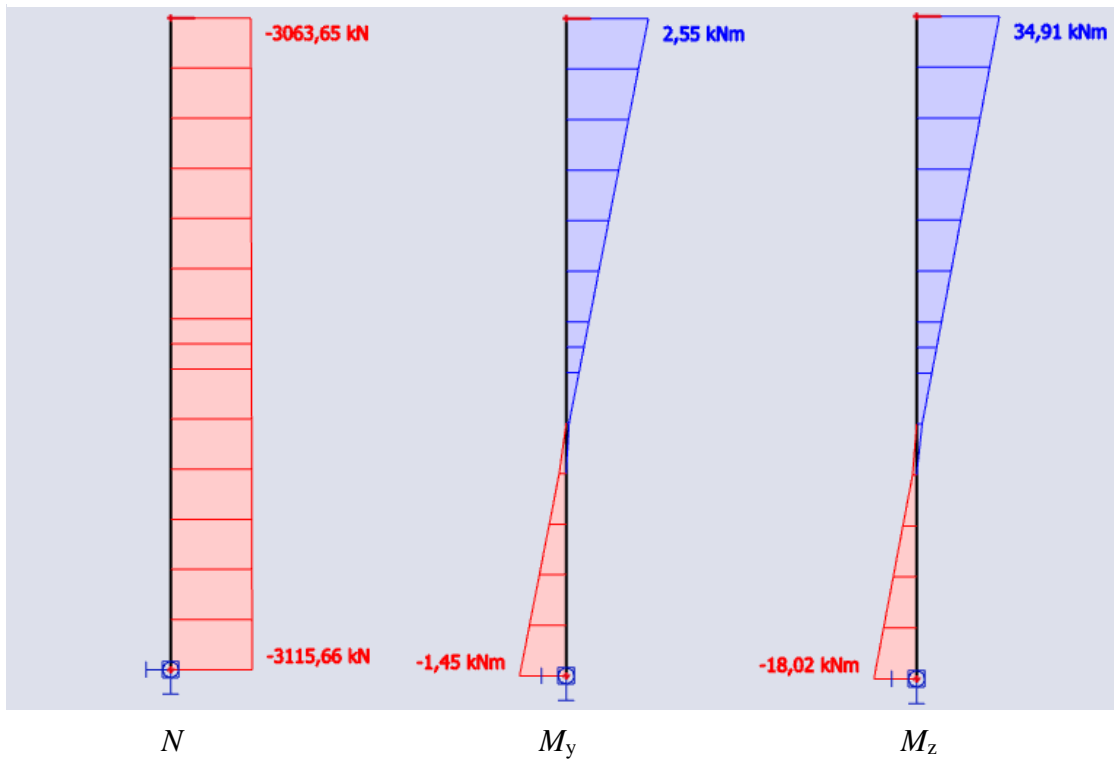
- Metoda jmenovité křivosti
- Metoda jmenovité tuhosti
- Obecná numerická metoda

Schéma řešeného sloupu – červeně vyznačen řešený štíhlý sloup

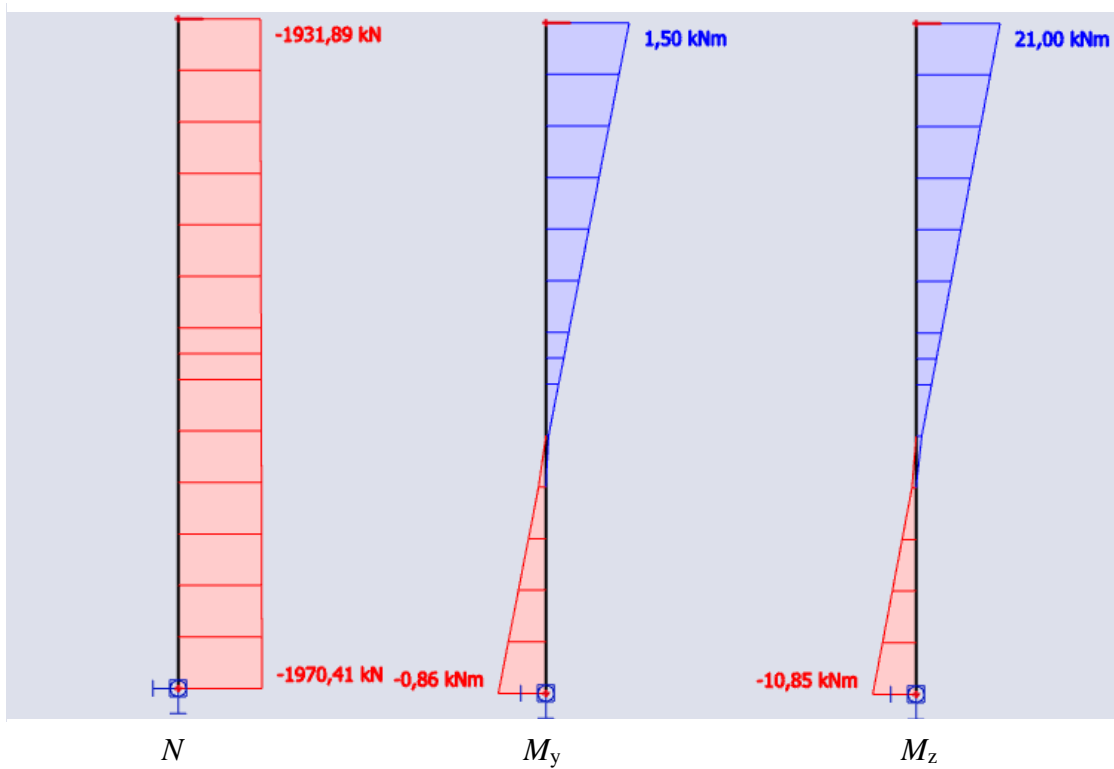


Vnitřní síly na řešeném sloupu

MSÚ

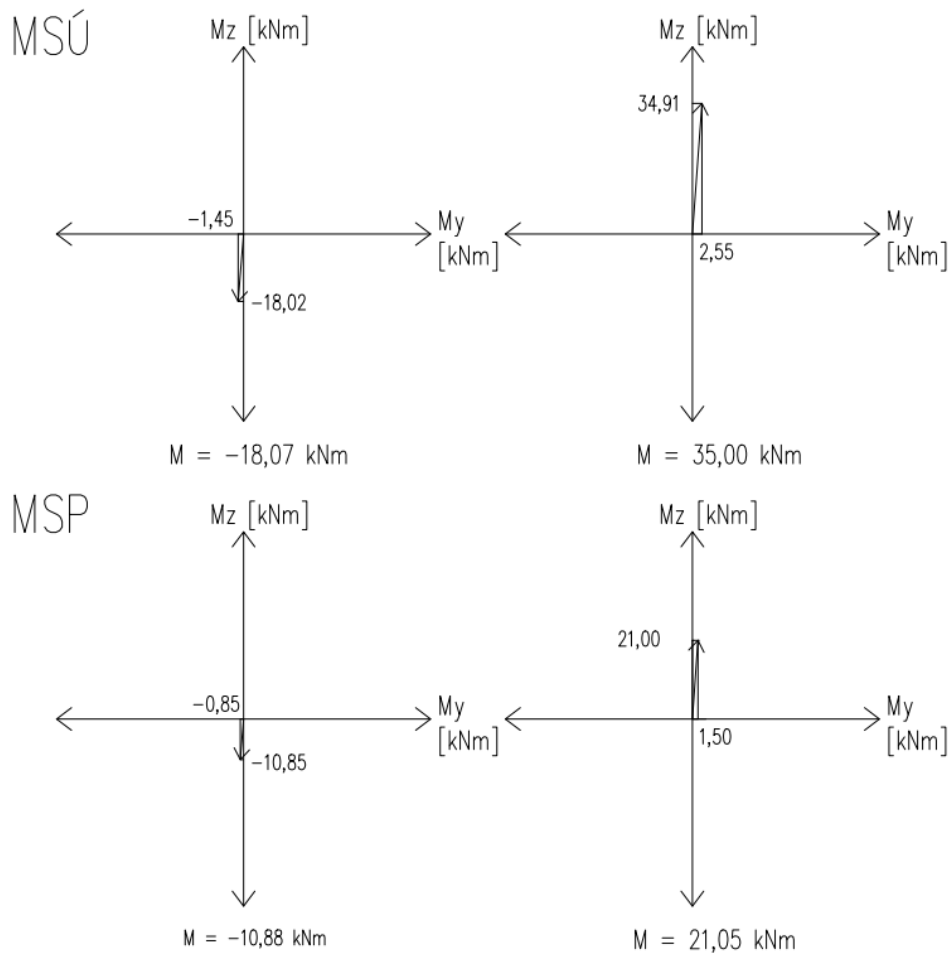


MSP

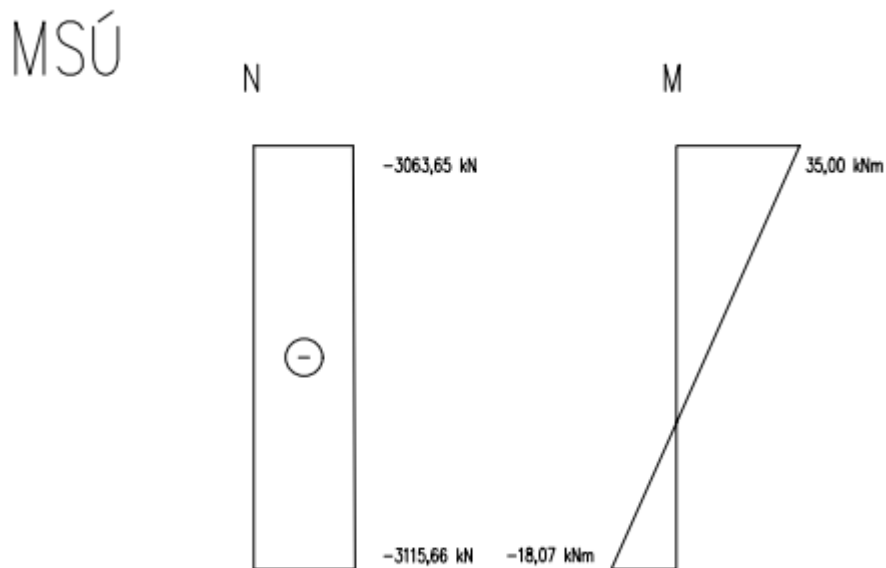


Složení vektorů momentů

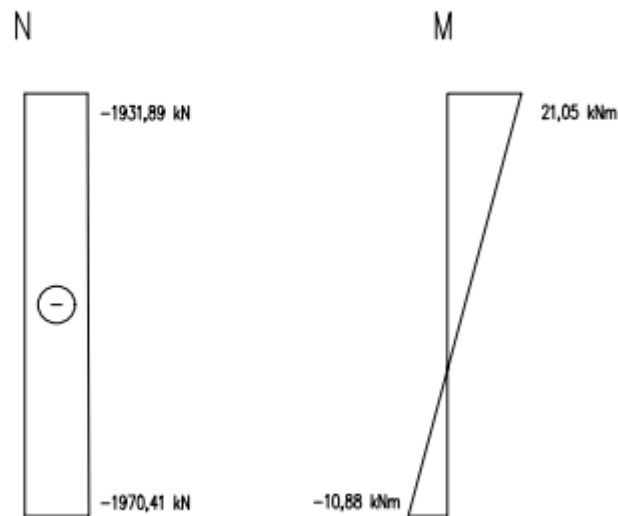
Pro výpočet maximálních momentů M ve výsledném směru (Toto je umožněno symetrickým kruhovým průřezem)



Výsledné vnitřní síly



MSP



Parametry sloupu

Průměr sloupu:	$d = 500 \text{ mm}$
Délka sloupu:	$l = 8000 \text{ mm}$
Plocha průřezu:	$A_c = 196349,5 \text{ mm}^2$
Moment setrvačnosti:	$I_c = 3,067 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$
Poloměr setrvačnosti:	$i = 125 \text{ mm}$

Stanovení krycí vrstvy

$$c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c_{\text{dev}}$$

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

$$c_{\text{min}} = \max (c_{\text{min,b}} ; c_{\text{min,dur}} + \Delta c_{\text{dur,\gamma}} - \Delta c_{\text{dur,st}} - \Delta c_{\text{dur,add}} ; 10 \text{ mm})$$

$c_{\text{min,b}} = 20 \text{ mm}$	minimální vrstva z hlediska soudržnosti
$c_{\text{min,dur}} = 10 \text{ mm}$	minimální vrstva z hlediska podmínek prostředí
$\Delta c_{\text{dur,\gamma}} = 0 \text{ mm}$	přídavná bezpečnostní složka
$\Delta c_{\text{dur,st}} = 0 \text{ mm}$	redukce při použití nerezové oceli
$\Delta c_{\text{dur,add}} = 0 \text{ mm}$	redukce při použití přídavné ochrany

$$c_{\text{min}} = \max (20 ; 10 ; 10)$$

$$c_{\text{min}} = 20 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = 20 + 10 = 30 \text{ mm}$$

Tloušťka krycí vrstvy výztuže je $c_{\text{nom}} = 30 \text{ mm}$

Součinitel dotvarování

Parametry pro výpočet:

Čas vnesení zatížení

$$t_0 = 28 \text{ dní}$$

Obvod sloupu vystavený vysychání

$$u = 1570,8 \text{ mm}$$

Typ cementu

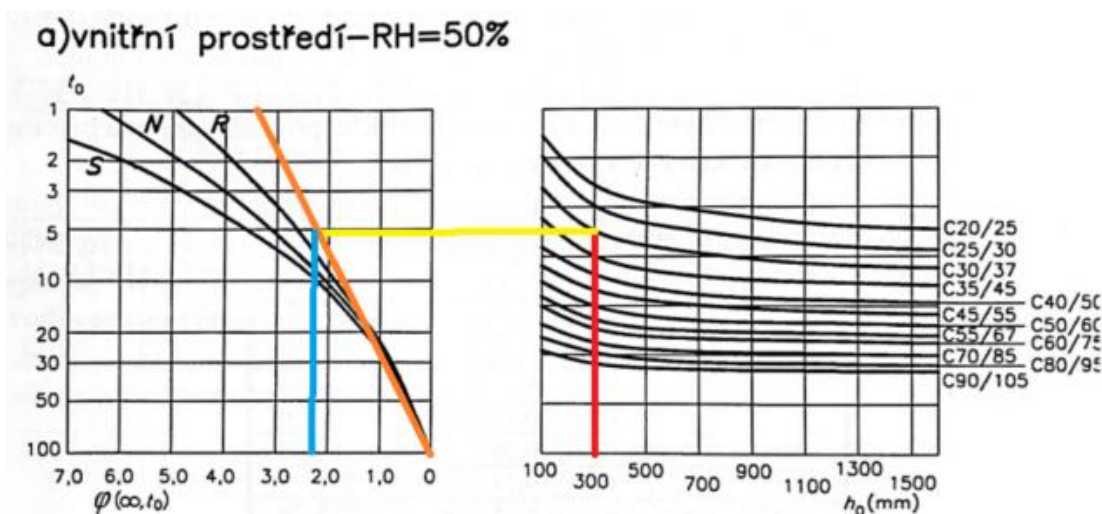
N – normálně tvrdnoucí

Prostředí:

RH = 50% - vnitřní prostředí

Výpočet:

$$h_0 = \frac{2A_c}{u} = \frac{2 \cdot 282743,3}{1570,8} = 299,67 \text{ mm}$$



$$\varphi(\infty, t_0) = 2,4$$

Štíhlost

Parametry pro výpočet:

Součinitel vzpěrné délky

$$\beta = 0,80 \text{ (viz. tabulka } \beta \text{)}$$

Vzpěrná délka

$$l_0 = 0,80 \cdot 8000 = 6400 \text{ mm}$$

Návrhová normálová síla

$$N_{Ed} = 3115,66 \text{ kN}$$

Max. ohybové momenty

$$\text{MSÚ: } M_{Ed} = 35,00 \text{ kNm}$$

$$\text{MSP: } M_{Ed} = 21,05 \text{ kNm}$$

Momenty mají rozdílná znaménka, nevyvozují tah na stejné straně

Výpočet štíhlosti:

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{6400}{125} = 51,2$$

Výpočet limitní štíhlosti:

$$\lambda_{\text{lim}} = \frac{20 A B C}{\sqrt{n}}$$

$$A = 1/(1 + 0,2 \cdot \varphi_{\text{ef}}) = 1/(1 + 0,2 \cdot 1,383) = 0,783$$

$$\varphi_{\text{ef}} = \varphi_{(\infty, t_0)} \frac{M_{0Eqp}}{M_{0Ed}} = 2,4 \cdot \frac{21,05}{35,00} = 1,383$$

$$B = \sqrt{(1 + 2\omega)}$$

Jelikož výztuž ještě není navržen uvažujeme $B = 1,1$

$$C = 1,7 - r_m = 1,7 - \frac{-18,07}{35,00} = 2,22$$

$$r_m = M_{01}/M_{02} = \frac{-18,07}{35,00}$$

$$n = N_{Ed} / (A_c \cdot f_{cd}) = 3115,66 \cdot 10^3 / (196349,5 \cdot 20) = 0,793$$

$$\lambda_{\text{lim}} = \frac{20 \cdot 0,783 \cdot 1,1 \cdot 2,4}{\sqrt{0,793}} = 42,88$$

$$\lambda = 51,2 > \lambda_{\text{lim}} = 42,88$$

Sloup je štíhlý.

5.1 Metoda založená na jmenovité křivosti

5.1.1 Výpočet křivosti

Prvotní výpočet byl proveden pro stupeň vyztužení $\rho = 0,005$, toto je ukázka 2. iterace, kde stupeň vyztužení $\rho = 0,0077$

Křivost $\frac{1}{r}$

$$\frac{1}{r} = K_r \cdot K_\varphi \cdot \frac{1}{r_0}$$

Součinitel K_r

$$K_r = \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} \leq 1$$

$$n = N_{Ed} / (A_c \cdot f_{cd}) = 3115,66 / (196349,541 \cdot 20) = 0,793$$

$$n_u = 1 + \omega = 1,169$$

$$\omega = A_s \cdot f_{yd} / (A_c \cdot f_{cd}) = \rho \cdot \frac{f_{yd}}{f_{ck}} = 0,0077 \cdot \frac{435}{20} = 0,169$$

$$\rho \quad \text{předpokládaný stupeň vyztužení } \rho = \frac{A_s}{A_c} = 0,0077$$

$$n_{bal} = 0,4$$

$$K_r = \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} = \frac{1,064 - 0,793}{1,064 - 0,4} = 0,489$$

Součinitel K_φ

$$K_\varphi = 1 + \beta \cdot \varphi_{ef} \geq 1$$

$$\beta = 0,35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda}{150} = 0,35 + \frac{30}{200} - \frac{51,2}{125} = 0,159$$

$$\varphi_{ef} = \varphi_{(\infty, t_0)} \cdot \frac{M_{0Eqp}}{M_{0Ed}} = 2,4 \cdot \frac{35,00}{21,05} = 1,443$$

$$K_\varphi = 1 + \beta \cdot \varphi_{ef} = 1 + 0,159 \cdot 1,443 = 1,229$$

Základní křivost $\frac{1}{r_0}$

$$\frac{1}{r_0} = \frac{\varepsilon_{yd}}{0,45 \cdot d}$$

Účinná výška d

$$d = d_c - c - \varnothing_T - \frac{\varnothing_s}{2} = 500 - 30 - 10 - \frac{18}{2} = 451 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{r_0} = \frac{\varepsilon_{yd}}{0,45 \cdot d} = \frac{450/200000}{0,45 \cdot 0,451} = 0,0107 \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{r} = K_r \cdot K_\varphi \cdot \frac{1}{r_0} = 0,489 \cdot 1,229 \cdot 0,0107 = 6,434 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

Ohybový moment prvního řádu

Ekvivalentní ohybový moment

$$M_{0e} = 0,6 \cdot M_{02} + 0,4 \cdot M_{01} \geq 0,4 \cdot M_{02}$$

$$M_{0e} = 14,00 \text{ kNm}$$

Minimální výstřednost

$$e_i = \max (l_0/400; b/30; 20) = \max (6400/400; 500/30; 20) = \max (16; 16,67; 20)$$

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

Výsledný ohybový moment prvního řádu

$$M_{0Ed} = M_{0e} + N_{Ed} \cdot e_i = 14 + 3115,66 \cdot 0,002 = 76,31 \text{ kNm}$$

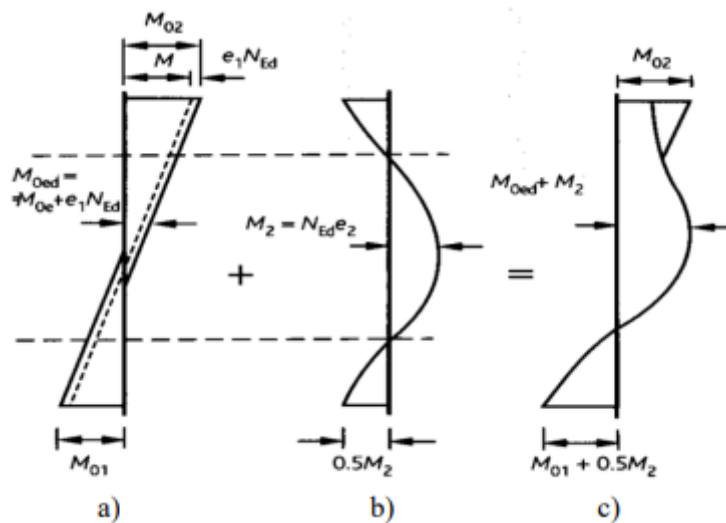
Moment druhého řádu

$$M_2 = e_2 \cdot N_{Ed}$$

$$e_2 = \frac{\frac{1}{r} \cdot l_0^2}{c} = \frac{6,434 \cdot 10^{-3} \cdot 6,4^2}{10} = 26,35 \text{ mm}$$

$$M_2 = 0,02635 \cdot 3115,66 = 82,11 \text{ kNm}$$

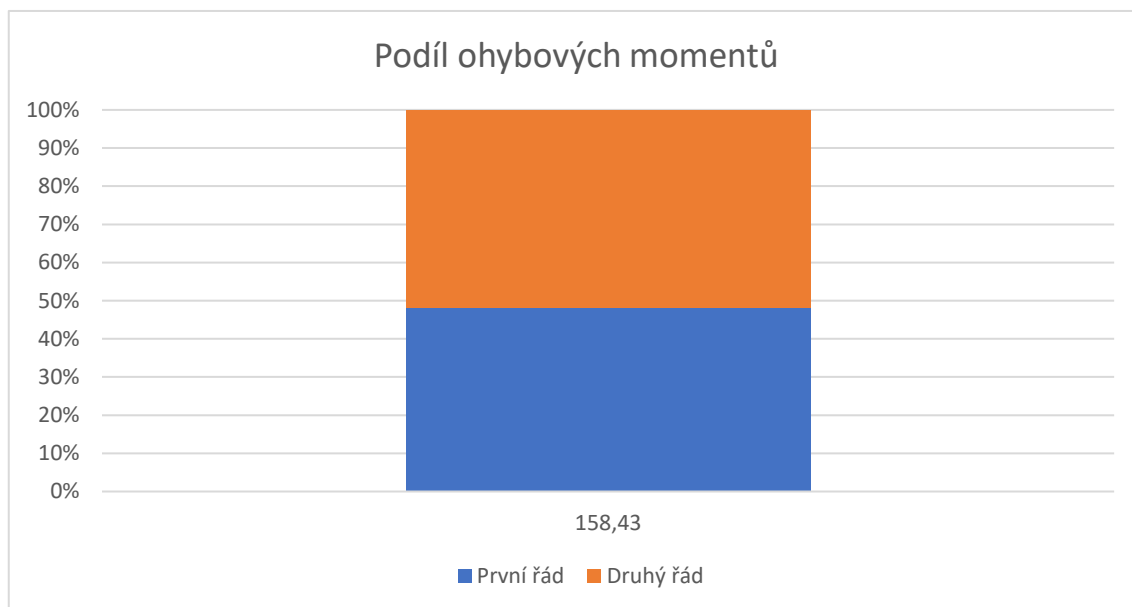
Výsledný návrhový moment



$$M_{Ed} = \max (M_{02}; M_{0Ed} + M_2; M_{01} + 0,5 M_2) = \max (97,32; 158,43; 121,44)$$

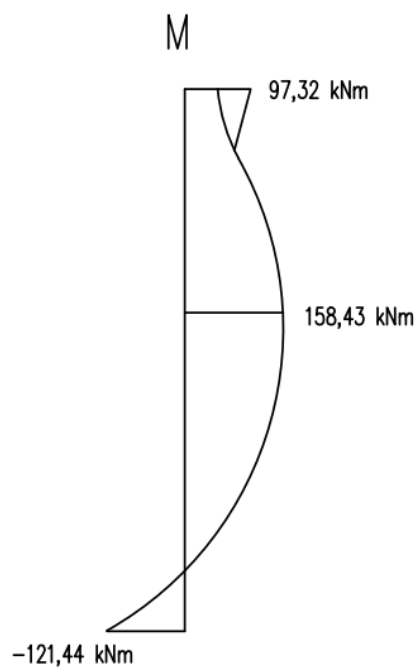
$$M_{Ed} = 158,43 \text{ kNm}$$

Podíl ohybových momentů:		
M_{Ed}	158,43	kNm
První řád	76,31	kNm
Druhý řád	82,11	kNm



Výkres momentu:

Jmenovitá křivost



5.1.2 Návrh výztuže

Návrh výztuže je vytvořen pomocí nomogramů

Poměrná normálová síla

$$n = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{3115,66 \cdot 10^3}{500 \cdot 500 \cdot 20} = 0,623$$

Poměrný ohybový moment

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{158,42 \cdot 10^6}{500 \cdot 500^2 \cdot 20} = 0,063$$

$$d' = d_c - 2c - 2\varnothing_T - \varnothing_s = 500 - 2 \cdot 30 - 2 \cdot 10 - 20 = 400 \text{ mm}$$

$$d'/h = 400/500 = 0,8 \text{ dle nomogramu } \omega = 0,05$$

Potřebná plocha výztuže

$$A_{s,req} = \frac{\omega \cdot b \cdot h \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,05 \cdot 500 \cdot 500 \cdot 20}{435} = 574,71 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže

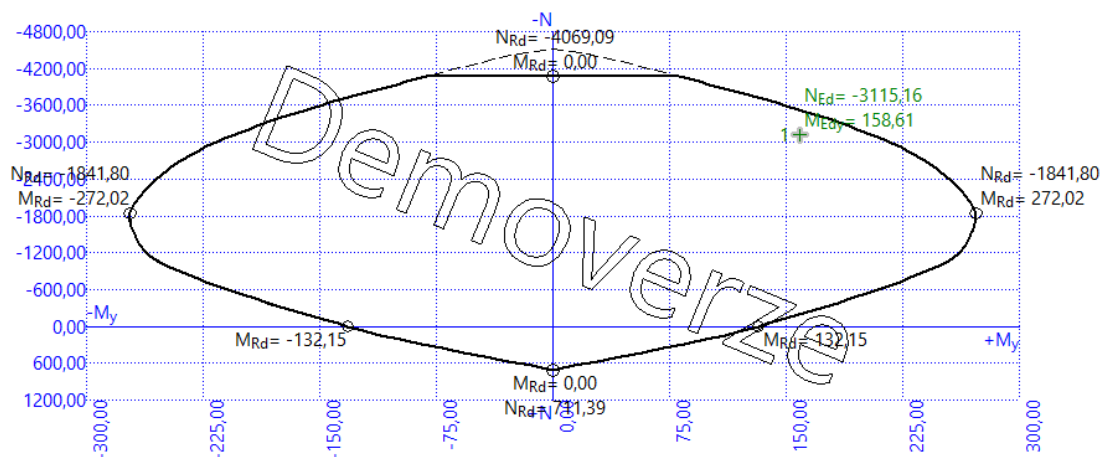
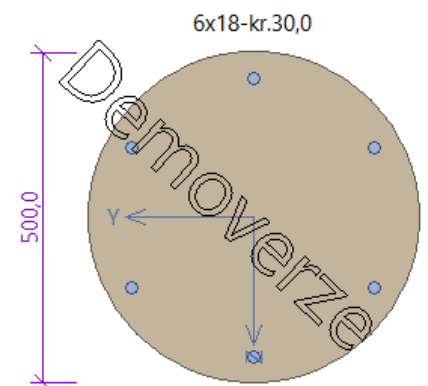
$$A_{s,req} = 574,71 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 1526,814 \text{ mm}^2 ; 6 \times \varnothing 18$$

$$A_{s,req} \leq A_{s,prov}$$

Posouzení

Pro posouzení je použit software FIN EC 2022 – Beton



1: **Zat. případ 1** - základní návrhová
 $N = -3115,16 \text{ kN}$; $M_y = 158,61 \text{ kNm}$; $V_z = 0,00 \text{ kN}$

Podrobné posouzení TLAK A OHYB: Zat. případ 1

Normálová síla pro výpočet minimální excentricity dle 6.1(4) normy: **Vyhovuje**

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Sloup (celková výztuž):

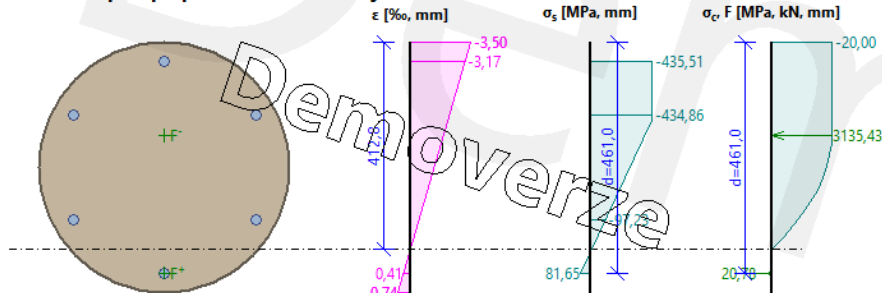
$$\rho_s = A_s / A_c = 1527 / 195.10^3 = 0,00782$$

$$\rho_{s,\min} = \max(0,1 \times |N_{Ed}| / (f_{yd} \times A_c); 0,002) = \max(0,1 \times |-3115| / (434,8 \times 195.10^3); 0,002) = \max(0,00367; 0,002) = 0,00367$$

$$\rho_s = 0,00782 \geq \rho_{s,\min} = 0,00367 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,00782 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vláknech průřezu

Nejmenší deformace v betonu: -3,50 ‰

Největší deformace v betonu: 0,74 ‰

Nejmenší deformace ve výztuži: -3,17 ‰

Největší deformace ve výztuži: 0,41 ‰

Směr neutrálné osy: 360,00 °

$N_{Ed} = -3115,16 \text{ kN} \leq N_{Rd} = -4517,81 \text{ kN}$

$M_{Edy} = 158,61 \leq M_{Rdy} = 205,50 \text{ kNm}$

Posouzení průřezu na tlak a ohyb **Vyhovuje**

Využití: 77,2 %

Při výpočtu pomocí křivosti výztuž $6 \times \text{Ø}18$; $A_{s,\text{prov}} = 1526,8 \text{ mm}^2$ vyhovuje.

5.2 Metoda založena na ohybové tuhosti

5.2.1 Výpočet jmenovité tuhosti

Prvotní výpočet byl proveden pro stupeň vyztužení $\rho = 0,01$, toto je ukázka 2. iterace kde $\rho = 0,0155$

$$EI = K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c + K_s \cdot E_s \cdot I_s$$

Momenty setrvačnosti

$$I_c = 3,068 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

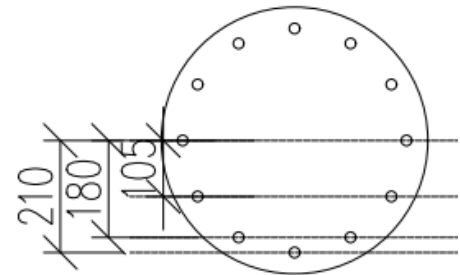
$$I_s = 2 \cdot A_{s1} \cdot (2 \cdot z_1^2 + 2 \cdot z_2^2 + z_3^2) = 6,665 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$z_1 = 105 \text{ mm}$$

$$z_2 = 180 \text{ mm}$$

$$z_3 = 210 \text{ mm}$$

$$A_{s1} = \frac{\pi \cdot \varnothing^2}{4} = \frac{\pi \cdot 18^2}{4} = 254,47 \text{ mm}^2$$



Tuhosti

$$E_{cd} = \frac{E_{cm}}{\gamma_{cE}} = \frac{32000}{1,2} = 27,5 \text{ GPa}$$

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

Opravné součinitele K_c , K_s

$$\rho > 0,01 \quad \text{předpokládaný stupeň vyztužení } \rho = \frac{A_s}{A_c} = 0,0155$$

$$K_s = 1,0$$

$$K_c = \frac{k_1 \cdot k_2}{1 + \varphi_{ef}}$$

$$k_1 = \sqrt{\frac{f_{ck}}{20}} = \sqrt{\frac{30}{20}} = 1,225$$

$$k_2 = \frac{|N_{ed}|}{A_c \cdot f_{cd}} \cdot \frac{\lambda}{170} = \frac{3115,66 \cdot 10^3}{196349,54 \cdot 20} \cdot \frac{51,2}{170} = 0,239 \leq 0,20$$

$$k_2 = 0,2$$

$$\varphi_{ef} = \varphi_{(\infty, t_0)} \cdot \frac{M_{0Eqp}}{M_{0Ed}} = 2,4 \cdot \frac{35,00}{21,05} = 1,443$$

$$K_c = \frac{k_1 \cdot k_2}{1 + \varphi_{ef}} = \frac{1,225 \cdot 0,2}{1 + 1,443} = 0,1$$

Výpočet jmenovité tuhosti EI

$$EI = K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c + K_s \cdot E_s \cdot I_s$$

$$EI = 0,1 \cdot 27500 \cdot 3,068 \cdot 10^9 + 1,0 \cdot 200000 \cdot 6,665 \cdot 10^7$$

$$EI = 2,179 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2$$

Vzpěrné břemeno N_B

$$N_B = \frac{\pi^2 \cdot EI}{l_0^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2,179 \cdot 10^{13}}{6400^2} = 5249,71 \text{ kN}$$

$$\beta = \frac{\pi^2}{c_0} = \frac{\pi^2}{8} = 1,234$$

Ohybový moment prvního řádu

Ekvivalentní ohybový moment

$$M_{0e} = 0,6 \cdot M_{02} + 0,4 \cdot M_{01} \geq 0,4 \cdot M_{02}$$

$$M_{0e} = 14,00 \text{ kNm}$$

Minimální výstřednost

$$e_i = \max (l_0/400; b/30; 20) = \max (6400/400; 500/30; 20) = \max (16; 16,67; 20)$$

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

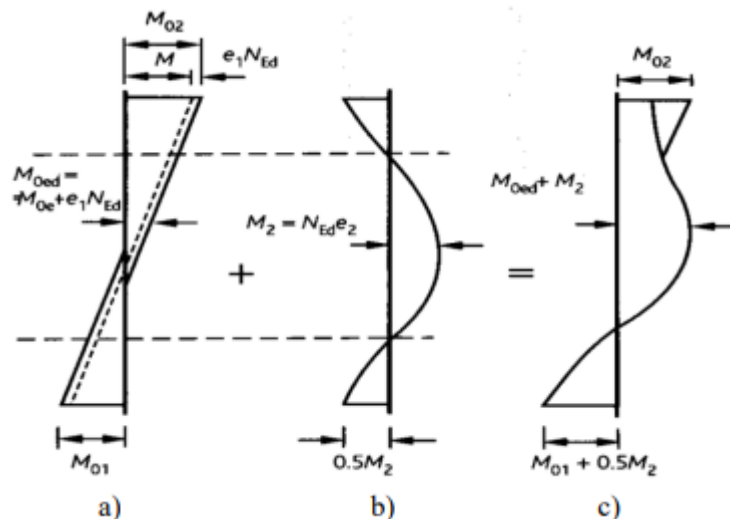
Výsledný ohybový moment prvního řádu

$$M_{0Ed} = M_{0e} + N_{Ed} \cdot e_i = 14 + 3115,66 \cdot 0,002 = 76,31 \text{ kNm}$$

Moment od II. řádu

$$M_{0E} = M_{0Ed} \cdot \left[1 + \frac{\beta}{(N_B/N_{Ed} - 1)} \right] = 76,31 \cdot \left[1 + \frac{1,234}{(6003,08/3115,66 - 1)} \right]$$

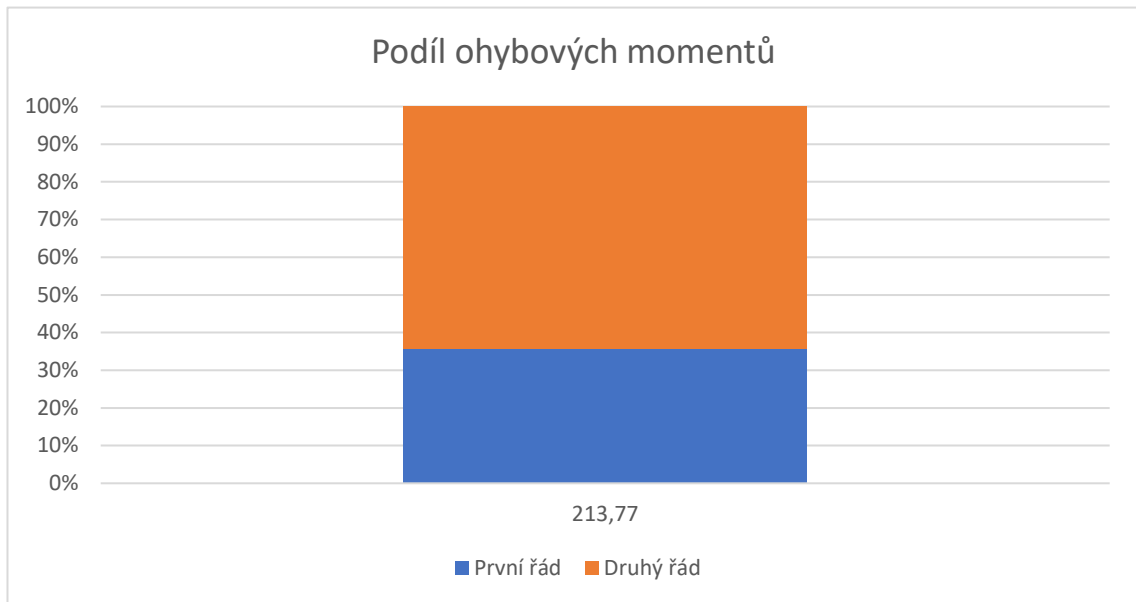
$$M_{0E} = 213,77 \text{ kNm}$$



$$M_{Ed} = \max [M_{02}; M_{0E}; M_{01} + 0,5 (M_{Ed} - M_{0Ed})] = \max (97,313; 213,77; 149,11)$$

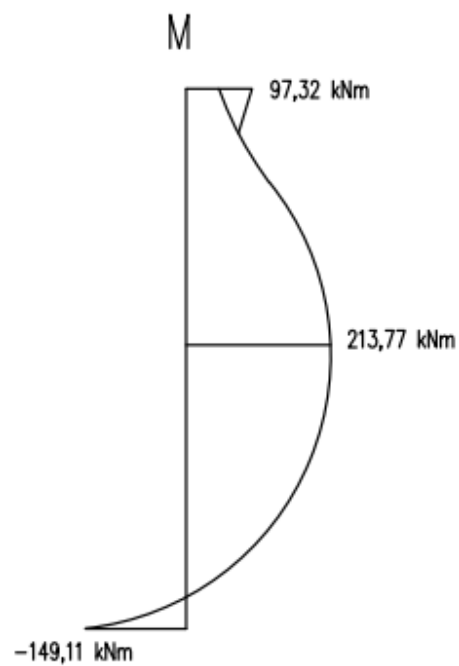
$$M_{Ed} = 213,77 \text{ kNm}$$

Podíl ohybových momentů:		
M_{Ed}	213,77	kNm
První řád	76,31	kNm
Druhý řád	137,45	kNm



Výkres momentů:

Jmenovitá tuhost



5.2.2 Návrh výztuže

Návrh výztuže je vytvořen pomocí nomogramů

Poměrná normálová síla

$$n = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{3115,66 \cdot 10^3}{500 \cdot 500 \cdot 20} = 0,793$$

Poměrný ohybový moment

$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{213,77 \cdot 10^6}{500 \cdot 500^2 \cdot 20} = 0,086$$

$$d' = d_c - 2c - 2\varnothing_T - \varnothing_s = 500 - 2 \cdot 30 - 2 \cdot 10 - 20 = 400 \text{ mm}$$

$$d'/h = 400/500 = 0,8 \text{ dle nomogramu } \omega = 0,15$$

Potřebná plocha výztuže

$$A_{s,req} = \frac{\omega \cdot b \cdot h \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,15 \cdot 500 \cdot 500 \cdot 20}{435} = 1149,42 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže

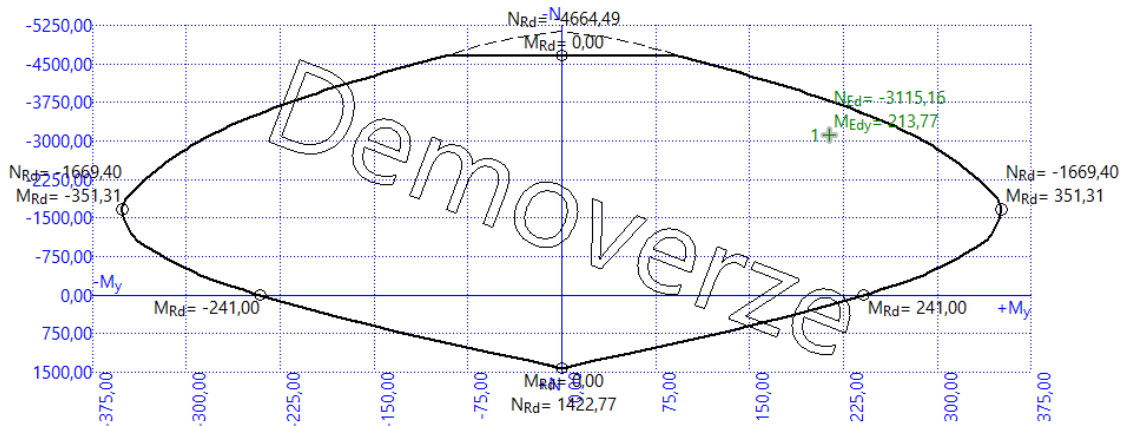
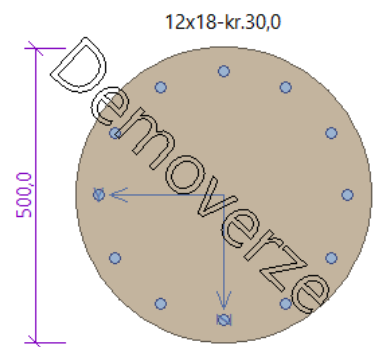
$$A_{s,req} = 1149,42 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 3053,628 \text{ mm}^2 ; 12 \times \varnothing 18$$

$$A_{s,req} \leq A_{s,prov}$$

Posouzení

Pro posouzení je použit software FIN EC 2022 – Beton



1: **Zat. případ 1** - základní návrhová

$N = -3115,16 \text{ kN}$; $M_y = 213,77 \text{ kNm}$; $V_z = 0,00 \text{ kN}$

Podrobné posouzení TLAK A OHYB: Zat. případ 1

Normálová síla pro výpočet minimální excentricity dle 6.1(4) normy: **Vyhovuje**

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Sloup (celková výztuž):

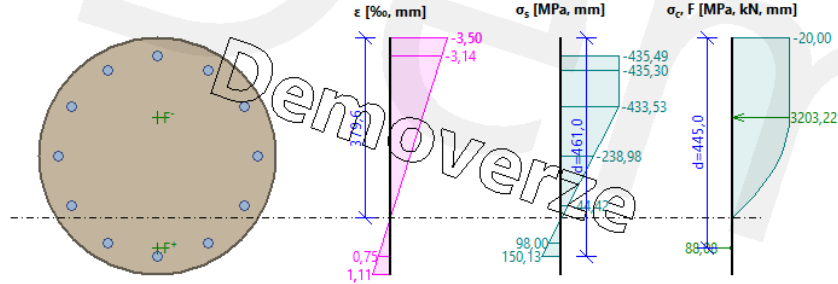
$$\rho_s = A_s / A_c = 3054 / 195.10^3 = 0,0156$$

$$\rho_{s,\min} = \max(0,1 \times |N_{Ed}| / (f_{yd} \times A_c); 0,002) = \max(0,1 \times |-3115| / (434,8 \times 195.10^3); 0,002) = \max(0,00367; 0,002) = 0,00367$$

$$\rho_s = 0,0156 \geq \rho_{s,\min} = 0,00367 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0156 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vláknech průřezu

Nejmenší deformace v betonu: -3,50 ‰

Největší deformace v betonu: 1,11 ‰

Nejmenší deformace ve výztuži: -3,14 ‰

Největší deformace ve výztuži: 0,75 ‰

Směr neutrálné osy: 360,00 °

$N_{Ed} = -3115,16 \text{ kN} \leq N_{Rd} = -5128,54 \text{ kN}$

$M_{Edy} = 213,77 \leq M_{Rdy} = 280,46 \text{ kNm}$

Posouzení průřezu na tlak a ohyb **Vyhovuje**

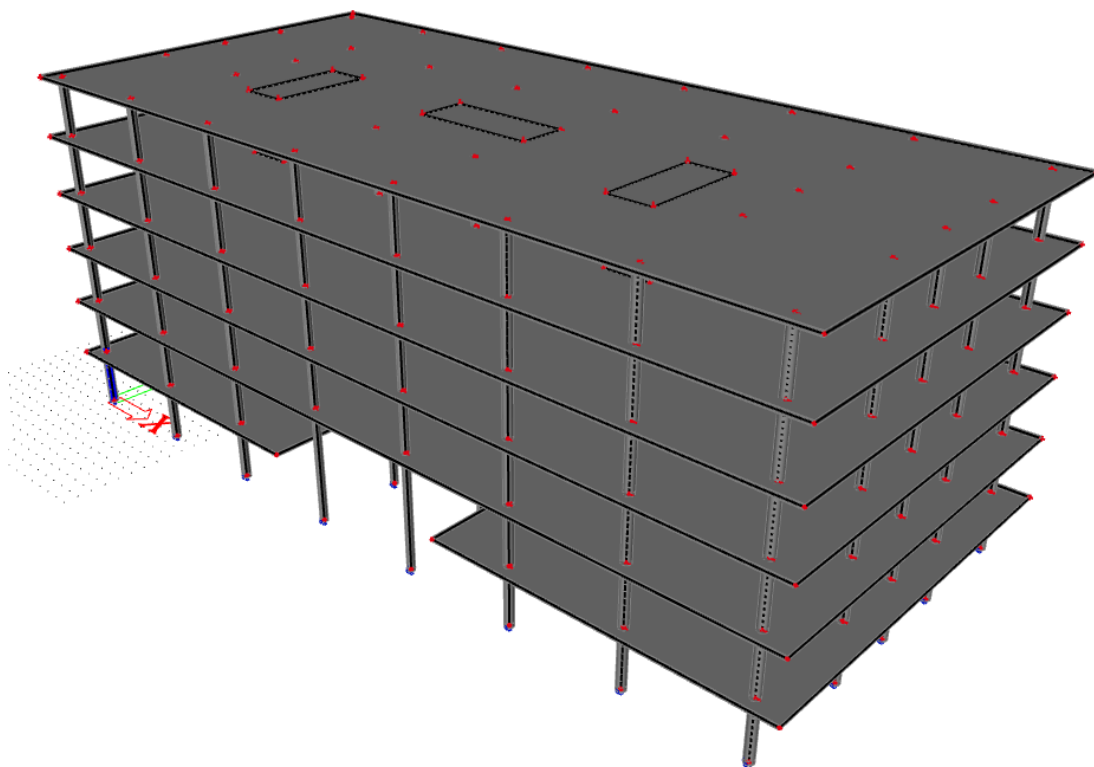
Využití: 76,2 %

Při výpočtu pomocí jmenovité tuhosti výztuž $12 \times \emptyset 18$; $A_{s,\text{prov}} = 3053,628 \text{ mm}^2$ vyhovuje.

5.3 Obecná numerická metoda ze SCIA Engineer

5.3.1 Výpočet podle obecné numerické metody

Výpočet proběhl pomocí nelineárních kombinací zadaných z lineárního výpočtu. Pro daný prvek bylo vytvořeno 15 řezů. Vzhledem poměru ohybových momentů od druhého řádu SCIA Engineer [17] posuzuje prvek v obou směrech.



Obr. 2 Ukázka modelu v programu SCIA Engineer [17]

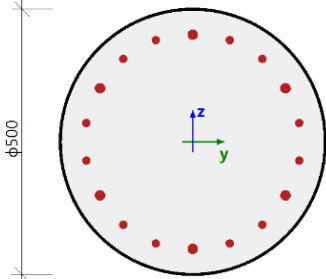
Bylo vytvořeno celkem 15 nelineárních kombinací, které byly vytvořeny z lineárního výpočtu MSÚ dle normy. Poté byla vytvořena obálka pro všechny nelineární kombinace.

RC_NK_MSÚ-Sada B (auto)	NK_MSÚ-Sada B (auto).1
	NK_MSÚ-Sada B (auto).2
	NK_MSÚ-Sada B (auto).3
	NK_MSÚ-Sada B (auto).4
	NK_MSÚ-Sada B (auto).5
	NK_MSÚ-Sada B (auto).6
	NK_MSÚ-Sada B (auto).7
	NK_MSÚ-Sada B (auto).8
	NK_MSÚ-Sada B (auto).9
	NK_MSÚ-Sada B (auto).10
	NK_MSÚ-Sada B (auto).11
	NK_MSÚ-Sada B (auto).12
	NK_MSÚ-Sada B (auto).13
	NK_MSÚ-Sada B (auto).14
	NK_MSÚ-Sada B (auto).15

Výsledky na extrému na konstrukci:

Vnitřní síly (návrh)

Nelineární výpočet
 Třída: RC_NK_MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: B239
 Filtr: Vrstva = Štíhlé sloupy

Sloup B239		Kruh (500)
ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07		Řez 0 [dx = 0 m]
Délka prvku:	L = 8 m	Beton: C30/37
Vzpěr y-y \perp	L _y = 6.4 m (posuvný)	Bilineární pracovní diagram
Vzpěr z-z \perp	L _z = 6.4 m (posuvný)	Třída prostředí: XC2
		Podélná výztuž: B 500B
		Bilineární s nakloněnou horní větví
		14 ϕ 20 (4398 mm ²)
		ρ_l = 2,240 % (34.5 kg/m)
		Smyková výztuž: B 500B

Vnitřní síly (MKP)

Extrém: NK_MSÚ-Sada B (auto).4/4 (MSÚ)
 Typ: Kombinace (nelineární)
 Návrhová situace: Obálka - únosnost

Typ zatížení	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]
Vnitřní síly (MKP)	-2918,8	-92,2	-109,1	68,2	62,3	0,0

Obsah: NK_MSÚ-SadaB(auto).4

Účinky a imperfekce druhého řádu

Osa	N _{Ed} [kN]	M _{0Edy/z} [kNm]	M _{2y/z} [kNm]	M _{Edy/z} [kNm]	e _{0z/ly} [mm]	e _{z/ly} [mm]	e _{0min,z/ly} [mm]	e _{0Edz/ly} [mm]	e _{2z/ly} [mm]	e _{Edz/ly} [mm]
y-y \perp	-2919	-125	-135	-260	31.6	11.3	20	42.9	46.3	89.2
z-z \perp	-2919	-142	-135	-277	37.4	11.3	20	48.7	46.3	95

Návrhové síly (přepočtené)

Typ zatížení	N _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm]	M _{Ed,z} [kNm]	V _{Ed,y} [kN]	V _{Ed,z} [kN]	M _{Ed,x} [kNm]
Návrhové síly (přepočtené)	-2918,8	-260,3	-277,3	68,2	62,3	0,0

Norma	Popis	Řešení
N26	Použije se dvouosý výpočet (všechny vnitřní síly), protože poměr ohybových momentů je větší než limitní poměr.	
N19	Délka dílce se spočte jako výška budovy, protože dílec není izolovaný.	

Sloup B239

ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07

Délka prvku:

Vzpěr y-y

Vzpěr z-z

L = 8 m

$L_y = 6.4$ m (posuvný)

$L_z = 6.4$ m (posuvný)

Kruh (500)

Řez 9 [$d_x = 4.31$ m]

Beton: C30/37

Bilineární pracovní diagram

Třída prostředí: XC2

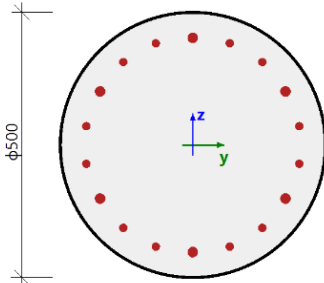
Podélná výztuž: B 500B

Bilineární s nakloněnou horní větví

14 ϕ 20 (4398 mm²)

$\rho_l = 2.240$ % (34.5 kg/m)

Smyková výztuž: B 500B



Vnitřní síly (MKP)

Extrém: NK_MSÚ-Sada B (auto).4/4 (MSÚ)

Typ: Kombinace (nelineární)

Návrhová situace: Obálka - únosnost

Typ zatížení	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_x [kNm]
Vnitřní síly (MKP)	-2890,8	47,9	58,5	6,0	-0,3	0,0

Obsah: NK_MSÚ-SadaB(auto).4

Účinky a imperfekce druhého řádu

Osa	N_{Ed} [kN]	$M_{0Edy/z}$ [kNm]	$M_{2y/z}$ [kNm]	$M_{Edy/z}$ [kNm]	$e_{0z/y}$ [mm]	$e_{iz/y}$ [mm]	$e_{0min,z/y}$ [mm]	$e_{0Edz/y}$ [mm]	$e_{2z/y}$ [mm]	$e_{Edz/y}$ [mm]
y-y	-2891	80.6	135	216	-16.6	-11.3	-20	-27.9	-46.7	-74.6
z-z	-2891	91.2	135	226	-20.2	-11.3	-20	-31.5	-46.7	-78.3

Návrhové síly (přepočtené)

Typ zatížení	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	$V_{Ed,y}$ [kN]	$V_{Ed,z}$ [kN]	$M_{Ed,x}$ [kNm]
Návrhové síly (přepočtené)	-2890,8	215,7	226,3	6,0	-0,3	0,0

Norma	Popis	Řešení
N26	Použije se dvousý výpočet (všechny vnitřní síly), protože poměr ohybových momentů je větší než limitní poměr.	
N19	Délka dílce se spočte jako výška budovy, protože dílec není izolovaný.	

Sloup B239

ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07

Délka prvku:

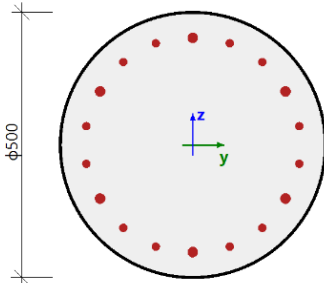
Vzpěr y-y

Vzpěr z-z

L = 8 m

$L_y = 6.4$ m (posuvný)

$L_z = 6.4$ m (posuvný)



Kruh (500)

Řez 15 [dx = 8 m]

Beton: C30/37

Bilineární pracovní diagram

Třída prostředí: XC2

Podélná výztuž: B 500B

Bilineární s nakloněnou horní větví

14 ϕ 20 (4398 mm²)

$\rho_l = 2,240$ % (34.5 kg/m)

Smyková výztuž: B 500B

Vnitřní síly (MKP)

Extrém: NK_MSÚ-Sada B (auto).4/4 (MSÚ)

Typ: Kombinace (nelineární)

Návrhová situace: Obálka - únosnost

Typ zatížení	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_x [kNm]
Vnitřní síly (MKP)	-2866,7	-58,0	-27,6	-51,0	-55,1	-0,1

Obsah: NK_MSÚ-SadaB(auto).4

Účinky a imperfekce druhého řádu

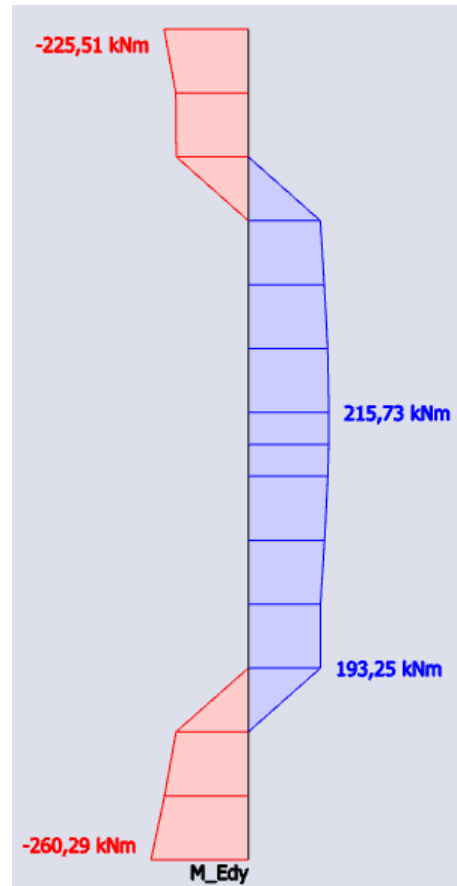
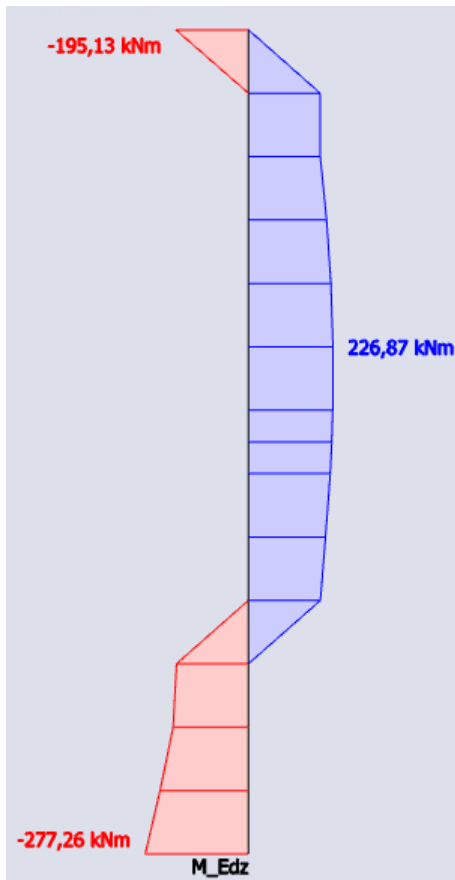
Osa	N_{Ed} [kN]	$M_{0Edy/z}$ [kNm]	$M_{2y/z}$ [kNm]	$M_{Edy/z}$ [kNm]	$e_{0z/y}$ [mm]	$e_{iz/y}$ [mm]	$e_{0min,z/y}$ [mm]	$e_{0Edz/y}$ [mm]	$e_{2z/y}$ [mm]	$e_{Edz/y}$ [mm]
y-y	-2867	-90.4	-135	-226	20.2	11.3	20	31.5	47.1	78.7
z-z	-2867	-60	-135	-195	9.62	11.3	20	20.9	47.1	68.1

Návrhové síly (přepočtené)

Typ zatížení	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	$V_{Ed,y}$ [kN]	$V_{Ed,z}$ [kN]	$M_{Ed,x}$ [kNm]
Návrhové síly (přepočtené)	-2866,7	-225,5	-195,1	-51,0	-55,1	-0,1

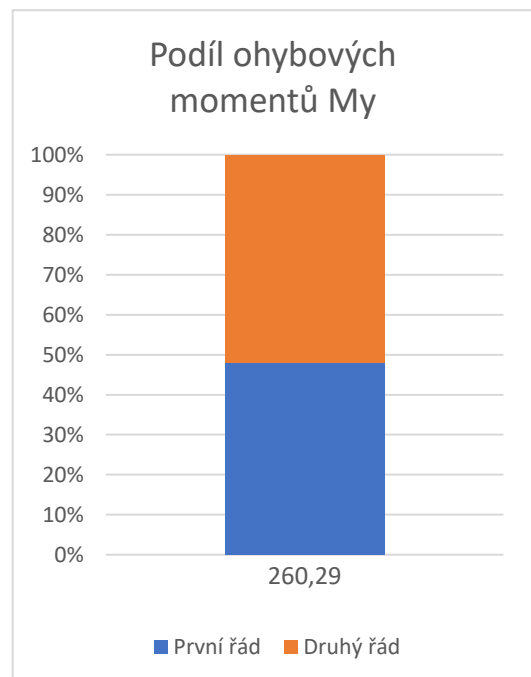
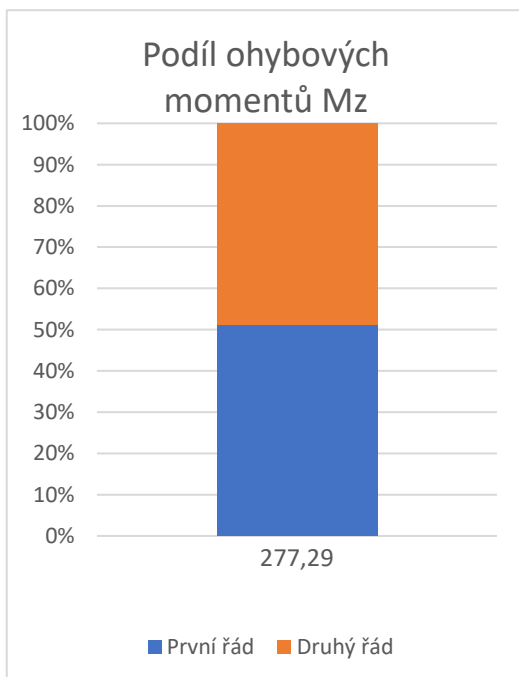
Norma	Popis	Řešení
N26	Použije se dvousový výpočet (všechny vnitřní síly), protože poměr ohybových momentů je větší než limitní poměr.	
N19	Délka dílce se spočte jako výška budovy, protože dílec není izolovaný.	

Výkres návrhových momentů:



Podíl ohybových momentů:		
M_{zEd}	277,29	kNm
První řád	142,00	kNm
Druhý řád	135,29	kNm

Podíl ohybových momentů:		
M_{yEd}	260,29	kNm
První řád	125,00	kNm
Druhý řád	135,29	kNm



5.3.2 Návrh výztuže

Pro návrh výztuže byla využita funkce Beton – Návrh 1D

Výpočet $A_{s,req}$

Celkový návrh (MSÚ)

Nelineární výpočet
 Třída: RC_NK_MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: B239

Podélná nutná výztuž

Jméno	dx [m]	Stav	Member	$A_{sz,req+}$ [mm ²]	$A_{sz,req-}$ [mm ²]	$A_{sy,req+}$ [mm ²]	$A_{sy,req-}$ [mm ²]	$A_{sz,req}$ [mm ²]	$A_{sy,req}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]
B239	0,000	RC_NK_MSÚ-Sada B (auto)	Sloup	5850	0	0	0	5850	0	5850
B239	4,308	RC_NK_MSÚ-Sada B (auto)	Sloup	3930	0	0	0	3930	0	3930
B239	8,000	RC_NK_MSÚ-Sada B (auto)	Sloup	3632	0	0	0	3632	0	3632

Nutná smyková výztuž

Jméno	dx [m]	Stav	Member	$A_{swm,req}$ [mm ² /m]	$A_{swm,req}(\phi/s)$
B239	0,000	RC_NK_MSÚ-Sada B (auto)	Sloup	654	$\phi 10/240\text{mm}, (ns=2)$

Návrh výztuže v patce sloupu

$$A_{s,req} = 5850 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 6872,24 \text{ mm}^2 ; 14 \times \emptyset 25$$

$$A_{s,req} \leq A_{s,prov}$$

Návrh výztuže v poli sloupu

$$A_{s,req} = 3930 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} = 4398,23 \text{ mm}^2 ; 14 \times \emptyset 20$$

$$A_{s,req} \leq A_{s,prov}$$

Posouzení návrhu

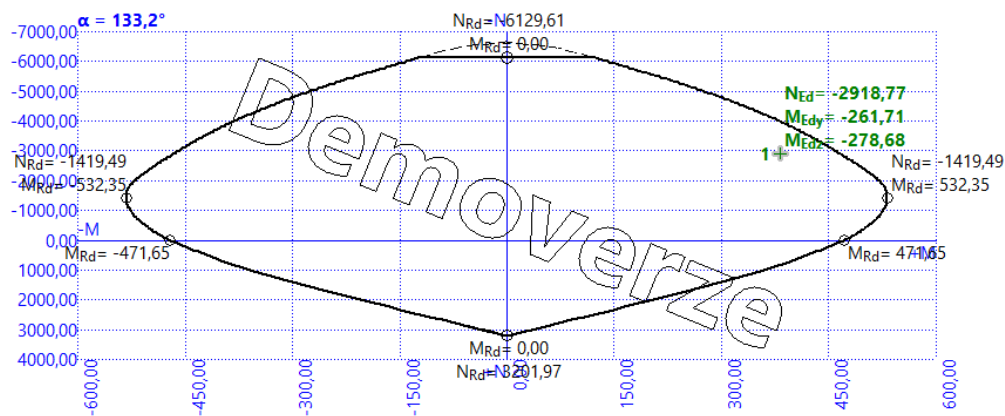
Posouzení kapacity - interakční diagram

Nelineární výpočet
 Třída: RC_NK_MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: B239

Jméno	dx [m]	Stav	N _{Ed} [kN]	M _{Edy} [kNm]		Method	N _{Rd±} [kN]		M _{Rdy±} [kNm]		M _{Rdz±} [kNm]		UC [-] Check
				M _{Edz} [kNm]	N _{Rd+}		N _{Rd-}	M _{Rdy+}	M _{Rdy-}	M _{Rdz+}	M _{Rdz-}		
B239	0,000	NK_MSÚ-Sada B (auto).4	-2918,77	-261,71	-278,68	NuMu	1161,68		104,16	-238,84	110,92	-254,33	1,10 Nevyh.
B239	0,000	NK_MSÚ-Sada B (auto).2	-1839,47	-196,00	-206,03	NuMu			1076,22	114,68	120,54	120,54	0,78 OK
B239	1,846	NK_MSÚ-Sada B (auto).4	-2906,70	194,67	-194,67	NuMu	1320,88		219,68	-88,46	88,46	-219,68	0,89 OK
B239	2,462	NK_MSÚ-Sada B (auto).2	-1827,60	154,20	154,20	NuMu			1208,82	239,01	239,01	-101,99	0,65 OK
B239	4,000-	NK_MSÚ-Sada B (auto).2	-1820,21	166,97	171,93	NuMu			1159,17	243,31	250,53	-109,49	0,69 OK
B239	4,308	NK_MSÚ-Sada B (auto).4	-2890,77	217,14	227,69	NuMu			1253,72	225,90	236,87	-94,17	0,96 OK
B239	4,308	NK_MSÚ-Sada B (auto).2	-1818,72	167,30	173,41	NuMu			1155,98	242,96	251,83	-110,22	0,69 OK
B239	4,923	NK_MSÚ-Sada B (auto).4	-2886,77	213,91	228,28	NuMu			1255,83	223,51	238,53	-93,06	0,96 OK
B239	4,923	NK_MSÚ-Sada B (auto).2	-1815,76	165,22	173,59	NuMu			1157,74	240,94	253,15	-110,68	0,69 OK
B239	6,769	NK_MSÚ-Sada B (auto).4	-2874,70	-194,01	194,01	NuMu	1317,33		88,90	-220,43	220,43	-88,90	0,88 OK
B239	8,000	NK_MSÚ-Sada B (auto).2	-1800,92	-172,90	-154,35	NuMu			1173,82	112,69	100,60	100,60	0,67 OK
B239	8,000	NK_MSÚ-Sada B (auto).4	-2866,69	-226,89	-196,51	NuMu	1275,51		100,95	-244,54	87,44	-211,80	0,93 OK

Obr. 3 – Posouzení 14 × Ø20

Při posouzení kapacity nevyhoví místo v patě sloupu. Je třeba vyztužit toto místo pomocí výztuže 14 × Ø25; $A_{s,prov} = 6872,24 \text{ mm}^2$. Tato startovací výztuž bude provedena na 500 mm a bude následně navázaná ve stykovacím přesahu v poli na 14 × Ø20; $A_{s,prov} = 4398 \text{ mm}^2$. Posouzení tohoto místa je pak provedeno programem FIN EC 2022 – Beton [18].



1: **Zat. případ 1** - základní návrhová

$N = -2918,77 \text{ kN}$; $M_y = -261,71 \text{ kNm}$; $M_z = -278,68 \text{ kNm}$; $V_z = 0,00 \text{ kN}$; $V_y = 0,00 \text{ kN}$; $T = 0,00 \text{ kNm}$

Podrobné posouzení TLAK A OHYB: Zat. případ 1

Normálová síla pro výpočet minimální excentricity dle 6.1(4) normy: **Vyhovuje**

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Sloup (celková výztuž):

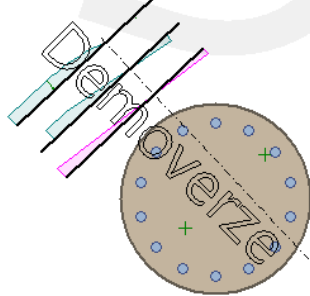
$$\rho_s = A_s / A_c = 6872 / 195.10^3 = 0,0352$$

$$\rho_{s,\min} = \max(0,1 \times |N_{Ed}| / (f_{yd} \times A_c); 0,002) = \max(0,1 \times |-2919| / (434,8 \times 195.10^3); 0,002) = \max(0,00344; 0,002) = 0,00344$$

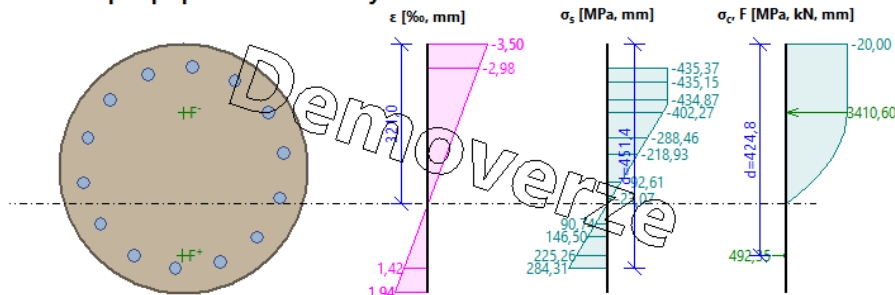
$$\rho_s = 0,0352 \geq \rho_{s,\min} = 0,00344 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0352 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Orientace neutrální osy



Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vlákních průřezu

Nejmenší deformace v betonu: -3,50 ‰

Největší deformace v betonu: 1,94 ‰

Nejmenší deformace ve výztuži: -2,98 ‰

Největší deformace ve výztuži: 1,42 ‰

Směr neutrálné osy: 133,20 °

$N_{Ed} = -2918,77 \text{ kN} \leq N_{Rd} = -6655,98 \text{ kN}$

$M_{Edy} = -261,71 \leq M_{Rdy} = -318,76 \text{ kNm}$

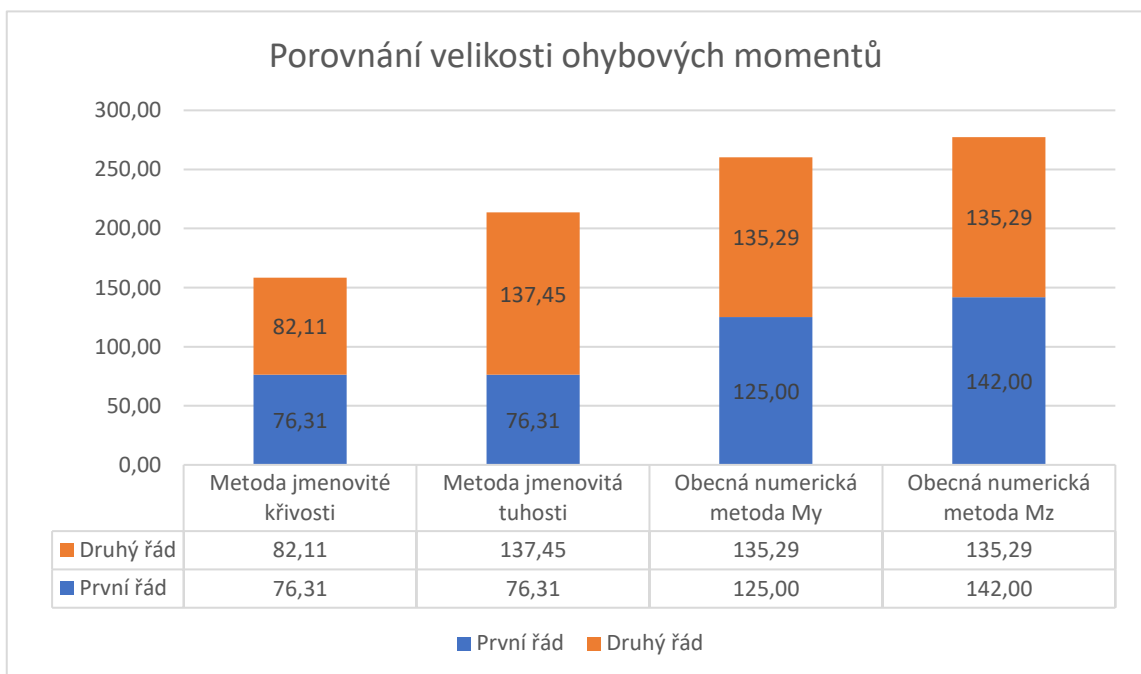
Posouzení průřezu na tlak a ohyb Vyhovuje

Využití: 82,1 %

Při výpočtu obecnou numerickou metodou pomocí SCIA Engineer [17] výztuž $14 \times \text{Ø}20$; $A_{s,\text{prov}} = 4398 \text{ mm}^2$ vyhovuje kromě paty sloupu, kde se použije startovací výztuž $14 \times \text{Ø}25$; $A_{s,\text{prov}} = 6872,24 \text{ mm}^2$.

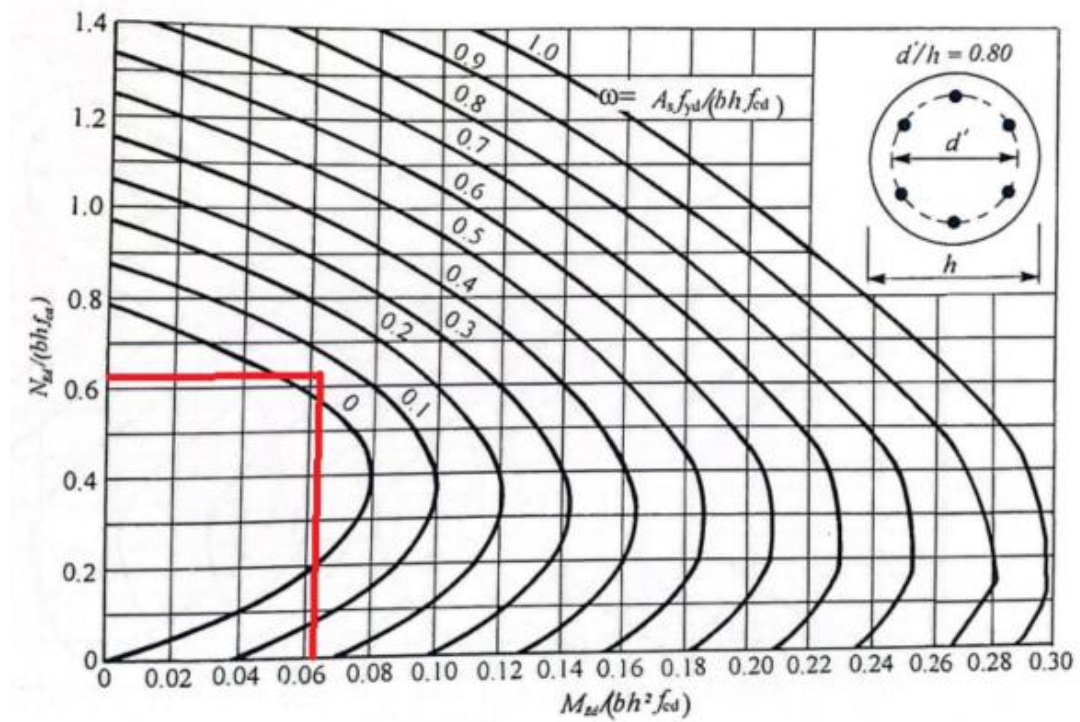
5.4 Porovnání výsledků

Výsledné ohybové momenty:				
Ohybový moment	Ruční výpočet		SCIA Engineer	
	Jmenovitá křivost	Jmenovitá tuhost	Obecná numerická metoda	
	M [kNm]	M [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
M_{Ed}	158,43	213,77	260,29	277,29
První řád	76,31	76,31	125,00	142,00
Druhý řád	82,11	137,45	135,29	135,29
Navržená výztuž	6 × Ø18 $A_{s,prov} = 1526,8 \text{ mm}^2$	12 × Ø18 $A_{s,prov} = 3053,63 \text{ mm}^2$	14 × Ø20 $A_{s,prov} = 4398,23 \text{ mm}^2$	

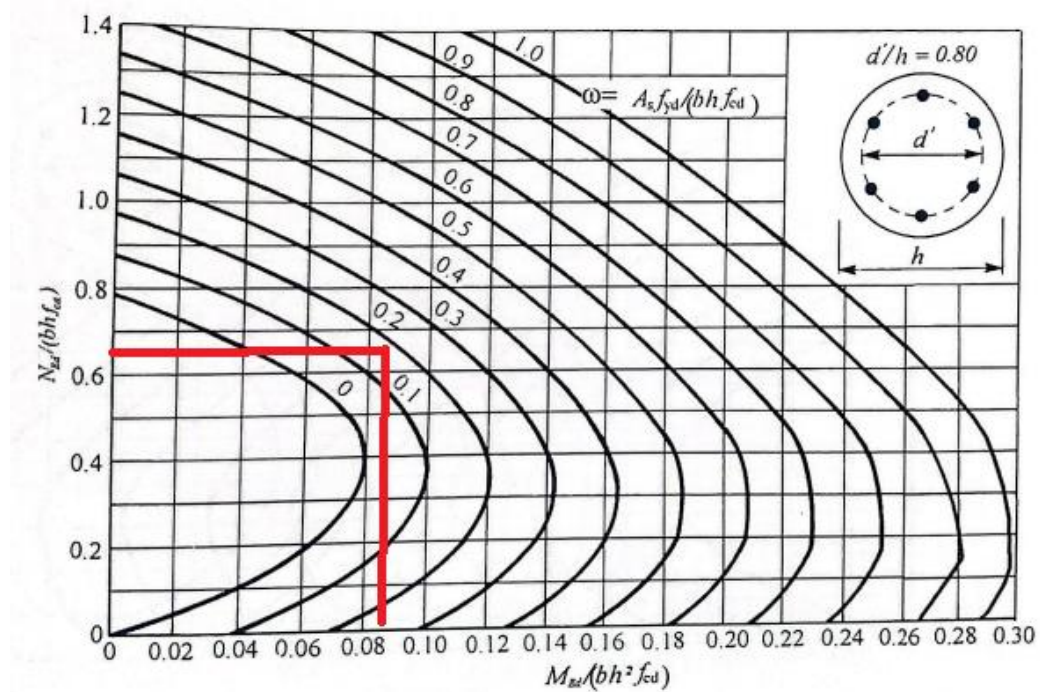


Použité nomogramy pro výpočet $A_{s,req}$ u zjednodušených metod

Nomogram pro jmenovitou křivost



Nomogram pro jmenovitou tuhost



Nomogramy z [5]

6 Použité normy

ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem. Český normalizační institut, 2005.

ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Český normalizační institut, 2004, 44 s.

ČSN EN 1992-1-1 731201: Eurokód 2: navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Český normalizační institut, 2006.

ČSN EN 1992-1-1: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby,. Český normalizační institut, 2007.