

PŘÍLOHA 1

STATICKÝ VÝPOČET

Administrativní budova DOCK in Two

Palmovka, Praha

Smrčkova 2485

Vypracoval: Bc. Luboš Havlík

Datum: prosinec 2022

Seznam použitých norem

ČSN EN 1992-1-1 (731201) - Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 0540 – Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí budov. Názvosloví požadavky, kritéria

ČSN EN 1990 (730002) - Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 13670 (732400) – Provádění betonových konstrukcí

ČSN EN 1990 + 1995 - MSÚ (STR/GEO) – trvalá/dočasná – rovn. 6.10.

ČSN EN 1991-1-1 (730035) -Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991-1-3 (730035) - Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem

ČSN EN 1991-1-4 (730035) - Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem.

Použitý software

Autodesk AutoCAD 2019 – Studentská verze

Dlubal RFEM 6.01 – Studentská verze

FIN EC 2022 – Beton – Demo verze

FIN EC 2022 –Protlak – Demo verze

GEO05 2022 CS – Pilota – Demo verze

PTC Mathcad Prime 7.0.0.0 - Studentská verze

Statically calculation

1. SCHÉMA OBJEKTU

Schéma 1.NP

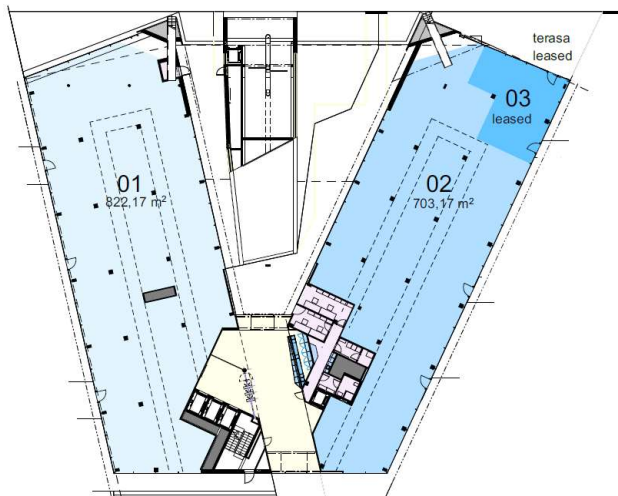
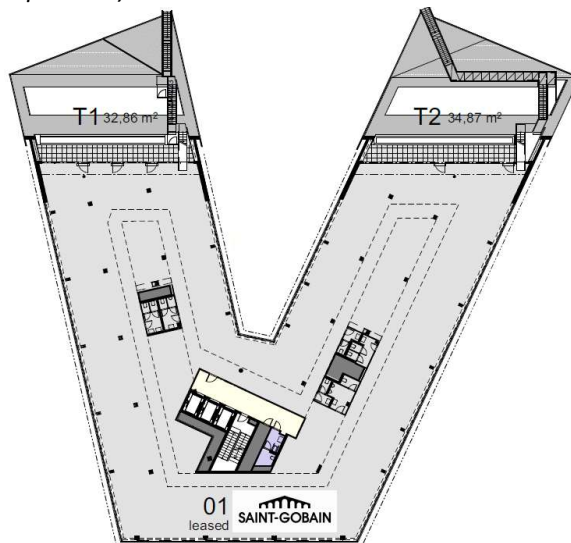
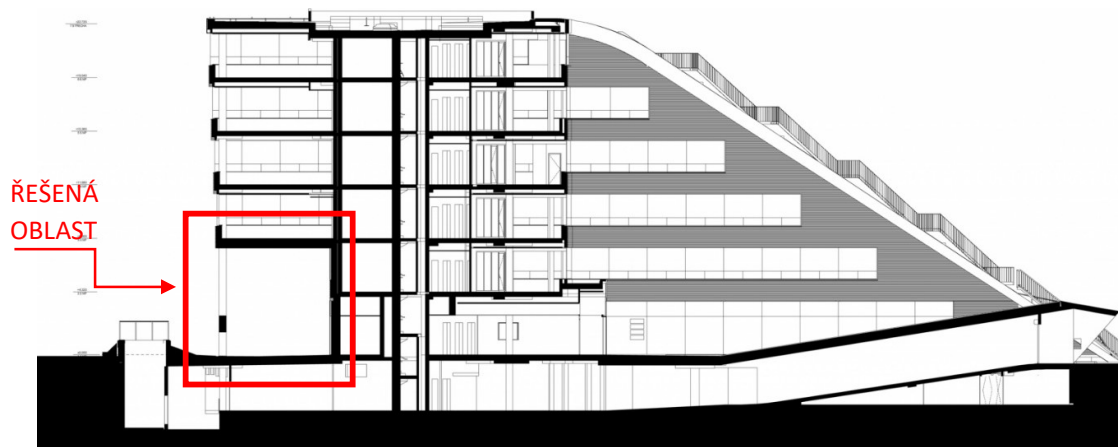


Schéma 3.NP („typizované podlaží“)



Schématický řez



Statically výpočet

NÁVRH PODŘENÍ PŘEKONZOLOVANÉ ČÁSTI

2. POUŽITÉ MATERIÁLY

Beton C30/37

Sloupy (exteriérové, suterénní)

C 30/37 - XC4, XF2 - D_{\max} 16 mm - S4

Ostatní konstrukce

C 30/37 - XC1 - CI 0,2 - D_{\max} 16 mm - S3

Základové konstrukce

C 30/37 - XC2, XA1 - CI 0,2 - D_{\max} 16 mm - S3

$$f_{ck} := 30 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 20 \text{ MPa}$$

Ocel B500B

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.783 \text{ MPa}$$

3. NÁVRH KRYCÍ VRSTVY

Sloupy

C 30/37 - XC4, XF2 - D_{\max} 16 mm - S4

Návrhová životnost konstrukce

50 let

Třída konstrukce

S4

Nominální krycí vrstva

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

kde $\Delta c_{dev} := 10 \text{ mm}$ návrhová odchylka dle technologie

Minimální krycí vrstva

$$c_{min.b} := 0 \text{ mm}$$

krycí vrstva z hlediska soudržnosti

$$c_{min.dur} := 30 \text{ mm}$$

krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí

$$\Delta c_{dur.y} := 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur.st} := 0 \text{ mm}$$

redukce při použití nerezové oceli

$$\Delta c_{dur.add} := 0 \text{ mm}$$

redukce při použití přídavné ochrany

$$c_{min} := \max(c_{min.b}, c_{min.dur} + \Delta c_{dur.y} - \Delta c_{dur.st} - \Delta c_{dur.add}, 10 \text{ mm}) = 30 \text{ mm}$$

$$c_{nom} := c_{min} + \Delta c_{dev} = 40 \text{ mm}$$

Navrhovaná krycí vrstva $c := 50 \text{ mm}$

Statický výpočet

4. PŘEHLED ZATÍŽENÍ

4.1 Stálé zatížení

4.1.1 Skladba podlahy a střešního pláště

Konkrétní skladby podlah v objektu nejsou známy, avšak byla navařena skladba odpovídající charakteru budovy. Skladby jsou navrženy bez vlastní tíha železobetonové desky, která bude zohledněna přímo v prostorovém modelu.

Název	g_k [kN/m ²]	γ_G [-]	g_d [kN/m ²]
Podlaha – interiér	0,25	1,35	0,34
Podlaha – zelená střecha	1,78		2,40
Podlaha – terasy	1,1		1,44

Skladba interiér

Název	Tl. [mm]	Objemová tíha [kg/m ³]	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
Koberec	3	160	0,005	1,35	0,006
Dřevotřísková deska	38	650	0,247		0,333
Kce oc. stojek + vz. mezera	100	-	-		-
					0,340

Skladba zelené střechy

Název	Tl. [mm]	Objemová tíha [kg/m ³]	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
Vegetační rohož	30	420	0,126	1,35	0,170
Střešní substrát	70	500	0,350		0,473
Netkaná text. (FILTDEK 200)	2	150	0,003		0,004
Nopová f. (DEKDREN T20 GARDEN)	20	230	0,046		0,062
Netkaná text. (FILTDEK 300)	2,9	150	0,004		0,006
Hydroizolační folie (DEKPLAN 77)	4	950	0,038		0,051
Netkaná text. (FILTDEK 300)	2,9	150	0,004		0,006
Tepelná izolace (DEKPERIMETER SD 150)	80	25	0,020		0,027
Lepidlo na tep. i. (PUK 3D XL)	-	-	-		-
EPS 150	120	33	0,0396		0,053
Lepidlo na tep. i. (PUK 3D XL)	-	-	-		-
Hydroizolace (GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL)	4	1100	0,044		0,059
Penetrační nátěr (DEKPRIMER)	-	-	-		-
Silikátový spádový potěr	50	2200	1,1		1,485

Statický výpočet

Skladba terasy

Název	Tl. [mm]	Objemová tíha [kg/m ³]	g _k [kN/m ²]	γ _G	g _d [kN/m]
Betonová dlažba	40	2300	0,920	1,35	1,242
Plast. terč + vzduch. mezera	20-200	-	-		-
Hydroizolační folie (DEKPLAN 77)	1,8	950	0,017		0,023
Tepelná izolace (KINGSPAN Therma TR26)	120	30	0,036		0,049
Spádové klíny EPS 150	150	33	0,050		0,067
Hydroizolace (GLASTEK 40 SPECIAL MINERAL)	4	1100	0,044		0,059
Penetrační nátěr (DEKPRIMER)	-	-	-		-
					1,440

4.1.2 Vlastní tíha prvků

Vlastní tíha konstrukcí je počítána v programu Dlubal RFEM 6.01 na základě navrhovaných rozměrů.

4.1.3 Zatížení zeminou

Souvrství zeminy bylo převzato z IGP pro kolektor Hlávkův most v Praze. Z hlediska charakteristik zemin se jedná o předpokládanou skladbu v dané lokalitě, jedná se o Záhořanské břidlice. Hladina podzemní vody se nachází 7,82 m od původního terénu. Pro zjištění přesných parametrů zemin by bylo nutné provést vrt na místě stavby.

Předpokládaný geologický profil

Hloubka [m]	Hornina
0,00 – 2,27	AN-navážka
2,27 – 8,67	FL-P-fluv. sedimenty Vltavy
8,67 – 9,56	W5-zcela zvětralé (ZHR)
9,56 -11,95	W4/W3-silně zvětralé břidlice (ZHR)
11,95-13,65	W2 – navětralé břidlice (ZHR)
13,65-24,50	W1 – zdravé břidlice (ZHR)

Charakteristika zemin

Hornina	γ _z [kN/m ³]	ν [-]	E _{def} [MPa]	φ _{et} [°]	c _{et} [kPa]
AN-navážka	21,00	0,37	15	20	15
FL-P-fluv. sedimenty Vltavy	20,50	0,34	25	34	0
W5-zcela zvětralé (ZHR)	21,00	0,40	8	20	30
W4/W3-silně zvětralé břidlice (ZHR)	24,00	0,35	100	27	25
W2 – navětralé břidlice (ZHR)	25,50	0,32	150	32	50
W1 – zdravé břidlice (ZHR)	35,00	0,29	200	35	80

Statický výpočet

Zatížení zemním tlakem

Na suterénní stěny pod úrovní upraveného terénu působí zemní tlak v klidu. Hladina podzemní vody je uvažována pod úrovní základové spáry. Hodnota svislého přetížení je odhadnuta na 5,0 kN/m², dynamický součinitel uvažován hodnoty 1,4.

AN – navážky

Pro nesoudržné zeminy:

$$K_{0,F4} := 1 - \sin(\varphi) = 0.658$$

$$h_{01} := 0.25 \text{ m}$$

$$\sigma_{01} := f_d \cdot K_{0,F4} + K_{0,F4} \cdot h_{01} \cdot \gamma_{z,d} = 9.598 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$h_{02} := 3.1 \text{ m}$$

$$\sigma_{02} := f_d \cdot K_{0,F4} + K_{0,F4} \cdot h_{02} \cdot \gamma_{z,d} = 62.761 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

FL-P-fluv. Sedimenty Vltavy

Pro nesoudržné zeminy:

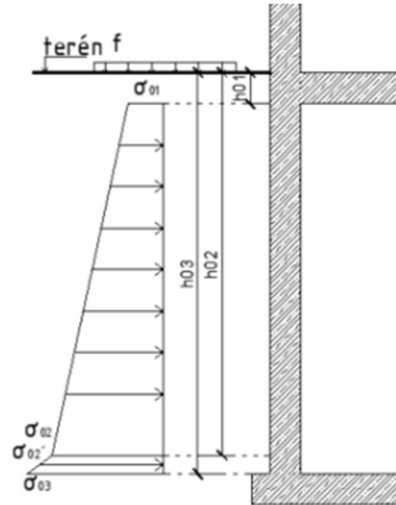
$$K_{0,S4} := 1 - \sin(\varphi) = 0.5$$

$$h_{02} := 3.1 \text{ m}$$

$$\sigma_{02} := f_d \cdot K_{0,S4} + K_{0,S4} \cdot h_{02} \cdot \gamma_{z,d} = 47.693 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$h_{03} := 3.25 \text{ m}$$

$$\sigma_{03} := f_d \cdot K_{0,S4} + K_{0,S4} \cdot h_{03} \cdot \gamma_{z,d} = 49.819 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



V případě sedimentů vychází zatížení na suterénní stěnu menší než od navážek. Pro zjednodušení je na celou stěnu uvažováno zatížení od zeminou složenou z navážek.

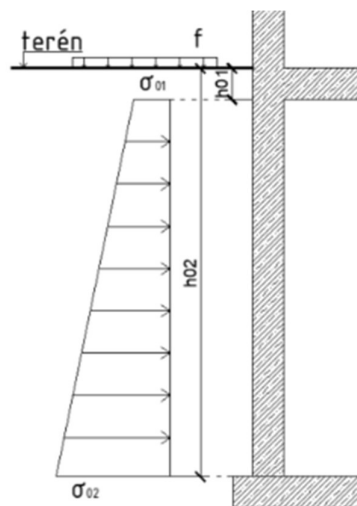
AN – navážka

$$h_{01} := 0.25 \text{ m}$$

$$\sigma_{01} := f_d \cdot K_{0,F4} + K_{0,F4} \cdot h_{01} \cdot \gamma_{z,d} = 9.598 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$h_{02} := 3.25 \text{ m}$$

$$\sigma_{02} := f_d \cdot K_{0,F4} + K_{0,F4} \cdot h_{02} \cdot \gamma_{z,d} = 65.559 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Statický výpočet

4.2 Proměnné zatížení**4.2.1 Užitné**

Název		Kategorie	q_k [kN/m ²]	γ_q	q_d [kN/m]
Kancelářské prostory	1.-6.NP	B	2,50	1,5	3,75
Schodiště, terasy	1.-6.NP	A	3,00		4,50
Garáže	1.PP	F	2,50		3,75
Nepochozí střecha	střecha	H	0,75		1,13

4.2.2 Přemístitelné příčky

Dle předpokladu využitelnosti objektu jsou uvažovány přemístitelné příčky, kdy vlastní tíha lehkých přemístitelných příček je uvažována jako ekvivalentní rovnoměrné zatížení přidané k užitému zatížení.

Přemístitelné příčky o vlastní tíze ≤ 1 kN/m délky příčky:

$$q_{k.příčky} := 0.5 \frac{kN}{m^2} \quad q_{d.příčky} := q_{k.příčky} \cdot 1.5 = 0.75 \frac{kN}{m^2}$$

4.2.3 Zatížení sněhem

Střecha uvažována jako plochá se sklonem do 5°.

- sněhová oblast	lokality - Praha	1
- char. hodnota		$s_k := 0.7 \frac{kN}{m^2}$
- zatížení sněhem		
- součinitel expozice	normální krajina	$C_e := 1$
- součinitel tepla		$C_t := 1$
- tvarový součinitel $\alpha < 30^\circ$		$\mu_1 := 0.8$

$$\text{Průměrné zatížení sněhem} \quad s := s_k \cdot \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t = 0.56 \frac{kN}{m^2}$$

4.2.3 Zatížení větrem

Ke stanovení zatížení větrem byl použit generátor zatížení v softwaru Dlubal RFEM 6.1 pomocí něhož byly na budovu aplikovány účinky větru dle lokality, ve které stavba stojí. Byly vytvořeny zatěžovací stavy ve směru působení větru $x+$, $x-$, $y+$, $y-$.

Statický výpočet

5. Předběžný návrh a posouzení**5.1 Stropní desky****5.1.1 Návrh**

Empirický návrh stropních desek:

Lokálně podepřená deska – desky hřibové

- tento typ podepření uvažují u sloupů ve středním traktu jednotlivých křídel

$$l_{max} := 8.100 \text{ m}$$

$$c := 0.3 \cdot l_{max} = 2.43 \text{ m}$$

$$h_d := \frac{l_{max} - 2 \cdot \frac{c}{3}}{35} = 185.143 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad h_{d,h} := 200 \text{ mm}$$

kde c účinná šířka viditelné hlavice

Výsledný návrh tloušťky stropních desek zohledňuje rovněž konkrétní hodnoty zatížení, které na desky působí. V další fázi výpočtů budu uvažovat lokálně podepřené desky hřibové, tudíž

$$h_d := 200 \text{ mm}.$$

5.1.2 Posouzení

Navrhovaná výztuž $\phi_d := 12 \text{ mm}$

$$m_{Ed,k} := \frac{1}{12} \cdot (g_d + q_d) \cdot l_{max}^2 = 67.906 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$d := h_d - c_{nom} - \frac{\phi_d}{2} = 164 \text{ mm}$$

$$\mu := \frac{m_{Ed,k}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = 0.126$$

$$\xi := \frac{0.8 - \sqrt{0.64 - 1.28 \cdot \mu}}{0.64} = 0.169$$

$$A_{s,req} := \frac{0.8 \cdot \xi \cdot b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = 1021.5 \text{ mm}^2$$

$$\rho := \frac{A_{s,req}}{b \cdot d} \cdot 100 = 0.623 \%$$

Pro stropní desky se poměrná výška tlačené oblasti ideálně pohybuje okolo $\xi \approx 0,1 \div 0,15$. Předběžný návrh tloušťky stropní desky lze považovat za vyhovující.

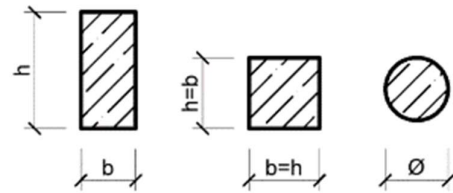
5.2 Sloupy

Sloupy jsou navrženy a ověřeny na nejvíce zatíženém prvku o shodné geometrii v daném podlaží, kdy ve středním traktu vyšších podlažích jsou uvažovány čtvercové sloupy a po obvodu sloupy obdélníkové, kruhové sloupy jsou jako podepření jednotlivých teras. Sloupy jsou centricky zatížené.

Statický výpočet

5.2.1 Návrh

Sloup	Podlaží	Návrh		
		h [mm]	b [mm]	L [mm]
S 0.1	1.PP	700	500	3700
S 1.1	1.NP	450	450	3550
S 1.2	1.NP	450	300	3550
S 1.3	1.NP	Ø250		3550
S 3.1	3.NP	450	450	3550
S 4.2	4.NP	450	300	3550
S 6.2	6.NP	Ø250		3550



5.2.2 Posouzení

Ověření únosnosti pro dostředný tlak

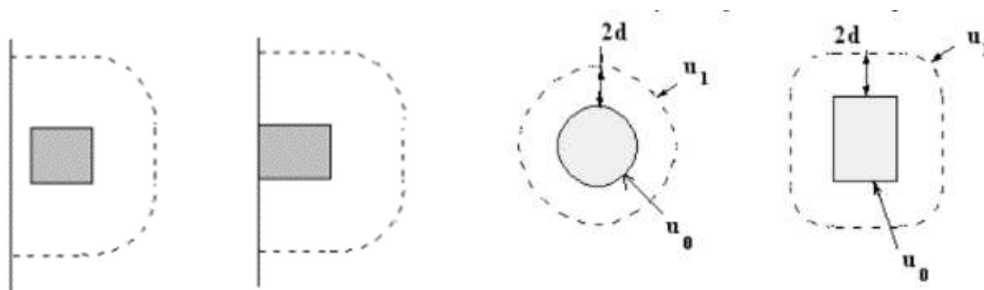
$$N_{Rd} := 0.8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot \sigma_s \quad \rightarrow \quad N_{Rd} := 0.8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + \rho \cdot A_c \cdot \sigma_s$$

kde $\sigma_s := 400 \text{ MPa}$
 $\rho := 2\%$

Sloup	Podlaží	Návrh		Posouzení			
		h [mm]	b [mm]	A _c [mm ²]	N _{Rd} [kN]	N _{ed,max} [kN]	N _{Rd} ≥ N _{ed,max}
S 0.1	1.PP	700	500	350000	8400	7914	Vyhovuje
S 1.1	1.NP	450	450	202500	4860	3652	Vyhovuje
S 1.2	1.NP	450	300	135000	3240	3074	Vyhovuje
S 1.3	1.NP	Ø250		49087	1178	615	Vyhovuje
S 3.1	3.NP	450	450	202500	4860	2435	Vyhovuje
S 4.2	4.NP	450	300	135000	3240	1740	Vyhovuje
S 6.3	6.NP	Ø250		49087,39	1178	263	Vyhovuje

Navržené rozměry sloupů lze uzнат za přijatelné, je zachována dostatečná rezerva pro vliv ohybových momentů.

Posouzení na protlačení stropní desky



Posouzení je opět vztaženo pouze na vybrané sloupy namáhané z hlediska protlačení.

Kontrolovaný obvod u₀ (líc sloupu)

$$v := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$

kde $\theta_k := 1.40$
 $\theta_v := 1.15$
 $\theta_r := 1.50$

$$v_{Ed,0} := \frac{\theta \cdot V_{Ed}}{u_0 \cdot d}$$

pro krajní sloup
 pro vnitřní sloup
 pro rohový sloup

$$v_{Rd,max} := 0.4 \cdot f_{cd} \cdot v$$

Statický výpočet

Sloup	Posouzení kontrolovaného obvodu u_0							
	h_d [mm]	d [mm]	u_0 [mm]	v [-]	V_{Ed} [kN]	$V_{Ed,0}$ [MPa]	$V_{Rd,max}$ [MPa]	$V_{Rd,max} \geq V_{Ed,0}$
S 0.1	200	164	2400	0,528	595,998	1,741	4,224	Vyhovuje
S 1.1	350	314	1800	0,528	325,507	0,662	4,224	Vyhovuje
S 6.3	200	164	628	0,528	262,864	3,571	4,224	Vyhovuje

Posouzení sloupy S 1.1 v líci viditelné hlavice
- velikost hlavice 2,0 m x 1,0 m x 0,15 m

Sloup	Posouzení kontrolovaného obvodu u_0							
	h_d [mm]	d [mm]	u_0 [mm]	v [-]	V_{Ed} [kN]	$V_{Ed,0}$ [MPa]	$V_{Rd,max}$ [MPa]	$V_{Rd,max} \geq V_{Ed,0}$
S 1.1	200	164	6000	0,528	227,872	0,266	4,224	Vyhovuje

Sloupy S X.2, S X.3, neposuzují na protlačení stropní desky v kontrolovaném obvodu u_0 z důvodu toho, že v místě sloupů je navrženo ztužující žebro, které napomáhá proti zmiňovanému protlačení.

Kontrolovaný obvod u_1 ($2 \cdot d$ za lícem sloupu)

$$v_{Ed,1} := \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d}$$

$$v_{Rd,c} := C_{Rd,c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{(100 \cdot f_{ck} \cdot \rho_1)}$$

$$k := 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$$

kde $C_{Rd,c} := \frac{0.18}{\gamma_c} = 0.12$ empirický koeficient

$\beta_v := 1.40$ pro krajní sloup

$\beta_v := 1.15$ pro vnitřní sloup

$\beta_r := 1.50$ pro rohový sloup

$\rho_1 := 0.5\%$

$k_{max} := 2.00$ součinitel únosnosti desky se smykovými trny

Sloup	Posouzení kontrolovaného obvodu u_1							
	h_d [mm]	d [mm]	u_1 [mm]	k [-]	V_{Ed} [kN]	$V_{Ed,1}$ [MPa]	$V_{Rd,c}$ [MPa]	$V_{Rd,c} \geq V_{Ed,1}$
S 0.1	200	164	4421	2	595,998	0,945	1,200	Vyhovuje
S 1.1	350	314	3804	2	325,507	0,382	1,200	Vyhovuje
S 6.3	200	164	2689	2	262,864	0,834	1,200	Vyhovuje

Statický výpočet

Posouzení sloupu S 1.1 v líci viditelné hlavice

- velikost hlavice 2,0 m x 1,0 m x 0,15 m

Sloup	Posouzení kontrolovaného obvodu u_1							
	h_d [mm]	d [mm]	u_1 [mm]	k [-]	V_{Ed} [kN]	$V_{Ed,1}$ [MPa]	$V_{Rd,c}$ [MPa]	$V_{Rd,c} \geq V_{Ed,1}$
S 1.1	200	164	7985	2	227,872	0,200	1,200	Vyhovuje

U sloupů značených S X.1 (ve středním traktu jednotlivých polí) budou zhotoveny viditelné hlavice 2,0 x 1,0 m, tloušťky 0,15 m.

6.3 Stěny

Vnější suterénní stěny jsou navrženy o tloušťce 300 mm. Vnitřní stěny v objektu (železobetonová ztužující jádra) jsou navrženy o tloušťce 250 mm.

6.3.1 Návrh

Stěna	Podlaží	Návrh
		h_w [mm]
ST 0.1	1.PP	300
ST 0.2	1.NP	250
ST X.2	1.NP – 6NP	250

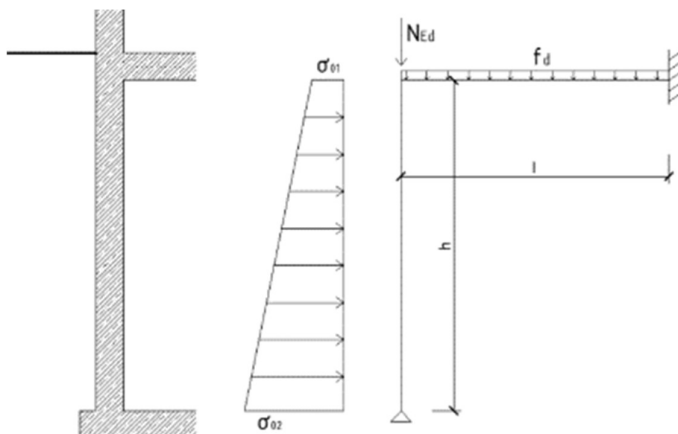
6.3.2 Posouzení

$$A_c := b \cdot h_w$$

$$N_{Rd} := 0.8 \cdot A_c \cdot f_{cd}$$

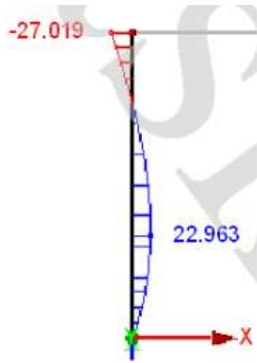
Sloup	Podlaží	Návrh	Posouzení			
		t_w [mm]	A_c [mm ²]	N_{Rd} [kN]	$N_{Ed,max}$ [kN]	$N_{Rd} \geq N_{Ed,max}$
ST 0.1	1.PP	300	300000	4800	875	Vyhovuje
ST 0.2	1.NP	250	250000	4000	3663	Vyhovuje

Posouzení suterénní stěny ST 0.1



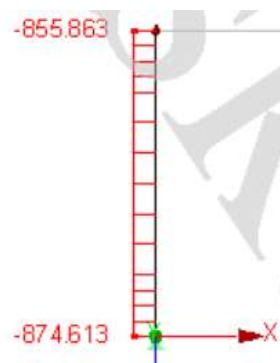
Statický výpočet

M [kNm]



$$l := 4050 \text{ mm}$$

N [kN]



$$h := 3000 \text{ m}$$

$$t_w := 300 \text{ mm}$$

$$\phi_w := 8 \text{ mm}$$

$$d_w := t_w - c_{nom} - \frac{\phi_w}{2} = 266 \text{ mm}$$

$$\mu := \frac{m_{Ed,k}}{b \cdot d_w^2 \cdot f_{cd}} = 0.019$$

$$v := \frac{N_{Ed}}{b \cdot t_w \cdot f_{cd}} = 0.146$$

$$\xi := \frac{0.8 - \sqrt{0.64 - 1.28 \cdot \mu}}{0.64} = 0.024$$

$$A_{s,req} := \frac{0.8 \cdot \xi \cdot b \cdot d_w \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = 235.9 \text{ mm}^2$$

$$\rho := \frac{A_{s,req}}{b \cdot d} \cdot 100 = 0.024 \text{ m}$$

Navržené tloušťky stěn lze považovat za vyhovující. Výsledná tloušťka je navržena s ohledem na možnost bezproblémového vyztužení a napojení s dalšími nosnými prvky.

6. Výpočetní model

Výpočetní model byl vytvořen v programu pro statické a dynamické výpočty Dlubal RFEM 6.1. Budova je modelována jako 3D objekt. Pro výpočet byla použita metoda konečných prvků s velikostí sítě 0,5 m pro plošné prvky. Základová deska je podepřena plošně pružnou podporou, kdy je nastavena tuhost podpory v jednotlivých směrech. Suterénní sloupy podpírající řešenou část jsou zakončeny těsně nad základovou deskou a podepřeny vetknutím, tím je modelováno spolupůsobení s pilotami.

Výpočetní model varianty B

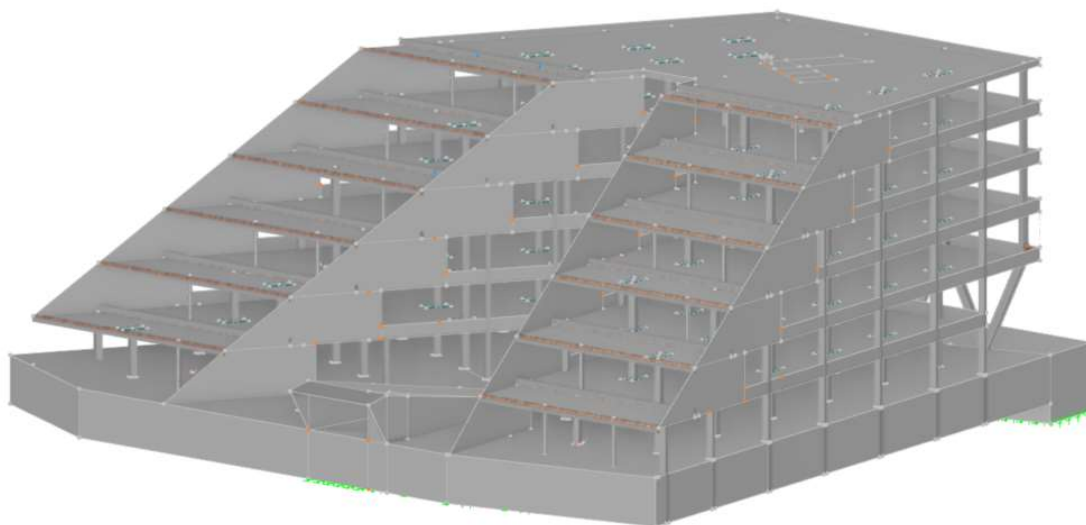
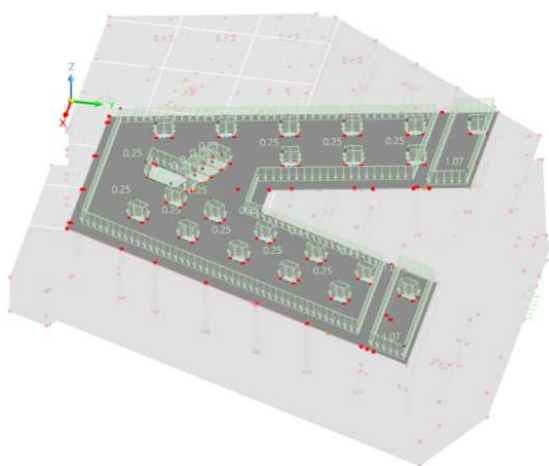
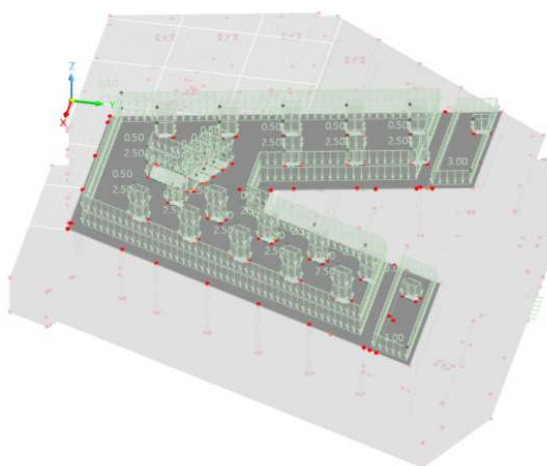


Schéma zatížení výpočetního modelu

Plošné stálé zatížení – podlahy, terasy



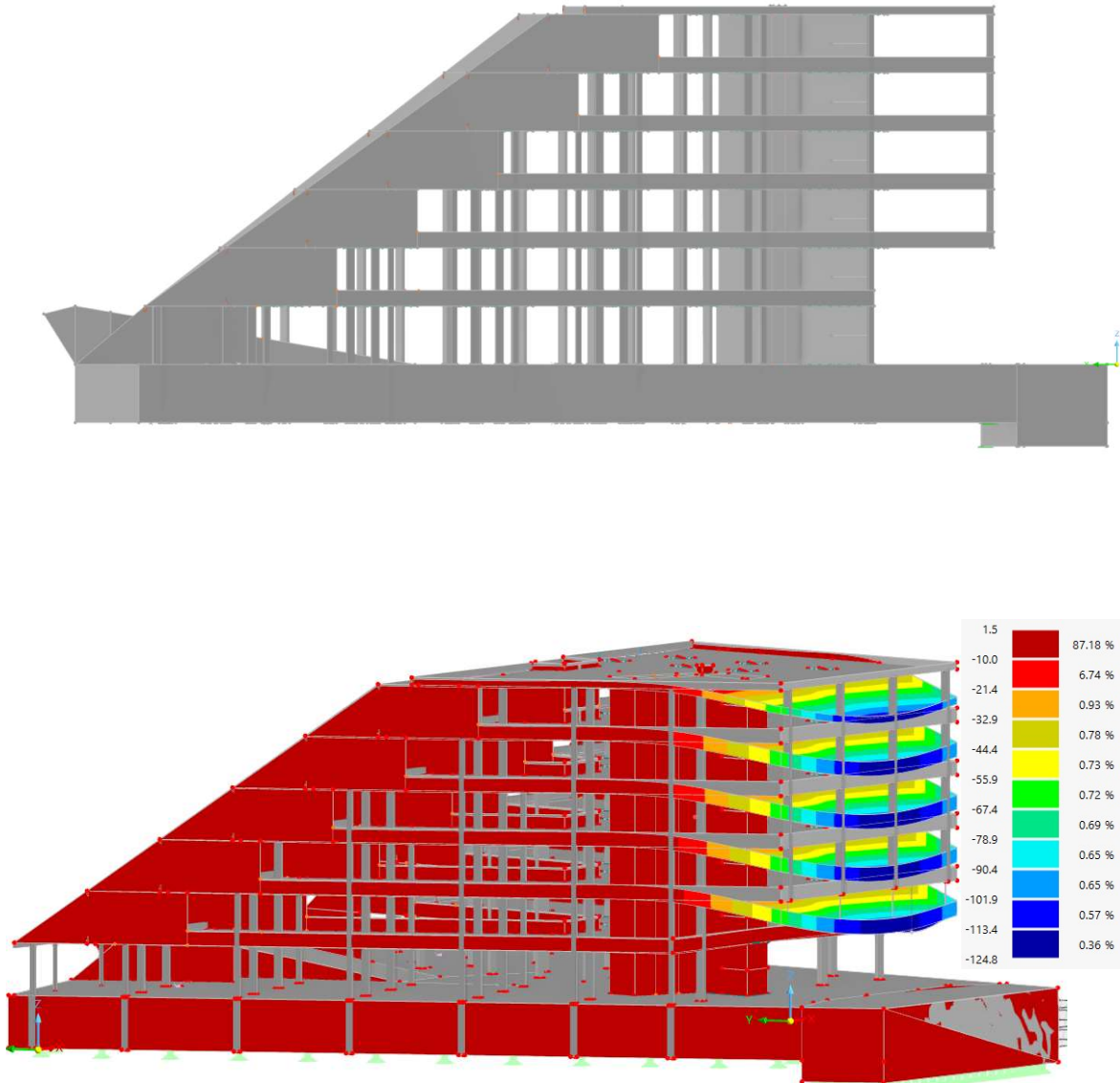
Plošné užitné zatížení – podlahy, terasy



Pro návrh a posouzení nosných prvků (MSÚ) byla vytvořena návrhová kombinace zatížení, pro posouzení průhybů (MSP) byla vytvořena charakteristická a kvazistálá kombinace. Pro vyztužení vybraných prvků byl použit přídatný modul RF-CONCRETE. Posouzení železobetonových konstrukcí proběhlo dle platných norem a národních příloh.

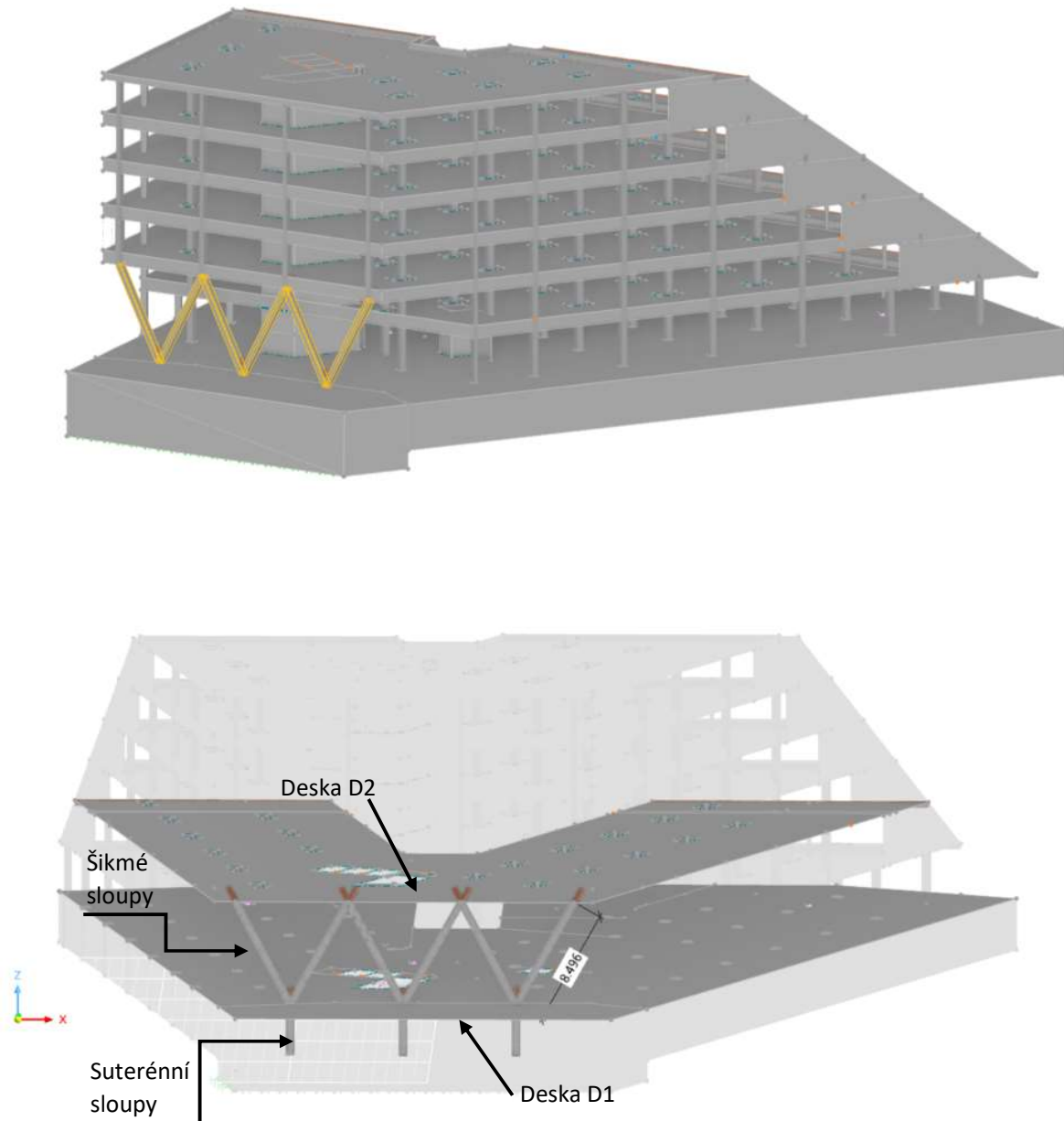
7. Varianta A

Na tomto prvním variantní řešení bylo záměrně vynecháno jakékoliv podepření a mělo za úkol zhodnotit, zda jsou vůbec podpěry zapotřebí. Byl tak vytvořen volný prostor pod předsazenými horními patery. Po provedení výpočtu bylo zjištěno, že globální deformace (pokles) těchto pater dosahuje téměř 125 mm. Z čehož vyplívá, že budova vyžaduje návrh podepření této části.



8. VARIANTA B

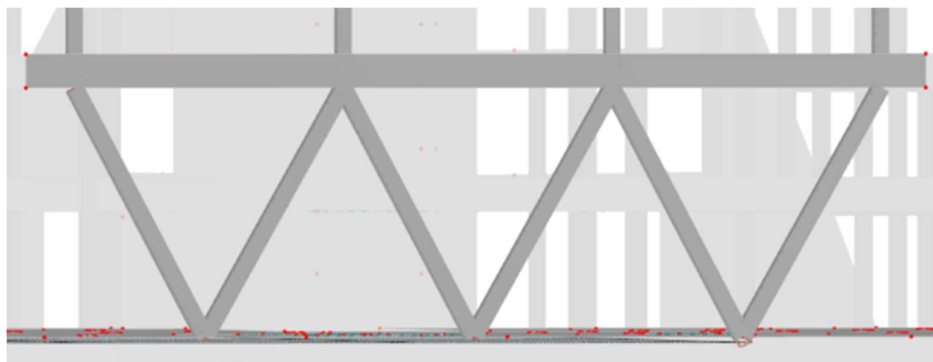
Ve variantě B je prostor řešen podepřením pomocí šesti šikmých železobetonových sloupů, kde se v patě stýká vždy dvojice sloupů. Rozmístění sloupů je zvoleno tak, aby každý sloup horního patra byl vynášen sloupem šikmým, pomocí nichž je zajištěn přenos zatížení do suterénních sloupů, potažmo pilot.



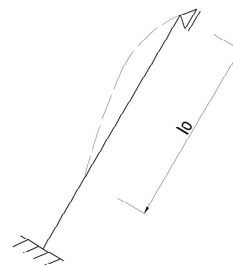
Statický výpočet

8.1 Šikmé sloupy

8.1.1 Schéma



Konzervativně uvažován součinitel vzpěrné délky $\beta = 0,7$.



8.1.2 Vnitřní síly

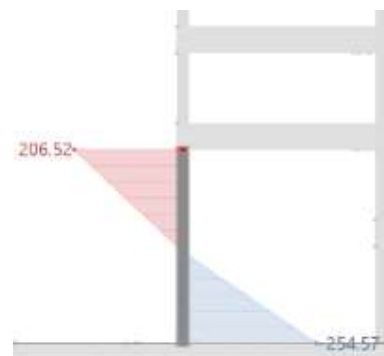
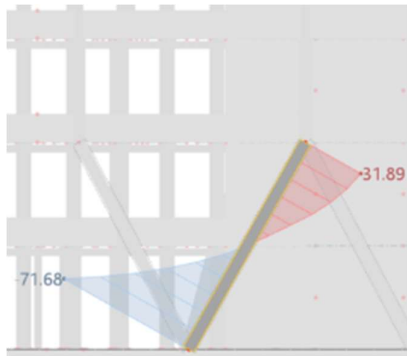
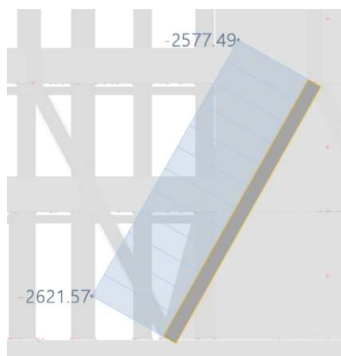
Vnitřní síly brány z nejvíce zatíženého sloupu

MSÚ:

N [kN]

M_y [kNm]

M_z [kNm]



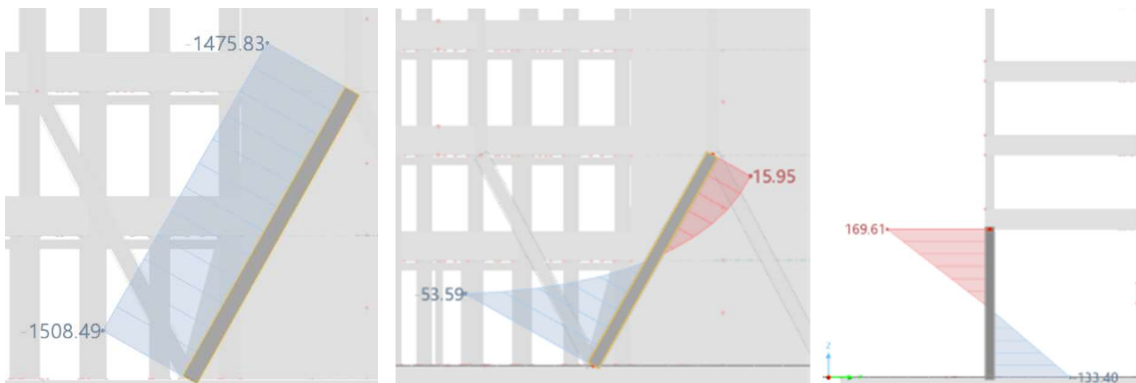
Statický výpočet

MSP:

N [kN]

M_y [kNm]

M_z [kNm]



Parametry sloupu:

délka
rozměr
moment setrvačnosti
poloměr setrvačnosti
plocha průřezu

$l := 8500 \text{ mm}$
 $b := 420 \text{ mm}$ $h := 420 \text{ mm}$
 $I_y := 259308 \text{ cm}^4$ $I_c := I_y = (2.593 \cdot 10^5) \text{ cm}^4$
 $i_c := 121.2 \text{ mm}$
 $A_c := b \cdot h = 176400 \text{ mm}^2$

Ověření rozměrů sloupu:

$\sigma_s := 400 \text{ MPa}$ $\rho_s := 0.02$
 $A_s := \rho_s \cdot A_c = (3.528 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$
 $N_{Rd} := 0.8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot \sigma_s = 4233.6 \text{ kN}$

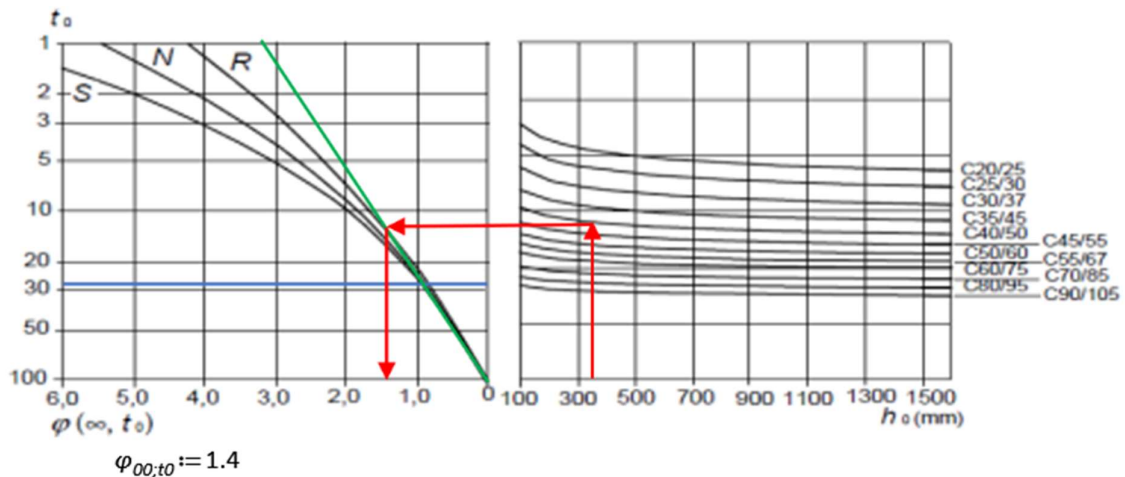
$\geq N_{Ed} := 2134.78 \text{ kN}$

8.1.3 Součinitel dotvarování

Vstupní parametry:

čas vnesení zatížení
obvod průřezu vystavený vysychání
typ cementu
prostředí

$t_0 := 28 \text{ day}$
 $u := 2000 \text{ mm}$
 N – normálně tvrdnoucí
 vnější, RH = 80%



Statický výpočet

8.1.3 ŠtíhlostVstupní parametry:

součinitel vzpěrné délky	$\theta := 0.7$
vzpěrná délka	$l_0 := l \cdot \theta = 5950 \text{ mm}$
návrhová normálová síla	$N_{Ed} := 2621.57 \text{ kN}$
max. ohybové momenty MSÚ	$M_{y;MSÚ} := -71.68 \text{ kN} \cdot \text{m}$
	$M_{z;MSÚ} := -254.57 \text{ kN} \cdot \text{m}$
max. ohybové momenty MSP	$M_{y;MSP} := -54.64 \text{ kN} \cdot \text{m}$
	$M_{z;MSP} := 169.61 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Štíhlost:

$$\lambda_{y,z} := \frac{l_0}{i_c} = 49.092$$

$$\lambda_{z,y} := \frac{l_0}{i_c} = 49.092$$

Limitní štíhlost:

Efektivní součinitel dotvarování

$$\varphi_{ef,y} := \varphi_{00,t0} \cdot \frac{M_{y;MSP}}{M_{y;MSÚ}} = 1.067$$

$$\varphi_{ef,z} := \varphi_{00,t0} \cdot \frac{M_{z;MSP}}{M_{z;MSÚ}} = 0.933$$

Součinitel A

$$A_y := \frac{1}{(1 + 0.2 \cdot \varphi_{ef,y})} = 0.824$$

$$A_z := \frac{1}{(1 + 0.2 \cdot \varphi_{ef,z})} = 0.843$$

Součinitel B

$$B := \sqrt{1 + 2 \cdot \omega}$$

Z důvodu pozdějšího návrhu výztuže, uvažováno konzervativně $B := 1.1$

Součinitel C

Uvažuji doporučenou hodnotu, nikoliv hodnotu danou výpočtním vztahem z koncových momentů.

$$r_m := 1$$

$$C := 1.7 - r_m = 0.7$$

Poměrná normálová síla

$$n := \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.743$$

Výpočet limitní štíhlosti

$$\lambda_{lim,y} := \frac{20 \cdot A_y \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} = 14.723$$

Statický výpočet

$$\lambda_{lim,z} := \frac{20 \cdot A_z \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} = 15.056$$

$$\lambda_{y,z} = 49.092 \quad \parallel > \parallel \quad \lambda_{lim,y} = 14.723$$

$$\lambda_{z,y} = 49.092 \quad \parallel > \parallel \quad \lambda_{lim,z} = 15.056$$

Sloup se v obou směrech jeví jako štíhlý \Rightarrow nutno do posudku zahrnout účinky druhého řádu.

8.1.4 Výpočet metodou jmenovité tuhosti

· Návrhový ohybový moment M_y

Jmenovitá tuhost:

Pro prvotní odhad potřebné plochy výztuže sloupu je použit při výpočtu jmenovité tuhosti koeficient $K_s = 0,0$

$$E_{cd} := \frac{E_{cm}}{\gamma_{cE}} = 29.167 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{cE} := 1.2$$

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

$$K_c := \frac{0.3}{(1 + \varphi_{ef,y})} = 0.145$$

$$EI := K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c + K_s \cdot E_s \cdot I_s = 10976 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

Ohybový moment prvního řádu s vlivem imperfekcí:

Výstřednost náhodná

$$e_i := \max\left(\frac{l_0}{400}, \frac{b}{300}, 20 \text{ mm}\right) = 20 \text{ mm}$$

Momenty s vlivem imperfekcí

$$M_{top} := 31.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{bot} := -71.68 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{02} := \max(|M_{top}|, |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed} = 124.111 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{01} := \min(|M_{top}|, |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed} = 84.321 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{02} = 124.111 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \parallel > \parallel \quad M_{01} = 84.321 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{0Ed} := \max(0.6 \cdot -M_{02} + 0.4 \cdot M_{01}, 0.4 \cdot -M_{02}) = -40.738 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Ohybový moment s vlivem druhého řádu:

$$N_B := \pi^2 \cdot \frac{EI}{l_0^2} = 3059.919 \text{ kN}$$

$$\beta := \frac{\pi^2}{8} = 1.234$$

$$M_{Ed} := M_{0Ed} \cdot \left(1 + \frac{\beta}{\left(\frac{N_B}{N_{Ed}} - 1\right)}\right) = -341.314 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Statický výpočet

$$M_{Ed,y;rozhod} := \max(M_{02}, M_{Ed}, M_{01} + 0.5 \cdot (M_{Ed} - M_{0Ed})) = 124.111 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Návrh výztuže:

Předpoklad 2 x 3 ∅ 22 (při každém povrchu)

$$d_1 := c + \frac{\phi}{2} = 61 \text{ mm}$$

$$d := h - d_1 = 359 \text{ mm}$$

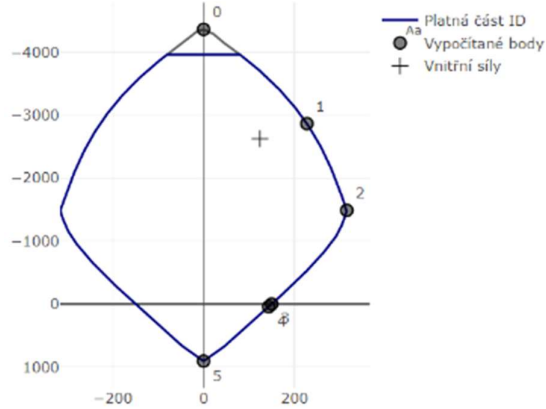
$$z_1 := d - \frac{h}{2} = 149 \text{ mm}$$

$$z_2 := z_1 \quad d_2 := d_1$$

$$A_{s1,y} := 1040 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2,y} := 1040 \text{ mm}^2$$

$$\rho := \frac{A_{s1,y} + A_{s2,y}}{A_c} = 0.012$$



Bod znázorňující vnitřní síly leží uvnitř platné části interakčního diagramu, navržená výztuž vyhovuje.

Návrhový ohybový moment M_z

Jmenovitá tuhost:

Pro prvotní odhad potřebné plochy výztuže sloupu je použit při výpočtu jmenovité tuhosti koeficient $K_s = 0,0$

$$E_{cd} := \frac{E_{cm}}{\gamma_{cE}} = 29.167 \text{ GPa}$$

$$\gamma_{cE} := 1.2$$

$$K_c := \frac{0.3}{(1 + \varphi_{ef,y})} = 0.145$$

$$EI := K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c + K_s \cdot E_s \cdot I_s = 10976 \text{ kN}\cdot\text{m}^2$$

Ohybový moment prvního řádu s vlivem imperfekcí:

Výstřednost náhodná

$$e_i := \max\left(\frac{l_0}{400}, \frac{b}{300}, 20 \text{ mm}\right) = 20 \text{ mm}$$

Momenty s vlivem imperfekcí

$$M_{top} := 206.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{bot} := -254.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{02} := \max(|M_{top}|, |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed} = 307.001 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{01} := \min(|M_{top}|, |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed} = 258.951 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{02} = 307.001 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \gg \quad M_{01} = 258.951 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{red} := \max(0.6 \cdot -M_{02} + 0.4 \cdot M_{01}, 0.4 \cdot -M_{02}) = -80.62 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Statický výpočet

Ohybový moment s vlivem druhého řádu:

$$N_B := \pi^2 \cdot \frac{EI}{l_0^2} = 3059.919 \text{ kN}$$

$$\theta := \frac{\pi^2}{8} = 1.234$$

$$M_{Ed} := M_{0Ed} \cdot \left(1 + \frac{\theta}{\left(\frac{N_B}{N_{Ed}} - 1 \right)} \right) = -675.454 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Edz,rozhod} := \max(M_{0z}, M_{Ed}, M_{01} + 0.5 \cdot (M_{Ed} - M_{0Ed})) = 307.001 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Návrh výztuže:

Předpoklad 2 x 4 \varnothing 25 (při každém povrchu)

$$d_1 := c + \frac{\phi}{2} = 62.5 \text{ mm}$$

$$d := h - d_1 = 357.5 \text{ mm}$$

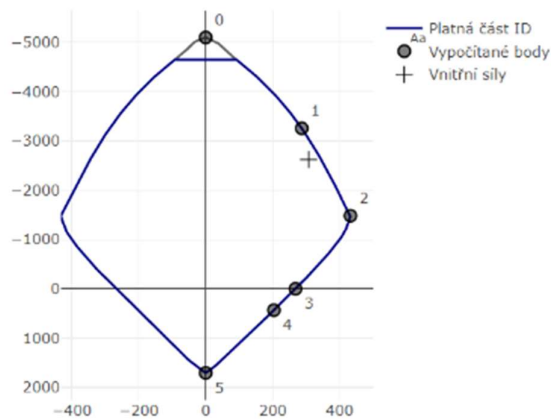
$$z_1 := d - \frac{h}{2} = 147.5 \text{ mm}$$

$$z_2 := z_1 \quad d_2 := d_1$$

$$A_{s1,z} := 1521 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2,z} := 1521 \text{ mm}^2$$

$$\rho := \frac{A_{s1,z} + A_{s2,z}}{A_c} = 0.017$$



Bod znázorňující vnitřní síly leží uvnitř platné části interakčního diagramu, navržená výztuž vyhovuje.

Metodou jmenovité tuhosti byly vyšetřovány jednotlivé směry, v nichž působí ohybové momenty zvlášť, a tak je nutné vyšetřit vzájemnou interakci. Oproti prvotnímu návrhu dojde ke korekci součinitele $K_s=1$. Z tohoto důvodu je vytvořen nový opravný návrh, kdy s nově navrženou výztuží jsou rovněž přepočteny návrhové hodnoty ohybových momentů. Jelikož se jedná o dvousměrné namáhání, posudek musí splňovat následující podmínky:

$$\frac{\lambda_{y,z}}{\lambda_{z,y}} = 1 \quad \leq 2$$

VYHOVUJE

$$\frac{\lambda_{y,z}}{\lambda_{z,y}} = 1 \quad \leq 2$$

VYHOVUJE

$$b_{eq} := i_c \cdot \sqrt{12} = 0.42 \text{ m}$$

$$h_{eq} := i_c \cdot \sqrt{12} = 0.42 \text{ m}$$

$$e_z := \frac{M_{Edy,rozhod}}{N_{Ed}} = 0.047 \text{ m}$$

$$e_y := \frac{M_{Edz,rozhod}}{N_{Ed}} = 0.117 \text{ m}$$

Statický výpočet

$$\frac{\left(\frac{e_y}{h_{eq}}\right)}{\left(\frac{e_z}{b_{eq}}\right)} = 2.474 \leq 0.2 \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

$$\frac{\left(\frac{e_z}{b_{eq}}\right)}{\left(\frac{e_y}{h_{eq}}\right)} = 0.404 \leq 0.2 \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

Nebyly splněny požadované podmínky dle výše uvedených vztahů, avšak lze použít zjednodušené kritérium, pokud vyhovuje následující požadavek:

$$A_s := 2808 \text{ mm}^2$$

$$M_{Rdz} := A_{sz} \cdot f_{yd} \cdot z_1 = 195.829 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rdy} := A_{sy} \cdot f_{yd} \cdot z_1 = 195.829 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rd} := A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd} = (4.749 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0.552 \quad \rightarrow \quad \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline N_{Ed}/N_{Rd} & 0,1 & 0,7 & 1,0 \\ \hline a = & 1,0 & 1,5 & 2,0 \\ \hline \end{array} \quad \rightarrow \quad a := 1.22$$

$$\left(\frac{M_{Edz; rozhod}}{M_{Rdz}}\right)^a + \left(\frac{M_{Edy; rozhod}}{M_{Rdy}}\right)^a = 0.877 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka byla splněna, lze pokračovat ve výsledném návrhu.

Výsledný návrh a posouzení výztuže

· M_y 2 x 4 ∅ 25 (při každém povrchu)

Jmenovitá tuhost:

$$I_s := 2 \cdot (A_{s,prov} \cdot z_1^2) = (1.107 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

$$E_{cd} := \frac{E_{cm}}{\gamma_{cE}} = 29.167 \text{ GPa}$$

$$K_c := \frac{0.3}{(1 + \varphi_{ef,y})} = 0.145$$

$$EI := K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c + K_s \cdot E_s \cdot I_s = 33115.16 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$$

$$\gamma_{cE} := 1.2$$

$$K_s := 1$$

Ohybový moment prvního řádu s vlivem imperfekcí:

Výstřednost náhodná

$$e_i := \max\left(\frac{l_0}{400}, \frac{b}{300}, 20 \text{ mm}\right) = 20 \text{ mm}$$

Momenty s vlivem imperfekcí

$$M_{+...} := 31.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{-...} := -71.68 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Statický výpočet

$$M_{02} := \max(|M_{top}|, |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed} = 124.111 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{01} := \min(|M_{top}|, |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed} = 84.321 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{02} = 124.111 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \gg \quad M_{01} = 84.321 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{0Ed} := \max(0.6 \cdot -M_{02} + 0.4 \cdot M_{01}, 0.4 \cdot -M_{02}) = -40.738 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Ohybový moment s vlivem druhého řádu:

$$N_B := \pi^2 \cdot \frac{EI}{l_0^2} = 9231.934 \text{ kN}$$

$$\beta := \frac{\pi^2}{8} = 1.234$$

$$M_{Ed} := |M_{0Ed}| \cdot \left(1 + \frac{\beta}{\left(\frac{N_B}{N_{Ed}} - 1 \right)} \right) = 60.67 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Edy, rozhod} := \max(M_{02}, M_{Ed}, M_{01} + 0.5 \cdot (M_{Ed} - M_{0Ed})) = 135.026 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Mz 2 x 4 ø 25 (při každém povrchu)

Jmenovitá tuhost:

$$I_s := 2 \cdot (A_{s,prov} \cdot z_1^2) = (1.107 \cdot 10^8) \text{ mm}^4$$

$$E_{cd} := \frac{E_{cm}}{\gamma_{cE}} = 29.167 \text{ GPa}$$

$$K_c := \frac{0.3}{(1 + \varphi_{ef,y})} = 0.145$$

$$EI := K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c + K_s \cdot E_s \cdot I_s = 33115.16 \text{ kN}\cdot\text{m}^2$$

Ohybový moment prvního řádu s vlivem imperfekcí:

Výstřednost náhodná

$$e_i := \max\left(\frac{l_0}{400}, \frac{b}{300}, 20 \text{ mm}\right) = 20 \text{ mm}$$

Momenty s vlivem imperfekcí

$$M_{top} := 206.52 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad M_{bot} := -254.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{02} := \max(|M_{top}|, |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed} = 307.001 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{01} := \min(|M_{top}|, |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed} = 258.951 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{02} = 307.001 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \gg \quad M_{01} = 258.951 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{0Ed} := \max(0.6 \cdot -M_{02} + 0.4 \cdot M_{01}, 0.4 \cdot M_{02}) = 122.801 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Ohybový moment s vlivem druhého řádu:

$$N_B := \pi^2 \cdot \frac{EI}{l_0^2} = 9231.934 \text{ kN}$$

Statický výpočet

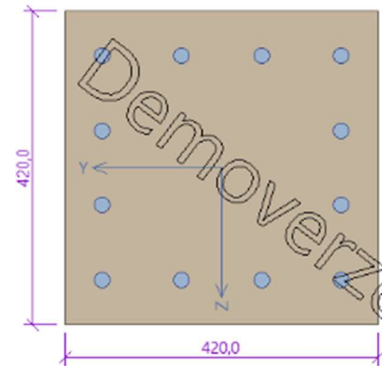
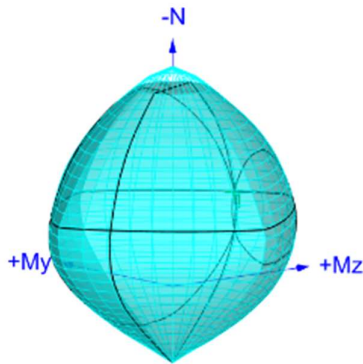
$$\beta := \frac{\pi^2}{8} = 1.234$$

$$M_{Ed} := M_{0Ed} \cdot \left(1 + \frac{\beta}{\left(\frac{N_B}{N_{Ed}} - 1 \right)} \right) = 182.883 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

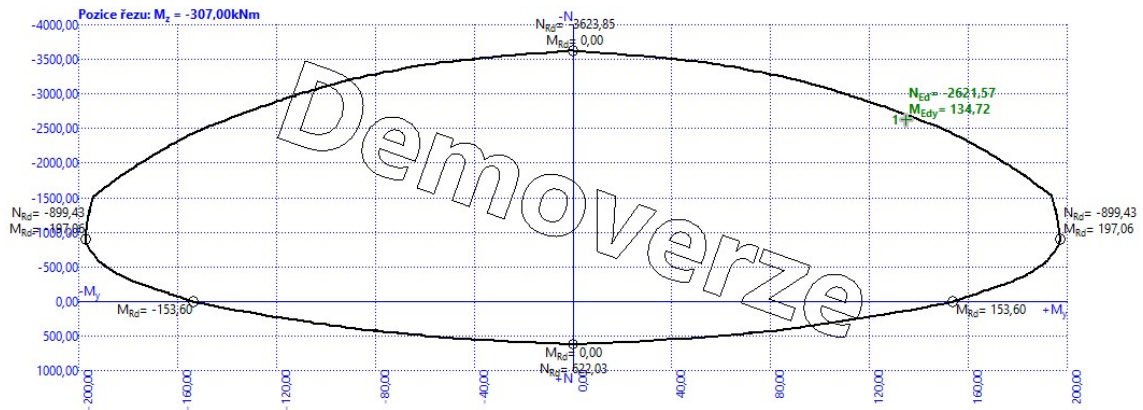
$$M_{Edz, rozhod} := \max(M_{02}, M_{Ed}, M_{01} + 0.5 \cdot (M_{Ed} - M_{0Ed})) = 307.001 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Posouzení

Posudek proveden pomocí výpočetního programu FIN EC 2022 - Beton, kdy byl využit prostorový interakční diagram.

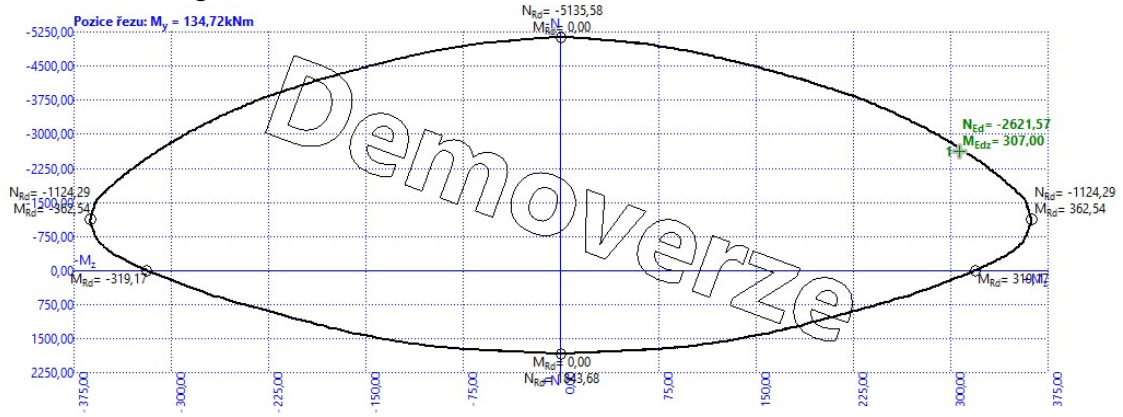


Interakční diagram N-My

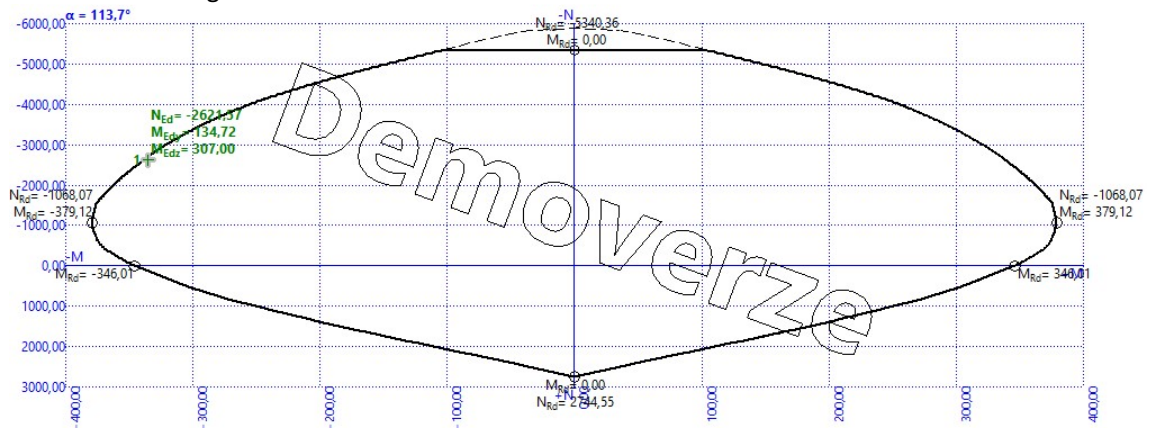


Statický výpočet

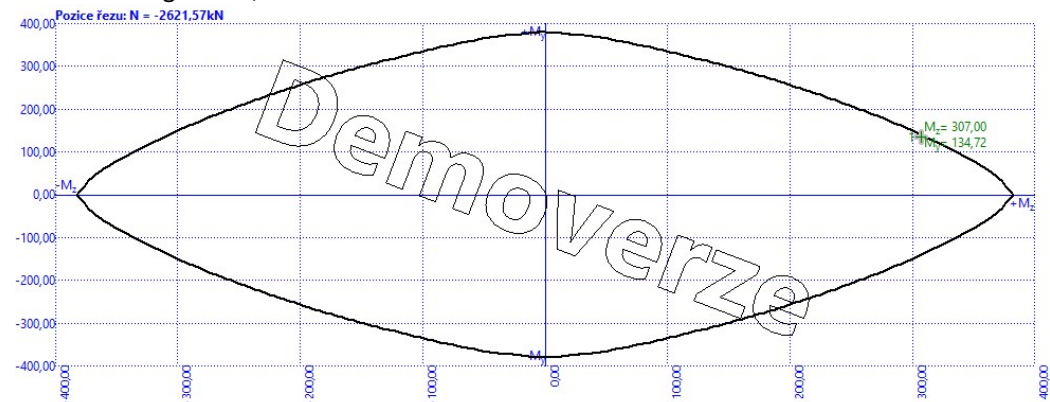
Interakční diagram N-Mz



Interakční diagram N-M



Interakční diagram M_y - M_z



Statický výpočet

Výstupní posudek:

Zat. případ 1 - základní návrhová

$N = -2621,57 \text{ kN}$; $M_y = 134,72 \text{ kNm}$; $M_z = 307,00 \text{ kNm}$

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):

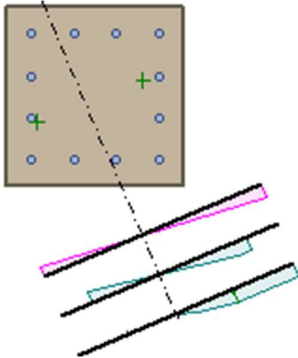
$$\rho_s = A_s / A_c = 5890 / 176.10^3 = 0,0334$$

$$\rho_{s,min} = \max(0,1 \times |N_{Ed}| / (f_{yd} \times A_c); 0,002) = \max(0,1 \times |-2\ 622| / (434,8 \times 176.10^3); 0,002) = \max(0,00342; 0,002) = 0,00342$$

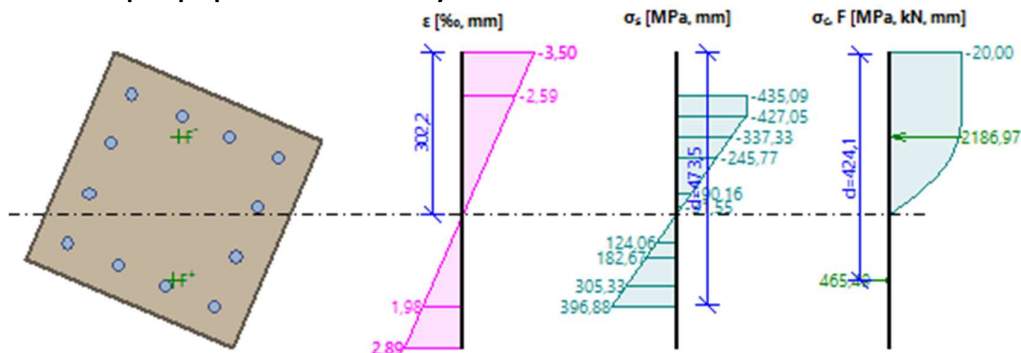
$$\rho_s = 0,0342 \geq \rho_{s,min} = 0,00342 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0342 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Orientace neutrální osy



Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vláknech průřezu

Nejmenší deformace v betonu: -3,50 ‰

Největší deformace v betonu: 2,89 ‰

Nejmenší deformace ve výztuži: -2,59 ‰

Největší deformace ve výztuži: 1,98 ‰

Směr neutrální osy: 293,28 °

$$N_{Ed} = -2621,57 \text{ kN} \leq N_{Rd} = -5884,19 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = 134,72 \leq M_{Rdy} = 136,14 \text{ kNm}$$

$$M_{Edz} = 307,00 \leq M_{Rdz} = 310,26 \text{ kNm}$$

Posouzení průřezu na tlak a ohyb Vyhovuje

Využití: 99,0 %

Navrhují 12 x Ø 25

Statický výpočet

8.1.5 Výpočet metodou jmenovité křivosti

Nejprve je výpočet proveden ve směru působícího ohybového momentu M_y . Tato metoda vyžaduje prvotní odhad množství výztuže sloupu. Na konci výpočtu je poté tento předpoklad ověřen případně upraven a výpočet opakován.

Návrhový ohybový moment M_y

Předpokládaný stupeň vyztužení: $\rho_{odhad} := \frac{A_s}{A_c} = 0.016$

Křivost:

$$\omega := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.346$$

$$n_u := 1 + \omega = 1.346$$

$$n_{bal} := 0.4$$

$$n := \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.743$$

$$K_r := \frac{(n_u - n)}{(n_u - n_{bal})} = 0.637 \quad \|\leq 1$$

Účinek dotvarování prostřednictvím K_φ :

$$\beta := 0.35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda_{y,z}}{150} = 0.173$$

$$K_\varphi := 1 + \beta \cdot \varphi_{ef,y} = 1.184$$

Jmenovitý rozměr příčného průřezu prvku:

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_c}{u} = 176.4 \text{ mm}$$

Ohybový moment prvního řádu s vlivem imperfekcí:

Výstřednost náhodná

$$e_i := \max\left(\frac{l_0}{400}, \frac{b}{300}, 20 \text{ mm}\right) = 20 \text{ mm}$$

Momenty s vlivem imperfekcí

$$M_{top} := 31.89 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad M_{bot} := -71.68 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{02} := \max(|M_{top}|, |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed} = 124.111 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{01} := \min(|M_{top}|, |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed} = 84.321 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{02} = 124.111 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \|\>\| \quad M_{01} = 84.321 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{0Ed} := \max(0.6 \cdot (-M_{02}) + 0.4 \cdot M_{01}, 0.4 \cdot -M_{02}) = -40.738 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Statický výpočet

Stanovení excentricity e_2 :

$$d := h - d_1 = 357.5 \text{ mm}$$

$$e_2 := 0.1 \cdot \frac{K_r \cdot K_\varphi \cdot f_{yd}}{0.45 \cdot d \cdot E_s} \cdot l_0^2 = 36.111 \text{ mm}$$

Ohybový moment s vlivem druhého řádu:

$$M_2 := e_2 \cdot N_{Ed} = 81.25 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Výsledný návrhový moment:

$$M_{Edy,rozhod} := \max(M_{02}, M_{0Ed} + M_2, M_{01} + 0.5 \cdot M_2) = 124.947 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Návrh výztuže:

Předpoklad $2 \times 3 \varnothing 22$ (při každém povrchu)

$$d_1 := c + \frac{\phi}{2} = 61 \text{ mm}$$

$$d := h - d_1 = 359 \text{ mm}$$

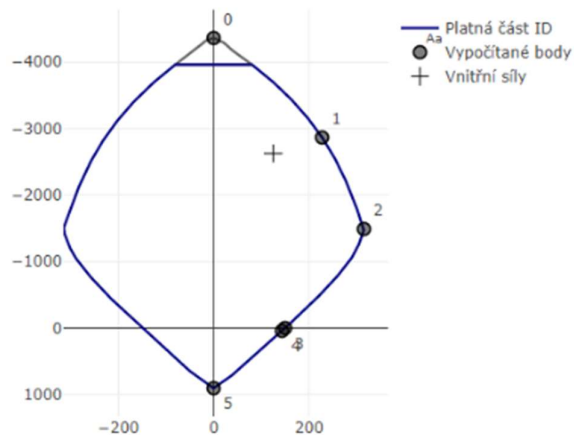
$$z_1 := d - \frac{h}{2} = 149 \text{ mm}$$

$$z_2 := z_1 \quad d_2 := d_1$$

$$A_{s1,y} := 1040 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2,y} := 1040 \text{ mm}^2$$

$$\rho := \frac{A_{s1,y} + A_{s2,y}}{A_c} = 0.012$$



Bod znázorňující vnitřní síly leží uvnitř platné části interakčního diagramu, navržená výztuž vyhovuje.

Návrhový ohybový moment M_z

Křivost:

$$\omega := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.346$$

$$n_u := 1 + \omega = 1.346$$

$$n_{bal} := 0.4$$

$$n := \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.638$$

$$K_r := \frac{(n_u - n)}{(n_u - n_{bal})} = 0.749 \quad \leq 1$$

Statický výpočetÚčinek dotvarování prostřednictvím $K\varphi$:

$$\theta := 0.35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda_{y,z}}{150} = 0.173$$

$$K\varphi := 1 + \theta \cdot \varphi_{ef,y} = 1.184$$

Jmenovitý rozměr příčného průřezu prvku:

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_c}{u} = 176.4 \text{ mm}$$

Ohybový moment prvního řádu s vlivem imperfekcí:

Výstřednost náhodná

$$e_i := \max\left(\frac{l_0}{400}, \frac{b}{300}, 20 \text{ mm}\right) = 20 \text{ mm}$$

Momenty s vlivem imperfekcí

$$M_{top} := 206.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{bot} := -254.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{02} := \max(|M_{top}|, |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed} = 299.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{01} := \min(|M_{top}|, |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed} = 251.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{02} = 299.57 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \parallel > \parallel \quad M_{01} = 251.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{0Ed} := \max(0.6 \cdot (-M_{02}) + 0.4 \cdot M_{01}, 0.4 \cdot -M_{02}) = -79.134 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Stanovení excentricity e_2 :

$$d := h - d_1 = 359 \text{ mm}$$

$$e_2 := 0.1 \cdot \frac{K_r \cdot K\varphi \cdot f_{yd}}{0.45 \cdot d \cdot E_s} \cdot l_0^2 = 42.241 \text{ mm}$$

Ohybový moment s vlivem druhého řádu:

$$M_2 := e_2 \cdot N_{Ed} = 95.043 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Výsledný návrhový moment:

$$M_{Edz, rozhod} := \max(M_{02}, M_{0Ed} + M_2, M_{01} + 0.5 \cdot M_2) = 299.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Statický výpočet

Návrh výztuže:

Předpoklad $2 \times 4 \varnothing 25$ (při každém povrchu)

$$d_1 := c + \frac{\phi}{2} = 62.5 \text{ mm}$$

$$d := h - d_1 = 357.5 \text{ mm}$$

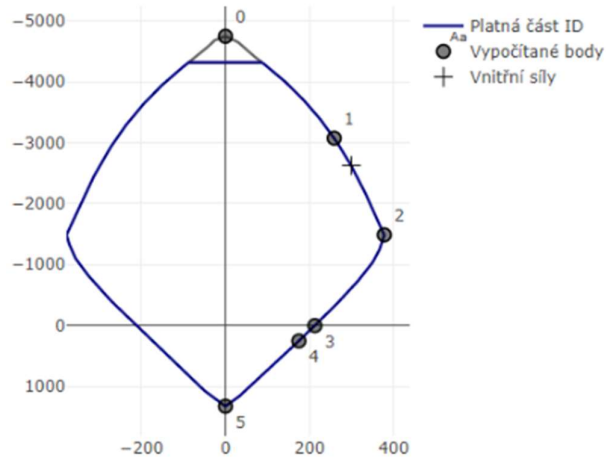
$$z_1 := d - \frac{h}{2} = 147.5 \text{ mm}$$

$$z_2 := z_1 \quad d_2 := d_1$$

$$A_{s1,z} := 1257 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2,z} := 1257 \text{ mm}^2$$

$$\rho := \frac{A_{s1,z} + A_{s2,z}}{A_c} = 0.014$$



Bod znázorňující vnitřní síly leží uvnitř platné části interakčního diagramu, navržená výztuž vyhovuje.

Jako u předešlé metody, tak i metodou jmenovité křivosti byly vyšetřovány jednotlivé směry v nichž působí ohybové momenty zvláště za předpokladu odhadnutého stupně vyztužení, rovněž je nutné posoudit výztuž při vzájemné interakci a při uvážení dvouosého namáhání. Z tohoto důvodu je vytvořen nový opravný návrh, kdy s nově navrženou výztuží jsou rovněž přepočteny návrhové hodnoty ohybových momentů.

$$\frac{\lambda_{y,z}}{\lambda_{z,y}} = 1 \leq 2 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\lambda_{y,z}}{\lambda_{z,y}} = 1 \leq 2 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$b_{eq} := i_c \cdot \sqrt{12} = 0.42 \text{ m} \quad h_{eq} := i_c \cdot \sqrt{12} = 0.42 \text{ m}$$

$$e_z := \frac{M_{Edy, rozhod}}{N_{Ed}} = 0.056 \text{ m} \quad e_y := \frac{M_{Edz, rozhod}}{N_{Ed}} = 0.133 \text{ m}$$

$$\frac{\left(\frac{e_y}{h_{eq}}\right)}{\left(\frac{e_z}{b_{eq}}\right)} = 2.398 \leq 0.2 \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

$$\frac{\left(\frac{e_z}{b_{eq}}\right)}{\left(\frac{e_y}{h_{eq}}\right)} = 0.417 \leq 0.2 \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

Nebyly splněny požadované podmínky dle výše uvedených vztahů, avšak lze použít zjednodušené kritérium:

Statický výpočet

$$A_s := 2514 \text{ mm}^2$$

$$M_{Rdz} := A_{sz} \cdot f_{yd} \cdot z_1 = 195.829 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rdy} := A_{sy} \cdot f_{yd} \cdot z_1 = 195.829 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rd} := A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd} = (4.621 \cdot 10^3) \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0.487 \rightarrow \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline N_{Ed}/N_{Rd} & 0,1 & 0,7 & 1,0 \\ \hline a = & 1,0 & 1,5 & 2,0 \\ \hline \end{array} \rightarrow a := 1.32$$

$$\left(\frac{M_{Edz; rozhod}}{M_{Rdz}} \right)^a + \left(\frac{M_{Edy; rozhod}}{M_{Rdy}} \right)^a = 0.892 \leq 1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka byla splněna, lze pokračovat ve výsledném návrhu.

Výsledný návrh a posouzení výztuže

· M_y 2 x 4 \varnothing 25 (při každém povrchu)

Stupeň vyztužení: $\rho_{skut} := 0.0249$

Křivost:

$$\omega := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.31$$

$$n_u := 1 + \omega = 1.31$$

$$n_{bal} := 0.4$$

$$n := \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.638$$

$$K_r := \frac{(n_u - n)}{(n_u - n_{bal})} = 0.739 \quad \leq 1$$

Účinek dotvarování prostřednictvím $K\varphi$:

$$\theta := 0.35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda_{y,z}}{150} = 0.173$$

$$K\varphi := 1 + \theta \cdot \varphi_{ef,y} = 1.184$$

Jmenovitý rozměr příčného průřezu prvku:

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_c}{u} = 176.4 \text{ mm}$$

Ohybový moment prvního řádu s vlivem imperfekcí:

Výstřednost náhodná

$$e_i := \max\left(\frac{l_0}{400}, \frac{b}{300}, 20 \text{ mm}\right) = 20 \text{ mm}$$

Statický výpočet

Momenty s vlivem imperfekcí

$$M_{top} := 31.89 \text{ kN}\cdot\text{m} \qquad M_{bot} := -71.68 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{02} := \max(|M_{top}|, |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed} = 116.68 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{01} := \min(|M_{top}|, |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed} = 76.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{02} = 116.68 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \|\>\| \quad M_{01} = 76.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{0Ed} := \max(0.6 \cdot (-M_{02}) + 0.4 \cdot M_{01}, 0.4 \cdot -M_{02}) = -39.252 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Stanovení excentricity e_2 :

$$d := h - d_1 = 357.5 \text{ mm}$$

$$e_2 := 0.1 \cdot \frac{K_r \cdot K_\varphi \cdot f_{yd}}{0.45 \cdot d \cdot E_s} \cdot l_0^2 = 41.852 \text{ mm}$$

Ohybový moment s vlivem druhého řádu:

$$M_2 := e_2 \cdot N_{Ed} = 94.166 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Výsledný návrhový moment:

$$M_{Edy,rozhd} := \max(M_{02}, M_{0Ed} + M_2, M_{01} + 0.5 \cdot M_2) = 123.973 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

· M_z 2 x 4 \varnothing 25 (při každém povrchu)

Křivost:

$$\omega := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.31$$

$$n_u := 1 + \omega = 1.31 \qquad n_{bal} := 0.4$$

$$n := \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.638$$

$$K_r := \frac{(n_u - n)}{(n_u - n_{bal})} = 0.739 \quad \|\leq 1$$

Účinek dotvarování prostřednictvím K_φ :

$$\beta := 0.35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda_{y,z}}{150} = 0.173$$

$$K_\varphi := 1 + \beta \cdot \varphi_{ef,y} = 1.184$$

Jmenovitý rozměr příčného průřezu prvku:

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_c}{u} = 176.4 \text{ mm}$$

Ohybový moment prvního řádu s vlivem imperfekcí:

Výstřednost náhodná

$$e_i := \max\left(\frac{l_0}{400}, \frac{b}{300}, 20 \text{ mm}\right) = 20 \text{ mm}$$

Statický výpočet

Momenty s vlivem imperfekcí

$$M_{top} := 206.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{bot} := -254.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{02} := \max(|M_{top}|, |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed} = 299.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{01} := \min(|M_{top}|, |M_{bot}|) + e_i \cdot N_{Ed} = 251.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{02} = 299.57 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \|\ > \|\quad M_{01} = 251.52 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{0Ed} := \max(0.6 \cdot (-M_{02}) + 0.4 \cdot M_{01}, 0.4 \cdot -M_{02}) = -79.134 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Stanovení excentricity e2:

$$d := h - d_1 = 357.5 \text{ mm}$$

$$e_2 := 0.1 \cdot \frac{K_r \cdot K_\varphi \cdot f_{yd} \cdot l_0^2}{0.45 \cdot d \cdot E_s} = 41.852 \text{ mm}$$

Ohybový moment s vlivem druhého řádu:

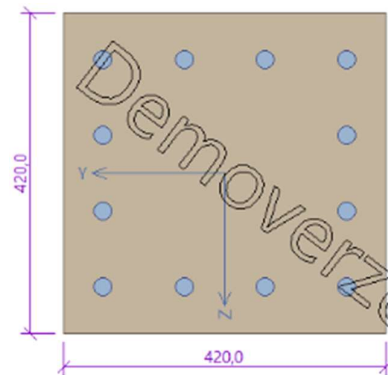
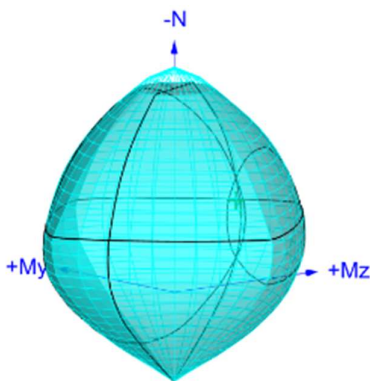
$$M_2 := e_2 \cdot N_{Ed} = 94.166 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Výsledný návrhový moment:

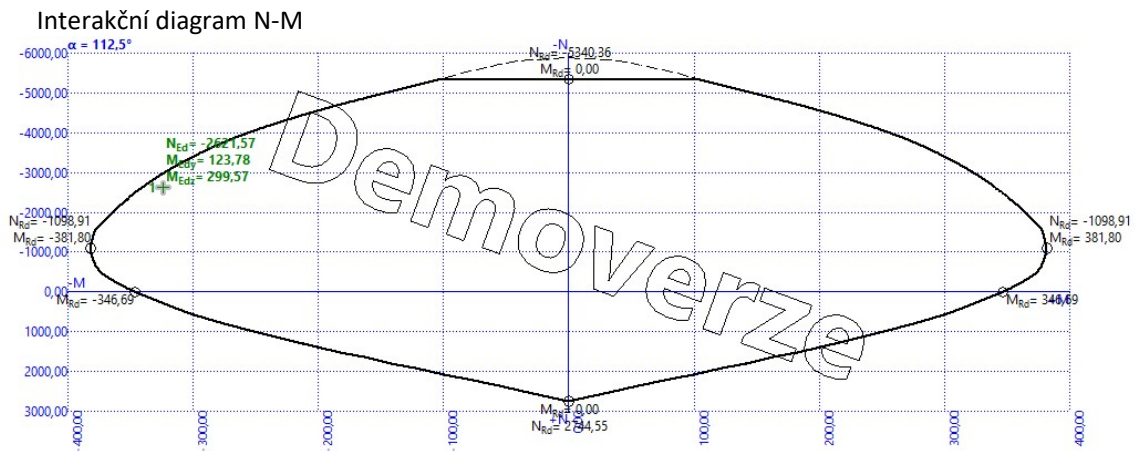
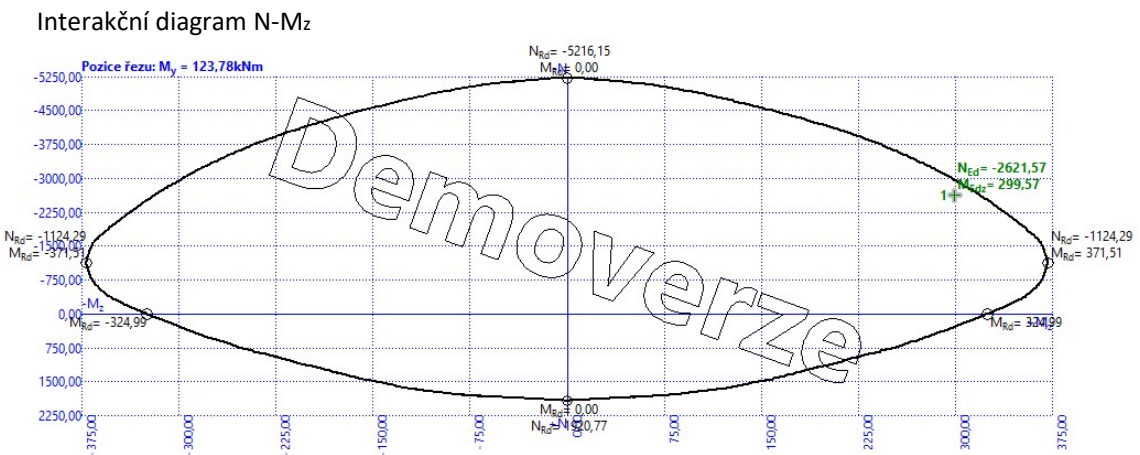
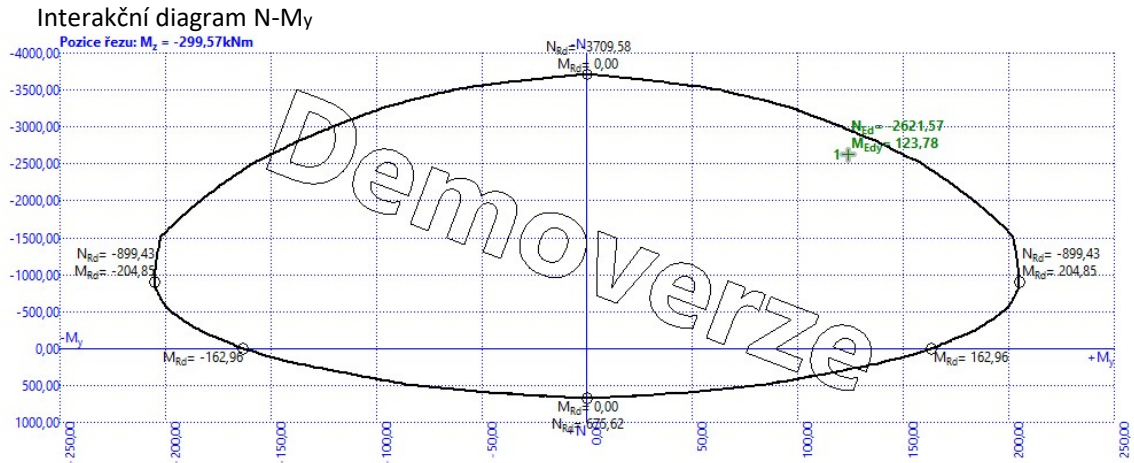
$$M_{Edz, rozhod} := \max(M_{02}, M_{0Ed} + M_2, M_{01} + 0.5 \cdot M_2) = 299.57 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Posouzení:

Posudek opět proveden pomocí výpočetního programu FIN EC 2022 - Beton, za použití prostorového interakčního diagramu.

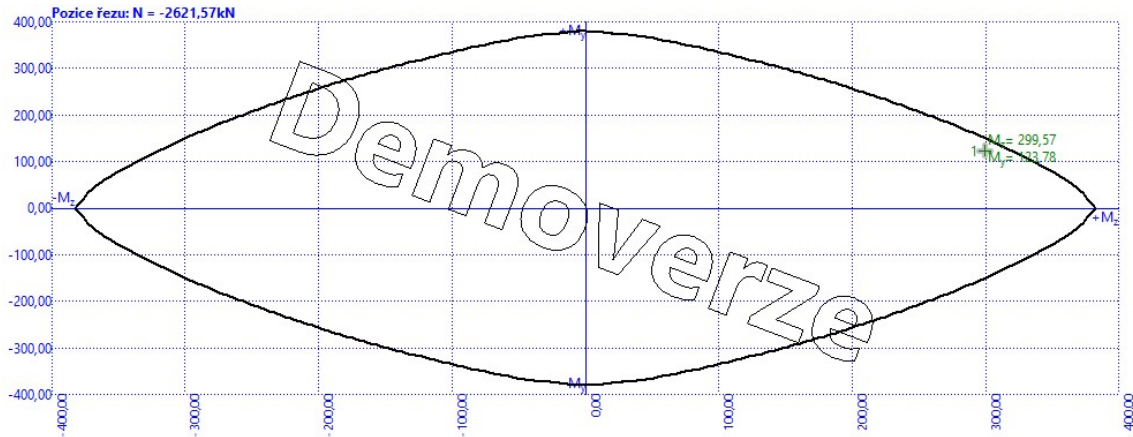


Statický výpočet



Statický výpočet

Interakční diagram M_y - M_z



Výstupní posudek:

1: Zat. případ 1 - základní návrhová

$N = -2621,57 \text{ kN}$; $M_y = 123,52 \text{ kNm}$; $M_z = 299,57 \text{ kNm}$

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):

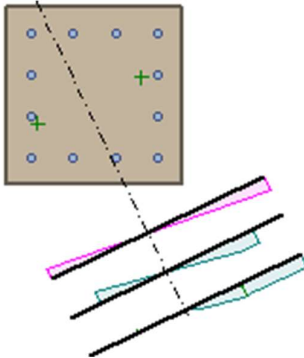
$$\rho_s = A_s / A_c = 5890 / 176.10^3 = 0,0334$$

$$\rho_{s,min} = \max(0,1 \times |N_{Ed}| / (f_{yd} \times A_c); 0,002) = \max(0,1 \times |-2\ 622| / (434,8 \times 176.10^3); 0,002) = \max(0,00342; 0,002) = 0,00342$$

$$\rho_s = 0,0342 \geq \rho_{s,min} = 0,00342 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

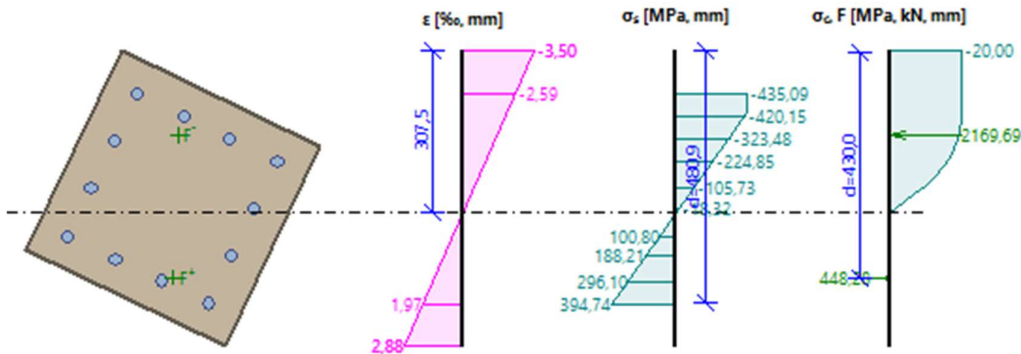
$$\rho_s = 0,0342 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Orientace neutrální osy



Statický výpočet

Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vláknech průřezu

- Nejmenší deformace v betonu: -3,50 ‰
- Největší deformace v betonu: 2,88 ‰
- Nejmenší deformace ve výztuži: -2,59 ‰
- Největší deformace ve výztuži: 1,97 ‰
- Směr neutrální osy: 295,68 °

$N_{Ed} = -2621,57 \text{ kN} \leq N_{Rd} = -5884,19 \text{ kN}$

$M_{Edy} = 123,52 \leq M_{Rdy} = 136,14 \text{ kNm}$

$M_{Edz} = 299,57 \leq M_{Rdz} = 310,26 \text{ kNm}$

Posouzení průřezu na tlak a ohyb Vyhovuje

Využití: 95,2 %

Navrhují 12 x Ø 25

8.1.6 Výpočet pomocí softwaru

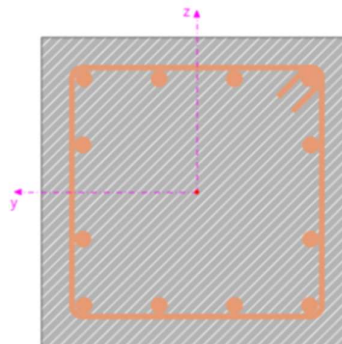
Pro návrh a posouzení byl zvolen výpočetní program od firmy Dlubal společnosti Dlubal Software, konkrétně program pro statické a dynamické výpočty RFEM 6.01. Vliv druhého řádu byl při výpočtu zohledněn pomocí Picardovi metody. Posudek byl proveden na všech šesti prvcích pro MSP i MSÚ.

Navrhovaná výztuž:

Průřez – 420 x 420 mm

Hlavní nosná výztuž – 12x Ø22

Smyková výztuž – Ø8



Posudek MSÚ (prut 313):

Pro srovnání způsobu výpočtu a zjištění nesrovnalostí s ručním výpočtem byl zvolen stejný prut z něhož vycházely vstupní parametry do ručního výpočtu.

Statický výpočet



Výsledné návrhové síly dle Dlubal

Návrhové vnitřní síly		
Návrhová normálová síla	N _{Ed}	-2621.57 kN
Návrhová smyková síla	V _{y,Ed}	62.73 kN
Návrhová smyková síla	V _{z,Ed}	-27.98 kN
Návrhový krouticí moment	T _{Ed}	-1.05 kNm
Návrhový ohybový moment	M _{y,Ed}	-134.74 kNm
Návrhový ohybový moment	M _{z,Ed}	-313.33 kNm

Využití po délce průřezu

Posudek UL0100 | EN 1992 | CSN | 2016-05

Mezní stav únosnosti
Únosnost průřezu podle 6.1

$$\eta = \frac{1}{\gamma}$$

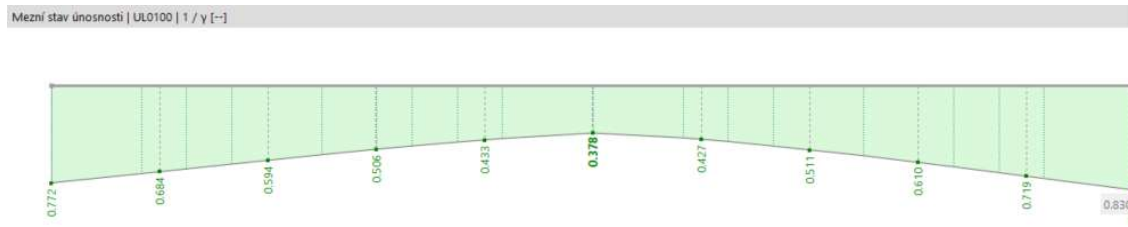
$$= \frac{1}{1.21}$$

$$= 0.830$$

$\eta = 0.830 \leq 1$ ✓

6.1

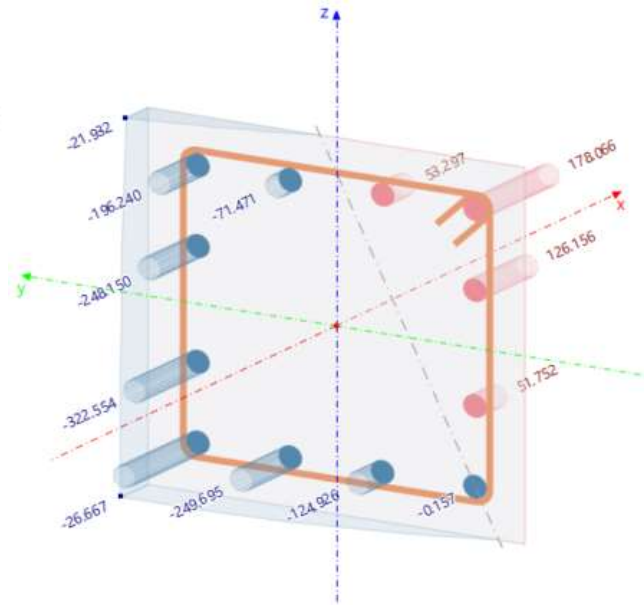
γ Součinitel spolehlivosti



Statický výpočet

Diagram výsledků v průřezu

Prut č. 311 | x: 8.496 m
 Návrhová situace č. 1
 Zatížení č.KZ17
 UL0100 | Mezní stav únosnosti | Únosnost průřezu podle 6.1
 Navržená výztuž - napětí



Výztuž
 Min : -374.463 N/mm²
 Max : 178.066 N/mm²
 Beton
 Min : -26.667 N/mm²
 Max : 0.000 N/mm²

Posudek ostatních sloupů MSÚ a MSP:

3.1 PŘEHLED POSOUZENÍ		Přehled posouzení						
Addon	Objekty	Poloha [m]	Posouzení	Zatížení	Posudek	Typ	Popis	
Typ	Č		Situace	Č	$\eta [-]$			
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut 316	x: 8.496	NS3	KZ78	0.748	SE0301.00	Použitelnost Omezení trhlin - omezení tvorby trhlin bez přímého výpočtu - maximální průměr výztuže podle 4.4.1	
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut 311-316	x: 0.000	NS1	KZ1	1.000	DC0400.00	Trvanlivost a krycí betonová vrstva výztuže Betonová krycí vrstva podle 4.4.1	
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut 311-316	x: 0.000	NS1	KZ1	1.000	DM0216.00	Konstrukční uspořádání prvků a podrobná pravidla Minimální počet podélných prutů umístěných v průřezu podle 9.5.2(4)	
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut 311-316	x: 0.000	NS1	KZ1	1.000	DR0500.00	Konstrukční uspořádání výztuže Kotevní délka tlínků a smykové výztuže podle 8.5(2)	
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut 312	x: 8.377	NS1	KZ17	0.888	UL0100.00	Mezní stav únosnosti Únosnost průřezu podle 6.1	
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut 311-316	x: 0.000	NS1	KZ1	0.835	DM0215.00	Konstrukční uspořádání prvků a podrobná pravidla Maximální plocha podélné výztuže podle 9.5.2(3)	
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut 314	x: 2.124	NS1	KZ17	0.810	UL0302.00	Mezní stav únosnosti Odolnost proti interakci - využití tlínků z důvodu kroucení a smyku podle 8.3.2(3)	
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut 311-316	x: 0.000	NS1	KZ1	0.781	DM0217.00	Konstrukční uspořádání prvků a podrobná pravidla Minimální průměr příčné výztuže podle 9.5.3(1)	
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut 311-316	x: 0.000	NS1	KZ1	0.781	DR0800.00	Konstrukční uspořádání výztuže Doplnující pravidla pro pruty velkých průměrů d_{max} podle 8.8(1)	
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut 312	x: 0.000	NS1	KZ17	0.745	DR0400.00	Konstrukční uspořádání výztuže Návrhová kotevní délka podle 8.4.4(1)	
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut 311	x: 6.372	NS1	KZ17	0.662	UL0200.02	Mezní stav únosnosti Smyková únosnost - smyková únosnost výztuže podle 6.2	
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut 313	x: 8.377	NS4	KZ88	0.631	SE0400.00	Použitelnost Omezení průhybu Kontrola průhybu pomocí výpočtu podle 7.4.3(3)	
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut 311-316	x: 2.549	NS1	KZ1	0.600	DM0218.00	Konstrukční uspořádání prvků a podrobná pravidla Maximální vzdálenost příčné výztuže podle 9.5.2(1)	
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut 311-316	x: 0.000	NS1	KZ1	0.480	DM0213.00	Konstrukční uspořádání prvků a podrobná pravidla Minimální průměr podélné výztuže podle 9.5.2(1)	
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut 311-316	x: 0.000	NS1	KZ1	0.482	DR0200.00	Konstrukční uspořádání výztuže Vzdálenost prutů podle 8.2(2)	
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut 311-316	x: 0.000	NS1	KZ1	0.444	MA0106.00	Validita materiálu Maximální hodnota pevnosti třídy betonu (C_{max}) podle 3.1.2(2)	
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut 315	x: 8.377	NS1	KZ33	0.440	UL0303.00	Mezní stav únosnosti Odolnost proti interakci - využití torzní podélné výztuže z důvodu kroucení, ohybu, normálové síly a smyku podle 8.3.2(3)	

Statický výpočet

Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut	311,314-318	$\kappa: 0,000$	NS3	KZ75	0,343 ✓	SE0302,00	Použitelnost Omezení trhlin - omezení tvorby trhlin bez přímého výpočtu - maximální vzdálenost výztužných prutů podle 7.3.5(2)
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut	315	$\kappa: 0,377$	NS2	KZ70	0,305 ✓	SE0202,00	Použitelnost Omezení napětí ve výztuži - nepřijatelná tvorba trhlin a deformace podle 7.2(5)
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut	314	$\kappa: 2,832$	NS1	KZ17	0,286 ✓	UL0301,00	Mezní stav únosnosti Odolnost proti interakci - využití šikmých tlakových diagonál z důvodu kroucení a smyku podle 6.3.2(4)
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut	314	$\kappa: 2,124$	NS1	KZ33	0,210 ✓	UL0300,00	Mezní stav únosnosti Únosnost v kroucení - využití návrhové únosnosti v kroucení pouze s kroučícím momentem podle 6.3
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut	312	$\kappa: 0,377$	NS1	KZ15	0,164 ✓	DM0214,00	Konstrukční uspořádání prvků a podrobná pravidla Minimální plocha podélné výztuže v tlačených prutech podle 9.5.2(2)
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut	313	$\kappa: 0,000$	NS3	KZ86	0,038 ✓	SE0303,00	Použitelnost Omezení vzniku trhlin - výpočet šířek trhlin podle 7.3.4
Posouzení železobetonových konstrukcí	Prut	315	$\kappa: 0,000$	NS3	KZ82	0,002 ✓	SE0300,00	Použitelnost Omezení trhlin - minimální plocha výztuže podle 7.3.2(2)

8.1.7 Vyhodnocení metod

K porovnání výsledných ohybových momentů byl zvolen totožný prut. Navrhovaná výztuž byla v co největší možné míře maximalizována k dosažení co největšího využití průřezu a určení vlivu jednotlivých momentů na jednotlivé velikosti profilů a množství potřebné výztuže. Dle normy ČSN EN 1992-1-1 ne vždy rozhoduje zvětšený ekvivalentní moment. V závislosti na štíhlosti a normálové síle, mohou být v některých případech koncové momenty větší než zvětšený ekvivalentní moment.

Ohybový moment		Med [kNm]	Výztuž	Využití	
Ruční výpočet	Metoda jmenovité tuhosti	M_y	134,72	12 x Ø25	99,00 %
		M_z	307,00		
	Metoda jmenovité křivosti	M_y	123,52	12 x Ø25	95,20 %
		M_z	299,57		
Dlubal RFEM 6.01	Druhý rád Picardova metoda	M_y	134,74	12 x Ø25	83,0 %
		M_z	313,33		

Z výše shrnutých výsledků je patrné, že rozdíly mezi velikostmi rozhodujících momentů se započítáním vlivu druhého řádu nejsou až tak markantní, avšak metoda jmenovité tuhosti je téměř totožná s hodnotami získaným z výpočetního programu. Software Dlubal RFEM si pro posudek MSÚ zvolil odlišnou kombinaci zatěžovacích stavů, kde zohlednil rovněž kroučící moment M_T a smykové síly V_z a V_y , i když jsou návrhové momenty největší z výše uvedených metod, využití průřezu vychází nejnižší. Při ručním výpočtu bylo vycházeno pouze z obálky ohybových momentů.

8.2 Stropní desky

8.2.1 Deska D2

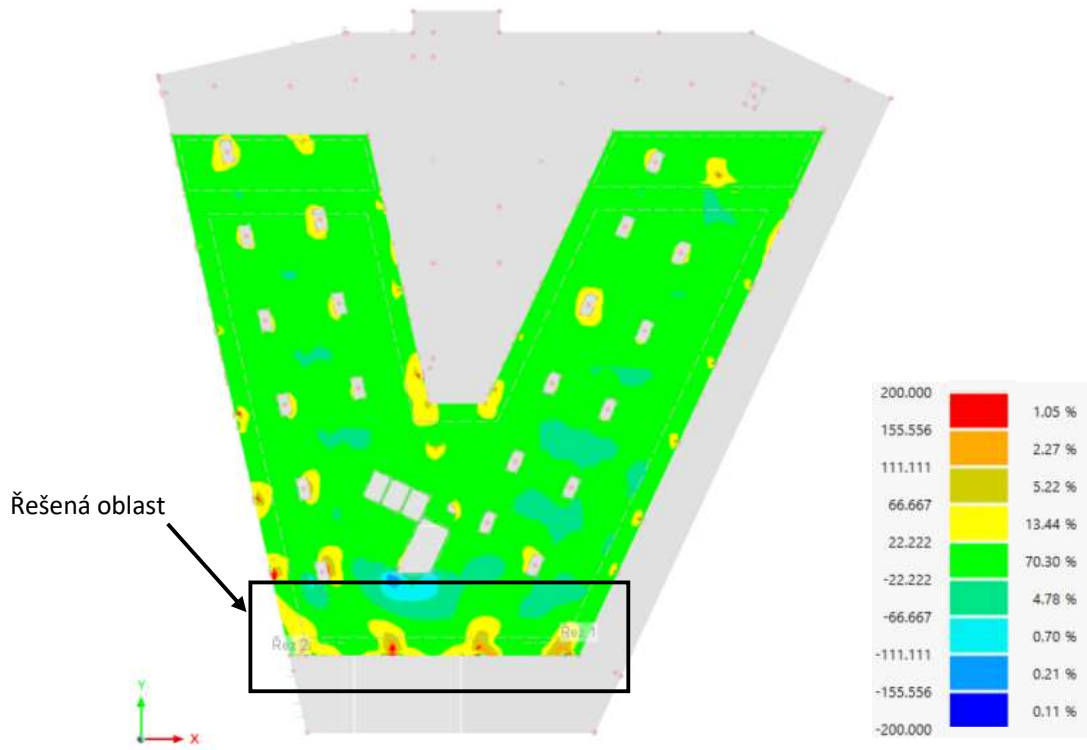
Výpočet je zaměřen převážně na oblasti desky v řešené části objektu, dle předběžného výpočtu je stropní deska tloušťky 200 mm. Pro návrh výztuže a následný posudek byly převzaty dimenzační momenty z 3D modelu. Deska byla rozdělena do sedmi stejných pruhů, kdy pomocí řezů jednotlivými oblastmi byla zjištěna velikost působících momentů.

Statický výpočet

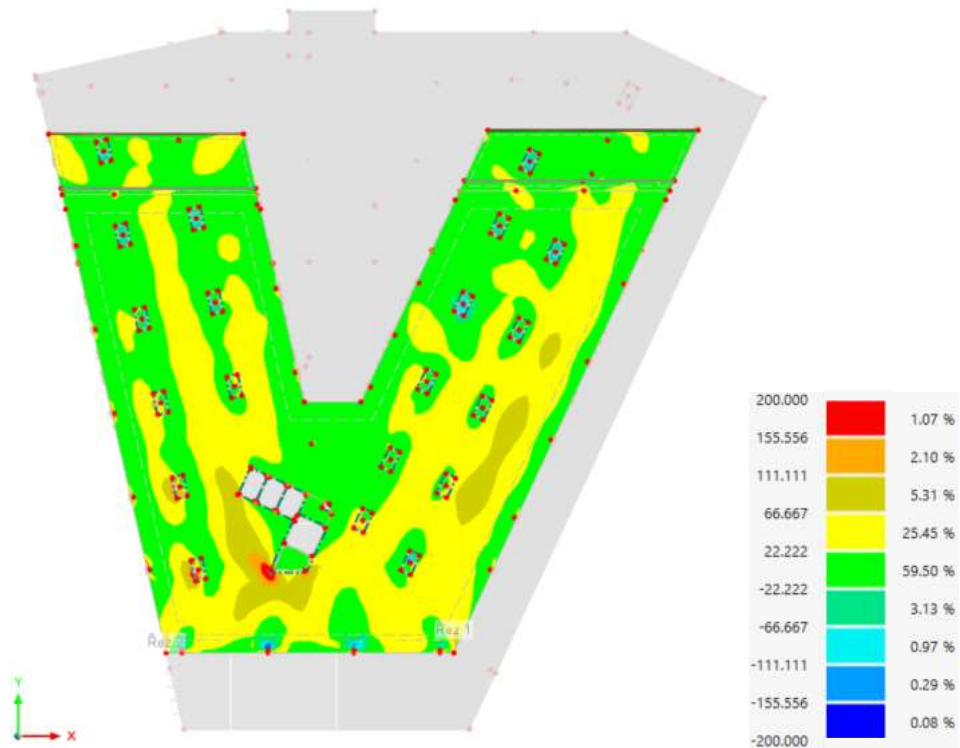
Vnitřní síly

Ohybové momenty ve směru osy x

m_{xD+} [kNm/m]



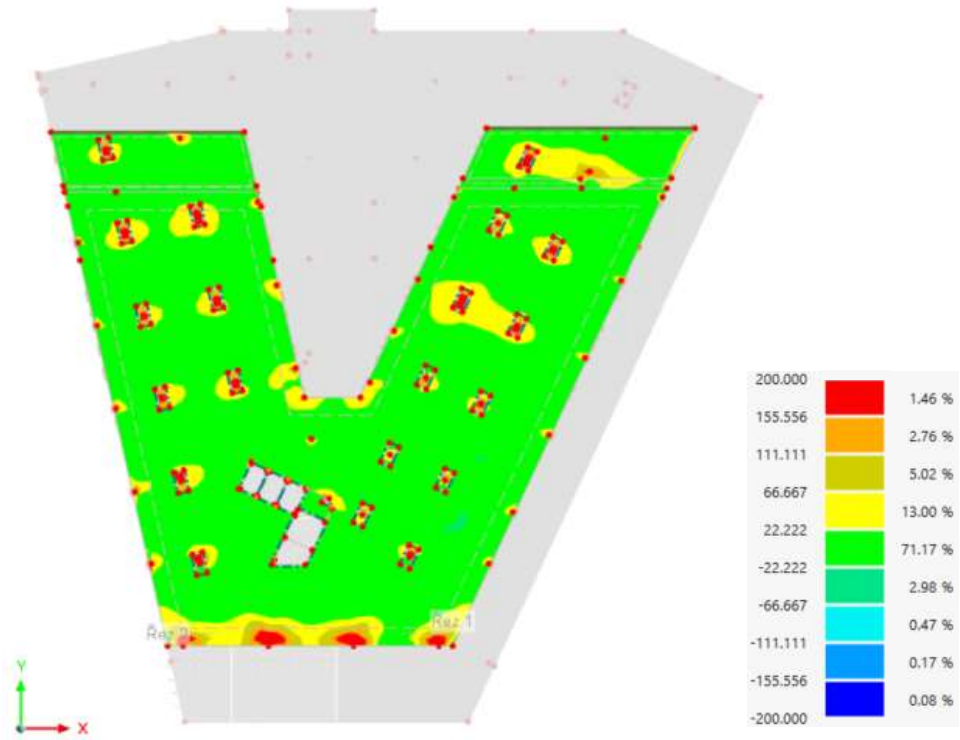
m_{xD-} [kNm/m]



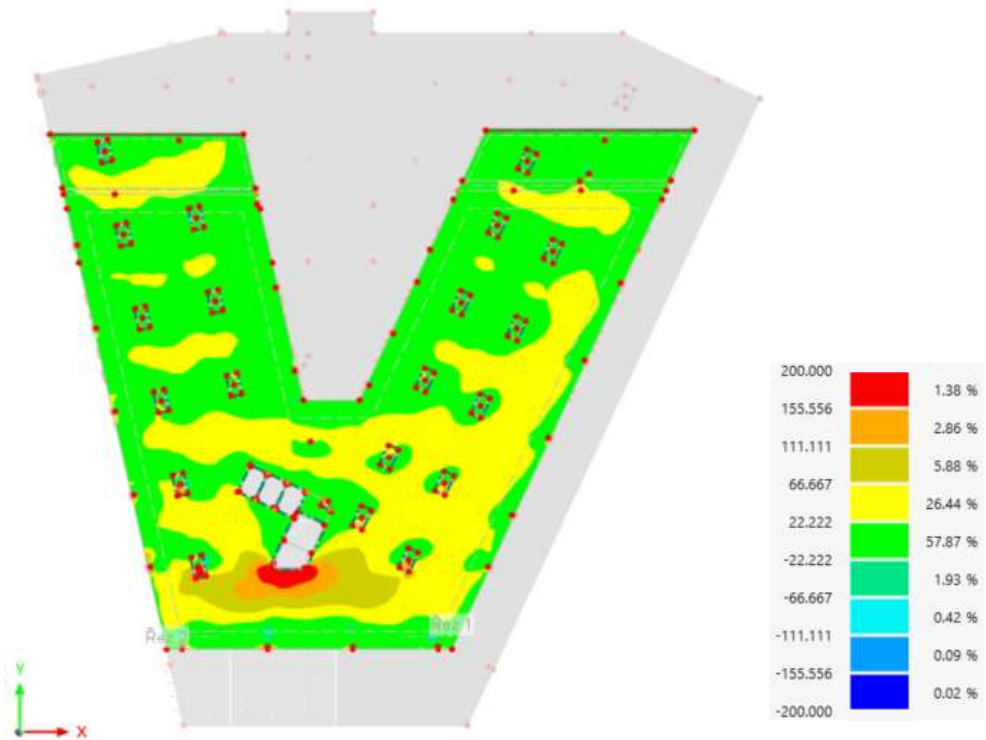
Statický výpočet

Ohybové momenty ve směru osy y

m_{yD+} [kNm/m]

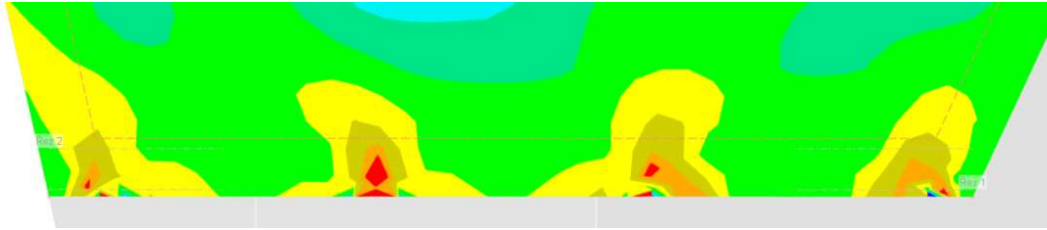


m_{yD-} [kNm/m]

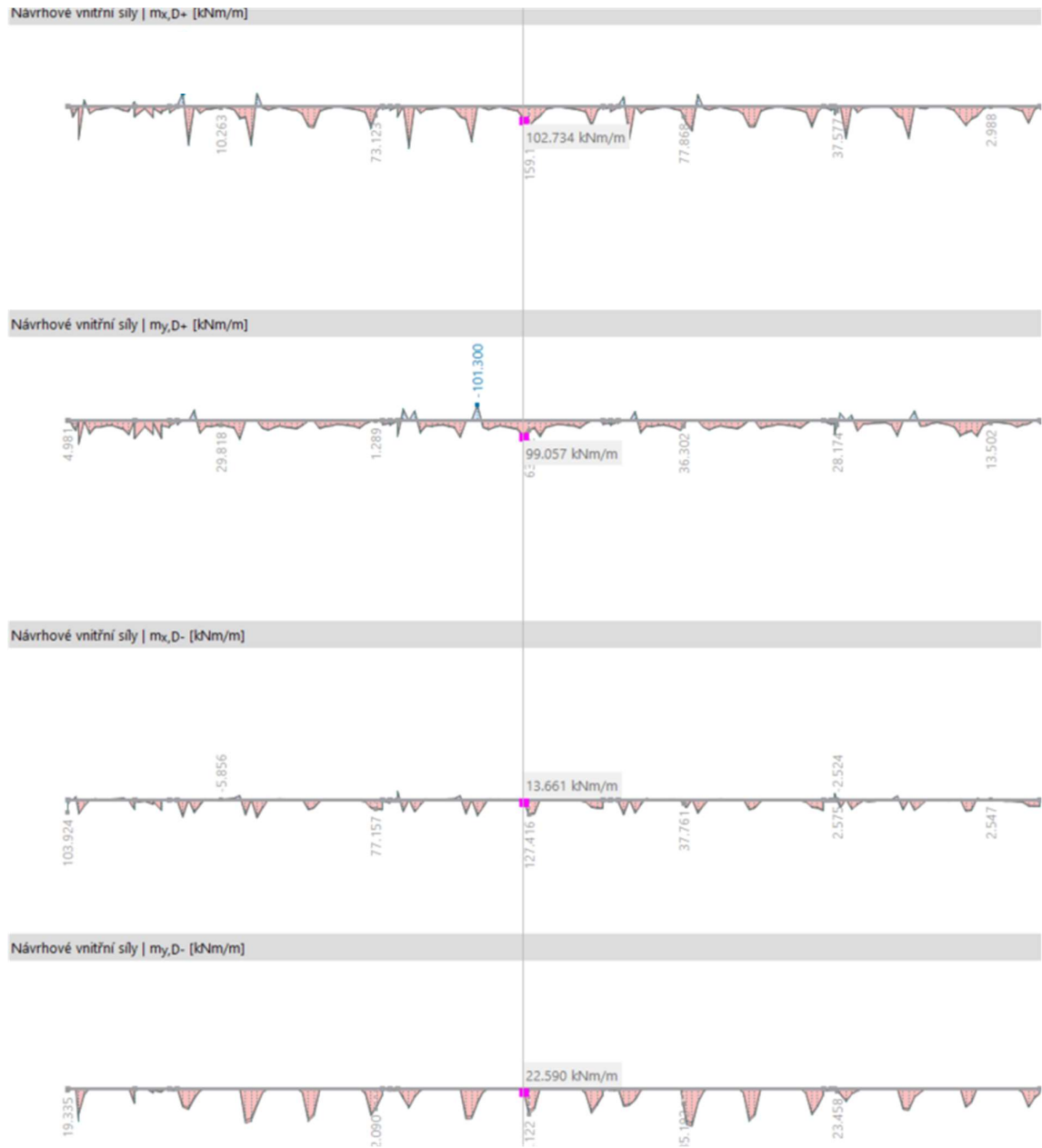


Statický výpočet

Výsek řešené oblasti $m_{x,D+}$



Řez 2 – 1,4 m od parapetu



Statický výpočetNávrh výztuže:

$$d_x := h - c_x - \frac{\phi x}{2}$$

$$d_y := h - c_y - \frac{\phi y}{2}$$

$$a_{s,req} := \frac{b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right)$$

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

Posouzení výztuže:

$$x := \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0.8 \cdot b \cdot f_{cd}}$$

$$z := d - 0.4 \cdot x$$

$$m_{Rd} := a_{s,prov} \cdot z \cdot f_{yd}$$

$$m_{Ed} \leq m_{Rd}$$

Konstrukční zásady:

$$\xi := \frac{x}{d}$$

$$\xi \leq \xi_{max}$$

$$a_{s,max} := 0.04 \cdot b \cdot h$$

$$a_{s,min} := \max \left(0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d, 0.0013 \cdot b \cdot d \right)$$

$$a_{s,min} \leq a_{s,prov} \leq a_{s,max}$$

$$s_{max} := \min (2 \cdot h, 250 \text{ mm})$$

$$s \leq s_{max}$$

$$s_{min} := \max (1.2 \cdot \phi, 20 \text{ mm}, D_{max} + 5 \text{ mm})$$

$$s \leq s_{min}$$

Statický výpočet

Návrh a posouzení ohybové výztuže desky D2:

			Návrh výztuže						Posouzení výztuže								
OZN	Povrch	Směr	m_{dim}	d_x	d_y	$a_{s,rd}$	Navrhují	$a_{s,prov}$	x	z	m_{Rd}	$m_{Rd} > m_{Ed}$	$\xi = x/d$	ξ_{max}	kontrola ξ	ϵ_s	kontrola ϵ_s
-	-	-	[kNm/m]	[mm]	[mm]	[mm ²]		[mm ²]	[mm]	[mm]	[kNm/m]	[kNm/m]	-	-	-	%	-
1	H	x	39,18	314		319	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	H	y	25,87		302	219	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
	D	x	60,44	314		492	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	D	y	37,78		302	320	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
2	H	x	102,73	314		836	Ø12 à 125 mm	905	24,6	283	119,65	VYHOVÍ	0,078	0,45	VYHOVÍ	4,1	VYHOVÍ
	H	y	99,06		302	838	Ø12 à 125 mm	905	24,6	272	114,93	VYHOVÍ	0,081	0,45	VYHOVÍ	1,9	VYHOVÍ
	D	x	13,66	314		111	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	D	y	22,59		302	191	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
3	H	x	74,62	314		607	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	H	y	5,63		302	48	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
	D	x	51,58	314		420	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	D	y	18,84		302	159	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
4	H	x	34,19	314		278	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	H	y	14,45		302	122	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
	D	x	59,63	314		485	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	D	y	16,42		302	139	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
5	H	x	120,88	314		984	Ø12 à 100 mm	1131	30,7	283	148,36	VYHOVÍ	0,098	0,45	VYHOVÍ	4,2	VYHOVÍ
	H	y	93,54		302	792	Ø12 à 125 mm	905	24,6	272	114,93	VYHOVÍ	0,081	0,45	VYHOVÍ	1,9	VYHOVÍ
	D	x	20,88	314		170	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	D	y	18,38		302	156	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
6	H	x	13,44	314		109	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	H	y	11,77		302	100	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
	D	x	47,29	314		385	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	D	y	22,34		302	189	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
7	H	x	88,52	314		720	Ø12 à 170 mm	679	18,4	283	90,47	VYHOVÍ	0,059	0,45	VYHOVÍ	5,1	VYHOVÍ
	H	y	27,91		302	236	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
	D	x	38,15	314		310	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	D	y	21,99		302	186	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ

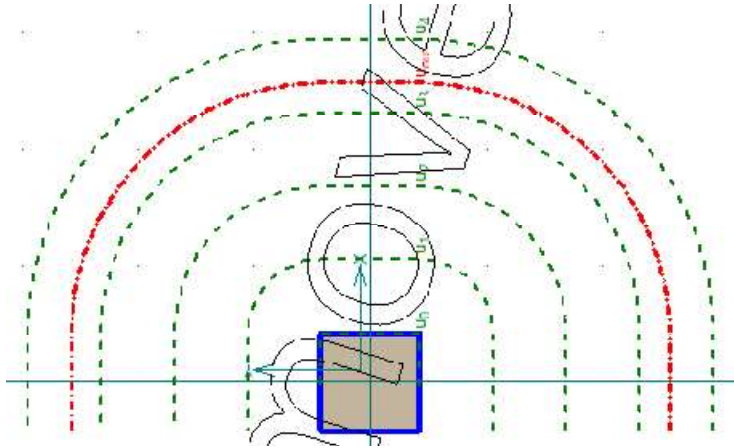
Statický výpočet

Protlačení:

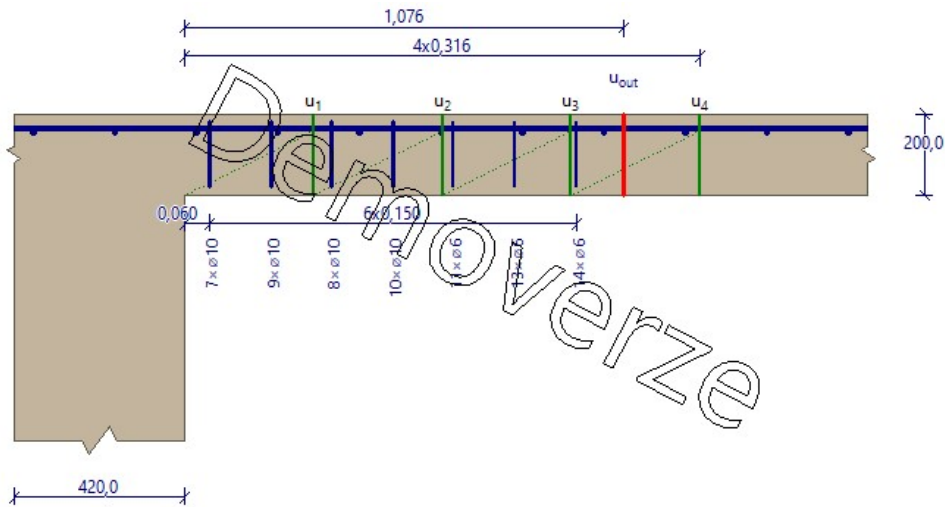
Posudek byl proveden pomocí výpočetního programu FIN EC 2022 – Protlak.

Posudek desky tl. 200 mm

Půdorys



Nárys



Tabulka kontrolovaných obvodů

vzd. od sloupu [m]	obvod [m]	v_{Ed} [MPa]	v_{Rd} [MPa]	Využití [%]	Výsledek	
u_0	0	0,894	3,034	4,224	71,8	Vyhovuje
u_1	0,316	2,253	1,204	0,725	166,1	Nevyhovuje
u_2	0,632	3,245	0,836	0,725	115,3	Nevyhovuje
u_3	0,948	4,238	0,64	0,705	90,8	Vyhovuje
u_4	1,264	5,231	0,519	0,59	87,8	Vyhovuje

Podrobné posouzení

Efektivní tloušťka desky:

$$d_x = h - c_x - 0,5 \times \varnothing_s = 200 - 30 - 0,5 \times 12 = 164 \text{ mm}$$

$$d_y = h - c_y - 0,5 \times \varnothing_s = 200 - 42 - 0,5 \times 12 = 152 \text{ mm}$$

Statický výpočet

$$d = 0,5 \times (d_x + d_y) = 0,5 \times (164 + 152) = 158 \text{ mm}$$

Součinitel β :

$$\beta = 1,4$$

Maximální únosnost na obvodu sloupu $v_{Rd,max}$:

$$v = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \times v \times f_{cd} = 0,4 \times 0,528 \times 20 = 4,224 \text{ MPa}$$

Smykové napětí na obvodu sloupu $v_{Ed,max}$:

$$v_{Ed,max} = \beta \times V_{Ed} / (u_0 \times d) = 1,4 \times 306,1 / (0,894 \times 158) = 3,034 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,max} \leq v_{Rd,max} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Využití: 71,8 %

Únosnost betonu $v_{Rd,c}$ ($d = 158 \text{ mm}$):

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

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 158)}; 2) = \min(2,125; 2) = 2$$

$$A_{sx} = 5 \times \pi \times \varnothing_s^2 / 4 = 5 \times 3,142 \times 12^2 / 4 = 565,5 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{lx} = A_{sx} / (1\,000 \times d) = 565,5 / (1\,000 \times 158) = 0,00358$$

$$A_{sy} = 5 \times \pi \times \varnothing_s^2 / 4 = 5 \times 3,142 \times 12^2 / 4 = 565,5 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{ly} = A_{sy} / (1\,000 \times d) = 565,5 / (1\,000 \times 158) = 0,00358$$

$$\rho_l = \sqrt{(\rho_{lx} \times \rho_{ly})} = \sqrt{(0,00358 \times 0,00358)} = 0,00358$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 2^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,542 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cx} = N_x / (b_x \times h) = (-126,4) / (1 \times 200) = -0,632 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cy} = N_y / (b_y \times h) = (-42,88) / (1 \times 200) = -0,214 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = (\sigma_{cx} + \sigma_{cy}) / 2 = ((-0,632) + (-0,214)) / 2 = -0,423 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = \max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho_l \times f_{ck}); v_{min}} + k_1 \times \sigma_{cp} = \max(0,12 \times 2 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,00358 \times 30)}; 0,542) + 0,1 \times (-0,423) = 0,5 \text{ MPa}$$

Délka kontrolovaného obvodu, ve kterém je splněna podmínka $v_{Rd,c} \geq v_{Ed}$:

$$u_{out} = \beta \times V_{Ed} / (v_{Rd,c} \times d) = 1,4 \times 306,1 / (0,5 \times 158) = 5,426 \text{ m}$$

tento obvod leží ve vzdálenosti 1,326 m od okraje sloupu

Posouzení obvodu č. 1 ve vzdálenosti 0,316 m od okraje sloupu

Smykové napětí od zatížení

$$v_{Ed} = \beta \times V_{Ed} / (u_1 \times d) = 1,4 \times 306,1 / (2,253 \times 158) = 1,204 \text{ MPa}$$

Únosnost obvodu s výztuží

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S = 500 / 1,15 = 434,8 \text{ MPa}$$

$$f_{ywd,eff} = \min(250 + 250 \times d; f_{yd}) = \min(250 + 250 \times 0,158; 434,8) = \min(289,5; 434,8) = 289,5 \text{ MPa}$$

$$d + 0,042 \leq 200 \quad (0,2 \leq 200 \text{ mm}) \Rightarrow$$

$$k_{max} = 1,45$$

$$v_{Rd,cs} = \min(0,75 \times v_{Rd,c} + 0,75 \times (A_{sw1} + A_{sw2} + A_{sw3}) \times f_{ywd,eff} \times 1 / (u \times d); k_{max} \times v_{Rd,c}) = \min(0,75 \times 0,5 + 0,75 \times 471,2 + 628,3 + 706,9) \times 289,5 \times 1 / (2\,253 \times 158); 1,45 \times 0,5) = \min(1,477; 0,725) = 0,725 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} > v_{Rd,cs} \Rightarrow \text{Nevyhovuje}$$

Využití: 166,1 %

Posouzení obvodu č. 2 ve vzdálenosti 0,632 m od okraje sloupu

Smykové napětí od zatížení

$$v_{Ed} = \beta \times V_{Ed} / (u_2 \times d) = 1,4 \times 306,1 / (3,245 \times 158) = 0,836 \text{ MPa}$$

Únosnost obvodu s výztuží

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S = 500 / 1,15 = 434,8 \text{ MPa}$$

$$f_{ywd,eff} = \min(250 + 250 \times d; f_{yd}) = \min(250 + 250 \times 0,158; 434,8) = \min(289,5; 434,8) = 289,5 \text{ MPa}$$

$$d + 0,042 \leq 200 \quad (0,2 \leq 200 \text{ mm}) \Rightarrow$$

$$k_{max} = 1,45$$

$$v_{Rd,cs} = \min(0,75 \times v_{Rd,c} + 0,75 \times (A_{sw4} + A_{sw5} + A_{sw6}) \times f_{ywd,eff} \times 1 / (u \times d); k_{max} \times v_{Rd,c}) = \min(0,75 \times 0,5 + 0,75 \times (402,1 + 452,4 + 502,7) \times 289,5 \times 1 / (3\,245 \times 158); 1,45 \times 0,5) = \min(0,95; 0,725) = 0,725 \text{ MPa}$$

Statický výpočet $V_{Ed} > v_{Rd,cs} \Rightarrow$ **Nevyhovuje**

Využití: 115,3 %

Posouzení obvodu č. 3 ve vzdálenosti 0,948 m od okraje sloupu

Smykové napětí od zatížení

$$v_{Ed} = \beta \times V_{Ed} / (u_3 \times d) = 1,4 \times 306,1 / (4,238 \times 158) = 0,64 \text{ MPa}$$

Únosnost obvodu s výztuží

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S = 500 / 1,15 = 434,8 \text{ MPa}$$

$$f_{ywd,eff} = \min(250 + 250 \times d; f_{yd}) = \min(250 + 250 \times 0,158; 434,8) = \min(289,5; 434,8) = 289,5 \text{ MPa}$$

$$d + 0,042 \leq 200 \text{ (} 0,2 \leq 200 \text{ mm)} \Rightarrow$$

$$k_{max} = 1,45$$

$$v_{Rd,cs} = \min(0,75 \times v_{Rd,c} + 0,75 \times (A_{sw7} + A_{sw8} + A_{sw9}) \times f_{ywd,eff} \times 1 / (u \times d); k_{max} \times v_{Rd,c}) = \min(0,75 \times 0,5 + 0,75 \times (311 + 339,3 + 367,6) \times 289,5 \times 1 / (4 \ 238 \times 158); 1,45 \times 0,5) = \min(0,705; 0,725) = 0,705 \text{ MPa}$$

 $V_{Ed} \leq v_{Rd,cs} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Využití: 90,8 %

Posouzení obvodu č. 4 ve vzdálenosti 1,264 m od okraje sloupu

Smykové napětí od zatížení

$$v_{Ed} = \beta \times V_{Ed} / (u_4 \times d) = 1,4 \times 306,1 / (5,231 \times 158) = 0,519 \text{ MPa}$$

Únosnost obvodu s výztuží

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S = 500 / 1,15 = 434,8 \text{ MPa}$$

$$f_{ywd,eff} = \min(250 + 250 \times d; f_{yd}) = \min(250 + 250 \times 0,158; 434,8) = \min(289,5; 434,8) = 289,5 \text{ MPa}$$

$$d + 0,042 \leq 200 \text{ (} 0,2 \leq 200 \text{ mm)} \Rightarrow$$

$$k_{max} = 1,45$$

$$v_{Rd,cs} = \min(0,75 \times v_{Rd,c} + 0,75 \times (A_{sw10} + A_{sw11}) \times f_{ywd,eff} \times 1 / (u \times d); k_{max} \times v_{Rd,c}) = \min(0,75 \times 0,5 + 0,75 \times (395,8 + 424,1) \times 289,5 \times 1 / (5 \ 231 \times 158); 1,45 \times 0,5) = \min(0,59; 0,725) = 0,59 \text{ MPa}$$

 $V_{Ed} \leq v_{Rd,cs} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Využití: 87,8 %

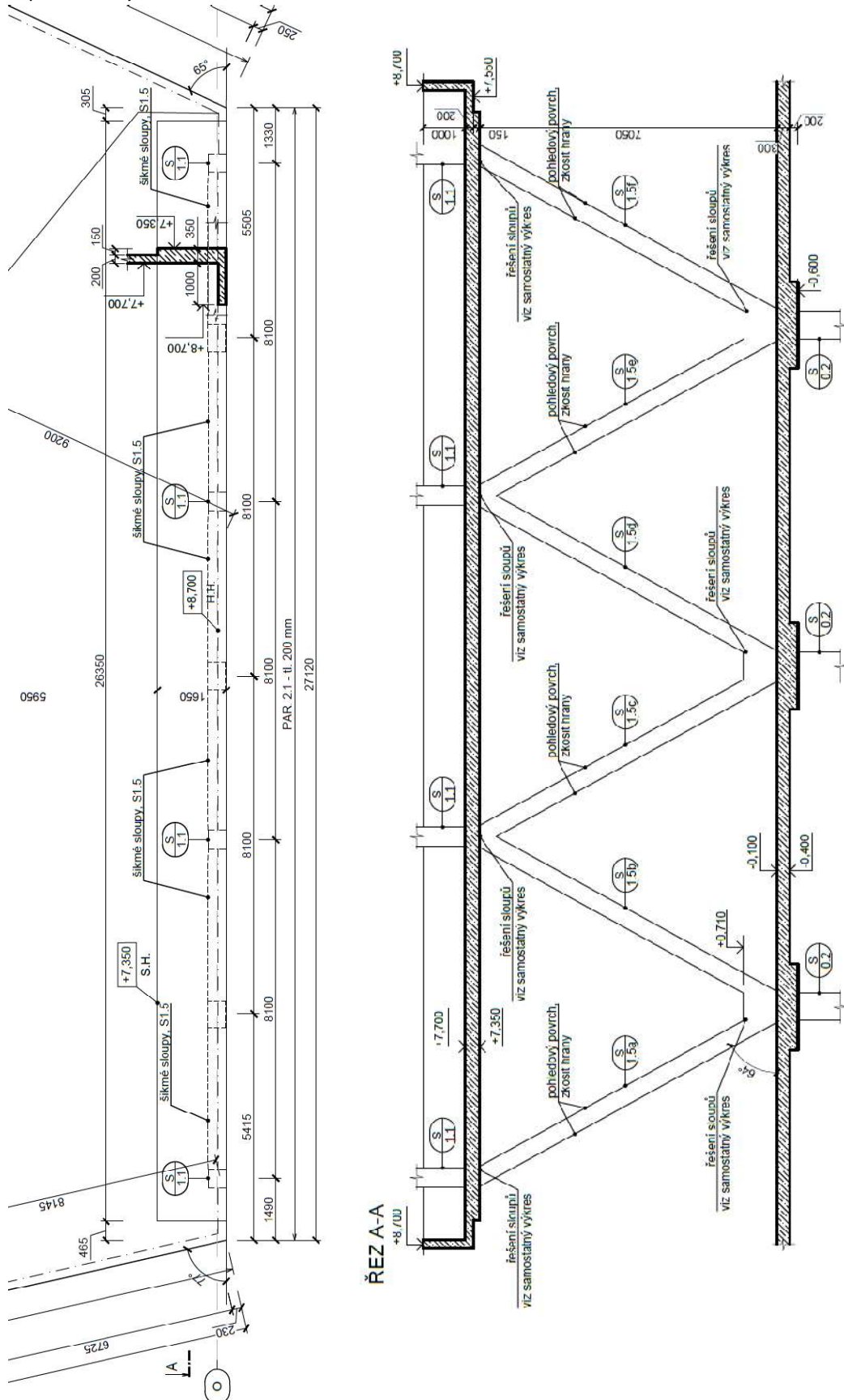
Únosnost desky na protlačení nevyhovuje

Využití: 166,1 %

Konstrukční zásadyPoslední řada výztuže musí být vzdálena nejvýše $1,5 \times d$ (0,237 m) od obvodu nevyžadujícím smykovou výztuž**Konstrukční zásady nevyhovují**Deska tloušťky 200 mm ani z použití přídavné výztuže na protlačení nevyhovuje. Je nutné lokálně zvětšit tloušťku desky na 350 mm. Rozsah úpravy patrný viz *Výkres tvaru 2.NP*.

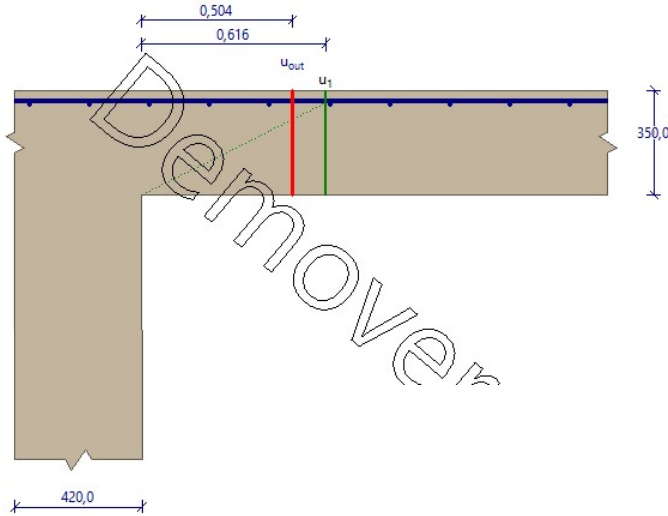
Statický výpočet

Lokální úprava desky na 350 mm



Statický výpočet

Posudek desky tl. 350 mm



Tabulka kontrolovaných obvodů

vzd. od sloupu [m]	obvod [m]	v_{Ed} [MPa]	v_{Rd} [MPa]	Využití [%]	Výsledek	
u_0	0	1,26	1,104	4,224	26,1	Vyhovuje
u_1	0,616	3,195	0,405	0,441	91,8	Vyhovuje

Podrobné posouzení

Efektivní tloušťka desky:

$$d_x = h - c_x - 0,5 \times \varnothing_s = 350 - 30 - 0,5 \times 12 = 314 \text{ mm}$$

$$d_y = h - c_y - 0,5 \times \varnothing_s = 350 - 42 - 0,5 \times 12 = 302 \text{ mm}$$

$$d = 0,5 \times (d_x + d_y) = 0,5 \times (314 + 302) = 308 \text{ mm}$$

Součinitel β :

$$\beta = 1,4$$

Maximální únosnost na obvodu sloupu $v_{Rd,max}$:

$$v = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \times v \times f_{cd} = 0,4 \times 0,528 \times 20 = 4,224 \text{ MPa}$$

Smykové napětí na obvodu sloupu $v_{Ed,max}$:

$$v_{Ed,max} = \beta \times V_{Ed} / (u_0 \times d) = 1,4 \times 306,1 / (1,26 \times 308) = 1,104 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,max} \leq v_{Rd,max} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Využití: 26,1 %

Únosnost betonu $v_{Rd,c}$ ($d = 308 \text{ mm}$):

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

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 308)}; 2) = \min(1,806; 2) = 1,806$$

$$A_{sx} = 5 \times \pi \times \varnothing_s^2 / 4 = 5 \times 3,142 \times 12^2 / 4 = 565,5 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{lx} = A_{sx} / (1\,000 \times d) = 565,5 / (1\,000 \times 308) = 0,00184$$

$$A_{sy} = 5 \times \pi \times \varnothing_s^2 / 4 = 5 \times 3,142 \times 12^2 / 4 = 565,5 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{ly} = A_{sy} / (1\,000 \times d) = 565,5 / (1\,000 \times 308) = 0,00184$$

$$\rho_l = \sqrt{(\rho_{lx} \times \rho_{ly})} = \sqrt{(0,00184 \times 0,00184)} = 0,00184$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,806^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,465 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cx} = N_x / (b_x \times h) = (-126,4) / (1 \times 350) = -0,361 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cy} = N_y / (b_y \times h) = (-42,88) / (1 \times 350) = -0,123 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = (\sigma_{cx} + \sigma_{cy}) / 2 = ((-0,361) + (-0,123)) / 2 = -0,242 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = \max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho_l \times f_{ck}); v_{min}}) + k_1 \times \sigma_{cp} = \max(0,12 \times 1,806 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,00184 \times 30)}; 0,465) + 0,1 \times (-0,242) = 0,441 \text{ MPa}$$

Statický výpočet

Délka kontrolovaného obvodu, ve kterém je splněna podmínka $v_{Rd,c} \geq v_{Ed}$:

$$u_{out} = \beta \times V_{Ed} / (v_{Rd,c} \times d) = 1,4 \times 306,1 / (0,441 \times 308) = 3,155 \text{ m}$$

tento obvod leží ve vzdálenosti 0,603 m od okraje sloupu

Posouzení obvodu č. 1 ve vzdálenosti 0,616 m od okraje sloupu

Smykové napětí od zatížení

$$v_{Ed} = \beta \times V_{Ed} / (u_1 \times d) = 1,4 \times 306,1 / (3,195 \times 308) = 0,405 \text{ MPa}$$

$v_{Ed} \leq v_{Rd,c} \Rightarrow$ Vyhovuje

Využití: 91,8 %

Únosnost desky na protlačení vyhovuje

Využití: 91,8 %

Deska lokálně zvětšená na tl. 350 mm vyhovuje posudku na protlak, není nutné speciální přidavné výztuže.

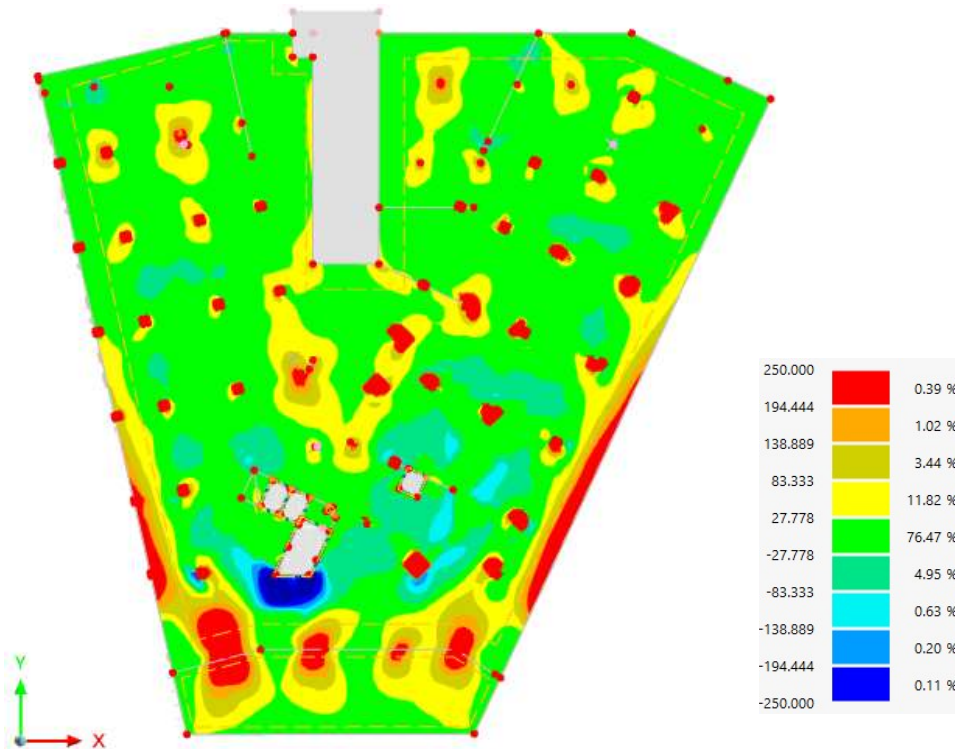
Statically calculation

8.2.2 Deck D1

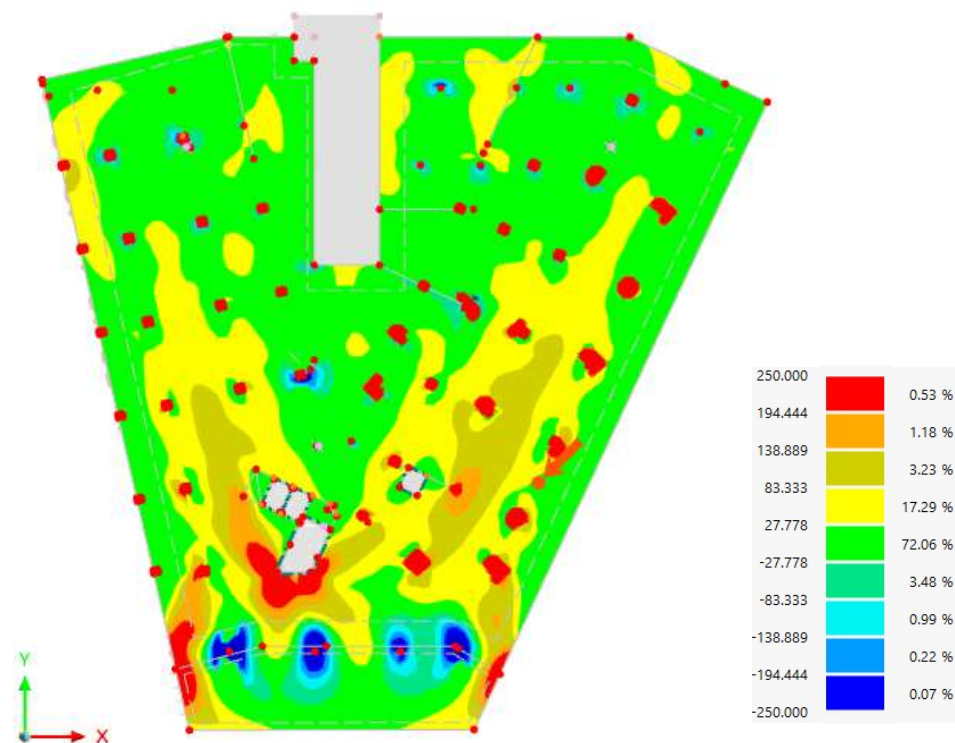
Internal forces

Bending moments in the direction of axis x

m_{xD+} [kNm/m]



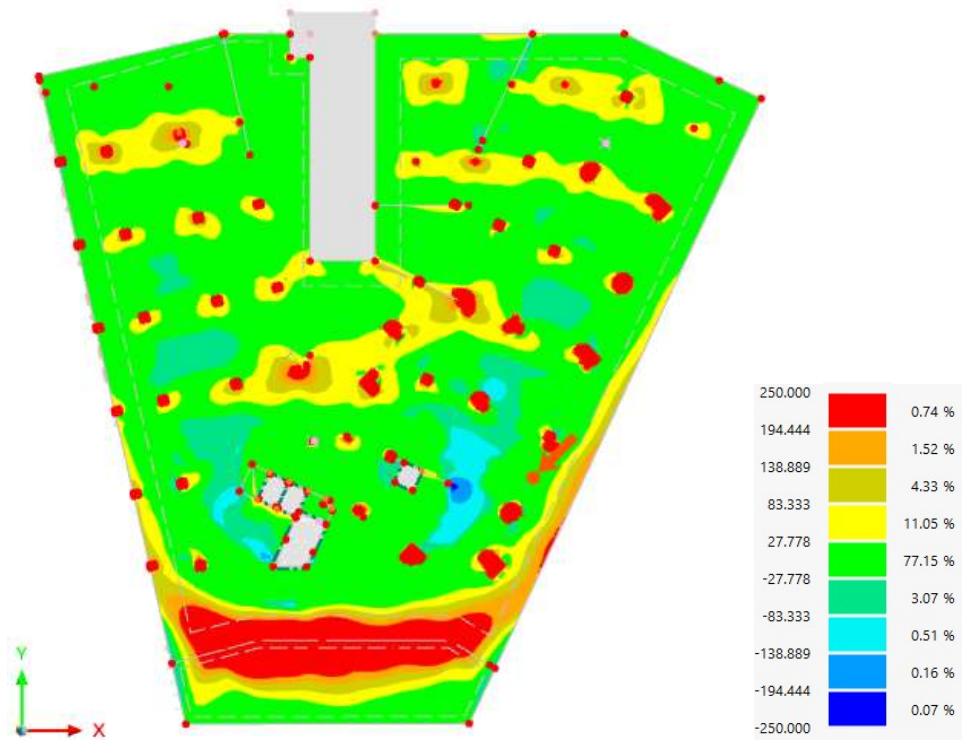
m_{xD-} [kNm/m]



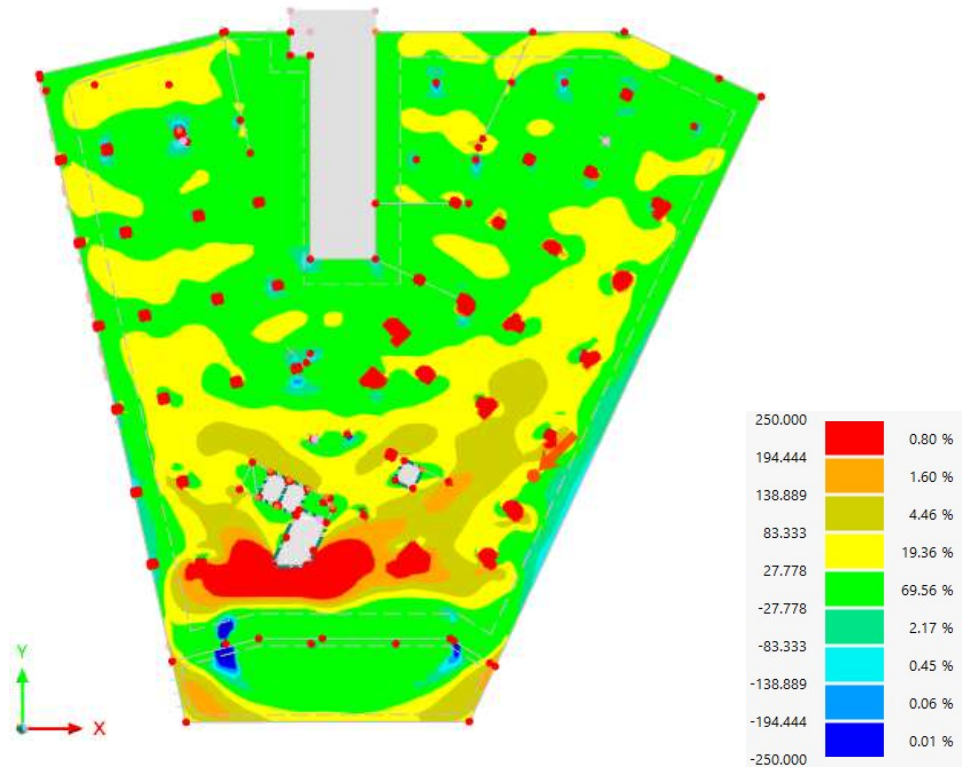
Statický výpočet

Ohybové momenty ve směru osy y

m_{yD+} [kNm/m]



m_{yD-} [kNm/m]

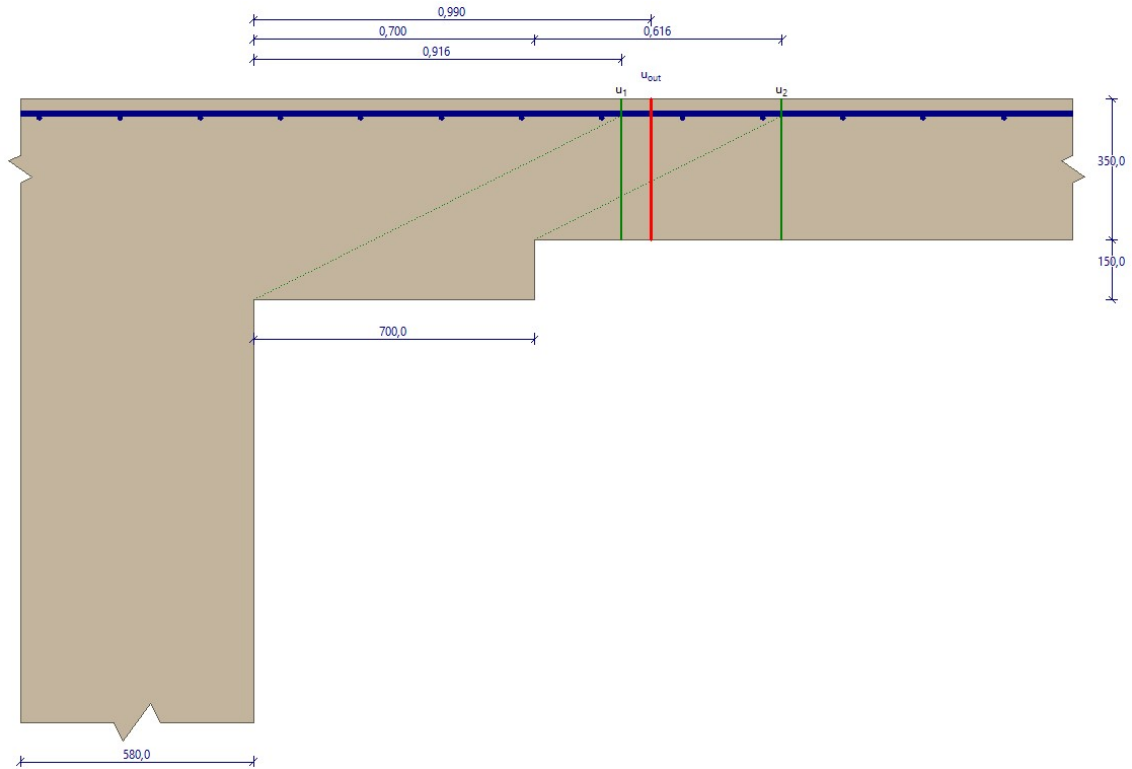


Statický výpočet

Návrh a posouzení ohybové výztuže desky D1:

			Návrh výztuže						Posouzení výztuže								
OZN	Povrch	Směr	m_{dim}	d_x	d_y	$a_{s,rqd}$	Navrhují	$a_{s,prov}$	x	z	m_{Rd}	$m_{Rd} > m_{Ed}$	$\xi = x/d$	ξ_{max}	kontrola ξ	ϵ_s	kontrola ϵ_s
-	-	-	[kNm/m]	[mm]	[mm]	[mm ²]		[mm ²]	[mm]	[mm]	[kNm/m]	[kNm/m]	-	-	-	%	-
1	H	x	85,12	262		830,26	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	236	88,56	VYHOVÍ	0,083	0,45	VYHOVÍ	3,8	VYHOVÍ
	H	y	113,81		246	1182,31	Ø16 à 170 mm	1206,37	32,8	221	122,15	VYHOVÍ	0,133	0,45	VYHOVÍ	2,3	VYHOVÍ
	D	x	80,44	262		784,61	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	236	88,56	VYHOVÍ	0,083	0,45	VYHOVÍ	3,8	VYHOVÍ
	D	y	25,25		246	262,31	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	221	82,96	VYHOVÍ	0,089	0,45	VYHOVÍ	3,6	VYHOVÍ
2	H	x	185,63	262		1810,64	Ø16 à 100 mm	2010,62	54,6	236	209,93	VYHOVÍ	0,209	0,45	VYHOVÍ	1,3	VYHOVÍ
	H	y	198,14		246	2058,36	Ø16 à 100 mm	2412,74	65,6	221	230,55	VYHOVÍ	0,267	0,45	VYHOVÍ	1,0	VYHOVÍ
	D	x	77,19	262		752,91	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	236	88,56	VYHOVÍ	0,083	0,45	VYHOVÍ	3,8	VYHOVÍ
	D	y	18,32		246	190,32	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	221	82,96	VYHOVÍ	0,089	0,45	VYHOVÍ	3,6	VYHOVÍ
3	H	x	201,26	262		1963,10	Ø16 à 100 mm	2010,62	54,6	236	209,93	VYHOVÍ	0,209	0,45	VYHOVÍ	1,3	VYHOVÍ
	H	y	211,09		246	2192,90	Ø16 à 100 mm	2412,74	65,6	221	230,55	VYHOVÍ	0,267	0,45	VYHOVÍ	1,0	VYHOVÍ
	D	x	104,94	262		1023,59	Ø16 à 200 mm	1005,31	27,3	236	109,74	VYHOVÍ	0,104	0,45	VYHOVÍ	3,0	VYHOVÍ
	D	y	19,72		246	204,86	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	221	82,96	VYHOVÍ	0,089	0,45	VYHOVÍ	3,6	VYHOVÍ
4	H	x	21,47	262		209,42	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	236	88,56	VYHOVÍ	0,083	0,45	VYHOVÍ	3,8	VYHOVÍ
	H	y	197,13		246	2047,87	Ø16 à 70 mm	2412,74	65,6	221	230,55	VYHOVÍ	0,267	0,45	VYHOVÍ	1,0	VYHOVÍ
	D	x	64,24	262		626,60	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	236	88,56	VYHOVÍ	0,083	0,45	VYHOVÍ	3,8	VYHOVÍ
	D	y	11,36		246	118,01	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	221	82,96	VYHOVÍ	0,089	0,45	VYHOVÍ	3,6	VYHOVÍ
5	H	x	113,33	262		1105,42	Ø16 à 170 mm	1206,37	32,8	236	130,54	VYHOVÍ	0,125	0,45	VYHOVÍ	2,4	VYHOVÍ
	H	y	200,01		246	2077,79	Ø16 à 100 mm	2412,74	65,6	221	230,55	VYHOVÍ	0,267	0,45	VYHOVÍ	1,0	VYHOVÍ
	D	x	81,06	262		790,66	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	236	88,56	VYHOVÍ	0,083	0,45	VYHOVÍ	3,8	VYHOVÍ
	D	y	21,04		246	218,57	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	221	82,96	VYHOVÍ	0,089	0,45	VYHOVÍ	3,6	VYHOVÍ
6	H	x	89,07	262		868,79	Ø16 à 170 mm	1206,37	32,8	236	130,54	VYHOVÍ	0,125	0,45	VYHOVÍ	2,4	VYHOVÍ
	H	y	196,61		246	2042,47	Ø16 à 100 mm	2412,74	65,6	221	230,55	VYHOVÍ	0,267	0,45	VYHOVÍ	1,0	VYHOVÍ
	D	x	68,53	262		668,44	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	236	88,56	VYHOVÍ	0,083	0,45	VYHOVÍ	3,8	VYHOVÍ
	D	y	18,17		246	188,76	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	221	82,96	VYHOVÍ	0,089	0,45	VYHOVÍ	3,6	VYHOVÍ
7	H	x	84,12	262		820,51	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	236	88,56	VYHOVÍ	0,083	0,45	VYHOVÍ	3,8	VYHOVÍ
	H	y	161,48		246	1677,52	Ø16 à 100 mm	2010,62	54,6	221	230,55	VYHOVÍ	0,222	0,45	VYHOVÍ	1,2	VYHOVÍ
	D	x	85,59	262		834,85	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	236	88,56	VYHOVÍ	0,083	0,45	VYHOVÍ	3,8	VYHOVÍ
	D	y	24,06		246	249,95	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	221	82,96	VYHOVÍ	0,089	0,45	VYHOVÍ	3,6	VYHOVÍ

Statický výpočet



Tabulka kontrovaných obvodů

vzd. od sloupu [m]	d [mm]	obvod [m]	v_{Ed} [MPa]	v_{Rd} [MPa]	Využití [%]	Výsledek	
u_0	0	458	2,32	0,94	4,224	22,2	Vyhovuje
u_1	0,916	458	8,075	0,27	0,325	83,1	Vyhovuje
u_2	1,316	308	10,59	0,306	0,38	80,6	Vyhovuje

Podrobné posouzení

Efektivní tloušťka desky:

$$d_x = h - c_x - 0,5 \times \varnothing_s = 350 - 30 - 0,5 \times 12 = 314 \text{ mm}$$

$$d_y = h - c_y - 0,5 \times \varnothing_s = 350 - 42 - 0,5 \times 12 = 302 \text{ mm}$$

$$d = 0,5 \times (d_x + d_y) = 0,5 \times (314 + 302) = 308 \text{ mm}$$

Součinitel β :

$$\beta = 1,15$$

Součinitel β (v hlavici):

$$\beta_H = 1,15$$

Maximální únosnost na obvodu sloupu $v_{Rd,max}$:

$$v = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \times v \times f_{cd} = 0,4 \times 0,528 \times 20 = 4,224 \text{ MPa}$$

Smykové napětí na obvodu sloupu $v_{Ed,max}$:

$$d_h = d + h_H = 308 + 150 = 458 \text{ mm}$$

$$v_{Ed,max} = \beta \times V_{Ed} / (u_0 \times d_h) = 1,15 \times 868,3 / (2,32 \times 458) = 0,94 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,max} \leq v_{Rd,max} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Využití: 22,2 %

Únosnost betonu $v_{Rd,c}$ ($d = 308 \text{ mm}$):

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

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 308)}; 2) = \min(1,806; 2) = 1,806$$

Statický výpočet

$$\begin{aligned}
 A_{sx} &= 5 \times \pi \times \varnothing_s^2 / 4 = 5 \times 3,142 \times 12^2 / 4 = 565,5 \text{ mm}^2 \\
 \rho_{lx} &= A_{sx} / (1\,000 \times d) = 565,5 / (1\,000 \times 308) = 0,00184 \\
 A_{sy} &= 5 \times \pi \times \varnothing_s^2 / 4 = 5 \times 3,142 \times 12^2 / 4 = 565,5 \text{ mm}^2 \\
 \rho_{ly} &= A_{sy} / (1\,000 \times d) = 565,5 / (1\,000 \times 308) = 0,00184 \\
 \rho_l &= \sqrt{(\rho_{lx} \times \rho_{ly})} = \sqrt{(0,00184 \times 0,00184)} = 0,00184 \\
 v_{\min} &= 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,806^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,465 \text{ MPa} \\
 \sigma_{cx} &= N_x / (b_x \times h) = (-537,1) / (1 \times 350) = -1,535 \text{ MPa} \\
 \sigma_{cy} &= N_y / (b_y \times h) = (-61,03) / (1 \times 350) = -0,174 \text{ MPa} \\
 \sigma_{cp} &= (\sigma_{cx} + \sigma_{cy}) / 2 = ((-1,535) + (-0,174)) / 2 = -0,855 \text{ MPa} \\
 v_{Rd,c} &= \max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{100 \times \rho_l \times f_{ck}}; v_{\min}) + k_1 \times \sigma_{cp} = \max(0,12 \times 1,806 \times \sqrt[3]{100 \times 0,00184 \times 30}; 0,465) \\
 &\quad + 0,1 \times (-0,855) = 0,38 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Délka kontrolovaného obvodu, ve kterém je splněna podmínka $v_{Rd,c} \geq v_{Ed}$:

$$u_{out} = \beta \times V_{Ed} / (v_{Rd,c} \times d) = 1,15 \times 868,3 / (0,38 \times 308) = 8,537 \text{ m}$$

tento obvod leží ve vzdálenosti 0,99 m od okraje sloupu

Posouzení obvodu č. 1 ve vzdálenosti 0,916 m od okraje sloupu (v hlavici)

Smykové napětí od zatížení

$$v_{Ed} = \beta_H \times V_{Ed} / (u_1 \times d_h) = 1,15 \times 868,3 / (8,075 \times 458) = 0,27 \text{ MPa}$$

Únosnost betonu $v_{Rd,c}$ ($d_h = 458 \text{ mm}$):

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

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d_h)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 458)}; 2) = \min(1,661; 2) = 1,661$$

$$A_{sx} = 5 \times \pi \times \varnothing_s^2 / 4 = 5 \times 3,142 \times 12^2 / 4 = 565,5 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{lx} = A_{sx} / (1\,000 \times d_h) = 565,5 / (1\,000 \times 458) = 0,00123$$

$$A_{sy} = 5 \times \pi \times \varnothing_s^2 / 4 = 5 \times 3,142 \times 12^2 / 4 = 565,5 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{ly} = A_{sy} / (1\,000 \times d_h) = 565,5 / (1\,000 \times 458) = 0,00123$$

$$\rho_l = \sqrt{(\rho_{lx} \times \rho_{ly})} = \sqrt{(0,00123 \times 0,00123)} = 0,00123$$

$$v_{\min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,661^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,41 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cx} = N_x / (b_x \times h) = (-537,1) / (1 \times 0,35) = -1,535 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cy} = N_y / (b_y \times h) = (-61,03) / (1 \times 0,35) = -0,174 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = (\sigma_{cx} + \sigma_{cy}) / 2 = ((-1,535) + (-0,174)) / 2 = -0,855 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = \max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{100 \times \rho_l \times f_{ck}}; v_{\min}) + k_1 \times \sigma_{cp} = \max(0,12 \times 1,661 \times \sqrt[3]{100 \times 0,00123 \times 30}; 0,41) \\ + 0,1 \times (-0,855) = 0,325 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Využití: 83,1 %

Posouzení obvodu č. 2 ve vzdálenosti 1,316 m od okraje sloupu

Smykové napětí od zatížení

$$v_{Ed} = \beta \times V_{Ed} / (u_2 \times d) = 1,15 \times 868,3 / (10,59 \times 308) = 0,306 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Využití: 80,6 %

Únosnost desky na protlačení vyhovuje

Využití: 83,1 %

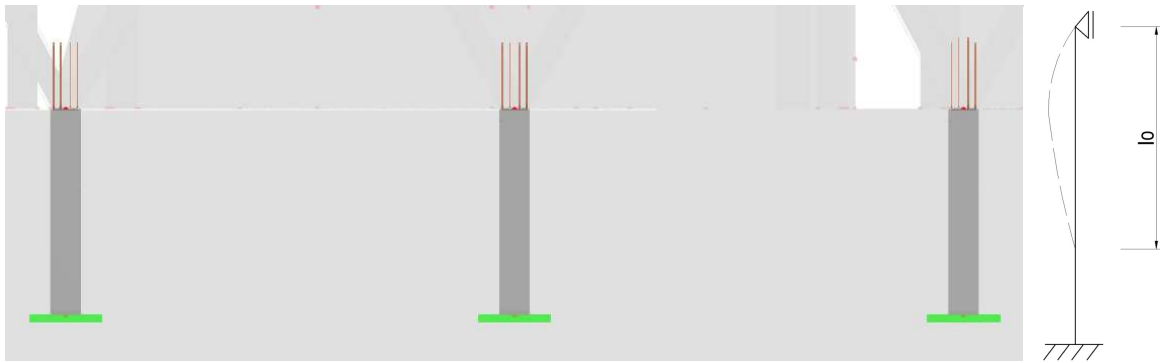
Navržená obdélníková hlavice 1980 x 1980 x 150 mm vyhovuje na protlačení sloupu deskou.

8.3 Suterénní sloupy

Vnitřní síly byly převzaty z programu Dlubal RFEM 6.01, kde jsou účinky druhého řádu a vzpěrná délka sloupu již uvažovány. Samotný posudek byl proveden pro nejnepříznivější zatížený sloup vyvozující největší namáhání. Výpočet vyhotoven pomocí programu FIN EC 2022 – Beton.

Statický výpočet

8.3.1 Schéma



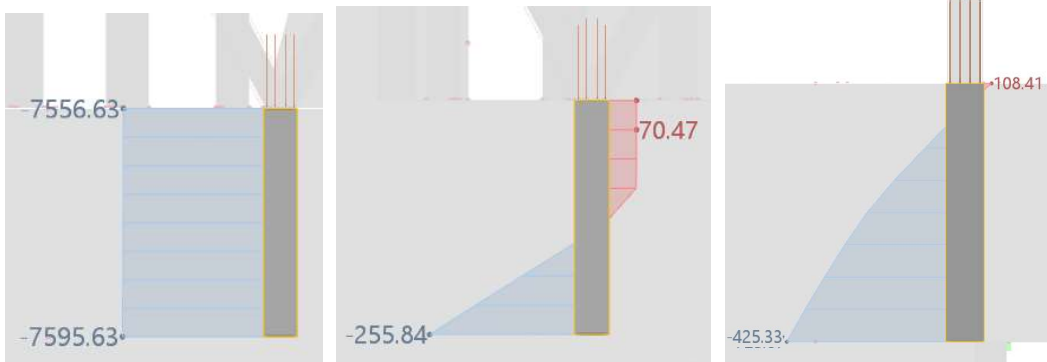
7.3.2 Vnitřní síly

MSÚ:

N [kN]

M_y [kNm]

M_z [kNm]

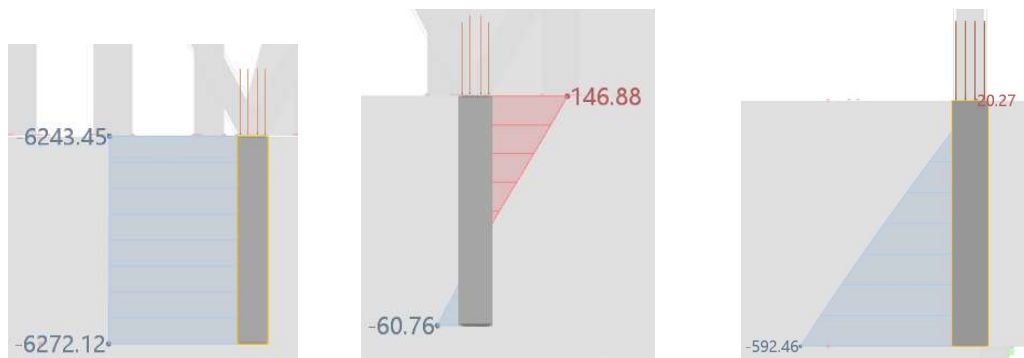


MSP:

N [kN]

M_y [kNm]

M_z [kNm]



Parametry sloupu:

délka

$l := 3700 \text{ mm}$

rozměr

$b := 580 \text{ mm}$

$h := 580 \text{ mm}$

moment setrvačnosti

$I_y := 943041.33 \text{ cm}^4$ $I_c := I_y = (9.43 \cdot 10^5) \text{ cm}^4$

poloměr setrvačnosti

$i_c := 167.4 \text{ mm}$

plocha průřezu

$A_c := b \cdot h = 336400 \text{ mm}^2$

Statický výpočet

8.3.4 ŠtíhlostVstupní parametry:

součinitel vzpěrné délky	$\beta := 0.7$
vzpěrná délka	$l_0 := l \cdot \beta = 2590 \text{ mm}$
normálová síla	$N_{Ed} := 7595.63 \text{ kN}$

Štíhlost:

$$\lambda_{y,z} := \frac{l_0}{i_c} = 15.472$$

$$\lambda_{z,y} := \frac{l_0}{i_c} = 15.472$$

Součinitel A	$A := 0.7$
Součinitel B	$B := 1.1$
Součinitel C	$C := 0.7$

$$n := \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = 1.129$$

Výpočet limitní štíhlosti

$$\lambda_{lim,y} := \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} = 10.146$$

$$\lambda_{lim,z} := \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} = 10.146$$

$$\lambda_{y,z} = 15.472 \quad \gg \lambda_{lim,y} = 10.146$$

$$\lambda_{z,y} = 15.472 \quad \gg \lambda_{lim,z} = 10.146$$

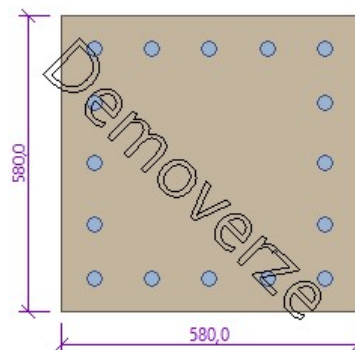
Sloup se v obou směrech jeví jako štíhlý.

8.3.4 PosouzeníNavrhovaná výztuž:

Hlavní nosná výztuž – 16 x Ø28

Smyková výztuž – Ø10

Krytí – c = 50 mm

Posudek:

Posouzení řezu X=0,000m; 81,1%; Zat.P.: MSÚ.

1: **MSÚ** - základní návrhová

$N = -7595,63 \text{ kN}$; $M_y = -255,88 \text{ kNm}$; $M_z = -425,33 \text{ kNm}$; $V_z = 41,92 \text{ kN}$; $V_y = -155,62 \text{ kN}$; $T = 4,18 \text{ kNm}$

Podrobné posouzení TLAK A OHYB: MSÚ

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

Statický výpočet

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Sloup (celková výztuž):

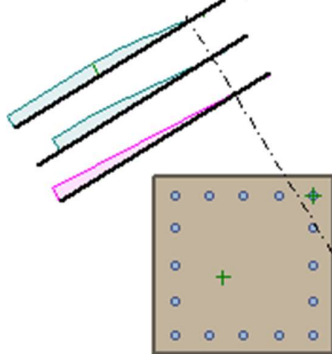
$$\rho_s = A_s / A_c = 9\,852 / 336.10^3 = 0,0293$$

$$\rho_{s,min} = \max(0,1 \times |N_{Ed}| / (f_{yd} \times A_c); 0,002) = \max(0,1 \times |-7\,596| / (434,8 \times 336.10^3); 0,002) = \max(0,00519; 0,002) = 0,00519$$

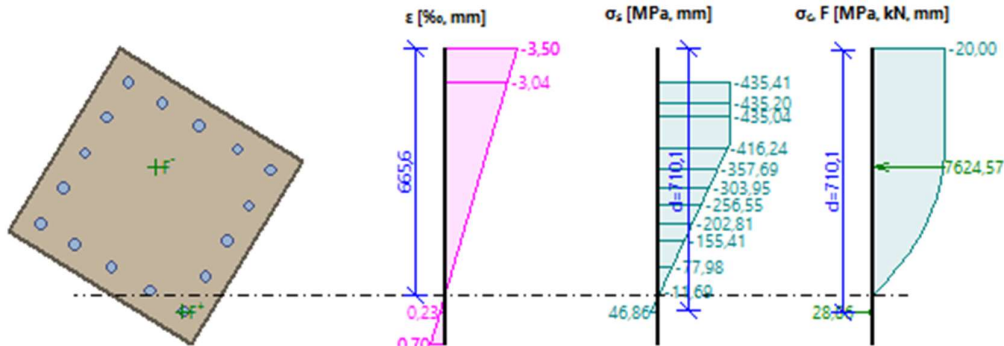
$$\rho_s = 0,0293 \geq \rho_{s,min} = 0,00519 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0293 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Orientace neutrální osy



Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vláknech průřezu

- Nejmenší deformace v betonu: -3,50 ‰
- Největší deformace v betonu: 0,70 ‰
- Nejmenší deformace ve výztuži: -3,04 ‰
- Největší deformace ve výztuži: 0,23 ‰
- Směr neutrální osy: 121,68 °

$$N_{Ed} = -7595,63 \text{ kN} \leq N_{Rd} = -10668,81 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = -255,88 \leq M_{Rdy} = -315,43 \text{ kNm}$$

$$M_{Edz} = -425,33 \leq M_{Rdz} = -524,32 \text{ kNm}$$

Posouzení průřezu na tlak a ohyb Vyhovuje

Využití: 81,1 %

Podrobné posouzení SMYK: MSÚ

Posouzení konstrukčních zásad třmíneků

$$\text{Minimální průměr třmíneků} \quad d = 7 \text{ mm} \leq 10 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmíneků} \quad s_{cl,max} = 300,0 \text{ mm} \geq 100,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Použití model náhradní příhradoviny

Sklon tlačené diagonály: $\theta = 27,12^\circ$

Plocha obvodových třmíneků pro výpočet smykové únosnosti: $A_{sw} = 149,7 \text{ mm}^2$

Únosnost betonu

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

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 632,4)}; 2) = \min(1,562; 2) = 1,562$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(615,8 / (312,4 \times 632,4); 0,02) = \min(0,00312; 0,02) = 0,00312$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,562^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,374 \text{ MPa}$$

Statický výpočet

$$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-(-7\,596) / 336,10^3; 0,2 \times 20) = \min(22,58; 4) = 4 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} = (\max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho_l \times f_{ck}); v_{min}}) + k_1 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = (\max(0,12 \times 1,562 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,00312 \times 30); 0,374}) + 0,15 \times 4) \times 312,4 \times 632,4 = 196,6 \text{ kN}$$

Únosnost smykové výztuže

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta = 149,7 / 100 \times 359,6 \times 434,8 \times 1,953 = 457 \text{ kN}$$

Únosnost tlakové diagonály

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 312,4 \times 359,6 \times 0,528 \times 20 / (1,953 + 0,512) = 481,3 \text{ kN}$$

Výsledná únosnost

$$V_{Rd} = \max(V_{Rdc}; \min(V_{Rdmax}; V_{Rds})) = \max(196,6; \min(481,3; 457)) = \max(196,6; 457) = 457 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 161,2 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 196,6 \text{ kN} \Rightarrow \text{Pouze konstrukční smyková výztuž.}$$

Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje
Využití: 35,3 %

Podrobné posouzení KROUCENÍ: MSÚ

Maximální vzdálenost třmínek $s_{l,max} = 290,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_C = 1 \times 30 / 1,5 = 20 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 312,4 \times 359,6 \times 0,528 \times 20 / (1,953 + 0,512) = 481,3 \text{ kN}$$

$$v = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$t_{ef} = \max(0,128; A / u) = \max(0,128; 0,336 / 2,32) = \max(0,128; 0,145) = 0,145 \text{ m}$$

$$T_{Rdmax} = 2 \times v \times \alpha_{cw} \times f_{cd} \times A_k \times t_{ef} \times \sin \theta \times \cos \theta = 2 \times 0,528 \times 1 \times 20 \times 0,189 \times 0,145 \times 0,456 \times 0,89 = 235,1 \text{ kNm}$$

$$V_{Edt} = T_{Ed} / (2 \times A_k) = 4,18 / (2 \times 0,189) = 11,05 \text{ kN}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S = 500 / 1,15 = 434,8 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdt} = A_{sw} \times f_{yd} \times \cot \theta / s = 3,689 \times 434,8 \times 1,953 / 0,1 = 31,32 \text{ kN}$$

$$\max(V_{Ed} / V_{Rdmax} + T_{Ed} / T_{Rdmax}; V_{Edt} / V_{Rdt}) < 1$$

$$\max(161,2 / 481,3 + 4,18 / 235,1; 11,05 / 31,32) < 1$$

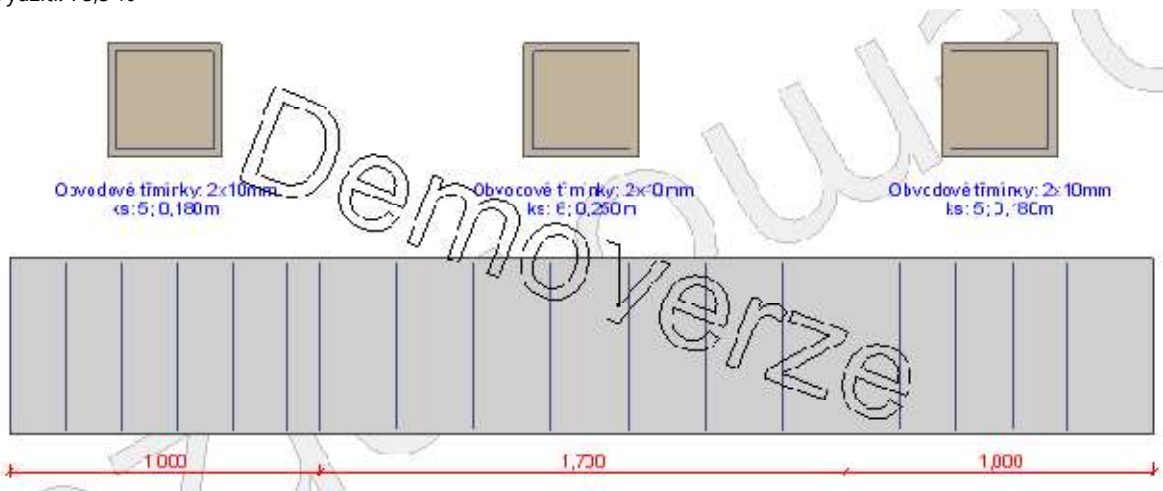
$$0,353 < 1$$

Požadovaná plocha podélné výztuže pro přenesení kroutícího momentu: $A_{sl,sum} = 86,31 \text{ mm}^2$

$$A_{sl,sum} = T_{Ed} \times \cot(\theta) \times u_k / (2 \times A_k \times f_{yd}) = 4,18 \times \cot(27,12) \times 1,74 / (2 \times 0,189 \times 434,8) = 86,31 \text{ mm}^2$$

Plocha podélné výztuže uvažovaná pro přenesení kroutícího momentu: $A_{sl} = 10\,454 \text{ mm}^2$

Únosnost průřezu v kroucení Vyhovuje
Využití: 75,3 %



2: MSP – kvazistálá

$$N = -6272,12 \text{ kN}; M_y = -59,29 \text{ kNm}; M_z = -639,58 \text{ kNm}$$

Statický výpočet

Podrobné posouzení – Omezení šířky trhlin: MSP pata

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 396 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

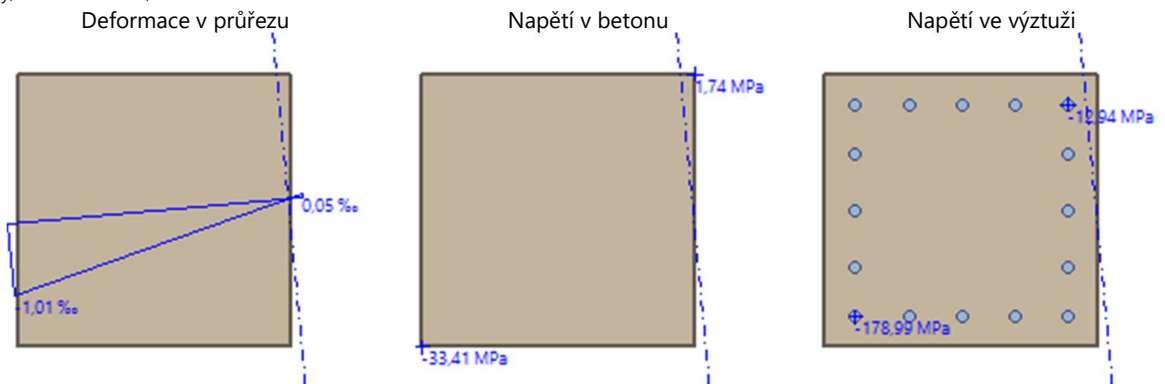
$y_t = 290 \text{ mm}$; $z_t = 290 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 11,6 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$; $I_z = 11,5 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4$; $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$



Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha: $A = 391 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 286,2 \text{ mm}$; $z_t = 287,6 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

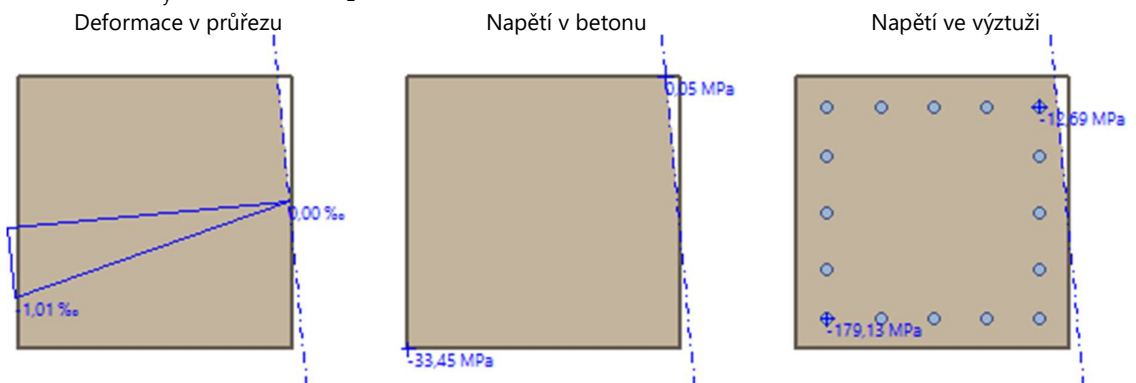
$I_y = 11,3 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$; $I_z = 11,1 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 23,8 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$; $S_{z,s} = 37,7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

$N = -6\,272 \text{ kN}$; $M_y = -44,13 \text{ kNm}$; $M_z = -615,6 \text{ kNm}$

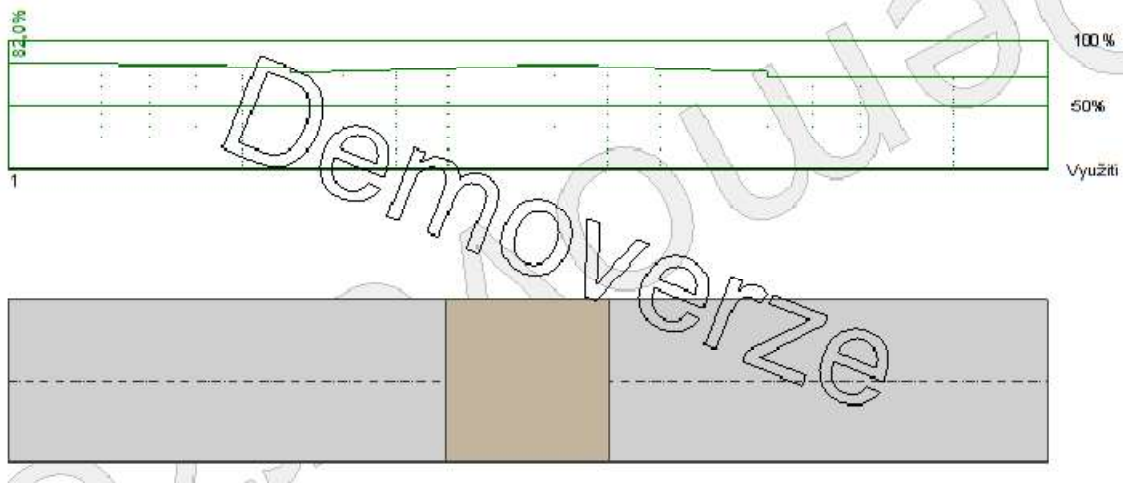


Průřez je tlačенý \Rightarrow Průřez není porušen trhlinami.

Posouzení průřezu na mezní stav omezení šířky trhlin Vyhovuje

Statický výpočet

Využití po průřezu



Navrhuji 16 x \varnothing 28

Statický výpočet

8.4 Založení sloupů – piloty

Při výpočtu je uvažováno, že 60 % zatížení horní stavby přenesou piloty a zbývajících 40 % základová deska. Posudek proveden v programu GEO5 – Pilota. Geologický profil převzat z IGP pro kolektor Hlávkův most.

Posouzení piloty**Vstupní data**

Akce : Diplomová práce
 Část : Zakládání - varianta B
 Vypracoval : Bc. Luboš Havlík
 Datum : 02.12.2022

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
 Součinitele EN 1992-1-1 : standardní
 Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1 (EC3)
 Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu : $\gamma_{M0} = 1,00$
 Dřevěné konstrukce : EN 1995-1-1 (EC5)
 Dílčí součinitel vlastností dřeva : $\gamma_M = 1,30$
 Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti (dřevo) : $k_{mod} = 0,50$
 Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo) : $k_{cr} = 0,67$



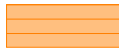
Piloty

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
 Výpočet pro odvozené podmínky : ČSN 73 1002
 Zatěžovací křivka : nelineární (Masopust)
 Vodorovná únosnost : pružný poloprostor
 Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

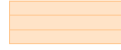
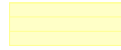
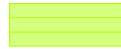
Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$\gamma_s =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce odporu na patě :	$\gamma_b =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty :	$\gamma_{st} =$	1,15 [-]	

Základní parametry zemín



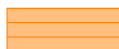
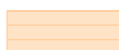
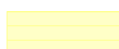
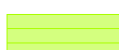
Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	ν [-]
1	AN-navážka		20,00	15,00	21,00	0,37
2	FL-P-fluv. sedimenty Vltavy		34,00	0,00	20,50	0,34
3	W5-zcela zvětralé (ZHR)		20,00	30,00	21,00	0,40

Statický výpočet

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	ν [-]
4	W4/W3-silně zvětralé břidlice (ZHR)		27,00	25,00	24,00	0,35
5	W2- navětralé břidlice (ZHR)		32,00	50,00	25,50	0,32
6	W1- zdravé břidlice (ZHR)		35,00	80,00	26,00	0,29

Číslo	Název	Vzorek	E_{oed} [MPa]	E_{def} [MPa]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	AN-navážka		-	15,00	21,00	-	-
2	FL-P-fluv. sedimenty Vltavy		-	25,00	21,00	-	-
3	W5-zcela zvětralé (ZHR)		-	8,00	21,00	-	-
4	W4/W3-silně zvětralé břidlice (ZHR)		-	100,00	24,00	-	-
5	W2- navětralé břidlice (ZHR)		-	150,00	26,00	-	-
6	W1- zdravé břidlice (ZHR)		-	200,00	26,00	-	-

Parametry zemín pro výpočet modulu reakce podloží

Číslo	Název	Vzorek	β
1	AN-navážka		5,00
2	FL-P-fluv. sedimenty Vltavy		9,00
3	W5-zcela zvětralé (ZHR)		5,00
4	W4/W3-silně zvětralé břidlice (ZHR)		6,00
5	W2- navětralé břidlice (ZHR)		6,00
6	W1- zdravé břidlice (ZHR)		6,00

Parametry zemín

AN-navážkaObjemová tíha : $\gamma = 21,00$ kN/m³Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 20,00$ °Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 15,00$ kPaPoissonovo číslo : $\nu = 0,37$ Modul přetvárnosti : $E_{def} = 15,00$ MPaObj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00$ kN/m³

Statický výpočetÚhel roznášení : $\beta = 5,00^\circ$ **FL-P-fluv. sedimenty Vltavy**Objemová tíha : $\gamma = 20,50 \text{ kN/m}^3$ Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 34,00^\circ$ Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$ Poissonovo číslo : $\nu = 0,34$ Modul přetvárnosti : $E_{def} = 25,00 \text{ MPa}$ Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$ Úhel roznášení : $\beta = 9,00^\circ$ **W5-zcela zvětralé (ZHR)**Objemová tíha : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$ Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 20,00^\circ$ Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 30,00 \text{ kPa}$ Poissonovo číslo : $\nu = 0,40$ Modul přetvárnosti : $E_{def} = 8,00 \text{ MPa}$ Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$ Úhel roznášení : $\beta = 5,00^\circ$ **W4/W3-silně zvětralé břidlice (ZHR)**Objemová tíha : $\gamma = 24,00 \text{ kN/m}^3$ Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 27,00^\circ$ Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 25,00 \text{ kPa}$ Poissonovo číslo : $\nu = 0,35$ Modul přetvárnosti : $E_{def} = 100,00 \text{ MPa}$ Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 24,00 \text{ kN/m}^3$ Úhel roznášení : $\beta = 6,00^\circ$ **W2- navětralé břidlice (ZHR)**Objemová tíha : $\gamma = 25,50 \text{ kN/m}^3$ Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 32,00^\circ$ Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 50,00 \text{ kPa}$ Poissonovo číslo : $\nu = 0,32$ Modul přetvárnosti : $E_{def} = 150,00 \text{ MPa}$ Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 26,00 \text{ kN/m}^3$ Úhel roznášení : $\beta = 6,00^\circ$ **W1- zdravé břidlice (ZHR)**Objemová tíha : $\gamma = 26,00 \text{ kN/m}^3$ Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$ Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 80,00 \text{ kPa}$ Poissonovo číslo : $\nu = 0,29$ Modul přetvárnosti : $E_{def} = 200,00 \text{ MPa}$ Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 26,00 \text{ kN/m}^3$ Úhel roznášení : $\beta = 6,00^\circ$ **Geometrie**

Profil piloty: kruhová

RozměryPrůměr $d = 1,20 \text{ m}$ Délka $l = 13,00 \text{ m}$ **Spočtené průřezové charakteristiky**Plocha $A = 1,13E+00 \text{ m}^2$

Statický výpočetMoment setrvačnosti $I = 1,02E-01 \text{ m}^4$ **Umístění**Vysazení $h = 0,00 \text{ m}$ Hloubka upraveného terénu $h_z = 3,85 \text{ m}$

Typ technologie: Vrtané piloty

Modul reakce podloží uvažován jako konstantní.

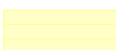
Materiál konstrukceObjemová tíha $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

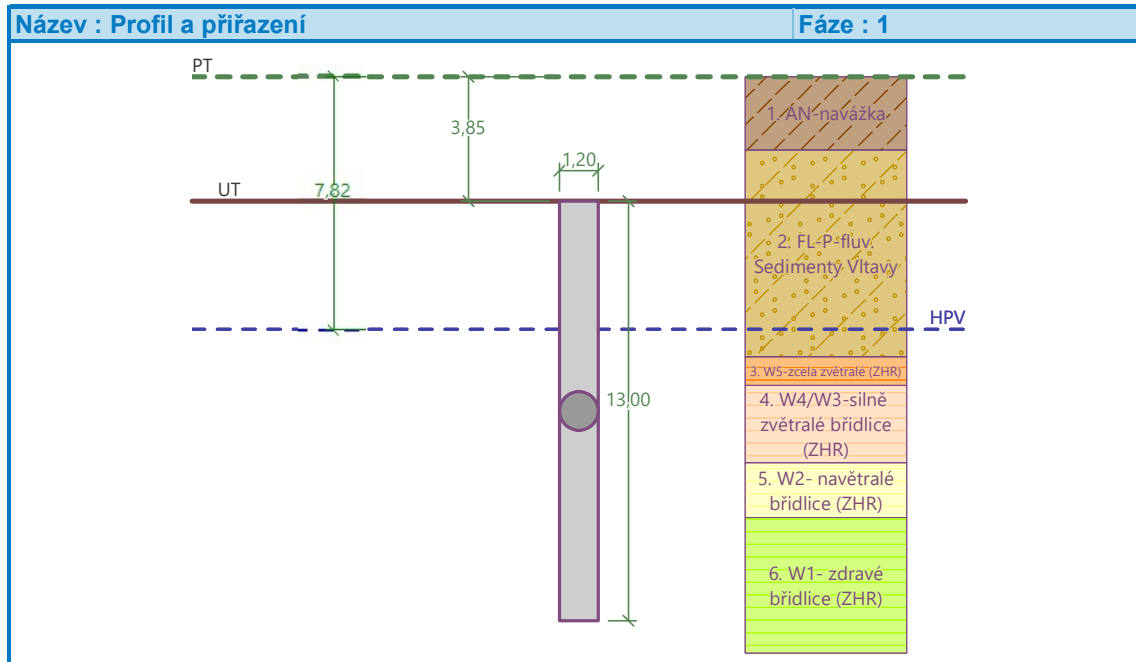
Beton: C 20/25Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 20,00 \text{ MPa}$ Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,20 \text{ MPa}$ Modul pružnosti $E_{cm} = 30000,00 \text{ MPa}$ Modul pružnosti ve smyku $G = 12500,00 \text{ MPa}$ **Ocel podélná: B500B**Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$ **Ocel příčná: B500B**Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$ **Geologický profil a přiřazení zemín****Informace o umístění**

Kóta povrchu = 0,00 m

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Nadm. výška [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	2,27	0,00 .. 2,27	0,00 .. -2,27	AN-navážka	
2	6,40	2,27 .. 8,67	-2,27 .. -8,67	FL-P-fluv. sedimenty Vltavy	
3	0,89	8,67 .. 9,56	-8,67 .. -9,56	W5-zcela zvětralé (ZHR)	
4	2,39	9,56 .. 11,95	-9,56 .. -11,95	W4/W3-silně zvětralé břidlice (ZHR)	
5	1,70	11,95 .. 13,65	-11,95 .. -13,65	W2- navětralé břidlice (ZHR)	
6	10,85	13,65 .. 24,50	-13,65 .. -24,50	W1- zdravé břidlice (ZHR)	
7	-	24,50 .. ∞	-24,50 .. -	W1- zdravé břidlice (ZHR)	

Statický výpočet



Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	-4557,38	-153,50	-255,20	36,02	30,97
2	Ano		Zatížení č. 2	Užitné	-3763,27	-36,46	-355,48	7,75	2,72

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 7,82 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svíslé únosnosti : analytické řešení

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Metodika posouzení : bez redukce vstupních dat

Posouzení čís. 1

Únosnost tažené piloty:

Hloubka [m]	Mocnost [m]	Φ_d [°]	c_{ud} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{R2} [-]	f_s [kPa]	R_{Si} [kN]
3,97	3,97	34,00	0,00	20,50	1,00	27,45	410,79
4,82	0,85	34,00	0,00	11,00	1,00	58,05	186,01
5,71	0,89	20,00	30,00	11,00	1,00	64,81	217,44
8,10	2,39	27,00	25,00	14,00	1,00	84,74	763,55
9,80	1,70	32,00	50,00	16,00	1,00	142,22	911,48
13,00	3,20	35,00	80,00	16,00	1,00	210,79	2542,89

Posouzení svíslé únosnosti piloty podle teorie MS - výsledky

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení tažené piloty:

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 2. (Zatížení č. 2)

Statický výpočet

Únosnost tažené piloty $R_{sdt} = 4375,79$ kN
 Vlastní hmotnost piloty $w_p = 236,03$ kN
 Extrémní tahová síla $V_d = 4321,35$ kN

$$R_c = 4375,79 \text{ kN} > 4321,35 \text{ kN} = V_d$$

Únosnost tažené piloty VYHOVUJE**Posouzení čís. 1****Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data**

Vrstva číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_s [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0,00	4,82	4,82	15,00	20,00	20,00
2	4,82	5,71	0,89	15,00	20,00	20,00
3	5,71	8,10	2,39	15,00	20,00	20,00
4	8,10	9,80	1,70	15,00	20,00	20,00
5	9,80	13,00	3,20	15,00	20,00	20,00

Uvažovat zatížení : užité

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1,00$

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25,0$ mm

Regresní součinitel $e = 1616,00$

Regresní součinitel $f = 1155,00$

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Mezní síla na plášti piloty $R_{sy} = 484,77$ kN
 Velikost napětí na patě při R_{sy} $q_0 = 1509,38$ kPa
 Průměrné plášťové tření $q_s = 14,13$ kPa
 Průměrný sečnový modul deformace $E_s = 15,00$ MPa
 Součinitel přenosu zatížení do paty $\beta = 0,71$

Příčinkové součinitele sedání :

Základni - závislý na poměru l/d $l_0 = 0,14$

Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,01$

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Body zatěžovací křivky

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0,0	0,00
2,5	728,03
5,0	1029,59
7,5	1260,98
10,0	1456,06
12,5	1627,92
15,0	1831,63
17,5	2056,11
20,0	2280,59
22,5	2505,06
25,0	2729,54

Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace plášť.tření $R_{yu} = 1679,72$ kN

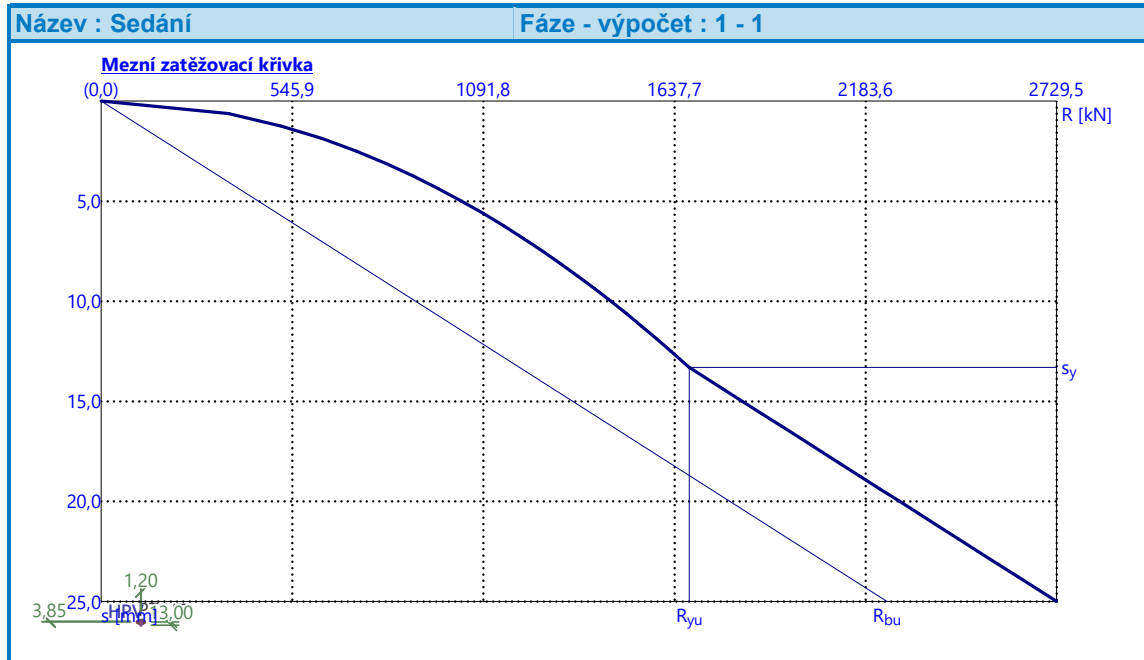
Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 13,3$ mm

Statický výpočet

Únosnosti odpovídající sednutí 25,0 mm :

Únosnost paty $R_{bu} = 2244,77 \text{ kN}$

Celková únosnost $R_c = 2729,54 \text{ kN}$



Posouzení čís. 1

Vstupní data pro výpočet vodorovné únosnosti piloty

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Vodorovná únosnost posouzena ve směru maximálního účinku zatížení.

Průběhy vnitřních sil a deformace piloty

Průběh deformací a vnitřních sil po pilotě - maximální hodnoty:

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
0.00	0.00	0.41	0.53	33.20	47.50	357.34
0.65	23.73	0.39	0.45	26.21	40.14	353.33
1.30	23.73	0.35	0.38	20.10	37.11	339.26
1.95	23.73	0.32	0.31	14.88	45.48	316.53
2.60	23.73	0.27	0.25	10.54	50.64	287.82
3.25	23.73	0.23	0.20	7.01	53.31	255.31
3.90	23.73	0.19	0.16	4.23	54.21	220.68
4.55	23.73	0.15	0.12	2.55	54.75	185.19
5.20	8.51	0.12	0.08	0.81	54.44	149.84
5.85	103.29	0.10	0.05	8.32	52.51	121.98
6.50	103.29	0.11	0.03	6.74	45.35	95.04
7.15	103.29	0.10	0.02	5.21	37.73	70.41
7.80	103.29	0.09	0.02	3.83	30.73	48.81
8.45	154.93	0.07	0.02	3.94	24.43	30.70
9.10	154.93	0.06	0.01	2.45	17.66	17.07
9.75	154.93	0.04	0.01	1.35	11.93	11.30
10.40	206.58	0.03	0.01	1.70	6.06	8.45
11.05	206.58	0.02	0.01	2.15	4.57	5.39

Statický výpočet

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
11.70	206.58	0.01	0.01	2.43	3.69	2.67
12.35	206.58	0.01	0.01	2.85	2.16	0.73
13.00	206.58	0.02	0.01	5.37	0.00	0.00

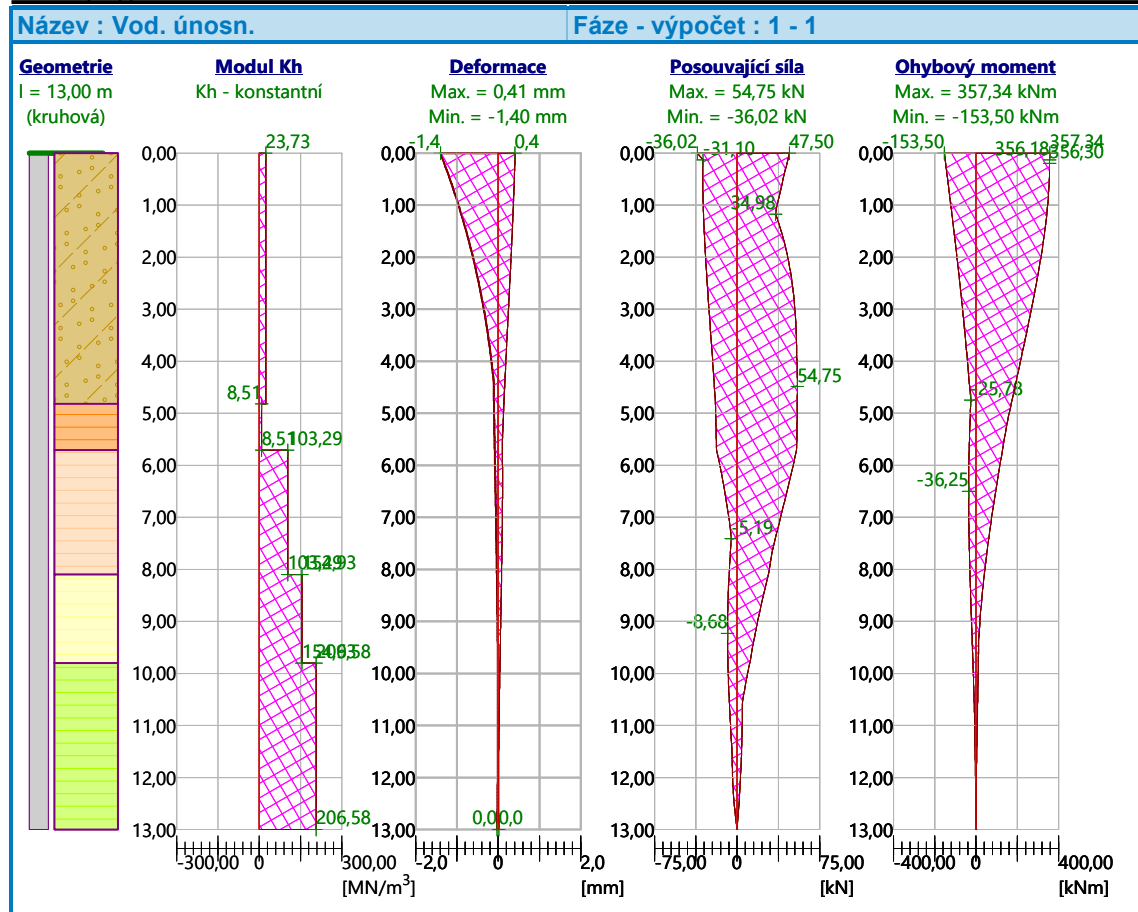
Průběh deformací a vnitřních sil po pilotě - minimální hodnoty:

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
0.00	0.00	-1.40	-0.11	-9.69	-36.02	-153.50
0.65	23.73	-1.10	-0.08	-9.14	-31.15	-133.25
1.30	23.73	-0.85	-0.06	-8.38	-30.33	-113.22
1.95	23.73	-0.63	-0.06	-7.48	-28.81	-93.97
2.60	23.73	-0.44	-0.06	-6.51	-26.88	-75.85
3.25	23.73	-0.30	-0.06	-5.52	-24.74	-59.07
3.90	23.73	-0.18	-0.06	-4.55	-22.56	-43.70
4.55	23.73	-0.11	-0.06	-3.64	-20.49	-29.72
5.20	8.51	-0.10	-0.05	-1.00	-19.25	-29.57
5.85	103.29	-0.08	-0.04	-10.57	-17.14	-34.50
6.50	103.29	-0.07	-0.04	-10.86	-11.27	-36.25
7.15	103.29	-0.05	-0.03	-10.22	-6.62	-34.81
7.80	103.29	-0.04	-0.02	-8.98	-6.48	-31.32
8.45	154.93	-0.03	-0.02	-11.55	-8.04	-26.58
9.10	154.93	-0.02	-0.02	-9.31	-8.67	-21.09
9.75	154.93	-0.01	-0.02	-7.54	-8.44	-15.49
10.40	206.58	-0.01	-0.02	-6.51	-7.40	-10.31
11.05	206.58	-0.01	-0.02	-4.21	-5.88	-6.47
11.70	206.58	-0.01	-0.02	-1.93	-4.44	-3.74
12.35	206.58	-0.01	-0.02	-2.37	-3.21	-1.15
13.00	206.58	-0.03	-0.02	-3.16	-0.00	-0.00

Maximální vnitřní síly a deformace:

Max.deformace piloty = 1,4 mm
 Max.posouvající síla = 54,75 kN
 Maximální moment = 357,34 kNm

Statický výpočet



Posouzení na tah a ohyb

Průřez: kruhová, d = 1,20 m
 Vyztužení - 18 ks profil 32,0 mm; krytí 50,0 mm
 Typ konstrukce (stupně vyztužení) : pilota
 Stupeň vyztužení $\rho = 1,280 \% > 0,250 \% = \rho_{min}$
 Zatížení : $N_{Ed} = -4557,38 \text{ kN}$ (tah) ; $M_{Ed} = 297,81 \text{ kNm}$
 Únosnost : $N_{Rd} = -5735,61 \text{ kN}$; $M_{Rd} = 374,80 \text{ kNm}$

Navržená výztuž piloty VYHOVUJE

Posouzení na smyk

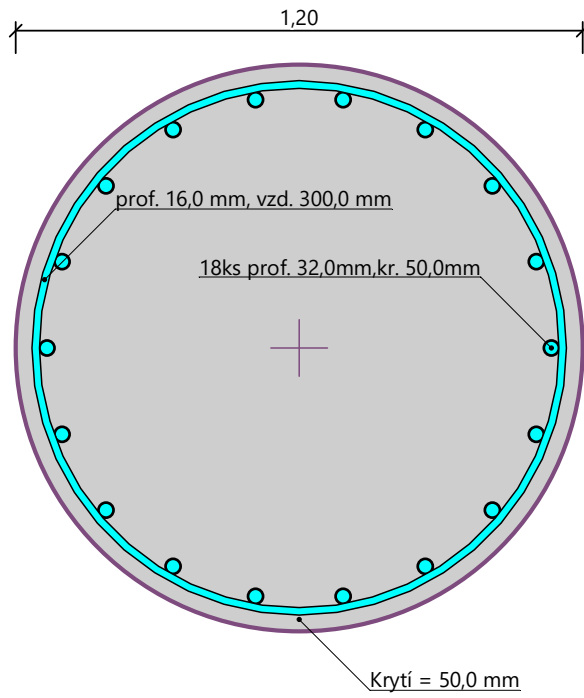
Smyková výztuž - profil 16,0 mm; vzdálenost 300,0 mm
 $A_{sw} = 2 \times 670,2 = 1340,4 \text{ mm}^2$
 Posouvající síla na mezi únosnosti: $V_{Rd} = 1258,82 \text{ kN} > 54,75 \text{ kN} = V_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

pouze konstrukční smyková výztuž

Statický výpočet

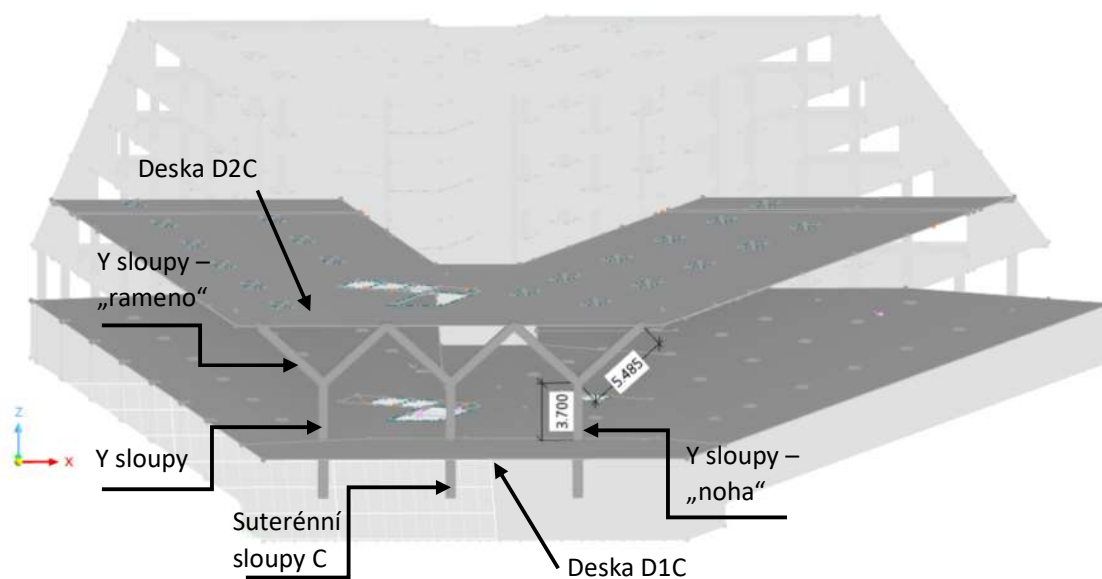
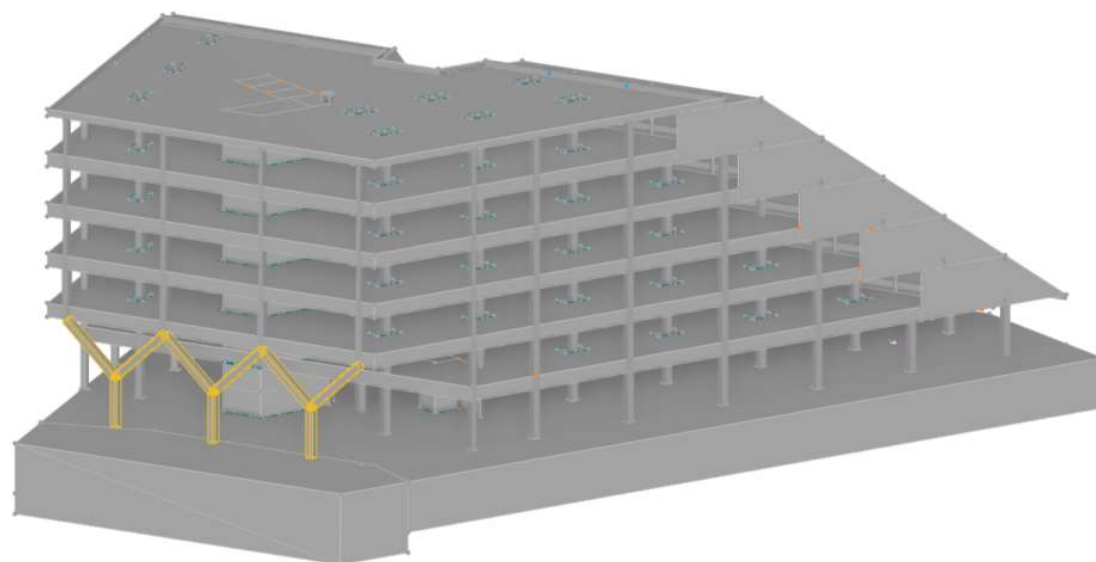
Schéma vyztužení



Navrhuji pilotu o \varnothing 1,2 m délky 13 m vyztuženou 18 x \varnothing 32 mm

9. Varianta C

V tomto variantním řešení je prostor podepřen pomocí tří železobetonových sloupů tvaru písmene Y, kde svislá část sloupu na výšku jednoho podlaží, tedy 3,7 m. Rozmístění sloupů je zvoleno tak, aby každý sloup horního patra byl vynášen šikmými rameny sloupů, pomocí nichž je zajištěn přenos zatížení do svislé části, suterénních sloupů a pilot. Materiálové charakteristiky jednotlivých prvků jsou totožné s předchozí variantou.

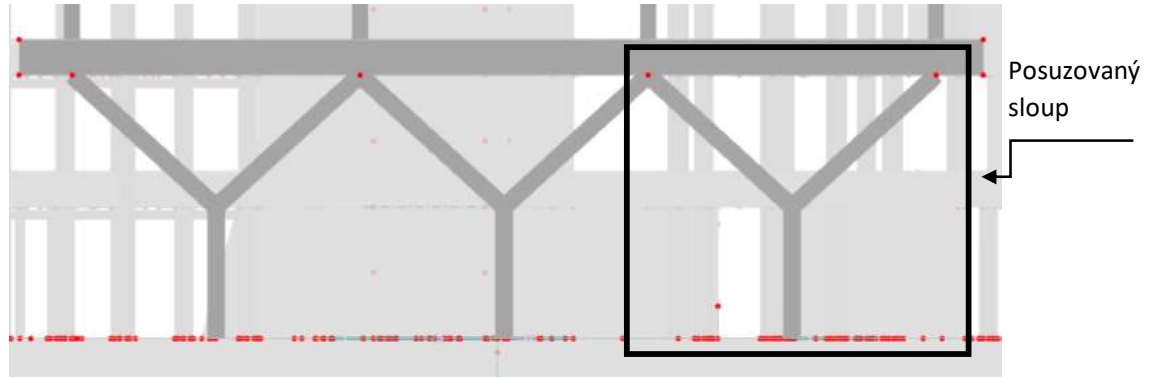


Statický výpočet

9.1 Y sloupy

Návrh a posudek sloupu, potažmo výztuže byl proveden ve výpočetním programu FIN EC 2022 – Beton. Vstupní parametry byly převzaty z 3D modelu vytvořeného v Dlubal RFEM 6.1. zatížení objektu je totožné s předchozí variantou. Vzpěrné délky prutů a účinky druhého řádu jsou již v modelu zohledněny.

9.1.1 Schéma



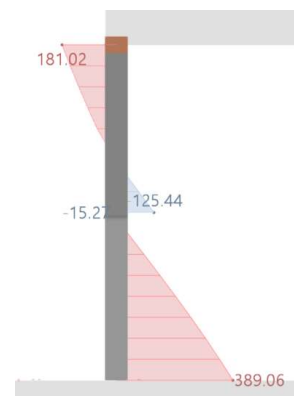
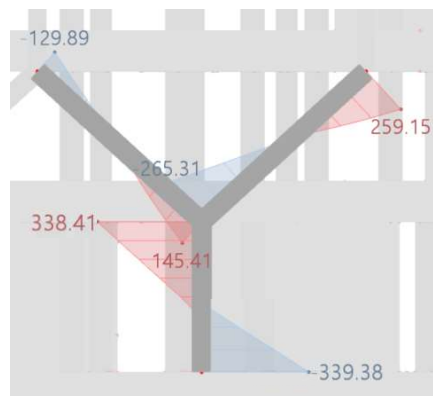
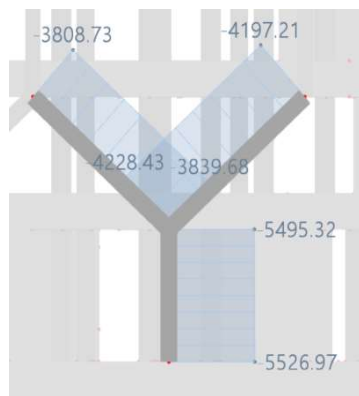
9.1.2 Vnitřní síly

MSÚ:

N [kN]

M_y [kNm]

M_z [kNm]

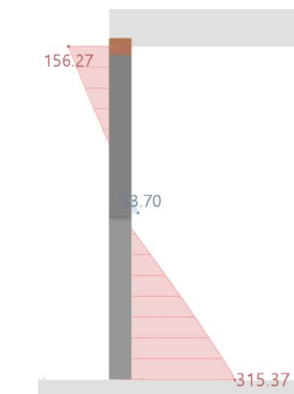
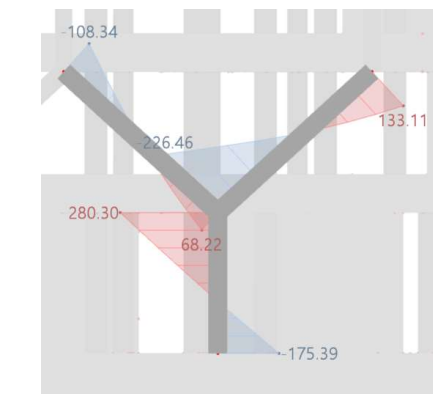
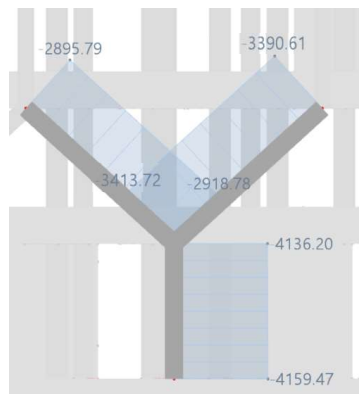


MSP:

N [kN]

M_y [kNm]

M_z [kNm]



Statický výpočet

Y sloup - „rameno“

Navrhovaná výztuž:

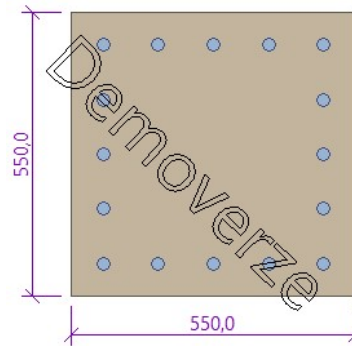
Průřez – 550 x 550 mm

Délka – 5485 mm

Hlavní nosná výztuž – 16x Ø25

Smyková výztuž – Ø10

Krytí – c = 50 mm



Posudek:

Posouzení řezu X=4,285m; 81,9%; Zat.P.: Zat. případ 1.

1: Zat. případ 1 - základní návrhová

N=-4204,04kN; M_y=144,41kNm; M_z=113,97kNm; V_z=-29,62kN; V_y=28,44kN; T=105,01kNm

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):

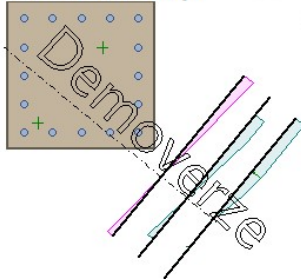
$$\rho_s = A_s / A_c = 7\,854 / 303.10^3 = 0,026$$

$$\rho_{s,min} = \max(0,1 \times |N_{Ed}| / (f_{yd} \times A_c); 0,002) = \max(0,1 \times |-4\,204| / (434,8 \times 303.10^3); 0,002) = \max(0,0032; 0,002) = 0,0032$$

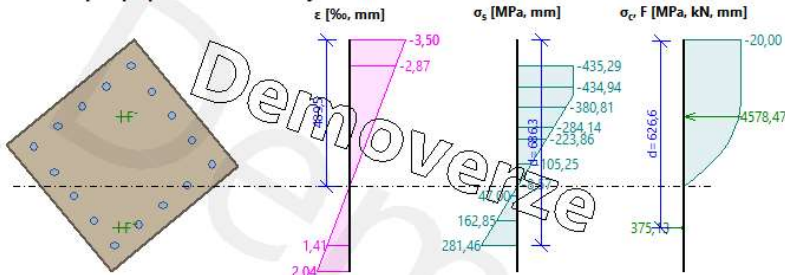
$$\rho_s = 0,026 \geq \rho_{s,min} = 0,0032 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,026 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Orientace neutrální osy



Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vláknech průřezu

- Nejmenší deformace v betonu: -3,50 ‰
- Největší deformace v betonu: 2,04 ‰
- Nejmenší deformace ve výztuži: -2,87 ‰
- Největší deformace ve výztuži: 1,41 ‰
- Směr neutrálné osy: 320,49 °

$$N_{Ed} = -4204,04 \text{ kN} \leq N_{Rd} = -9191,59 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = 144,41 \leq M_{Rdy} = 537,81 \text{ kNm}$$

$$M_{Edz} = 113,97 \leq M_{Rdz} = 424,46 \text{ kNm}$$

Posouzení průřezu na tlak a ohyb Vyhovuje

Využití: 45,7 %

Statický výpočet

Podrobné posouzení SMYK: Zat. případ 1

Posouzení konstrukčních zásad třmínků

Minimální průměr třmínků $d = 6,25 \text{ mm} \leq 10 \text{ mm} \Rightarrow$ Vyhovuje

Maximální vzdálenost třmínků $s_{cl,max} = 300,0 \text{ mm} \geq 170,0 \text{ mm} \Rightarrow$ Vyhovuje

Použit model náhradní příhradoviny

Sklon tlačené diagonály: $\theta = 21,8^\circ$

Únosnost betonu

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

$$k = \min(1 + \sqrt{200 / d}; 2) = \min(1 + \sqrt{200 / 638,9}; 2) = \min(1,559; 2) = 1,559$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(1473 / (277,7 \times 638,9); 0,02) = \min(0,0083; 0,02) = 0,0083$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,559^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,373 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-4204 / 303,103; 0,2 \times 20) = \min(13,9; 4) = 4 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} = (\max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt{100 \times \rho_l \times f_{ck}}; v_{min}) + k_1 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = (\max(0,12 \times 1,559 \times \sqrt{100 \times 0,0083 \times 30}; 0,373) + 0,15 \times 4) \times 277,7 \times 638,9 = 203,4 \text{ kN}$$

Únosnost smykové výztuže

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta = 39,27 / 170 \times 379,3 \times 434,8 \times 2,5 = 95,25 \text{ kN}$$

Únosnost tlakové diagonály

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 277,7 \times 379,3 \times 0,528 \times 20 / (2,5 + 0,4) = 383,6 \text{ kN}$$

Výsledná únosnost

$$V_{Rd} = \max(V_{Rdc}; \min(V_{Rdmax}; V_{Rds})) = \max(203,4; \min(383,6; 95,25)) = \max(203,4; 95,25) = 203,4 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 41,06 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 203,4 \text{ kN} \Rightarrow$$
 Pouze konstrukční smyková výztuž.

Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje

Využití: 20,2 %

Podrobné posouzení KROUCENÍ: Zat. případ 1

Maximální vzdálenost třmínků $s_{l,max} = 275,0 \text{ mm} \Rightarrow$ Vyhovuje

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 1 \times 30 / 1,5 = 20 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 277,7 \times 379,3 \times 0,528 \times 20 / (2,5 + 0,4) = 383,6 \text{ kN}$$

$$v = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$t_{ef} = \max(0,125; A / u) = \max(0,125; 0,303 / 2,2) = \max(0,125; 0,138) = 0,138 \text{ m}$$

$$T_{Rdmax} = 2 \times v \times \alpha_{cw} \times f_{cd} \times A_k \times t_{ef} \times \sin \theta \times \cos \theta = 2 \times 0,528 \times 1 \times 20 \times 0,17 \times 0,138 \times 0,371 \times 0,928 = 170,4 \text{ kNm}$$

$$V_{Edt} = T_{Ed} / (2 \times A_k) = 105 / (2 \times 0,17) = 308,6 \text{ kN}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434,8 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdt} = A_{sw} \times f_{yd} \times \cot \theta / s = 58,9 \times 434,8 \times 2,5 / 0,17 = 376,6 \text{ kN}$$

$$\max(V_{Ed} / V_{Rdmax} + T_{Ed} / T_{Rdmax}; V_{Edt} / V_{Rdt}) < 1$$

$$\max(41,06 / 383,6 + 105 / 170,4; 308,6 / 376,6) < 1$$

$$0,819 < 1$$

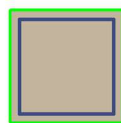
Požadovaná plocha podélné výztuže pro přenesení kroutícího momentu: $A_{sl,sum} = 2927 \text{ mm}^2$

$$A_{sl,sum} = T_{Ed} \times \cot(\theta) \times u_k / (2 \times A_k \times f_{yd}) = 105 \times \cot(21,8) \times 1,65 / (2 \times 0,17 \times 434,8) = 2927 \text{ mm}^2$$

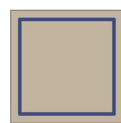
Plocha podélné výztuže uvažovaná pro přenesení kroutícího momentu: $A_{sl} = 10110 \text{ mm}^2$

Únosnost průřezu v kroucení Vyhovuje

Využití: 81,9 %



Obvodové třmínky: 2x10mm
ks: 11; 0,100m



Obvodové třmínky: 2x10mm
ks: 18; 0,170m



Obvodové třmínky: 2x10mm
ks: 12; 0,100m

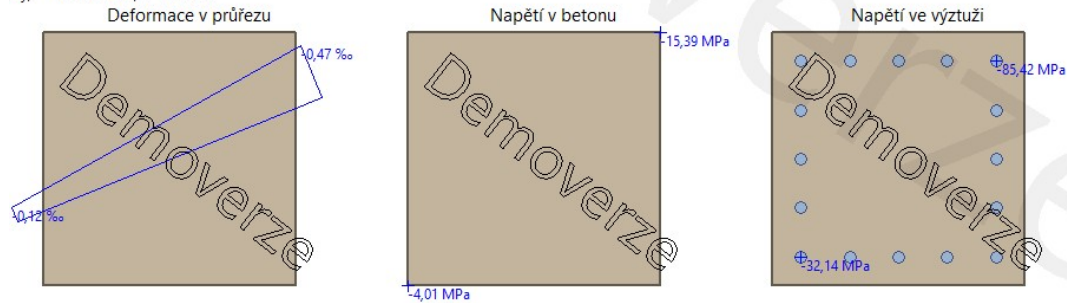


Statický výpočet

2: **Zat. případ 2** - kvazistálá
 $N = -3395,67 \text{ kN}$; $M_y = 54,44 \text{ kNm}$; $M_z = 133,83 \text{ kNm}$

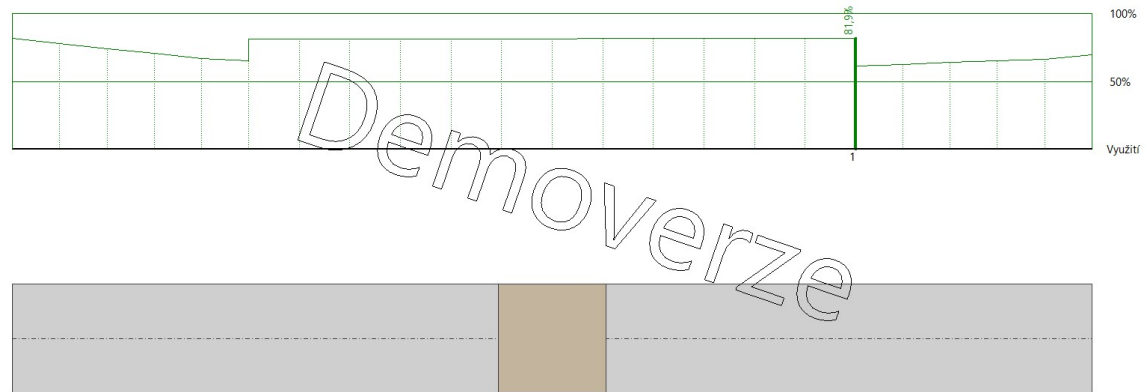
Podrobné posouzení - Omezení šířky trhlín: Zat. případ 2
Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$
 Průřezová plocha: $A = 350.10^3 \text{ mm}^2$
 Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):
 $y_t = 275 \text{ mm}$; $z_t = 275 \text{ mm}$
 Moment setrvačnosti:
 $I_y = 9,10.10^9 \text{ mm}^4$; $I_z = 9,10.10^9 \text{ mm}^4$
 Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:
 $S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4$; $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$



Průřez je tlačný \Rightarrow Průřez není porušen trhlínami.
 Posouzení průřezu na mezní stav omezení šířky trhlín Vyhovuje

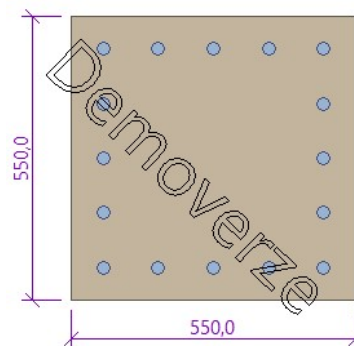
Využití po průřezu



Navrhují 16 x Ø 25

Y sloup - „noha“

Navrhovaná výztuž:
 Průřez – 550 x 550 mm
 Délka – 3700 mm
 Hlavní nosná výztuž – 16x Ø25
 Smyková výztuž – Ø10
 Krytí – c = 50 mm



Statický výpočet

Posudek:

Posouzení řezu X=0,000m; 86,9%; Zat.P.: Zat. případ 1.

1: Zat. případ 1 - základní návrhová

N=-5526,97kN; M_y=-339,38kNm; M_z=389,06kNm; V_z=-141,98kN; V_y=-114,06kN; T=4,14kNm

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):

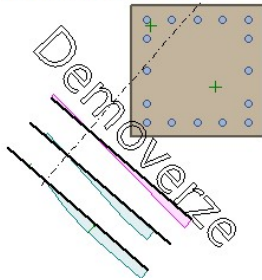
$$\rho_s = A_s / A_c = 7\,854 / 303 \cdot 10^3 = 0,026$$

$$\rho_{s,min} = \max(0,1 \times |N_{Ed}| / (f_{yd} \times A_c); 0,002) = \max(0,1 \times |-5\,527| / (434,8 \times 303 \cdot 10^3); 0,002) = \max(0,0042; 0,002) = 0,0042$$

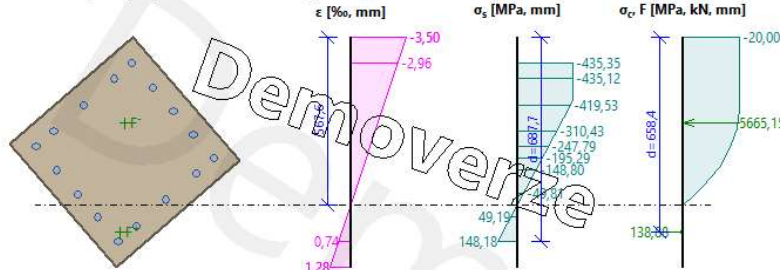
$$\rho_s = 0,026 \geq \rho_{s,min} = 0,0042 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,026 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Orientace neutrální osy



Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vláknech průřezu

Nejmenší deformace v betonu: -3,50 ‰

Největší deformace v betonu: 1,28 ‰

Nejmenší deformace ve výztuži: -2,96 ‰

Největší deformace ve výztuži: 0,74 ‰

Směr neutrální osy: 229,06 °

N_{Ed} = -5526,97 kN ≤ N_{Rd} = -9191,59 kN

M_{Edy} = -339,38 ≤ M_{Rdy} = -390,68 kNm

M_{Edz} = 389,06 ≤ M_{Rdz} = 447,87 kNm

Posouzení průřezu na tlak a ohyb Vyhovuje

Využití: 86,9 %

Podrobné posouzení SMYK: Zat. případ 1

Posouzení konstrukčních zásad třmínků

Minimální průměr třmínků d = 6,25 mm ≤ 10 mm ⇒ Vyhovuje

Maximální vzdálenost třmínků s_{cl,max} = 300,0 mm ≥ 200,0 mm ⇒ Vyhovuje

Použití model náhradní příhradoviny

Sklon tlačené diagonály: θ = 21,8 °

Únosnost betonu

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

$$k = \min(1 + \sqrt{200 / d}; 2) = \min(1 + \sqrt{200 / 659,1}; 2) = \min(1,551; 2) = 1,551$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(917,6 / (233,8 \times 659,1); 0,02) = \min(0,00596; 0,02) = 0,00596$$

$$V_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,551^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,37 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-5\,527 / 303 \cdot 10^3; 0,2 \times 20) = \min(18,27; 4) = 4 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} = (\max(C_{Rd,c} \times k \times 3 \sqrt{(100 \times \rho_l \times f_{ck}); V_{min}}) + k_1 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = (\max(0,12 \times 1,551 \times 3 \sqrt{(100 \times 0,00596 \times 30); 0,37}) + 0,15 \times 4) \times 233,8 \times 659,1 = 167,4 \text{ kN}$$

Únosnost smykové výztuže

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta = 117,8 / 200 \times 371,2 \times 434,8 \times 2,5 = 237,7 \text{ kN}$$

Únosnost tlakové diagonály

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 233,8 \times 371,2 \times 0,528 \times 20 / (2,5 + 0,4) = 316 \text{ kN}$$

Statický výpočet

Výsledná únosnost

$$V_{Rd} = \max(V_{Rdc}; \min(V_{Rdmax}; V_{Rds})) = \max(167,4; \min(316; 237,7)) = \max(167,4; 237,7) = 237,7 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 182,1 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 237,7 \text{ kN} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje

Využití: 76,6 %

Podrobné posouzení KROUCENÍ: Zat. případ 1

Maximální vzdálenost třmínek $s_{l,max} = 275,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 1 \times 30 / 1,5 = 20 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 233,8 \times 371,2 \times 0,528 \times 20 / (2,5 + 0,4) = 316 \text{ kN}$$

$$v = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$t_{ef} = \max(0,125; A / u) = \max(0,125; 0,303 / 2,2) = \max(0,125; 0,138) = 0,138 \text{ m}$$

$$T_{Rdmax} = 2 \times v \times \alpha_{cw} \times f_{cd} \times A_k \times t_{ef} \times \sin \theta \times \cos \theta = 2 \times 0,528 \times 1 \times 20 \times 0,17 \times 0,138 \times 0,371 \times 0,928 = 170,4 \text{ kNm}$$

$$V_{Edt} = T_{Ed} / (2 \times A_k) = 4,14 / (2 \times 0,17) = 12,17 \text{ kN}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434,8 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdt} = A_{sw} \times f_{yd} \times \cot \theta / s = 19,63 \times 434,8 \times 2,5 / 0,2 = 106,7 \text{ kN}$$

$$\max(V_{Ed} / V_{Rdmax} + T_{Ed} / T_{Rdmax}; V_{Edt} / V_{Rdt}) < 1$$

$$\max(182,1 / 316 + 4,14 / 170,4; 12,17 / 106,7) < 1$$

$$0,601 < 1$$

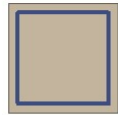
Požadovaná plocha podélné výztuže pro přenesení kroutícího momentu: $A_{sl,sum} = 115,4 \text{ mm}^2$

$$A_{sl,sum} = T_{Ed} \times \cot(\theta) \times u_k / (2 \times A_k \times f_{yd}) = 4,14 \times \cot(21,8) \times 1,65 / (2 \times 0,17 \times 434,8) = 115,4 \text{ mm}^2$$

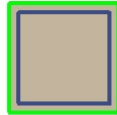
Plocha podélné výztuže uvažovaná pro přenesení kroutícího momentu: $A_{sl} = 8 \text{ 021 mm}^2$

Únosnost průřezu v kroucení Vyhovuje

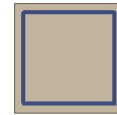
Využití: 60,1 %



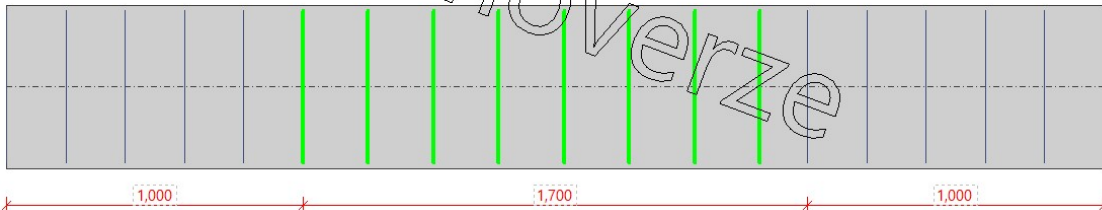
Obvodové třmínky: 2x10mm
ks: 5; 0,200m



Obvodové třmínky: 2x10mm
ks: 7; 0,220m



Obvodové třmínky: 2x10mm
ks: 5; 0,200m



2: Zat. případ 2 - kvazistálá

$$N = -4159,47 \text{ kN}; M_y = 175,39 \text{ kNm}; M_z = 315,37 \text{ kNm}$$

Podrobné posouzení - Omezení šířky trhlín: Zat. případ 2

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 350,10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

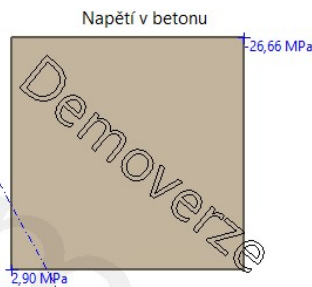
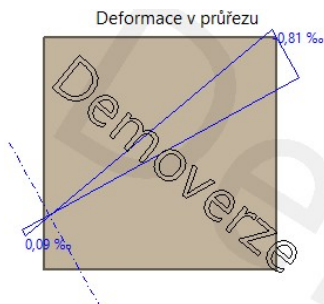
$$y_t = 275 \text{ mm}; z_t = 275 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = 9,19,10^9 \text{ mm}^4; I_z = 9,10,10^9 \text{ mm}^4$$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$$S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4; S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$$



Statický výpočet

Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha: $A = 343.10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 279,9 \text{ mm}$; $z_t = 279,4 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

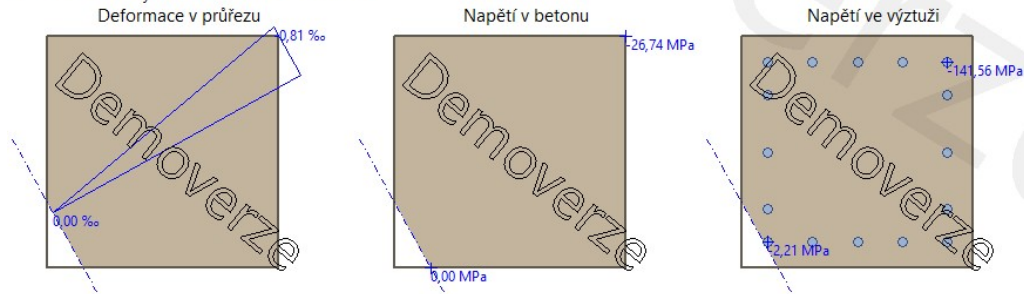
$I_y = 8,83.10^9 \text{ mm}^4$; $I_z = 8,68.10^9 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = -34,5.10^6 \text{ mm}^4$; $S_{z,s} = -38,2.10^6 \text{ mm}^4$

Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

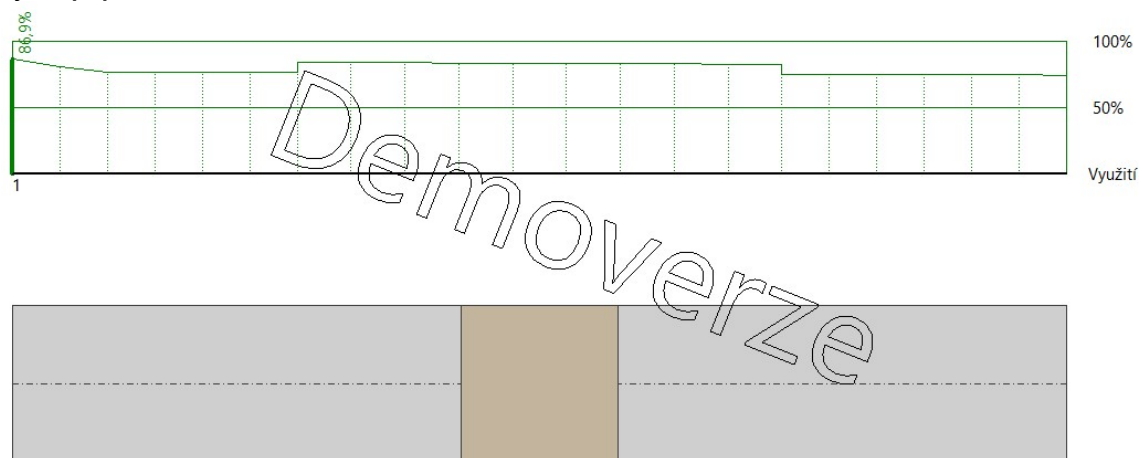
$N = -4\,159 \text{ kN}$; $M_y = 157,1 \text{ kNm}$; $M_z = 295,2 \text{ kNm}$



Průřez je tlačný \Rightarrow Průřez není porušen trhlinami.

Posouzení průřezu na mezní stav omezení šířky trhlin Vyhovuje

Využití po průřezu



Navrhují 16 x \varnothing 25

9.2 Stropní desky

9.2.1 Deska D2C

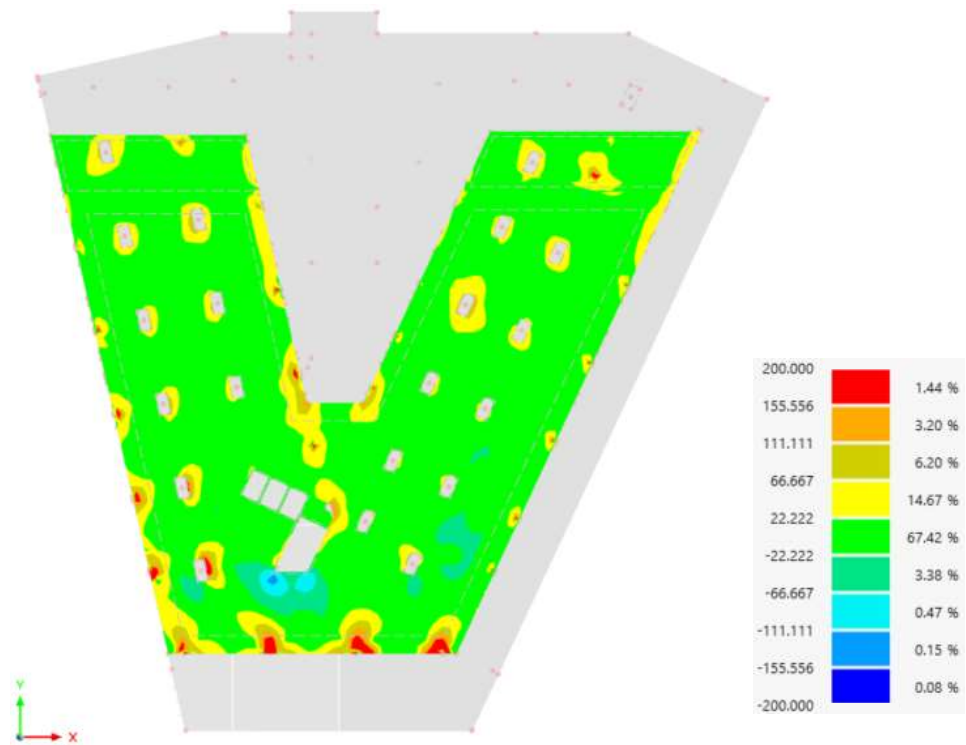
Výpočet opět proveden převážně na oblasti desky v řešené části objektu, dle předběžného výpočtu je stropní deska tloušťky 200 mm. Pro návrh výztuže a následný posudek byly převzaty dimenzační momenty z 3D modelu. Deska byla rozdělena do sedmi stejných pruhů, kdy pomocí řezů jednotlivými oblastmi byla zjištěna velikost působících momentů.

Statický výpočet

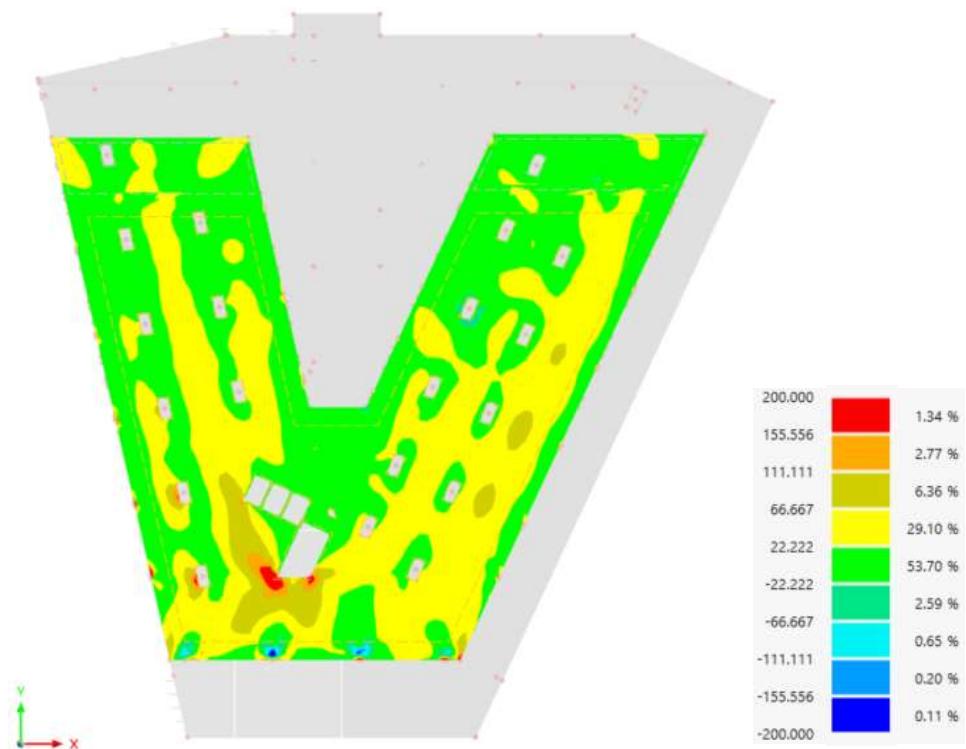
Vnitřní síly

Ohybové momenty ve směru osy x

m_{xD+} [kNm/m]



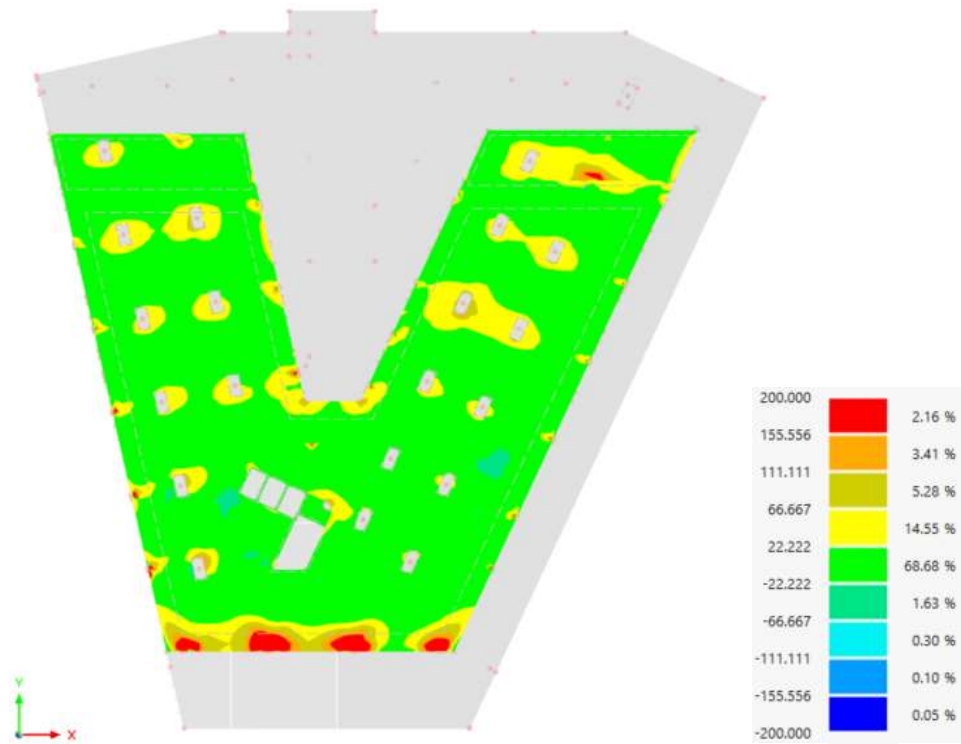
m_{xD-} [kNm/m]



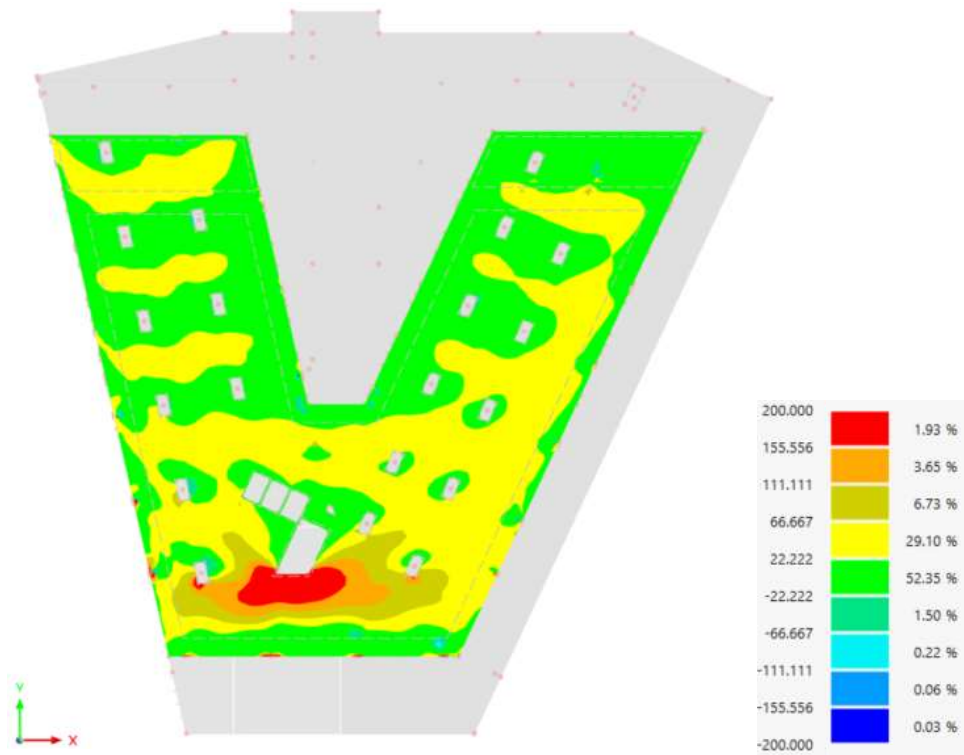
Statický výpočet

Ohybové momenty ve směru osy y

m_{yD+} [kNm/m]



m_{yD-} [kNm/m]



Statický výpočet

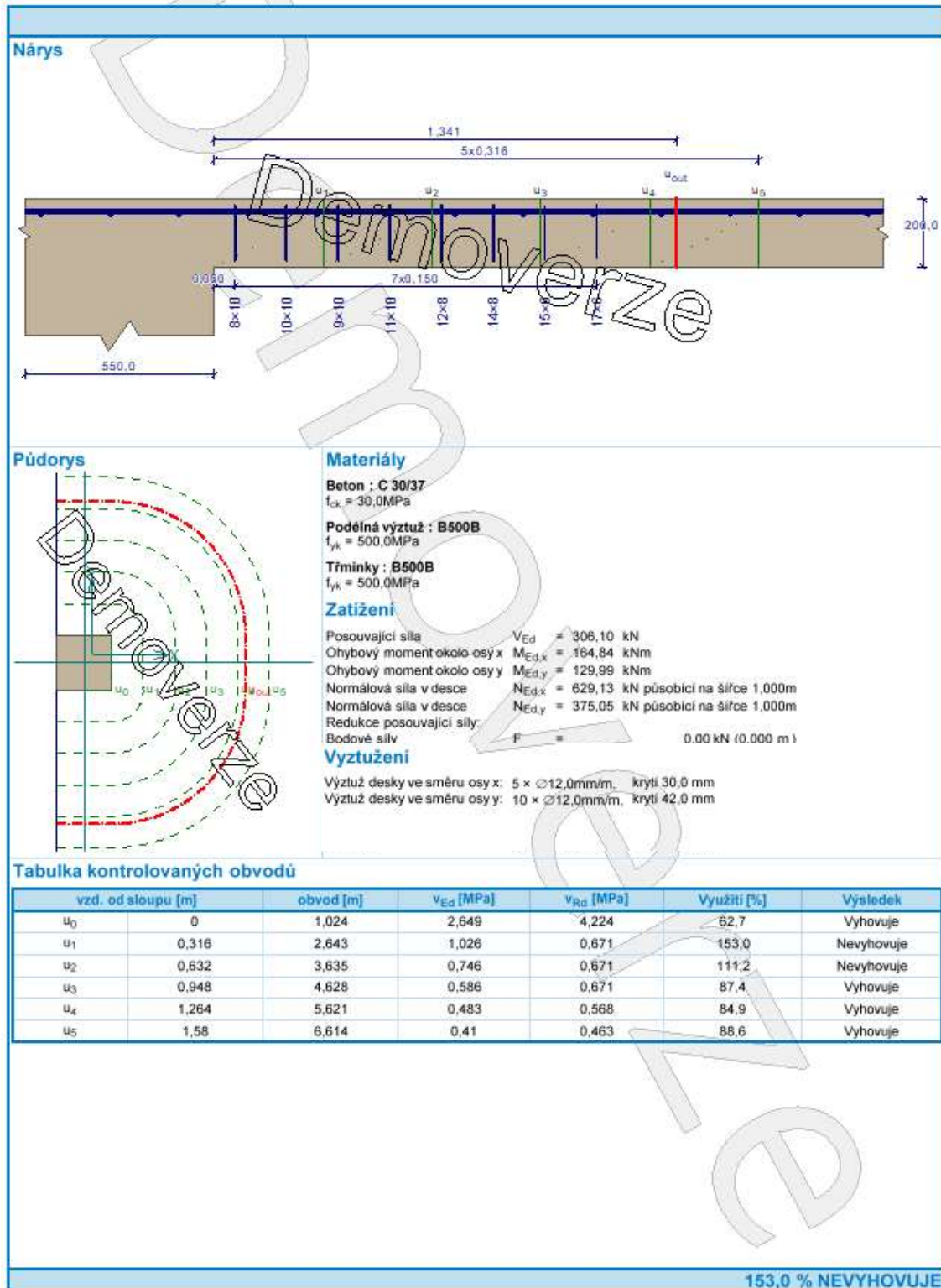
Návrh a posouzení ohybové výztuže desky D2C:

OZN	Povrch	Směr	Návrh výztuže						Posouzení výztuže								
			m_{dim}	d_x	d_y	$a_{s,rqd}$	Navrhují	$a_{s,prov}$	x	z	m_{Rd}	$m_{Rd} > m_{Ed}$	$\xi = x/d$	ξ_{max}	kontrola ξ	ϵ_s	kontrola ϵ_s
-	-	-	[kNm/m]	[mm]	[mm]	[mm ²]		[mm ²]	[mm]	[mm]	[kNm/m]	[kNm/m]	-	-	-	%	-
1	H	x	89,57	314		729	Ø12 à 170 mm	679	18,4	283	90,47	VYHOVÍ	0,059	0,45	VYHOVÍ	5,3	VYHOVÍ
	H	y	121,25		302	1026	Ø12 à 100 mm	1131	30,7	272	142,46	VYHOVÍ	0,102	0,45	VYHOVÍ	1,1	VYHOVÍ
	D	x	30,21	314		246	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	D	y	17,39		302	147	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
2	H	x	18,24	314		148	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	H	y	129,99		302	1100	Ø12 à 100 mm	1131	30,7	272	142,46	VYHOVÍ	0,102	0,45	VYHOVÍ	3,1	VYHOVÍ
	D	x	23,57	314		192	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	D	y	12,42		302	105	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
3	H	x	77,61	314		632	Ø12 à 170 mm	679	18,4	283	90,47	VYHOVÍ	0,059	0,45	VYHOVÍ	5,3	VYHOVÍ
	H	y	136,09		302	1152	Ø12 à 100 mm	1131	30,7	272	142,46	VYHOVÍ	0,102	0,45	VYHOVÍ	1,1	VYHOVÍ
	D	x	68,58	314		558	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	D	y	9,26		302	78	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
4	H	x	29,19	314		238	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	H	y	72,06		302	610	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
	D	x	48,22	314		392	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	D	y	14,37		302	122	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
5	H	x	142,61	314		1161	Ø12 à 100 mm	1131	30,7	283	148,36	VYHOVÍ	0,098	0,45	VYHOVÍ	1,2	VYHOVÍ
	H	y	109,56		302	927	Ø12 à 125 mm	905	24,6	272	114,93	VYHOVÍ	0,081	0,45	VYHOVÍ	1,9	VYHOVÍ
	D	x	33,01	314		269	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	D	y	18,74		302	159	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
6	H	x	11,01	314		90	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	H	y	18,13		302	153	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
	D	x	47,78	314		389	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	D	y	9,56		302	81	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ
7	H	x	94,31	314		768	Ø12 à 125 mm	905	24,6	283	119,65	VYHOVÍ	0,078	0,45	VYHOVÍ	2,1	VYHOVÍ
	H	y	80,06		302	677	Ø12 à 170 mm	679	18,4	272	86,92	VYHOVÍ	0,061	0,45	VYHOVÍ	4,4	VYHOVÍ
	D	x	21,15	314		172	Ø12 à 200 mm	565	15,4	283	75,69	VYHOVÍ	0,049	0,45	VYHOVÍ	4,8	VYHOVÍ
	D	y	28,31		302	240	Ø12 à 200 mm	565	15,4	272	72,74	VYHOVÍ	0,051	0,45	VYHOVÍ	4,5	VYHOVÍ

Statický výpočet

Protlačení:

Posudek desky 200 mm

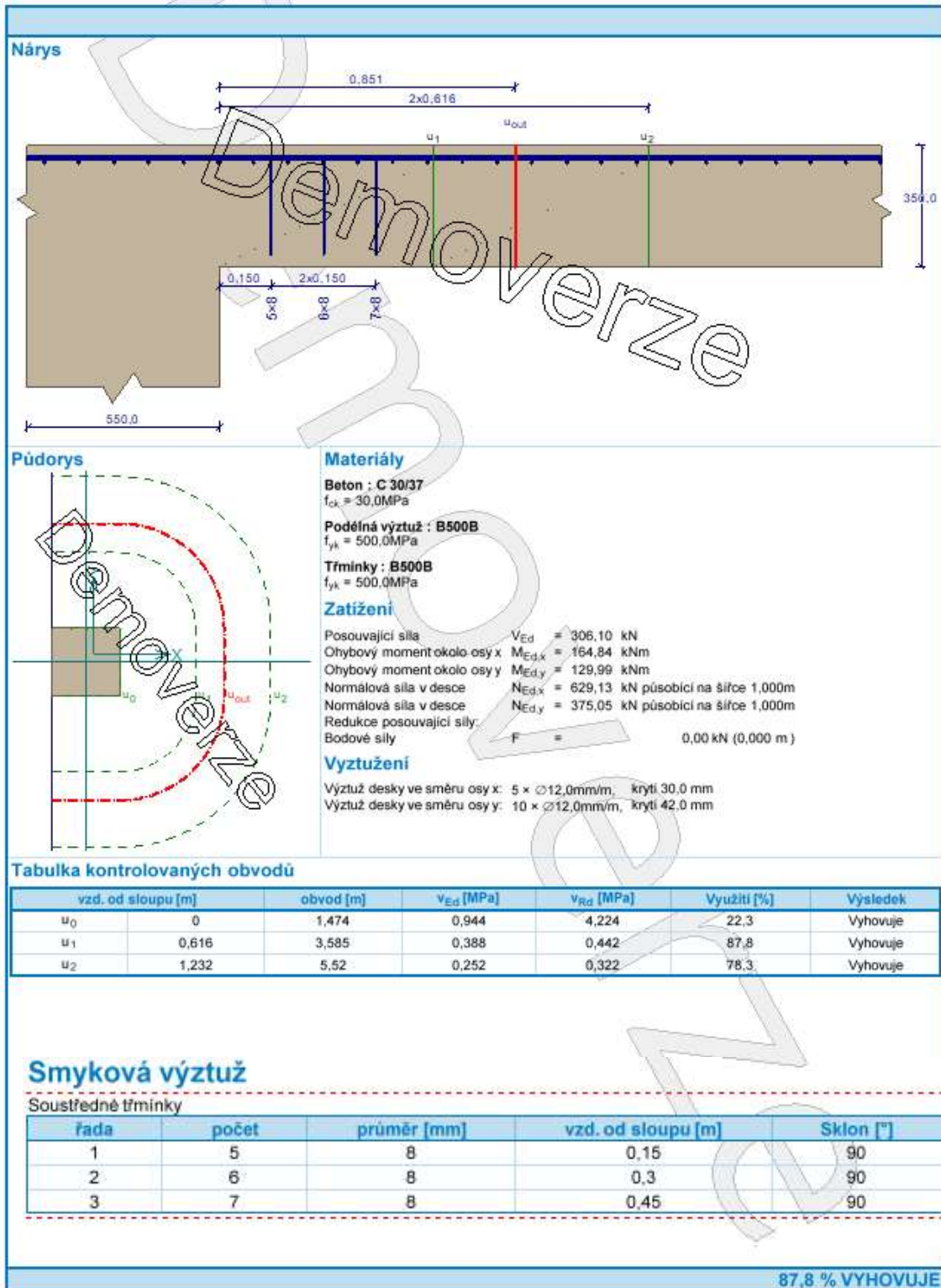


[FIN EC - Protlak (32 bit) (demoverze) | verze 11.2022.19.0 | Copyright © 2022 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fine.cz]

Deska tloušťky 200 mm na protlak nevyhoví, ani se smykovou výztuží (nesplnění konstrukčních zásad) nutno zvětšit tloušťku desky. Lokálně deska upravena na tloušťku 350 mm.

Statický výpočet

Posudek desky 350 mm



[FIN EC - Protlak (32 bit) (démoverze) | verze 11.2022.19.0 | Copyright © 2022 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fine.cz]

Deska tloušťky 350 mm na protlak vyhoví, přidána smyková výztuž $\varnothing 8 \text{ mm}$.

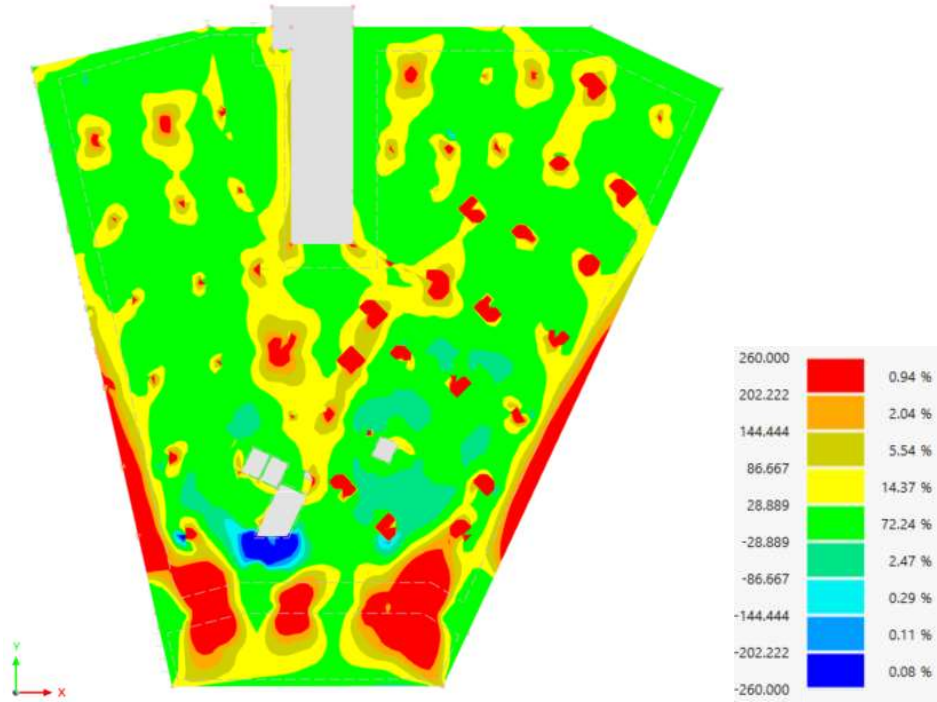
Statický výpočet

9.2.2 Deska D1C

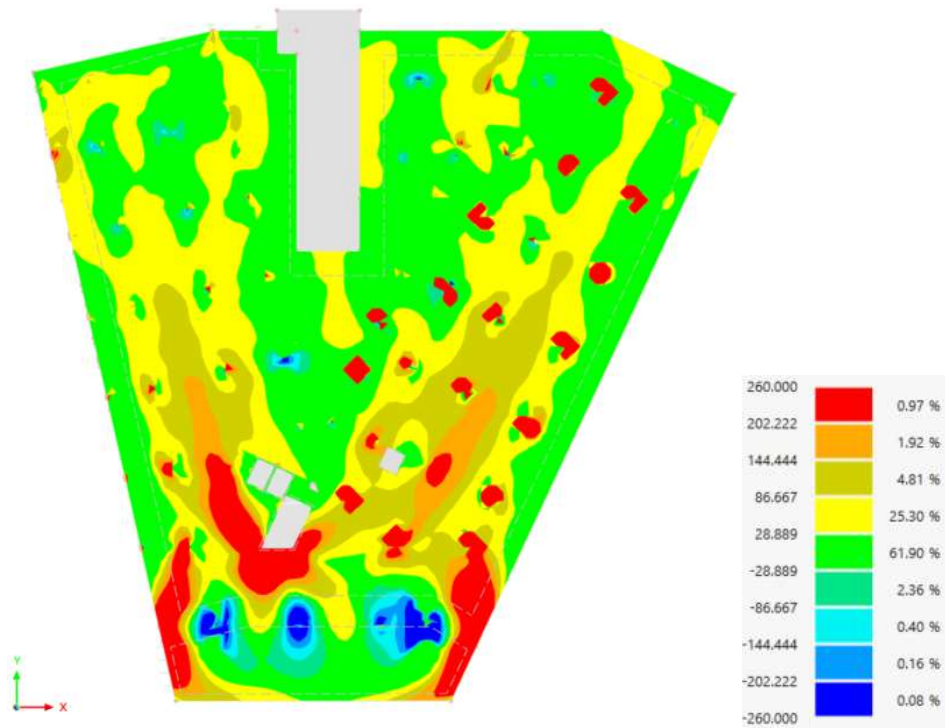
Vnitřní síly

Ohybové momenty ve směru osy x

m_{xD+} [kNm/m]



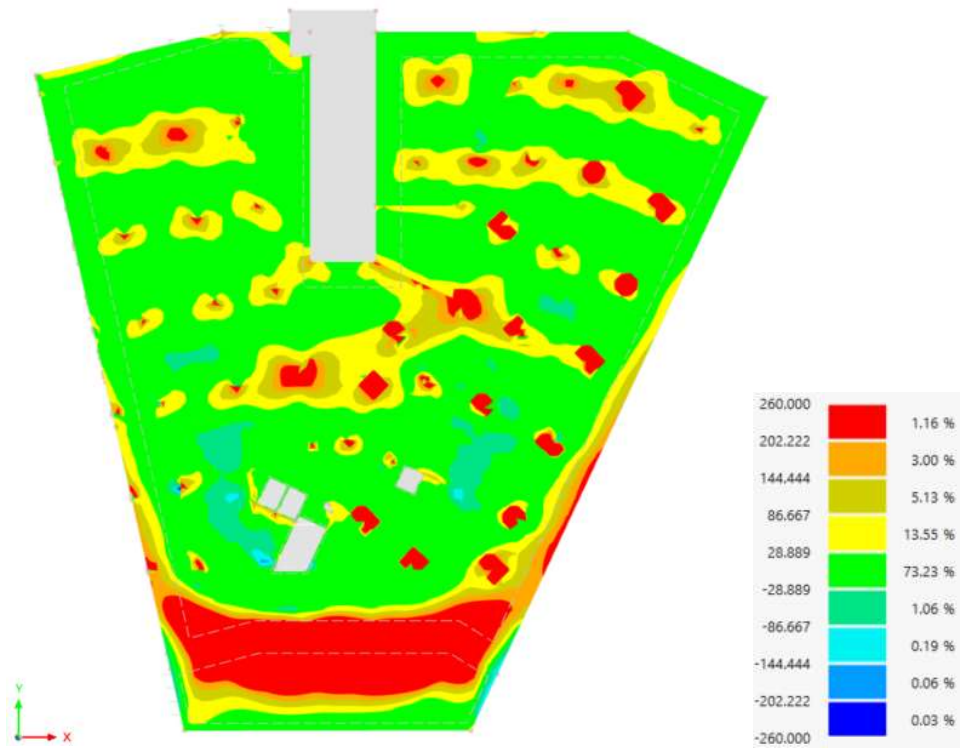
m_{xD-} [kNm/m]



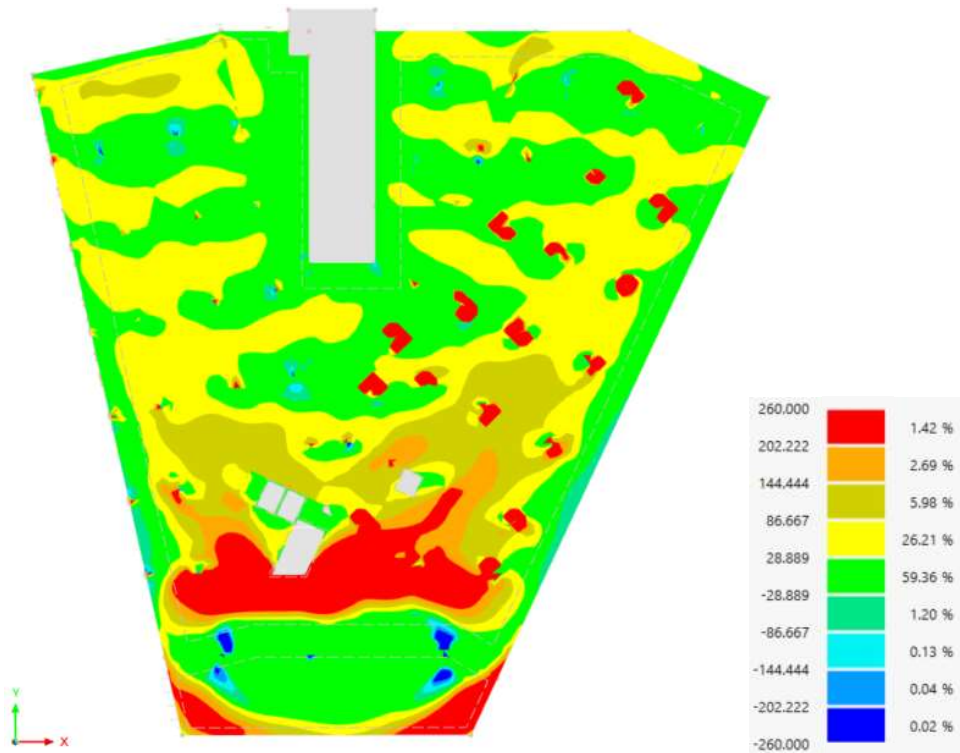
Statically calculation

Bending moments in the direction of axis y

m_{yD+} [kNm/m]



m_{yD-} [kNm/m]



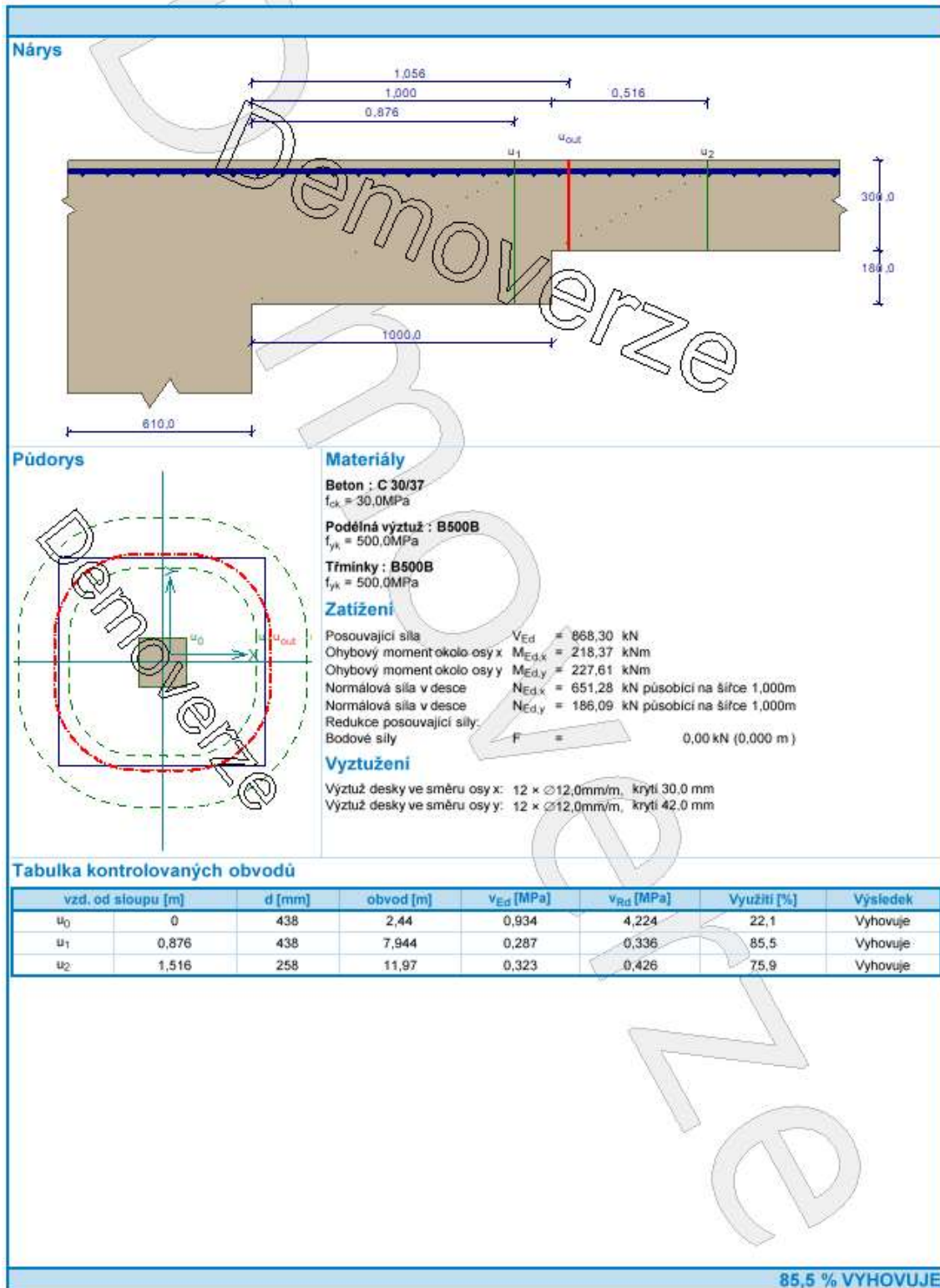
Statický výpočet

Návrh a posouzení ohybové výztuže desky D1C:

OZN	Povrch	Směr	Návrh výztuže						Posouzení výztuže								
			m_{dim}	d_x	d_y	$a_{s,rqd}$	Navrhují	$a_{s,prov}$	X	Z	m_{Rd}	$m_{Rd}>m_{Ed}$	$\xi=x/d$	ξ_{max}	kontrola ξ	ϵ_s	kontrola ϵ_s
-	-	-	[kNm/m]	[mm]	[mm]	[mm ²]		[mm ²]	[mm]	[mm]	[kNm/m]	[kNm/m]	-	-	-	%	-
1	H	x	29,15	262		284,33	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	236	88,56	VYHOVÍ	0,083	0,45	VYHOVÍ	3,8	VYHOVÍ
	H	y	125,08		246	1299,39	Ø16 à 125 mm	1608,50	43,7	221	159,81	VYHOVÍ	0,178	0,45	VYHOVÍ	1,6	VYHOVÍ
	D	x	207,31	262		2022,11	Ø16 à 80 mm	2412,74	65,6	236	247,33	VYHOVÍ	0,250	0,45	VYHOVÍ	1,0	VYHOVÍ
	D	y	81,45		246	846,14	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	221	82,96	VYHOVÍ	0,089	0,45	VYHOVÍ	3,6	VYHOVÍ
2	H	x	215,03	262		2097,41	Ø16 à 80 mm	2412,74	65,6	236	247,33	VYHOVÍ	0,250	0,45	VYHOVÍ	1,0	VYHOVÍ
	H	y	220,35		246	2289,09	Ø16 à 80 mm	2412,74	65,6	221	230,55	VYHOVÍ	0,267	0,45	VYHOVÍ	1,0	VYHOVÍ
	D	x	87,73	262		855,72	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	236	88,56	VYHOVÍ	0,083	0,45	VYHOVÍ	3,8	VYHOVÍ
	D	y	22,49		246	233,64	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	221	82,96	VYHOVÍ	0,089	0,45	VYHOVÍ	3,6	VYHOVÍ
3	H	x	65,04	262		634,40	Ø16 à 100 mm	804,25	21,9	236	88,56	VYHOVÍ	0,083	0,45	VYHOVÍ	3,8	VYHOVÍ
	H	y	229,3		246	2382,07	Ø16 à 80 mm	2412,74	65,6	221	230,55	VYHOVÍ	0,267	0,45	VYHOVÍ	1,0	VYHOVÍ
	D	x	121,73	262		1187,36	Ø16 à 170 mm	1206,37	32,8	236	130,54	VYHOVÍ	0,125	0,45	VYHOVÍ	2,4	VYHOVÍ
	D	y	18,15		246	188,55	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	221	82,96	VYHOVÍ	0,089	0,45	VYHOVÍ	3,6	VYHOVÍ
4	H	x	205,16	262		2001,14	Ø16 à 80 mm	2412,74	65,6	236	247,33	VYHOVÍ	0,250	0,45	VYHOVÍ	1,0	VYHOVÍ
	H	y	230,11		246	2390,48	Ø16 à 80 mm	2412,74	65,6	221	230,55	VYHOVÍ	0,267	0,45	VYHOVÍ	1,0	VYHOVÍ
	D	x	154,08	262		1502,90	Ø16 à 125 mm	1608,50	43,7	236	171,00	VYHOVÍ	0,167	0,45	VYHOVÍ	1,7	VYHOVÍ
	D	y	9,36		246	97,24	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	221	82,96	VYHOVÍ	0,089	0,45	VYHOVÍ	3,6	VYHOVÍ
5	H	x	50,81	262		495,60	Ø16 à 170 mm	804,25	21,9	236	88,56	VYHOVÍ	0,083	0,45	VYHOVÍ	3,8	VYHOVÍ
	H	y	218,12		246	2265,93	Ø16 à 80 mm	2412,74	65,6	221	230,55	VYHOVÍ	0,267	0,45	VYHOVÍ	1,0	VYHOVÍ
	D	x	32,46	262		316,62	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	236	88,56	VYHOVÍ	0,083	0,45	VYHOVÍ	3,8	VYHOVÍ
	D	y	5,33		246	55,37	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	221	82,96	VYHOVÍ	0,089	0,45	VYHOVÍ	3,6	VYHOVÍ
6	H	x	192,12	262		1873,94	Ø16 à 80 mm	2412,74	65,6	236	247,33	VYHOVÍ	0,250	0,45	VYHOVÍ	1,0	VYHOVÍ
	H	y	206,94		246	2149,78	Ø16 à 80 mm	2412,74	65,6	221	230,55	VYHOVÍ	0,267	0,45	VYHOVÍ	1,0	VYHOVÍ
	D	x	81,26	262		890,15	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	236	88,56	VYHOVÍ	0,083	0,45	VYHOVÍ	3,8	VYHOVÍ
	D	y	22,63		246	235,09	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	221	82,96	VYHOVÍ	0,089	0,45	VYHOVÍ	3,6	VYHOVÍ
7	H	x	126,7	262		1235,84	Ø16 à 170 mm	1206,37	32,8	236	130,54	VYHOVÍ	0,125	0,45	VYHOVÍ	2,4	VYHOVÍ
	H	y	198,04		246	2057,33	Ø16 à 80 mm	2412,74	65,6	221	230,55	VYHOVÍ	0,267	0,45	VYHOVÍ	1,0	VYHOVÍ
	D	x	203,18	262		1981,82	Ø16 à 250 mm	2010,62	54,6	236	209,93	VYHOVÍ	0,209	0,45	VYHOVÍ	1,3	VYHOVÍ
	D	y	42,48		246	441,30	Ø16 à 250 mm	804,25	21,9	221	82,96	VYHOVÍ	0,089	0,45	VYHOVÍ	3,6	VYHOVÍ

Statický výpočet

Protlačení:

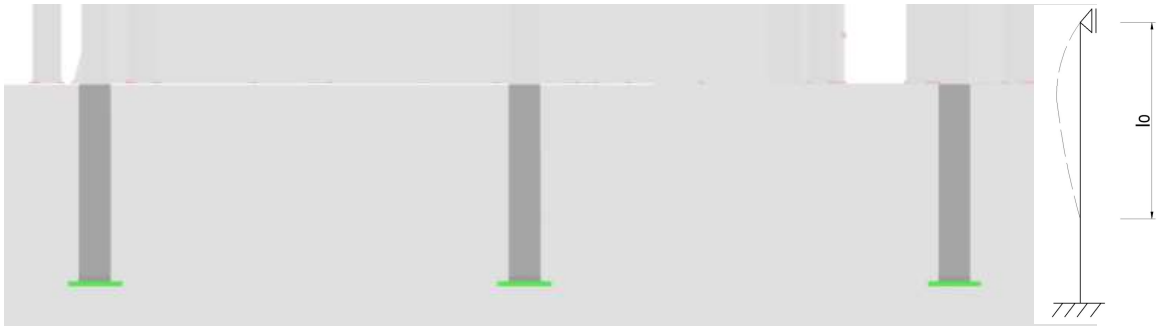


Navržená deska tloušťky 300 mm podporovaná hlavicí 1610 x 1610 x 180 mm vyhoví na protlačení.

Statický výpočet

9.3 Suterénní sloupy C

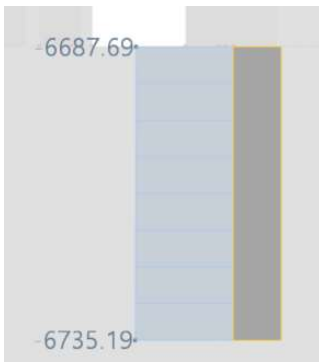
9.3.1 Schéma



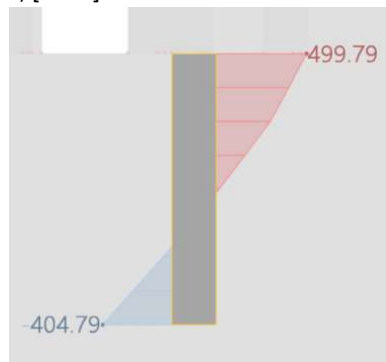
9.3.2 Vnitřní síly

MSÚ:

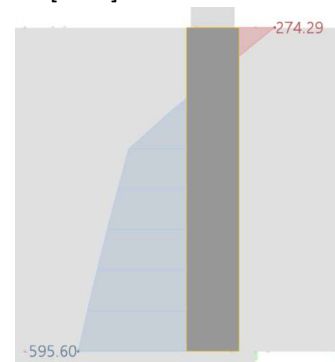
N [kN]



M_y [kNm]

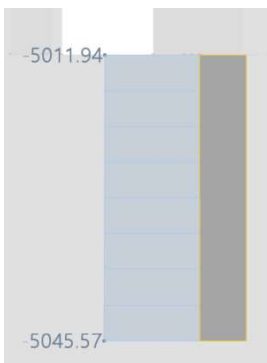


M_z [kNm]

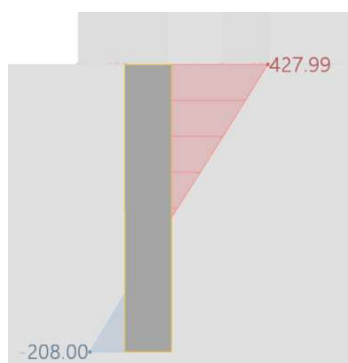


MSP:

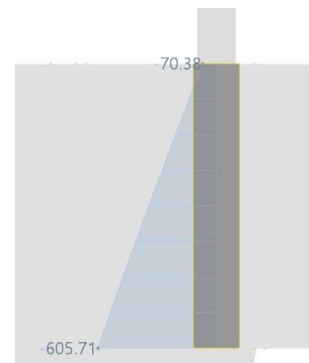
N [kN]



M_y [kNm]



M_z [kNm]



Parametry sloupu:

- délka
- rozměr
- moment setrvačnosti
- poloměr setrvačnosti
- plocha průřezu

$l := 3700 \text{ mm}$

$b := 610 \text{ mm}$

$I_y := 1153820.08 \text{ cm}^4$

$i_c := 176.1 \text{ mm}$

$A_c := b \cdot h = 372100 \text{ mm}^2$

$h := 610 \text{ mm}$

$I_c := I_y = (1.154 \cdot 10^6) \text{ cm}^4$

Statický výpočet

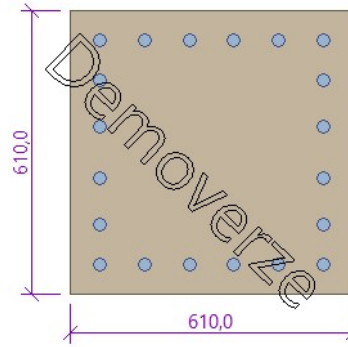
9.3.3 Posouzení

Navrhovaná výztuž:

Hlavní nosná výztuž – 20x Ø28

Smyková výztuž – Ø10

Krytí – c = 50 mm



Posouzení řezu X=0,000m; 85,3%; Zat.P.: Zat. případ 1.

1: Zat. případ 1 - základní návrhová

N=-6735,19kN; M_y=-404,79kNm; M_z=-595,60kNm; V_z=180,13kN; V_y=-85,21kN; T=11,45kNm

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):

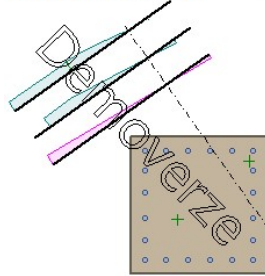
$$\rho_s = A_s / A_c = 9\,817 / 372.10^3 = 0,0264$$

$$\rho_{s,min} = \max(0,1 \times |N_{Ed}| / (f_{yd} \times A_c); 0,002) = \max(0,1 \times |-6\,735| / (434,8 \times 372.10^3); 0,002) = \max(0,00416; 0,002) = 0,00416$$

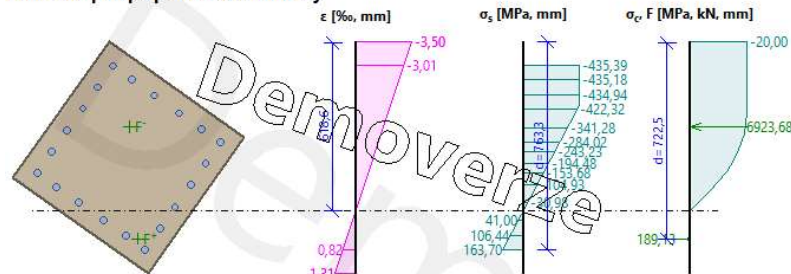
$$\rho_s = 0,0264 \geq \rho_{s,min} = 0,00416 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0264 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

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: 1,31 ‰

Nejmenší deformace ve výztuži: -3,01 ‰

Největší deformace ve výztuži: 0,82 ‰

Směr neutrálné osy: 125,33 °

N_{Ed} = -6735,19 kN ≤ N_{Rd} = -11368,99 kN

M_{Edy} = -404,79 ≤ M_{Rdy} = -474,29 kNm

M_{Edz} = -595,60 ≤ M_{Rdz} = -697,87 kNm

Posouzení průřezu na tlak a ohyb Vyhovuje

Využití: 85,3 %

Statický výpočet

Podrobné posouzení SMYK: Zat. případ 1**Posouzení konstrukčních zásad třmíneků**Minimální průměr třmíneků $d = 6,25 \text{ mm} \leq 10 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$ Maximální vzdálenost třmíneků $s_{cl,max} = 300,0 \text{ mm} \geq 200,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$

Použit model náhradní příhradoviny

Sklon tlačené diagonály: $\theta = 21,8^\circ$

Únosnost betonu

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

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 708,3)}; 2) = \min(1,531; 2) = 1,531$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(981,7 / (269 \times 708,3); 0,02) = \min(0,00515; 0,02) = 0,00515$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,531^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,363 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-(-6\,735) / 372,103; 0,2 \times 2) = \min(18,1; 4) = 4 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} = (\max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt{(100 \times \rho_l \times f_{ck}); v_{min}}) + k_1 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = (\max(0,12 \times 1,531 \times \sqrt{(100 \times 0,00515 \times 30)}; 0,363) + 0,15 \times 4) \times 269 \times 708,3 = 201,5 \text{ kN}$$

Únosnost smykové výztuže

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta = 117,8 / 200 \times 419,3 \times 434,8 \times 2,5 = 268,4 \text{ kN}$$

Únosnost tlakové diagonály

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 269 \times 419,3 \times 0,528 \times 20 / (2,5 + 0,4) = 410,7 \text{ kN}$$

Výsledná únosnost

$$V_{Rd} = \max(V_{Rdc}; \min(V_{Rdmax}; V_{Rds})) = \max(201,5; \min(410,7; 268,4)) = \max(201,5; 268,4) = 268,4 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 199,3 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 268,4 \text{ kN} \Rightarrow \text{Pouze konstrukční smyková výztuž.}$$

Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje

Využití: 74,2 %

Podrobné posouzení KROUCENÍ: Zat. případ 1Maximální vzdálenost třmíneků $s_{l,max} = 305,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 1 \times 30 / 1,5 = 20 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 269 \times 419,3 \times 0,528 \times 20 / (2,5 + 0,4) = 410,7 \text{ kN}$$

$$v = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$t_{ef} = \max(0,125; A / u) = \max(0,125; 0,372 / 2,44) = \max(0,125; 0,152) = 0,152 \text{ m}$$

$$T_{Rdmax} = 2 \times v \times \alpha_{cw} \times f_{cd} \times A_k \times t_{ef} \times \sin \theta \times \cos \theta = 2 \times 0,528 \times 1 \times 20 \times 0,209 \times 0,152 \times 0,371 \times 0,928 = 232,5 \text{ kNm}$$

$$V_{Edt} = T_{Ed} / (2 \times A_k) = 11,45 / (2 \times 0,209) = 27,35 \text{ kN}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434,8 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdt} = A_{sw} \times f_{yd} \times \cot \theta / s = 19,63 \times 434,8 \times 2,5 / 0,2 = 106,7 \text{ kN}$$

$$\max(V_{Ed} / V_{Rdmax} + T_{Ed} / T_{Rdmax}; V_{Edt} / V_{Rdt}) < 1$$

$$\max(199,3 / 410,7 + 11,45 / 232,5; 27,35 / 106,7) < 1$$

$$0,534 < 1$$

Požadovaná plocha podélné výztuže pro přenesení kroutícího momentu: $A_{sl,sum} = 287,8 \text{ mm}^2$

$$A_{sl,sum} = T_{Ed} \times \cot(\theta) \times u_k / (2 \times A_k \times f_{yd}) = 11,45 \times \cot(21,8) \times 1,83 / (2 \times 0,209 \times 434,8) = 287,8 \text{ mm}^2$$

Plocha podélné výztuže uvažovaná pro přenesení kroutícího momentu: $A_{sl} = 10\,074 \text{ mm}^2$

Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje

Využití: 74,2 %

Podrobné posouzení KROUCENÍ: Zat. případ 1Maximální vzdálenost třmíneků $s_{l,max} = 305,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 1 \times 30 / 1,5 = 20 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 269 \times 419,3 \times 0,528 \times 20 / (2,5 + 0,4) = 410,7 \text{ kN}$$

$$v = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$t_{ef} = \max(0,125; A / u) = \max(0,125; 0,372 / 2,44) = \max(0,125; 0,152) = 0,152 \text{ m}$$

$$T_{Rdmax} = 2 \times v \times \alpha_{cw} \times f_{cd} \times A_k \times t_{ef} \times \sin \theta \times \cos \theta = 2 \times 0,528 \times 1 \times 20 \times 0,209 \times 0,152 \times 0,371 \times 0,928 = 232,5 \text{ kNm}$$

$$V_{Edt} = T_{Ed} / (2 \times A_k) = 11,45 / (2 \times 0,209) = 27,35 \text{ kN}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434,8 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdt} = A_{sw} \times f_{yd} \times \cot \theta / s = 19,63 \times 434,8 \times 2,5 / 0,2 = 106,7 \text{ kN}$$

$$\max(V_{Ed} / V_{Rdmax} + T_{Ed} / T_{Rdmax}; V_{Edt} / V_{Rdt}) < 1$$

$$\max(199,3 / 410,7 + 11,45 / 232,5; 27,35 / 106,7) < 1$$

$$0,534 < 1$$

Požadovaná plocha podélné výztuže pro přenesení kroutícího momentu: $A_{sl,sum} = 287,8 \text{ mm}^2$

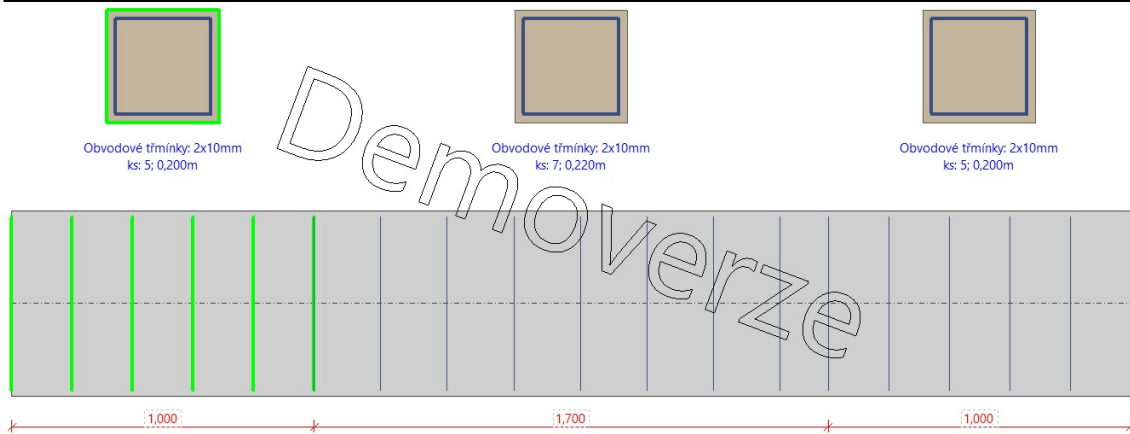
$$A_{sl,sum} = T_{Ed} \times \cot(\theta) \times u_k / (2 \times A_k \times f_{yd}) = 11,45 \times \cot(21,8) \times 1,83 / (2 \times 0,209 \times 434,8) = 287,8 \text{ mm}^2$$

Plocha podélné výztuže uvažovaná pro přenesení kroutícího momentu: $A_{sl} = 10\,074 \text{ mm}^2$

Únosnost průřezu v kroucení Vyhovuje

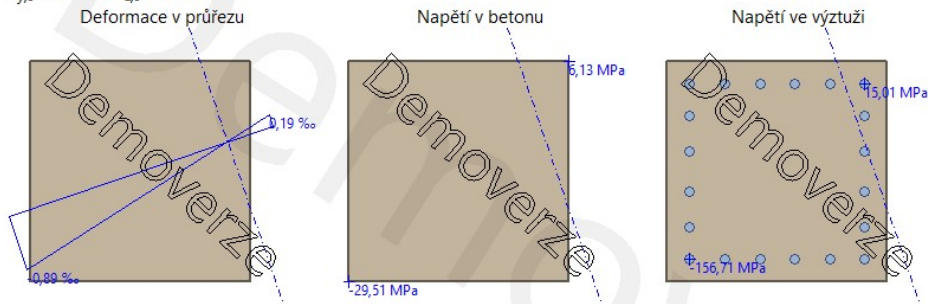
Využití: 53,4 %

Statický výpočet

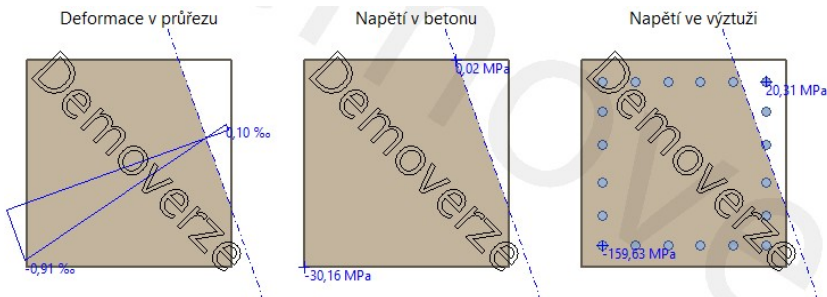


2: **Zat. případ 2** - kvazistálá
 $N = -5045,57 \text{ kN}$; $M_y = -208,00 \text{ kNm}$; $M_z = -605,71 \text{ kNm}$
Podrobné posouzení - Omezení šířky trhlín: Zat. případ 2
Ideální průřez
 Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$
 Průřezová plocha: $A = 432 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
 Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):
 $y_t = 305 \text{ mm}$; $z_t = 305 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:
 $I_y = 14,0 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$; $I_z = 13,9 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$
 Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:
 $S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4$; $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$



Průřez s vyloučením tahu v betonu
 Průřezová plocha: $A = 396 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
 Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):
 $y_t = 282,5 \text{ mm}$; $z_t = 291,1 \text{ mm}$
 Moment setrvačnosti:
 $I_y = 12,6 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$; $I_z = 11,4 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$
 Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:
 $S_{y,s} = 137 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$; $S_{z,s} = 220 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:
 $N = -5046 \text{ kN}$; $M_y = -137,7 \text{ kNm}$; $M_z = -492,4 \text{ kNm}$



Statický výpočet

$$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff} = 0,000491 / 0,0122 = 0,0402$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 200.10^3 / 33\ 000 = 6,061$$

$$\epsilon_s - \epsilon_{cm} = \max(0,6 \times \sigma_s / E_s; [\sigma_s - k_t \times f_{ctm} / \rho_{p,eff} \times (1 + \alpha_e \times \rho_{p,eff})] / E_s) = \max(0,6 \times 20,31 / 200.10^3; [20,31 - 0,4 \times 2,9 / 0,0402 \times (1 + 6,061 \times 0,0402)] / 200.10^3) = \max(60,9.10^{-6}; -77,8.10^{-6}) = 60,9.10^{-6}$$

$$k_3 = \min(3,4 \times (25 / c)^{0,667}; 3,4) = \min(3,4 \times (25 / 50)^{0,667}; 3,4) = \min(2,142; 3,4) = 2,142$$

$$s_{r,max} = k_3 \times c + k_1 \times k_2 \times k_4 \times d / \rho_{p,eff} = 2,142 \times 50 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 25 / 0,0402 = 212,8 \text{ mm}$$

$$w = \epsilon_s - \epsilon_{cm} \times s_{r,max} = 60,9.10^{-6} \times 212,8 = 0,013 \text{ mm}$$

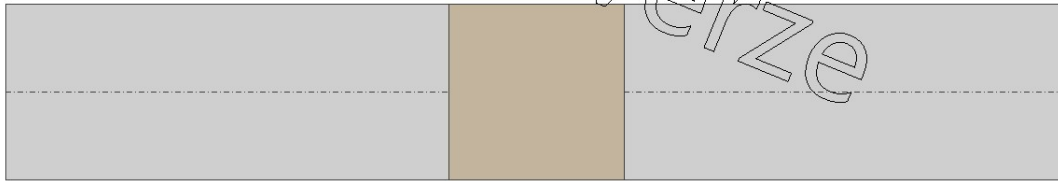
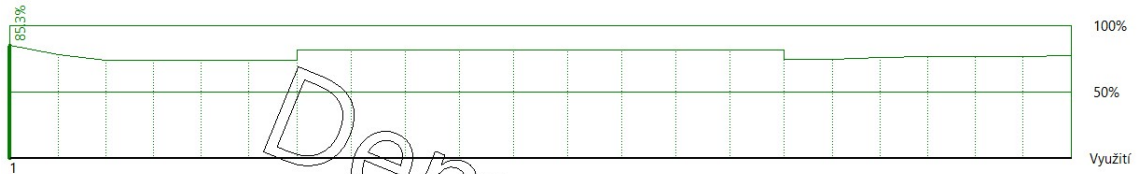
Maximální povolená šířka trhliny: 0,300mm (Prostředí - XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XD3, XS1, XS2 nebo XS3)

Výška tlačené části průřezu: h=629,5mm

Využití průřezu: 4,3 %

Posouzení průřezu na mezní stav omezení šířky trhlin Vyhovuje

Využití po průřezu



Navrhuji 20 x Ø 28

Statický výpočet

9.4 Založení sloupů – piloty**Posouzení piloty****Vstupní data**

Akce : Diplomová práce
 Část : Zakládání - varianta C
 Vypracoval : Bc. Luboš Havlík
 Datum : 02.12.2022

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
 Součinitele EN 1992-1-1 : standardní
 Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1 (EC3)
 Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu : $\gamma_{M0} = 1,00$
 Dřevěné konstrukce : EN 1995-1-1 (EC5)
 Dílčí součinitel vlastností dřeva : $\gamma_M = 1,30$
 Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti (dřevo) : $k_{mod} = 0,50$
 Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo) : $k_{cr} = 0,67$

Piloty

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
 Výpočet pro odvozené podmínky : ČSN 73 1002
 Zatěžovací křivka : nelineární (Masopust)
 Vodorovná únosnost : pružný poloprostor
 Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

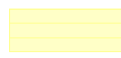
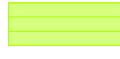
Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$\gamma_s =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce odporu na patě :	$\gamma_b =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty :	$\gamma_{st} =$	1,15 [-]	

Základní parametry zemin




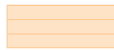
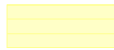
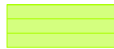
Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	ν [-]
1	AN-navážka		20,00	15,00	21,00	0,37
2	FL-P-fluv. sedimenty Vltavy		34,00	0,00	20,50	0,34
3	W5-zcela zvětralé (ZHR)		20,00	30,00	21,00	0,40
4	W4/W3-silně zvětralé břidlice (ZHR)		27,00	25,00	24,00	0,35

Statický výpočet

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	ν [-]
5	W2- navětralé břidlice (ZHR)		32,00	50,00	25,50	0,32
6	W1- zdravé břidlice (ZHR)		35,00	80,00	26,00	0,29

Číslo	Název	Vzorek	E_{oed} [MPa]	E_{def} [MPa]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	AN-navážka		-	15,00	21,00	-	-
2	FL-P-fluv. sedimenty Vltavy		-	25,00	21,00	-	-
3	W5-zcela zvětralé (ZHR)		-	8,00	21,00	-	-
4	W4/W3-silně zvětralé břidlice (ZHR)		-	100,00	24,00	-	-
5	W2- navětralé břidlice (ZHR)		-	150,00	26,00	-	-
6	W1- zdravé břidlice (ZHR)		-	200,00	26,00	-	-

Parametry zemin pro výpočet modulu reakce podloží

Číslo	Název	Vzorek	β
1	AN-navážka		5,00
2	FL-P-fluv. sedimenty Vltavy		9,00
3	W5-zcela zvětralé (ZHR)		5,00
4	W4/W3-silně zvětralé břidlice (ZHR)		6,00
5	W2- navětralé břidlice (ZHR)		6,00
6	W1- zdravé břidlice (ZHR)		6,00

Parametry zemin

AN-navážkaObjemová tíha : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$ Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 20,00^\circ$ Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 15,00 \text{ kPa}$ Poissonovo číslo : $\nu = 0,37$ Modul přetvárnosti : $E_{def} = 15,00 \text{ MPa}$ Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$ Úhel roznášení : $\beta = 5,00^\circ$

Statický výpočet

FL-P-fluv. sedimenty Vltavy

Objemová tíha : $\gamma = 20,50 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 34,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,34$
 Modul přetvárnosti : $E_{def} = 25,00 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel roznášení : $\beta = 9,00^\circ$

W5-zcela zvětralé (ZHR)

Objemová tíha : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 20,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 30,00 \text{ kPa}$
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,40$
 Modul přetvárnosti : $E_{def} = 8,00 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel roznášení : $\beta = 5,00^\circ$

W4/W3-silně zvětralé břidlice (ZHR)

Objemová tíha : $\gamma = 24,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 27,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 25,00 \text{ kPa}$
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,35$
 Modul přetvárnosti : $E_{def} = 100,00 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 24,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel roznášení : $\beta = 6,00^\circ$

W2- navětralé břidlice (ZHR)

Objemová tíha : $\gamma = 25,50 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 32,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 50,00 \text{ kPa}$
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,32$
 Modul přetvárnosti : $E_{def} = 150,00 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 26,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel roznášení : $\beta = 6,00^\circ$

W1- zdravé břidlice (ZHR)

Objemová tíha : $\gamma = 26,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 80,00 \text{ kPa}$
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,29$
 Modul přetvárnosti : $E_{def} = 200,00 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 26,00 \text{ kN/m}^3$
 Úhel roznášení : $\beta = 6,00^\circ$

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr $d = 1,30 \text{ m}$

Délka $l = 12,00 \text{ m}$

Spočtené průřezové charakteristiky

Plocha $A = 1,33\text{E}+00 \text{ m}^2$

Moment setrvačnosti $I = 1,40\text{E}-01 \text{ m}^4$

Umístění

Statický výpočetVysazení $h = 0,00$ mHloubka upraveného terénu $h_z = 3,85$ m

Typ technologie: Vrtané piloty

Modul reakce podloží uvažován jako konstantní.

Materiál konstrukceObjemová tíha $\gamma = 23,00$ kN/m³

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

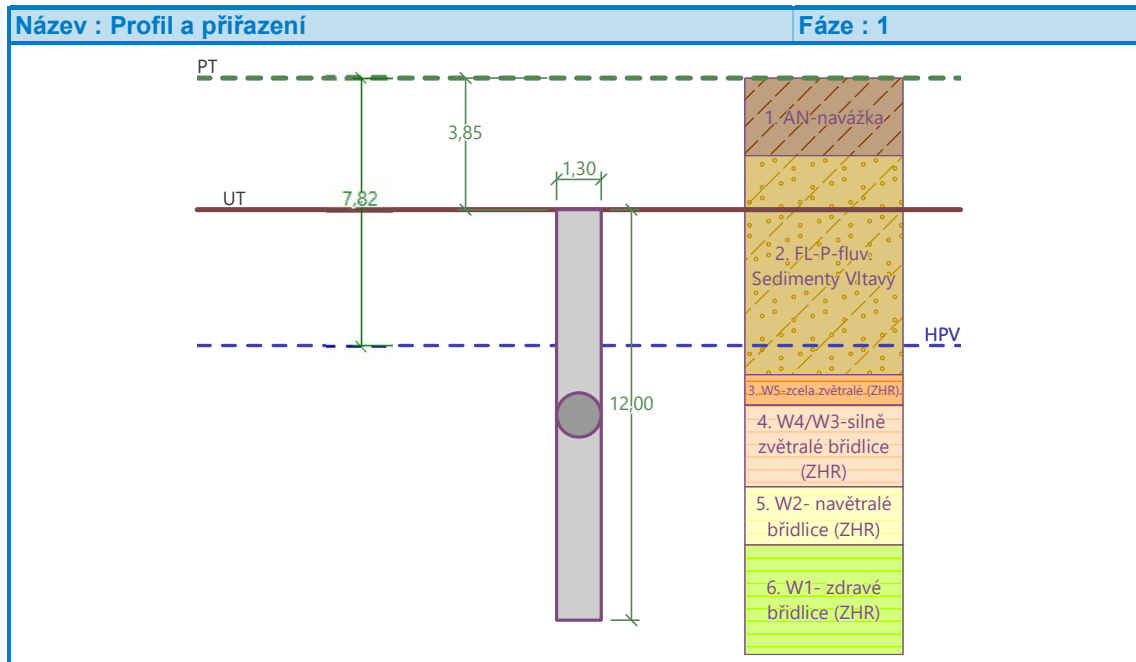
Beton: C 20/25Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 20,00$ MPaPevnost v tahu $f_{ctm} = 2,20$ MPaModul pružnosti $E_{cm} = 30000,00$ MPaModul pružnosti ve smyku $G = 12500,00$ MPa**Ocel podélná: B500B**Mez kluzu $f_{yk} = 500,00$ MPa**Ocel příčná: B500B**Mez kluzu $f_{yk} = 500,00$ MPa**Geologický profil a přiřazení zemin****Informace o umístění**

Kóta povrchu = 0,00 m

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Nadm. výška [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	2,27	0,00 .. 2,27	0,00 .. -2,27	AN-navážka	
2	6,40	2,27 .. 8,67	-2,27 .. -8,67	FL-P-fluv. sedimenty Vltavy	
3	0,89	8,67 .. 9,56	-8,67 .. -9,56	W5-zcela zvětralé (ZHR)	
4	2,39	9,56 .. 11,95	-9,56 .. -11,95	W4/W3-silně zvětralé břidlice (ZHR)	
5	1,70	11,95 .. 13,65	-11,95 .. -13,65	W2- navětralé břidlice (ZHR)	
6	10,85	13,65 .. 24,50	-13,65 .. -24,50	W1- zdravé břidlice (ZHR)	
7	-	24,50 .. ∞	-24,50 .. -	W1- zdravé břidlice (ZHR)	

Statický výpočet



Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	-4041,11	-255,20	-153,50	175,26	-264,66
2	Ano		Zatížení č. 2	Užitné	-3027,37	355,48	-36,46	105,37	81,34

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 7,82 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Metodika posouzení : bez redukce vstupních dat

Posouzení čís. 1

Únosnost tažené piloty:

Hloubka [m]	Mocnost [m]	Φ_d [°]	c_{ud} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{R2} [-]	f_s [kPa]	R_{si} [kN]
3,97	3,97	34,00	0,00	20,50	1,00	27,45	445,03
4,82	0,85	34,00	0,00	11,00	1,00	58,05	201,51
5,71	0,89	20,00	30,00	11,00	1,00	64,81	235,56
8,10	2,39	27,00	25,00	14,00	1,00	84,74	827,18
9,80	1,70	32,00	50,00	16,00	1,00	142,22	987,43
12,00	2,20	35,00	80,00	16,00	1,00	205,19	1843,59

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - výsledky

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení tažené piloty:

Statický výpočet

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 2. (Zatížení č. 2)

Únosnost tažené piloty $R_{sdt} = 3948,09$ kNVlastní hmotnost piloty $w_p = 259,76$ kNExtrémní tahová síla $V_d = 3781,35$ kN

$$R_c = 3948,09 \text{ kN} > 3781,35 \text{ kN} = V_d$$

Únosnost tažené piloty VYHOVUJE**Posouzení čís. 1****Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data**

Vrstva číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_s [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0,00	4,82	4,82	15,00	20,00	20,00
2	4,82	5,71	0,89	15,00	20,00	20,00
3	5,71	8,10	2,39	15,00	20,00	20,00
4	8,10	9,80	1,70	15,00	20,00	20,00
5	9,80	12,00	2,20	15,00	20,00	20,00

Uvažovat zatížení : užité

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1,00$ Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25,0$ mmRegresní součinitel $e = 1616,00$ Regresní součinitel $f = 1155,00$ **Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky**Mezní síla na plášti piloty $R_{sy} = 455,67$ kNVelikost napětí na patě při R_{sy} $q_0 = 1490,88$ kPaPrůměrné plášťové tření $q_s = 13,28$ kPaPrůměrný sečnový modul deformace $E_s = 15,00$ MPaSoučinitel přenosu zatížení do paty $\beta = 0,75$

Příčinkové součinitele sedání :

Základní - závislý na poměru l/d $l_0 = 0,16$ Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,00$ Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$ **Body zatěžovací křivky**

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0,0	0,00
2,5	754,39
5,0	1066,87
7,5	1306,64
10,0	1508,78
12,5	1686,87
15,0	1851,41
17,5	2084,04
20,0	2316,66
22,5	2549,28
25,0	2781,91

Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledkyZatížení na mezi mobilizace plášť.tření $R_{yu} = 1840,89$ kN

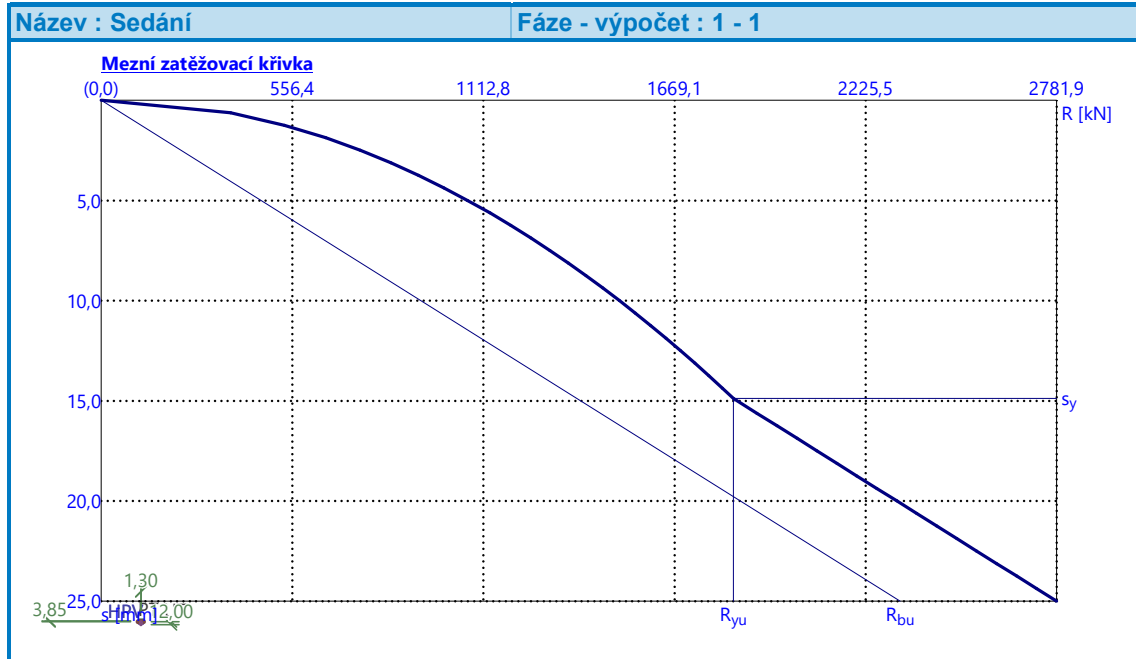
Statický výpočet

Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 14,9$ mm

Únosnosti odpovídající sednutí 25,0 mm :

Únosnost paty $R_{bu} = 2326,23$ kN

Celková únosnost $R_c = 2781,91$ kN



Posouzení čís. 1

Vstupní data pro výpočet vodorovné únosnosti piloty

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Vodorovná únosnost posouzena ve směru maximálního účinku zatížení.

Průběhy vnitřních sil a deformace piloty

Průběh deformací a vnitřních sil po pilotě - maximální hodnoty:

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
0.00	0.00	5.29	0.67	63.34	317.43	357.34
0.60	21.91	4.57	0.64	54.71	233.24	401.20
1.20	21.91	3.88	0.60	46.53	161.13	425.31
1.80	21.91	3.24	0.55	38.93	100.35	433.20
2.40	21.91	2.66	0.50	31.99	49.99	428.02
3.00	21.91	2.14	0.45	25.76	34.25	412.57
3.60	21.91	1.68	0.39	20.26	44.56	389.25
4.20	21.91	1.28	0.34	15.48	52.45	376.19
4.80	21.91	0.94	0.28	9.57	58.07	357.67
4.82	21.91	0.93	0.28	8.29	58.17	356.95
4.82	7.86	0.93	0.28	8.29	58.17	356.95
5.40	7.86	0.66	0.23	2.87	59.49	335.16
6.00	95.34	0.43	0.19	22.71	62.97	310.14
6.60	95.34	0.25	0.15	13.15	66.10	276.36
7.20	95.34	0.11	0.11	5.84	69.87	236.33
7.80	95.34	0.06	0.08	1.39	72.21	193.49

Statický výpočet

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
8.40	143.01	0.07	0.05	9.64	70.50	150.45
9.00	143.01	0.08	0.04	16.55	64.97	109.66
9.60	143.01	0.08	0.02	21.02	56.98	72.97
10.20	190.69	0.09	0.02	31.81	45.29	42.00
10.80	190.69	0.10	0.01	34.33	31.13	19.02
11.40	190.69	0.10	0.01	36.26	15.99	4.84
12.00	190.69	0.11	0.01	38.03	0.00	0.00

Průběh deformací a vnitřních sil po pilotě - minimální hodnoty:

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
0.00	0.00	-2.89	-1.24	-115.95	-175.26	-297.81
0.60	21.91	-2.50	-1.18	-100.05	-129.24	-462.22
1.20	21.91	-2.12	-1.11	-85.00	-89.79	-579.83
1.80	21.91	-1.78	-1.02	-71.04	-56.50	-657.73
2.40	21.91	-1.46	-0.92	-58.31	-28.88	-702.34
3.00	21.91	-1.18	-0.82	-46.89	-11.16	-719.60
3.60	21.91	-0.92	-0.72	-36.81	-23.57	-714.87
4.20	21.91	-0.71	-0.61	-28.08	-48.77	-692.85
4.80	21.91	-0.52	-0.52	-17.33	-67.66	-657.65
4.82	21.91	-0.51	-0.52	-15.01	-68.02	-656.28
4.82	7.86	-0.51	-0.52	-15.01	-68.02	-656.28
5.40	7.86	-0.37	-0.43	-5.17	-73.04	-615.22
6.00	95.34	-0.24	-0.34	-40.80	-90.97	-568.27
6.60	95.34	-0.14	-0.27	-23.43	-115.73	-505.58
7.20	95.34	-0.06	-0.20	-10.17	-128.58	-431.77
7.80	95.34	-0.01	-0.14	-5.49	-132.51	-353.06
8.40	143.01	-0.07	-0.10	-10.15	-129.05	-274.17
9.00	143.01	-0.12	-0.06	-11.06	-118.65	-199.59
9.60	143.01	-0.15	-0.04	-11.41	-103.86	-132.66
10.20	190.69	-0.17	-0.03	-17.37	-82.38	-76.26
10.80	190.69	-0.18	-0.02	-18.83	-56.53	-34.49
11.40	190.69	-0.19	-0.02	-19.97	-28.98	-8.76
12.00	190.69	-0.20	-0.02	-21.02	-0.00	-0.00

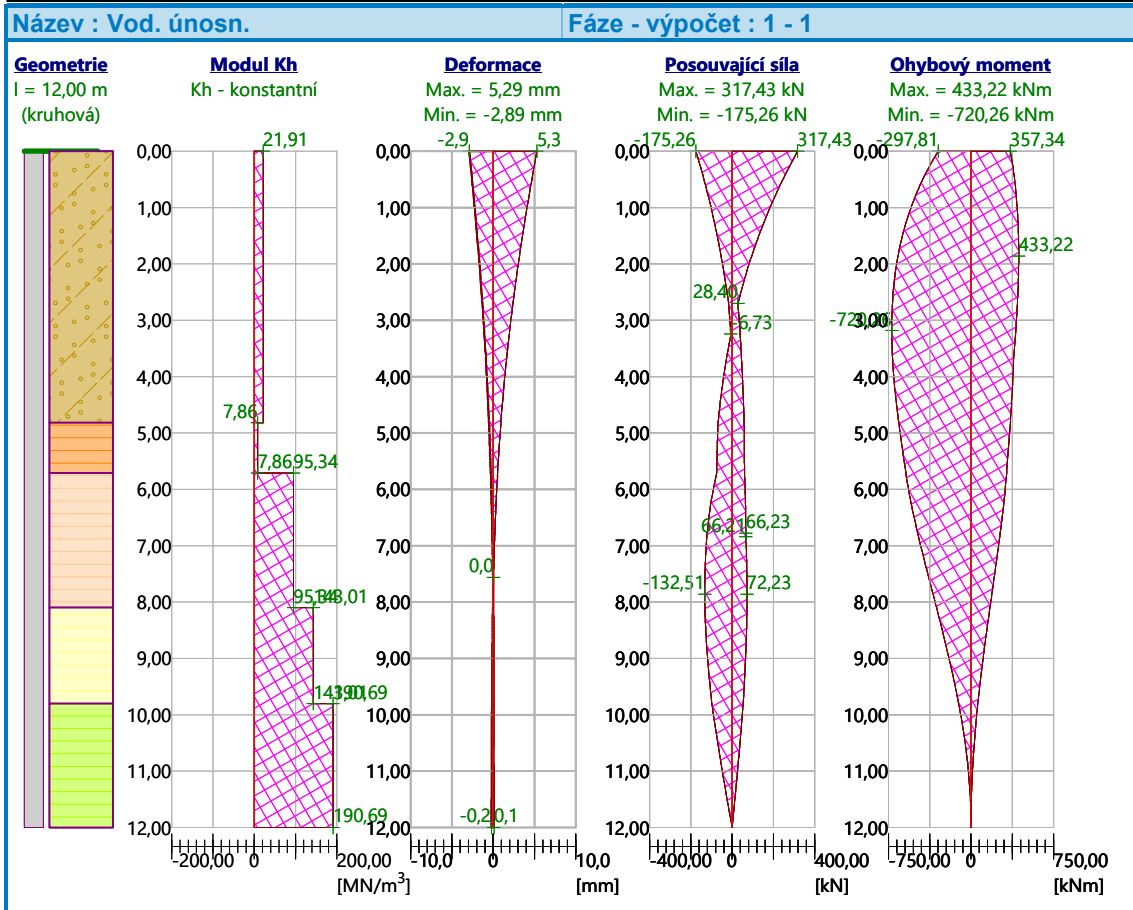
Maximální vnitřní síly a deformace:

Max.deformace piloty = 5,3 mm

Max.posouvající síla = 317,43 kN

Maximální moment = 720,26 kNm

Statický výpočet



Posouzení na tah a ohyb

Průřez: kruhová, d = 1,30 m

Vyztužení - 20 ks profil 32,0 mm; krytí 50,0 mm

Typ konstrukce (stupně vyztužení) : pilota

Stupeň vyztužení $\rho = 1,212 \% > 0,250 \% = \rho_{min}$

Zatížení : $N_{Ed} = -4041,11 \text{ kN}$ (tah) ; $M_{Ed} = 720,26 \text{ kNm}$

Únosnost : $N_{Rd} = -5393,05 \text{ kN}$; $M_{Rd} = 961,22 \text{ kNm}$

Navržená výztuž piloty VYHOVUJE

Posouzení na smyk

Smyková výztuž - profil 16,0 mm; vzdálenost 300,0 mm

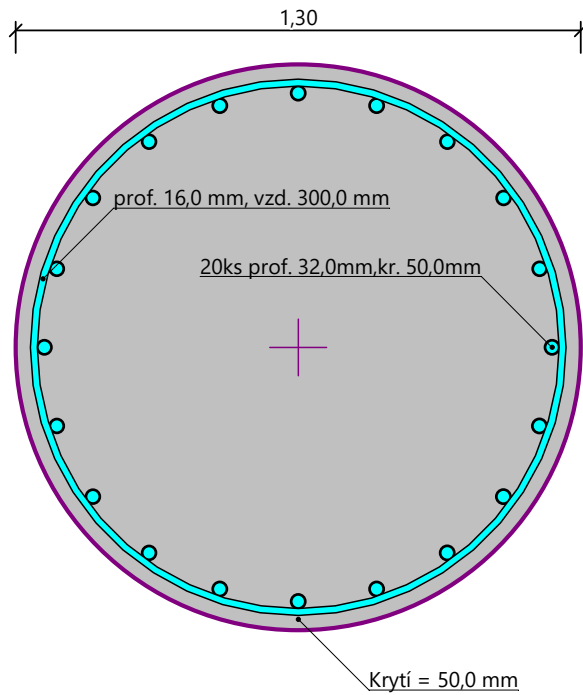
$A_{sw} = 2 \times 670,2 = 1340,4 \text{ mm}^2$

Posouvající síla na mezi únosnosti: $V_{Rd} = 1363,72 \text{ kN} > 317,43 \text{ kN} = V_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

Schéma vyztužení

Statický výpočet



Navrhuji pilotu o \varnothing 1,3 m délky 12 m vyztuženou 20 x \varnothing 32 mm