

D. DOKUMENTACE STAVBY
KONVERZE VODÁRENSKÉ VĚŽE - VÝSTAVBA
VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY BOHUMÍN-PUDLOV,
PARC. Č. 423/13, 423/5, 381/2, k.ú. PUDLOV

D. DOKUMENTACE STAVBY
D.1.1 SO 01 - VÝSTAVBA VĚTRNÉ
ELEKTRÁRNY
D.1.1.2 STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

D.1.2.3. STATICKÝ VÝPOČET

DOKUMENTACE PRO PROVEDENÍ STAVBY

Vypracoval: **Aut. Ing. Marek Lukáš**
Aut. Ing. Jan Crhán

Obsah statického výpočtu

	Strana
1. Podklady, normy, literatura, software	1.2
2. Rozsah a předmět posudku	2.1
3. Zatížení	3.1 – 3.6
4. Prostorové 3D modely	4.1 – 4.4
5. Konstrukce stropů	5.1 – 5.27
6. ŽB výtahová šachta	6.1 – 6.5
7. ŽB dřík - sanace	7.1 – 7.18
8. Sloupy	8.1 – 8.24
9. Schodiště	9.1 – 9.42
10. VZT plošina	10.1 – 10.3
11. Ztužidla	11.1 – 11.5
12. Horní konstrukce pro VE	12.1 – 12.8

Celkový počet stran: 146 x A4

Poznámka:

Vzhledem k rozsáhlým výpisům z programu Nexis 32, jsou uvedeny pouze základní potřebné vstupy (zadání) a výstupy (výsledky). Veškeré výpisy v plném rozsahu jsou případně dostupné u autora tohoto statického výpočtu.

1. Podklady, normy, literatura, software

1.1. Podklady:

- 1) PPS Kania s.r.o.: Architektonicko - stavební řešení: půdorysy 1.PP-13.NP střechy, řezy, pohledy, skladby, DPS - 1/2024
- 2) Stavební a rozvojová s.r.o.: Architektonicko - stavební řešení: půdorysy 1.PP-13.NP střechy, řezy, pohledy, skladby, DSP - 8/2023
- 3) VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební: Diagnostika vodárenské věže Bohumín-Pudlov z roku 1961 (8/2022)
- 4) Ing. Radim Stránský: Hydrogeologický posudek zasakování, voda dešťová (1/2023) + voda z ČOV (1/2023)
- 5) Ing. Zuzana Heinzová: PBR: technická zpráva, půdorysy (DSP-4/2023)

1.2. Normy:

- 1) ČSN EN 1990 - Zásady navrhování konstrukcí
- 2) ČSN EN 1991 - Zatížení konstrukcí
- 3) ČSN EN 1992-1 - Navrhování betonových konstrukcí
- 4) ČSN EN 1992-1-2 - Navrhování žb konstrukcí na účinky požáru
- 5) ČSN EN 1993-1-1 - Navrhování ocelových konstrukcí
- 6) ČSN EN 1993-1-2 - Navrhování ocelových konstrukcí na účinky požáru
- 7) ČSN EN 1997-1 - Navrhování geotechnických konstrukcí
- 8) ČSN EN 13670 - Provádění betonových konstrukcí
- 9) ČSN EN 1090 - Provádění ocelových a hliníkových konstrukcí
- 10) ČSN EN 206 - Beton - specifikace, vlastnosti a shoda

1.3. Literatura:

- 1) Studnička J., Wald F.: Ocelářské tabulky
- 2) Zoufal R. a kol.: Hodnoty požární odolnosti stavebních kcí podle EC
- 3) Helikální výztuž s.r.o.: Helical VAH - tech. listy, podklady k nerez výztuži

1.4. Software:

- 1) AutoCAD 2008 (Autodesk)
- 2) Nexis 32 3.100.121 (SCIA s.r.o.)
- 3) Microsoft Office 2004

2. Rozsah a předmět posudku

Dle projektanta architektonicko stavební části projektu (PPS Kania s.r.o.) a předaných podkladů je v rámci dokumentace pro provedení stavby zpracována stavebně konstrukční (statická) část pro objekty SO01 a SO02 v rámci akce „Konverze Vodárenské věže - výstavba větrné elektrárny Bohumín-Pudlov, parc.č. 423/13, 423/5, 381/2, k.ú. Pudlov“.

Jedná se o posouzení stávajících a návrh a posouzení nových nosných konstr. nadzemní části, tedy žbtubus stávající vodárenské věže, nové železobetonové monolitické stropní desky, nová železobetonová monolitická výtahová šachta, dílčí překlady, nosné ocelové konstrukce včetně jejich ztužení (zavětrování) a další drobné konstrukce. Významnou součástí statické části projektu je také návrh sanace a nutného zesílení stávajících nosných konstrukcí.

Výpočet, veškerá posouzení i návrhy konstrukcí byly provedeny v souladu s normami ČSN EN 1990, ČSN EN 1991 (EC 1) , ČSN EN 1992 (EC 2) , ČSN EN 1993 (EC 3) , ČSN EN 1994 (EC 4) a ČSN EN 1997-1-1 (EC 7). Při výpočtech a posouzeních bylo využito softwaru NEXIS 32. Při výpočtech a posouzeních bylo využito výpočetního softwaru NEXIS 32. Součástí statického výpočtu je příloha, kterou tvoří výpis zadání a rovněž i výsledné vnitřní síly, reakce a deformace některých prvků (extrémy) výpočtových modelů konstrukce. Veškeré (kompletní) výsledky jsou pak příp. k dispozici u autora tohoto projektu. Celá konstrukce byla dle výše uvedených norem posouzena na mezní stav únosnosti i mezní stav použitelnosti a bylo tedy statickým výpočtem prokázáno, že celá stavba (i její jednotlivé nosné prvky) je navržena tak, aby zatížení na ni působící v průběhu výstavby a užívání nemělo za následek:

- a) zřícení stavby nebo její části
- b) větší stupeň nepřipustného přetvoření
- c) poškození jiných částí stavby nebo technických zařízení anebo instalovaného vybavení v důsledku většího přetvoření nosné konstrukce a také
- d) poškození v případě, kdy je rozsah neúměrný původní příčině

Poznámky: Tato dokumentace (DPS) je určena pro provedení stavby. Před zahájením realizace stavby musí být vypracována dílenská (výrobní), případně i realizační (dodavatelská) dokumentace zhotovitele stavby.

3. Zatížení

3.1. Stálé:

charakteristické γ_v návrhové

Střecha plochá – ST1

Hydroizolace – 2x	0,10 kN/m ²	1,35	0,14 kN/m ²
TI - Isover S 120 mm	0,20 kN/m ²	1,35	0,28 kN/m ²
TI - Isover S 120 mm	0,20 kN/m ²	1,35	0,28 kN/m ²
HI - AP	0,05 kN/m ²	1,35	0,13 kN/m ²
ŽB rubová skořepina 80 mm	2,00 kN/m ²	1,35	2,70 kN/m ²
ŽB skořepina 100 mm	2,50 kN/m ²	1,35	3,38 kN/m ²
<u>Podhled (rezerva)</u>	<u>0,15 kN/m²</u>	<u>1,35</u>	<u>0,20 kN/m²</u>
Stálé celkem bez žb desky	<u>2,70 kN/m²</u>	1,35	<u>3,65 kN/m²</u>
Stálé celkem	<u>5,20 kN/m²</u>	1,35	<u>7,02 kN/m²</u>

Podlaha v 1.NP - S-2

Dlažba	0,23 kN/m ²	1,35	0,31 kN/m ²
Cement lepidlo + stěrka 10 mm	0,23 kN/m ²	1,35	0,31 kN/m ²
Cement. potěr (Cemflow) 60 mm	1,38 kN/m ²	1,35	1,86 kN/m ²
TI EPS (MV) 100 mm	0,04 kN/m ²	1,35	0,05 kN/m ²
HI - AP	0,05 kN/m ²	1,35	0,13 kN/m ²
ŽB deska 110 mm	2,75 kN/m ²	1,35	3,71 kN/m ²
<u>Rezerva</u>	<u>0,50 kN/m²</u>	<u>1,35</u>	<u>0,68 kN/m²</u>
Stálé celkem bez žb desky	<u>2,43 kN/m²</u>	1,35	<u>3,28 kN/m²</u>
Stálé celkem	<u>5,18 kN/m²</u>	1,35	<u>6,99 kN/m²</u>

Vnější plášť 200 mm - 1.-10.NP

Vnější omítka 10 mm	0,20 kN/m ²	1,35	0,27 kN/m ²
TI MV (Isover TF) 200 mm	0,30 kN/m ²	1,35	0,41 kN/m ²
Cement lepidlo 22 mm	0,51 kN/m ²	1,35	0,68 kN/m ²
Vnitřní jádrová omítka 10 mm	0,16 kN/m ²	1,35	0,22 kN/m ²
<u>Vnitřní omítka VPC 15 mm</u>	<u>0,30 kN/m²</u>	<u>1,35</u>	<u>0,41 kN/m²</u>
Plášť celkem	<u>1,47 kN/m²</u>	1,35	<u>1,98 kN/m²</u>

Vnější plášť 120 mm - 1.PP

Vnější omítka 10 mm	0,20 kN/m ²	1,35	0,27 kN/m ²
TI XPS 120 mm	0,04 kN/m ²	1,35	0,06 kN/m ²
Plášť celkem	<u>0,24 kN/m²</u>	1,35	<u>0,33 kN/m²</u>

Zdivo vnitřní Liapor 200 mm

Liapor R 195 mm + M10	<u>2,30 kN/m²</u>	1,35	<u>3,10 kN/m²</u>
Pro h = 2550 mm (1.PP)	<u>5,87 kN/m</u>	1,35	<u>7,92 kN/m</u>

Zdivo vnitřní Liapor 100 mm

Liapor R 100 mm + M10	<u>1,50 kN/m²</u>	1,35	<u>2,03 kN/m²</u>
Pro h = 2550 mm (1.PP)	<u>3,83 kN/m</u>	1,35	<u>5,16 kN/m</u>

Zdivo vnitřní 200 mm

Porobeton 200 mm + M10	1,20 kN/m ²	1,35	1,62 kN/m ²
2 x omítka max. 10 mm	0,40 kN/m ²	1,35	0,54 kN/m ²
Zdivo 200 mm celkem	<u>1,60 kN/m²</u>	1,35	<u>2,16 kN/m²</u>
Pro h = 3080 mm (1.NP)	<u>4,93 kN/m</u>	1,35	<u>6,65 kN/m</u>
Pro h = 3170 mm (2.NP)	<u>5,07 kN/m</u>	1,35	<u>6,85 kN/m</u>

Zdivo vnitřní porobeton 150 mm

Porobeton 150 mm + M10	0,90 kN/m ²	1,35	1,22 kN/m ²
2 x omítka max. 10 mm	0,40 kN/m ²	1,35	0,54 kN/m ²
Zdivo 150 mm celkem	<u>1,30 kN/m²</u>	1,35	<u>1,76 kN/m²</u>
Pro h = 3080 mm (1.NP)	<u>4,00 kN/m</u>	1,35	<u>5,41 kN/m</u>
Pro h = 3170 mm (2.NP)	<u>4,12 kN/m</u>	1,35	<u>5,56 kN/m</u>

Zdivo vnitřní porobeton 100 mm

Porobeton 100 mm + M10	0,70 kN/m ²	1,35	0,95 kN/m ²
2 x omítka max. 10 mm	0,40 kN/m ²	1,35	0,54 kN/m ²
Zdivo 100 mm celkem	<u>1,10 kN/m²</u>	1,35	<u>1,49 kN/m²</u>
Pro h = 3080 mm (1.NP)	<u>3,39 kN/m</u>	1,35	<u>4,57 kN/m</u>
Pro h = 3170 mm (2.NP)	<u>3,49 kN/m</u>	1,35	<u>4,71 kN/m</u>

Zdivo vnitřní porobeton 75 mm

Porobeton 75 mm + M10	0,45 kN/m ²	1,35	0,61 kN/m ²
2 x omítka max. 10 mm	0,40 kN/m ²	1,35	0,54 kN/m ²
Zdivo 75 mm celkem	<u>0,85 kN/m²</u>	1,35	<u>1,15 kN/m²</u>
Pro h = 2940 mm (3.NP)	<u>2,50 kN/m</u>	1,35	<u>3,37 kN/m</u>

Podlaha v horních podlažích

Dlažba	0,23 kN/m ²	1,35	0,31 kN/m ²
Cement lepidlo + stěrka 10 mm	0,23 kN/m ²	1,35	0,31 kN/m ²
Cement. potěr (Cemflow) 65 mm	1,50 kN/m ²	1,35	2,02 kN/m ²
TI EPS 60 mm	0,02 kN/m ²	1,35	0,03 kN/m ²
TI MV 35 mm	0,04 kN/m ²	1,35	0,05 kN/m ²
HI - AP	0,05 kN/m ²	1,35	0,07 kN/m ²
ŽB deska 130 mm	3,25 kN/m ²	1,35	4,39 kN/m ²
Rezerva	0,50 kN/m ²	1,35	0,68 kN/m ²
Stálé celkem bez žb desky	<u>2,57 kN/m²</u>	1,35	<u>3,47 kN/m²</u>
Stálé celkem	<u>5,82 kN/m²</u>	1,35	<u>7,86 kN/m²</u>

Technologie

Dolní (menší) turbíny ø 1,9 m, h = 3,6 m	<u>3,60 kN</u>	1,35	<u>4,86 kN</u>
Horní (větší) turbíny ø 2,9 m, h = 5,4 m	<u>5,00 kN</u>	1,35	<u>6,75 kN</u>

3.2. Užité:

Ubytování	<u>1,50 kN/m²</u>	1,5	<u>2,25 kN/m²</u>
Schody, balkóny	<u>3,00 kN/m²</u>	1,5	<u>4,50 kN/m²</u>
Střecha (údržba)	<u>0,75 kN/m²</u>	1,5	<u>1,13 kN/m²</u>

3.3. Sníh:

Dle ČSN EN 1991-1-3 – Změna Z5 (6/2013): Pudlov, oblast I: $s_k = 1,00 \text{ kN/m}^2$

Dle digimapy: $s_k = 0,82 \text{ kN/m}^2$, $C_e = 1,0$; $C_t = 1,0$, $\gamma_Q = 1,5$; $\mu_i = 0,8$ (pro 5°)

$$s_{k1} = 0,82 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,80 = \underline{0,66 \text{ kN/m}^2} ; \quad s_{d1} = 0,66 \times 1,5 = \underline{0,99 \text{ kN/m}^2}$$

3.4. Vítr:

Kruhový válec tubusu vodárny:

Dle ČSN EN 1991-1-4 (73 0035) II. větrová oblast, kat. terénu II (Pudlov)

$$v_b = 25,0 \text{ m/s}; c_e(z) = 3,45 \text{ (} h = 48 \text{ m)}; c_s c_d = 1,0; \gamma_v = 1,5$$

$$q_b = 12,5 \times 0,25^2 / 2 = \underline{0,39 \text{ kN/m}^2};$$

Dolní část tubusu 0 - 25 m ($b = 6,75 \text{ m}$):

$$v(z_e) = (2 \times q_p / \rho)^{0,5} = (2 \times 0,39 / 1,25e-3)^{0,5} = \underline{25 \text{ m/s}}; v = 15e-6 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$q_p(z_e) = 0,39 \times 2,352 = \underline{0,917 \text{ kN/m}^2}$$

$$R_e = b \times v(z_e) / v$$

$$R_{e1} = 6,75 \times 25 / 15e-6 = \underline{1,125e7} \rightarrow$$

$$\rightarrow \alpha_{\min} = 75^\circ; c_{p0,\min} = -1,5; \alpha_{\min} = 105^\circ; c_{p0,h} = -0,8$$

Pro $h = 0 - 10 \text{ m}$

$$c_o(z_e) = 1,0 \rightarrow c_r(z_e) = 1,007; c_e(z_e) = 2,352$$

$$w_{k,0} = 0,39 \times 2,352 \times 1,0 = \underline{0,92 \text{ kN/m}^2};$$

$$w_{d,0} = 0,92 \times 1,5 = \underline{1,38 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{k,75} = 0,39 \times 2,352 \times 1,5 = \underline{-1,38 \text{ kN/m}^2};$$

$$w_{d,75} = 1,38 \times 1,5 = \underline{-2,06 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{k,180} = 0,39 \times 2,352 \times 0,8 = \underline{-0,73 \text{ kN/m}^2};$$

$$w_{d,180} = 0,73 \times 1,5 = \underline{-1,10 \text{ kN/m}^2}$$

Pro $h = 10 - 20 \text{ m}$

$$c_o(z_e) = 1,0 \rightarrow c_r(z_e) = 1,138; c_e(z_e) = 2,810$$

$$w_{k,0} = 0,39 \times 2,81 \times 1,0 = \underline{1,10 \text{ kN/m}^2};$$

$$w_{d,0} = 1,10 \times 1,5 = \underline{1,64 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{k,75} = 0,39 \times 2,81 \times 1,5 = \underline{-1,64 \text{ kN/m}^2};$$

$$w_{d,75} = 1,64 \times 1,5 = \underline{-2,47 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{k,180} = 0,39 \times 2,81 \times 0,8 = \underline{-0,88 \text{ kN/m}^2};$$

$$w_{d,180} = 0,88 \times 1,5 = \underline{-1,32 \text{ kN/m}^2}$$

Pro $h = 20 - 25 \text{ m}$

$$c_o(z_e) = 1,0 \rightarrow c_r(z_e) = 1,181; c_e(z_e) = 2,965$$

$$w_{k,0} = 0,39 \times 2,965 \times 1,0 = \underline{1,16 \text{ kN/m}^2};$$

$$w_{d,0} = 1,16 \times 1,5 = \underline{1,73 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{k,75} = 0,39 \times 2,965 \times 1,5 = \underline{-1,73 \text{ kN/m}^2};$$

$$w_{d,75} = 1,73 \times 1,5 = \underline{-2,60 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{k,180} = 0,39 \times 2,965 \times 0,8 = \underline{-0,93 \text{ kN/m}^2};$$

$$w_{d,180} = 0,93 \times 1,5 = \underline{-1,39 \text{ kN/m}^2}$$

Horní část tubusu 25 - 48 m ($b = 16,5$ m):

Pro $h = 25 - 30$ m

$$c_o(z_e) = 1,0 \rightarrow c_r(z_e) = 1,215; c_e(z_e) = 3,094$$

$$q_p(z_e) = 0,39 \times 2,352 = \underline{0,917 \text{ kN/m}^2}$$

$$R_{e2} = 16,5 \times 25 / 15e-6 = \underline{2,75e7} \rightarrow$$

$$\rightarrow \alpha_{\min} = 75^\circ; c_{p0,\min} = -1,5; \alpha_{\min} = 105^\circ; c_{p0,h} = -0,8$$

$$w_{k,0} = 0,39 \times 3,094 \times 1,0 = \underline{1,21 \text{ kN/m}^2};$$

$$w_{d,0} = 1,21 \times 1,5 = \underline{1,81 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{k,75} = 0,39 \times 3,094 \times 1,5 = \underline{-1,81 \text{ kN/m}^2};$$

$$w_{d,75} = 1,81 \times 1,5 = \underline{-2,71 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{k,180} = 0,39 \times 3,094 \times 0,8 = \underline{-0,97 \text{ kN/m}^2};$$

$$w_{d,180} = 0,97 \times 1,5 = \underline{-1,45 \text{ kN/m}^2}$$

Pro $h = 30 - 40$ m

$$c_o(z_e) = 1,0 \rightarrow c_r(z_e) = 1,138; c_e(z_e) = 3,302$$

$$w_{k,0} = 0,39 \times 3,302 \times 1,0 = \underline{1,29 \text{ kN/m}^2};$$

$$w_{d,0} = 1,29 \times 1,5 = \underline{1,93 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{k,75} = 0,39 \times 3,302 \times 1,5 = \underline{-1,93 \text{ kN/m}^2};$$

$$w_{d,75} = 1,93 \times 1,5 = \underline{-2,90 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{k,180} = 0,39 \times 3,302 \times 0,8 = \underline{-1,03 \text{ kN/m}^2};$$

$$w_{d,180} = 1,03 \times 1,5 = \underline{-1,55 \text{ kN/m}^2}$$

Pro tubusy turbín - $h = 40 - 48$ m

$$c_o(z_e) = 1,0 \rightarrow c_r(z_e) = 1,304; c_e(z_e) = 3,45$$

Vzhledem k ploše lopatek turbín bude uvažováno pouze s 50 % (polovinou) návětrné plochy turbín!

U turbín je uvažováno se součinitelem síly c_f

$$\text{Pro } R_e = \underline{2,75e7}; k = 0,0015; k / b = 0,0015 / 16500 = 9e-8 \rightarrow c_{f,0} = \underline{0,7}$$

$$W_{k,t1} = 0,5 \times 0,39 \times 3,45 \times 0,7 \times 5,4 \times 2,9 = \underline{7,37 \text{ kN}}; W_{d,t1} = 7,37 \times 1,5 = \underline{11,06 \text{ kN}}$$

$$W_{k,t2} = 0,5 \times 0,39 \times 3,45 \times 0,7 \times 3,6 \times 1,9 = \underline{3,22 \text{ kN}}; W_{d,t2} = 1,16 \times 1,5 = \underline{4,83 \text{ kN}}$$

Plochá střecha: $\alpha = \varnothing = 0^\circ$; $b = 17 \text{ m}$, $d = 34 \text{ m}$, $h = 28 \text{ m}$, $e = 17 \text{ m}$, $h = 40\text{-}48 \text{ m}$

$c_{pe,10,A} = -1,2$; $c_{pe,10,B} = -0,8$; $c_{pe,10,C} = -0,5$; $c_{pe,10,D} = 0,8$; $c_{pe,10,E} = -0,5$; $c_{pe,10,F} = -1,8$

$c_{pe,10,G} = -1,2$; $c_{pe,10,H} = -0,7$; $c_{pe,10,I} = \pm 0,2$

$$w_{kA} = 0,39 \times 3,45 \times 1,2 = \underline{-1,61 \text{ kN/m}^2} ;$$

$$w_{dA} = 1,61 \times 1,5 = \underline{-2,42 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{kB} = 0,39 \times 3,45 \times 0,8 = \underline{-1,08 \text{ kN/m}^2} ;$$

$$w_{dB} = 1,08 \times 1,5 = \underline{-1,61 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{kC} = 0,39 \times 3,45 \times 0,5 = \underline{-0,67 \text{ kN/m}^2} ;$$

$$w_{dC} = 0,67 \times 1,5 = \underline{-1,01 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{kD} = 0,39 \times 3,45 \times 0,8 = \underline{1,08 \text{ kN/m}^2} ;$$

$$w_{dD} = 1,08 \times 1,5 = \underline{1,61 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{kE} = 0,39 \times 3,45 \times 0,5 = \underline{-0,67 \text{ kN/m}^2} ;$$

$$w_{dE} = 0,67 \times 1,5 = \underline{-1,01 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{kF} = 0,39 \times 3,45 \times 1,4 = \underline{-1,88 \text{ kN/m}^2} ;$$

$$w_{dF} = 1,88 \times 1,5 = \underline{-2,83 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{kG} = 0,39 \times 3,45 \times 1,2 = \underline{-1,61 \text{ kN/m}^2} ;$$

$$w_{dG} = 1,61 \times 1,5 = \underline{-2,42 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{kH} = 0,39 \times 3,45 \times 0,7 = \underline{-0,94 \text{ kN/m}^2} ;$$

$$w_{dH} = 0,94 \times 1,5 = \underline{-1,41 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{kI} = 0,39 \times 3,45 \times 0,2 = \underline{\pm 0,27 \text{ kN/m}^2} ;$$

$$w_{dI} = 0,27 \times 1,5 = \underline{\pm 0,40 \text{ kN/m}^2}$$

Střešní kopule: $\alpha = \varnothing = 0^\circ$; $b = d = 12,4 \text{ m}$, $h = 39 \text{ m} \rightarrow c_e(z) = 3,45$; $f = 1,28 \text{ m}$;

$h / d = 3,14$; $f / d = 0,10$;

$c_{pe,10,A} = -1,7$; $c_{pe,10,B} = -0,8$; $c_{pe,10,C} = -0,5$

$$w_{kA} = 0,39 \times 3,3 \times 1,7 = \underline{-2,19 \text{ kN/m}^2} ;$$

$$w_{dA} = 2,19 \times 1,5 = \underline{-3,28 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{kB} = 0,39 \times 3,3 \times 0,8 = \underline{-1,03 \text{ kN/m}^2} ;$$

$$w_{dB} = 1,03 \times 1,5 = \underline{-1,54 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{kC} = 0,39 \times 3,3 \times 0,5 = \underline{-0,64 \text{ kN/m}^2} ;$$

$$w_{dC} = 0,64 \times 1,5 = \underline{-0,97 \text{ kN/m}^2}$$

3.2. Užité:

Bazén 11.NP - voda $h = 1,52 \text{ m}$	<u>15,20 kN/m²</u>	1,5	<u>22,80 kN/m²</u>
---	-------------------------------	-----	-------------------------------

Bazén 11.NP - voda $h = 0,97 \text{ m}$	<u>9,70 kN/m²</u>	1,5	<u>14,55 kN/m²</u>
---	------------------------------	-----	-------------------------------

Bazén 11.NP - voda $h = 0,33 \text{ m}$	<u>3,30 kN/m²</u>	1,5	<u>4,95 kN/m²</u>
---	------------------------------	-----	------------------------------

Technologie

Venkovní VZT jednotka 300 kg	<u>3,00 kN</u>	1,35	<u>4,05 kN</u>
------------------------------	----------------	------	----------------

4. Statický model

Ze statického hlediska se objektu vodojemu jedná o nosný tuhý železobetonový tubus, nyní nově s v rámci rekonverze přidanými tuhými stropními deskami, navíc ztužený novou železobetonovou výtahovou šachtou, která tvoří prostorově tuhé (ztužující) jádro celé konstrukce. Nosná konstrukce objektu vodojemu je tedy uvažována jako deskostěnová konstrukce s neposuvnými styčníky. Prostorová tuhost a celková stabilita nosné konstrukce objektu vodárny je zajištěna tuhým tubusem kruhového půdorysu, tuhou výtahovou šachtou obdélníkového půdorysu a také vodorovnými tuhými rovinami stropních a střešních železobetonových desek.

Horní nástavba je navržena jako ocelová rámová konstrukce se svislým i vodorovným ztužením, která je navíc přes nové železobetonové stropní desky 11. až 13.NP propojena s prostorově tuhou železobetonovou konstrukcí výtahové šachty. Tímto vzájemným propojením (rámová ocelová konstrukce + železobetonové stropy a střešní železobetonová skořepina doplněna o rubovou skořepinou (jejíž primární funkcí je fixovat nové mechanicky kotvené zateplení) + železobetonový tubus výtahové šachty) je rovněž zajištěna prostorová tuhost nosné konstrukce. Propojení o 1880 mm zvednuté střešní železobetonové skořepiny s novou stropní deskou výtahové šachty je provedeno pouze ve vodorovné rovině (osy X, Y), ve směru svislém (směr gravitace - osa Z) je propojení posuvné, tak aby zůstal zachován statický model, resp. statické působení žb střešní skořepiny.

Ze statických důvodů bude nové venkovní schodiště vřetenem protaženo a ukotveno až na stávající základ vodárenské věže, tak aby bylo eliminováno rozdílné sedání základu, které by nastalo v případě samostatné nepropojené základové patky.

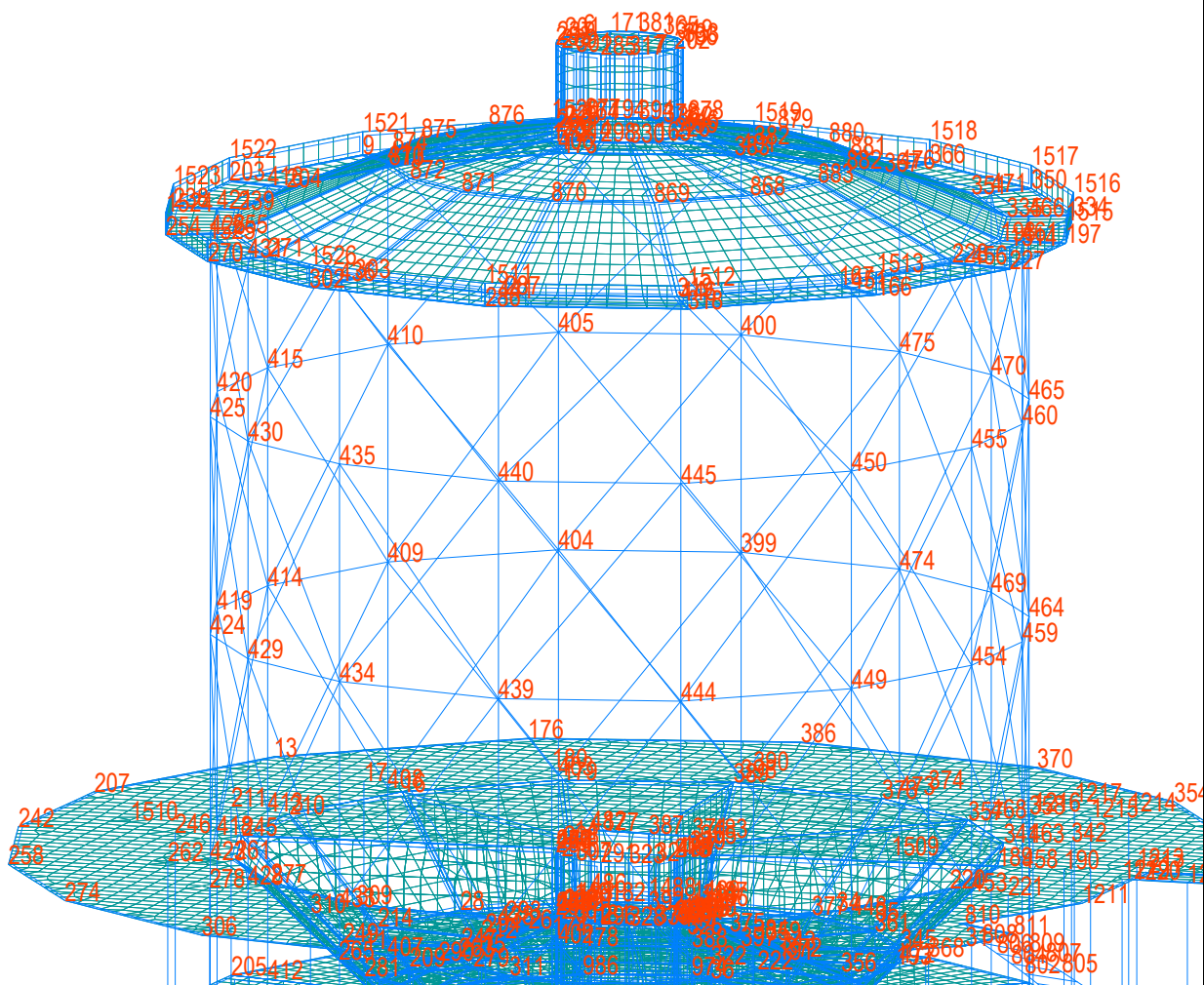
Vzhledem k tomu, že u výsledného objektu je možné, že horní větrné elektrárny budou později či případně nebudou vůbec, tak byly namodelovány oba statické 3D modely. Navíc byl kvůli složité a předpokládané náročné montáži ještě proveden a posouzen 3D model pro montážní stav, při kterém je horní ocelová konstrukce, po které se navíc bude vysouvat zesílená horní žb skořepina, ztužena jen ocelovými ztužidly, tedy bez ztužující šachty a stropních desek.

4.1. Prostorový (3D) model v montážním stavu

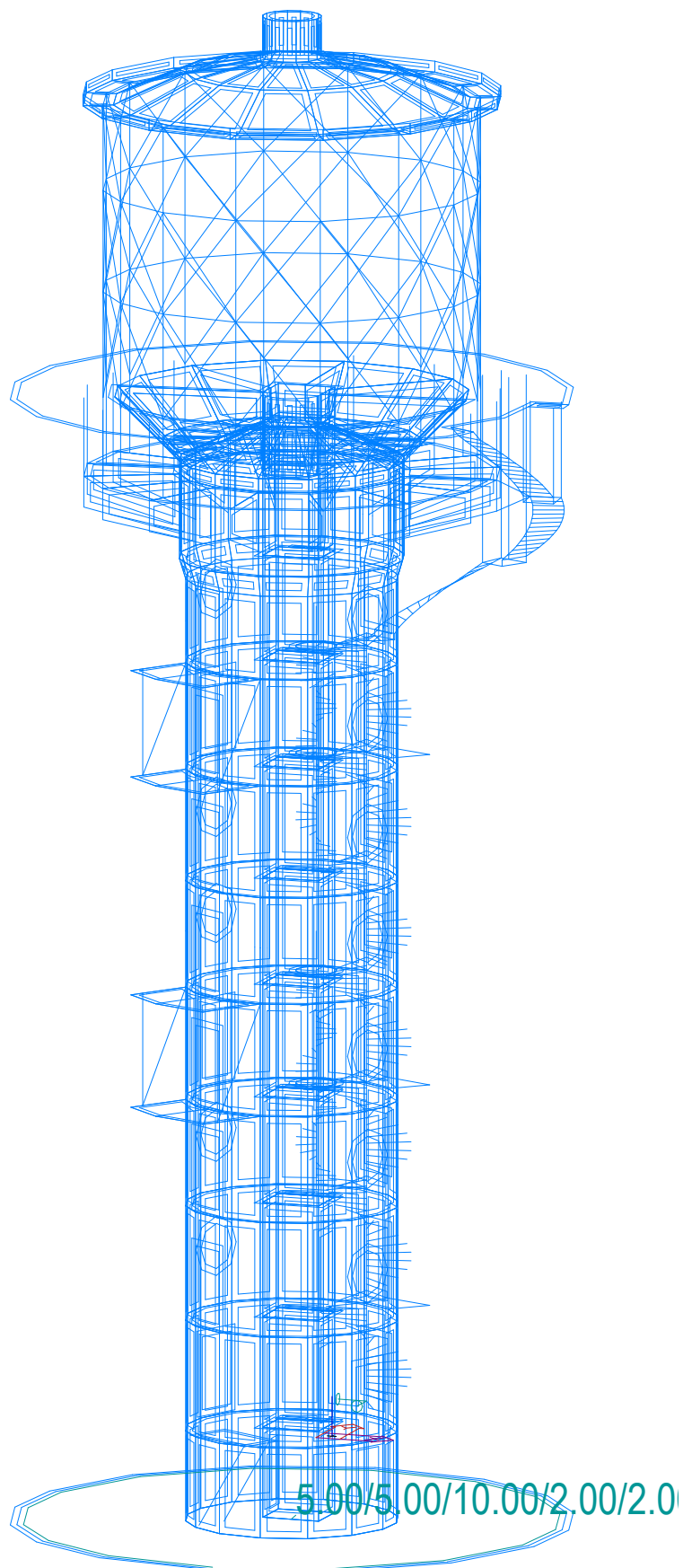
Všechny statické modely vodojemu byly namodelovány a spočítány ve statickém programu Nexis 32, všechny jako deskostěnový skelet (3D skořepina) s horní prutovou rámovou či příhradovou konstrukcí.

Detailní zadání, posouzení i výstupy - viz výstup z programu Nexis 32.

Schéma 3D modelu v montážním stavu (horní část bež žb šachty a stropů):

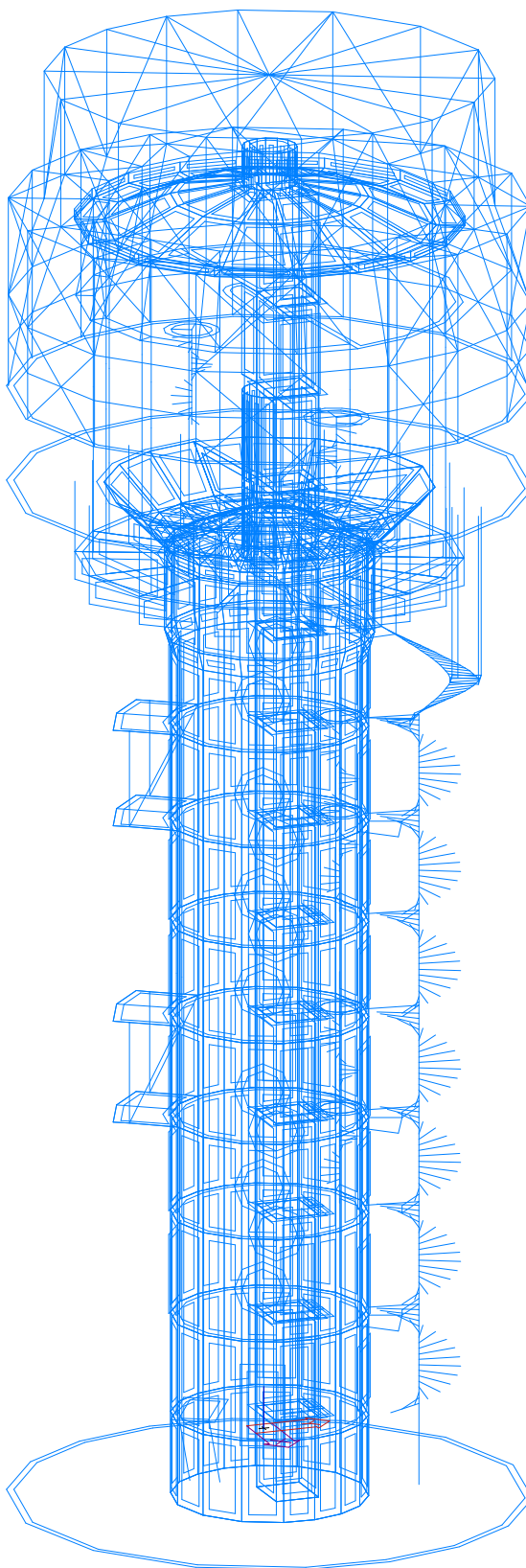


3D model věže - montáž horní OK



3D model věže - montáž horní OK - celá věž

4.2. Prostorový (3D) model finální plný



3D model věže - plný (finální)

5. Konstrukce žb stropů

Stropní desky 2. - 8.NP jsou navrženy železobetonové monolitické tl. 130 mm s ukotvením pomocí trnů $\varnothing$ 16 mm na vnější žb tubus s podepřením na vnitřní žb výtahovou šachtu. Desky byly namodelovány a spočítány jakožto součást celého 3D modelu vodojemu v programu Nexis 32 - viz následujících 17 stran, resp. strany 5.3 až 5.19.

Kotvení žb desek je pro ukotvení do stávajícího žb tubusu řešeno pomocí ocelových lepených kotev $\varnothing$ 16 mm kvality B500B a chemické malty (např. Hilti HIT-RE 500) do předem vrtaných kanálků. Vodorovné kotvy $\varnothing$ 16 mm B500B budou umístěny vždy v ose žb desky.

Stropní desky 11. - 13.NP jsou navrženy rovněž železobetonové monolitické a to poslopně v tl. 170, 200 a 150 mm s uložením na vnitřní žb výtahovou šachtu a s podepřením na nové sloupy ocelové konstrukce, které těmito žb deskami prostupují - vše viz strany 5.20 až 5.27.

Součástí návrhu žb desek jsou zároveň stěny mezi 10. a 11.NP tvořící dělící konstrukci mezi bazénem, nádržemi a technickým zázemím (bazénová technologie) jsou nově navrženy železobetonové monolitické a to v tl. 200 mm s napojením do stávajících žb konstrukcí.

Specifikace betonů:

- pro stropní desky a výtahovou šachtu 2. až 9. NP je navržen C 30/37 + XC2
- pro strop, stěny a šachtu v 10. NP je navržen C 30/37 + XD3, XS3, XF2
- pro strop a terasu v 11. NP je navržen C 30/37 + XD3, XS3, XF2
- pro strop a terasu ve 12. NP je navržen C 30/37 + XD3, XS1, XF2

I. i II. mezní stav vyhoví!

Poznámka:

Detailní návrh výztuže - viz výkresová část v rámci DPS (DD).

5.1. Požární odolnost železobetonových stropů a stěn

U všech železobetonových konstrukcí (desek i stěn) je protipožární odolnost zajištěna dostatečným krytím nosné výztuže. Ta je min. 25 mm, což je pro tloušťku železobetonových desek a stěn min. 130 mm naprosto dostačující!

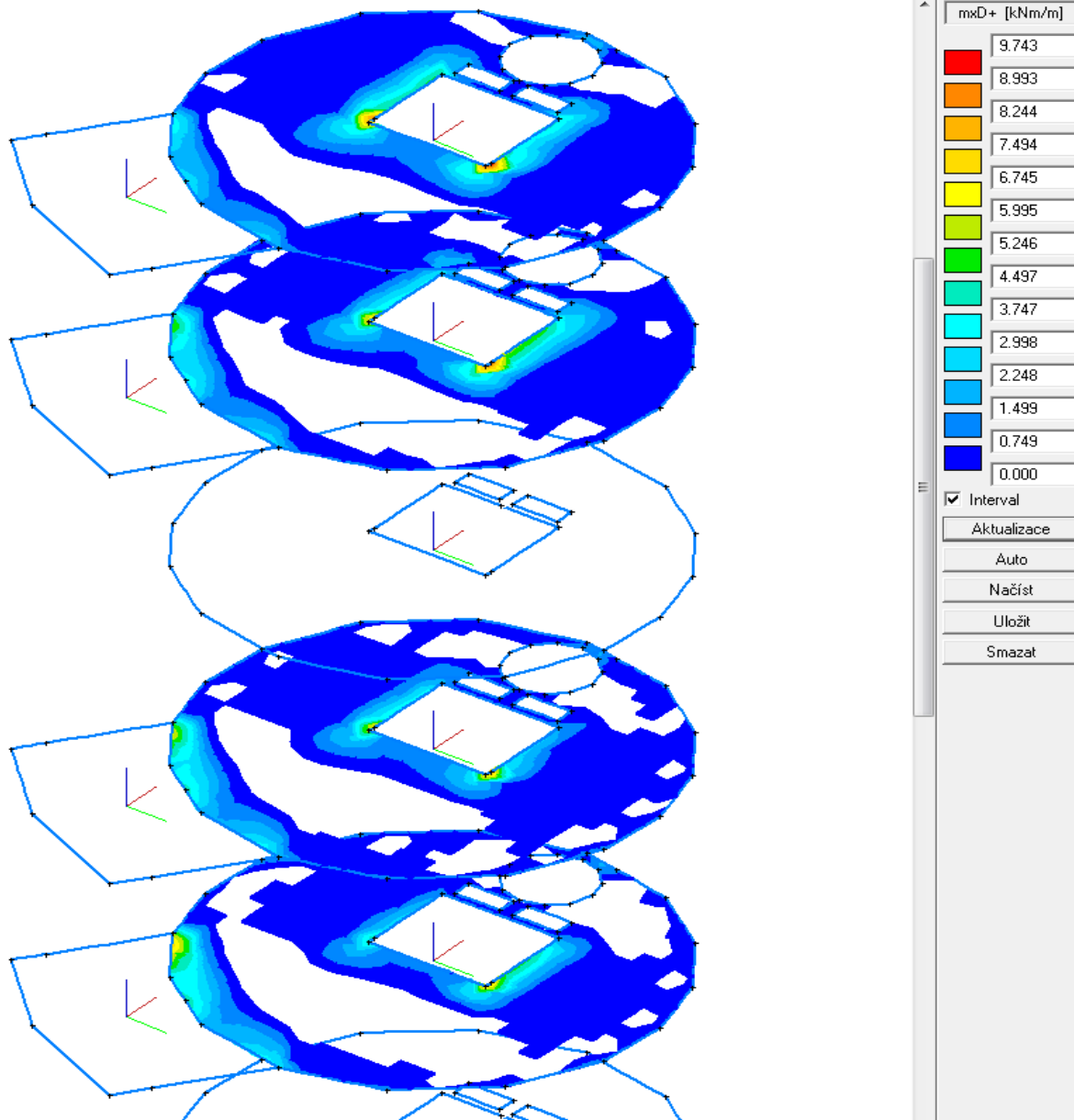
Železobetonové desky pro REI 60 min. bezpečně vyhoví!

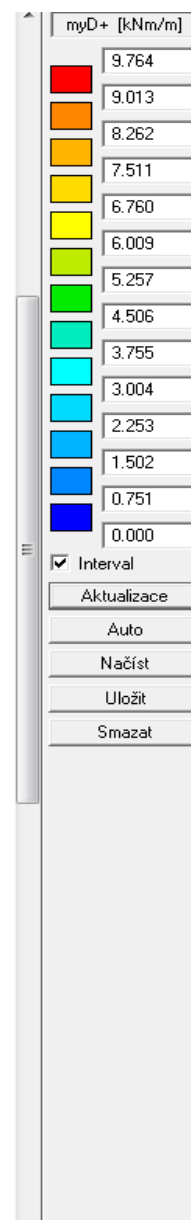
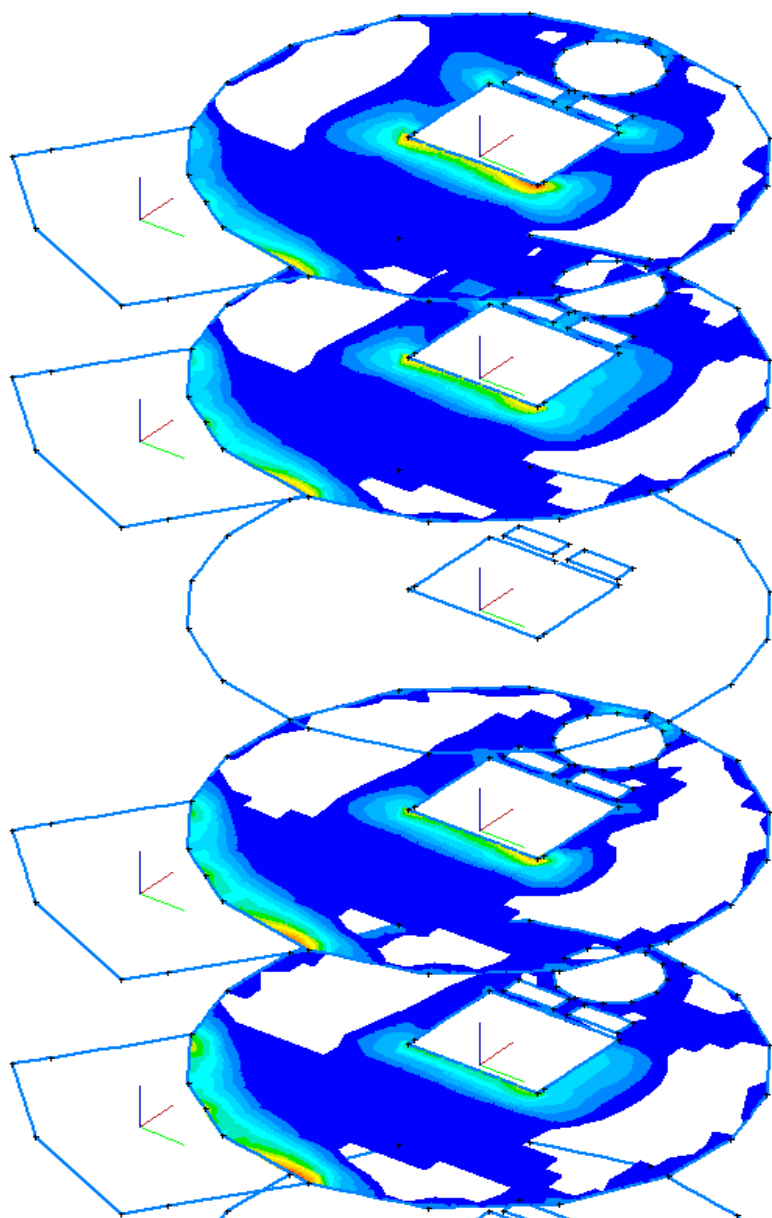
Poznámka:

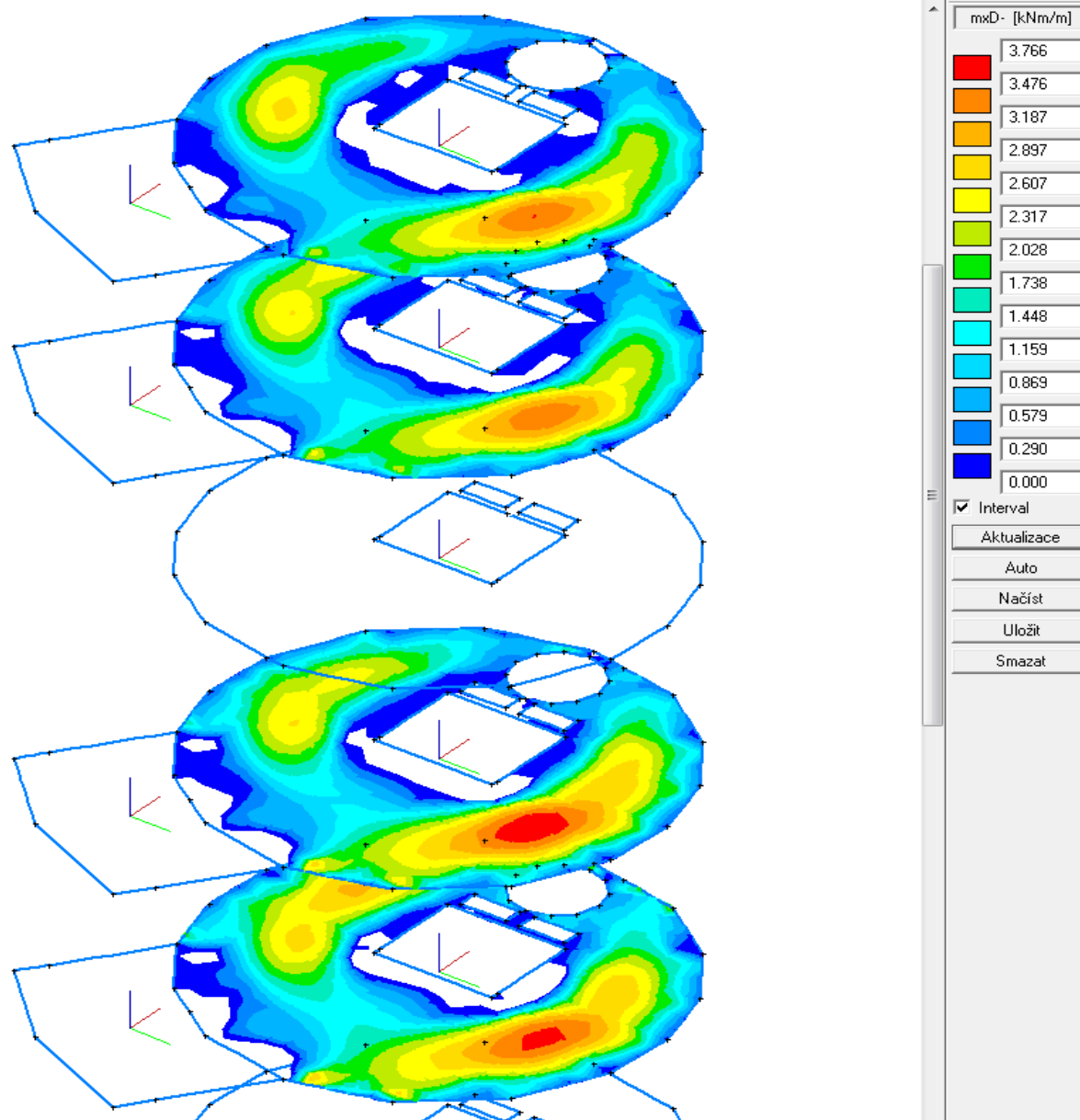
Detailní návrh výztuže - viz výkresová část v rámci DPS (DD).

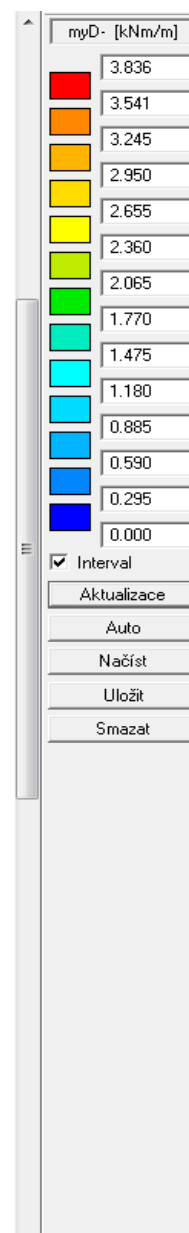
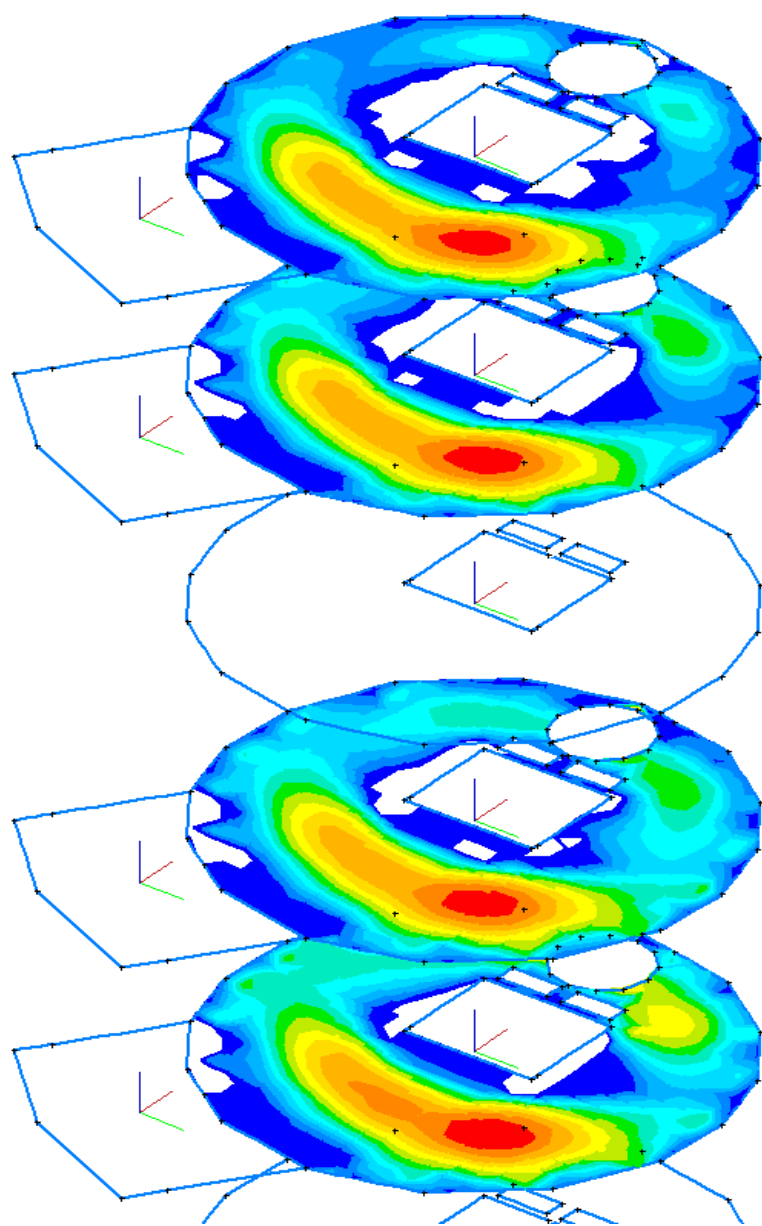
DIMENZOVÁNÍ STROPŮ

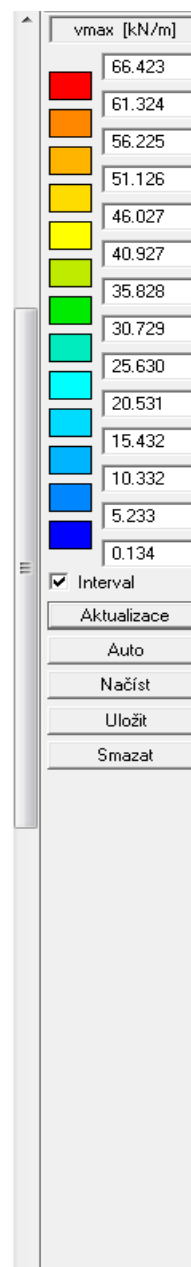
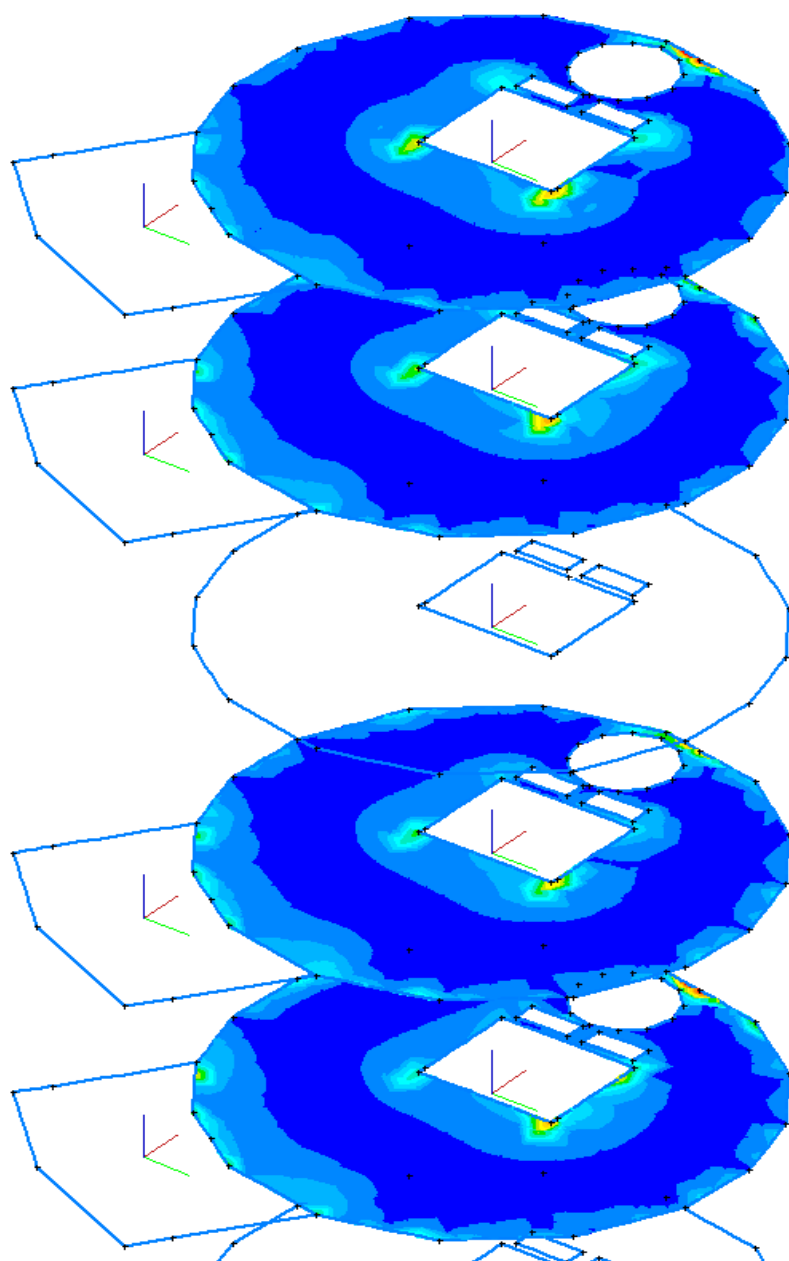
Podlaží s kruhovou dírou











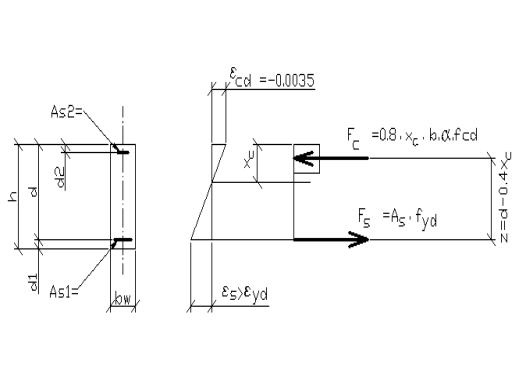
DIMENZOVÁNÍ STROPŮ

BETON	Třída betonu	C30/37	
	f_{ck}	=	30,00 [MPa]
	γ_c	=	1,5
	f_{cd}	=	20,00 [MPa]
	f_{ctm}	=	2,90 [MPa]
	$f_{ctk\ 0,05}$	=	2,00 [MPa]
	$f_{ctk\ 0,95}$	=	3,80 [MPa]
	E_{cm}	=	32000,00 [MPa]
	ϵ_{cd}	=	-0,00350

VÝZTUŽ	B500B	R	
	f_y	=	500 [MPa]
	γ_M	=	1,15
	f_{yd}	=	435 [MPa]
	ϵ_{yd}	=	0,00207
d1=krytí+ $\Phi/2$ =		=	20 mm
výztuž dolní Φ	8	6,666	ks
As1	=	335,07	mm ²
d2=krytí+ $\Phi/2$ =		=	20 mm
výztuž horní Φ	8	6,666	ks
As2	=	335,07	mm ²

15,40

PRŮŘEZ	b	=	1000,00 mm
	h	=	130,00 mm
M_{sd} - horní		=	10 kNm
M_{sd} - dolní		=	10,0 kNm
V_{sd}		=	6,5 kN
N_{sd}		=	0 kN



DIMENZOVÁNÍ STROPŮ

Dolní moment:

$$\begin{aligned}\beta &= 0,8 & \alpha &= 0,85 \\ x_c &= A_{s1} \cdot f_{yd} / (\beta \cdot b \cdot \alpha \cdot f_{cd}) = 10,71 \text{ mm} \\ z &= d - 0,4 \cdot x_c = 105,72 \text{ mm} \\ x_c/d &= 0,097 < 0,45 \text{ vyhovuje}\end{aligned}$$

$$M_{Rd} = A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot z = 15,40 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

Horní moment:

$$\begin{aligned}\beta &= 0,8 & \alpha &= 0,85 \\ x_c &= A_{s2} \cdot f_{yd} / (\beta \cdot b \cdot \alpha \cdot f_{cd}) = 10,71 \text{ mm} \\ z &= d - 0,4 \cdot x_c = 105,72 \text{ mm} \\ x_c/d &= 0,097 < 0,45 \text{ vyhovuje}\end{aligned}$$

$$M_{Rd} = A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot z = 15,40 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

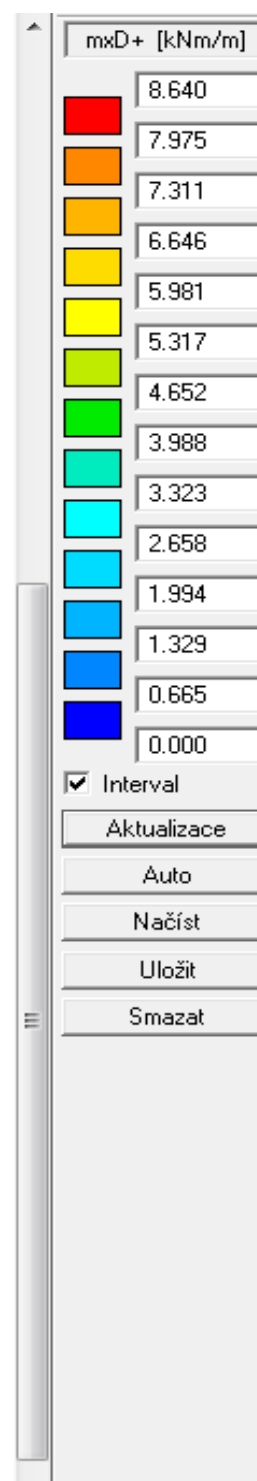
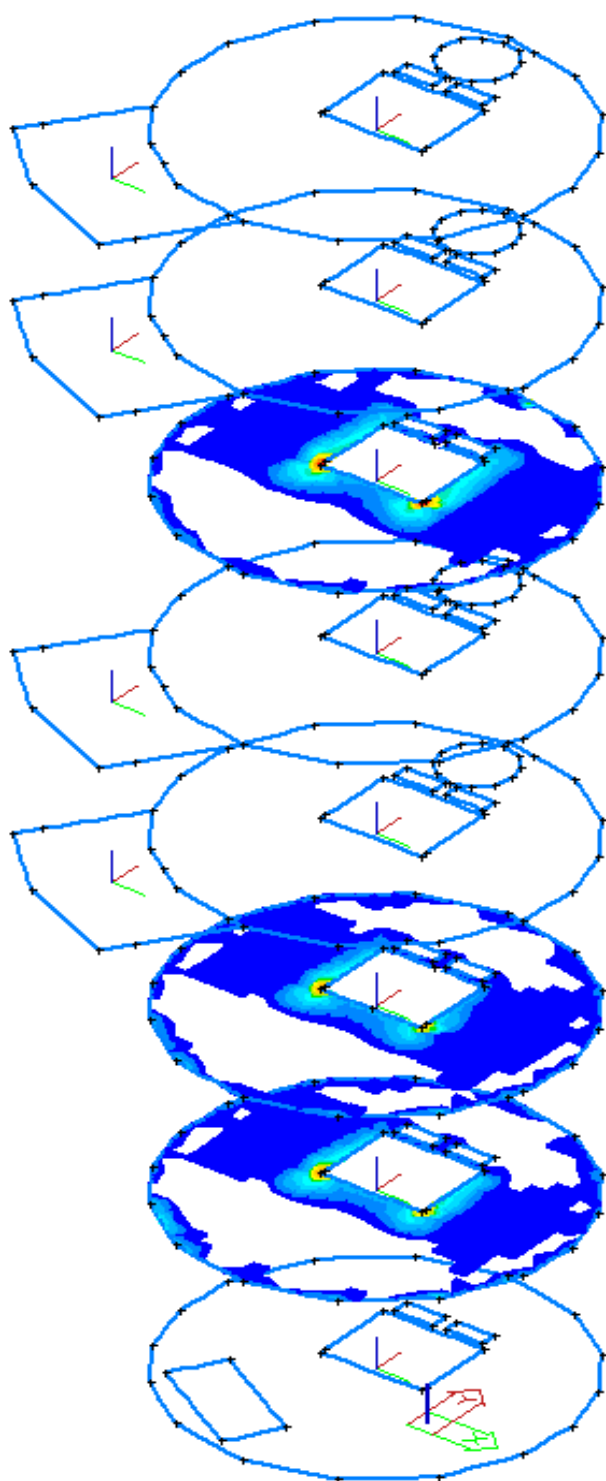
Posouzení smyku

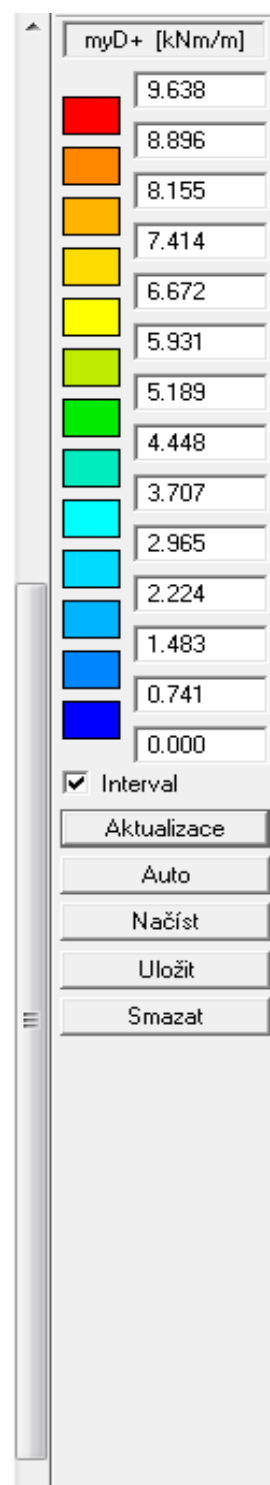
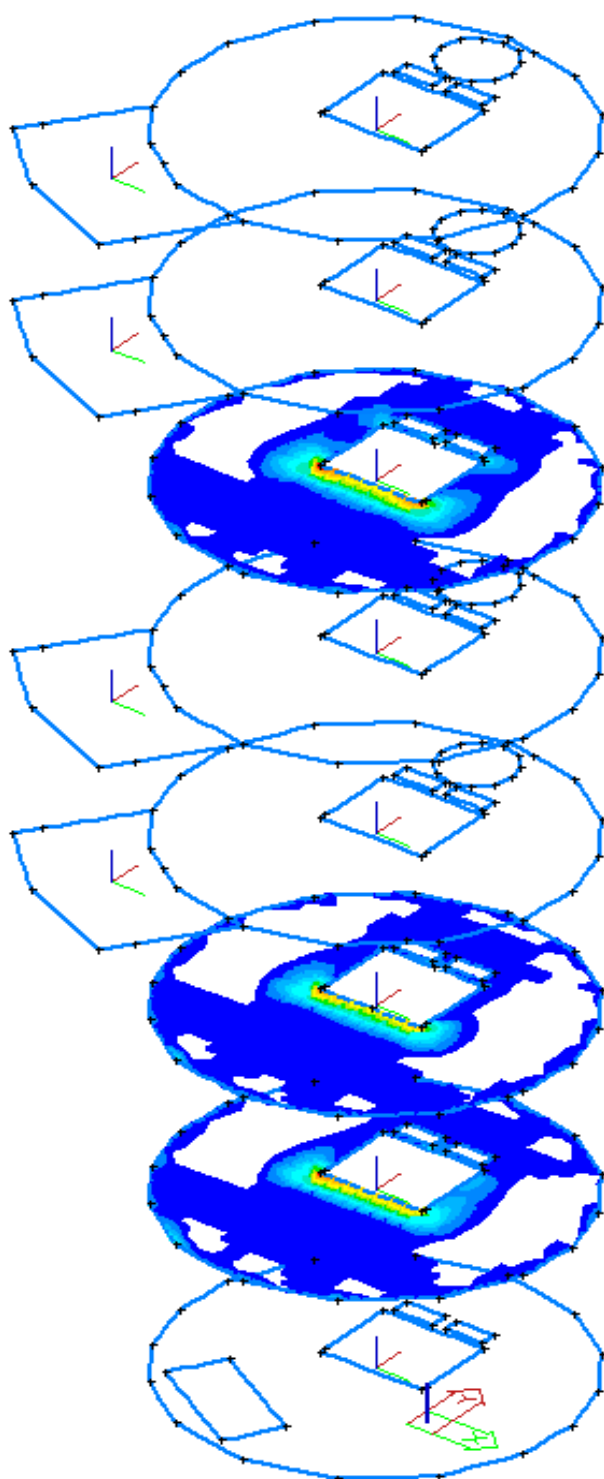
$$\begin{aligned}b_w &= 1000 \text{ mm} \\ d &= 130 \text{ mm} \\ \text{Dolní výztuž u podpory } 6,666\Phi R8 \\ A_{sl} &= 335,1 \text{ mm}^2 \\ N_{Ed} &= 0 \text{ N} \\ \sigma_{cp} &= N_{Ed}/A_c = 0\end{aligned}$$

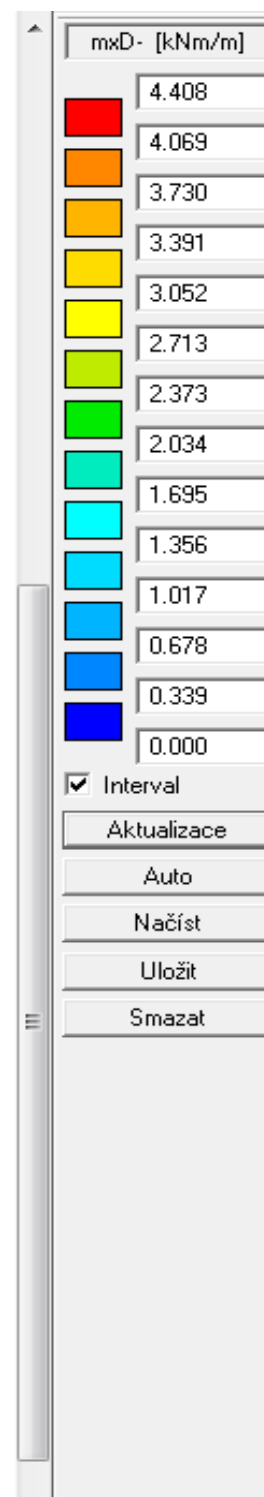
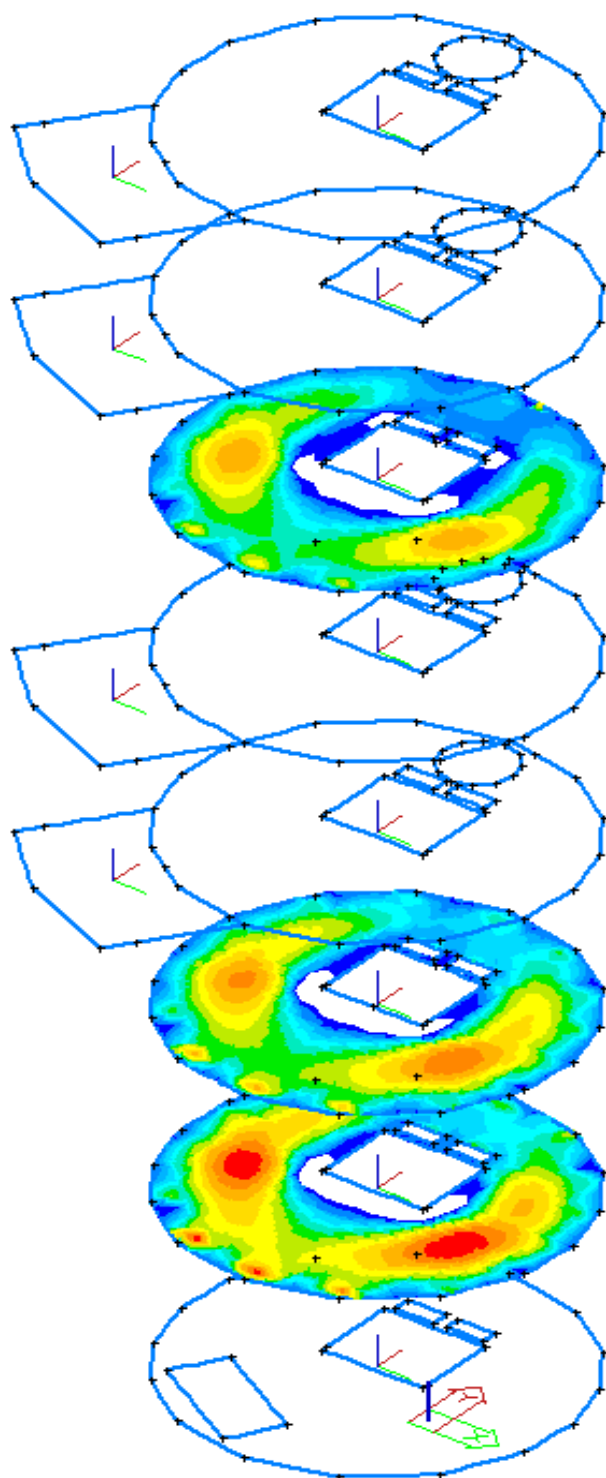
Prvky nevyžadující návrh smykové výztuže

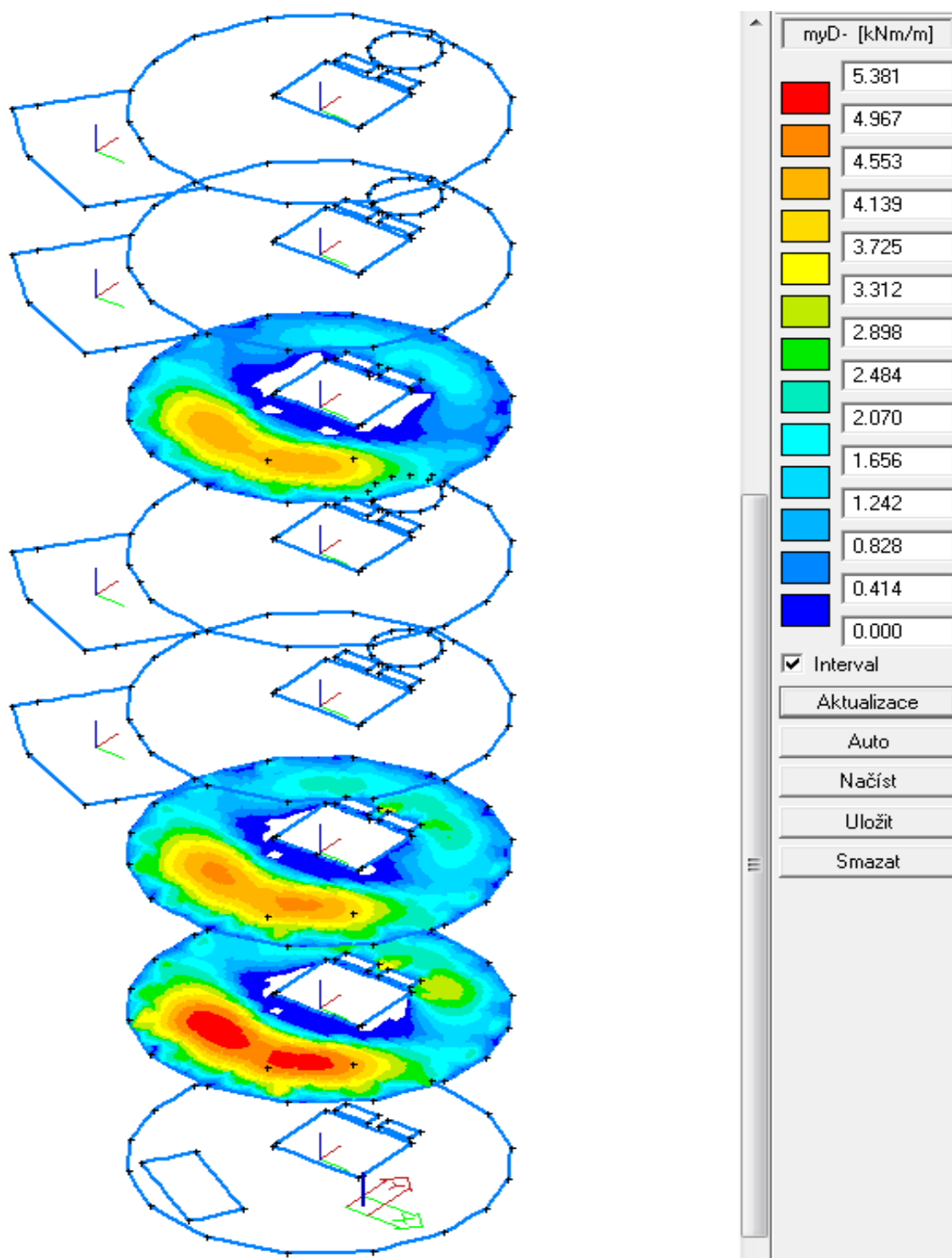
$$\begin{aligned}C_{Rd,c} &= 0,18/\gamma_c = 0,12 \\ k_1 &= 0,15 \\ \rho_1 &= A_{sl}/(b_w \cdot d) = 0,002577 < 0,02 \\ k &= 1 + \sqrt{200/d} = 2,240347 < 2,0 \\ v_{min} &= 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,642838 \\ V_{Rd,c} &= (C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 69110,5 \text{ N} \\ V_{Rd,c} &= (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) = 83569,0 \text{ N} \\ V_{Rd} &= \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,min}) = 83,57 \text{ kN}\end{aligned}$$

Podlaží s otvorem pro výtah



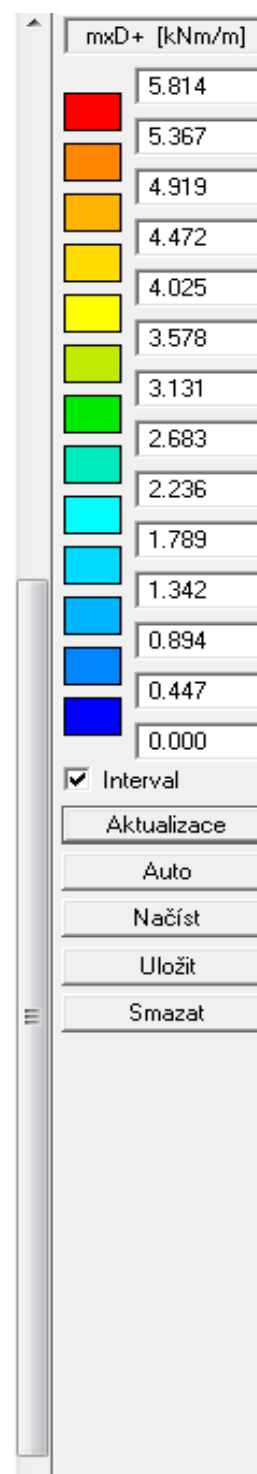
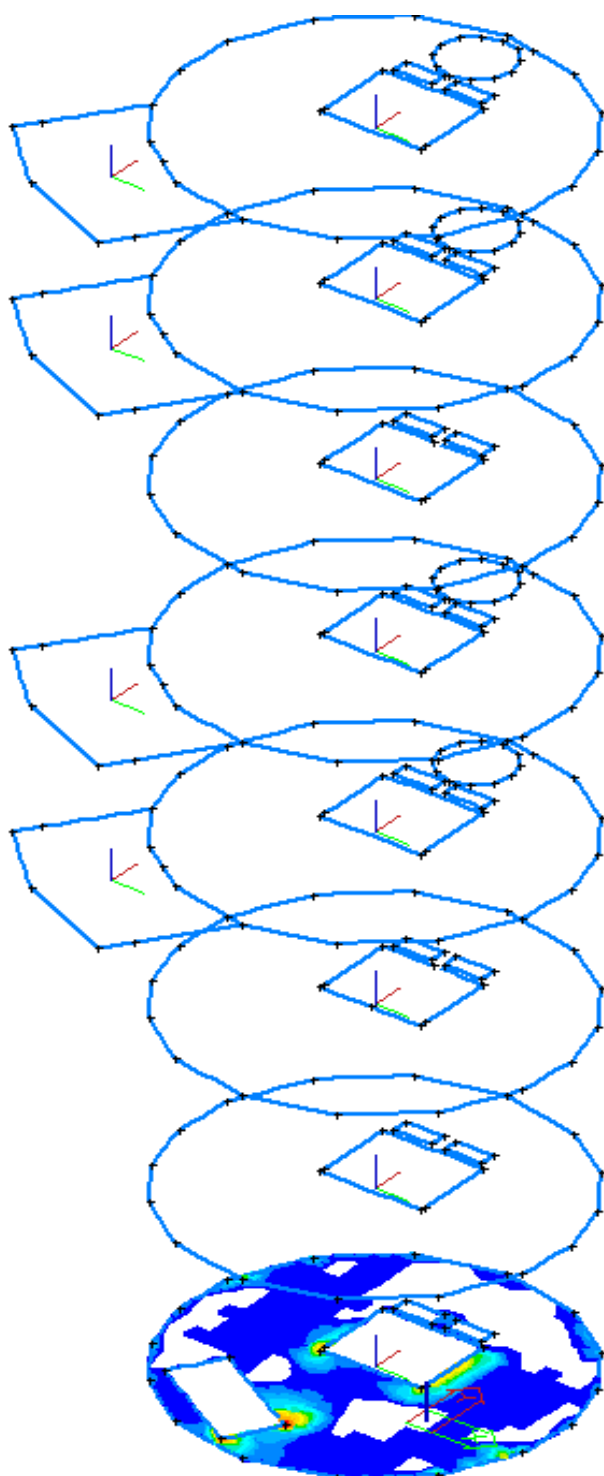


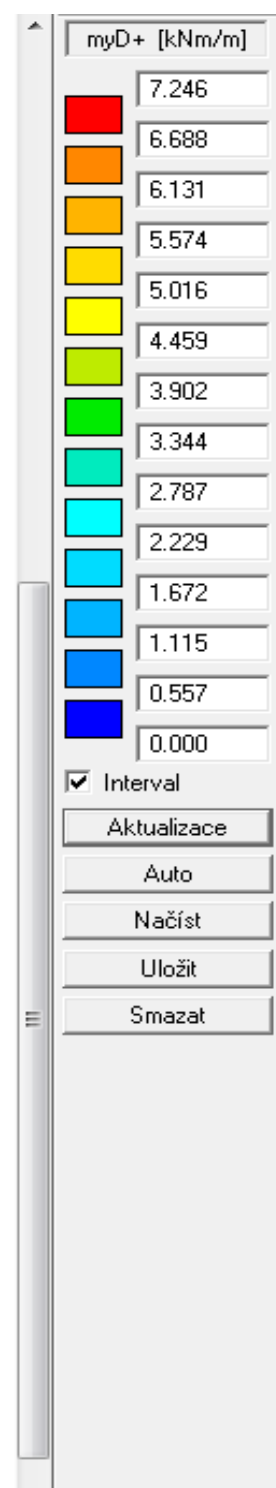
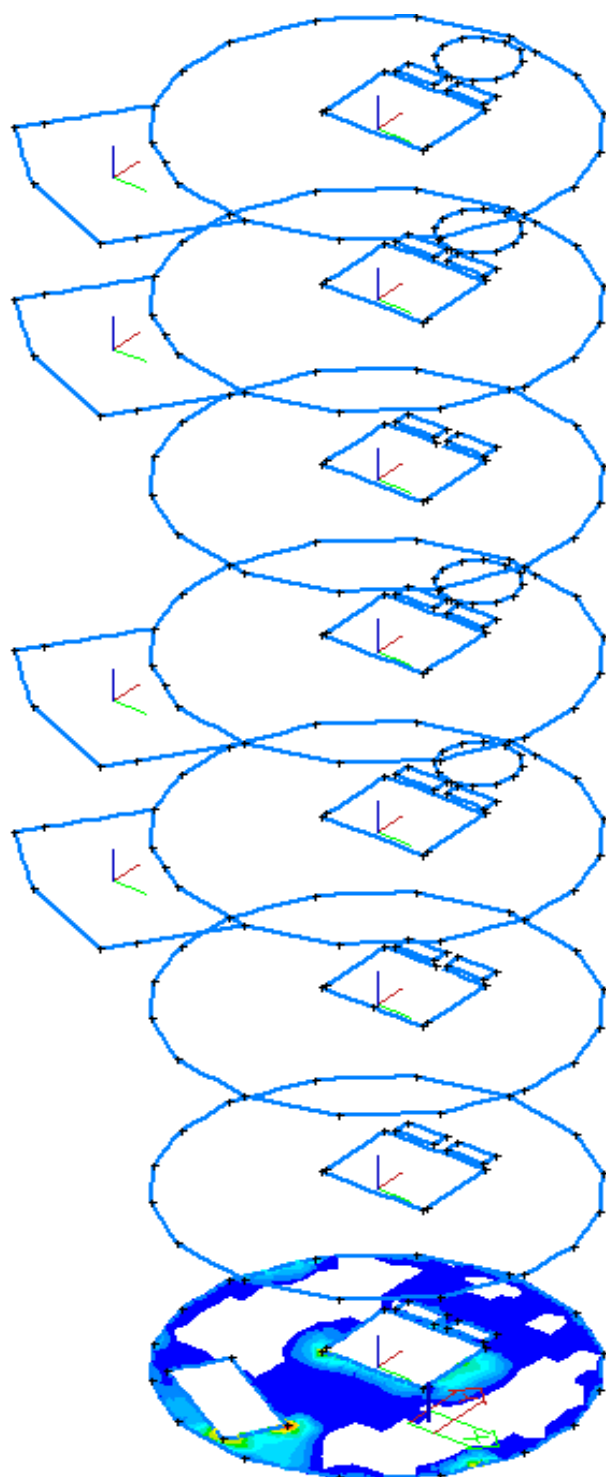


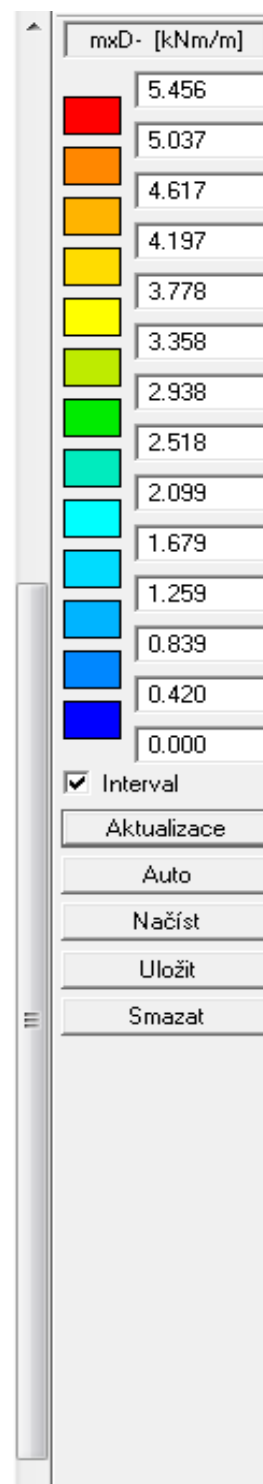
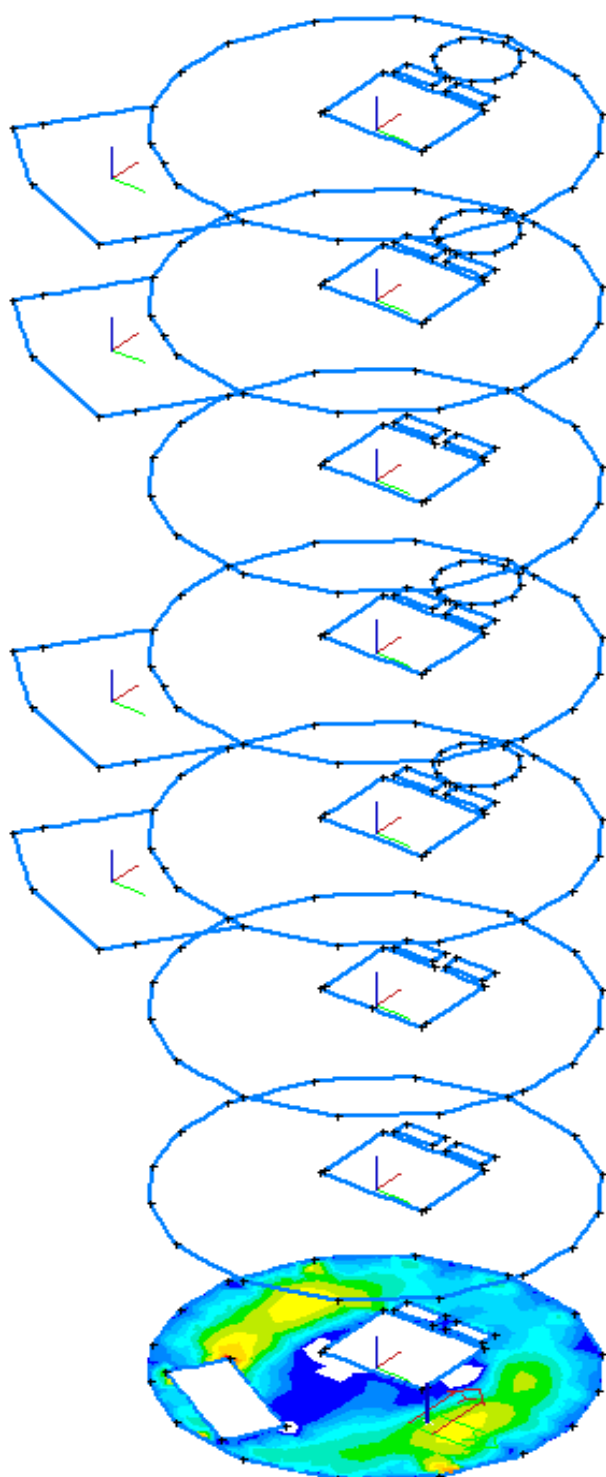


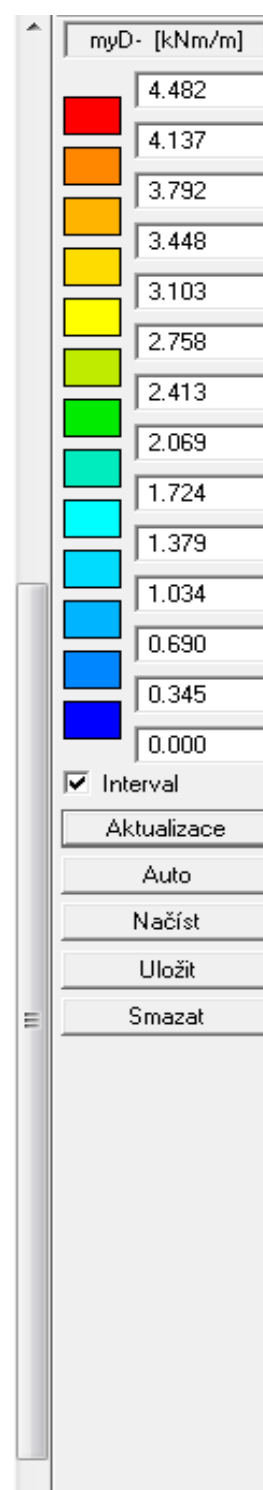
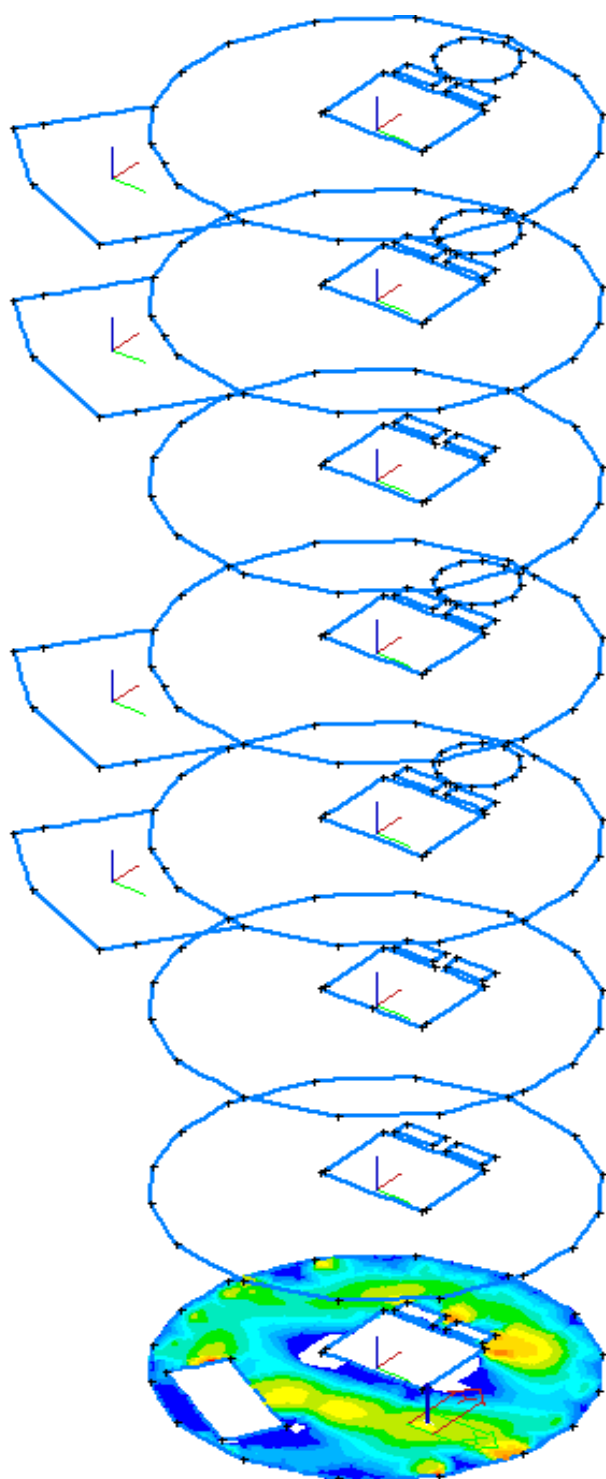
Vyhovuje pro síť KARI $\Phi 8/150 - \Phi 8/150$

Podlaží 1.NP









Vyhovuje pro síť KARI $\Phi 8/150 - \Phi 8/150$

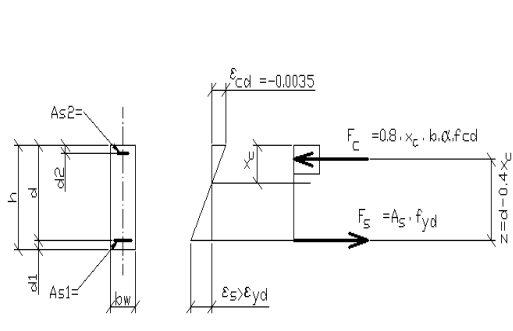
Zesílení výztuže kolem otvorů

BETON	Třída betonu	C30/37	
	f_{ck}	=	30,00 [MPa]
	γ_c	=	1,5
	f_{cd}	=	20,00 [MPa]
	f_{ctm}	=	2,90 [MPa]
	$f_{ctk\ 0,05}$	=	2,00 [MPa]
	$f_{ctk\ 0,95}$	=	3,80 [MPa]
	E_{cm}	=	32000,00 [MPa]
	ϵ_{cd}	=	-0,00350

VÝZTUŽ	B500B	R	
	f_y	=	500 [MPa]
	γ_M	=	1,15
	f_{yd}	=	435 [MPa]
	ϵ_{yd}	=	0,00207
	$d1 = \text{krytí} + \Phi/2 =$	=	20 mm
KARI SÍŤ + zesílení	výztuž dolní Φ	12	2 ks
	A_{s1}	=	326,73 mm ²
	$d2 = \text{krytí} + \Phi/2 =$	=	20 mm
	výztuž horní Φ	12	2 ks
	A_{s2}	=	326,73 mm ²

13,65

PRŮŘEZ	b	=	300,00 mm
	h	=	130,00 mm
	$M_{sd} - \text{horní}$	=	10,0 kNm
	$M_{sd} - \text{dolní}$	=	10,0 kNm
	V_{sd}	=	6,5 kN
	N_{sd}	=	0 kN



Dolní moment:

$$\begin{aligned}\beta &= 0,8 & \alpha &= 0,85 \\ x_c &= A_{s1} \cdot f_{yd} / (\beta \cdot b \cdot \alpha \cdot f_{cd}) = 34,82 \text{ mm} \\ z &= d - 0,4 \cdot x_c = 96,07 \text{ mm} \\ x_c/d &= 0,317 < 0,45 \text{ vyhovuje}\end{aligned}$$

$$M_{Rd} = A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot z = 13,65 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

Horní moment:

$$\begin{aligned}\beta &= 0,8 & \alpha &= 0,85 \\ x_c &= A_{s2} \cdot f_{yd} / (\beta \cdot b \cdot \alpha \cdot f_{cd}) = 34,82 \text{ mm} \\ z &= d - 0,4 \cdot x_c = 96,07 \text{ mm} \\ x_c/d &= 0,317 < 0,45 \text{ vyhovuje}\end{aligned}$$

$$M_{Rd} = A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot z = 13,65 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

Posouzení smyku

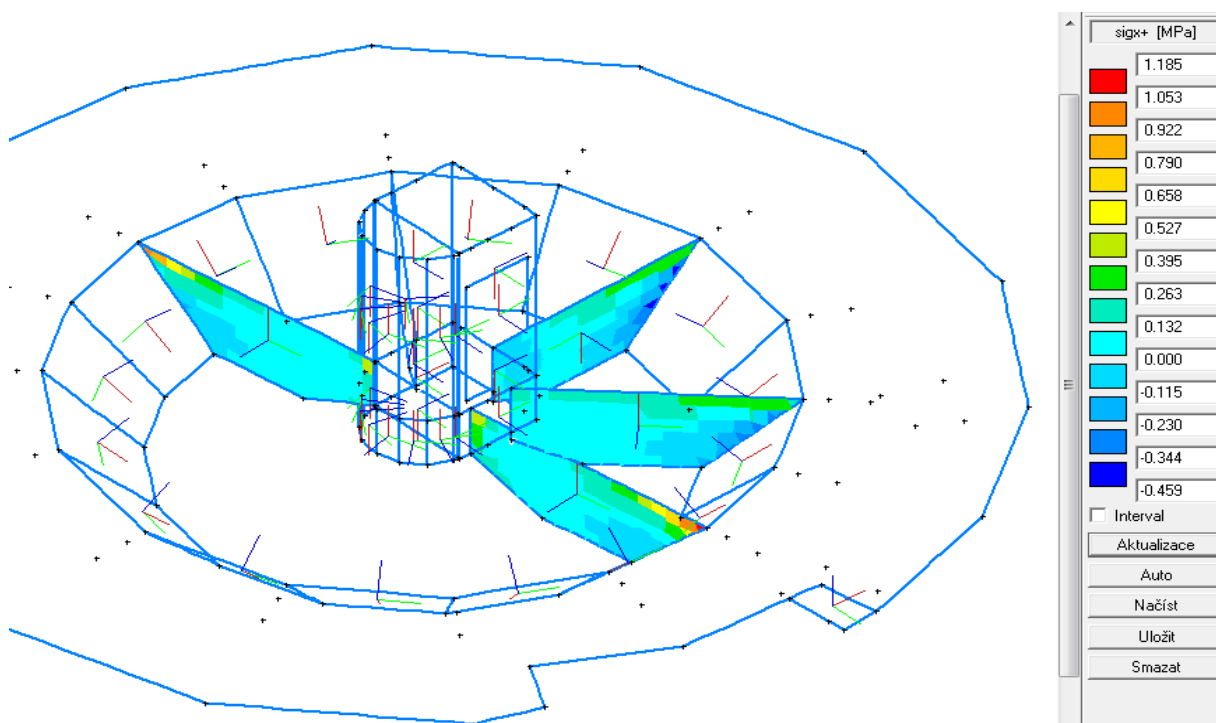
$$\begin{aligned}b_w &= 300 \text{ mm} \\ d &= 130 \text{ mm} \\ \text{Dolní výztuž u podpory zesílení kari sít' +2\Phi 12} \\ A_{sl} &= 326,7 \text{ mm}^2 \\ N_{Ed} &= 0 \text{ N} \\ \sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c &= 0\end{aligned}$$

Prvky nevyžadující návrh smykové výztuže

$$\begin{aligned}C_{Rd,c} &= 0,18/\gamma_c = 0,12 \\ k_1 &= 0,15 \\ \rho_1 &= A_{sl}/(b_w \cdot d) = 0,008378 < 0,02 \\ k &= 1 + \sqrt{200/d} = 2,240347 < 2,0 \\ v_{min} &= 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,642838 \\ V_{Rd,c} &= (C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 30712,0 \text{ N} \\ V_{Rd,c} &= (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 25070,7 \text{ N} \\ V_{Rd} &= \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,min}) = 30,71 \text{ kN}\end{aligned}$$

DIMENZOVÁNÍ HORNÍ PATRA

Žebra vodojemu v bazénu



prvek	sigx+ [MPa]	sigy+ [MPa]	sigxy+ [MPa]	sigx- [MPa]	sigy- [MPa]	sigxy- [MPa]
30895	1,185	0,147	-0,795	0,347	-0,691	-0,234
30984	-0,459	-0,322	-0,187	-0,471	-0,348	-0,174
30893	0,321	0,274	-0,233	-0,108	-0,562	0,126
31001	-0,111	-0,858	0,445	-0,077	-0,797	0,387
30725	0,999	0,084	0,574	0,228	-0,88	0,441
30895	1,185	0,147	-0,795	0,347	-0,691	-0,234
31084	0,763	-0,008	0,032	0,755	-0,007	0,036
31071	-0,4	-0,577	0,441	-0,577	-0,748	0,487
30909	0,088	-0,053	0,148	0,169	0,031	0,047
30725	0,999	0,084	0,574	0,228	-0,88	0,441
31071	-0,4	-0,577	0,441	-0,577	-0,748	0,487
31086	0,478	-0,359	-0,439	0,435	-0,36	-0,438

$$f_y = 490 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = 426,1 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 30,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = 20,0 \text{ N/mm}^2$$

$$v' = 1 - f_{ck}/250 = 0,92$$

$$\gamma_M = 1,15$$

$$\gamma_M = 1,5$$

HORNÍ PATRA

Tloušťka stěny

d = 170,0 mm

b = 1000,0 mm

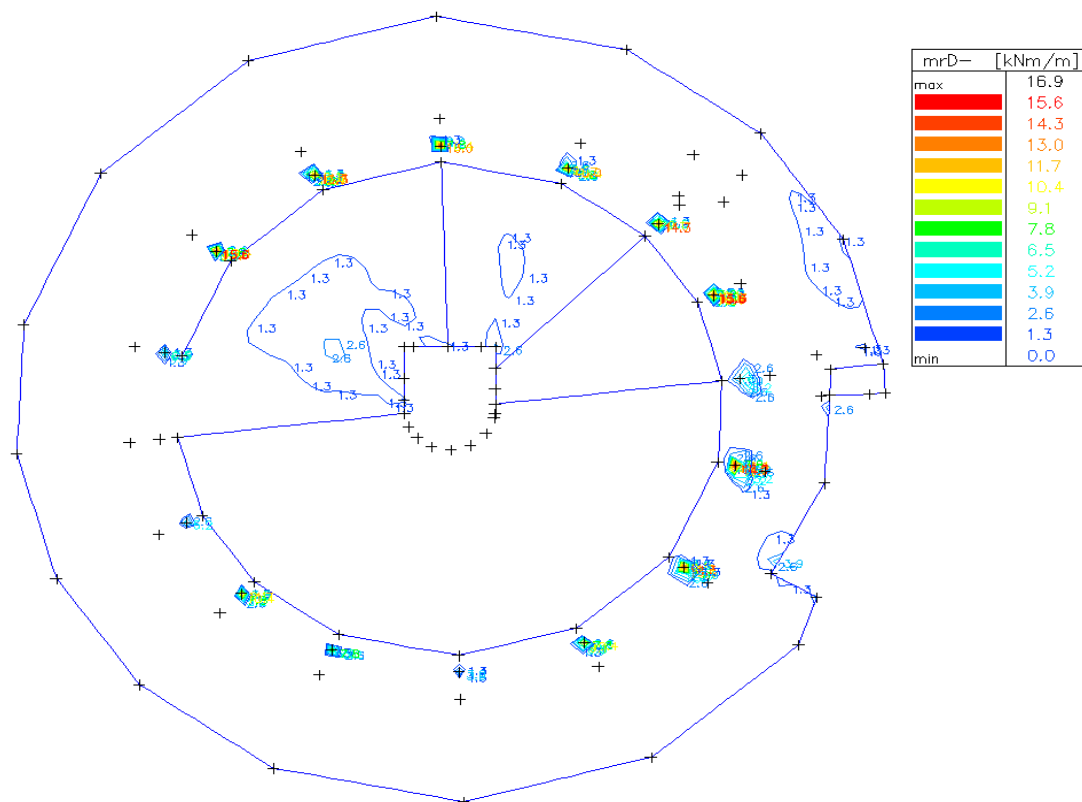
prvek	sigx- [MPa]	sigy- [MPa]	sigxy- [MPa]	f'tdx [MPa]	f'tdy [MPa]	sigcd [MPa]	Asx = mm2/m	Asy = mm2/m
30895	0,347	-0,691	-0,234	0,581	0	0,468	58,0	0,0
30984	-0,471	-0,348	-0,174	0	0	0,18728	0,0	0,0
30893	-0,108	-0,562	0,126	0,018	0	0,252	1,8	0,0
31001	-0,077	-0,797	0,387	0,31	0	0,774	30,9	0,0
30725	0,228	-0,88	0,441	0,669	0	0,882	66,7	0,0
30895	0,347	-0,691	-0,234	0,581	0	0,468	58,0	0,0
31084	0,755	-0,007	0,036	0,791	0,029	0,072	78,9	2,9
31071	-0,577	-0,748	0,487	0	0	1,962038	0,0	0,0
30909	0,169	0,031	0,047	0,216	0,078	0,094	21,5	7,8
30725	0,228	-0,88	0,441	0,669	0	0,882	66,7	0,0
31071	-0,577	-0,748	0,487	0	0	1,962038	0,0	0,0
31086	0,435	-0,36	-0,438	0,873	0,078	0,876	87,1	7,8

uzel	sigx+ [MPa]	sigy+ [MPa]	sigxy+ [MPa]	f'tdx [MPa]	f'tdy [MPa]	sigcd [MPa]	Asx = mm2/m	Asy = mm2/m
30895	1,185	0,147	-0,795	1,98	0,942	1,590	197,5	94,0
30984	-0,459	-0,322	-0,187	0	0	0,161	0,0	0,0
30893	0,321	0,274	-0,233	0,554	0,507	0,466	55,3	50,6
31001	-0,111	-0,858	0,445	0,334	0	0,890	33,3	0,0
30725	0,999	0,084	0,574	1,573	0,658	1,148	156,9	65,6
30895	1,185	0,147	-0,795	1,98	0,942	1,590	197,5	94,0
31084	0,763	-0,008	0,032	0,795	0,024	0,064	79,3	2,4
31071	-0,4	-0,577	0,441	0,041	0	0,882	4,1	0,0
30909	0,088	-0,053	0,148	0,236	0,095	0,296	23,5	9,5
30725	0,999	0,084	0,574	1,573	0,658	1,148	156,9	65,6
31071	-0,4	-0,577	0,441	0,041	0	0,882	4,1	0,0
31086	0,478	-0,359	-0,439	0,917	0,08	0,878	91,5	8,0

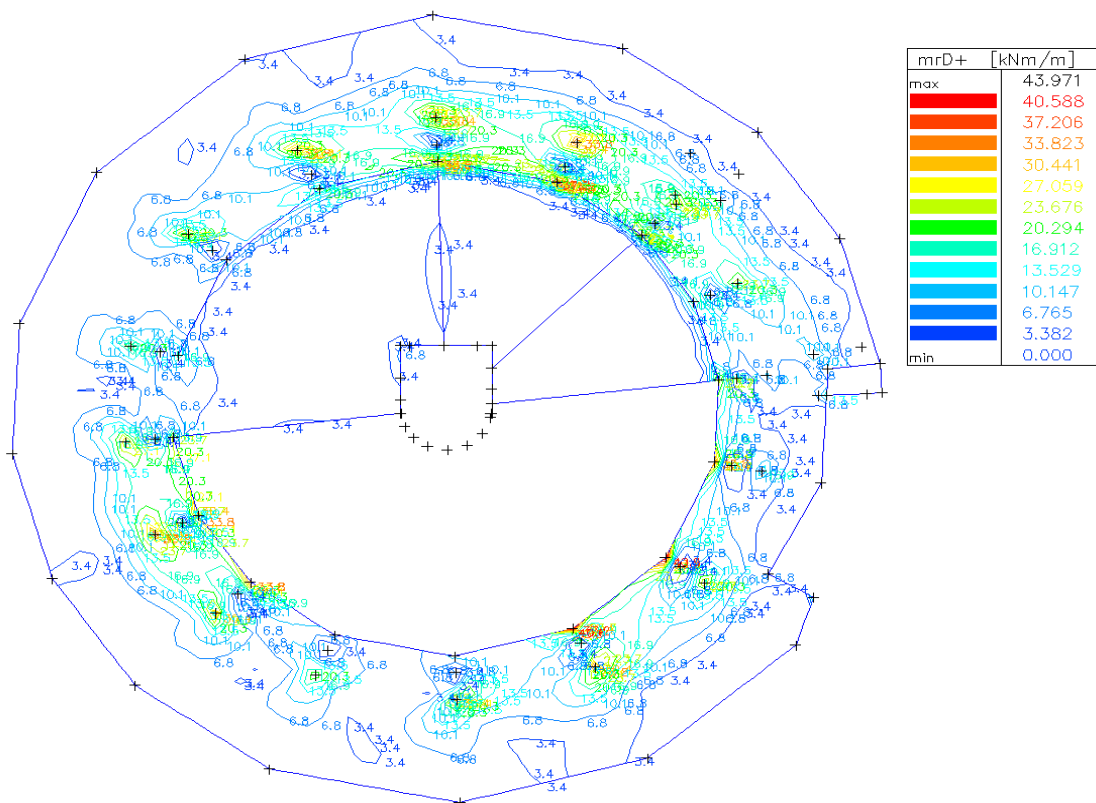
KARI SÍŤ 2x 6/150+6/150 As = 188,4767

Kotvení do stávajících stěn 2x Ø12 po 150 délka 300 mm

11.NP

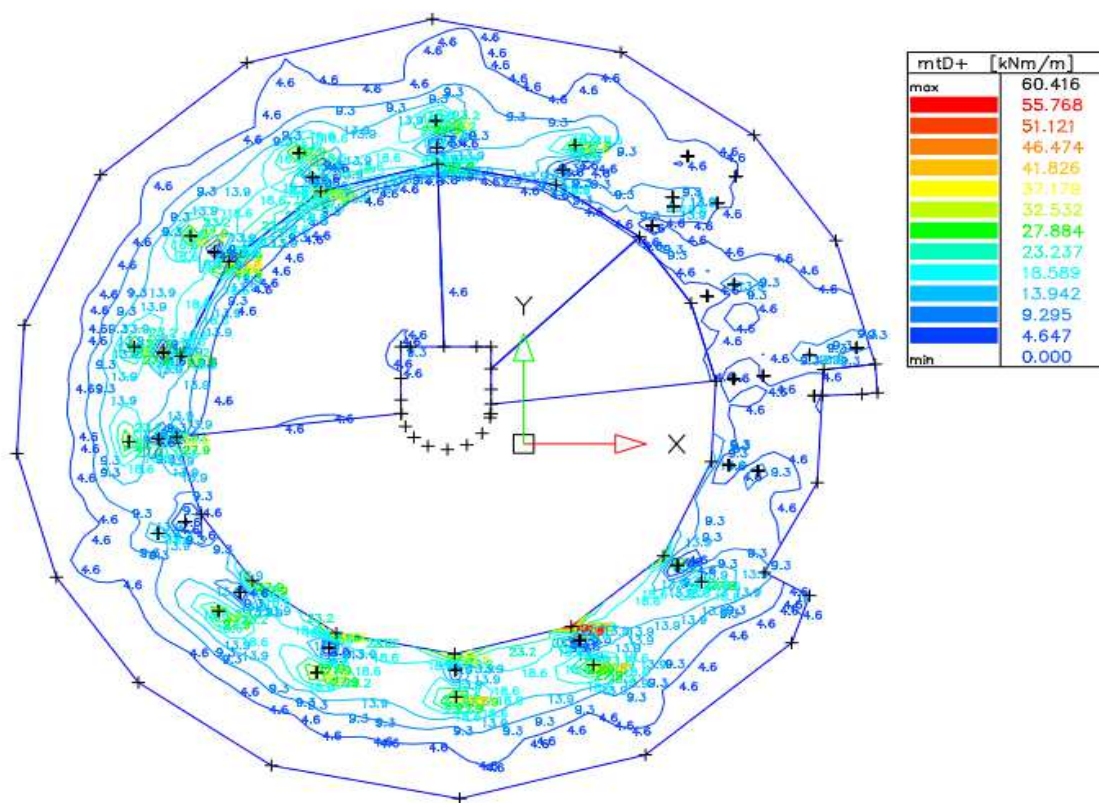


mrD- dolní ohybové momenty radiální



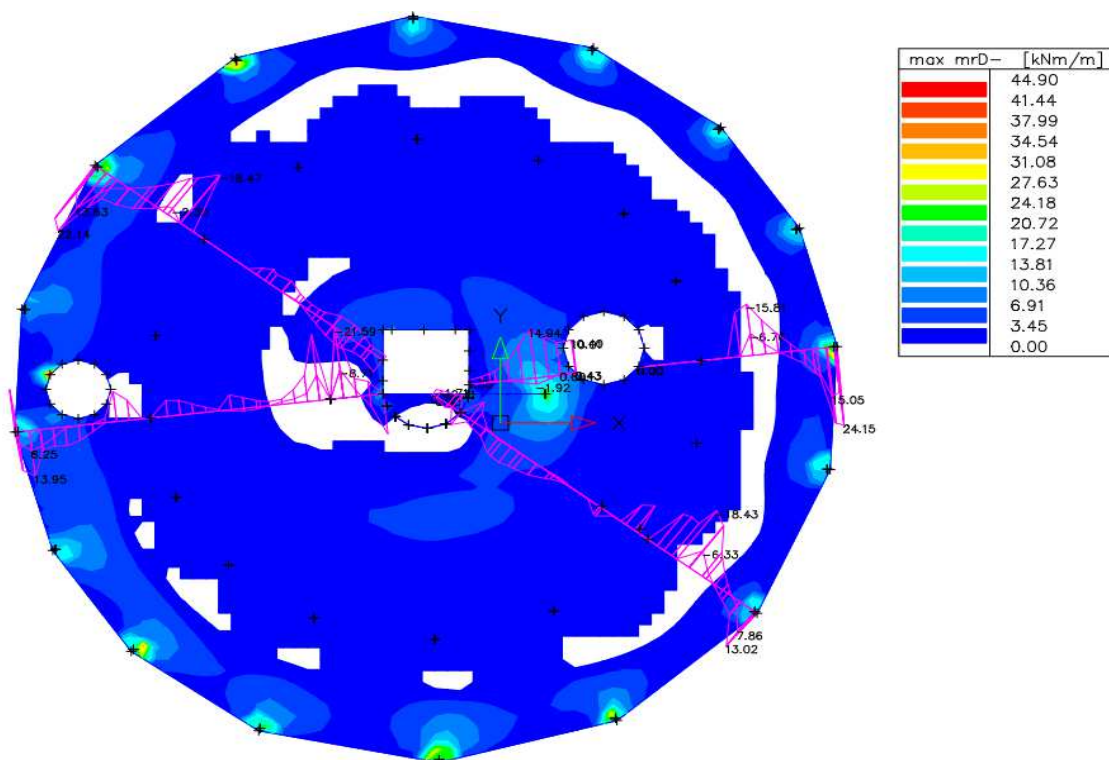
HORNÍ PATRA

mrD+ horní ohybové momenty radiální

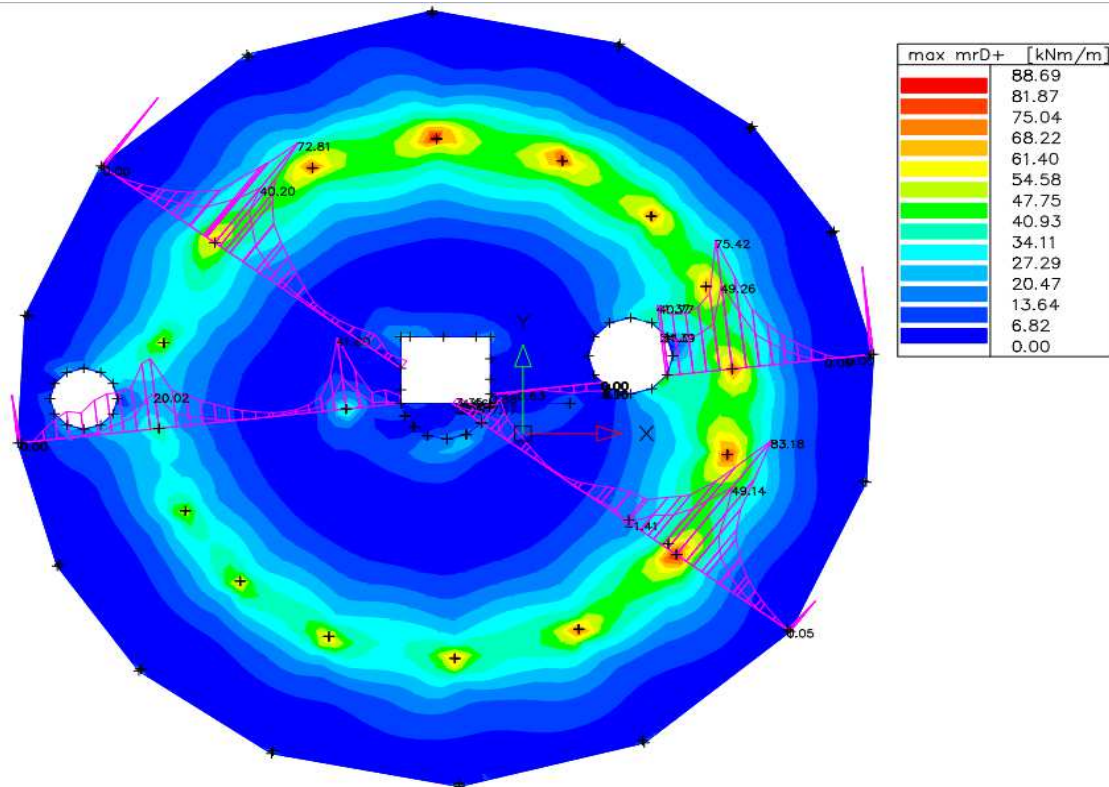


mtD+ horní ohybové momenty tangenciální

12.NP

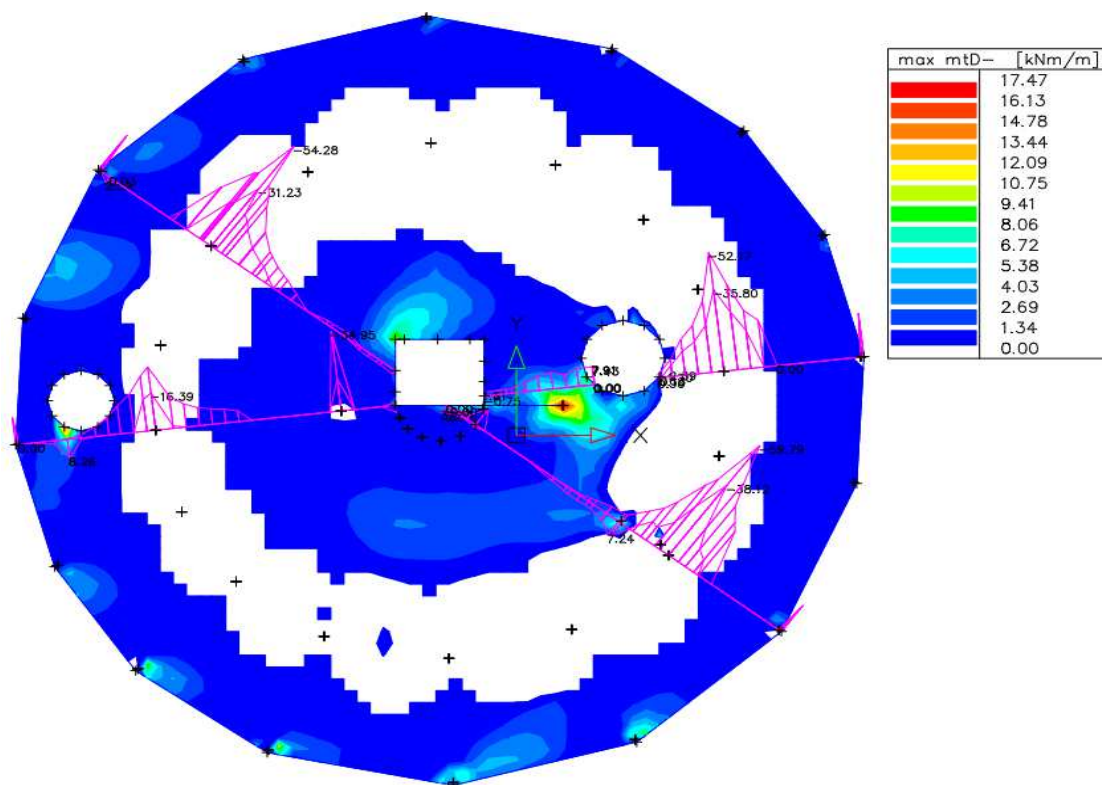


mrD- dolní ohybové momenty radiální

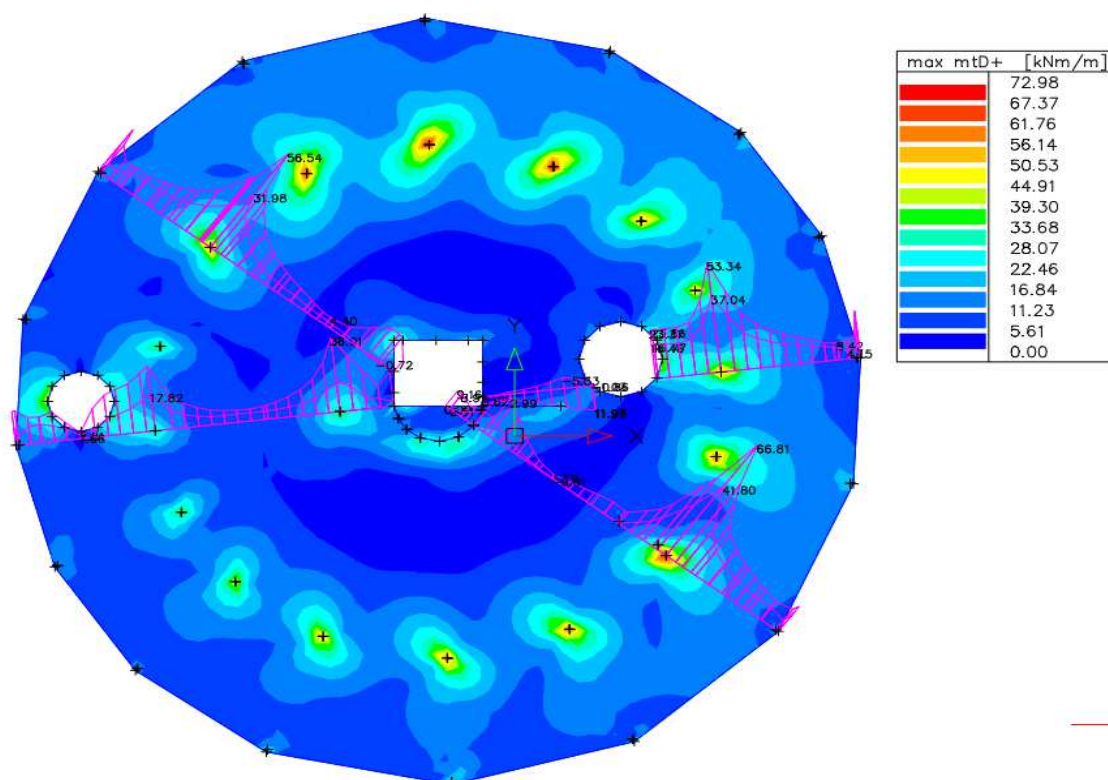


mrD+ horní ohybové momenty radiální

HORNÍ PATRA



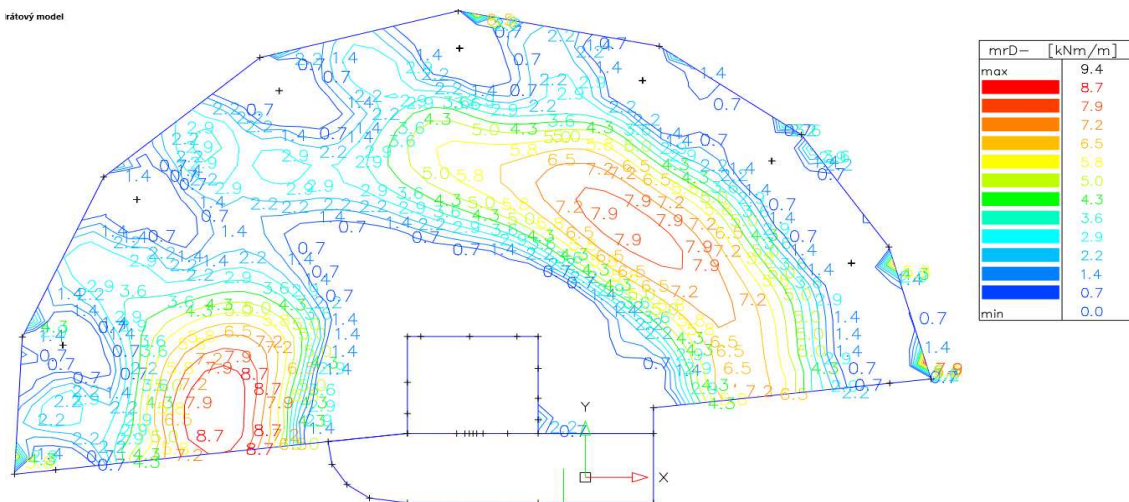
mtD- dolní ohybové momenty tangenciální



mtD+ horní ohybové momenty tangenciální

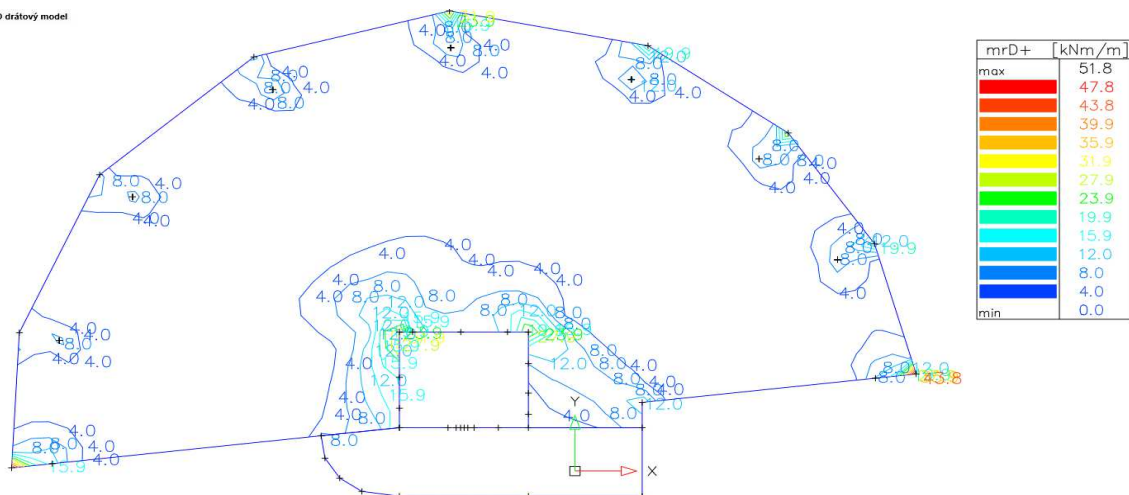
13.NP

ráťový model



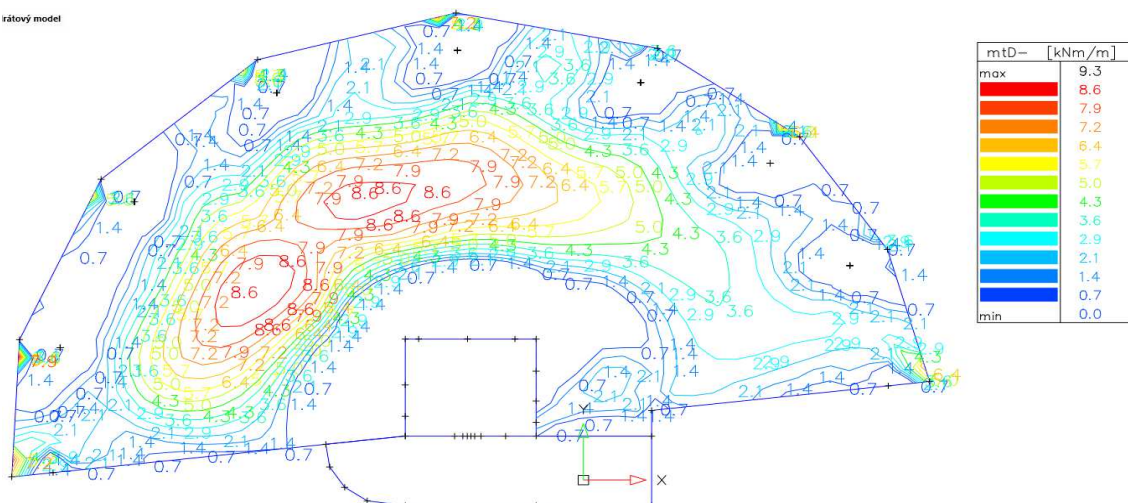
mrD- dolní ohybové momenty radiální

drátový model



mrD+ horní ohybové momenty radiální

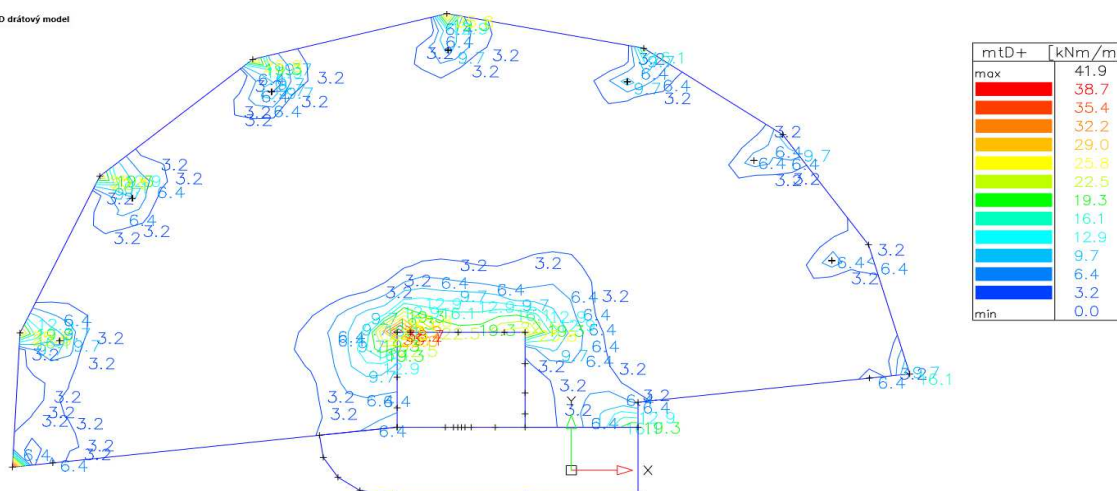
ráťový model



mtD- dolní ohybové momenty tangenciální

HORNÍ PATRA

D ráťový model



mtD+ horní ohybové momenty tangenciální

6. ŽB výtahová šachta

Výtahová šachta je nově navržena jakožto tuhý železobetonový monolitický tubus o vnitřním půdorysu 1200 x 1500 mm s tloušťkou stěny 200 mm. Konstrukce výtahové šachty je ukončena žb deskou tl. 200 mm s přesahem (vytažením, resp. vykonzolováním) pod horní lucernu kopule, aby mohlo dojít k vodorovnému propojení mezi šachtou a kopulí, přičemž toto kotvení nepřenáší žádné svislé účinky z kopule na výtahovou šachtu, díky čemuž je zachováno statické působení (statický model) s uložením po obvodě kopule, tedy bez jakékoliv vnitřní svislé podpory. Celá žb šachta byla namodelována a spočítána jakožto součást celého 3D modelu vodojemu v programu Nexis 32 - viz následující 4 strany, resp. strany 6.2 až 6.5.

Specifikace betonů:

- pro výtahovou šachtu 2. až 9. NP je navržen C 30/37 + XC2
- pro výtahovou šachtu v 10. NP je navržen C 30/37 + XD3, XS3, XF2

I. i II. mezní stav vyhoví!

6.1. Požární odolnost žb výtahové šachty

U všech železobetonových konstrukcí (desek i stěn) je protipožární odolnost zajištěna dostatečným krytím nosné výztuže. Ta je min. 25 mm, což je pro tloušťku železobetonových stěn tubusu 200 mm naprosto dostačující!

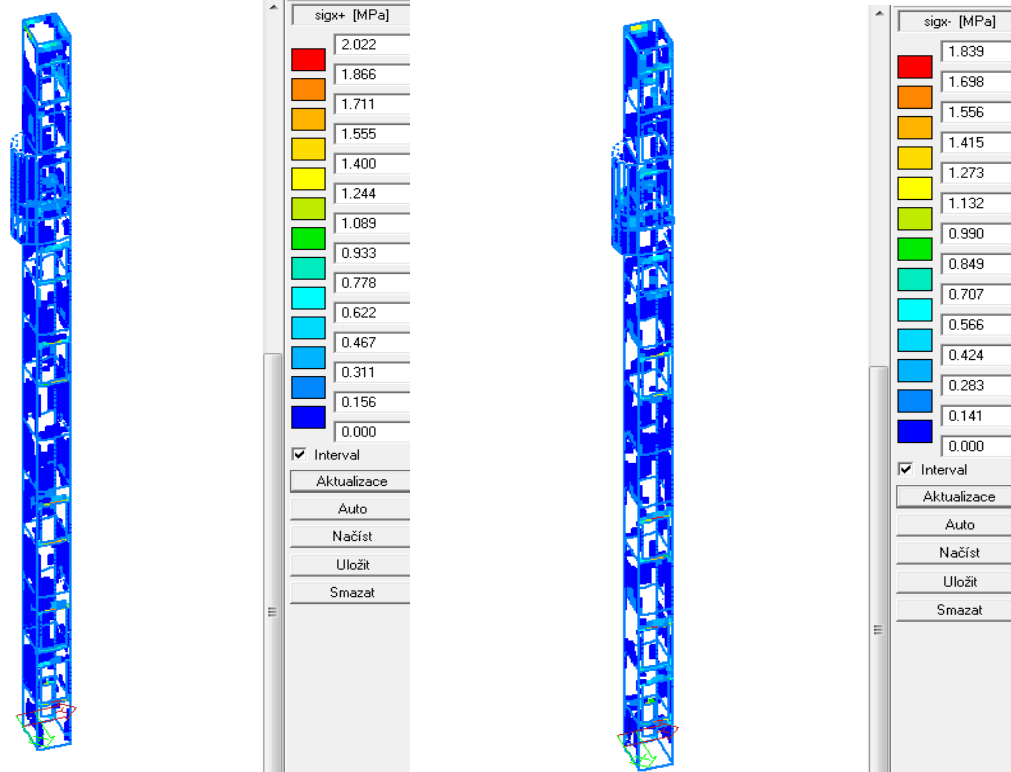
Železobetonové desky pro REI 60 min. bezpečně vyhoví!

Poznámka:

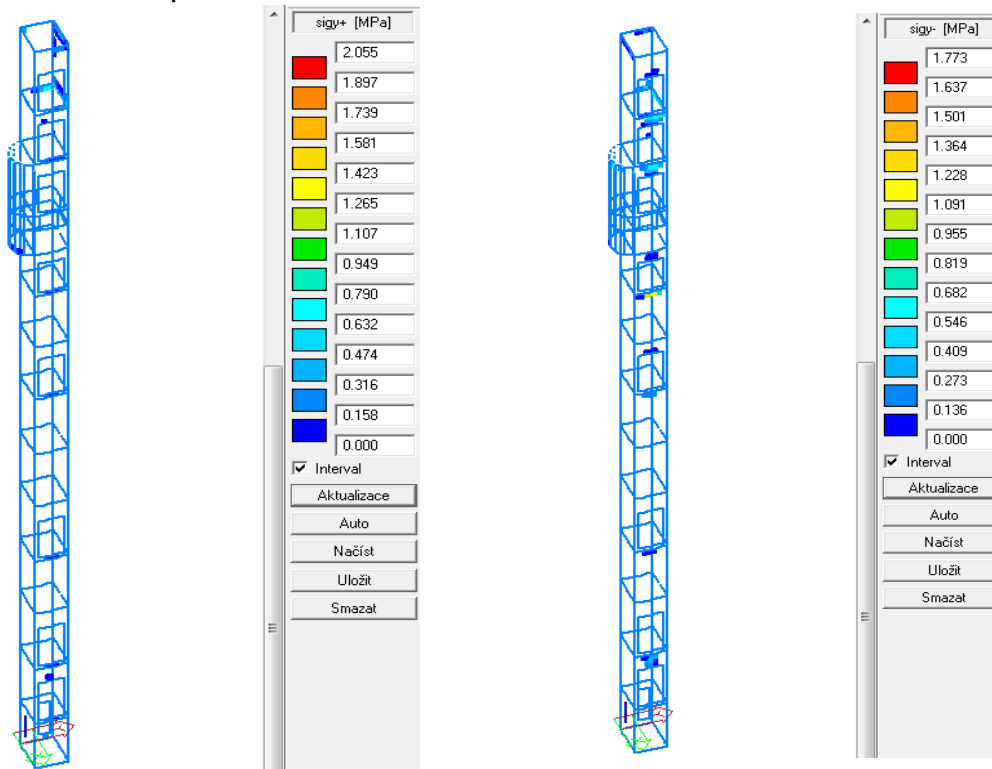
Detailní návrh výztuže - viz výkresová část v rámci DPS (DD).

DIMENZOVÁNÍ VÝTAHOVÉ ŠACHTY

Tahová napětí vodorovně



Tahová napětí svisle



Posouzení stěny :

$$f_y = 490 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = 426,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_M = 1,15$$

$$f_{ck} = 30,0 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_M = 1,5$$

$$f_{cd} = 20,0 \text{ N/mm}^2$$

$$v' = 1 - f_{ck}/250 = 0,92$$

Tloušťka stěny

$$d = 200,0 \text{ mm}$$

$$b = 1000,0 \text{ mm}$$

prvek	sigx- [MPa]	sigy- [MPa]	sigxy- [MPa]	f'tdx [MPa]	f'tdy [MPa]	sigcd [MPa]	Asx = mm ² /m	Asy = mm ² /m
13730	2,767	0,082	-0,021	2,788	0,103	0,042	327,2	12,1
2	-1,262	-4,346	-0,117	0	0	1,039	0,0	0,0
6643	-0,224	-1,519	-0,059	0	0	0,122	0,0	0,0
2	-1,262	-4,346	-0,117	0	0	1,039	0,0	0,0
13712	-0,226	-2,965	1,586	1,36	0	3,172	159,6	0,0
30	-0,433	-0,408	-0,88	0,447	0,472	1,760	52,5	55,4
13844	2,838	0,083	0,007	2,845	0,09	0,014	333,9	10,6
3	-1,762	-7,699	-0,082	0	0	1,602	0,0	0,0
6647	0,301	1,169	-0,015	0,316	1,184	0,030	37,1	138,9
31	0,367	-10,731	-2,788	3,155	0	5,576	370,2	0,0
51	0,337	-3,445	1,875	2,212	0	3,750	259,6	0,0
31	0,367	-10,731	-2,788	3,155	0	5,576	370,2	0,0

uzel	sigx+ [MPa]	sigy+ [MPa]	sigxy+ [MPa]	f'tdx [MPa]	f'tdy [MPa]	sigcd [MPa]	Asx = mm ² /m	Asy = mm ² /m
13730	3,1	0,108	0,007	3,107	0,115	0,014	364,6	13,5
2	-2,045	-8,667	-0,174	0	0	1,712	0,0	0,0
6643	0,23	1,282	-0,056	0,286	1,338	0,112	33,6	157,0
2	-2,045	-8,667	-0,174	0	0	1,712	0,0	0,0
13712	-0,276	-3,201	1,314	1,038	0	2,628	121,8	0,0
30	-0,143	-2,492	-1,991	1,848	0	3,982	216,9	0,0
13844	2,784	0,097	0,009	2,793	0,106	0,018	327,8	12,4
3	-1,152	-4,256	-0,056	0	0	1,043	0,0	0,0
6647	-0,291	-1,455	0,105	0	0	0,539	0,0	0,0
31	-0,053	-2,689	-0,583	0,53	0	1,166	62,2	0,0
51	-0,041	-3,667	1,187	1,146	0	2,374	134,5	0,0
31	-0,053	-2,689	-0,583	0,53	0	1,166	62,2	0,0

VÝTAHOVÁ ŠACHTA

Posouzení stěny :

$f_y =$	490 N/mm ²		
$f_{yd} =$	426,1 N/mm ²	$\gamma_M =$	1,15
$f_{ck} =$	30,0 N/mm ²	$\gamma_M =$	1,5
$f_{cd} =$	20,0 N/mm ²		
$\nu' = 1 - f_{ck}/250 =$	0,92		
Tloušťka stěny			
$d =$	200,0 mm		
$b =$	1000,0 mm		

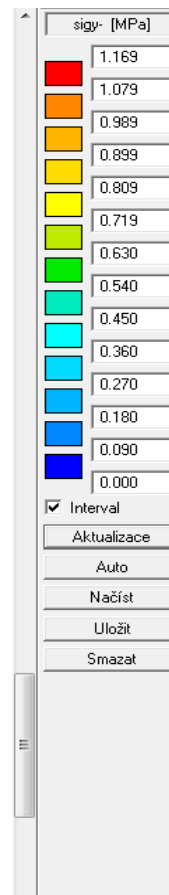
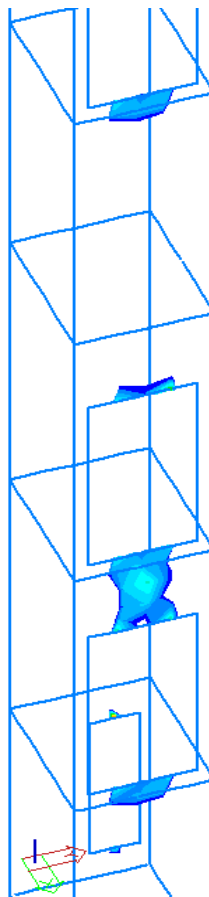
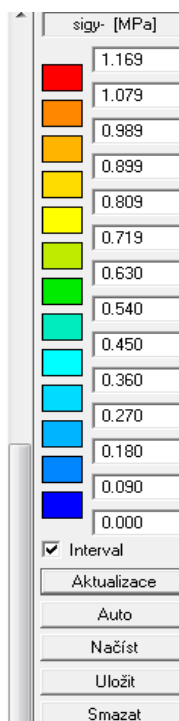
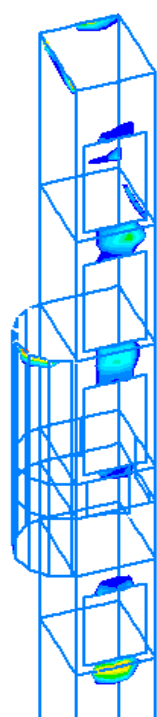
prvek	sigx- [MPa]	sigy- [MPa]	sigxy- [MPa]	f'tdx [MPa]	f'tdy [MPa]	sigcd [MPa]	Asx = mm2/m	Asy = mm2/m
13660	1,831	-0,1	-0,047	1,878	0	0,094	220,4	0,0
14973	-1,489	-6,513	0,953	0	0	4,005	0,0	0,0
17044	0,39	-1,784	-0,044	0,434	0	0,088	50,9	0,0
14962	-0,235	-6,418	0,31	0,075	0	0,620	8,8	0,0
14961	0,055	-3,493	0,846	0,901	0	1,692	105,7	0,0
16576	-0,113	-1,86	-1,115	1,002	0	2,230	117,6	0,0
13756	1,839	-0,009	-0,003	1,842	0	0,006	216,2	0,0
14973	-1,489	-6,513	0,953	0	0	4,005	0,0	0,0
16780	0,845	1,773	-0,125	0,97	1,898	0,250	113,8	222,7
14973	-1,489	-6,513	0,953	0	0	4,005	0,0	0,0
13648	0,089	-3,658	1,574	1,663	0	3,148	195,1	0,0
17693	0,078	-6,43	-2,337	2,415	0	4,674	283,4	0,0

uzel	sigx+ [MPa]	sigy+ [MPa]	sigxy+ [MPa]	f'tdx [MPa]	f'tdy [MPa]	sigcd [MPa]	Asx = mm2/m	Asy = mm2/m
13660	2,022	0,026	0,101	2,123	0,127	0,202	249,1	14,9
14973	-1,183	-5,585	0,64	0	0	2,809	0,0	0,0
17044	0,869	2,055	-0,443	1,312	2,498	0,886	154,0	293,1
14962	-0,486	-6,362	0,662	0,176	0	1,324	20,7	0,0
14961	0,652	-3,145	1,288	1,94	0	2,576	227,7	0,0
16576	-0,008	-4,016	-1,554	1,546	0	3,108	181,4	0,0
13756	1,821	-0,047	-0,019	1,84	0	0,038	215,9	0,0
14973	-1,183	-5,585	0,64	0	0	2,809	0,0	0,0
16780	0,286	-1,889	0,074	0,36	0	0,148	42,2	0,0
14973	-1,183	-5,585	0,64	0	0	2,809	0,0	0,0
13648	-0,377	-4,212	1,138	0,761	0	2,276	89,3	0,0
17693	-0,326	-4,385	-0,424	0,098	0	0,848	11,5	0,0

Výztuž $\Phi 8$ po 150 mm

As = 335,07 mm²

VÝTAHOVÁ ŠACHTA



místa zesílení vodorovné výztuže

Výztuž $\Phi 8$ po 100 mm

As = 502,65 mm²

7. ŽB dřík - sanace

Stávající žb tubus vodárny je proveden v tl. 210 až 235 mm, přičemž v 1.PP bude stávající žb konstrukce torkretována po celé výšce stěny v tl. 100 mm a to s vloženou kari sítí 8/100 x 8/100 mm, která bude spolu s přitorkretovanou vrstvou přikotvena ke stávající betonové stěně pomocí kotev $\varnothing$ 12 mm v rastru 300 x 300 mm.

Z hlediska aktuálních návrhových norem, tj. Eurokódů, se vlivem minimálního vyztužení stávající železobetonové (betonové) konstrukce jedná o slabě vyztužený až prostý beton. Konstrukce betonového dříku, která kromě nově prováděných okenních a dveřních otvorů zůstane celá zachována je namáhána především na tlak, což je výhodou, avšak kromě sanování stávající míst (výztuže, krycích vrstev, kaveren, atd.) musí být důkladně provedeno sanování a (ohybové a tahové) zesílení a vyztužení železobetonové konstrukce právě v místech nových otvorů, kde zejména v rozích a nadpraží dochází k největším (a hlavně nově vzniklým) tahový a ohybovým napětím, které je třeba zachytit a přenést. Tyto výše popsané úpravy nahrazují provedení klasických překladů, respektive zarámování bouraných otvorů, a jsou vyvolány právě provedením nových dveřních a okenních otvorů.

Pro toto konstrukční zesílení je navržena výztuž z nerezové oceli, speciálního šroubovicového - helikálního tvaru, určená k dodatečnému vlepení do zděných a betonových konstrukcí pro zvýšení jejich únosnosti. Dodatečné vlepení nerezové helikální vysokopevnostní výztuže se provádí do tixotropní kotevní vysokopevnostní malty, do připravených vrtů a drážek v daném konstrukčním prvku a umožňuje tak účinně a efektivně dodatečně aktivovat při přenášení zatížení nové výztužné ocelové profily. Toto konstrukční zesílení pomocí helikální výztuže a tixotropní kotevní vysokopevnostní malty umožňuje zesílit konstrukce v oblasti zatížení tahovými silami, používá se také ke kotvení či fixaci dvou separovaných částí konstrukčních prvků.

Specifikace betonů:

– pro torkret stěn v 1. PP je navržen C 30/37 + XC2

I. i II. mezní stav vyhoví!

STATICKÝ VÝPOČET

AUT. ING. MAREK LUKÁŠ
CIHELNÍ 1114/2, HLUČÍN

AKCE: Vodojem Pudlov

LIST

7.1

Dřík vodojemu byl namodelován a spočítán jakožto součást celého 3D modelu vodojemu v programu Nexis 32 - viz následujících 16 stran, resp. strany 7.3 až 7.18.

7.1. Požární odolnost žb dříku

U celého železobetonového dříku je protipožární odolnost zajištěna dostatečným krytím nosné výztuže. Ta je min. 25 mm, což je pro tloušťku železobetonových stěn tubusu 210 až 235 mm naprosto dostačující!

Železobetonové desky pro REI 45 - 60 min. bezpečně vyhoví!

Poznámka:

Detailní návrh zesílení a výztuže - viz výkresová část v rámci DPS (DD).

I. i II. mezní stav vyhoví!

Sanace dřívku vodojemu

HELICAL VAH TECHNICKÝ LIST

Sanační výztuž z nerezové oceli, speciálního šroubovicového – helikálního tvaru, k dodatečnému lepení do zděných a betonových konstrukcí pro zvýšení jejich únosnosti.

Vlastnosti

- » Výztužné pruty dodávány v délce 10 m
- » Jednoduchá manipulace
- » Krácení pákovými nůžkami
- » Vysoké pevnostní charakteristiky

Výroba

- » Válcováním a tažením za studena, krácena do přepravních délek 10 m.

Typ oceli

- » Označení dle norem ČR, D, a USA
- » AISI – American Iron and Steel Institute, UNS - Unified Numbering systém

Použití

- » Pro zesilování zděných a betonových konstrukcí.

D a Č	Číslo označení	ČR	Starší standardní označení dle AISI / UNS
Značka dle DIN EN 10088-3 ČSN EN 10088-3		Staré označení	
X5CrNi 18-10	1.4301	17240	304Cu / S30400

Průřezové a pevnostní charakteristiky

Ozn./Ø mm	Plocha mm ²	Pevnost v tahu MPa	Mezní síla v tahu kN	Normová mez kluzu MPa
KOMPAKT VAH 6	8	900	7,2	745
KOMPAKT VAH 8	10	880	8,8	745
KOMPAKT VAH 10	13	823	10,7	640

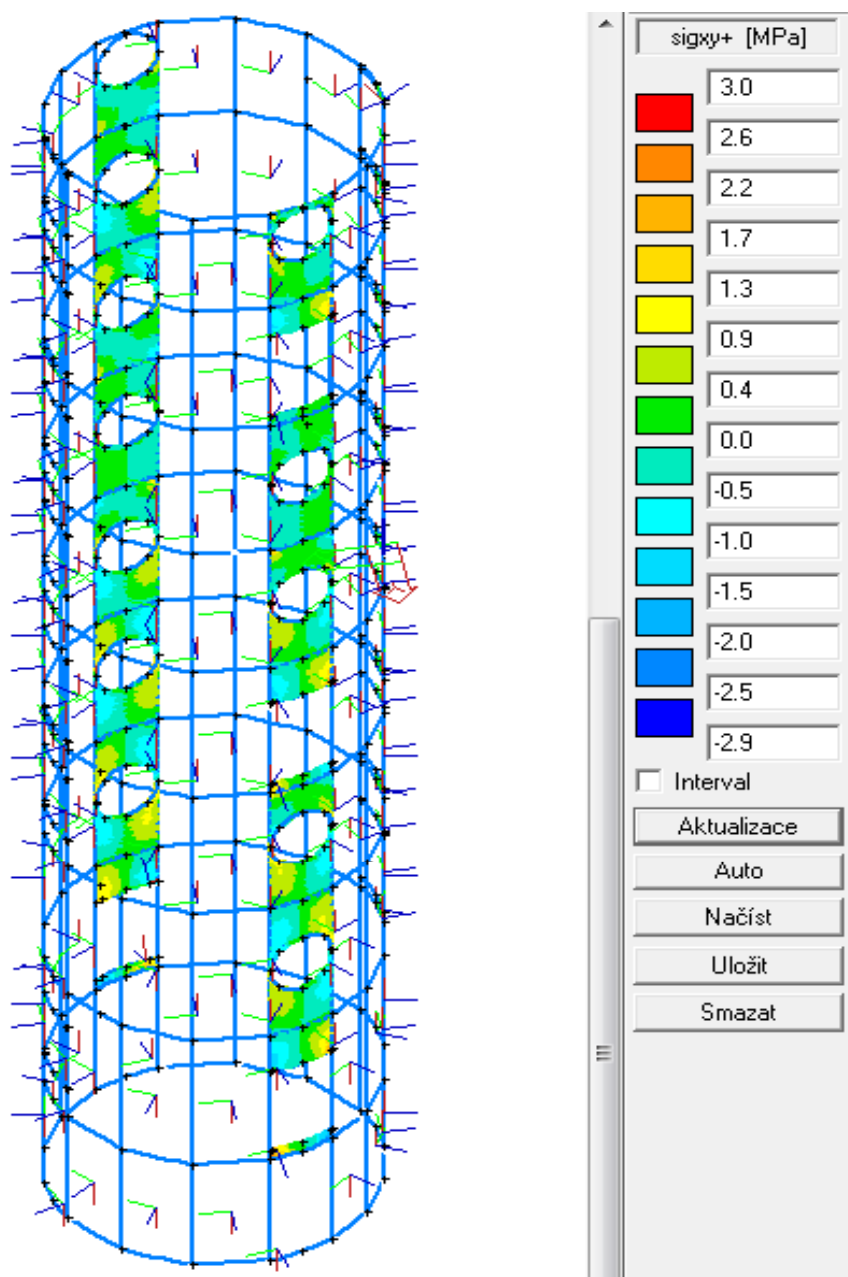
Profil mm	Počet profilů / průřezová plocha výztuže A mm ²			
	1	2	3	4
6	8	16	24	32
8	10	20	30	40
10	13	26	39	52

Ozn./Ø mm	Stoupavost mm	Hmotnost kg/mm	Hmotnost kg/10m
KOMPAKT VAH 6	25	0,000067	0,66907814
KOMPAKT VAH 8	30	0,000079	0,78603427
KOMPAKT VAH 10	50	0,000111	1,11390476

Kontakt

Helikální výztuž s. r.o.

www.helikalni.cz**HELIKÁLNÍ**



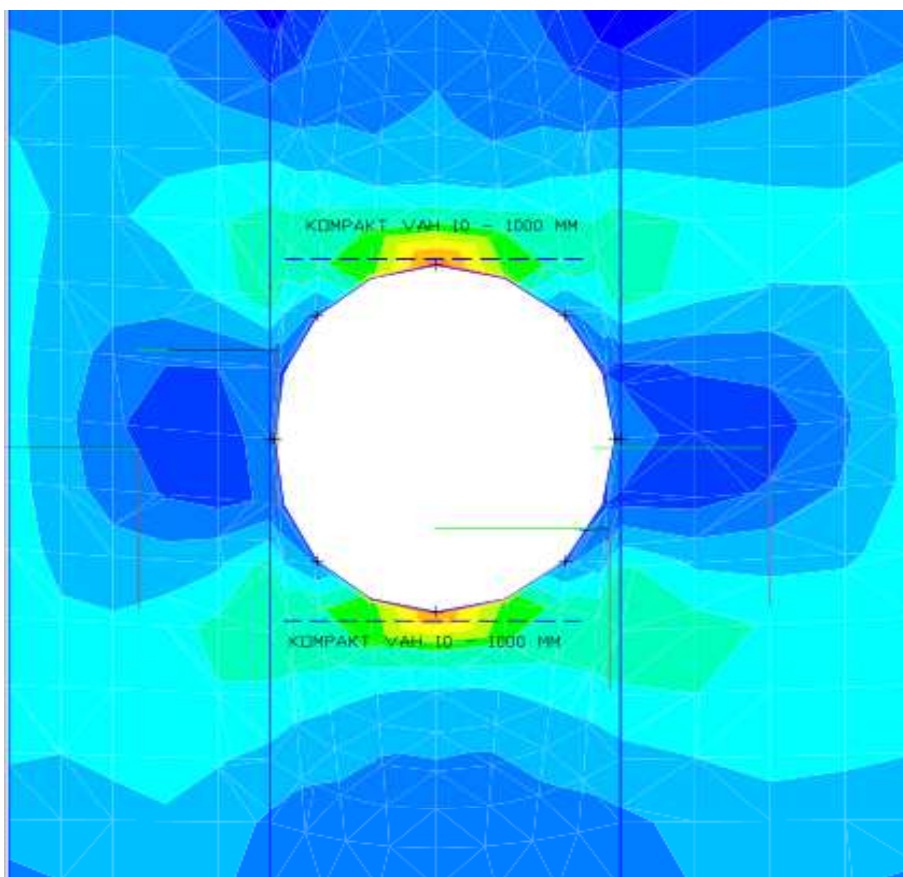
Posouzení stěny :

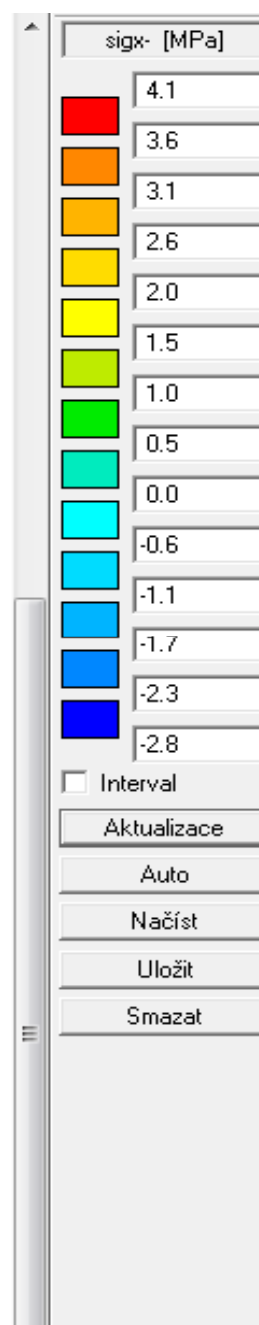
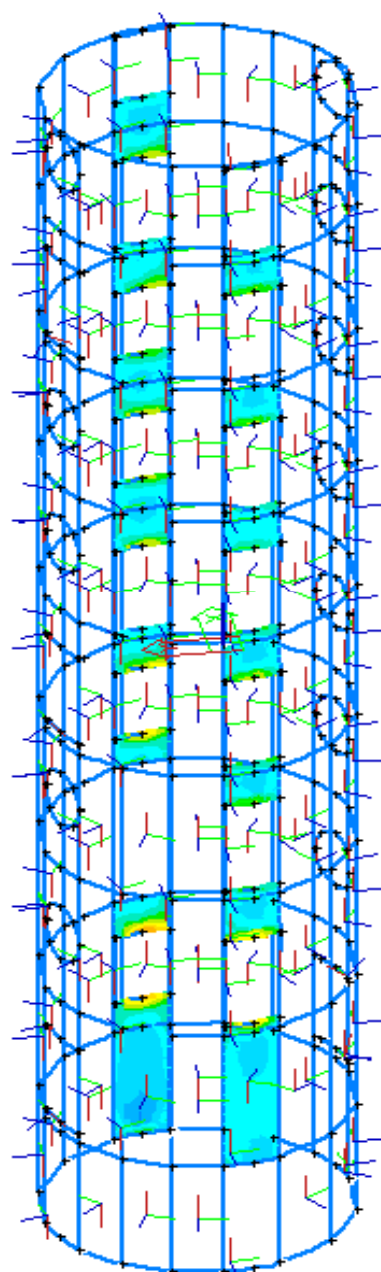
$f_y =$	640 N/mm ²	HELFIX		
$f_{yd} =$	556,5 N/mm ²		$\gamma_M =$	1,15
$f_{ck} =$	20,0 N/mm ²		$\gamma_M =$	1,5
$f_{cd} =$	13,3 N/mm ²			
$\nu' = 1 - f_{ck}/250 =$	0,946667			
Tloušťka stěny				
$d =$	210,0 mm			
$b =$	200,0 mm			

Vnější povrch

uzel	sigx- [MPa]	sigy- [MPa]	sigxy- [MPa]	f' tdx [MPa]	f' tdy [MPa]	sigcd [MPa]	Asx = mm2/m	Asy = mm2/m
1925	2,368	-0,246	-0,021	2,389	0	0,042	45,1	0,0
1177	0,533	-1,636	0,216	0,749	0	0,432	14,1	0,0
36775	1,745	0,456	-0,04	1,785	0,496	0,08	33,7	9,4
1245	-0,264	-8,4	-0,042	0	0	0,186682	0,0	0,0
36728	-1,216	-5,94	2,605	1,389	0	5,21	26,2	0,0
36779	-1,105	-5,852	-2,516	1,411	0	5,032	26,6	0,0
1922	2,424	-0,244	0,029	2,453	0	0,058	46,3	0,0
1873	-1,328	-1,103	0,008	0	0	1,344048	0,0	0,0
36717	1,799	0,46	0,079	1,878	0,539	0,158	35,4	10,2
1918	-0,34	-9,012	0,03	0	0	0,403	0,0	0,0
36785	-1,296	-6,39	2,869	1,573	0	5,738	29,7	0,0
36367	-1,314	-6,053	-2,754	1,44	0	5,508	27,2	0,0

uzel	sigx+ [MPa]	sigy+ [MPa]	sigxy+ [MPa]	f' tdx [MPa]	f' tdy [MPa]	sigcd [MPa]	Asx = mm2/m	Asy = mm2/m
1925	2,107	-0,232	0,033	2,14	0	0,066	40,4	0,0
1177	-1,04	-3,68	0,059	0	0	1,161	0,0	0,0
36775	1,555	0,287	0,071	1,626	0,358	0,142	30,7	6,8
1245	-0,314	-8,302	-0,005	0	0	0,304	0,0	0,0
36728	-0,935	-5,439	2,228	1,293	0	4,456	24,4	0,0
36779	-0,824	-5,281	-2,127	1,303	0	4,254	24,6	0,0
1922	2,018	-0,225	-0,014	2,032	0	0,028	38,3	0,0
1873	-0,277	-1,594	0,052	0	0	0,391	0,0	0,0
36717	1,478	0,284	-0,022	1,5	0,306	0,044	28,3	5,8
1918	-0,229	-7,353	0,055	0	0	0,352	0,0	0,0
36785	-0,758	-4,809	1,984	1,226	0	3,968	23,1	0,0
36367	-0,798	-4,643	-1,933	1,135	0	3,866	21,4	0,0





Posouzení stěny :

$f_y =$	640 N/mm ²	HELFIX		
$f_{yd} =$	556,5 N/mm ²		$\gamma_M =$	1,15
$f_{ck} =$	20,0 N/mm ²		$\gamma_M =$	1,5
$f_{cd} =$	13,3 N/mm ²			
$\nu' = 1 - f_{ck}/250 =$	0,946667			
Tloušťka stěny				
$d =$	210,0 mm			
$b =$	100,0 mm			

vnitřní povrch

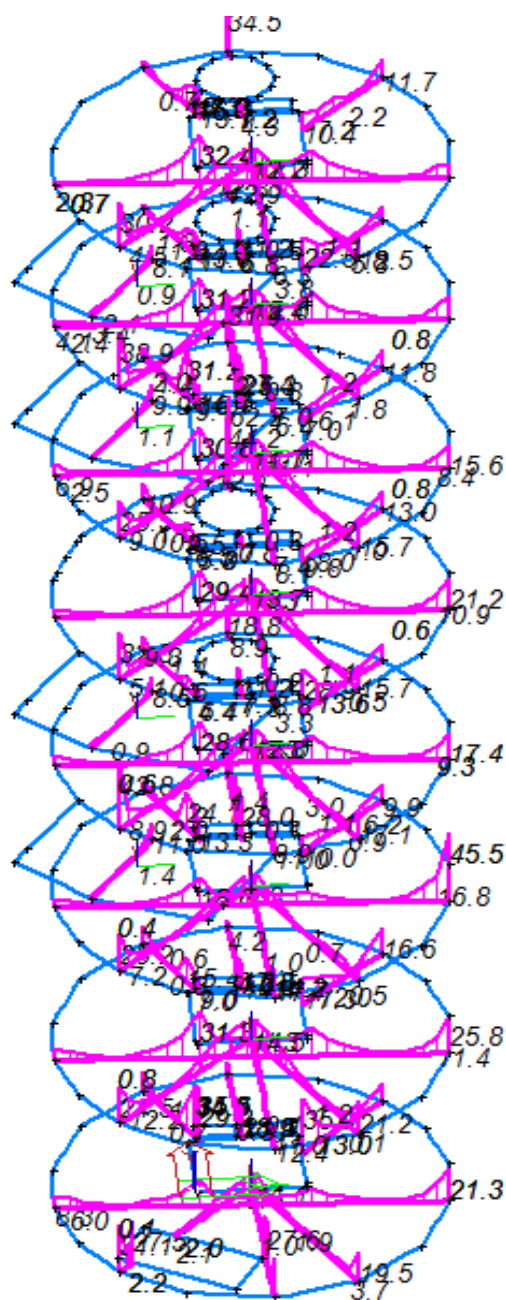
uzel	sigx- [MPa]	sigy- [MPa]	sigxy- [MPa]	f' tdx [MPa]	f' tdy [MPa]	sigcd [MPa]	Asx = mm ² /m	Asy = mm ² /m
34979	-0,653	-0,228	-0,141	0	0	0,401446	0,0	0,0
74	-2,828	-2,865	2,653	0	0	10,62283	0,0	0,0
1714	4,08	-0,778	0,798	4,878	0,02	1,596	46,0	0,2
74	-2,828	-2,865	2,653	0	0	10,62283	0,0	0,0
1804	-1,576	-4,19	4,234	2,658	0,044	8,468	25,1	0,4
1842	-0,716	-2,168	-3,116	2,4	0,948	6,232	22,6	8,9
1714	4,08	-0,778	0,798	4,878	0,02	1,596	46,0	0,2
74	-2,828	-2,865	2,653	0	0	10,62283	0,0	0,0
1802	0,819	3,618	3,366	4,185	6,984	6,732	39,5	65,9
1774	-2,702	-8,915	0,419	0	0	3,605	0,0	0,0
1804	-1,576	-4,19	4,234	2,658	0,044	8,468	25,1	0,4
35390	1,418	1,946	-3,501	4,919	5,447	7,002	46,4	51,4

vnější povrch

uzel	sigx+ [MPa]	sigy+ [MPa]	sigxy+ [MPa]	f' tdx [MPa]	f' tdy [MPa]	sigcd [MPa]	Asx = mm ² /m	Asy = mm ² /m
34979	2,384	-0,01	-0,092	2,476	0,082	0,184	23,4	0,8
74	-5,23	-13,343	7,678	2,448	0	15,356	23,1	0,0
1714	-5,163	2,076	0,314	0	0	5,810	0,0	0,0
74	-5,23	-13,343	7,678	2,448	0	15,356	23,1	0,0
1804	0,503	-3,383	12,386	12,889	9,003	24,772	121,6	84,9
1842	1,168	-3,986	-11,436	12,604	7,45	22,872	118,9	70,3
1714	-5,163	2,076	0,314	0	0	5,810	0,0	0,0
74	-5,23	-13,343	7,678	2,448	0	15,356	23,1	0,0
1802	0,6	-2,43	-3,942	4,542	1,512	7,884	42,8	14,3
1774	-0,249	1,267	10,597	10,348	11,864	21,194	97,6	111,9
1804	0,503	-3,383	12,386	12,889	9,003	24,772	121,6	84,9
35390	1,498	1,543	4,543	6,041	6,086	9,086	57,0	57,4



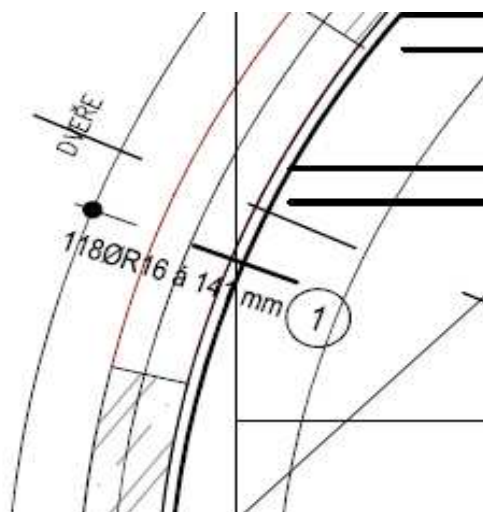
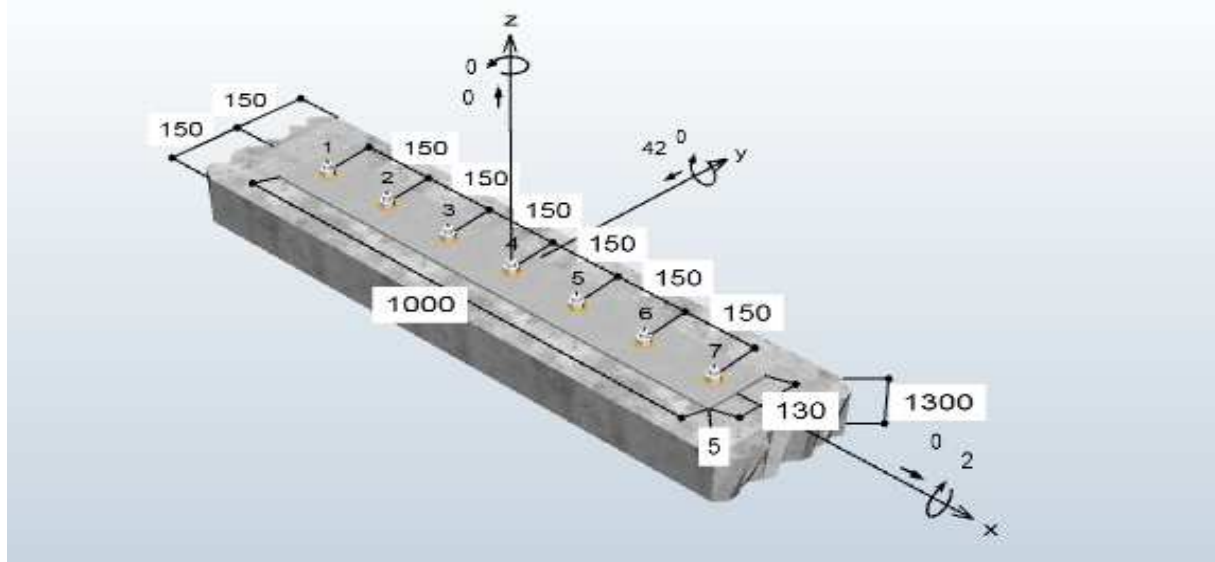
Kotvení desky d = 130 mm



C-FIX 1.47.0.0c
Verze databáze
2017.1.17.13.58
Datum
24.1.2024

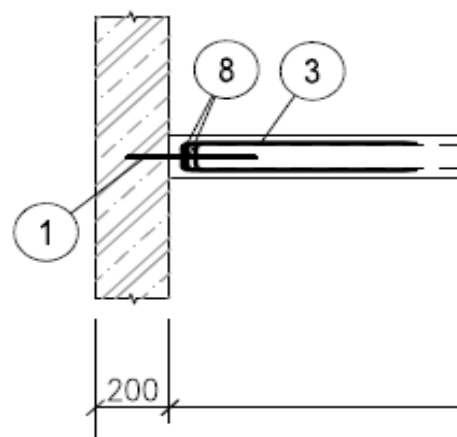
fischer 
innovative solutions

N	V _x	V _y	M _x	M _y	M _z			
0 kN	0 kN	-42 kN	-2 kNm	0 kNm	0 kNm	40,4 % 	81,7 % 	99,5 % 



300
1 Ø16/300 - 129 ks

ŘEZ 1-1



Návrhová zatížení *)

#	N _{sd} kN	V _{sd,x} kN	V _{sd,y} kN	M _{sd,x} kNm	M _{sd,y} kNm	M _{T,sd} kNm	Druh zatížení
1	0,00	0,00	-42,00	-2,00	0,00	0,00	Statické

*) Požadovaný součinitel bezpečnosti pro zatížení je vzat do úvahy

Výsledné síly kotev

Kotva č.	Tahová síla kN	Smyková síla kN	Smyková síla x kN	Smyková síla y kN
1	5,04	6,00	0,00	-6,00
2	5,04	6,00	0,00	-6,00
3	5,04	6,00	0,00	-6,00
4	5,04	6,00	0,00	-6,00
5	5,04	6,00	0,00	-6,00
6	5,04	6,00	0,00	-6,00
7	5,04	6,00	0,00	-6,00



Max. stlačení betonu : 0,09 ‰
 Max. tlakové napětí v betonu : 2,8 N/mm²
 Výsledné tahové síly : 35,27 kN , Poloha X/Y (0 / 0)
 Výsledné tlakové síly : 35,27 kN , Poloha X/Y (0 / 57)

Návrhová únosnost v tahu

Důkaz	Zatížení kN	Únosnost kN	Využití β _N %
Selhání ocele *	5,04	52,67	9,6
Vytažení kotvy/Selhání betonu	35,27	97,52	36,2
Selhání betonu	35,27	87,35	40,4

* Nejnepříznivější kotva

Využití tahových a smykových zatížení

Tahová zatížení	Využití β _N %	Smykové zatížení	Využití β _V %
Selhání ocele *	9,6	Selhání ocele bez ramene síly *	19,2
Vytažení kotvy/Selhání betonu	36,2	Selhání betonu na opačné straně zatížení	24,0
Selhání betonu	40,4	Selhání okraje betonu	81,7

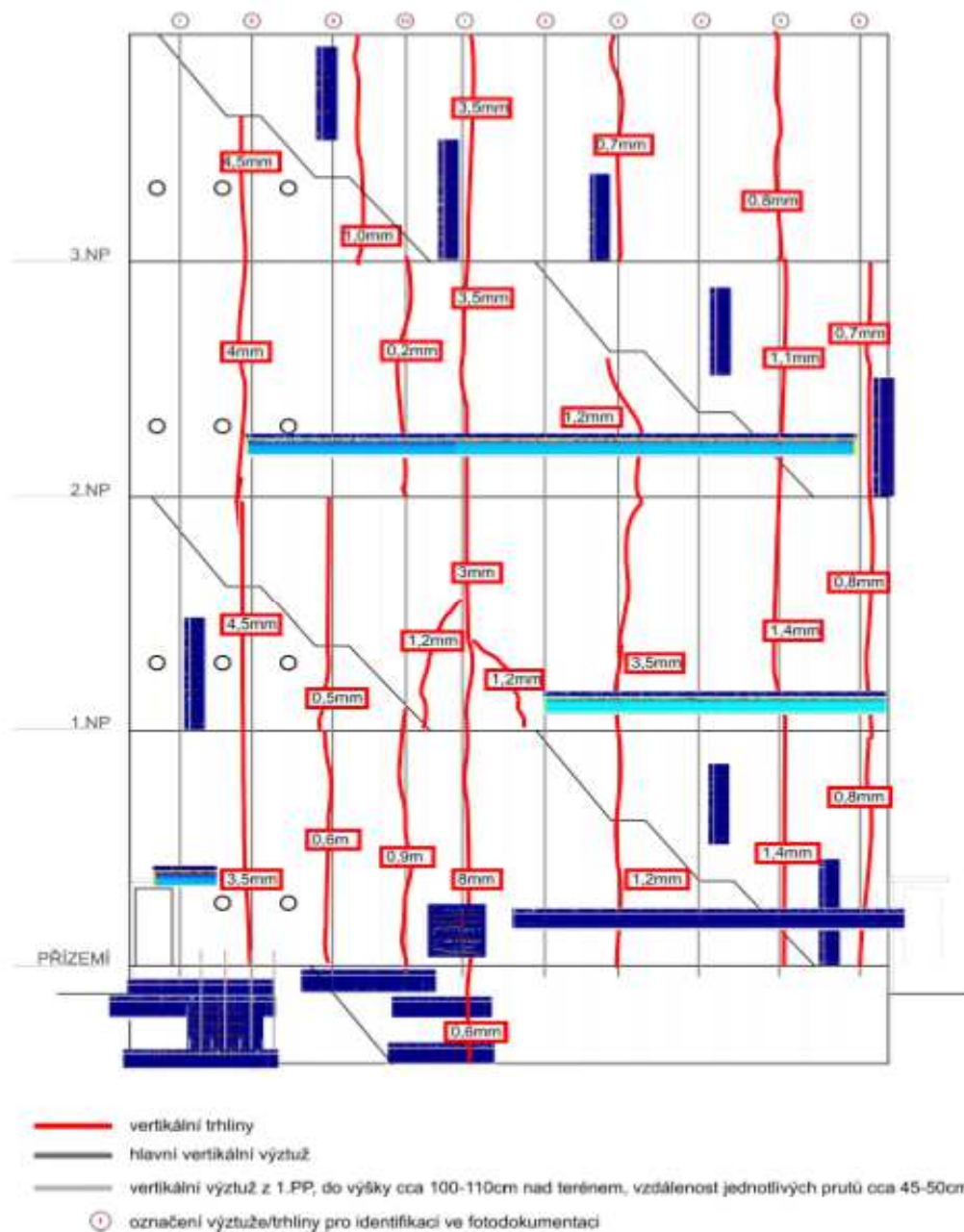
* Nejnepříznivější kotva

Únosnost kombinace tahu a smyku.

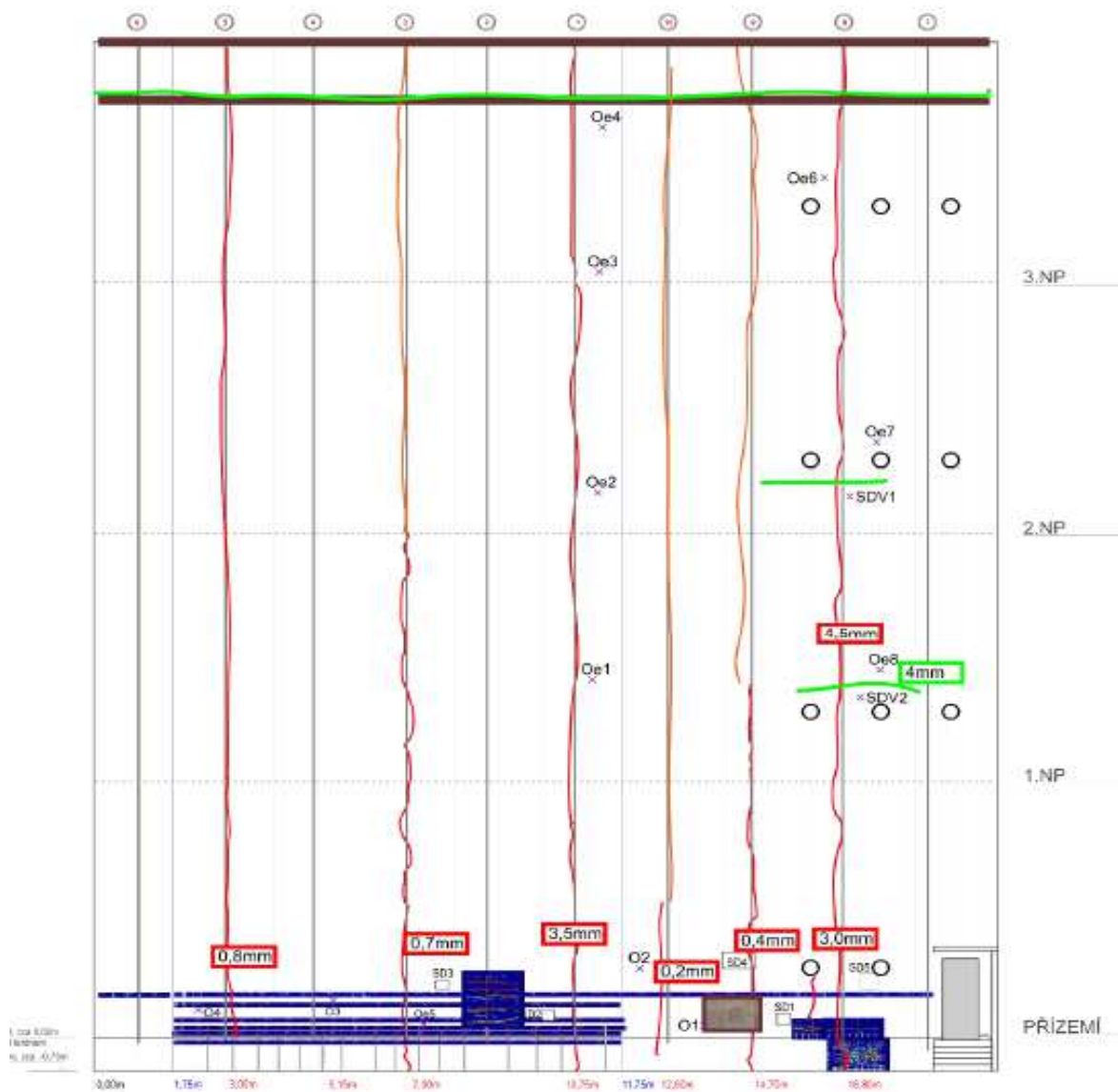
Využití oceli		
$\beta_{N,s} = \beta_{N,s;1} = 0,10 \leq 1$		Rovnice (5.9a)
$\beta_{V,s} = \beta_{V,s;1} = 0,19 \leq 1$		Rovnice (5.9b)
$\beta_N^2 + \beta_V^2 = \beta_{N,s;1}^2 + \beta_{V,s;1}^2 = 0,05 \leq 1$		Rovnice (5.10)
Využití betonu		
$\beta_{N,c} = \beta_{N,c;1} = 0,40 \leq 1$		Rovnice (5.9a)
$\beta_{V,c} = \beta_{V,c;1} = 0,82 \leq 1$		Rovnice (5.9b)
$\beta_N^{1,5} + \beta_V^{1,5} = \beta_{N,c;1}^{1,5} + \beta_{V,c;1}^{1,5} = 0,99 \leq 1$		Rovnice (5.10)

**Zkouška úspěšná**

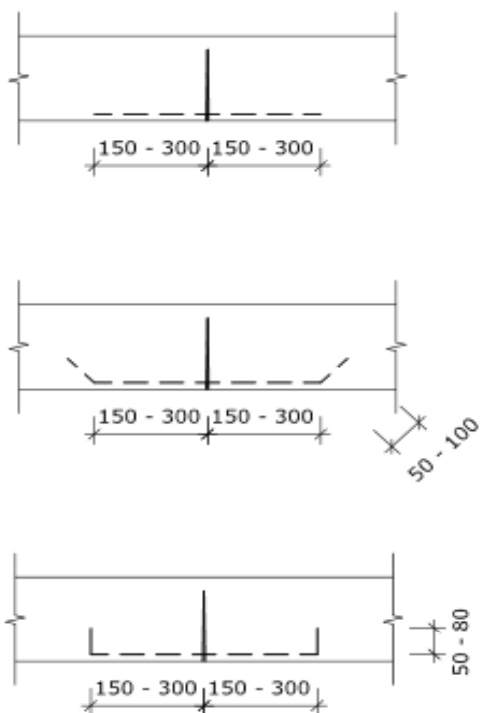
Vnitřní obálka dříku
výskyt trhlin a umístění výztuže



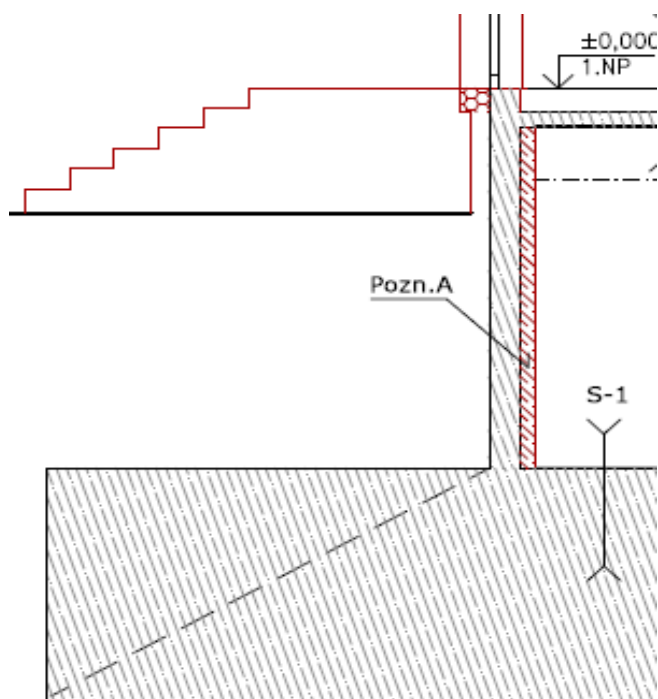
Vnější obálka dříku
zkušební místa, výskyt trhlin, umístění výztuže



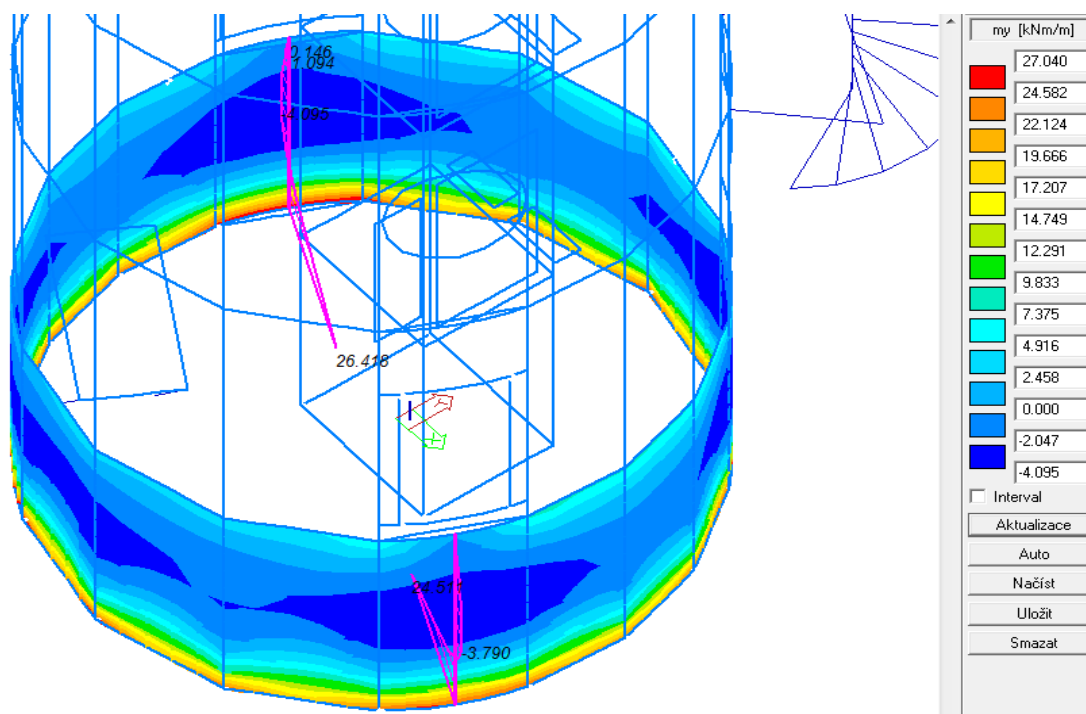
VYZTUŽENÍ, ZESÍLENÍ BETONOVÉHO DÍLCE DODATEČNOU HELIKÁLNÍ VÝZTUŽÍ V ROVINĚ DÍLCE V MÍSTĚ TRHLIN



VERTIKÁLNÍ VZDÁLENOST VÝZTUŽNÝCH ŽEBÍREK JE $100 - 250$ MM DLE
NAMÁHÁNÍ SANOVANÉHO PRVKU
KOTEVNÍ DÉLKA VÝZTUŽ V DRÁŽCE JE MIN 150 MM ZA TRHLINOU
HLOUBKA KOTVENÍ VE VRTU JE MIN 50 MM
DO VRTU VLEPUJEME VŽDY JEDEN VÝZTUŽNÝ PRUT MIN. PRŮMĚR 6 MM



Pozn.A: V 1.PP bude stávající nosná železobetonová konstrukce torkrétována po celé výšce železobetonovou stěnou tloušťky 100mm s vloženou karisíť 8/100x8/100mm.



Rozměry :	b=	1,00	m		
	h=	0,3	m		
	Ac = b*h=	0,3	m ²		
	d1=c+Φ/2 =	0,056	m		
	d2=c+Φ/2 =	0,031	m		
	d=	0,244	m		
	d' =	0,269	m		
	z1 =	0,094	m		
	z2 =	0,119	m		
	zs =	0,213	m		
BETON	Třída betonu	C12/15			
	f _{ck} =	12,00	Mpa		
	γ _c =	1,5			
	f _{cd} =	8,00	Mpa	N/mm ²	
	f _{ctm} =	1,60	Mpa		
	f _{ctk 0,05} =	1,10	Mpa		
	f _{ctk 0,95} =	2,00	Mpa		
	E _{cm} =	27000,00	Mpa		
	E _{cd} = E _{cm} /1,2 =	22500000	kN/m ²		
	ε _{cu3} =	0,0035 pro betony f _{ck} ≤ 50 Mpa; pro f _{ck} > 50 Mpa viz tab.			
OCEL	B500B	10505 (R)			
	f _y =	500,00	Mpa		
	γ _M =	1,15			
	f _{yd} =	434,78	Mpa		
	ε _{yd} = f _{yd} /E _s =	0,00217			
	E _s =	2,00,E+08	kN/m ²	200000	Mpa
	ξ _{bal,1} = ε _{cu3} /(ε _{cu3} +ε _{yd}) =		0,617		
	ξ _{bal,2} = ε _{cu3} /(ε _{cu3} -ε _{yd}) =		2,639		
	Účinky návrhového zatížení :				
	N _{Ed} =	714	kN	tlak	
	M _{Ed} =	27,04	kNm		
	e _{Ed} = M _{Ed} / N _{Ed} =	0,038	m		
	6*e _{Ed} /h =	0,757	celý profil je tlačení		
	N _s +N _{Ed} =	434170	N		
	x=	54,271	mm		
	minAs1 =	300,00	mm ²		
	x=	54,271	mm	(h-x)/2=	122,86

Iterace:

$$x = 0,000 \text{ mm}$$

$$N_c = x \cdot b \cdot f_{cd} = 0 \text{ N}$$

$$N_c = N_{Ed} \cdot (e_d + h/2 - c) / (h - x/2 - c) = 385885,2 \text{ N}$$

$$N_s = N_c - N_{Ed} = -328115 \text{ N}$$

$$x = 0,000 \text{ mm}$$

$$N_s = 0 \text{ N}$$

kontrola

$$N_{Ed} = N_{cd} - N_s = 714,0 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = N_s \cdot z_1 + N_c \cdot (h/2 - x/2) = 27,04 \text{ kNm}$$

$$A_{s1, req} = 300,00 \text{ mm}^2$$

10xΦR8

$$A_{s1, pro} = 502,65 \text{ mm}^2$$

KARI SÍŤ ΦR8/100-ΦR8/100
VYHOVUJE

Konec výpočtu, Ing.Crhán, 24.1.2024

8. Sloupy

8.1. Sloupy S1

Vnější ocelové sloupy S1 umístěné po celém obvodu á 3300 mm a vynášející VE (i zasklení) jsou vzhledem k zavětrování navrženy na systémovou výšku 3250 mm z ocelové čtyřhranné trubky čtvercového průřezu HTR 120 x 120 mm z nerez oceli kvality AISI 316L (1.440), příp. pozinkované oceli S 235. Bez PO.

Mezní stav únosnosti:

Model, zatížení, okrajové podmínky, atd. - viz Nexis

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = \underline{-20,93 \text{ kN}}$$

$$V_{y,Ed} = \underline{8,60 \text{ kN}}, V_{z,Ed} = \underline{9,33 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Ed} = \underline{10,11 \text{ kNm}}, M_{z,Ed} = \underline{11,11 \text{ kNm}}$$

Průřez: **HTR 120 x 120 x 5 mm - nerez AISI 316L (1.4404), příp. S 235**

$$(A_a = 2270 \text{ mm}^2, A_y = A_z = 1135 \text{ mm}^2, W_y = W_z = 83000 \text{ mm}^3,$$

$$I_y = I_z = 4980000 \text{ mm}^4, i_y = i_z = 46,84 \text{ mm})$$

Smyk:

$$V_{y,Rd} = 1135 \times 235 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{153,99 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{y,Ed}$$

$$V_{z,Rd} = 1135 \times 235 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{153,99 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{z,Ed}$$

Smyk vyhoví a netřeba redukovat M_{Rd} !

Vzpěr:

Štíhlostní poměry:

$$\lambda_y = \lambda_z = 2,49 \text{ (Nexis)}$$

$$L_y = L_z = 2,49 \times 4100 = 10209 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel} = 10209 / (93,9 \times 46,84) = 2,32 \rightarrow \chi_c = 0,15$$

$$N_{pl,Rd} = 0,15 \times 2270 \times 235 / 1,00 = \underline{80,02 \text{ kN}} \geq N_{Ed}$$

Vzpěr vyhoví!

Ohyb:

- klopení nosníku je zajištěno uzavřeným tvarem průřezu

$$M_{y,Rd} = 83000 \times 235 / 1,00 = \underline{19,50 \text{ kNm}} \geq M_{y,Ed}$$

$$M_{z,Rd} = 83000 \times 235 / 1,00 = \underline{19,50 \text{ kNm}} \geq M_{z,Ed}$$

Kombinace tlaku a ohybu (srovnávací napětí):

$$20,93 / 80,02 + (10,11 + 0,72) / 19,50 = \underline{0,82} \leq 1,00$$

$$20,93 / 80,02 + (0,23 + 11,11) / 19,50 = \underline{0,84} \leq 1,00$$

I. mezní stav vyhoví!

Mezní stav použitelnosti:

Max. průhyb nosníku pro zatížení užité (vítr):

$$\delta_{w,x} = 60,74 - 45,61 = \underline{15,13 \text{ mm}}$$

$$\delta_{w,y} = 52,19 - 41,45 = \underline{10,74 \text{ mm}}$$

$$\delta_{q,lim} = 2 \times 4100 / 500 = \underline{16,40 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

Max. průhyb nosníku pro zatížení celkové:

$$\delta_{max,y} = 66,41 - 51,13 = \underline{15,28 \text{ mm}}$$

$$\delta_{max,z} = 59,06 - 49,77 = \underline{9,29 \text{ mm}}$$

$$\delta_{max,lim} = 2 \times 4100 / 250 = \underline{32,80 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

II. mezní stav vyhoví!

Závěr:

Průřez **HTR 120 x 120 x 5 mm - nerez AISI 316L (1.4404), příp. S 235** dle platných norem ČSN EN vyhoví!

Poznámka:

Přestože jsou deformace vyhovující, tak vzhledem k tomu, že od větru bude docházet k dynamickému (i cyklickému) působení na větrné elektrárny (VE), tak pro horní sloupy ocelové konstrukce bude doplněno prostorové ztužení k vrcholu žb skořepiny, čímž se celá horní ocelová konstrukce pod VE výrazně vyztuží!

8.2. Sloupy S2

Ocelové sloupy S2 umístěné uvnitř á 2130 mm a vynášející střešní žb desku i žb desky 11. a 12. NP jsou navrženy jakožto oboustranně vetknuté na systémovou výšku 5350 mm (je mimo desku 13. NP) z ocelové čtyřhranné trubky čtvercového průřezu HTR 120 x 120 mm z oceli kvality S 355.

Mezní stav únosnosti:

Model, zatížení, okrajové podmínky, atd. - viz Nexis

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = \underline{-244,09 \text{ kN}}$$

$$V_{y,Ed} = \underline{56,27 \text{ kN}}, V_{z,Ed} = \underline{42,21 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Ed} = \underline{10,28 \text{ kNm}}, M_{z,Ed} = \underline{16,56 \text{ kNm}}$$

Průřez: **HTR 120 x 120 x 10 mm - S 355**

$$(A_a = 4290 \text{ mm}^2, A_y = A_z = 2145 \text{ mm}^2, W_{y,pl} = W_{z,pl} = 172108 \text{ mm}^3, \\ I_y = I_z = 8520000 \text{ mm}^4, i_y = i_z = 44,56 \text{ mm})$$

Smyk:

$$V_{y,Rd} = 2145 \times 355 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{439,64 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{y,Ed}$$

$$V_{z,Rd} = 2145 \times 355 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{439,64 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{z,Ed}$$

Smyk vyhoví a netřeba redukovat M_{Rd} !

Vzpěr:

Štíhlostní poměry:

$$\lambda_y = \lambda_z = 1,04 - \text{viz Nexis} \rightarrow$$

$$L_y = L_z = 1,04 \times 5350 = 5564 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel} = 5564 / (76,4 \times 44,56) = 1,63 \rightarrow \chi_a = 0,32$$

$$N_{pl,Rd} = 0,32 \times 4290 \times 355 / 1,00 = \underline{487,34 \text{ kN}} \geq N_{Ed}$$

Vzpěr vyhoví!

Ohyb:

- klopení nosníku je zajištěno uzavřeným tvarem průřezu

$$M_{y,Rd} = 172108 \times 355 / 1,00 = \underline{61,10 \text{ kNm}} \geq M_{y,Ed}$$

$$M_{z,Rd} = 172108 \times 355 / 1,00 = \underline{61,10 \text{ kNm}} \geq M_{z,Ed}$$

Kombinace tlaku a ohybu (srovnávací napětí):

$$244,09 / 487,34 + (10,28 + 7,36) / 61,10 = \underline{0,79} \leq 1,00$$

$$244,09 / 487,34 + (7,66 + 16,56) / 61,10 = \underline{0,95} \leq 1,00$$

I. mezní stav vyhoví!

Mezní stav použitelnosti:

Max. průhyb nosníku pro zatížení užité:

$$\delta_{w,x} = \underline{0,61 \text{ mm}}$$

$$\delta_{w,y} = \underline{0,12 \text{ mm}}$$

$$\delta_{q,lim} = 3250 / 600 = \underline{5,42 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

Max. průhyb nosníku pro zatížení celkové:

$$\delta_{max,y} = \underline{0,88 \text{ mm}}$$

$$\delta_{max,z} = \underline{2,67 \text{ mm}}$$

$$\delta_{max,lim} = 3250 / 500 = \underline{6,50 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

II. mezní stav vyhoví!

Závěr:

Průřez sloupu **HTR 120 x 120 x 10 mm - S 355 vyhoví** dle platných norem ČSN EN!

8.2.1. Požární odolnost sloupů S2

Návrh i posouzení požární odolnosti ocelových sloupů je provedeno dle ČSN EN 1993-1-2 Navrhování ocelových konstrukcí na účinky požáru. Stanovení účinku zatížení při požáru je stanoveno dle ČSN EN 1991-1-2 Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru.

Dle požární zprávy je v 11.-13. NP požadovaná požární odolnost nosných konstrukcí zajišťujících stabilitu, tedy i těchto sloupů, R 45 minut.

Sloupy jsou nechráněny a budou tedy posouzeny. Vzhledem k navrženým průřezům bude při posouzení těchto sloupů využito jednoduchého výpočtu pro ocelové sloupy (bez výplně betonem).

Předpoklady pro posouzení:

- podél sloupů není žádný tepelný gradient
- uvažované součinitele spolehlivosti materiálu $\gamma_{M,fi} = 1,0$

Redukční součinitele zatížení:

$\eta_{\theta,1} = 1,0$ (pro stálé), $\eta_{\theta,1} = 0,5$ (pro užité), $\eta_{\theta,1} = 0,2$ (pro sníh)

Mezní stav únosnosti:

Průřez: **HTR 120 x 120 x 10 mm - S 355** (konstrukční návrh)

$(A_a = 4290 \text{ mm}^2, W_{y,pl} = W_{z,pl} = 172108 \text{ mm}^3, i_y = i_z = 44,56 \text{ mm})$

- dle výpočtu ze software Access Steel – Přestup tepla: $A_m / V = 111,888$
- pro ocel S 355 je hodnota $\epsilon = 0,85 \times (235/355)^{0,5} = 0,69$
- vzpěrná délka bude vzhledem k ukotvení uvažována 0,5 L

Vnitřní síly při požárním zatížení (viz Nexis):

$N_{\theta,Ed} = \underline{-195,14 \text{ kN}}$

$V_{\theta,y,Ed} = \underline{-6,10 \text{ kN}}, V_{\theta,z,Ed} = \underline{-5,78 \text{ kN}}$

$M_{\theta,y,Ed} = \underline{-4,34 \text{ kNm}}, M_{\theta,z,Ed} = \underline{-3,70 \text{ kNm}}$

Zatřídění za požáru (tlak s ohybem):

Štíhlost stojiny:

$$d / t = 120 / 10 = 12 < 72 \varepsilon = 72 \times 0,69 = 49,68 \rightarrow \text{třída 1}$$

Teplota v čase $t = 15$ min – viz tabulka ze software Access Steel – Přestup tepla:

$$\theta_{a,t} = 592,3^{\circ}\text{C} \rightarrow k_{y,\theta} = 0,494; k_{E,\theta} = 0,332 \text{ (dle tab.4.2)}$$

$$\lambda_{\theta} = 0,5 \times 5350 / (76,4 \times 44,56) \times (0,494 / 0,332)^{0,5} = 0,958$$

$$\alpha_t = 0,65 \times (235 / 355)^{0,5} = 0,53$$

$$\theta_{\theta} = (1 + 0,53 \times 0,958 + 0,958^2) / 2 = 1,213$$

$$X_{\theta} = 1 / (1,213 + (1,213^2 - 0,958^2)^{0,5}) = 0,511$$

Návrhová vzpěrná únosnost při požáru při teplotě $\theta_a = 592,3^{\circ}\text{C}$:

$$N_{b,\theta,Rd} = X_{\theta} \times k_{y,\theta} \times A \times f_y / \gamma_{M,\theta} = 0,511 \times 0,494 \times 4290 \times 355 / 1,0$$

$$N_{b,\theta,Rd} = 384,44 \text{ kN} \geq N_{\theta,Ed}$$

Návrhová únosnost ve smyku při požáru při teplotě $\theta_a = 592,3^{\circ}\text{C}$:

$$V_{\theta,z,Rd} = k_{y,\theta} \times A_z \times f_y / (\gamma_{M,\theta} \times 3^{0,5}) = 0,494 \times 2145 \times 355 / (1,00 \times 3^{0,5})$$

$$V_{\theta,z,Rd} = 217,18 \text{ kN} \geq V_{\theta,Ed}$$

Návrhová únosnost v ohybu při požáru při teplotě $\theta_a = 592,3^{\circ}\text{C}$:

$$M_{\theta,Rd} = X_{LT} \times k_{y,\theta} \times W_{pl} \times f_y / \gamma_{M,\theta} = 1,00 \times 0,494 \times 172108 \times 355 / 1,00$$

$$M_{\theta,Rd} = 30,18 \text{ kN} \geq M_{\theta,Ed}$$

Srovnávací napětí při požáru při teplotě $\theta_a = 592,3^{\circ}\text{C}$:

$$195,14 / 384,44 + (4,34 + 3,70) / 30,18 = 0,77 \leq 1,00$$

I. mezní stav vyhoví!

Sloup HTR 120 x 120 x 10 mm - S 355 pro R 15 vyhoví!

Pro požadovanou požární odolnost R 45 budou všechny nosné profily s R 15
doplněny ochranným protipožárním nátěrem!

Pro R 30

Zatřídění za požáru (tlak s ohybem):

Štíhlost stojiny:

$$d / t = 120 / 10 = 12 < 72 \varepsilon = 72 \times 0,85 = 61,2 \rightarrow \text{třída 1}$$

Teplota v čase $t = 30$ min – viz tabulka ze software Access Steel – Přestup tepla:

$$\theta_{a,t} = 784,4^{\circ}\text{C} \rightarrow k_{y,\theta} = 0,129; k_{E,\theta} = 0,096 \text{ (dle tab.4.2)}$$

$$\lambda_{\theta} = 0,5 \times 2265 / (93,9 \times 44,56) \times (0,129 / 0,096)^{0,5} = 0,314$$

$$\alpha_t = 0,65 \times (235 / 235)^{0,5} = 0,65$$

$$\theta_{\theta} = (1 + 0,65 \times 0,314 + 0,314^2) / 2 = 0,651$$

$$X_{\theta} = 1 / (0,651 + (0,651^2 - 0,314^2)^{0,5}) = 0,726$$

Návrhová vzpěrná únosnost při požáru při teplotě $\theta_a = 784,4^{\circ}\text{C}$:

$$N_{b,\theta,Rd} = X_{\theta} \times k_{y,\theta} \times A \times f_y / \gamma_{M,\theta} = 0,726 \times 0,129 \times 4290 \times 235 / 1,0$$

$$N_{b,\theta,Rd} = \underline{94,42 \text{ kN} \geq N_{\theta,Ed}}$$

Návrhová únosnost ve smyku při požáru při teplotě $\theta_a = 784,4^{\circ}\text{C}$:

$$V_{\theta,z,Rd} = k_{y,\theta} \times A_z \times f_y / (\gamma_{M,\theta} \times 3^{0,5}) = 0,129 \times 2145 \times 235 / (1,00 \times 3^{0,5})$$

$$V_{\theta,z,Rd} = \underline{37,54 \text{ kN} \geq V_{\theta,Ed}}$$

Návrhová únosnost v ohybu při požáru při teplotě $\theta_a = 784,4^{\circ}\text{C}$:

$$M_{\theta,Rd} = X_{LT} \times k_{y,\theta} \times W_{pl} \times f_y / \gamma_{M,\theta} = 1,00 \times 0,129 \times 142000 \times 235 / 1,00$$

$$M_{\theta,Rd} = \underline{4,30 \text{ kN} \geq M_{\theta,Ed}}$$

Srovnávací napětí při požáru při teplotě $\theta_a = 784,4^{\circ}\text{C}$:

$$85,04 / 94,42 + (1,52 + 0,59) / 4,30 = \underline{0,99 \leq 1,00}$$

I. mezní stav vyhoví!

Sloup HTR 120 x 120 x 10 mm - S 355 pro R 30 vyhoví!

8.3. Sloupy S3

Nejvíce zatížené ocelové sloupy S3 umístěné uvnitř á 2130 mm a vynášející střešní žb desku i žb desky 11., 12. i 13. NP jsou navrženy jakožto oboustranně vetknuté na systémovou výšku 3045 mm (mezi 11. a 12. NP) z ocelové čtyřhranné trubky čtvercového průřezu HTR 120 x 120 mm z oceli kvality S 355.

Mezní stav únosnosti:

Model, zatížení, okrajové podmínky, atd. - viz Nexis

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = \underline{-382,15 \text{ kN}}$$

$$V_{y,Ed} = \underline{7,90 \text{ kN}}, V_{z,Ed} = \underline{8,25 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Ed} = \underline{10,73 \text{ kNm}}, M_{z,Ed} = \underline{9,92 \text{ kNm}}$$

Průřez: **HTR 120 x 120 x 10 mm - S 355**

$$(A_a = 4290 \text{ mm}^2, A_y = A_z = 2145 \text{ mm}^2, W_{y,pl} = W_{z,pl} = 172108 \text{ mm}^3,$$

$$I_y = I_z = 8520000 \text{ mm}^4, i_y = i_z = 44,56 \text{ mm})$$

Smyk:

$$V_{y,Rd} = 2145 \times 355 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{439,64 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{y,Ed}$$

$$V_{z,Rd} = 2145 \times 355 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{439,64 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{z,Ed}$$

Smyk vyhoví a netřeba redukovat M_{Rd} !

Vzpěr:

Štíhlostní poměry:

$$L_y = L_z = 3045 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel} = 3045 / (76,4 \times 44,56) = 0,89 \rightarrow \chi_c = 0,61$$

$$N_{pl,Rd} = 0,61 \times 4290 \times 355 / 1,00 = \underline{929,00 \text{ kN}} \geq N_{Ed}$$

Vzpěr vyhoví!

Ohyb:

- klopení nosníku je zajištěno uzavřeným tvarem průřezu

$$M_{y,Rd} = 172108 \times 355 / 1,00 = \underline{61,10 \text{ kNm}} \geq M_{y,Ed}$$

$$M_{z,Rd} = 172108 \times 355 / 1,00 = \underline{61,10 \text{ kNm}} \geq M_{z,Ed}$$

Kombinace tlaku a ohybu (srovnávací napětí):

$$382,15 / 929,00 + (10,73 + 9,92) / 61,10 = \underline{0,75 \leq 1,00}$$

I. mezní stav vyhoví!

Mezní stav použitelnosti:

Max. průhyb nosníku pro zatížení užité:

$$\delta_{w,x} = 32,18 - 27,76 = \underline{4,42 \text{ mm}}$$

$$\delta_{w,y} = 27,56 - 24,49 = \underline{3,07 \text{ mm}}$$

$$\delta_{q,lim} = 3045 / 600 = \underline{5,08 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

Max. průhyb nosníku pro zatížení celkové:

$$\delta_{max,y} = 36,72 - 31,77 = \underline{4,95 \text{ mm}}$$

$$\delta_{max,z} = 28,39 - 25,30 = \underline{3,09 \text{ mm}}$$

$$\delta_{max,lim} = 3045 / 500 = \underline{6,09 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

II. mezní stav vyhoví!

Závěr:

Průřez sloupu **HTR 120 x 120 x 10 mm - S 355 vyhoví** dle platných norem ČSN EN!

8.3.1. Požární odolnost sloupů S3

Návrh i posouzení požární odolnosti ocelových sloupů je provedeno dle ČSN EN 1993-1-2 Navrhování ocelových konstrukcí na účinky požáru. Stanovení účinku zatížení při požáru je stanoveno dle ČSN EN 1991-1-2 Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru.

Dle požární zprávy je v 11.-13. NP požadovaná požární odolnost nosných konstrukcí zajišťujících stabilitu, tedy i těchto sloupů, R 45 minut.

Sloupy jsou nechráněny a budou tedy posouzeny. Vzhledem k navrženým průřezům bude při posouzení těchto sloupů využito jednoduchého výpočtu pro ocelové sloupy (bez výplně betonem).

Předpoklady pro posouzení:

- podél sloupů není žádný tepelný gradient
- uvažované součinitele spolehlivosti materiálu $\gamma_{M,fi} = 1,0$

Redukční součinitele zatížení:

$\eta_{\theta,1} = 1,0$ (pro stálé), $\eta_{\theta,1} = 0,5$ (pro užité), $\eta_{\theta,1} = 0,2$ (pro sníh)

Mezní stav únosnosti:

Průřez: **HTR 120 x 120 x 10 mm - S 355** (konstrukční návrh)

$(A_a = 4290 \text{ mm}^2, W_{y,pl} = W_{z,pl} = 172108 \text{ mm}^3, i_y = i_z = 44,56 \text{ mm})$

- dle výpočtu ze software Access Steel – Přestup tepla: $A_m / V = 111,888$
- pro ocel S 355 je hodnota $\varepsilon = 0,85 \times (235/355)^{0,5} = 0,69$
- vzpěrná délka bude vzhledem k ukotvení uvažována 0,5 L

Vnitřní síly při požárním zatížení (viz Nexis):

$N_{\theta,Ed} = \underline{-243,74 \text{ kN}}$

$V_{\theta,y,Ed} = \underline{-3,95 \text{ kN}}, V_{\theta,z,Ed} = \underline{-3,75 \text{ kN}}$

$M_{\theta,y,Ed} = \underline{-3,46 \text{ kNm}}, M_{\theta,z,Ed} = \underline{-3,54 \text{ kNm}}$

Zatřídění za požáru (tlak s ohybem):

Štíhlost stojiny:

$$d / t = 120 / 10 = 12 < 72 \varepsilon = 72 \times 0,69 = 49,68 \rightarrow \text{třída 1}$$

Teplota v čase $t = 15$ min – viz tabulka ze software Access Steel – Přestup tepla:

$$\theta_{a,t} = 592,3^{\circ}\text{C} \rightarrow k_{y,\theta} = 0,494; k_{E,\theta} = 0,332 \text{ (dle tab.4.2)}$$

$$\lambda_{\theta} = 0,5 \times 3045 / (76,4 \times 44,56) \times (0,494 / 0,332)^{0,5} = 0,545$$

$$\alpha_t = 0,65 \times (235 / 355)^{0,5} = 0,53$$

$$\theta_{\theta} = (1 + 0,53 \times 0,545 + 0,545^2) / 2 = 0,793$$

$$X_{\theta} = 1 / (1,213 + (1,213^2 - 0,958^2)^{0,5}) = 0,730$$

Návrhová vzpěrná únosnost při požáru při teplotě $\theta_a = 592,3^{\circ}\text{C}$:

$$N_{b,\theta,Rd} = X_{\theta} \times k_{y,\theta} \times A \times f_y / \gamma_{M,\theta} = 0,730 \times 0,494 \times 4290 \times 355 / 1,0$$

$$N_{b,\theta,Rd} = 549,20 \text{ kN} \geq N_{\theta,Ed}$$

Návrhová únosnost ve smyku při požáru při teplotě $\theta_a = 592,3^{\circ}\text{C}$:

$$V_{\theta,z,Rd} = k_{y,\theta} \times A_z \times f_y / (\gamma_{M,\theta} \times 3^{0,5}) = 0,494 \times 2145 \times 355 / (1,00 \times 3^{0,5})$$

$$V_{\theta,z,Rd} = 217,18 \text{ kN} \geq V_{\theta,Ed}$$

Návrhová únosnost v ohybu při požáru při teplotě $\theta_a = 592,3^{\circ}\text{C}$:

$$M_{\theta,Rd} = X_{LT} \times k_{y,\theta} \times W_{pl} \times f_y / \gamma_{M,\theta} = 1,00 \times 0,494 \times 172108 \times 355 / 1,00$$

$$M_{\theta,Rd} = 30,18 \text{ kN} \geq M_{\theta,Ed}$$

Srovnávací napětí při požáru při teplotě $\theta_a = 592,3^{\circ}\text{C}$:

$$243,74 / 549,20 + (3,46 + 3,54) / 30,18 = 0,68 \leq 1,00$$

I. mezní stav vyhoví!

Sloup HTR 120 x 120 x 10 mm - S 355 pro R 15 vyhoví!

Pro požadovanou požární odolnost R 45 budou všechny nosné profily s R 15
doplněny ochranným protipožárním nátěrem!

8.4. Sloupy S4

Vnější obvodové ocelové sloupy S4 umístěné ve zdivu mezi 10. a 11. NP jsou navrženy na systémovou výšku 1975 mm z ocelové čtyřhranné trubky čtvercového průřezu HTR 120 x 120 mm z oceli kvality S 235.

Mezní stav únosnosti:

Model, zatížení, okrajové podmínky, atd. - viz Nexis

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = \underline{-149,91 \text{ kN}}$$

$$V_{y,Ed} = \underline{2,24 \text{ kN}}, V_{z,Ed} = \underline{2,70 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Ed} = \underline{3,75 \text{ kNm}}, M_{z,Ed} = \underline{3,13 \text{ kNm}}$$

Průřez: **HTR 120 x 120 x 5 mm - S 235** (konstrukční návrh)

$$(A_a = 2270 \text{ mm}^2, A_y = A_z = 1135 \text{ mm}^2, W_y = W_z = 83000 \text{ mm}^3,$$

$$I_y = I_z = 4980000 \text{ mm}^4, i_y = i_z = 46,84 \text{ mm})$$

Smyk:

$$V_{y,Rd} = 1135 \times 235 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{153,99 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{y,Ed}$$

$$V_{z,Rd} = 1135 \times 235 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{153,99 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{z,Ed}$$

Smyk vyhoví a netřeba redukovat M_{Rd} !

Vzpěr:

Štíhlostní poměry:

$$L_y = L_z = 1975 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel} = 1975 / (93,9 \times 46,84) = 0,45 \rightarrow \chi_c = 0,87$$

$$N_{pl,Rd} = 0,87 \times 2270 \times 235 / 1,00 = \underline{464,10 \text{ kN}} \geq N_{Ed}$$

Vzpěr vyhoví!

Ohyb:

- klopení nosníku je zajištěno uzavřeným tvarem průřezu

$$M_{y,Rd} = 83000 \times 235 / 1,00 = \underline{19,50 \text{ kNm}} \geq M_{y,Ed}$$

$$M_{z,Rd} = 83000 \times 235 / 1,00 = \underline{19,50 \text{ kNm}} \geq M_{z,Ed}$$

Kombinace tlaku a ohybu (srovnávací napětí):

$$149,91 / 464,10 + (3,75 + 3,13) / 19,50 = \underline{0,68} \leq 1,00$$

I. mezní stav vyhoví!

Mezní stav použitelnosti:

Max. průhyb nosníku pro zatížení užité:

$$\delta_{w,x} = 5,84 - 5,82 = \underline{0,02 \text{ mm}}$$

$$\delta_{w,y} = 27,86 - 25,61 = \underline{2,25 \text{ mm}}$$

$$\delta_{q,lim} = 1975 / 600 = \underline{3,29 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

Max. průhyb nosníku pro zatížení celkové:

$$\delta_{max,y} = 23,12 - 22,60 = \underline{0,52 \text{ mm}}$$

$$\delta_{max,z} = 31,91 - 29,29 = \underline{2,62 \text{ mm}}$$

$$\delta_{max,lim} = 1975 / 500 = \underline{3,95 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

II. mezní stav vyhoví!

Závěr:

Průřez sloupu **HTR 120 x 120 x 5 mm - S 235 vyhoví** dle platných norem ČSN EN!

8.4.1. Požární odolnost sloupů S4

Návrh i posouzení požární odolnosti ocelových sloupů je provedeno dle ČSN EN 1993-1-2 Navrhování ocelových konstrukcí na účinky požáru. Stanovení účinku zatížení při požáru je stanoveno dle ČSN EN 1991-1-2 Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru.

Dle požární zprávy je v 11.-13. NP požadovaná požární odolnost nosných konstrukcí zajišťujících stabilitu, tedy i těchto sloupů, R 45 minut.

Sloupy jsou nechráněny a budou tedy posouzeny. Vzhledem k navrženým průřezům bude při posouzení těchto sloupů využito jednoduchého výpočtu pro ocelové sloupy (bez výplně betonem).

Předpoklady pro posouzení:

- podél sloupů není žádný tepelný gradient
- uvažované součinitele spolehlivosti materiálu $\gamma_{M,fi} = 1,0$

Redukční součinitele zatížení:

$\eta_{\theta,1} = 1,0$ (pro stálé), $\eta_{\theta,1} = 0,5$ (pro užitné), $\eta_{\theta,1} = 0,2$ (pro sníh)

Mezní stav únosnosti:

Průřez: **HTR 120 x 120 x 5 mm - S 235** (konstrukční návrh)

($A_a = 2270 \text{ mm}^2$, $W_y = W_z = 83000 \text{ mm}^3$, $i_y = i_z = 46,84 \text{ mm}$)

- dle výpočtu ze software Access Steel – Přestup tepla: $A_m / V = 211,454$
- pro ocel S 235 je hodnota $\varepsilon = 0,85$
- vzpěrná délka bude vzhledem k ukotvení uvažována 0,75 L

Vnitřní síly při požárním zatížení (viz Nexis):

$N_{\theta,Ed} = \underline{-100,13 \text{ kN}}$

$V_{\theta,y,Ed} = \underline{-1,49 \text{ kN}}$, $V_{\theta,z,Ed} = \underline{-1,82 \text{ kN}}$

$M_{\theta,y,Ed} = \underline{-2,54 \text{ kNm}}$, $M_{\theta,z,Ed} = \underline{-2,08 \text{ kNm}}$

Zatřídění za požáru (tlak s ohybem):

Štíhlost stojiny:

$$d / t = 120 / 5 = 24 < 72 \varepsilon = 72 \times 0,85 = 61,2 \rightarrow \text{třída 1}$$

Teplota v čase $t = 15$ min – viz tabulka ze software Access Steel – Přestup tepla:

$$\theta_{a,t} = 688,6^{\circ}\text{C} \rightarrow k_{y,\theta} = 0,259; k_{E,\theta} = 0,152 \text{ (dle tab.4.2)}$$

$$\lambda_{\theta} = 0,75 \times 1975 / (93,9 \times 46,84) \times (0,259 / 0,152)^{0,5} = 0,336$$

$$\alpha_t = 0,65 \times (235 / 235)^{0,5} = 0,65$$

$$\theta_{\theta} = (1 + 0,65 \times 0,336 + 0,336^2) / 2 = 0,666$$

$$X_{\theta} = 1 / (0,666 + (0,666^2 - 0,336^2)^{0,5}) = 0,806$$

Návrhová vzpěrná únosnost při požáru při teplotě $\theta_a = 688,6^{\circ}\text{C}$:

$$N_{b,\theta,Rd} = X_{\theta} \times k_{y,\theta} \times A \times f_y / \gamma_{M,\theta} = 0,806 \times 0,259 \times 2270 \times 235 / 1,0$$

$$N_{b,\theta,Rd} = 111,36 \text{ kN} \geq N_{\theta,Ed}$$

Návrhová únosnost ve smyku při požáru při teplotě $\theta_a = 688,6^{\circ}\text{C}$:

$$V_{\theta,z,Rd} = k_{y,\theta} \times A_z \times f_y / (\gamma_{M,\theta} \times 3^{0,5}) = 0,259 \times 411 \times 235 / (1,00 \times 3^{0,5})$$

$$V_{\theta,z,Rd} = 11,82 \text{ kN} \geq V_{\theta,Ed}$$

Návrhová únosnost v ohybu při požáru při teplotě $\theta_a = 688,6^{\circ}\text{C}$:

$$M_{\theta,Rd} = X_{LT} \times k_{y,\theta} \times W_{pl} \times f_y / \gamma_{M,\theta} = 1,00 \times 0,259 \times 83000 \times 235 / 1,00$$

$$M_{\theta,Rd} = 5,05 \text{ kN} \geq M_{\theta,Ed}$$

Srovnávací napětí při požáru při teplotě $\theta_a = 688,6^{\circ}\text{C}$:

$$100,13 / 111,36 + (2,54 + 2,08) / 5,05 = 0,99 \leq 1,00$$

I. mezní stav vyhoví!

Sloup HTR 120 x 120 x 5 mm - S 235 pro R 15 vyhoví!

Pro požadovanou požární odolnost R 45 budou všechny nosné profily s R 15
doplněny ochranným protipožárním nátěrem!

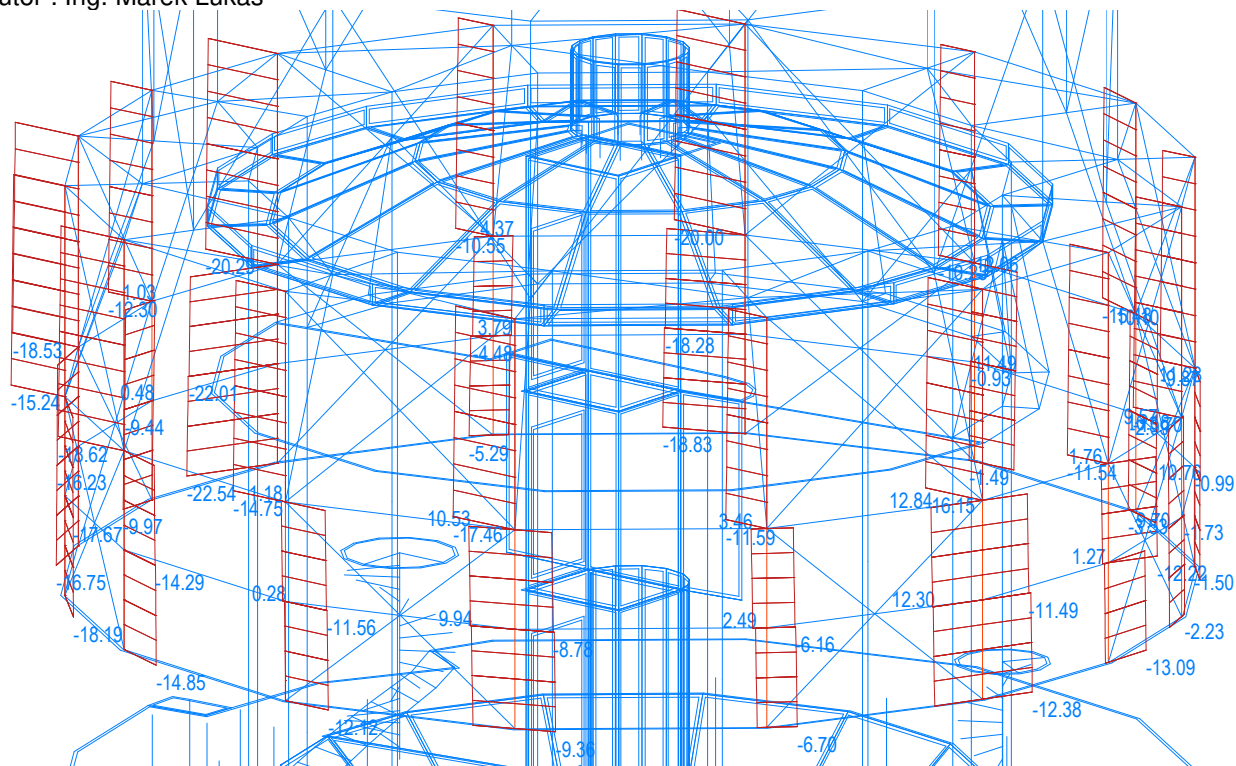
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

17. dubna 2024

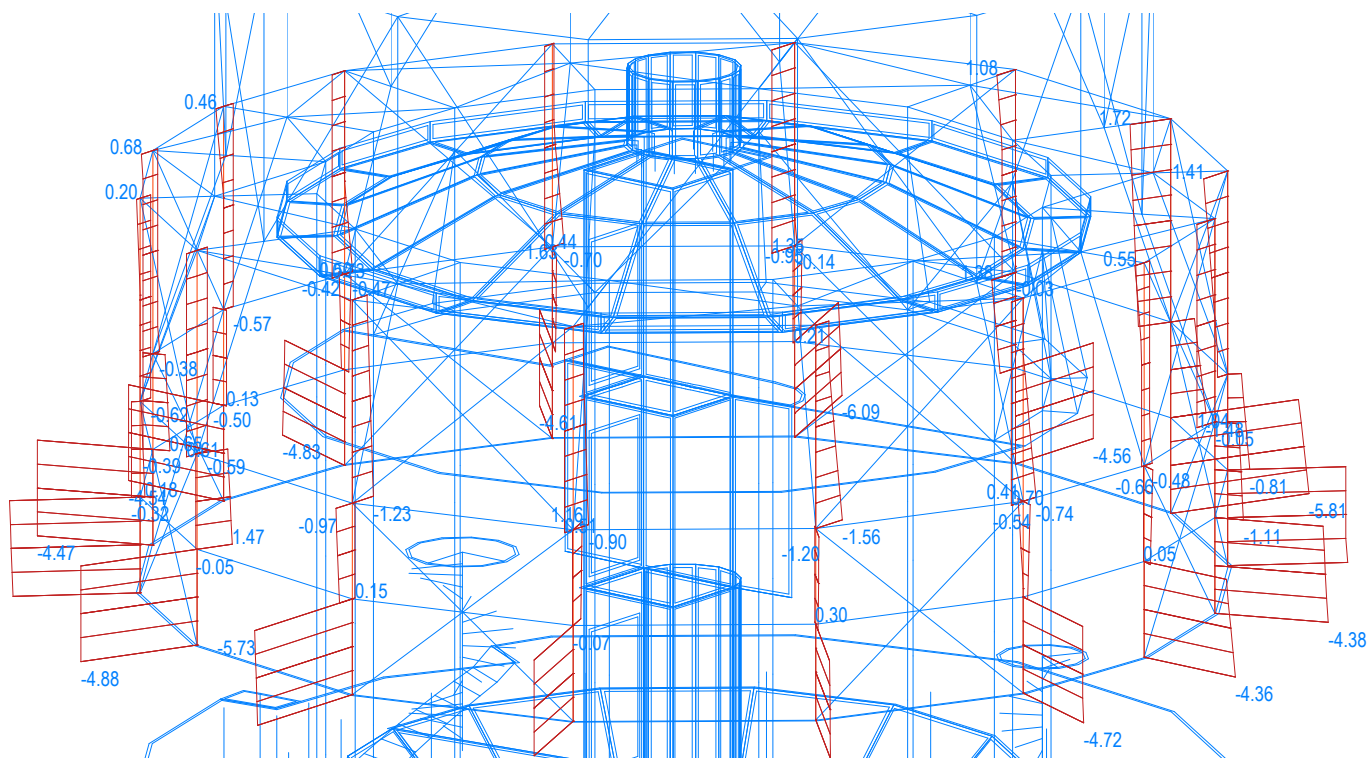
Projekt : Vodárenská věž

Popis : 3D model

Autor : Ing. Marek Lukáš



Vnitřní síly N na makrech - sloupech S1. Únos. kombi: 1/9

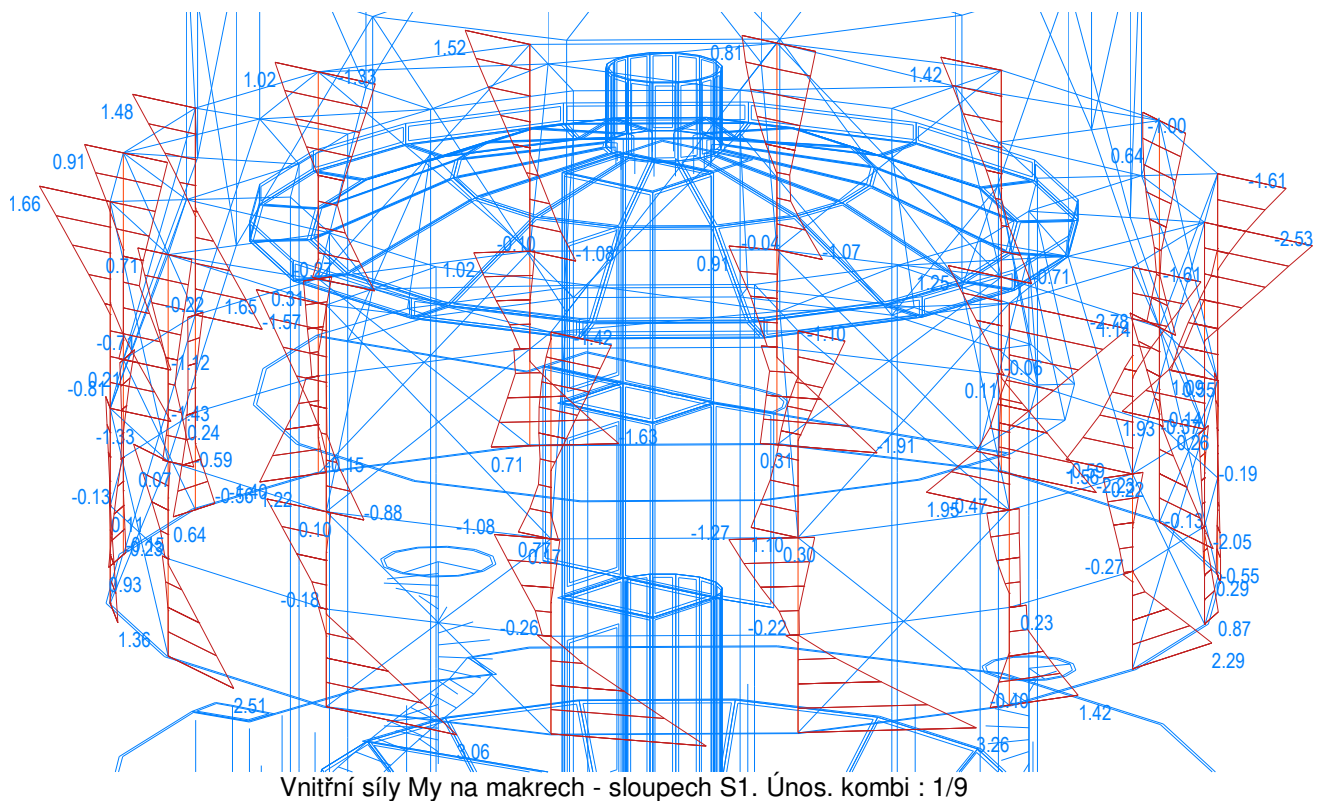
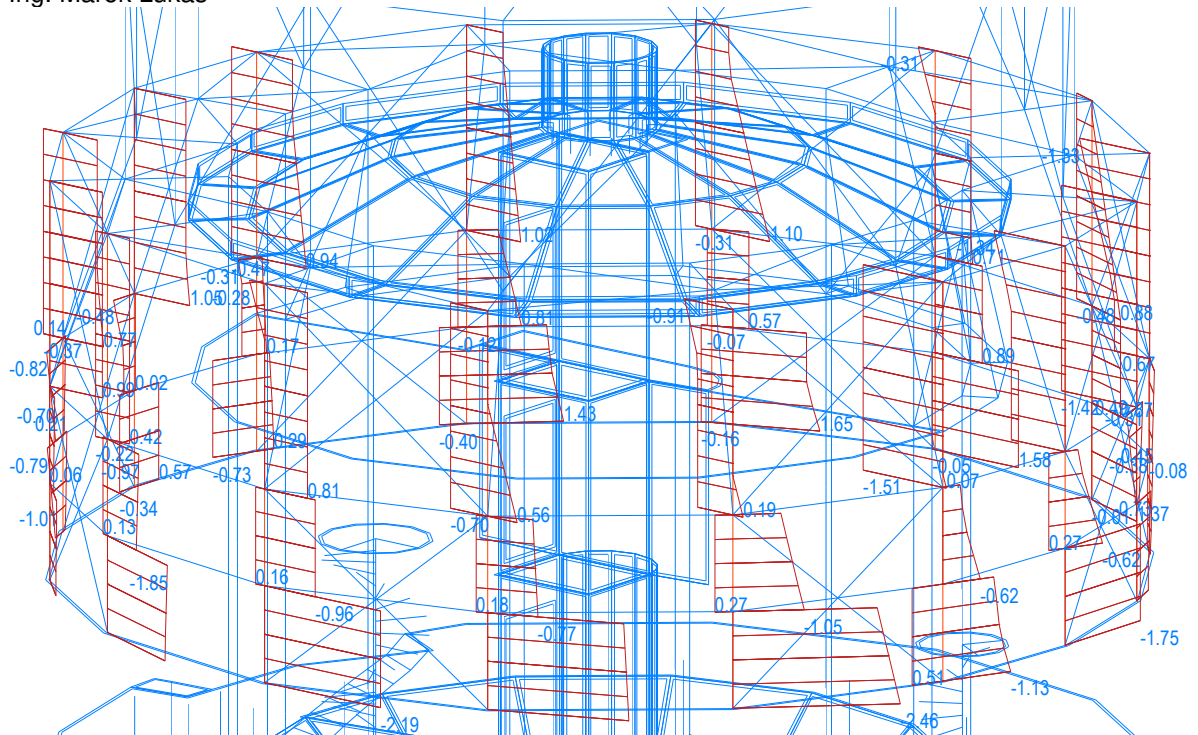


Vnitřní síly Vy na makrech - sloupech S1. Únos. kombi: 1/9

Projekt : Vodárenská věž

Popis : 3D model

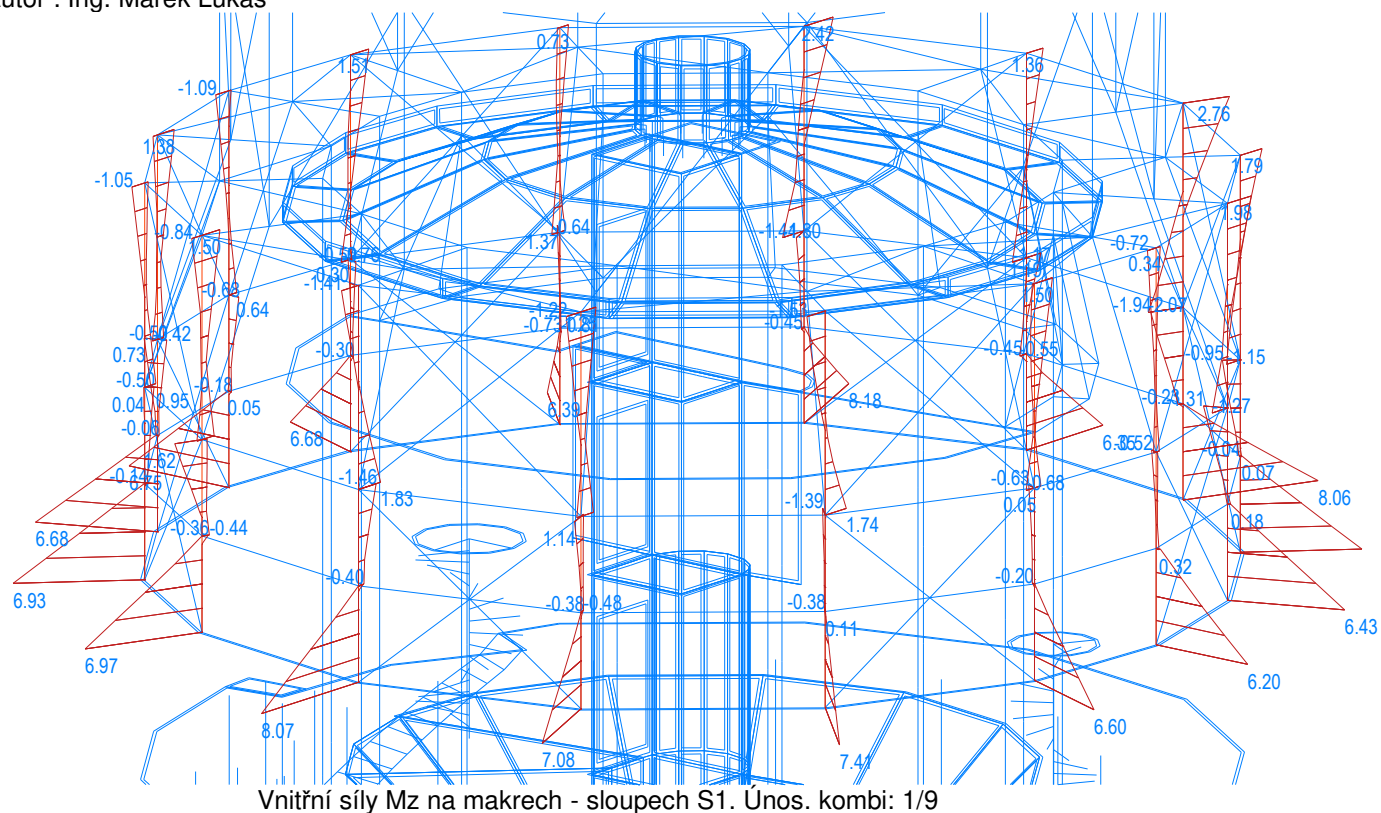
Autor : Ing. Marek Lukáš



Projekt : Vodárenská věž

Popis : 3D model

Autor : Ing. Marek Lukáš



Vnitřní síly na makrech (sloupech S1) 89,92,95...kombi únos. (vše), globál. extrém.

Skupina maker :89,92,95,98,101,105,107,111,113,117,119,122,125,128,131,134

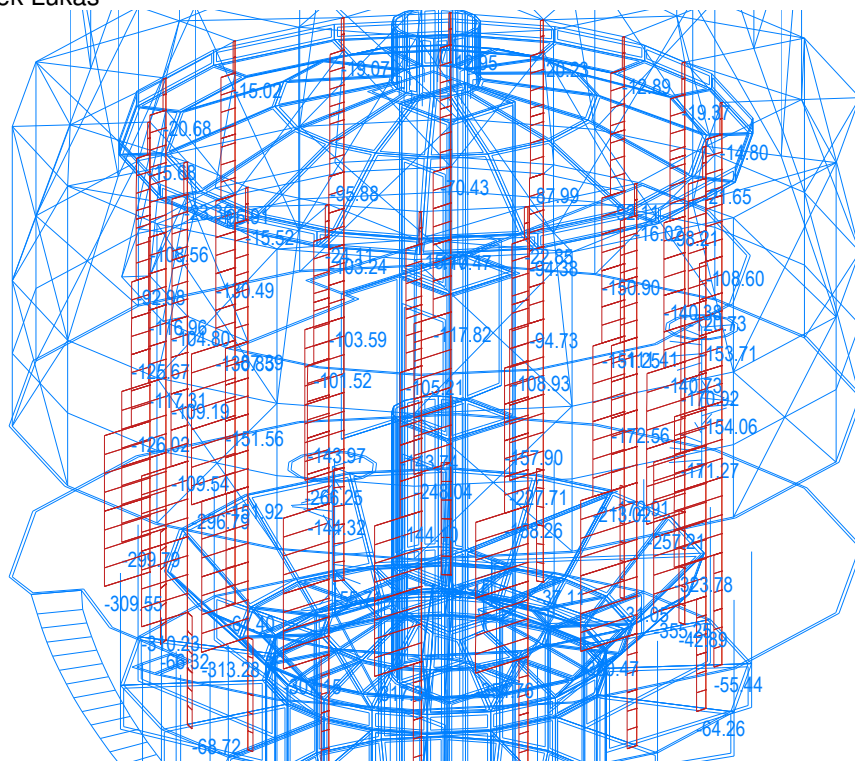
Skupina kombinací na únosnost :1/9

makro	prut	kombi	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
105	139	6	1467.5	12.84	-0.54	-0.18	0.04	-0.47	-0.62
128	185		0.0	-22.54	-4.26	0.21	-0.02	0.24	5.81
117	164	9	3115.0	-9.24	1.72	-0.08	-0.05	0.55	2.73
122	173	8	0.0	-18.10	-6.09	1.28	0.07	-1.66	8.18
		7		-0.90	-4.20	1.65	0.07	-1.80	6.11
101	131	6		0.32	-3.91	-2.46	-0.02	3.26	6.12
122	175			-18.62	-0.14	-0.31	0.33	0.06	-0.66
98	127			-7.38	-0.83	-0.68	-0.31	0.70	0.82
105	140		3115.0	-6.80	0.28	-1.49	-0.15	-2.78	-0.18
117	164	9	0.0	-9.99	1.36	0.77	-0.05	-0.53	-2.07

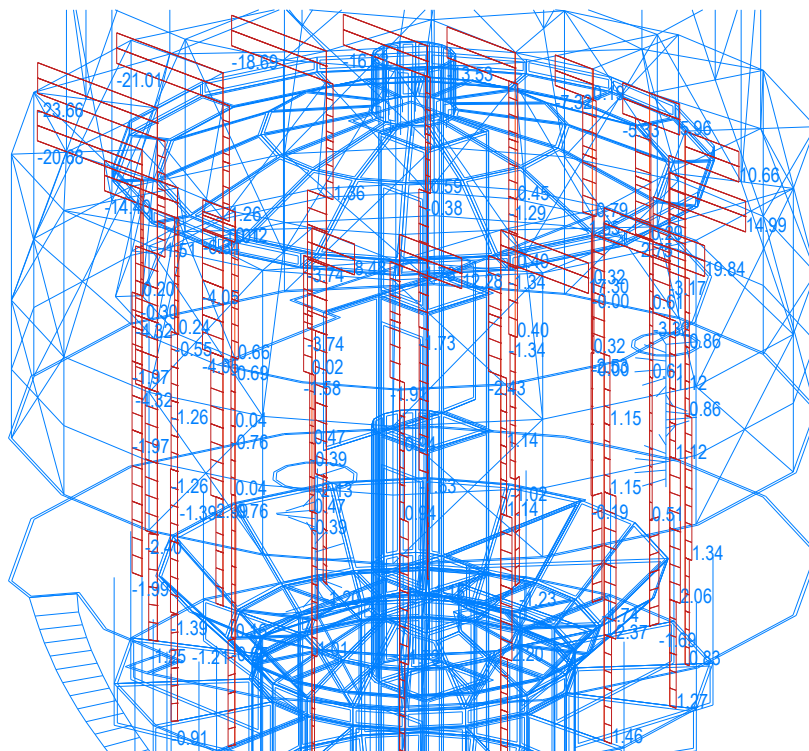
Projekt : Vodárenská věž

Popis : 3D model

Autor : Ing. Marek Lukáš



Vnitřní síly N na makrech - sloupech S2 + S3. Únos. kombi: 1/9

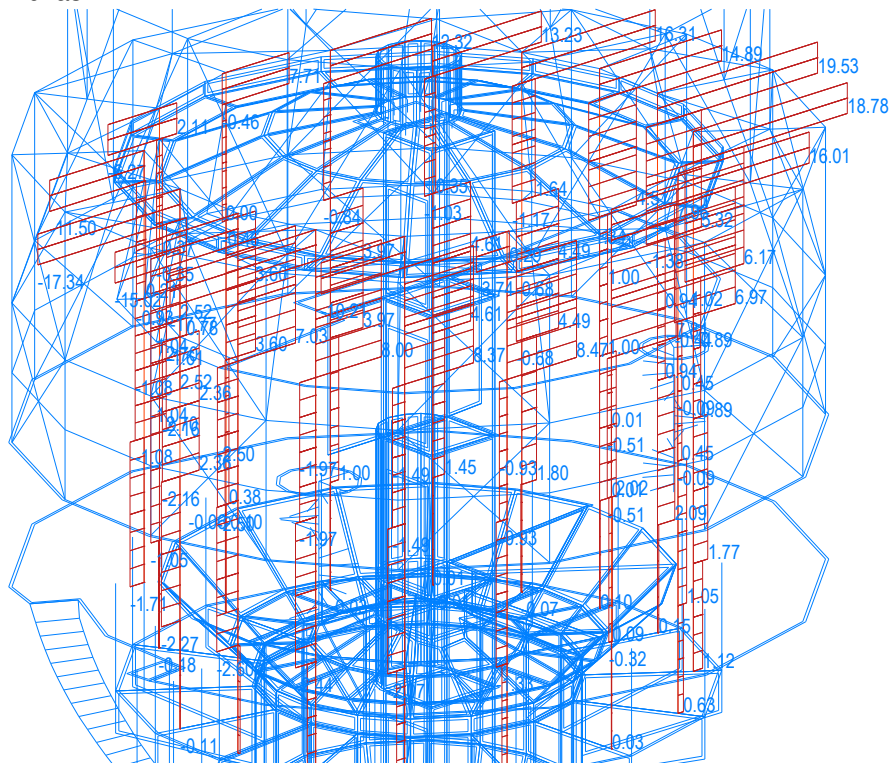


Vnitřní síly Vy na makrech - sloupech S2 + S3. Únos. kombi: 1/9

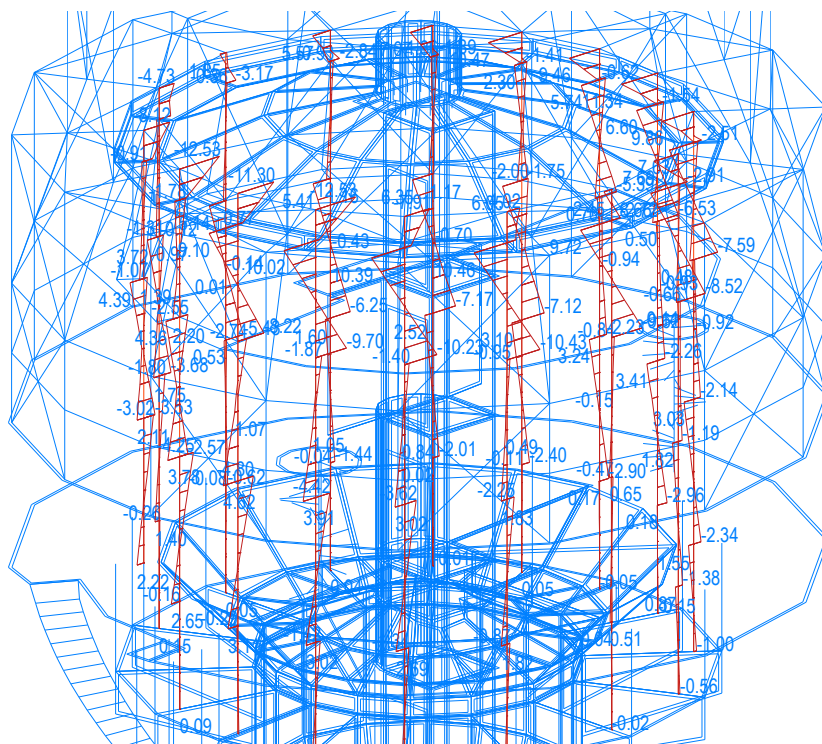
Projekt : Vodárenská věž

Popis : 3D model

Autor : Ing. Marek Lukáš



Vnitřní síly Vz na makrech - sloupech S2 + S3. Únos. kombi: 1/9



Vnitřní síly My na makrech - sloupech S2 + S3. Únos. kombi: 1/9

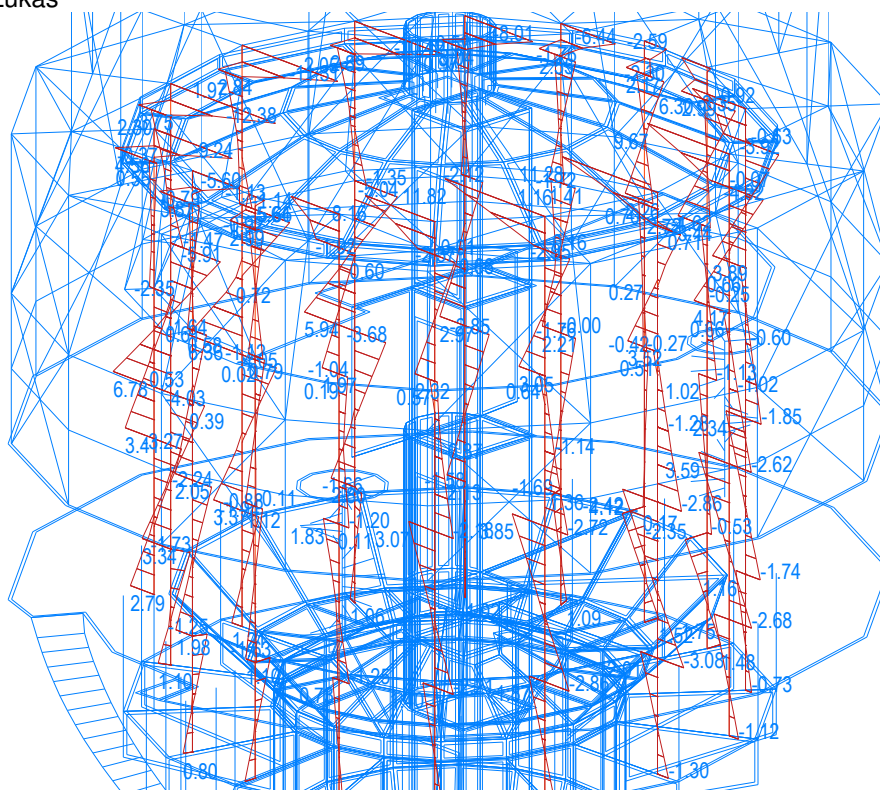
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

17. dubna 2024

Projekt : Vodárenská věž

Popis : 3D model

Autor : Ing. Marek Lukáš



Vnitřní síly Mz na makrech - sloupech S2 + S3. Únos. kombi: 1/9

Vnitřní síly na makrech - sloupech S2+S3, únos. (vše), globální extrémy.

Skupina maker :25/64,66/88,90,94,97,100,103/104,109/110,115/116,121,124,127,130,133,136

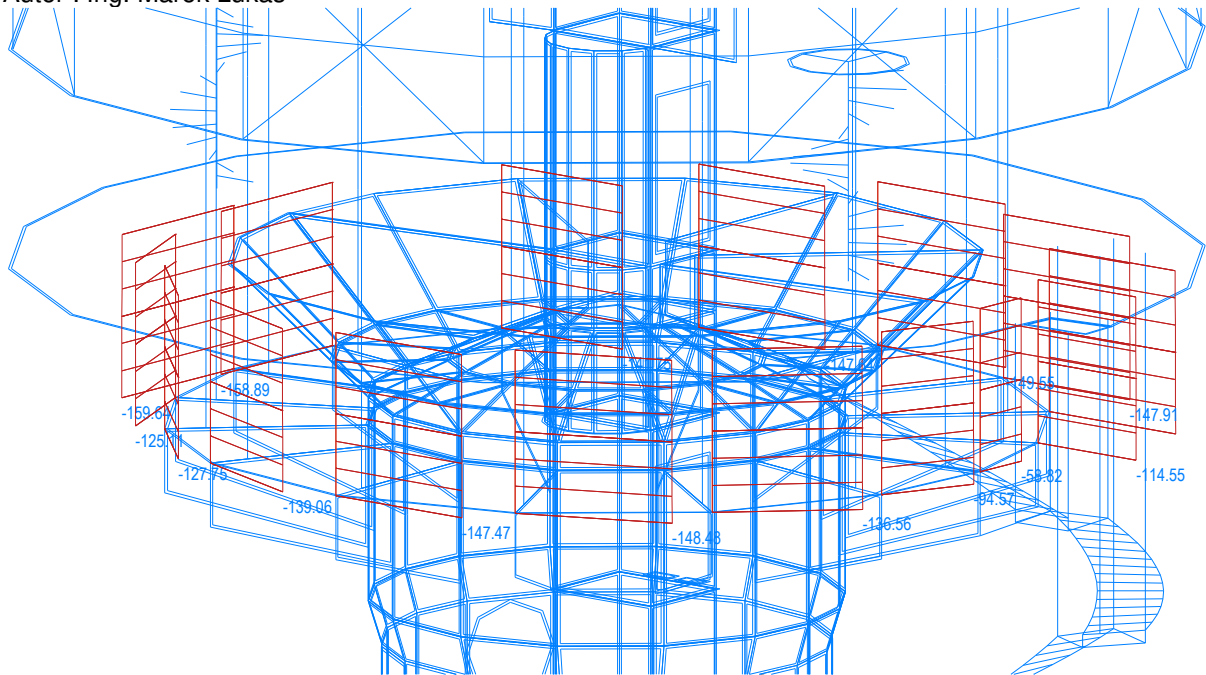
Skupina kombinací na únosnost :1/9

makro	prut	kombi	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
26	28	9	0.0	-380.47	2.25	-0.26	-0.04	0.43	-2.76
97	124			-16.02	19.84	6.87	-0.11	-2.42	-1.62
124	178	8		-20.68	-23.66	0.33	-1.01	-3.28	2.99
104	137	9		-19.37	-3.42	19.53	0.61	-1.36	2.48
136	202	8		-24.11	5.85	-17.77	0.10	-0.98	1.49
100	130	6		-14.39	7.95	12.77	1.04	-2.34	1.49
124	178			-17.88	-21.99	2.11	-1.11	-3.57	3.12
104	137	9	650.0	-19.22	-3.42	19.53	0.61	11.34	0.26
130	190	8		-23.21	-14.19	-16.41	-0.35	-12.53	-5.60
94	118	9		-22.69	16.54	-3.10	0.25	-4.02	11.82
124	178	8		-20.52	-23.66	0.33	-1.01	-3.06	-12.38

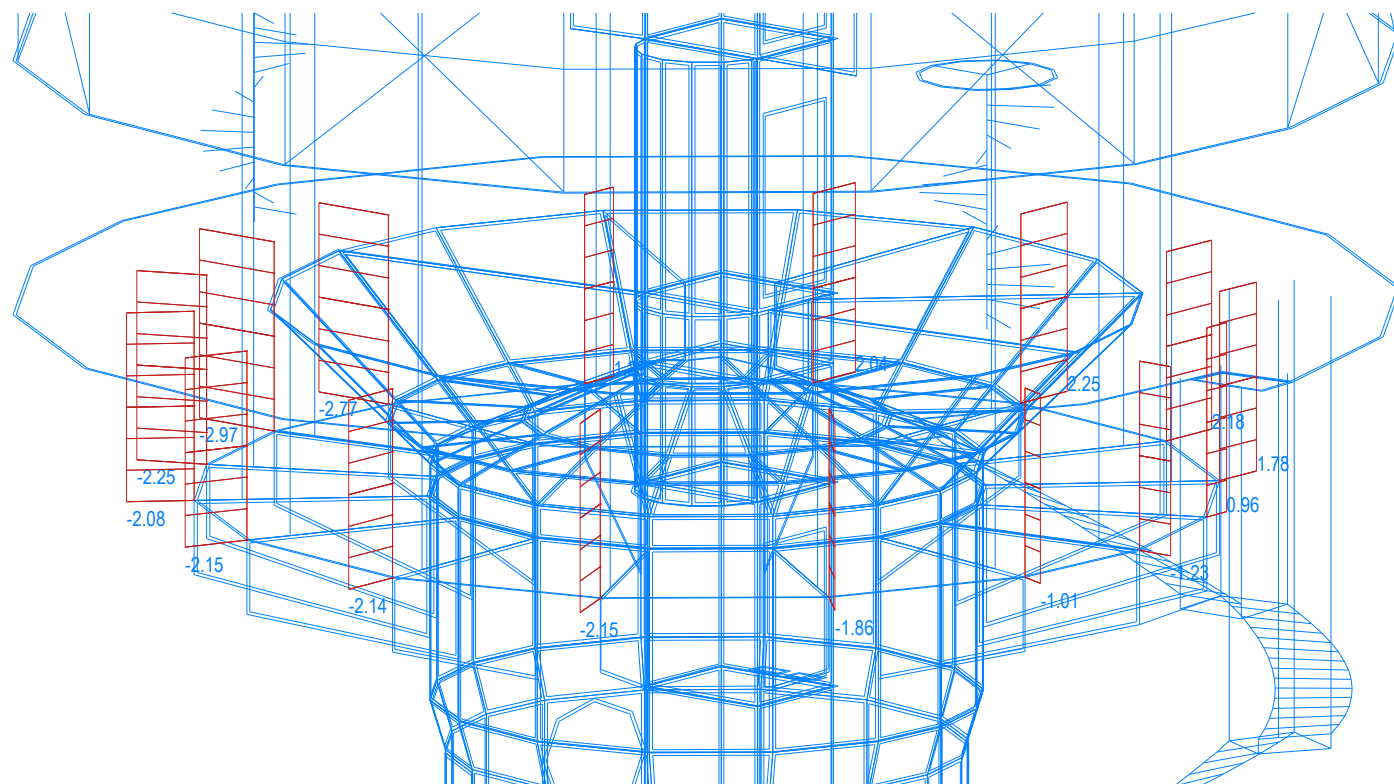
Projekt : Vodárenská věž

Popis : 3D model

Autor : Ing. Marek Lukáš



Vnitřní síly N na makrech - sloupech S4. Únos. kombi: 1/9

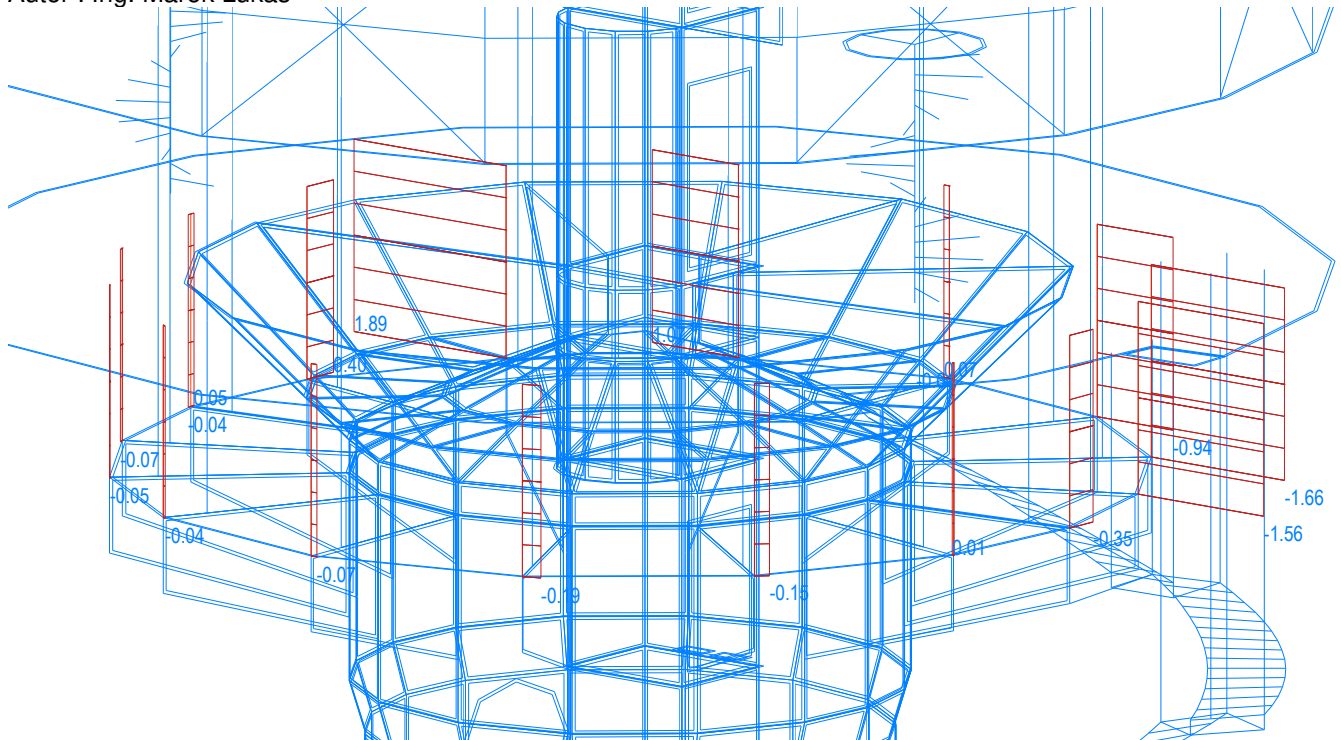


Vnitřní síly Vy na makrech - sloupech S4. Únos. kombi: 1/9

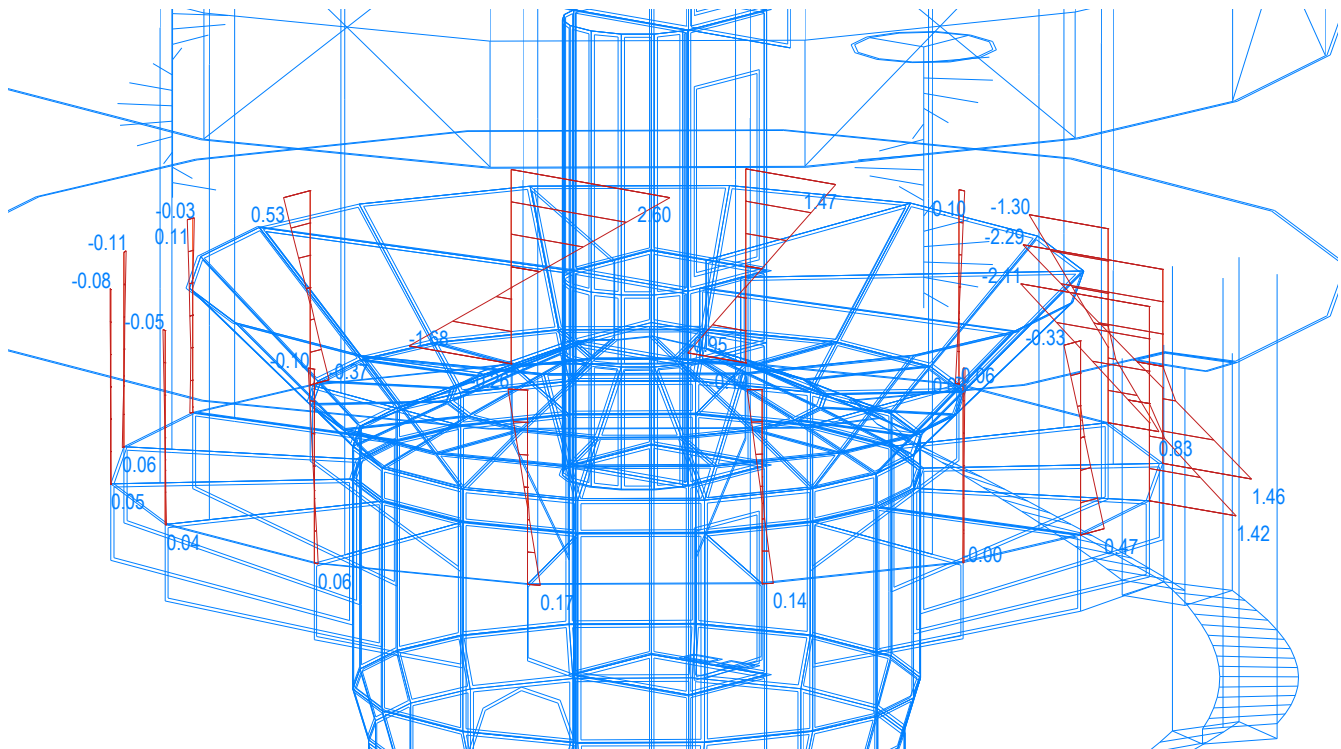
Projekt : Vodárenská věž

Popis : 3D model

Autor : Ing. Marek Lukáš



Vnitřní síly Vz na makrech - sloupech S4. Únos. kombi: 1/9

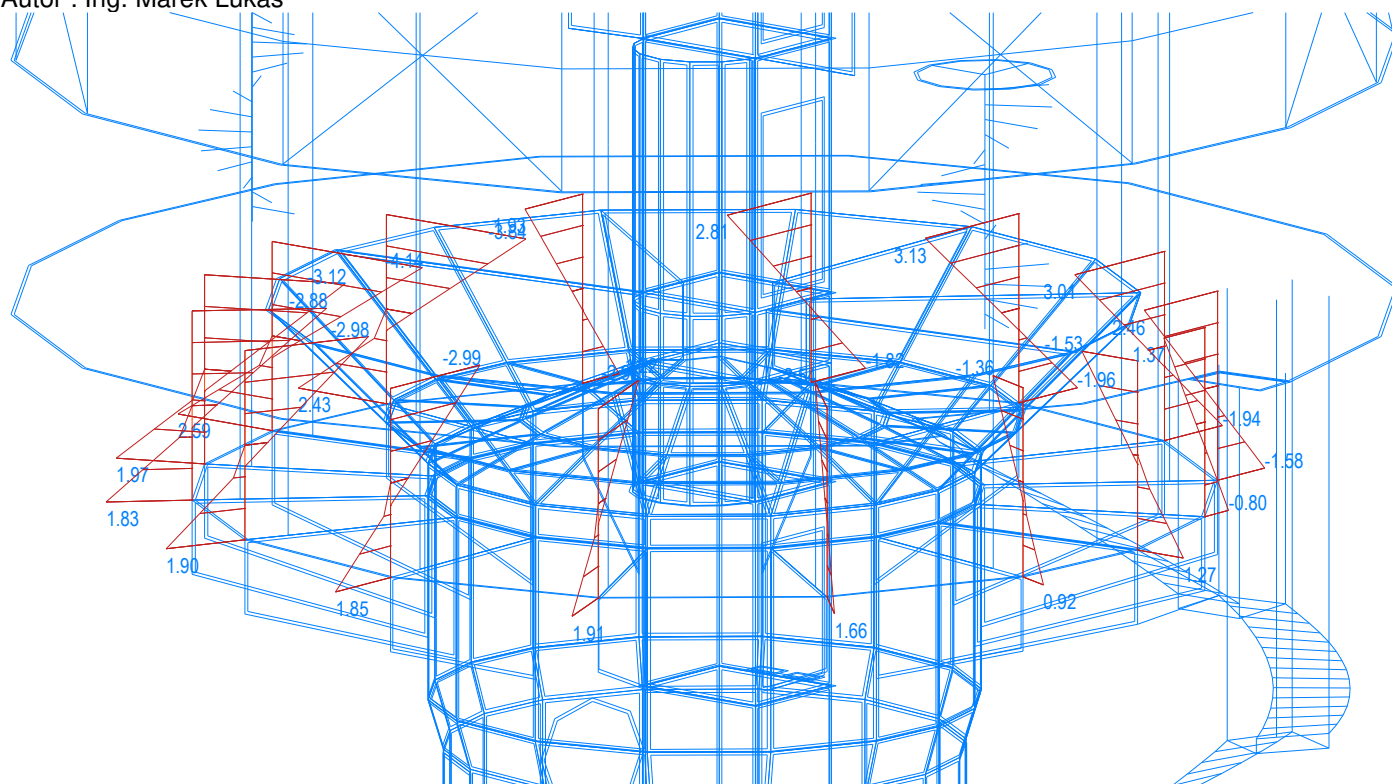


Vnitřní síly My na makrech - sloupech S4. Únos. kombi: 1/9

Projekt : Vodárenská věž

Popis : 3D model

Autor : Ing. Marek Lukáš



Vnitřní síly Mz na makrech - sloupech S4. Únos. kombi: 1/9

Vnitřní síly na makrech - sloupech S4, kombi únos. (vše), globální extrémy.

Skupina maker :1,3/5,7,9/10,12,14,16,18,20/24

Skupina kombinací na únosnost :1/9

makro	prut	kombi	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
10	12	5	0.0	-159.64	-2.97	0.05	0.00	0.00	2.59
24	26			-147.58	2.25	0.07	-0.00	-0.06	-1.96
1	1			-141.75	1.39	1.89	-0.00	-1.68	-1.22
22	24			-147.56	1.78	-1.66	0.00	1.46	-1.58
3	3	8		-135.67	-1.81	-0.15	0.01	0.14	1.62
9	11			-94.57	-0.97	0.00	-0.00	0.01	0.89
1	1	5	2265.0	-141.21	1.39	1.89	-0.00	2.60	1.93
22	24			-147.02	1.78	-1.66	0.00	-2.29	2.46
24	26			-147.04	2.25	0.07	-0.00	0.10	3.13
10	12			-159.09	-2.97	0.05	0.00	0.11	-4.14

9. Schodiště

9.1. Venkovní schodiště - vřeteno

Ocelové vřeteno, resp. centrální sloup, venkovního (technologického) vřetenového schodiště je v úseku mezi 4.-7.NP nezajištěné proti vodorovnému posunu. Vzpěrná délka tedy bude uvažována 9540 mm, přičemž sloup je i z konstrukčních důvodů navržen z trubky TR $\varnothing$ 273 mm. Celé venkovní schodiště byla namodelováno a spočítáno jakožto součást celého 3D modelu vodojemu v programu Nexis 32.

Mezní stav únosnosti:

Model, zatížení, okrajové podmínky, atd. - viz Nexis

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = \underline{-320,30 \text{ kN}}$$

$$V_{y,Ed} = \underline{20,47 \text{ kN}}, V_{z,Ed} = \underline{14,45 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Ed} = \underline{20,89 \text{ kNm}}, M_{z,Ed} = \underline{27,72 \text{ kNm}}$$

Průřez: **TR $\varnothing$ 273 x 8 mm - (AISI 316 L)** (konstrukční návrh)

$$(A_a = 6595 \text{ mm}^2, A_y = A_z = 4199 \text{ mm}^2, W_y = W_z = 420424 \text{ mm}^3,$$

$$I_y = I_z = 4980000 \text{ mm}^4, i_y = i_z = 93,28 \text{ mm})$$

Smyk:

$$V_{y,Rd} = 4199 \times 235 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{569,71 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{y,Ed}$$

$$V_{z,Rd} = 4199 \times 235 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{569,71 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{z,Ed}$$

Smyk vyhoví a netřeba redukovat M_{Rd} !

Vzpěr:

Štíhlostní poměry:

$$L_y = L_z = 9540 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel} = 9540 / (93,9 \times 93,28) = 1,09 \rightarrow \chi_c = 0,49$$

Vzpěr:

$$N_{pl,Rd} = 0,49 \times 6595 \times 235 / 1,00 = \underline{759,41 \text{ kN}} \geq N_{Ed}$$

Vzpěr vyhoví!

Ohyb:

- klopení nosníku je zajištěno uzavřeným tvarem průřezu

$$M_{y,Rd} = 420424 \times 235 / 1,00 = \underline{149,25 \text{ kNm}} \geq M_{y,Ed}$$

$$M_{z,Rd} = 420424 \times 235 / 1,00 = \underline{149,25 \text{ kNm}} \geq M_{z,Ed}$$

Kombinace tlaku a ohybu (srovnávací napětí):

$$320,30 / 866,25 + (1,32 + 27,72) / 149,25 = \underline{0,56} \leq 1,00$$

I. mezní stav vyhoví!

Mezní stav použitelnosti:

Max. průhyb nosníku pro zatížení užité:

$$\delta_{w,x} = \underline{20,18 \text{ mm}}$$

$$\delta_{w,y} = \underline{17,70 \text{ mm}}$$

$$\delta_{q,lim} = 22190 / 600 = \underline{36,98 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

Max. průhyb nosníku pro zatížení celkové:

$$\delta_{max,y} = \underline{23,09 \text{ mm}}$$

$$\delta_{max,z} = \underline{17,85 \text{ mm}}$$

$$\delta_{max,lim} = 22190 / 500 = \underline{44,38 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

II. mezní stav vyhoví!

Závěr:

Průřez **TR ø 273 x 8 mm - S 355** vyhoví dle platných norem ČSN EN!

9.2. Venkovní schodiště - stupeň

Schodišťový stupeň venkovního (technologického) vřetenového schodiště je ve IV. variantě navržen z ohýbaného plechu P6, kdy jednotlivé stupně ve tvaru ležatého Z jsou k sobě navzájem u vnějšího obvodu přivařeny koutovým svarem $a = 5 \text{ mm}$ a vytvoří tak na obvodu plynulou lomenici.

Mezní stav únosnosti:

Model, zatížení, okrajové podmínky, atd. - viz Nexis

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} \rightarrow 0$$

$$V_{y,Ed} = \underline{1,79 \text{ kN}}, V_{z,Ed} = \underline{0,65 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Ed} = \underline{0,42 \text{ kNm}}, M_{z,Ed} = \underline{1,17 \text{ kNm}}$$

Průřez: **P 6 x (2x) 88 x 151 (414) mm - (AISI 316 L)** (konstrukční návrh)

$$(A_a = 1986\text{-}3522 \text{ mm}^2, A_y = 906 \text{ mm}^2, A_z = 1056 \text{ mm}^2, W_y = 73206 \text{ mm}^3, \\ W_z = 33975 \text{ mm}^3, I_y = 69400000 \text{ mm}^4)$$

Smyk:

$$V_{y,Rd} = 906 \times 235 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{122,92 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{y,Ed}$$

$$V_{z,Rd} = 1056 \times 235 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{143,28 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{z,Ed}$$

Smyk vyhoví a netřeba redukovat M_{Rd} !

Ohyb:

- klopení nosníku je zajištěno navazujícími stupni

$$M_{y,Rd} = 73206 \times 235 / 1,00 = \underline{17,20 \text{ kNm}} \geq M_{y,Ed}$$

$$M_{z,Rd} = 33975 \times 235 / 1,00 = \underline{7,98 \text{ kNm}} \geq M_{z,Ed}$$

Kombinace ohybu (srovnávací napětí):

$$0,42 / 17,20 + 1,17 / 7,98 = \underline{0,17 \leq 1,00}$$

I. mezní stav vyhoví!

Mezní stav použitelnosti:

Max. průhyb nosníku pro zatížení užité:

$$\delta_{q,z} = \underline{0,97 \text{ mm}}$$

$$\delta_{q,\text{lim}} = 2 \times 1165 / 500 = \underline{4,66 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

Max. průhyb nosníku pro zatížení celkové:

$$\delta_{\text{max},z} = \underline{0,97 \text{ mm}}$$

$$\delta_{\text{max},\text{lim}} = 2 \times 1165 / 250 = \underline{9,32 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

II. mezní stav vyhoví!

Závěr:

Průřez **P 6 x (2x) 88 x 151 (414) mm** - vyhoví dle platných norem ČSN EN!

Stupně venkovního schodiště byly v koordinaci s investorem namodelovány a spočítány v několika variantách, vždy jakožto samostatný dílčí detailní deskostěnový 3D-model v programu Nexis 32 - viz následující strany 9.5- 9.11, uvedena jen finální IV. varianta.

Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

2. dubna 2024

Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody venkovní - stupně 3D - var. IV

Autor : Ing. Marek Lukáš

Obsah

Napětí - max sigx+ - Kombi FEM: 1/2	
Napětí - min sigx+ - Kombi FEM: 1/2	
Napětí - max sigx- - Kombi FEM: 1/2	
Napětí - min sigx- - Kombi FEM: 1/2	
Napětí - max sigy+ - Kombi FEM: 1/2	
Napětí - min sigy+ - Kombi FEM: 1/2	
Napětí - max sigy- - Kombi FEM: 1/2	
Napětí - min sigy- - Kombi FEM: 1/2	
Deformace - Uz - ZS: 1	
Deformace - Uz - ZS: 2	
Deformace - Uz - ZS: 3	
Deformace - Uz - ZS: 4	

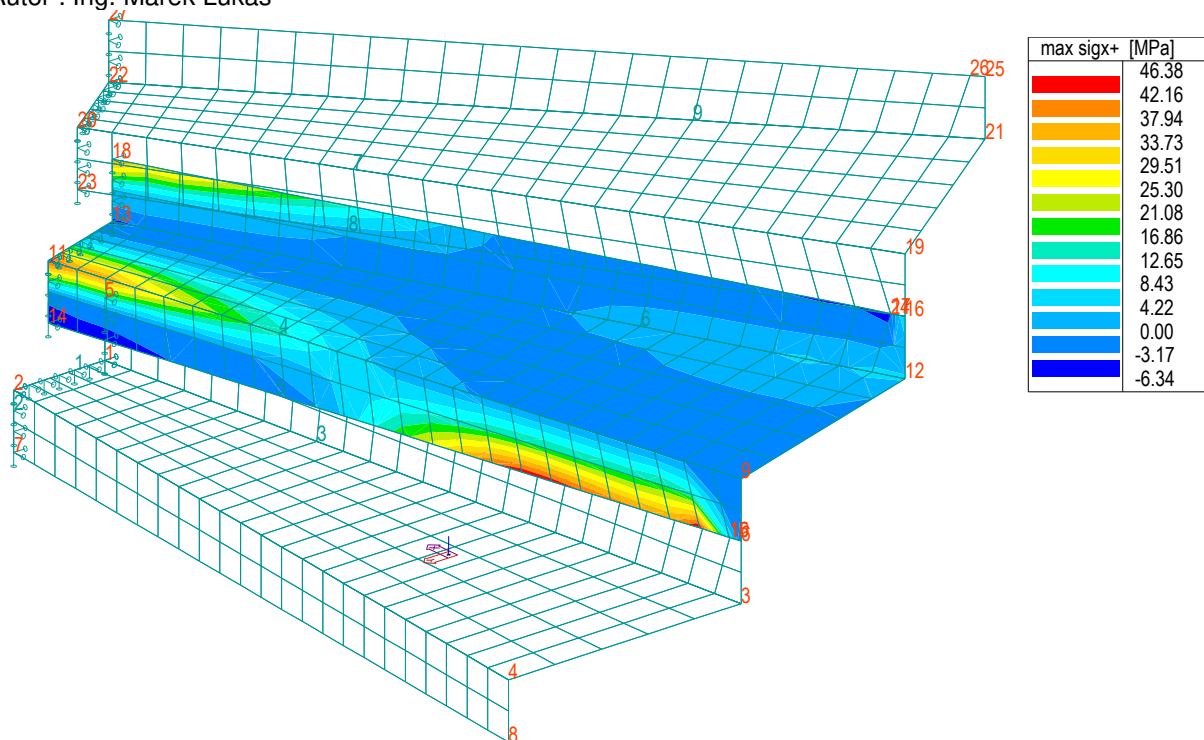
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

2. dubna 2024

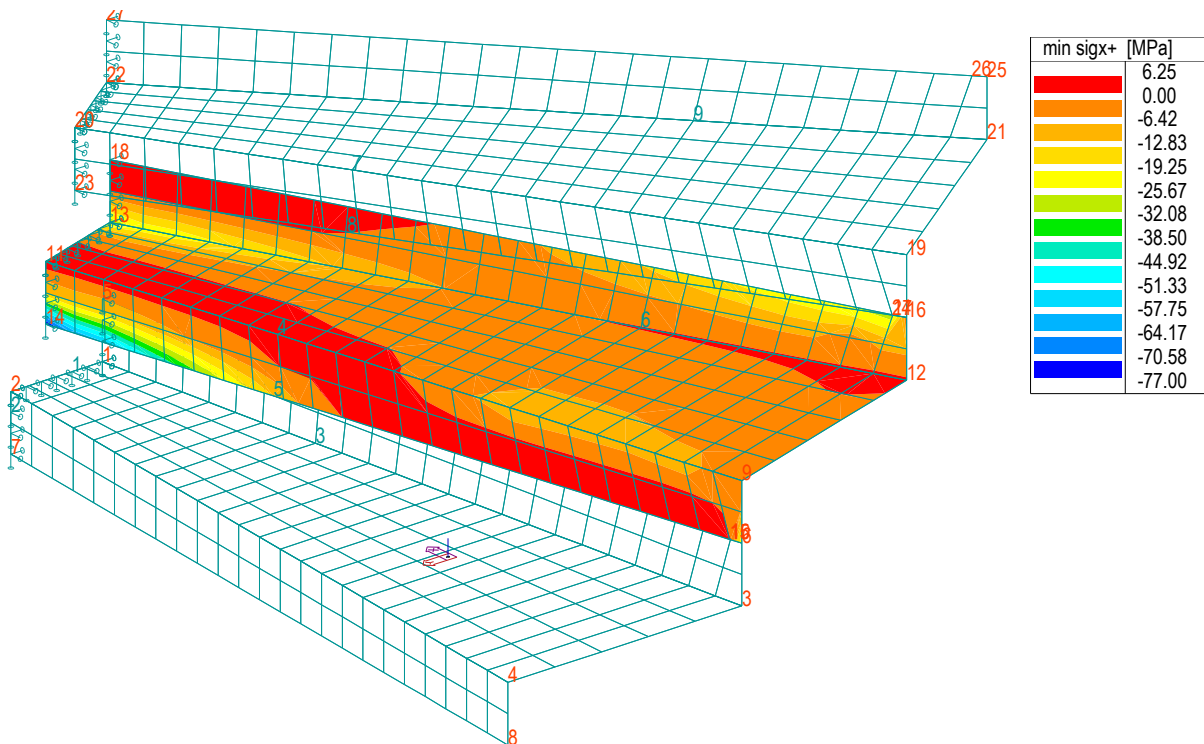
Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody venkovní - stupně 3D - var. IV

Autor : Ing. Marek Lukáš



Napětí - max sigx+ - Kombi FEM: 1/2



Napětí - min sigx+ - Kombi FEM: 1/2

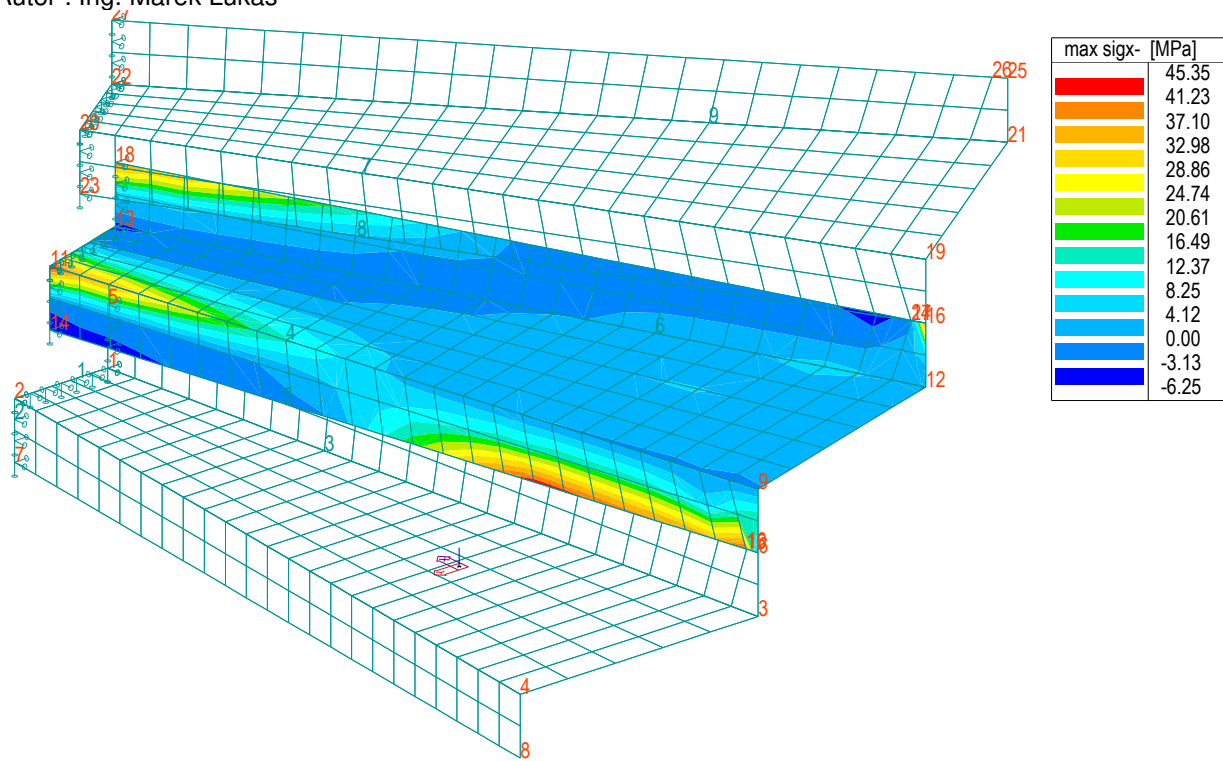
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

2. dubna 2024

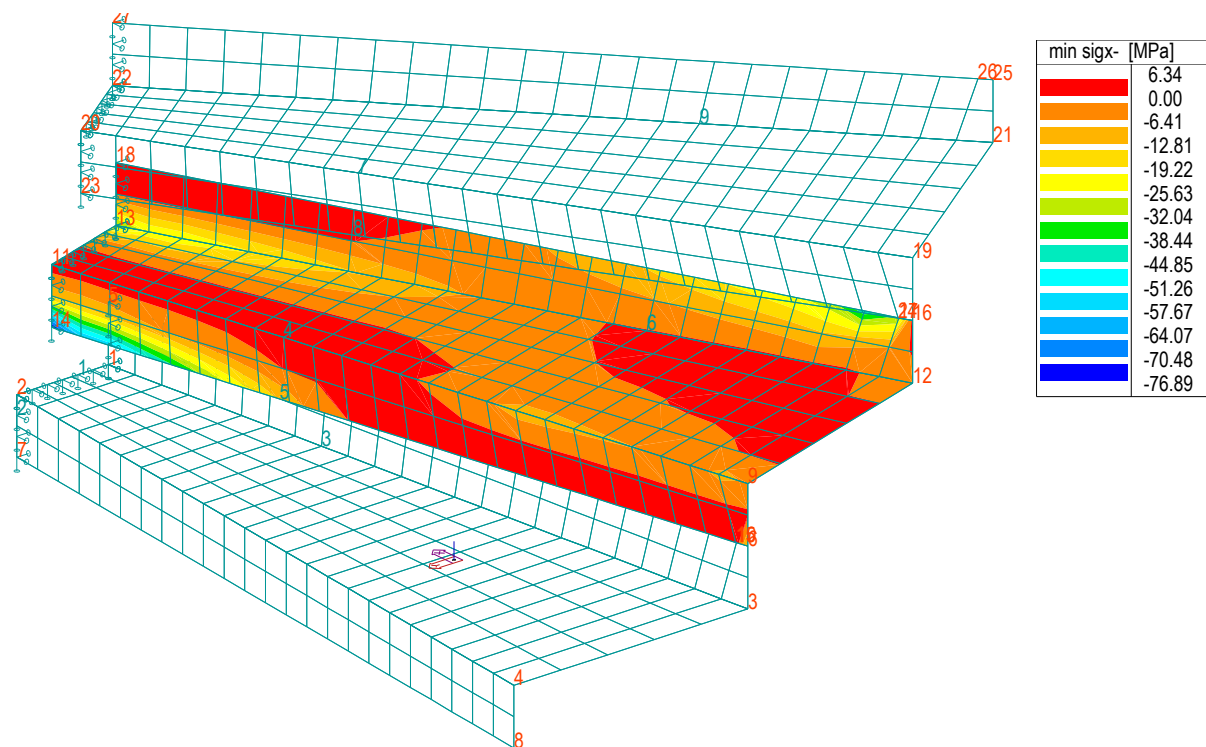
Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody venkovní - stupně 3D - var. IV

Autor : Ing. Marek Lukáš



Napětí - max sigx- - Kombi FEM: 1/2



Napětí - min sigx- - Kombi FEM: 1/2

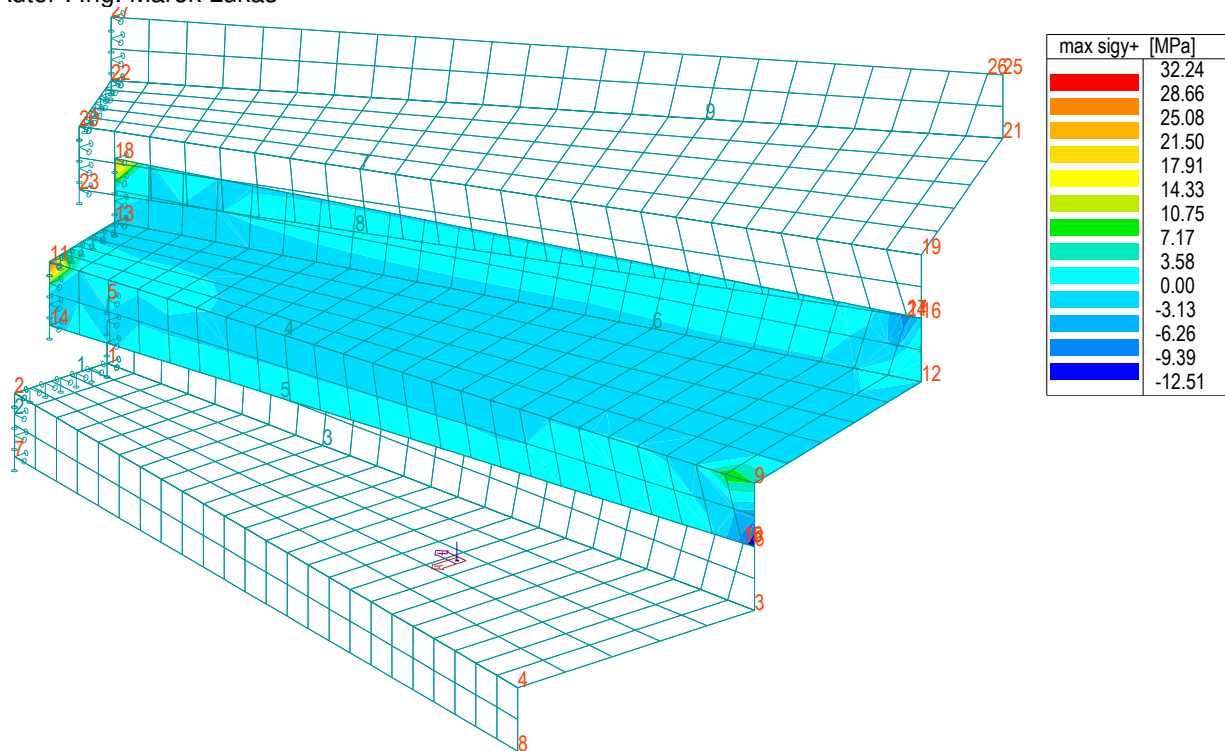
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

2. dubna 2024

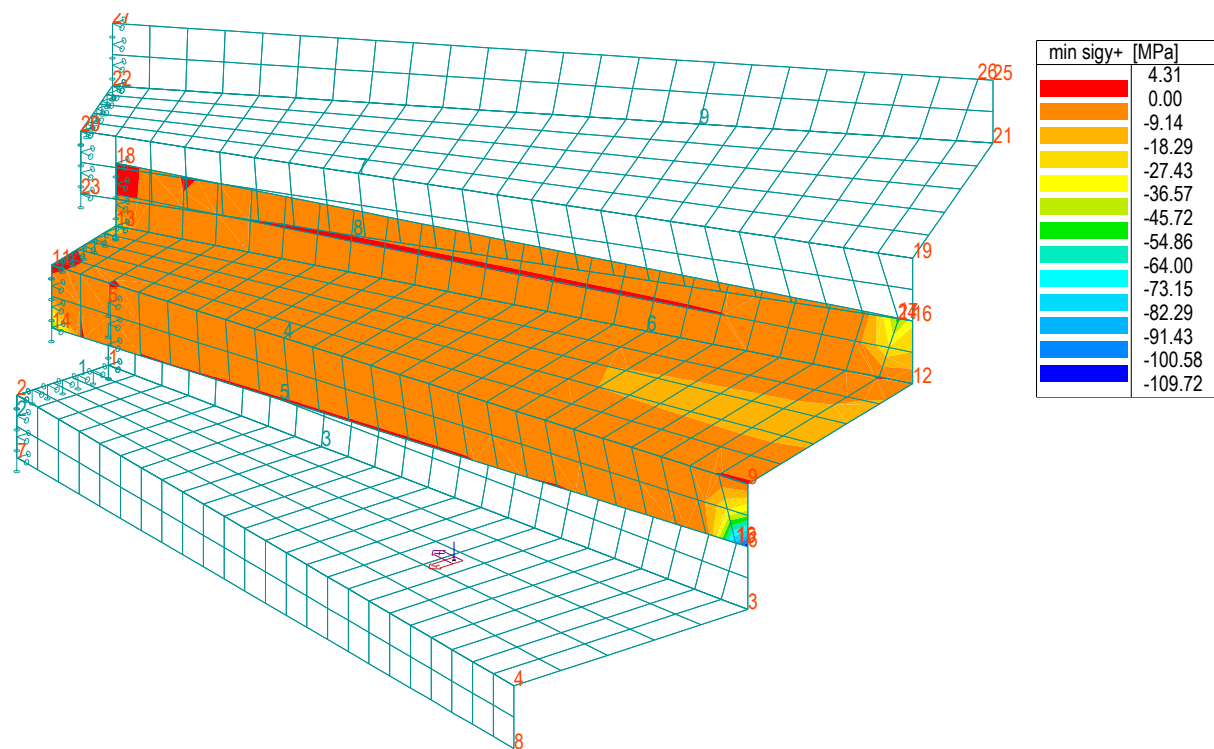
Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody venkovní - stupně 3D - var. IV

Autor : Ing. Marek Lukáš



Napětí - max sigy+ - Kombi FEM: 1/2



Napětí - min sigy+ - Kombi FEM: 1/2

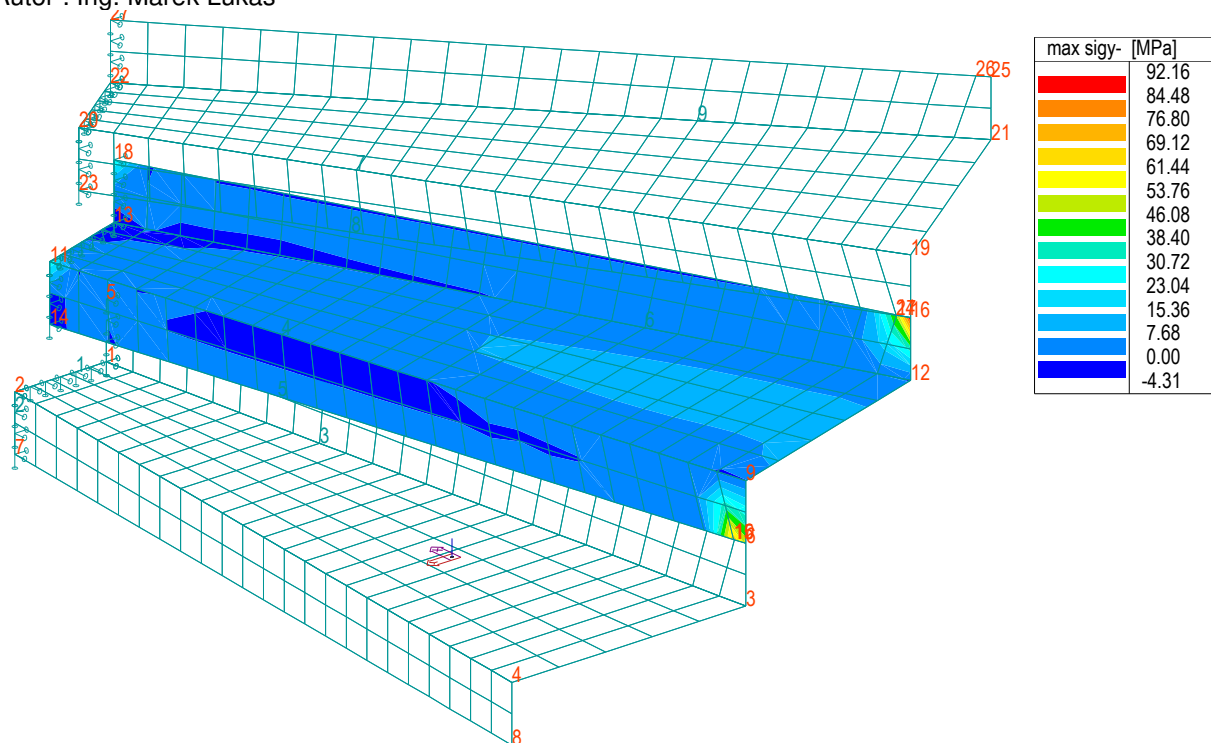
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

2. dubna 2024

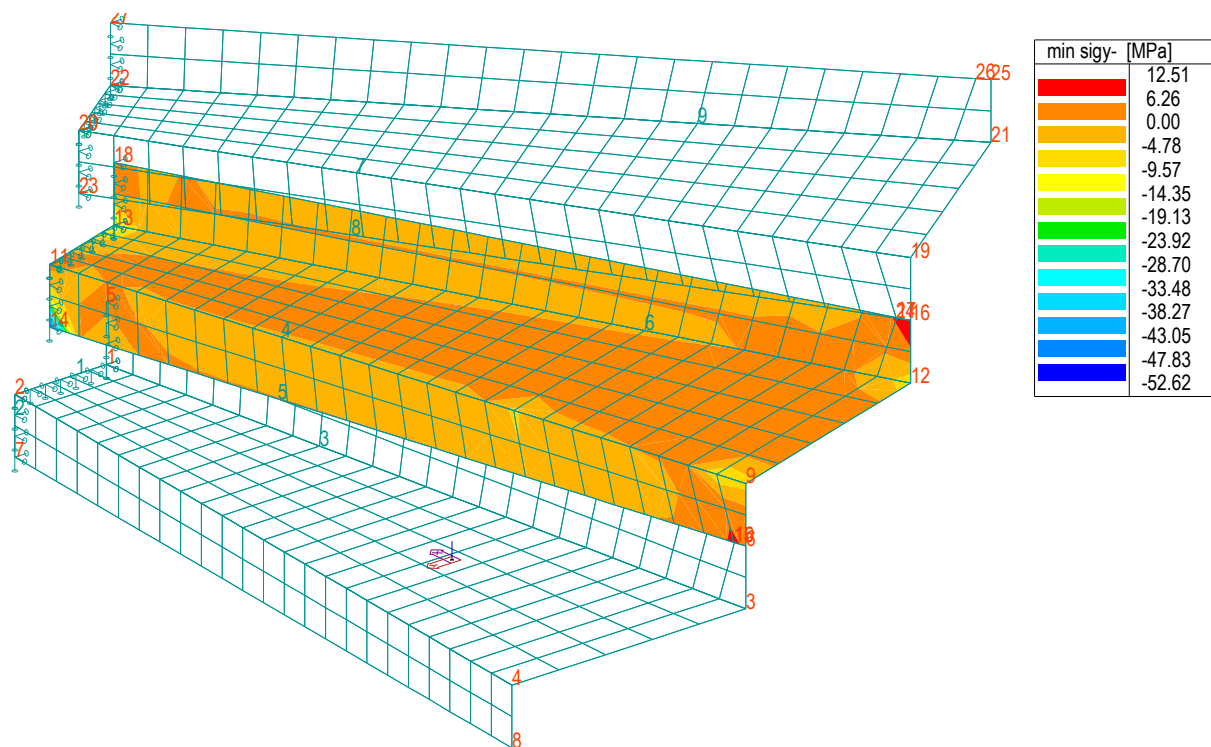
Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody venkovní - stupně 3D - var. IV

Autor : Ing. Marek Lukáš



Napětí - max sigy- - Kombi FEM: 1/2



Napětí - min sigy- - Kombi FEM: 1/2

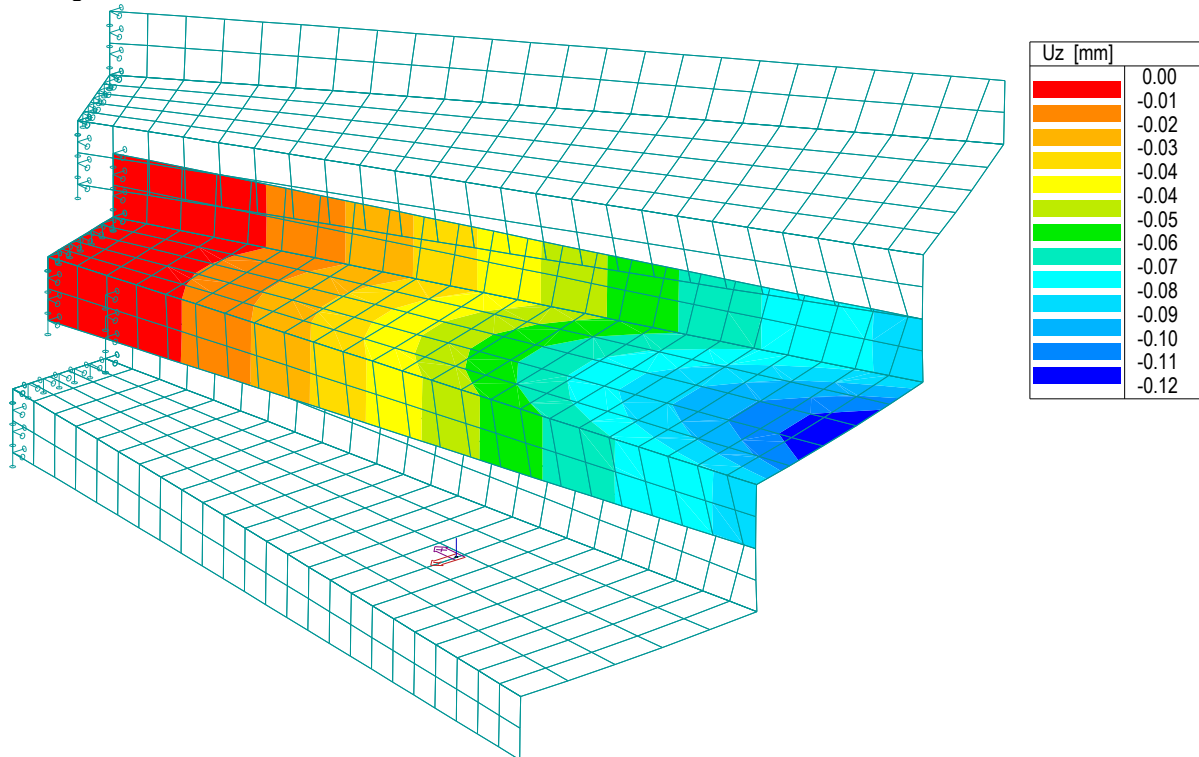
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

2. dubna 2024

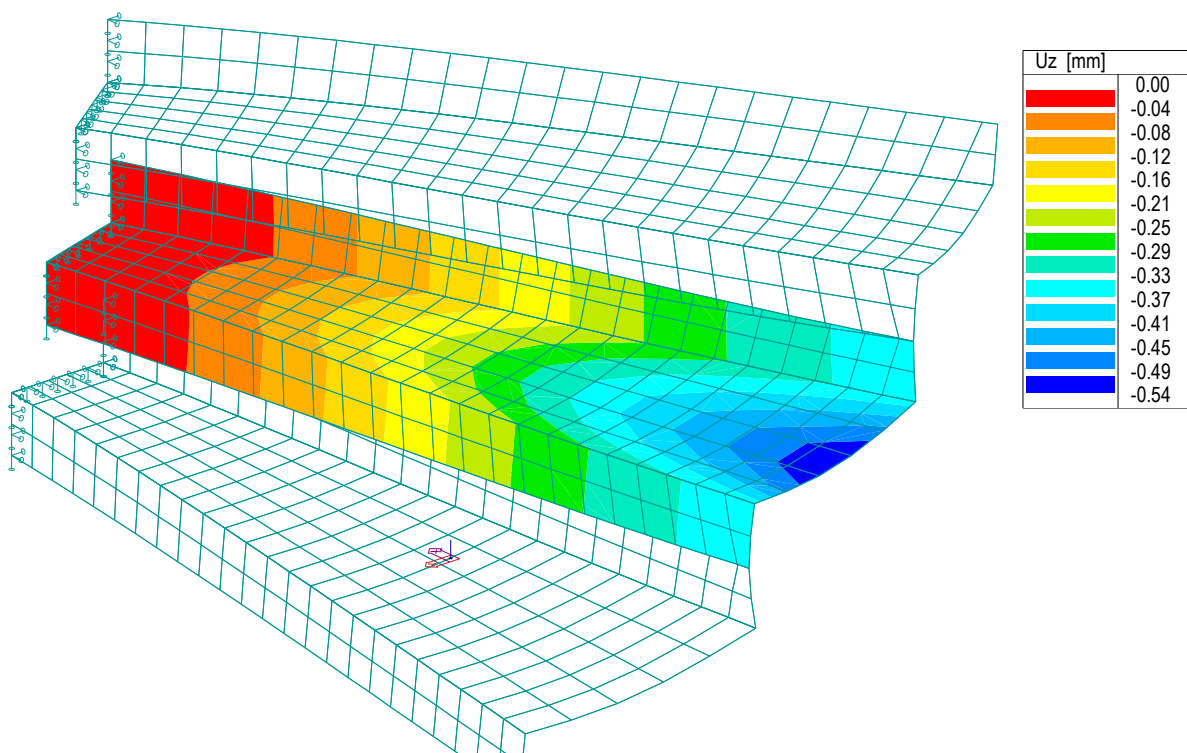
Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody venkovní - stupně 3D - var. IV

Autor : Ing. Marek Lukáš



Deformace - Uz - ZS: 1



Deformace - Uz - ZS: 2

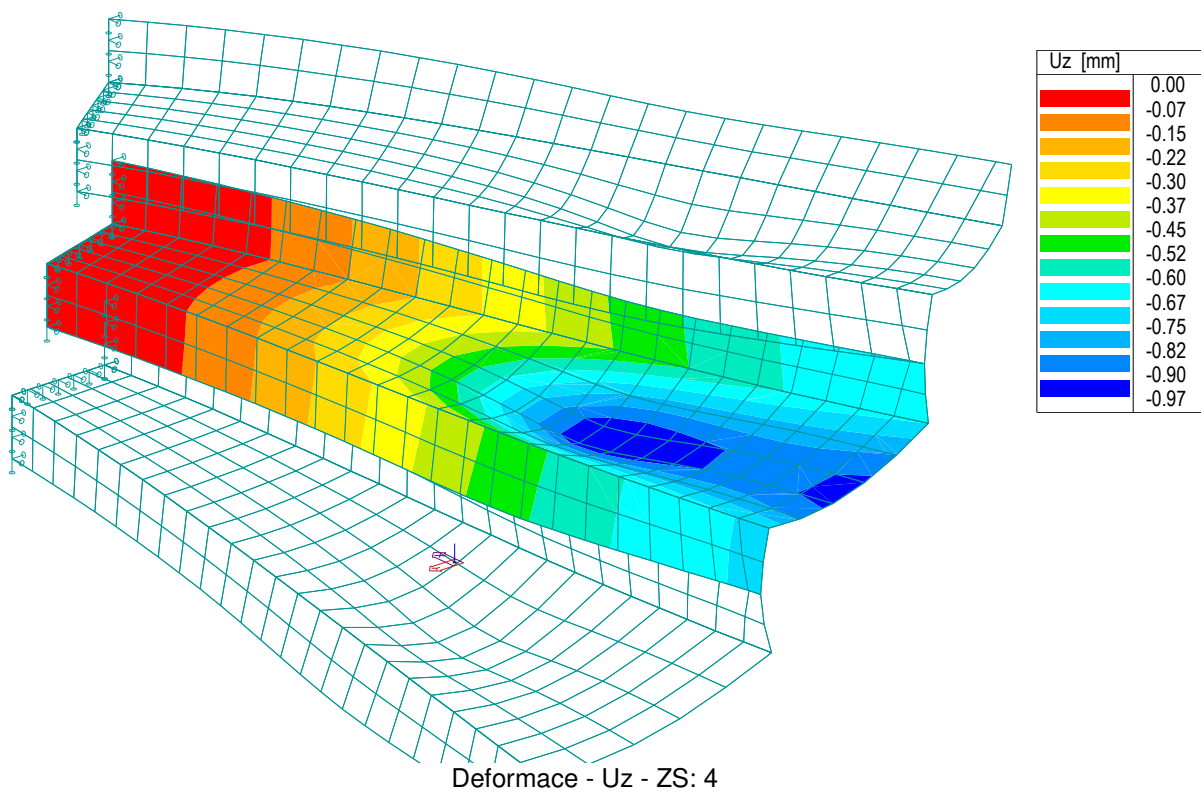
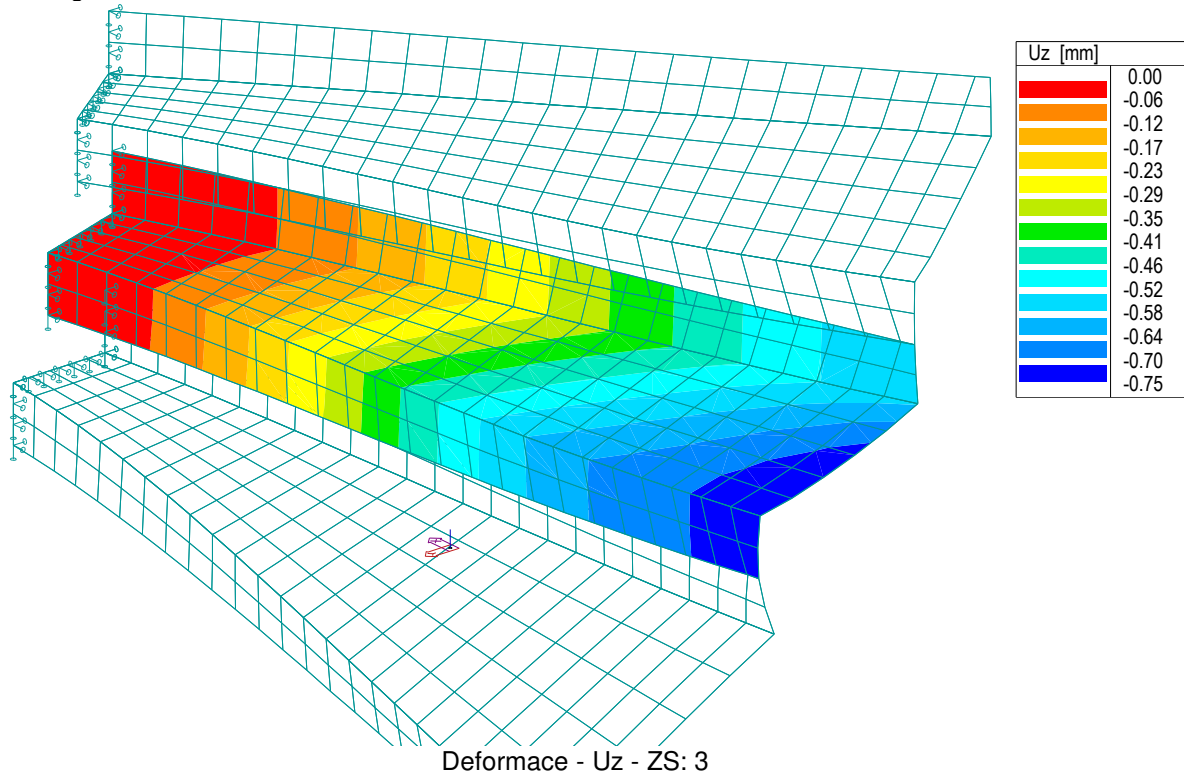
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

2. dubna 2024

Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody venkovní - stupně 3D - var. IV

Autor : Ing. Marek Lukáš



9.3. Schodiště Z2

Vřetenová schodiště Z2 mezi 3. až 5. NP a mezi 6. až 8. NP jsou tvořena vřetenem z trubky TR $\varnothing$ 140 x 8 mm a jednotlivými schodišťovými stupni a podestami z ohýbaného či svařovaného plechu tloušťky 8 mm.

Vřetenové schodiště Z2 bylo namodelováno v samostatném 3D modelu pomocí výpočetního softwaru NEXIS 32, pomocí kterého byl tento model zároveň spočítán i posouzen - viz následujících 8 stran, resp. strany 9.13 až 9.20.

Reakce od modelu obou vřetenových schodišť Z2 byly následně zadány jakožto zatížení do hlavního 3D-modelu celého vodojemu.

Avšak jednotlivé stupně venkovního schodiště Z2 byly v koordinaci s investorem namodelovány a spočítány ve více variantách, vždy jakožto samostatný dílčí detailní deskostěnový 3D-model v programu Nexis 32 - viz strany 9.21- 9.25, uvedena jen finální varianta.

I. i II. mezní stav vyhoví!

Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

27. února 2024

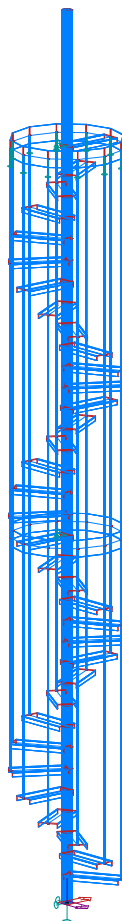
Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody Z2-3D

Autor : Ing. Marek Lukáš

Obsah

Schody Z2 - 3D model	
Schody Z2 - 3D model - čísla uzlů a prutů	
Napětí na prutech. Únos. kombi: 1/3	
Napětí na prutech. Únos. kombi : 1/3	
Napětí na prutech. Únos. kombi: 1/3	
Deformace - uz na prutech. Použ. kombi: 1/3	
Deformace - uz na prutech. Zat. stav: 3	
Deformace - uz na prutech. Zat. stav: 4	



Schody Z2 - 3D model

Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

27. února 2024

Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody Z2-3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Schody Z2 - 3D model - čísla uzlů a prutů

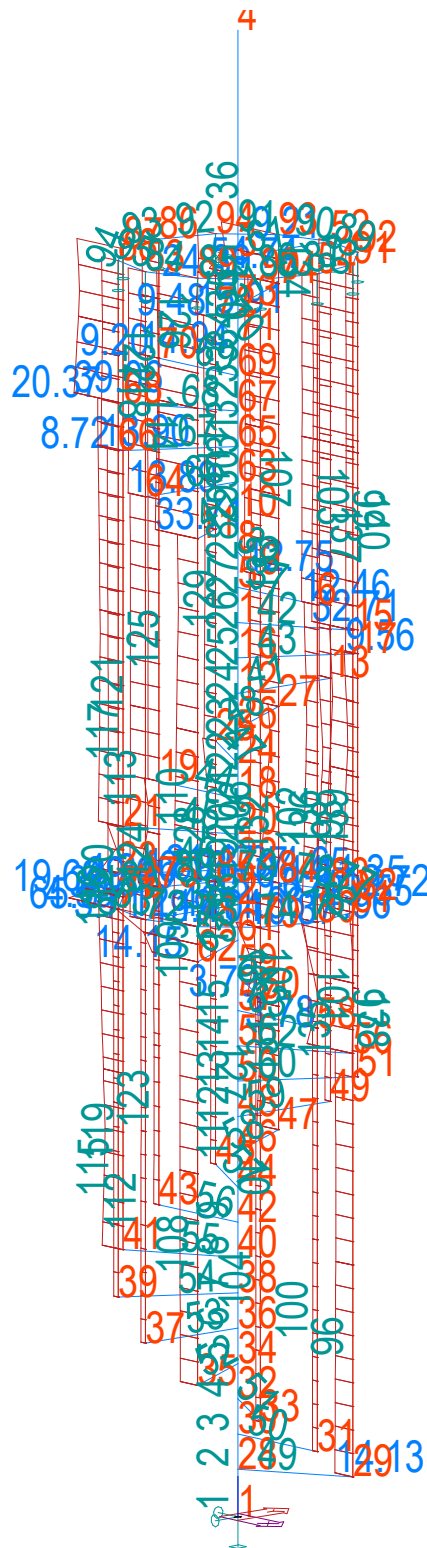
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

27. února 2024

Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody Z2-3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Napětí na prutech. Únos. kombi: 1/3

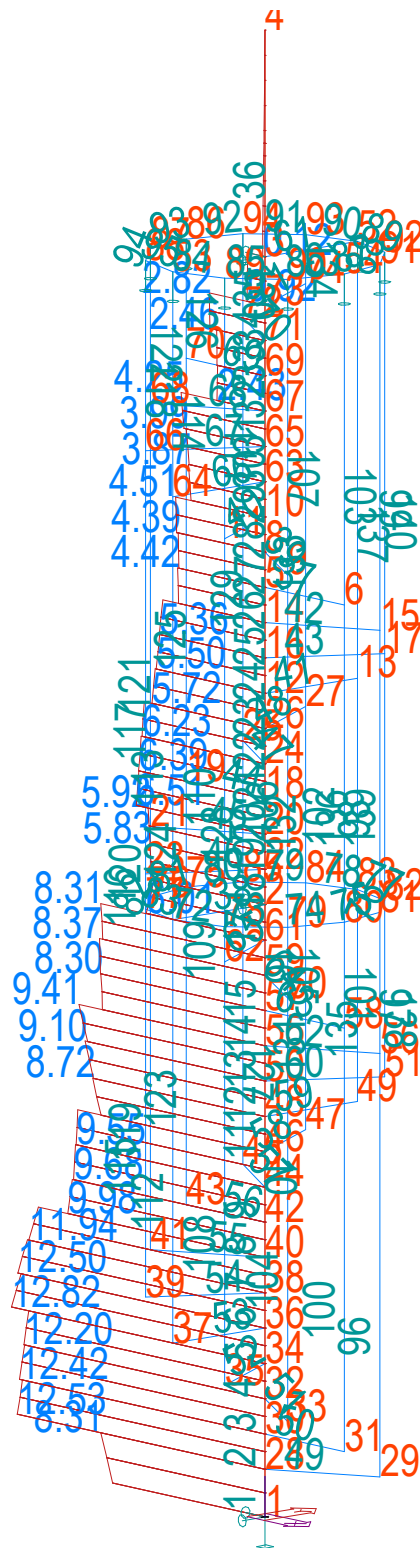
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

27. února 2024

Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody Z2-3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Napětí na prutech. Únos. kombi : 1/3

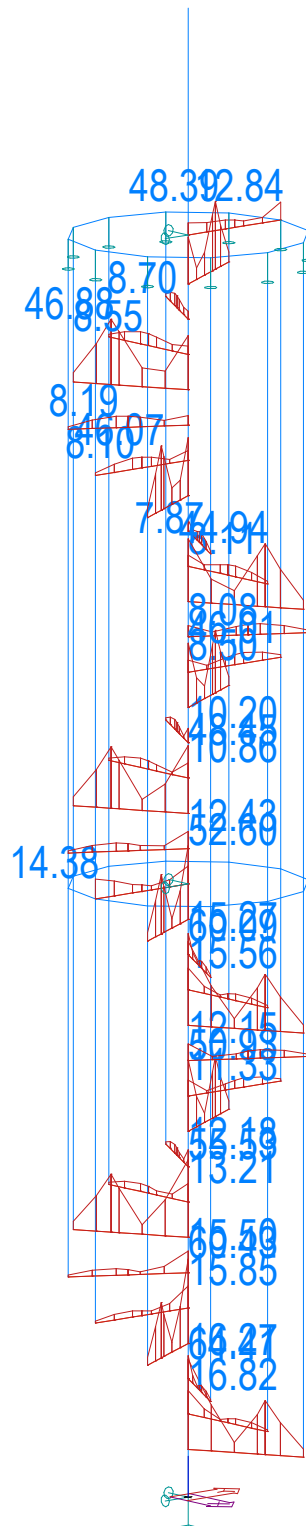
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

27. února 2024

Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody Z2-3D

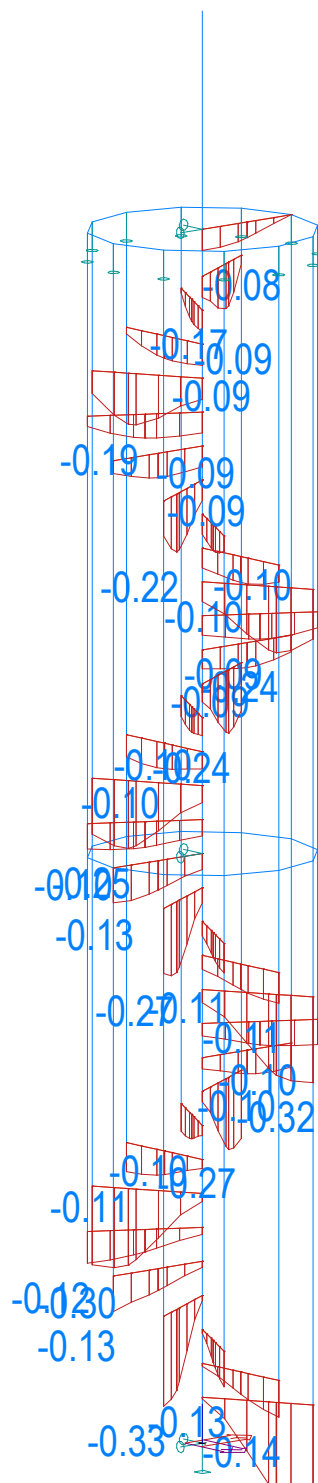
Autor : Ing. Marek Lukáš



Napětí na prutech. Únos. kombi: 1/3

27. února 2024

Popis : Schody Z2-3D
Autor : Ing. Marek Lukáš



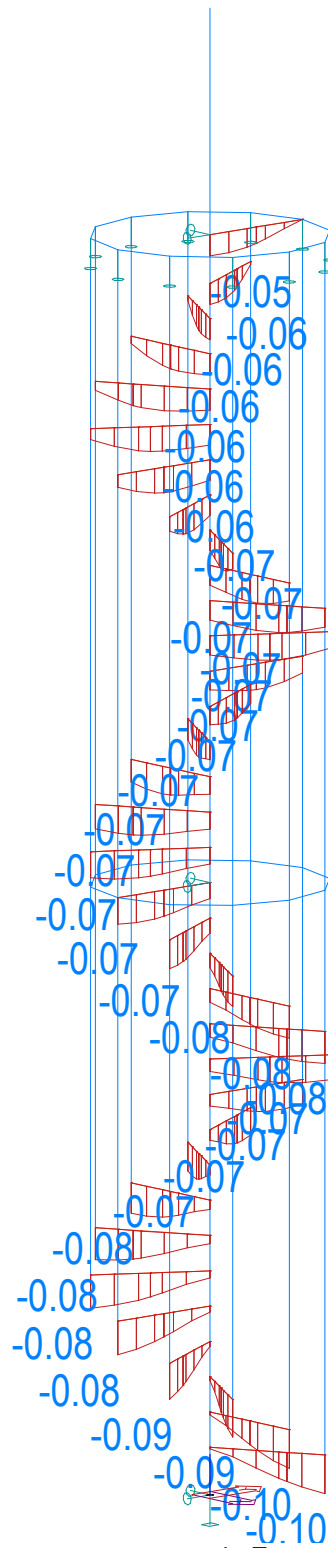
Strana: 6/8

27. února 2024

Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody Z2-3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Deformace - uz na prutech. Zat. stav: 3

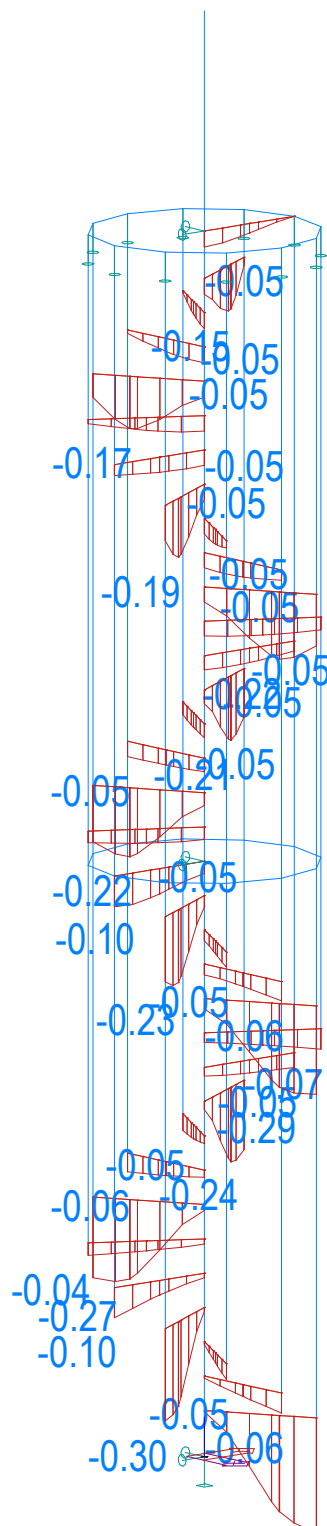
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

27. února 2024

Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody Z2-3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Deformace - uz na prutech. Zat. stav: 4

Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

27. února 2024

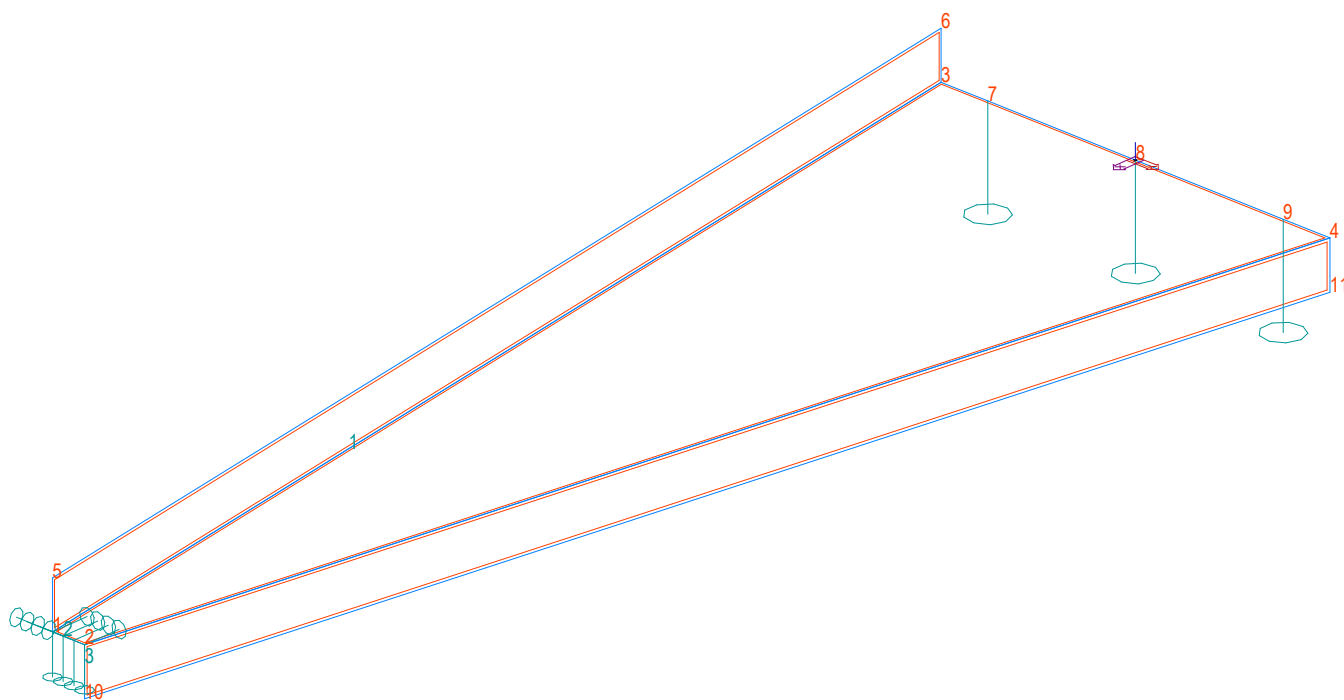
Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody Z2 - stupeň 3D

Autor : Ing. Marek Lukáš

Obsah

Schody_Z2_stupen_II_3D_240227 3D model stupně s výztuhami	
Napětí - max sig1+ - Kombi FEM: 1/2	
Napětí - max sig1- - Kombi FEM: 1/2	
Napětí - min sig2+ - Kombi FEM: 1/2	
Napětí - min sig2- - Kombi FEM: 1/2	
Deformace - Uz - ZS: 2	
Deformace - Uz - ZS: 3	
Deformace - Uz - ZS: 4	



Schody_Z2_stupen_II_3D_240227 3D model stupně s výztuhami

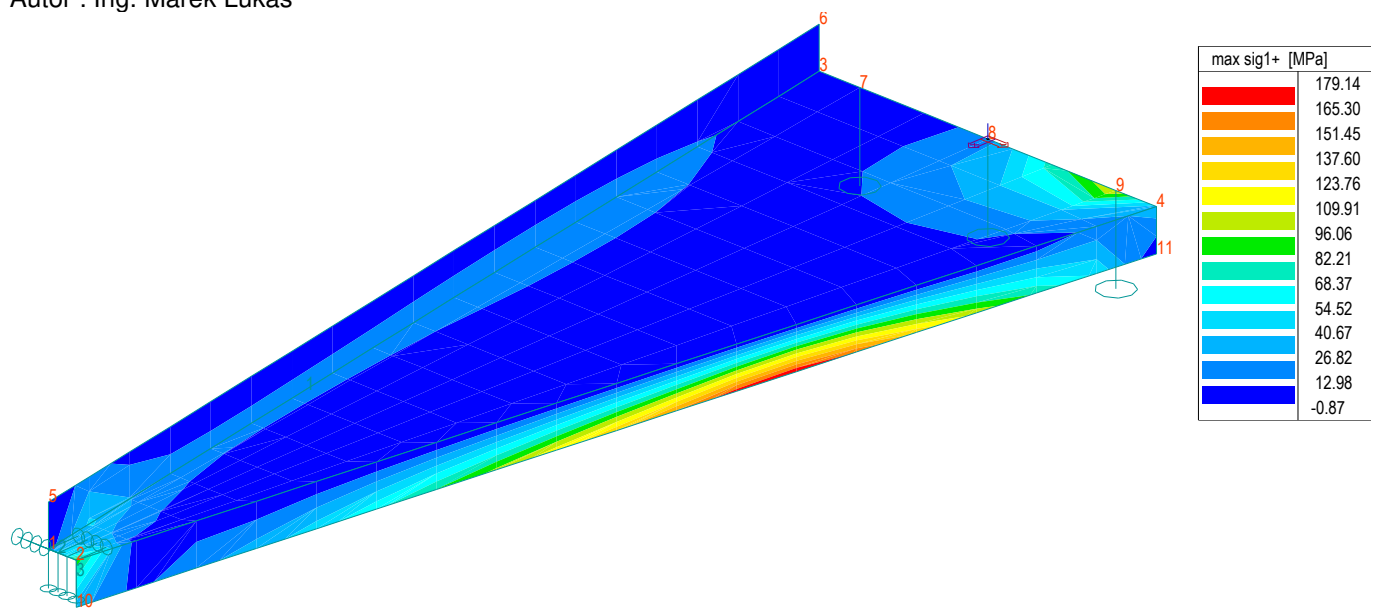
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

27. února 2024

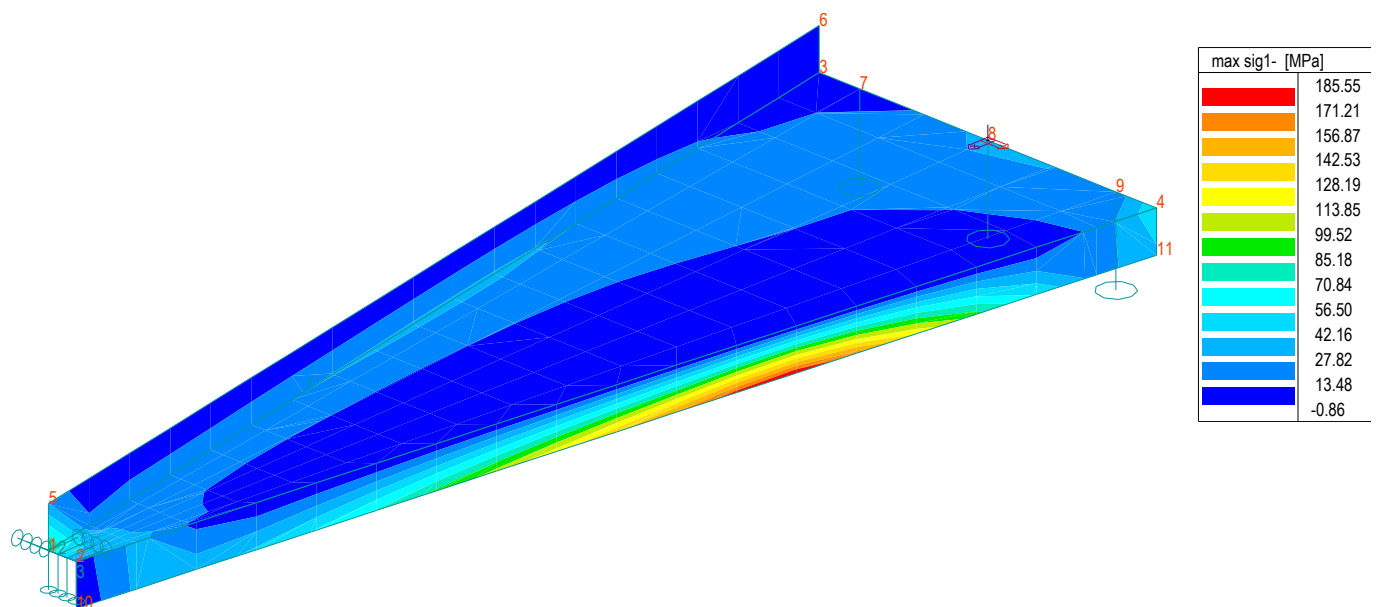
Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody Z2 - stupeň 3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Napětí - max sig1+ - Kombi FEM: 1/2



Napětí - max sig1- - Kombi FEM: 1/2

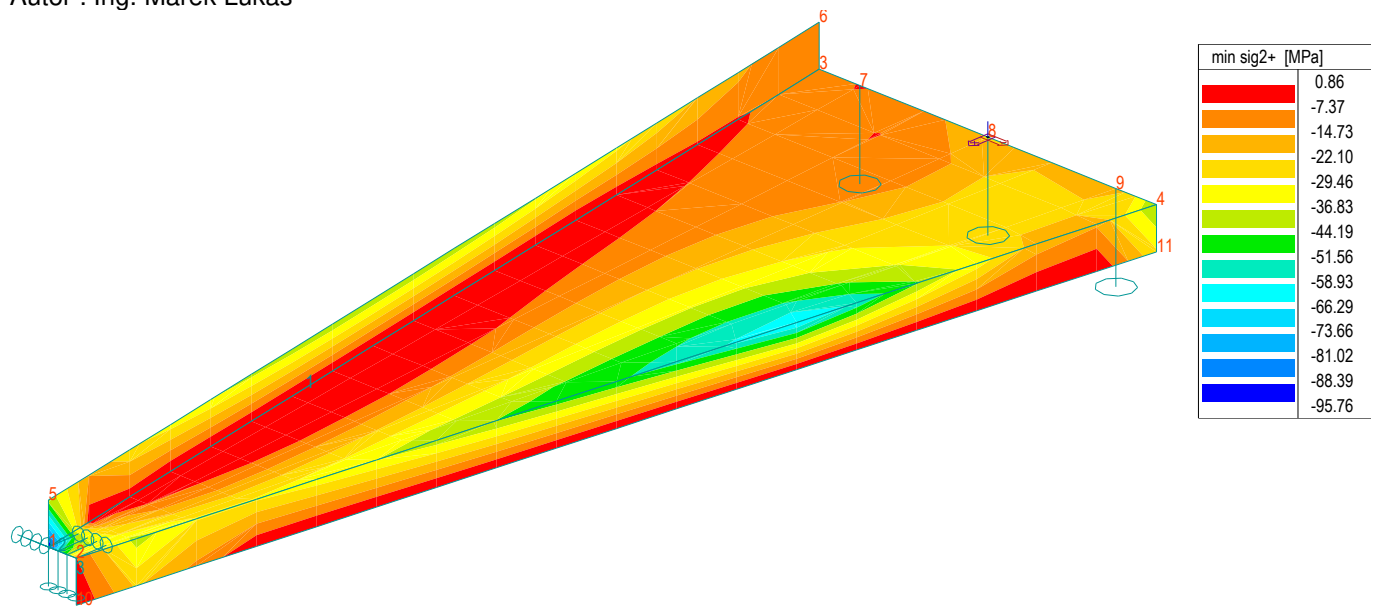
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

27. února 2024

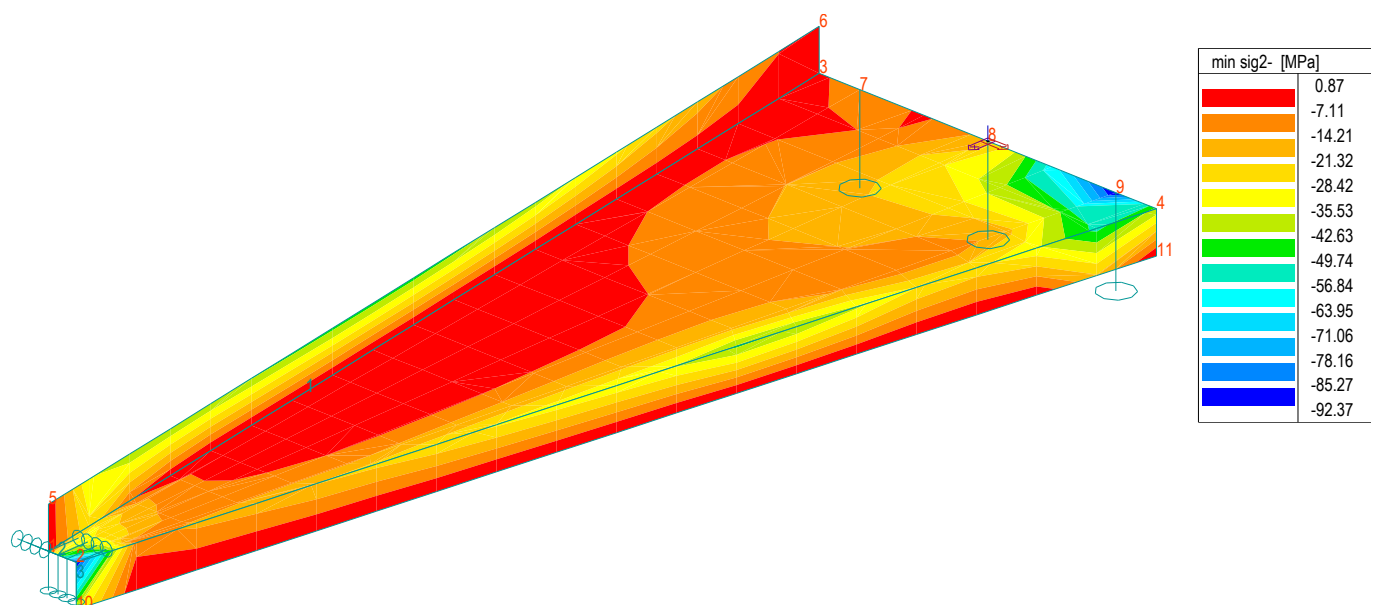
Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody Z2 - stupeň 3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Napětí - min sig2+ - Kombi FEM: 1/2



Napětí - min sig2- - Kombi FEM: 1/2

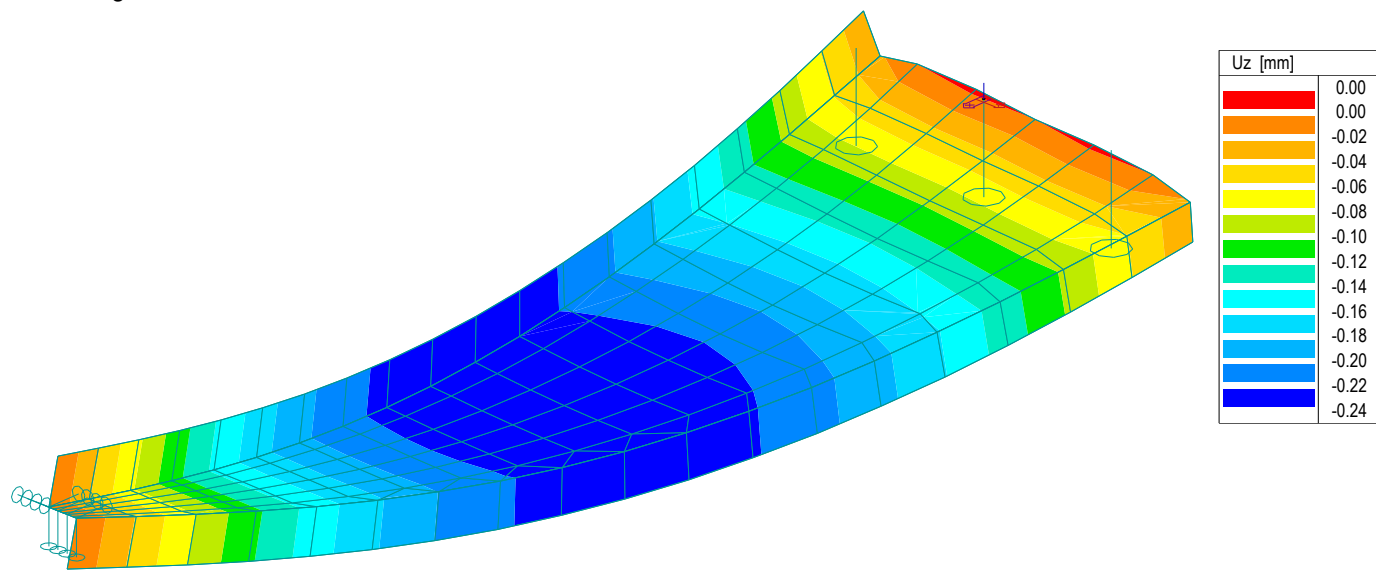
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

27. února 2024

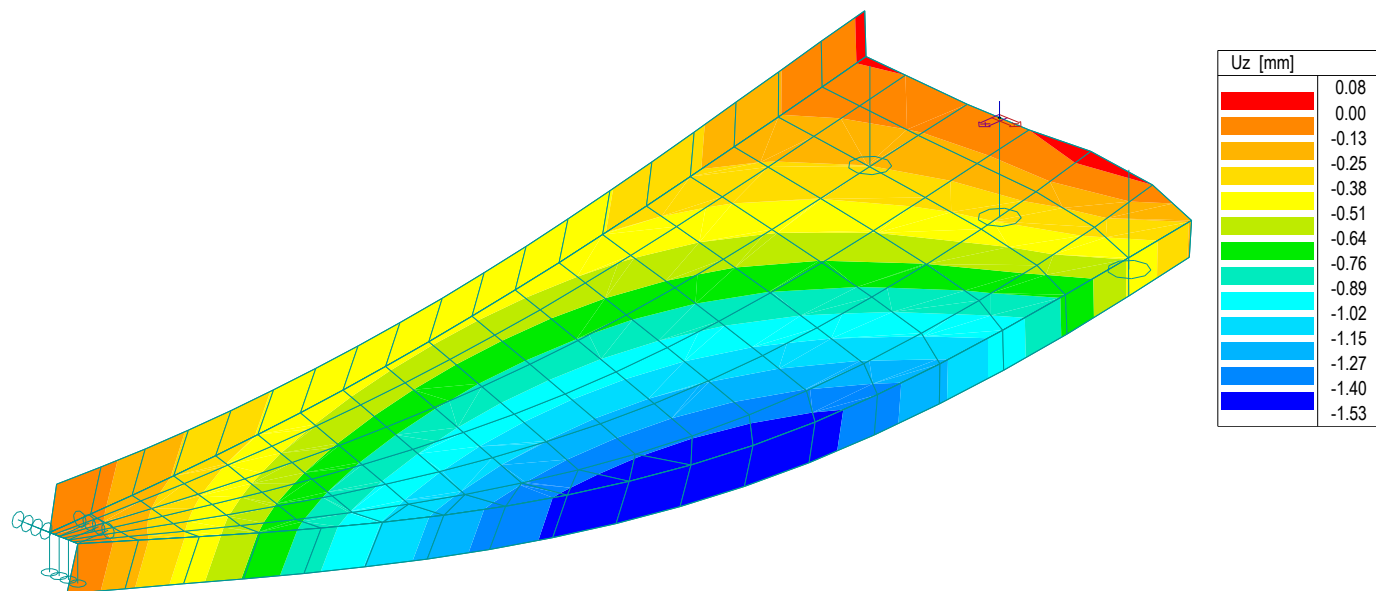
Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody Z2 - stupeň 3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Deformace - Uz - ZS: 2



Deformace - Uz - ZS: 3

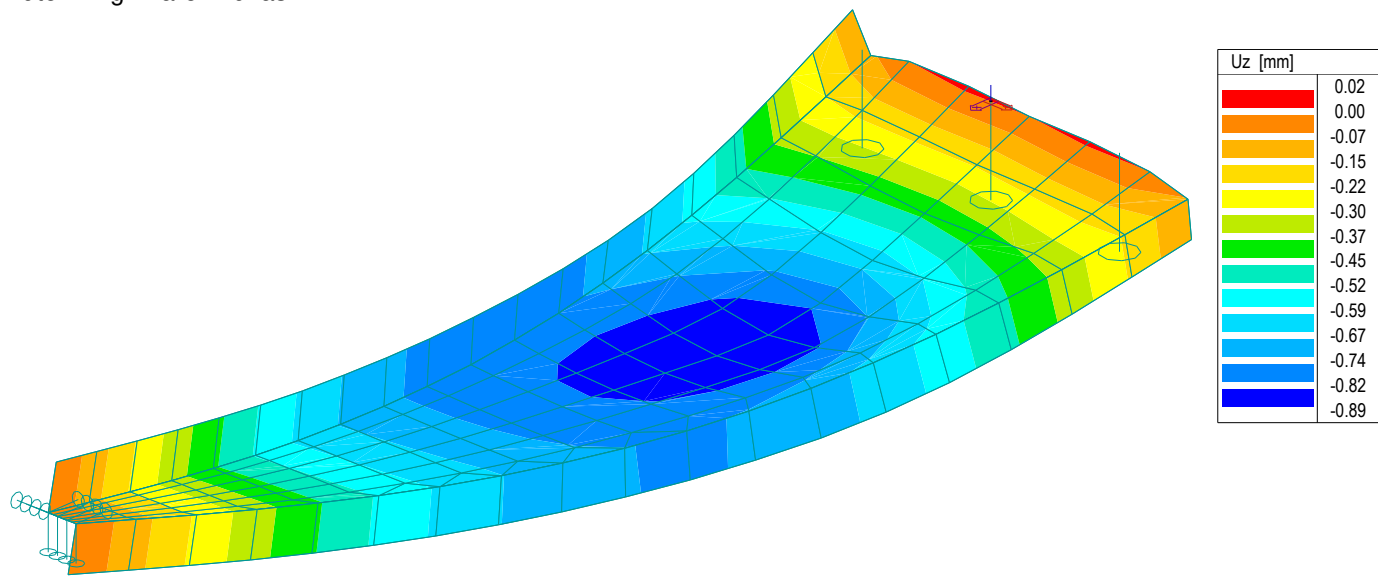
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

27. února 2024

Projekt : Vodárenská věž

Popis : Schody Z2 - stupeň 3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Deformace - Uz - ZS: 4

9.4. Schodiště Z3

Točité schodiště Z3 mezi 12. a 13. NP má schodnice navrženy ze skružených ocelových pásovin, vnitřní je z P 12 x 450 mm a vnější pak z P 12 x 1100 mm, přičemž tento vyšší plech tvoří zároveň vnější zábradlí, s horním ukotvením po celé výšce profilu k žb stěně vykonzolované z výtahové šachty. Jednotlivé stupně jsou navrženy jako korýtko z ohýbaného plech P 6 x 900 a výšky 56 mm, do kterého je pak vkládán finální dřevěný obklad stupnice.

Točité schodiště Z3 bylo namodelováno v samostatném 3D modelu pomocí výpočetního softwaru NEXIS 32, pomocí kterého byl tento model zároveň spočítán i posouzen - viz následujících 16 stran, resp. strany 9.27 až 9.42.

Reakce od modelu točitého schodiště Z3 byly následně zadány jakožto zatížení do hlavního 3D-modelu celého vodojemu.

Také točité schodiště Z3 bylo společně s investorem vyhodnocováno a následně zpětně donavrhováno v postupných krocích (zejména kvůli okrajovým podmínkám) tak, aby bylo docíleno schůdných reakcí na nosnou žb konstrukci a zároveň i vyhovujících deformací, samozřejmě s vidinou ekonomického návrhu průřezů.

I. i II. mezní stav vyhoví!

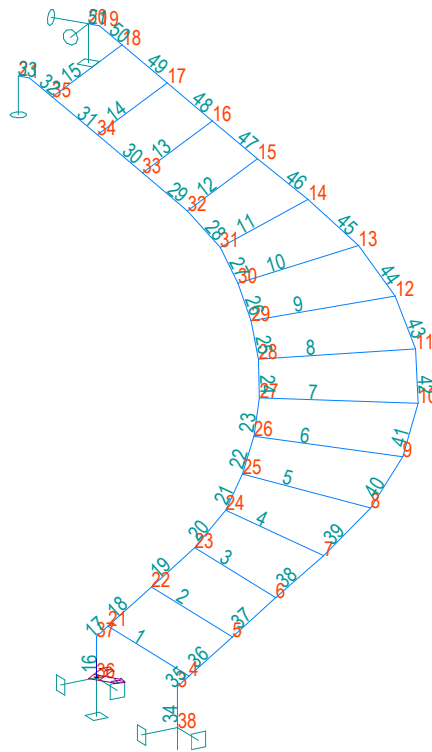
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

14. dubna 2024

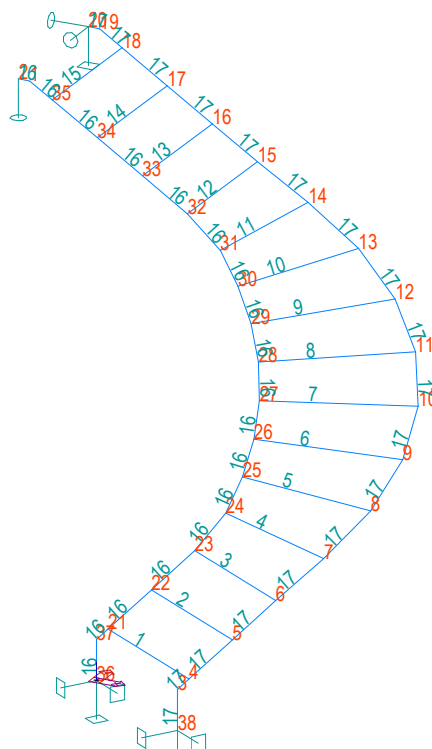
Projekt : Vodojem

Popis : Schody_Z3_3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



3D-model - čísla uzlů a prutů



3D-model - čísla uzlů a member

Projekt : Vodojem

Popis : Schody_Z3_3D

Autor : Ing. Marek Lukáš

Základní data

Typ konstrukce: Rám XYZ

Počet uzlů :	38	Počet maker 1D:	17	Počet 2D maker:	0	Počet stavů :	5
Počet prutů :	51	Počet linií :	0	Počet průřezů :	3	Počet materiálů:	1

Materiál

Jméno		
S 355		
	Pevnost v tahu	510.000 MPa
	Mez kluzu	355.000 MPa
	Modul E	210000.00 MPa
	Poissonův souč.	0.30
	Objemová hmotnost	0.000 kg/mm ³
	Roztažnost	1.2e-005 mm/mm.K

Výpis materiálu

Skupina prutů: 1/51

čís.	Jméno	jakost	jednotková hmotnost kg/mm	délka mm	váha kg
1	FLB450/10	S 355	0.04	4351.58	153.72
2	TTs (286,6,56,6,274)	S 355	0.02	13434.23	244.24
3	FLB1100/10	S 355	0.09	5888.38	508.46

Uzly

uzel	X mm	Y mm	Z mm
1	-1101	1422	2902
2	-1171	1422	2902
3	746	-503	244
4	788	-441	292
5	945	-209	472
6	1101	23	652
7	1263	309	832
8	1382	663	1012
9	1401	1037	1192
10	1320	1402	1372
11	1145	1733	1552
12	887	2004	1732
13	566	2197	1912

uzel	X mm	Y mm	Z mm
14	206	2297	2092
15	-121	2322	2272
16	-401	2322	2452
17	-681	2322	2632
18	-961	2322	2812
19	-1101	2322	2902
20	-1171	2322	2902
21	42	62	292
22	199	294	472
23	355	526	652
24	463	703	832
25	506	830	1012
26	513	963	1192

uzel	X mm	Y mm	Z mm
27	484	1094	1372
28	421	1212	1552
29	329	1308	1732
30	214	1377	1912
31	86	1413	2092
32	-121	1422	2272
33	-401	1422	2452
34	-681	1422	2632
35	-961	1422	2812
36	0	0	-0
37	0	0	244
38	746	-503	-0

Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

14. dubna 2024

Projekt : Vodojem

Popis : Schody_Z3_3D

Autor : Ing. Marek Lukáš

Pruty

makro	prut	uzel 1	uzel 2	délka mm	Rx deg	průřez	jakost
1	1	21	4	900	180.00	2 - TTs (286,6,56,6,274)	S 355
2	2	22	5	900	180.00	2 - TTs (286,6,56,6,274)	S 355
3	3	23	6	900	180.00	2 - TTs (286,6,56,6,274)	S 355
4	4	24	7	892	180.00	2 - TTs (286,6,56,6,274)	S 355
5	5	25	8	892	180.00	2 - TTs (286,6,56,6,274)	S 355
6	6	26	9	892	180.00	2 - TTs (286,6,56,6,274)	S 355
7	7	27	10	892	180.00	2 - TTs (286,6,56,6,274)	S 355
8	8	28	11	892	180.00	2 - TTs (286,6,56,6,274)	S 355
9	9	29	12	892	180.00	2 - TTs (286,6,56,6,274)	S 355
10	10	30	13	892	180.00	2 - TTs (286,6,56,6,274)	S 355
11	11	31	14	892	180.00	2 - TTs (286,6,56,6,274)	S 355
12	12	32	15	900	180.00	2 - TTs (286,6,56,6,274)	S 355
13	13	33	16	900	180.00	2 - TTs (286,6,56,6,274)	S 355
14	14	34	17	900	180.00	2 - TTs (286,6,56,6,274)	S 355
15	15	35	18	900	180.00	2 - TTs (286,6,56,6,274)	S 355
16	16	36	37	244	0.00	1 - FLB450/10	S 355
	17	37	21	89	90.00	1 - FLB450/10	S 355
	18	21	22	333	90.00	1 - FLB450/10	S 355
	19	22	23	333	90.00	1 - FLB450/10	S 355
	20	23	24	274	90.00	1 - FLB450/10	S 355
	21	24	25	224	90.00	1 - FLB450/10	S 355
	22	25	26	224	90.00	1 - FLB450/10	S 355
	23	26	27	224	90.00	1 - FLB450/10	S 355
	24	27	28	224	90.00	1 - FLB450/10	S 355
	25	28	29	224	90.00	1 - FLB450/10	S 355
	26	29	30	224	90.00	1 - FLB450/10	S 355
	27	30	31	224	90.00	1 - FLB450/10	S 355
	28	31	32	274	90.00	1 - FLB450/10	S 355
	29	32	33	333	90.00	1 - FLB450/10	S 355
	30	33	34	333	90.00	1 - FLB450/10	S 355
	31	34	35	333	90.00	1 - FLB450/10	S 355
	32	35	1	166	90.00	1 - FLB450/10	S 355
	33	1	2	70	90.00	1 - FLB450/10	S 355
17	34	38	3	244	0.00	3 - FLB1100/10	S 355
	35	3	4	89	90.00	3 - FLB1100/10	S 355
	36	4	5	333	90.00	3 - FLB1100/10	S 355
	37	5	6	333	90.00	3 - FLB1100/10	S 355
	38	6	7	374	90.00	3 - FLB1100/10	S 355
	39	7	8	415	90.00	3 - FLB1100/10	S 355
	40	8	9	415	90.00	3 - FLB1100/10	S 355
	41	9	10	415	90.00	3 - FLB1100/10	S 355
	42	10	11	415	90.00	3 - FLB1100/10	S 355
	43	11	12	415	90.00	3 - FLB1100/10	S 355
	44	12	13	415	90.00	3 - FLB1100/10	S 355

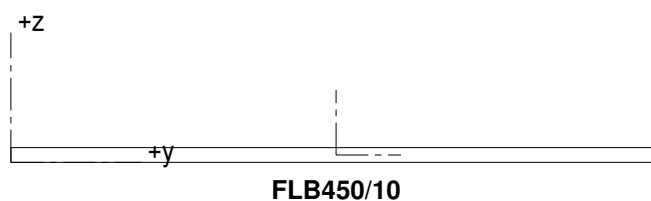
Projekt : Vodojem

Popis : Schody_Z3_3D

Autor : Ing. Marek Lukáš

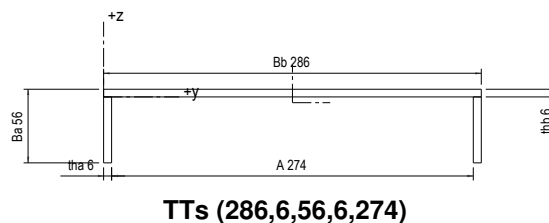
makro	prut	uzel 1	uzel 2	délka mm	Rx deg	průřez	jakost
	45	13	14	415	90.00	3 - FLB1100/10	S 355
	46	14	15	374	90.00	3 - FLB1100/10	S 355
	47	15	16	333	90.00	3 - FLB1100/10	S 355
	48	16	17	333	90.00	3 - FLB1100/10	S 355
	49	17	18	333	90.00	3 - FLB1100/10	S 355
	50	18	19	166	90.00	3 - FLB1100/10	S 355
	51	19	20	70	90.00	3 - FLB1100/10	S 355

Průřezy



Průřez č. 1 - FLB450/10

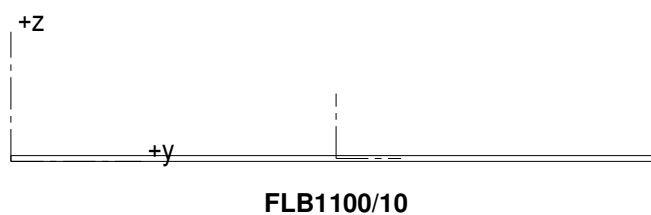
Materiál : 3 - S 355



Průřez č. 2 - TTs (286,6,56,6,274)

Materiál : 3 - S 355

1	P6/286 - S 355
2	P6/50 - S 355
3	P6/50 - S 355



Průřez č. 3 - FLB1100/10

Materiál : 3 - S 355

Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

14. dubna 2024

Projekt : Vodojem

Popis : Schody_Z3_3D

Autor : Ing. Marek Lukáš

Podpory

podpora	uzel	typ	rot deg	Velikost mm
1	2	Z		200.00
2	20	XYZRz		200.00

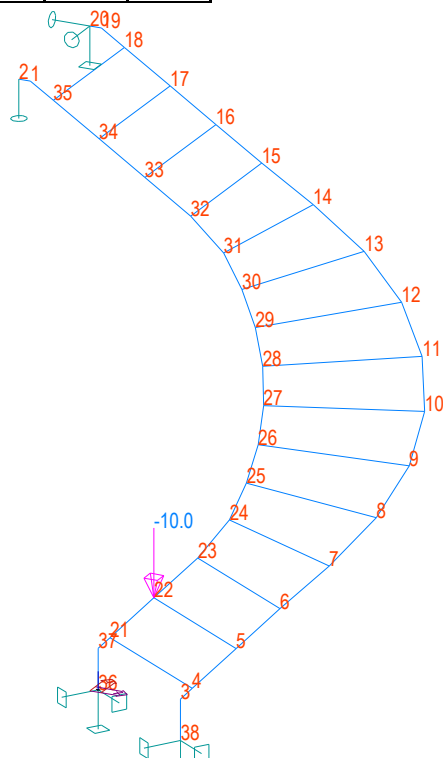
podpora	uzel	typ	rot deg	Velikost mm
3	36	XYZRxRyRz	Rz =56.00	200.00
4	38	XYZRxRyRz	Rz =56.00	200.00

Zatěžovací stavy

Stav	Jméno	souč.	Popis
1	VI.tíha - charakteristické	1.35	Vlastní váha. Směr -Z
2	Stálé - charakteristické	1.35	Stálé - Zatížení
3	Užitné - bodové - charakteristické	1.50	Nahodilé - 1
4	Užitné - bodové 2 - charakteristické	1.50	Nahodilé - 1
5	Užitné - linie - charakteristické	1.50	Nahodilé - 1

Zatěžovací stav čís. 3 - uzlová zatížení

uzel	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
22	0.00	0.00	-10.00	0.00	0.00	0.00



Síly v uzlech. Zatěžovací stav - 3

Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

14. dubna 2024

Projekt : Vodojem

Popis : Schody_Z3_3D

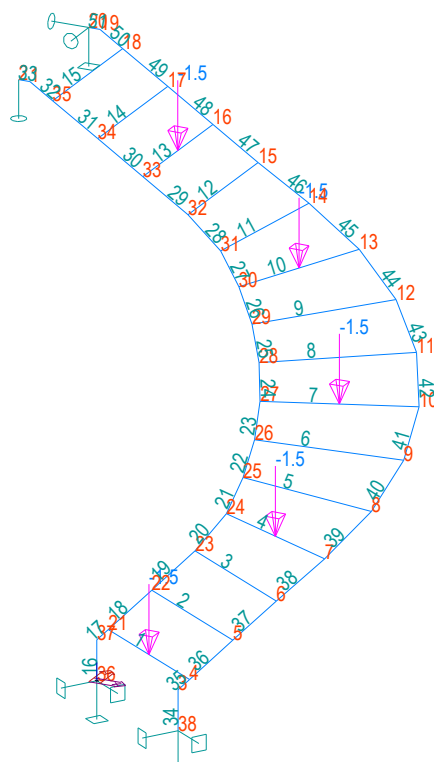
Autor : Ing. Marek Lukáš

Zatěžovací stav čís. 3 - osamělá zatížení

prut	typ	dx mm	exY mm	exZ mm		X	Y	Z
1	síla kN	0.50 rel	0.00	0.00	glo	0.00	0.00	-1.50
4	síla kN	0.50 rel	0.00	0.00	glo	0.00	0.00	-1.50
7	síla kN	0.50 rel	0.00	0.00	glo	0.00	0.00	-1.50
10	síla kN	0.50 rel	0.00	0.00	glo	0.00	0.00	-1.50
13	síla kN	0.50 rel	0.00	0.00	glo	0.00	0.00	-1.50

Zatěžovací stav čís. 4 - osamělá zatížení

prut	typ	dx mm	exY mm	exZ mm		X	Y	Z
8	síla kN	0.67 rel	0.00	0.00	glo	0.00	0.00	-1.50



Osamělá zatížení. Zatěžovací stav - 3

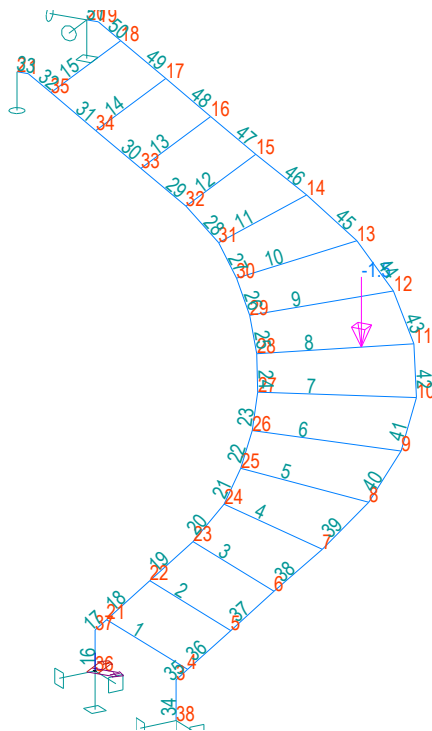
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

14. dubna 2024

Projekt : Vodojem

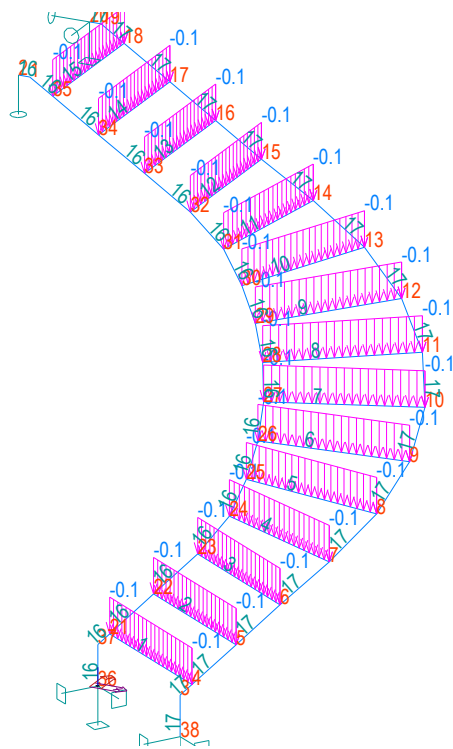
Popis : Schody_Z3_3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Osamělá zatížení. Zatěžovací stav - 4

Spojité zatížení



Spojité zatížení. Zatěžovací stav - 2

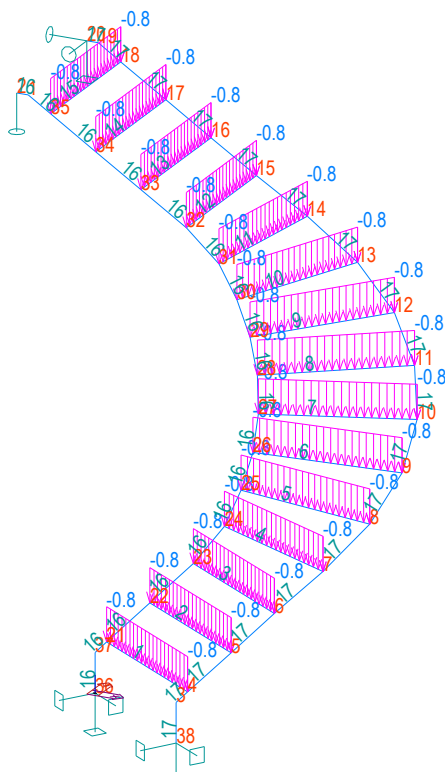
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

14. dubna 2024

Projekt : Vodojem

Popis : Schody_Z3_3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Spojitá zatížení. Zatěžovací stav - 5

Kombinace

Kombi	Norma	Stav	souč.
1.	ČSN - únosnost	1 VI.tíha - charakteristické	1.00
		2 Stálé - charakteristické	1.00
		3 Užitné - bodové - charakteristické	1.00
2.		1 VI.tíha - charakteristické	1.00
		2 Stálé - charakteristické	1.00
		4 Užitné - bodové 2 - charakteristické	1.00
3.		1 VI.tíha - charakteristické	1.00
		2 Stálé - charakteristické	1.00
		5 Užitné - linie - charakteristické	1.00
4.	ČSN - použitelnost	1 VI.tíha - charakteristické	1.00
		2 Stálé - charakteristické	1.00
		3 Užitné - bodové - charakteristické	1.00
5.		1 VI.tíha - charakteristické	1.00
		2 Stálé - charakteristické	1.00
		4 Užitné - bodové 2 - charakteristické	1.00
6.		1 VI.tíha - charakteristické	1.00
		2 Stálé - charakteristické	1.00
		5 Užitné - linie - charakteristické	1.00

Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

14. dubna 2024

Projekt : Vodojem

Popis : Schody_Z3_3D

Autor : Ing. Marek Lukáš

Základní pravidla pro generování kombinací na únosnost.

- 1 : $1.35 \cdot ZS1 / 1.35 \cdot ZS2$
- 2 : $1.35 \cdot ZS1 / 1.35 \cdot ZS2 / 1.50 \cdot ZS3$
- 3 : $1.35 \cdot ZS1 / 1.35 \cdot ZS2$
- 4 : $1.35 \cdot ZS1 / 1.35 \cdot ZS2 / 1.50 \cdot ZS4$
- 5 : $1.35 \cdot ZS1 / 1.35 \cdot ZS2$
- 6 : $1.35 \cdot ZS1 / 1.35 \cdot ZS2 / 1.50 \cdot ZS5$

Základní pravidla pro generování kombinací na použitelnost.

- 1 : $1.00 \cdot ZS1 / 1.00 \cdot ZS2$
- 2 : $1.00 \cdot ZS1 / 1.00 \cdot ZS2 / 1.00 \cdot ZS3$
- 3 : $1.00 \cdot ZS1 / 1.00 \cdot ZS2$
- 4 : $1.00 \cdot ZS1 / 1.00 \cdot ZS2 / 1.00 \cdot ZS4$
- 5 : $1.00 \cdot ZS1 / 1.00 \cdot ZS2$
- 6 : $1.00 \cdot ZS1 / 1.00 \cdot ZS2 / 1.00 \cdot ZS5$

Výpis všech zatěží. kombinací na únosnost

- 1/ 1 : $+1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2$
- 2/ 2 : $+1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.50 \cdot ZS3$
- 3/ 4 : $+1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.50 \cdot ZS4$
- 4/ 6 : $+1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.50 \cdot ZS5$

Výpis všech zatěží. kombinací na použitelnost

- 1/ 1 : $+1.00 \cdot ZS1 + 1.00 \cdot ZS2$
- 2/ 2 : $+1.00 \cdot ZS1 + 1.00 \cdot ZS2 + 1.00 \cdot ZS3$
- 3/ 4 : $+1.00 \cdot ZS1 + 1.00 \cdot ZS2 + 1.00 \cdot ZS4$
- 4/ 6 : $+1.00 \cdot ZS1 + 1.00 \cdot ZS2 + 1.00 \cdot ZS5$

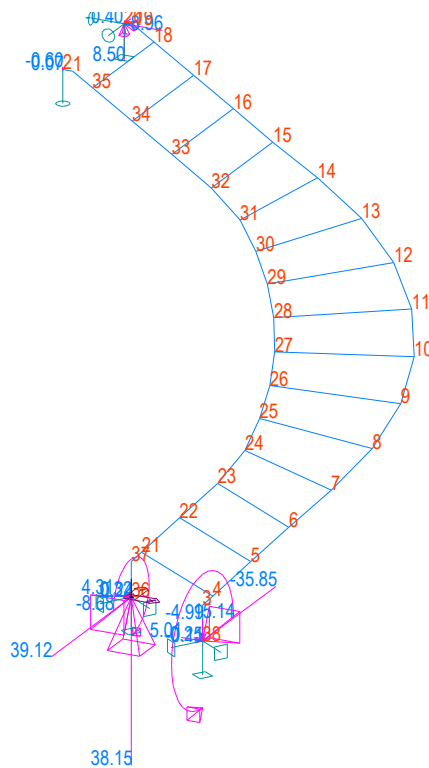
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

14. dubna 2024

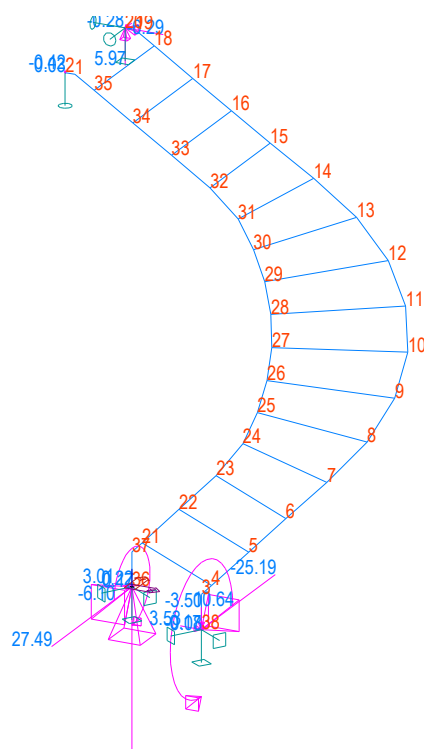
Projekt : Vodojem

Popis : Schody_Z3_3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Reakce. Únos. kombi: 1/4



Reakce. Použ. kombi: 1/4

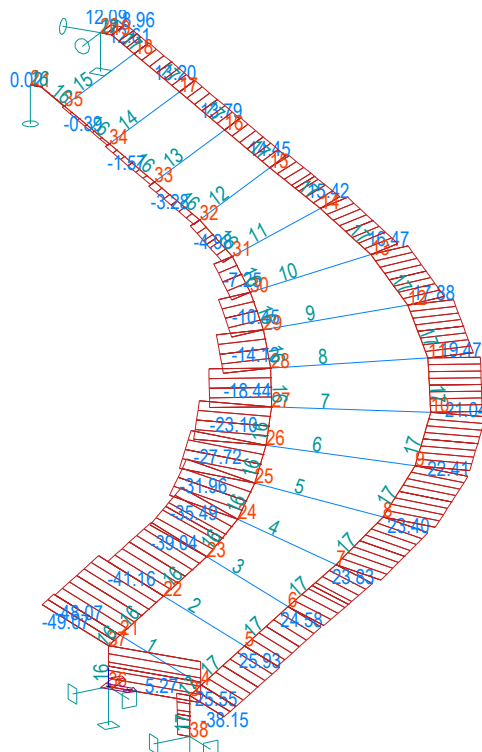
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

14. dubna 2024

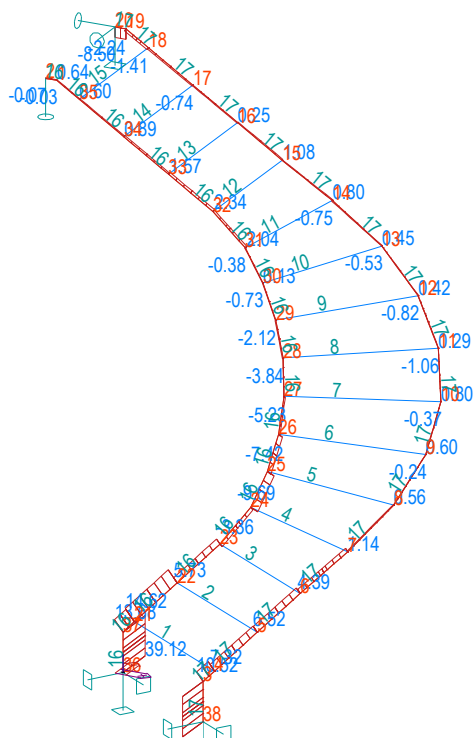
Projekt : Vodojem

Popis : Schody_Z3_3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Vnitřní síly na makrech. Únos. kombi: 1/4



Vnitřní síly Vy na makrech. Únos. kombi: 1/4

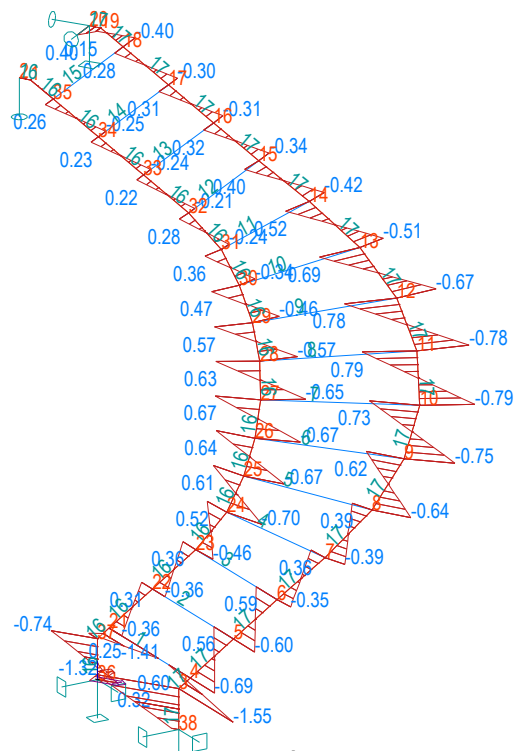
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

14. dubna 2024

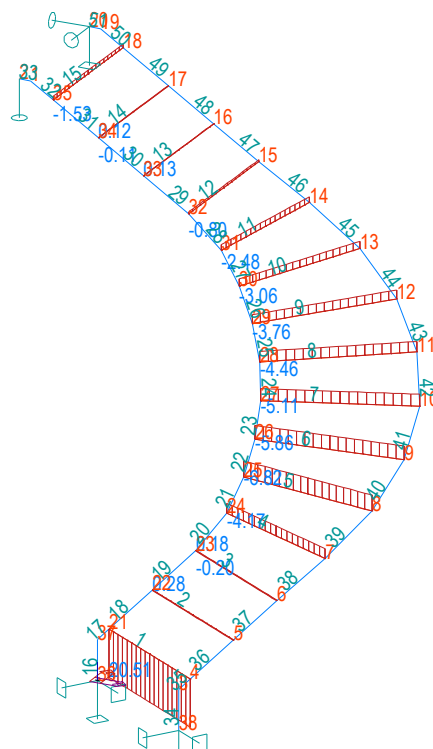
Projekt : Vodojem

Popis : Schody_Z3_3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Vnitřní síly M_y na makrech. Únos. kombi: 1/4



Vnitřní síly - N na prutech. Únos. kombi: 1/4

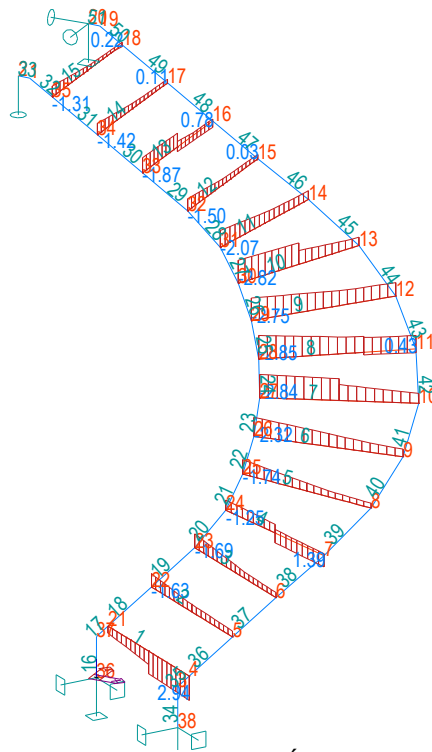
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

14. dubna 2024

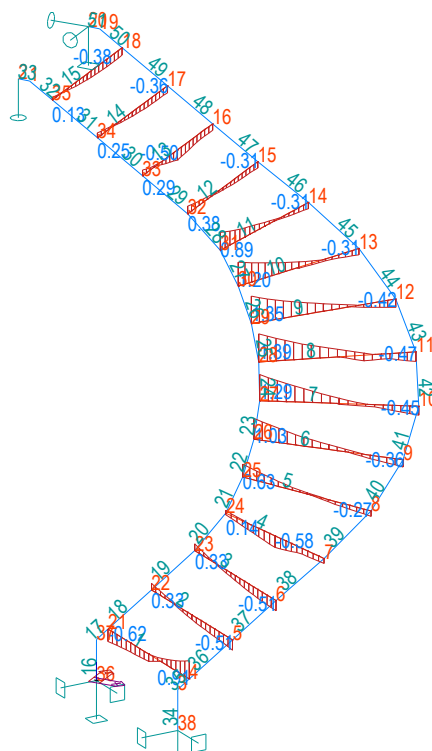
Projekt : Vodojem

Popis : Schody_Z3_3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Vnitřní síly - Vz na prutech. Únos. kombi: 1/4



Vnitřní síly - My na prutech. Únos. kombi: 1/4

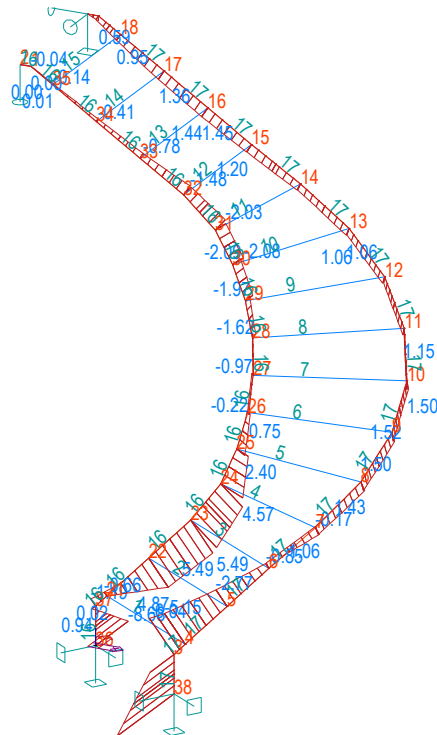
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

14. dubna 2024

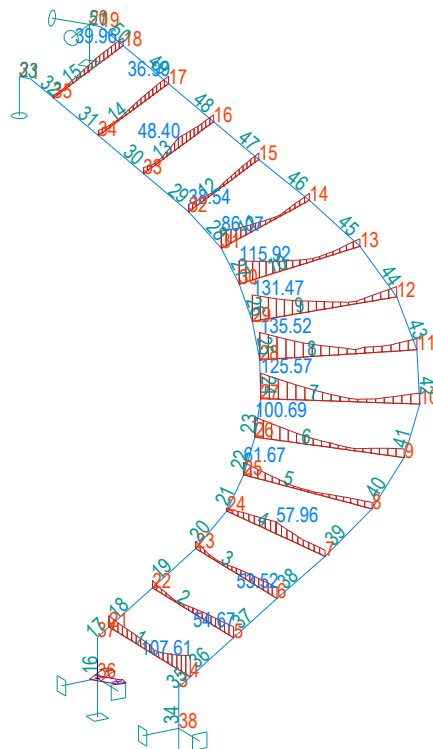
Projekt : Vodojem

Popis : Schody_Z3_3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Vnitřní síly Mz na makrech. Únos. kombi: 1/4



Napětí na prutech stupňů. Únos. kombi: 1/4

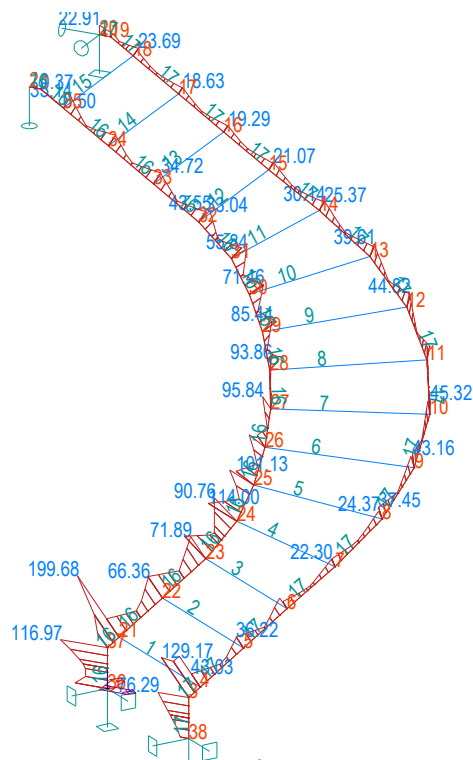
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

14. dubna 2024

Projekt : Vodojem

Popis : Schody_Z3_3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Napětí na makrech. Únos. kombi: 1/4

Napětí na makrech 16/17, kombi únos. (vše), globální extrémy.

Skupina maker :16/17

Skupina kombinací na únosnost :1/4

makro	prut	kombi	dx mm	Norm. napětí - / + MPa	Smyk. napětí MPa	von Mises - / + MPa
16	17	4	89.2	-199.56 179.88	5.48	199.68
17	35	2	0.0	-84.79 89.28	55.15	128.95

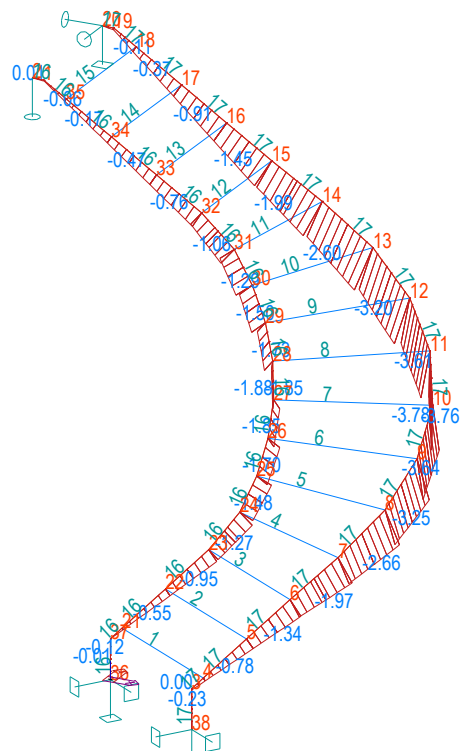
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

14. dubna 2024

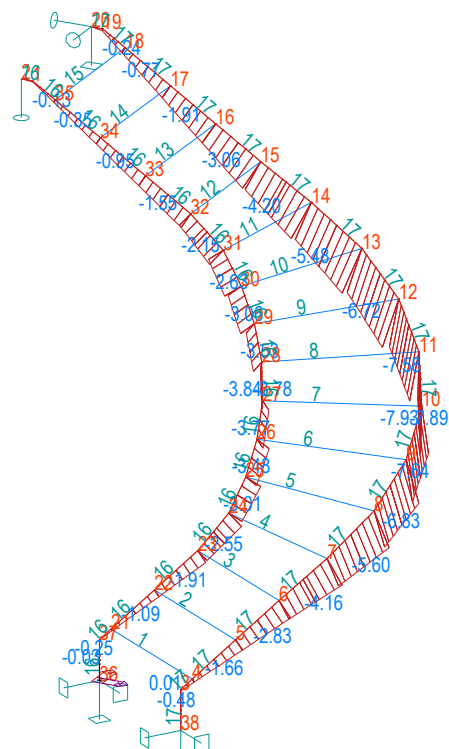
Projekt : Vodojem

Popis : Schody_Z3_3D

Autor : Ing. Marek Lukáš



Deformace na makrech. Zat. stavy: 3/5



Deformace na makrech. Použ. kombi: 1/4

10. VZT plošina

10.1. Nosníky plošiny

VZT plošina vynášející VZT jednotku o hmotnosti 300 kg + obsluhu (max. 2 osoby = 2 x 1,5 kN) je umístěna těsně pod úrovní 8.NP (h.hr.ok = +21,574) a ukotvena pomocí lepených kotev do žb dříku vodojemu. Vzhledem k namáhání je konstrukčně navržena z ocelových čtyřhranných trubek čtvercového průřezu HTR 80 x 80 mm z nerez oceli kvality AISI 316L (1.440), příp. oceli S 235 žárově pozikované.

Mezní stav únosnosti:

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = (2 \times 1,5 \times 1,5 \times 2,6 + 1,35 \times 3,0 \times 1,3) / 1,5 = \underline{11,31 \text{ kN}}$$

$$V_{y,Ed} = 2 \times 1,5 \times 1,5 + 1,35 \times 3,0 = \underline{8,55 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Ed,1} = 2 \times 1,5 \times 1,5 \times 1,1 = \underline{4,95 \text{ kNm}}$$

$$M_{y,Ed,2} = 1,35 \times 3,0 \times 1,5 / 4 = \underline{1,52 \text{ kNm}}$$

Průřez: **HTR 80 x 80 x 4 mm - nerez AISI 316L (1.4404), příp. S 235**

$$(A_a = 1200 \text{ mm}^2, A_y = A_z = 600 \text{ mm}^2, W_y = W_z = 28600 \text{ mm}^3,$$

$$I_y = I_z = 1140000 \text{ mm}^4, i_y = i_z = 30,82 \text{ mm})$$

Smyk:

$$V_{y,Rd} = 600 \times 235 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{81,41 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{y,Ed}$$

$$V_{z,Rd} = 600 \times 235 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{81,41 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{z,Ed}$$

Smyk vyhoví a netřeba redukovat M_{Rd} !

Tah:

$$N_{Rd} = 1200 \times 235 / 1,00 = \underline{282,00 \text{ kN}} \geq N_{Ed}$$

Tah vyhoví!

Ohyb:

- klopení nosníku je zajištěno uzavřeným tvarem průřezu

$$M_{y,Rd} = 83000 \times 235 / 1,00 = \underline{19,50 \text{ kNm}} \geq M_{y,Ed}$$

$$M_{z,Rd} = 83000 \times 235 / 1,00 = \underline{19,50 \text{ kNm}} \geq M_{z,Ed}$$

Kombinace tlaku a ohybu (srovnávací napětí):

$$11,31 / 282,00 + 4,95 / 19,50 = \underline{0,30} \leq 1,00$$

I. mezní stav vyhoví!

Mezní stav použitelnosti:

Max. průhyb nosníku pro zatížení užité (vítr):

$$\delta_z = 2 \times 1,5e3 \times 1100^3 / 3 \times 21e4 \times 1140000 = \underline{5,56 \text{ mm}}$$

$$\delta_{q,lim} = 2 \times 1100 / 350 = \underline{6,29 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

Max. průhyb nosníku pro zatížení celkové:

$$\delta_{max,z} = 2 \times 1,5e3 \times 1100^3 / 3 \times 21e4 \times 1140000 = \underline{5,56 \text{ mm}}$$

$$\delta_{max,lim} = 2 \times 1100 / 250 = \underline{8,80 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

II. mezní stav vyhoví!

Závěr:

Průřez **HTR 80 x 80 x 4 mm - nerez AISI 316L (1.4404), příp. S235** dle platných norem ČSN EN vyhoví!

10.2. Vzpěry

Rovněž tři šikmé vzpěry VZT plošiny vynášející VZT jednotku o hmotnosti 300 kg + obsluhu (max. 2 osoby = 2 x 1,5 kN) jsou vzhledem k namáhání konstrukčně navrženy z ocelových čtyřhranných trubek čtvercového průřezu HTR 80 x 80 mm z nerez oceli kvality AISI 316L (1.440), příp. oceli S 235 žárově pozikované.

Mezní stav únosnosti:

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = (2 \times 1,5 \times 1,5 \times 2,6 + 1,35 \times 3,0 \times 1,3) / (1,5 / 2^{0,5}) = \underline{-15,99 \text{ kN}}$$

$$V_{y,Ed} \rightarrow 0, M_{y,Ed} \rightarrow 0$$

Průřez: **HTR 80 x 80 x 4 mm - nerez AISI 316L (1.4404), příp. S 235**

$$(A_a = 1200 \text{ mm}^2, A_y = A_z = 600 \text{ mm}^2, W_y = W_z = 28600 \text{ mm}^3,$$

$$I_y = I_z = 1140000 \text{ mm}^4, i_y = i_z = 30,82 \text{ mm})$$

Smyk:

$$V_{z,Rd} = 1135 \times 235 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{153,99 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{z,Ed}$$

Smyk vyhoví a netřeba redukovat M_{Rd} !

Vzpěr:

Štíhlostní poměry:

$$L_y = L_z = 2^{0,5} \times 1500 = 2121 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel} = 2121 / (93,9 \times 30,82) = 0,73 \rightarrow \chi_c = 0,71$$

$$N_{b,Rd} = 0,71 \times 1200 \times 235 / 1,00 = \underline{200,22 \text{ kN}} \geq N_{Ed}$$

I. i II. mezní stav vyhoví!

Závěr:

Průřez **HTR 80 x 80 x 4 mm - nerez AISI 316L (1.4404), příp. S235** dle platných norem ČSN EN vyhoví!

11. Ztužidla

11.1. Ztužidla vnější

Svislá ztužidla na vnějším obvodu, která jsou namáhána primárně od větru jsou navržena jakožto Ondřejovy kříže ve tvaru písmene X a to z ocelových systémových táhel (Macalloy, Detan či Kin Long, apod.) $\varnothing$ 12 mm z oceli min. S 460 či S 520.

Veškerá ztužidla byla namodelována a spočítána jakožto nedílná součást celého 3D modelu vodojemu v programu Nexis 32.

Mezní stav únosnosti:

Max. vnitřní síly:

(uvažováno včetně stabilitních sil - 1,2 x)

$$N_{Ed} = 1,2 \times (11,64 + 11,91) = \underline{28,26 \text{ kN}}$$

$$V_{Ed} \rightarrow 0$$

$$M_{Ed} \rightarrow 0$$

Průřez: **$\varnothing$ 12 mm - S 460 (S 520)**

$$(A_a = 84 \text{ mm}^2)$$

- Uvažováno pouze s taženými pruty, tlačené nejsou uvažovány!
- Uvažováno s rezervou pro posouzení na PO!

$$N_{pl,Rd} = 84 \times 460 / 1,00 = \underline{38,64 \text{ kN}} \geq N_{Ed}$$

I. mezní stav vyhoví!

Závěr:

Průřez **$\varnothing$ 12 mm - S 460 (S 520)** vyhoví - posouzení na PO viz další strany!

Poznámka:

V případě použití běžnější oceli S 355 musí být průřez min. $\varnothing$ 14 mm!

11.2. Ztužidla vnitřní

Svislá ztužidla na vnějším obvodu, která jsou namáhána primárně od větru jsou navržena jakožto Ondřejovy kříže ve tvaru písmene X a to z ocelových systémových táhel (Macalloy, Detan či Kin Long, apod.) $\varnothing$ 12 mm z oceli min. S 460 či S 520.

Veškerá ztužidla byla namodelována a spočítána jakožto nedílná součást celého 3D modelu vodojemu v programu Nexis 32.

Mezní stav únosnosti:

Max. vnitřní síly:

(uvažováno včetně stabilitních sil - 1,2 x)

$$N_{Ed} = 1,2 \times 1,5 \times (8,34 + 8,29) = \underline{29,93 \text{ kN}}$$

$$V_{Ed} \rightarrow 0$$

$$M_{Ed} \rightarrow 0$$

Průřez: **$\varnothing$ 12 mm - S 460 (S 520)**

$$(A_a = 84 \text{ mm}^2)$$

- Uvažováno pouze s taženými pruty, tlačené nejsou uvažovány!
- Uvažováno s rezervou pro posouzení na PO!

$$N_{pl,Rd} = 84 \times 460 / 1,00 = \underline{38,64 \text{ kN}} \geq N_{Ed}$$

I. mezní stav vyhoví!

Závěr:

Průřez **$\varnothing$ 12 mm - S 460 (S 520)** vyhoví - posouzení na PO viz další strany!

Poznámka:

V případě použití běžnější oceli S 355 musí být průřez min. $\varnothing$ 14 mm!

11.3. Požární odolnost ztužidel

Návrh i posouzení požární odolnosti ocelových ztužidel je provedeno dle ČSN EN 1993-1-2 Navrhování ocelových konstrukcí na účinky požáru. Stanovení účinku zatížení při požáru je stanoveno dle ČSN EN 1991-1-2 Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru.

Dle požární zprávy je požadovaná požární odolnost nosných konstrukcí zajišťujících stabilitu, tedy i těchto prutů, R 15 minut.

Ztužidla jsou nechráněná a budou tedy posouzena. Vzhledem k navrženým průřezům bude při posouzení těchto sloupů využito jednoduchého výpočtu pro ocelové pruty (bez výplně betonem).

Předpoklady pro posouzení:

- podél sloupů není žádný tepelný gradient
- uvažované součinitele spolehlivosti materiálu $\gamma_{M,fi} = 1,0$

Redukční součinitele zatížení:

$\eta_{\theta,1} = 1,0$ (pro stálé), $\eta_{\theta,1} = 0,7$ (pro užité F), $\eta_{\theta,1} = 0,2$ (pro vítr) , $\eta_{\theta,2} = 0$ (pro vítr)

Mezní stav únosnosti:

Průřez: **ø 12 mm - S 460 (S 520)**

($A_a = 84 \text{ mm}^2$)

- dle výpočtu ze software Access Steel – Přestup tepla: $A_m / V = 213,793$
- pro ocel S 235 je hodnota $\varepsilon = 0,85$
- uvažováno opět jen s taženými pruty!
- zatížení uvažováno včetně stabilitních sil

Vnitřní síly při požárním zatížení:

$N_{\theta,Ed} = 1,2 \times 0,2 \times (8,34 + 8,29) = \underline{3,99 \text{ kN}}$

Zatřídění za požáru (tlak s ohybem):

Štíhlost stojiny:

Uvažováno pouze s tlačnými pruty → třída 1

Teplota v čase $t = 15$ min – viz tabulka ze software Access Steel – Přestup tepla:

$\theta_{a,t} = 689,5$ °C → $k_{y,\theta} = 0,255$; $k_{E,\theta} = 0,149$ (dle tab.4.2)

Návrhová tahová únosnost při požáru při teplotě $\theta_a = 689,5$ °C:

$$N_{t,\theta,Rd} = k_{y,\theta} \times A \times f_y / \gamma_{M,\theta} = 0,255 \times 1305 \times 235 / 1,0$$

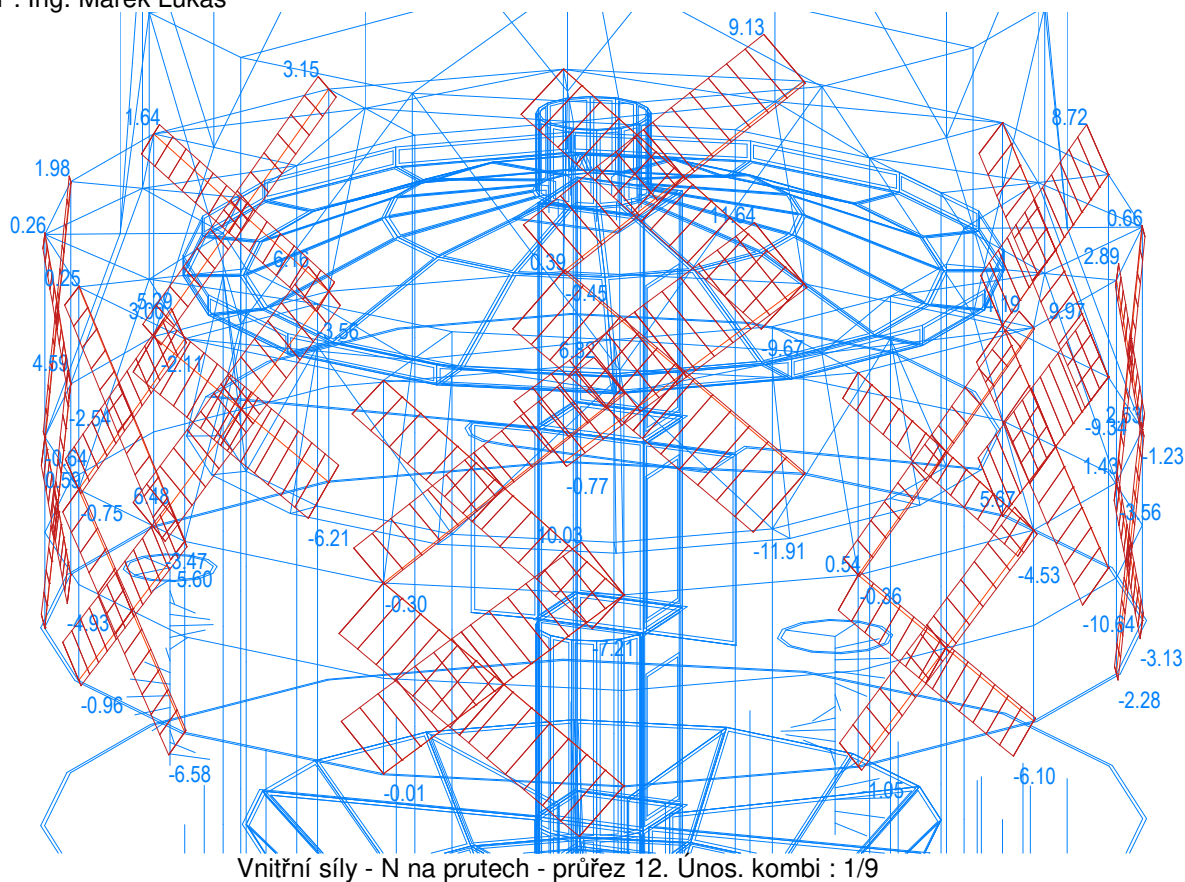
$$N_{t,\theta,Rd} = \underline{78,20 \text{ kN}} \geq N_{\theta,Ed}$$

Průřez $\varnothing 12$ mm - S 460 (S 520) pro R 15 vyhoví!

Projekt : Vodárenská věž

Popis : 3D model

Autor : Ing. Marek Lukáš



Vnitřní síly na prutech - průřez 12 (vše), kombi únos. (vše), globální extrémy.

Skupina prutů :1/1202

Skupina kombinací na únosnost :1/9

Průřez : 12 - R12

prut	kombi	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1157	6	4639.6	11.64	0.00	-0.02	-0.00	-0.00	0.00
1155		0.0	-11.91	-0.00	0.02	0.00	-0.00	0.00
1158			-9.67	0.00	0.02	-0.00	-0.00	-0.00
1141		4755.5	6.82	-0.00	-0.02	0.00	-0.00	-0.00
1151	9	0.0	-3.81	-0.00	0.02	0.00	-0.00	0.00
1165	8		-5.80	0.00	0.02	-0.00	-0.00	-0.00
1158	6	2377.8	-9.65	0.00	0.00	-0.00	0.03	0.00

12. Horní konstrukce pro VE

12.1. Svislé prvky

Svislé prvky, tedy ocelové sloupy a šikmé sloupy-vzpěry horní konstrukce pro VE umístěné po celém obvodu á 2801 mm a vynášející VE jsou navrženy z ocelové čtyřhranné trubky čtvercového průřezu HTR 120 x 120 mm z nerez oceli kvality AISI 316L (1.440), příp. pozinkované oceli S 235. Bez PO.

Mezní stav únosnosti:

Model, zatížení, okrajové podmínky, atd. - viz Nexis

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = \underline{-38,80 \text{ kN}}$$

$$V_{y,Ed} = \underline{3,45 \text{ kN}}, V_{z,Ed} = \underline{5,32 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Ed} = \underline{8,42 \text{ kNm}}, M_{z,Ed} = \underline{10,95 \text{ kNm}}$$

Průřez: **HTR 120 x 120 x 5 mm - nerez AISI 316L (1.4404), příp. S 235**

$$(A_a = 2270 \text{ mm}^2, A_y = A_z = 1135 \text{ mm}^2, W_y = W_z = 83000 \text{ mm}^3,$$

$$I_y = I_z = 4980000 \text{ mm}^4, i_y = i_z = 46,84 \text{ mm})$$

Smyk:

$$V_{y,Rd} = 1135 \times 235 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{153,99 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{y,Ed}$$

$$V_{z,Rd} = 1135 \times 235 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{153,99 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{z,Ed}$$

Smyk vyhoví a netřeba redukovat M_{Rd} !

Vzpěr:

Štíhlostní poměry:

$$\lambda_y = \lambda_z = 1,71 \text{ (Nexis)}$$

$$L_y = L_z = 1,71 \times 5140 = 8789 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel} = 8789 / (93,9 \times 46,84) = 1,998 \rightarrow \chi_c = 0,19$$

Vzpěr:

$$N_{pl,Rd} = 0,19 \times 2270 \times 235 / 1,00 = \underline{101,36 \text{ kN}} \geq N_{Ed}$$

Vzpěr vyhoví!

Ohyb:

- klopení nosníku je zajištěno uzavřeným tvarem průřezu

$$M_{y,Rd} = 83000 \times 235 / 1,00 = \underline{19,50 \text{ kNm}} \geq M_{y,Ed}$$

$$M_{z,Rd} = 83000 \times 235 / 1,00 = \underline{19,50 \text{ kNm}} \geq M_{z,Ed}$$

Kombinace tlaku a ohybu (srovnávací napětí):

$$38,80 / 101,36 + (7,81 + 3,42) / 19,50 = \underline{0,96} \leq 1,00$$

$$38,80 / 101,36 + (0,48 + 10,95) / 19,50 = \underline{0,97} \leq 1,00$$

I. mezní stav vyhoví!

Mezní stav použitelnosti:

Max. relativní deformace prvku pro zatížení užité (vítr):

$$\delta_{w,x} = \underline{3,92 \text{ mm}}$$

$$\delta_{w,y} = \underline{3,33 \text{ mm}}$$

$$\delta_{q,lim} = 5140 / 500 = \underline{10,28 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

Max. relativní deformace prvku pro zatížení celkové:

$$\delta_{max,y} = \underline{6,01 \text{ mm}}$$

$$\delta_{max,z} = \underline{4,39 \text{ mm}}$$

$$\delta_{max,lim} = 5140 / 250 = \underline{20,56 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

II. mezní stav vyhoví!

Závěr:

Průřez **HTR 120 x 120 x 5 mm - nerez AISI 316L (1.4404), příp. S 235** dle platných norem ČSN EN vyhoví!

12.2. Vodorovné prvky

Vodorovné prvky díky své geometrii tvoří tuhou rovinu a spolu se svislými prvky (sloupy a vzpěrami) zajišťují celkovou tuhost horní konstrukce pro VE. Tyto vodorovné prvky jsou navrženy z ocelové čtyřhranné trubky čtvercového průřezu HTR 120 x 120 mm z nerez oceli kvality AISI 316L (1.440), příp. pozinkované oceli S 235. Bez PO.

Mezní stav únosnosti:

Model, zatížení, okrajové podmínky, atd. - viz Nexis

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = \underline{-11,23 \text{ kN}}$$

$$V_{y,Ed} = \underline{1,21 \text{ kN}}, V_{z,Ed} = \underline{4,66 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Ed} = \underline{13,66 \text{ kNm}}, M_{z,Ed} = \underline{1,46 \text{ kNm}}$$

Průřez: **HTR 120 x 120 x 8 mm - nerez AISI 316L (1.4404), příp. S 235**

$$(A_a = 3520 \text{ mm}^2, A_y = A_z = 1760 \text{ mm}^2, W_{y,pl} = W_{z,pl} = 144400 \text{ mm}^3, \\ I_y = I_z = 116e5 \text{ mm}^4, i_y = i_z = 45,41 \text{ mm})$$

Smyk:

$$V_{y,Rd} = 1760 \times 235 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{238,79 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{y,Ed}$$

$$V_{z,Rd} = 1760 \times 235 / (1,00 \times 3^{0,5}) = \underline{238,79 \text{ kN}} \geq 2 \times V_{z,Ed}$$

Smyk vyhoví a netřeba redukovat M_{Rd} !

Vzpěr:

Štíhlostní poměry:

$$\lambda_y = 1,91 - \text{viz Nexis}$$

$$\lambda_z = 0,97 - \text{viz Nexis}$$

$$L_y = 1,91 \times 6980 = 13332 \text{ mm}$$

$$L_z = 0,97 \times 6980 = 6771 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel} = 13332 / (93,9 \times 45,41) = 3,13 \rightarrow \chi_a = 0,10$$

Vzpěr:

$$N_{pl,Rd} = 0,10 \times 3520 \times 235 / 1,00 = \underline{82,72 \text{ kN}} \geq N_{Ed}$$

Vzpěr vyhoví!

Ohyb:

- klopení nosníku je zajištěno uzavřeným tvarem průřezu

$$M_{y,Rd} = 144400 \times 235 / 1,00 = \underline{33,93 \text{ kNm}} \geq M_{y,Ed}$$

$$M_{z,Rd} = 144400 \times 235 / 1,00 = \underline{33,93 \text{ kNm}} \geq M_{z,Ed}$$

Kombinace tlaku a ohybu (srovnávací napětí):

$$11,23 / 82,72 + (13,66 + 1,46) / 33,93 = \underline{0,58} \leq 1,00$$

I. mezní stav vyhoví!

Mezní stav použitelnosti:

Max. průhyb nosníku pro zatížení užité:

$$\delta_z = 10,82 - (3,34 + 3,03) / 2 = \underline{7,65 \text{ mm}}$$

$$\delta_{q,lim} = 13960 / 600 = \underline{27,92 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

Max. průhyb nosníku pro zatížení celkové:

$$\delta_{max,z} = 61,89 - (25,86 + 31,65) / 2 = \underline{33,14 \text{ mm}}$$

$$\delta_{max,lim} = 13960 / 500 = \underline{55,84 \text{ mm}} \geq \delta_q$$

II. mezní stav vyhoví!

Závěr:

Průřez sloupu **HTR 120 x 120 x 8 mm - S 235 vyhoví** dle platných norem ČSN EN!

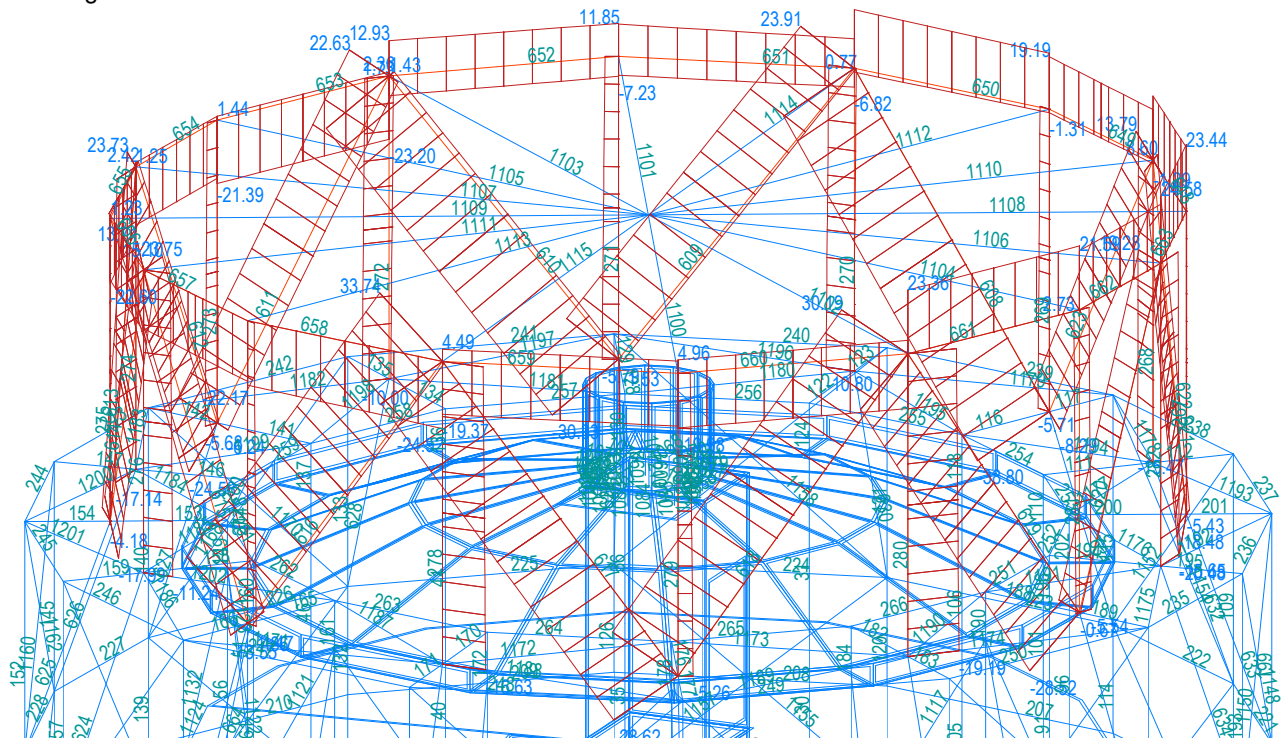
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

18. dubna 2024

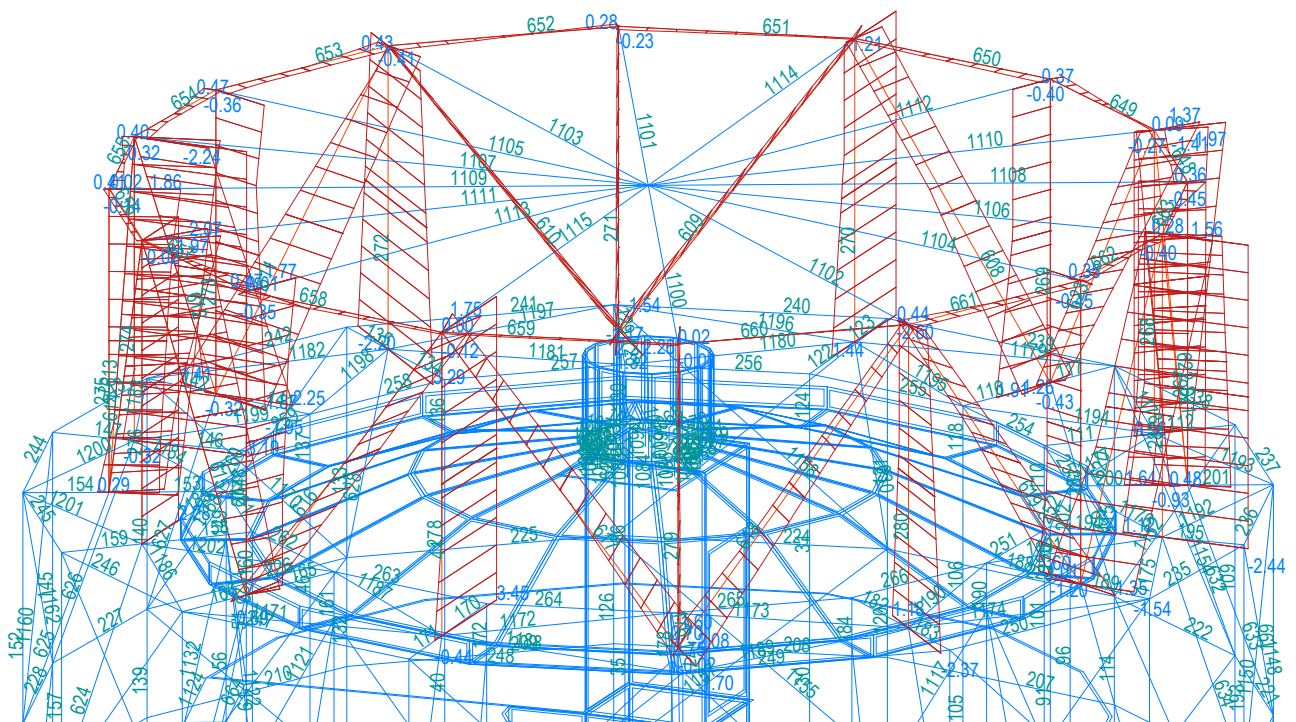
Projekt : Vodárenská věž

Popis : 3D model

Autor : Ing. Marek Lukáš



Vnitřní síly - N na prutech konstrukce FVE. Únos. kombi: 1/9



Vnitřní síly - Vy na prutech konstrukce FVE. Únos. kombi: 1/9

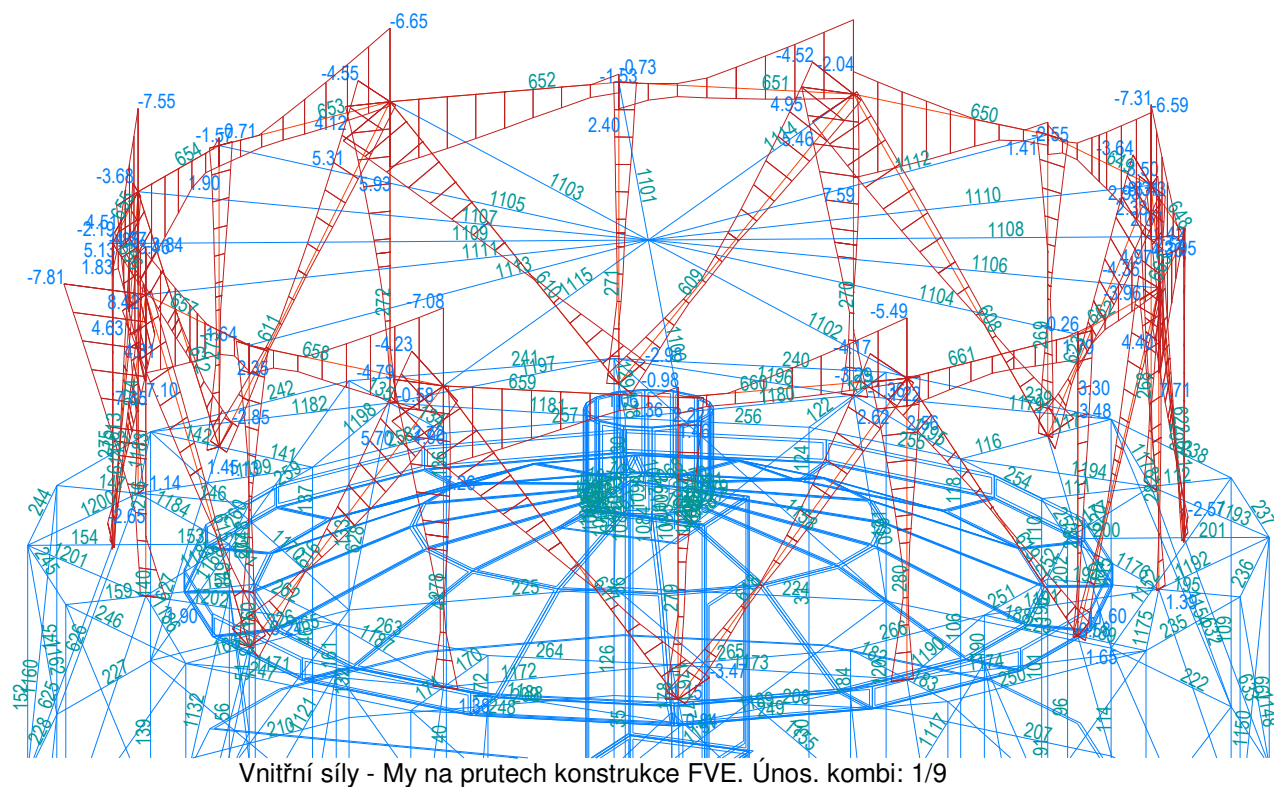
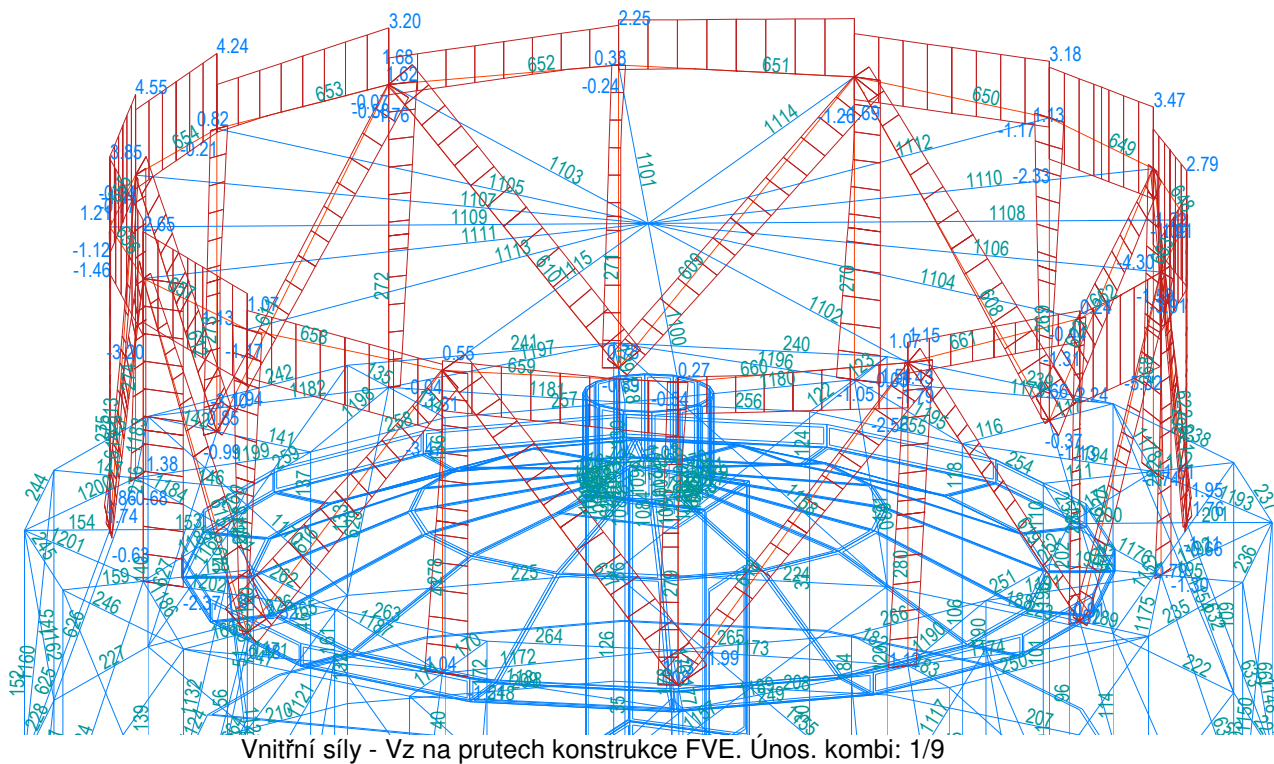
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

18. dubna 2024

Projekt : Vodárenská věž

Popis : 3D model

Autor : Ing. Marek Lukáš



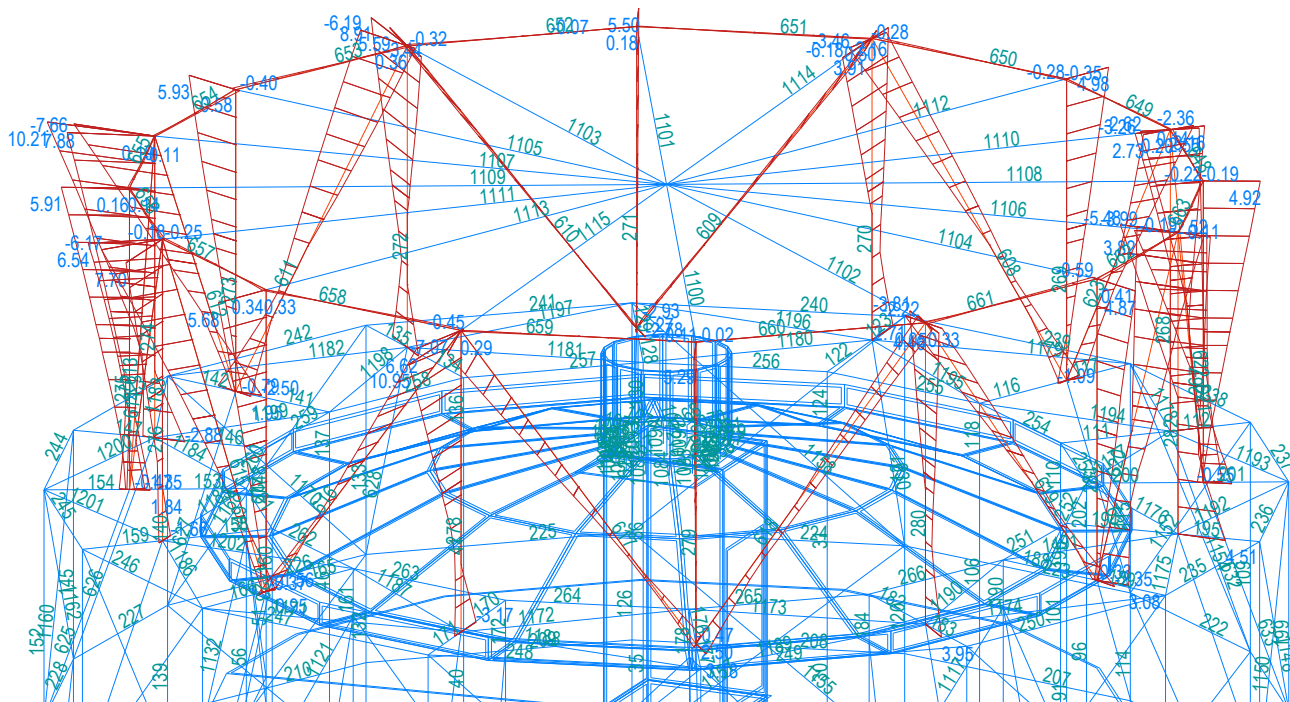
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

18. dubna 2024

Projekt : Vodárenská věž

Popis : 3D model

Autor : Ing. Marek Lukáš



Vnitřní síly - Mz na prutech konstrukce FVE. Únos. kombi: 1/9

Vnitřní síly na prutech konstrukce FVE 267/282,...kombi únos. (vše),
globální extrémy.

Skupina prutů :267/282,608/623,648/663,1100/1115

Skupina kombinací na únosnost :1/9

prut	pr.č.	kombi	dx [mm]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
616	1	6	5140.2	33.74	0.97	-1.31	0.43	-4.23	2.15
608			0.0	-38.80	1.26	2.24	0.44	-3.48	-1.03
278		7		-6.65	3.45	1.04	0.06	-0.99	-3.17
270				-10.41	-2.60	-1.05	-0.05	1.15	4.46
1114	15	9		8.38	-0.98	4.66	-0.03	-13.66	0.95
662	1	7	2303.6	13.06	-0.40	-5.32	-0.35	-8.31	-0.19
663		6	0.0	24.58	-0.08	1.91	2.03	-2.95	0.06
662				21.59	-0.17	0.24	-2.07	-0.20	0.41
654		7	2303.6	-4.75	0.40	3.69	-0.05	8.42	0.19
278			4100.0	-5.66	3.45	-0.32	0.06	0.48	10.95
613		6	4702.8	1.71	-2.24	-0.11	-0.92	1.86	-7.66

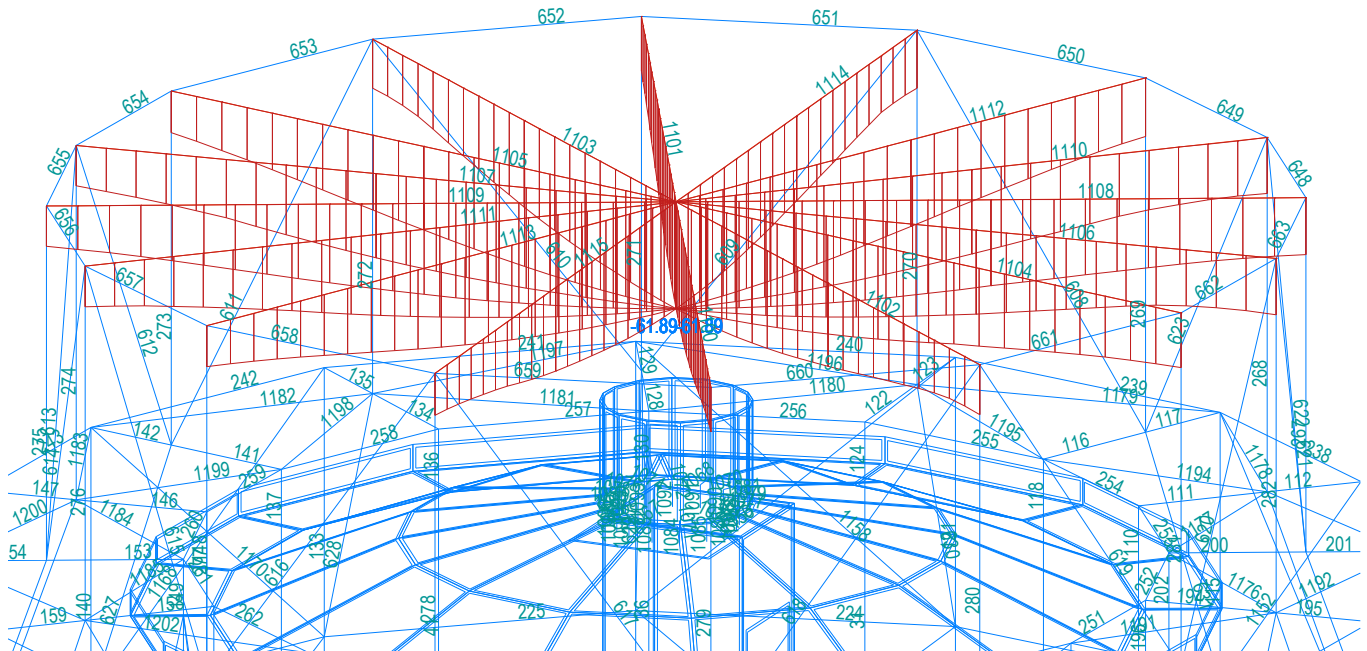
Program : IDA Nexis32 release 3.100.230

18. dubna 2024

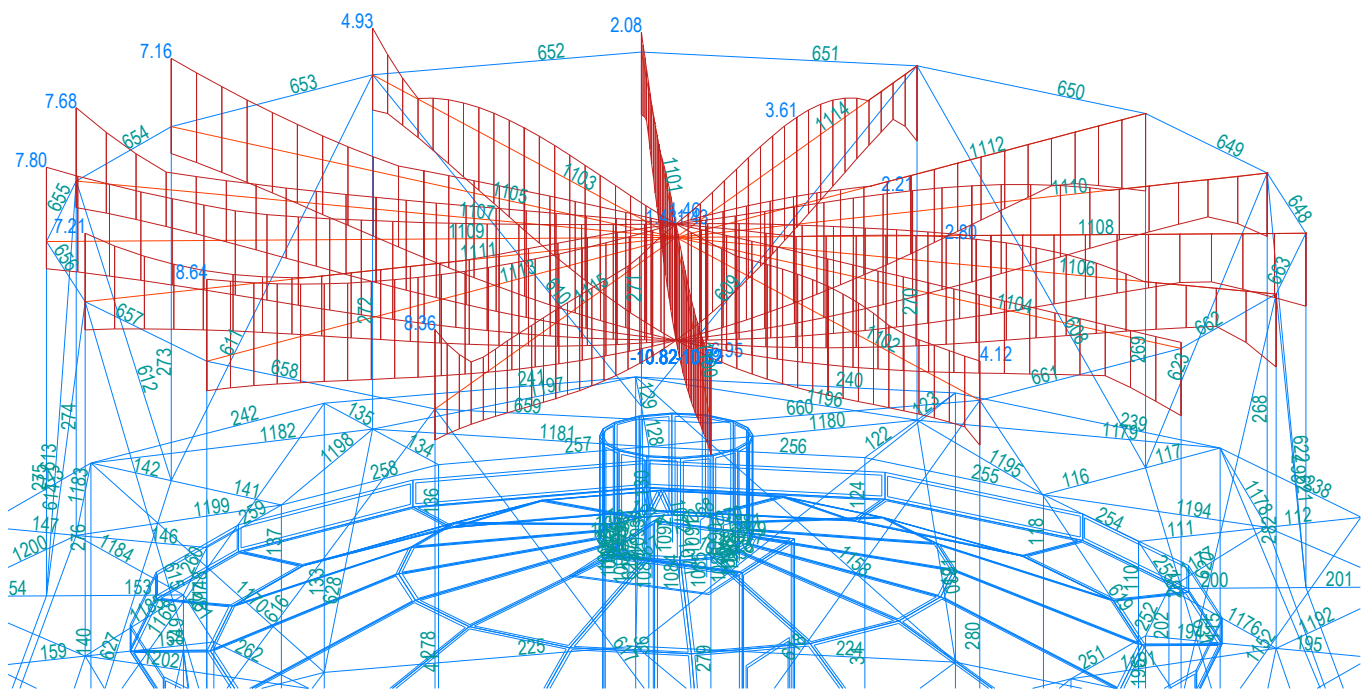
Projekt : Vodárenská věž

Popis : 3D model

Autor : Ing. Marek Lukáš



Deformace - uz na prutech - průřez HTR120x120x8. Použ. kombi: 1/9



Deformace - uz na prutech - průřez HTR120x120x8. Zat. stav: 5/7