

OBSAH

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | ZÁKLADNÍ ÚDAJE..... | 2 |
| 1.1 | IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE | 2 |
| 1.2 | UMÍSTĚNÍ, MAPA ŠIRŠÍCH VZTAHŮ | 2 |
| 1.3 | VÝCHOZÍ ÚDAJE A PODKLADY..... | 4 |
| 1.4 | POUŽITÉ NORMY | 4 |
| 1.5 | POUŽITÝ SOFTWARE | 4 |
| 2. | STATICKE ŘEŠENÍ | 4 |
| 2.1 | ZATÍŽENÍ | 4 |
| 2.2 | POUŽITÉ METODY | 4 |
| 2.3 | POSOUZENÍ | 5 |
| 3. | POŽADAVKY NA KVALITU NOSNÝCH KONSTRUKCÍ | 6 |
| 4. | STATICKE VÝPOČET | 6 |
| 4.1 | MATERIÁLY | 6 |
| 4.2 | ZATĚŽOVACÍ STAVY | 7 |
| 4.2.1 | ZATĚŽOVACÍ STAVY - PŘEHLED..... | 7 |
| 4.2.2 | VLASTNÍ TÍHA | 7 |
| 4.2.3 | UŽITNÉ ZATÍŽENÍ | 8 |
| 4.2.4 | SNÍH..... | 10 |
| 4.2.5 | VÍTR | 12 |
| 4.3 | KOMBINACE..... | 20 |
| 4.3.1 | KOMBINACE LINEÁRNÍ - MSU | 20 |
| 4.3.2 | KOMBINACE STABILITNÍ..... | 24 |
| 4.3.3 | KOMBINACE NELINEÁRNÍ - MSU | 26 |
| 4.3.4 | KOMBINACE NELINEÁRNÍ - MSP | 27 |
| 4.4 | STABILITNÍ ANALÝZA..... | 28 |
| 4.5 | NELINEÁRNÍ VÝPOČET MSU..... | 33 |
| 4.5.1 | VÝPOČET HODNOTY POČÁTEČNÍ IMPERFEKCE (E_0) | 33 |
| 4.5.2 | HODNOTY POČÁTEČNÍ IMPERFEKCE (E_0) PRUTŮ | 34 |
| 4.5.3 | MSP..... | 38 |
| 4.5.4 | POSOUZENÍ PRVKŮ..... | 39 |
| 4.5.5 | ZÁBRADLÍ..... | 68 |
| 4.5.6 | PŘÍPOJ 3D PŘÍHRADY | 70 |
| 4.5.7 | ZÁKLADOVÉ PATKY | 72 |
| 4.5.8 | ZÁVĚR | 78 |

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

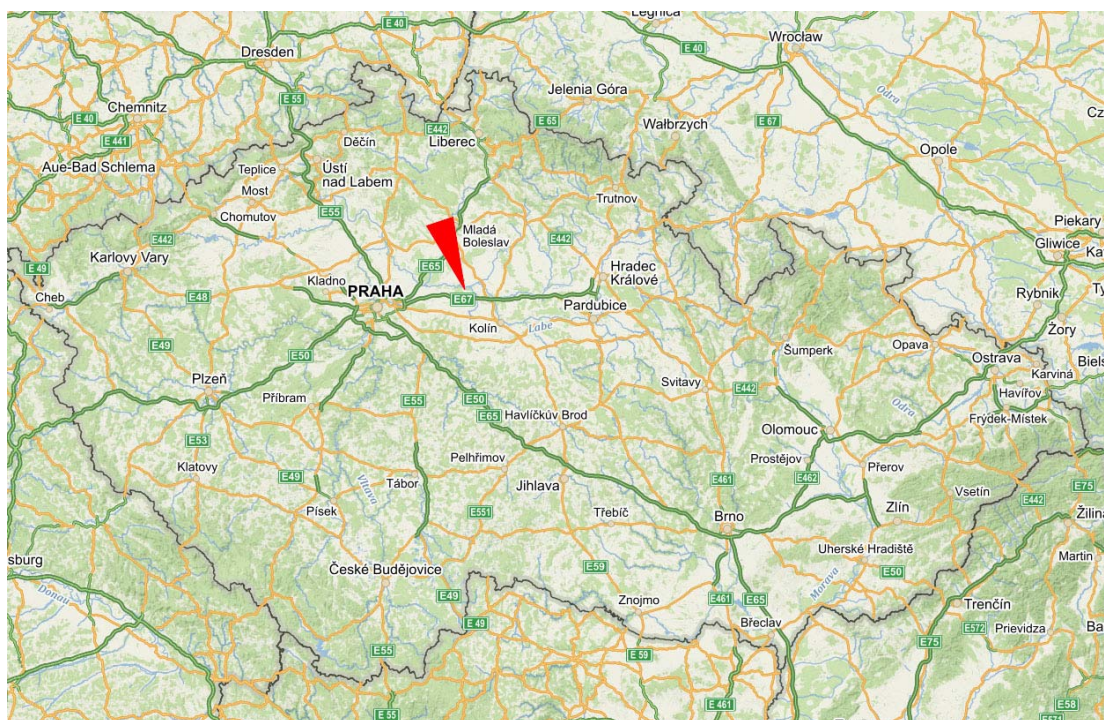
Předmětem dokumentace je statické posouzení hlavních nosných, i podružných prvků rozhledny a jejich spojů. Rozhledna je umístěna v obci Sadská. Je tvořena ocelovou konstrukcí ve tvaru rotačního hyperboloidu. Uvnitř, středem otáčení pomyslného pláště je pak vedeno spirálové levotočivé schodiště s vřetenovým sloupem na horní rozhledovou plošinu. Konstrukce není podsklepena, rozhledová plošina je pak volná, bez zastřešení.

1.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

| | |
|----------------------|-------------------------------|
| Typ dokumentace | Diplomová práce |
| Charakter konstrukce | Prutová prostorová konstrukce |
| Díličí část | Konstrukční část a statika |

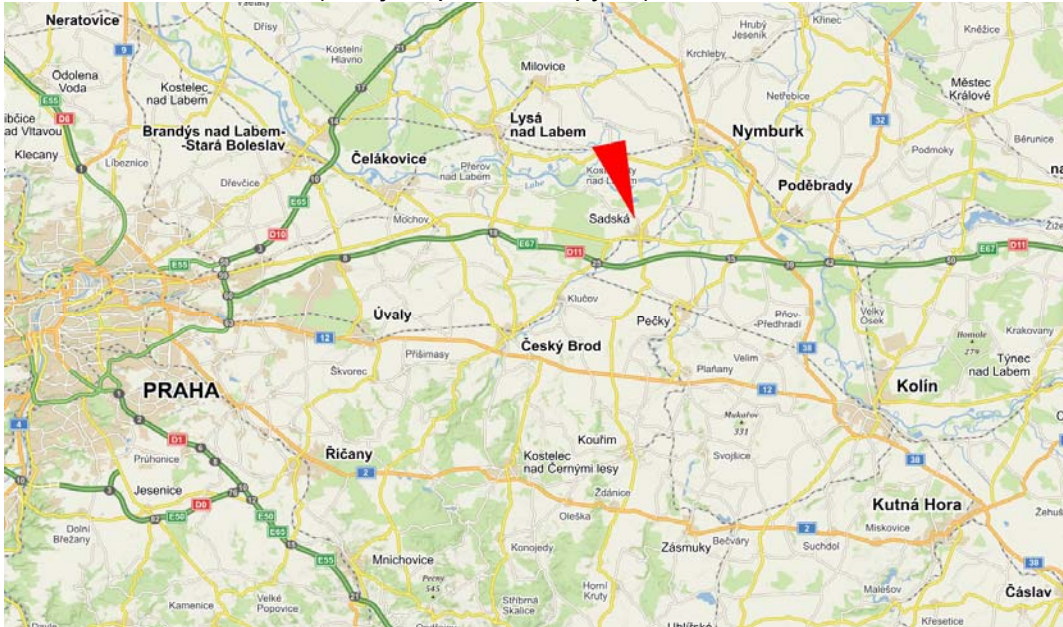
1.2 UMÍSTĚNÍ, MAPA ŠIRŠÍCH VZTAHŮ

Umístění v rámci ČR



(zdroj: <https://en.mapy.cz>)

Umístění v širším okolí (zdroj: <https://en.mapy.cz>)



Soutisk katastrální mapy a ortofoto (zdroj: <https://nahlizeni.dokn.cuzk.cz/>)



Umístění stavby bude na pozemku 1233/4, katastrální území Sadská [745928]

1.3 VÝCHOZÍ ÚDAJE A PODKLADY

- Návrh, Michal Česák 2018-2019
- Mapové podklady <https://en.mapy.cz>
- Geologické mapy <https://mapy.geology.cz>
- Zásady navrhování konstrukcí ČSN EN1990
- Zatížení konstrukcí ČSN EN1991-1-1
- Navrhování ocelových konstrukcí ČSN EN1993-1-1
- Ocelové konstrukce-tabulky, autoři Ing. Zdeněk Sokol, Ph.D., Prof. Ing. František Wald, CSc. (ISBN 978-80-01-04655-5)
- Ocelové konstrukce 2 – cvičení, autoři Doc. Ing. Tomáš Vraný, CSc., Ing. Michal Jandera, Ing. Martina Eliášová, CSc. (ISBN 978-80-01-04368-4)
- Text pro studenty předmětu NNK - MODELOVÁNÍ OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ POMOCÍ MKP SOFTWARE, autor Ing. Karel Mikeš, Ph.D., r.2014
- Structural Steel Design according to Eurocodes, autoři: Prof. Ing. František Wald, CSc., Prof. Ing. Josef Macháček, DrSc., Ing. Michal Jandera, Ph.D., Ing. Zdeněk Sokol, Ph.D., Dr. Ing. Jakub Dolejš, Prof. Ing. Petr Hájek, CSc. (ISBN 978-80-01-05046-0)

1.4 POUŽITÉ NORMY

- ČSN EN 1990 - Eurokód 0: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991 - Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
- ČSN EN 1993 - Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí

1.5 POUŽITÝ SOFTWARE

- SCIA ENGINEER ver.16.1, studentská licence
- FIN EC 2018, studentská licence č.1739
- AutoCAD Architecture 2017, licence Ing. Arch. Milan Česák
- Adobe Photoshop CS6, licence ipon-arch, s.r.o.
- MS Office 2010, licence ipon-arch, s.r.o.

2. STATICKÉ ŘEŠENÍ

2.1 ZATÍŽENÍ

Zatížení je uvažováno ve smyslu ČSN EN 1991 – Zatížení konstrukcí. Konstrukce je pro účely posouzení zatížena kombinacemi zatěžovacích stavů, které jsou dále uvedeny ve statickém výpočtu

2.2 POUŽITÉ METODY

Analýza konstrukce je prováděna na základě skutečného chování konstrukce numerickými modely sestavenými programy založenými na metodě konečných prvků (MKP). Byl sestaven celkový model rozhledny, dále pak dílčí modely jednotlivých konstrukčních částí. Konstrukce

je zatížena dle současných technických norem. Nejprve byl proveden výpočet lineární. Výběr kombinací, u kterých jednotlivé prvky dosahují maximálních hodnot vnitřních sil byl následně určující pro výběr kombinací pro stabilitní výpočet. Tyto stabilitní kombinace byly vytvořeny softwarem SCIA z příslušných lineárních kombinací. Hlavním výstupem stabilitního výpočtu byl poměr skutečného a kritického zatížení α_{cr} (v software značeno f). Dále tento dílčí krok výpočtu určil globální vlastní tvary vybočení. Tyto tvary byly pak použity v nelineárním výpočtu jako tvar vybočení konstrukce. Ze součinitele kritického zatížení pak byla vypočtena pro každý zatěžovací nelineární stav vlastní hodnota e_0 , která pak byla stanovena jako maximální posun pro příslušný tvar vybočení. Tj. pro každý prvek byla hodnota e_0 vypočtena příslušející danému prvku (prutu). Vzhledem k tomu, že kolaps konstrukce nastává zpravidla již při prvním vlastním tvaru vybočení, byly provedeny nelineární výpočty pouze pro první (nejmenší) vlastní čísla tvarů vybočení. Vnitřní síly spočtené podle teorie II řádu tak již obsahují vliv imperfekcí. Tyto výpočtem uvažované imperfekce obsahují vliv geometrických odchylek, strukturálních vad a konstrukčních imperfekcí. Dle ČSN EN 1991-1-3 se pak takto vypočtené vnitřní síly na konstrukci posuzují bez součinitele vzpěrnosti.

Vypočtené poměry skutečných a kritických zatížení byly u všech posuzovaných stabilitních kombinací větší než 1, konstrukce vyhověla na stabilitní posouzení.

Pro nelineární výpočet pro každý zatěžovací stav pak byly dosazeny vlastní hodnoty e_0 a konzervativně pro všechny nelineární kombinace jednotná hodnota vzpěrné křivky „c“ pro plastické posouzení = 1/150. U různých prvků, které dosáhly maxima vnitřních sil ve shodné kombinaci, byly pak vytvořeny další nelineární kombinace o stejném složení, ale s vlastní hodnotou e_0 .

2.3 POSOUZENÍ

Nosné konstrukce jsou navrženy ve smyslu platných a doporučených ČSN EN norem a návazných předpisů. Statickým výpočtem bylo prokázáno, že nově navržené nosné konstrukce vyhovují z hlediska 1.MS (mezní stav únosnosti), tak i z hlediska 2.MS (mezní stav použitelnosti).

Výpočet konstrukce prokázal, že pružnostním řešením dosahuje α_{cr} hodnoty 1 až 3, tj. $\alpha_{cr} < 10$, tudíž byl použit tzv. výpočet GNIA, geometricky nelineární výpočet konstrukce se zahrnutím imperfekcí. Dle Eurokódu 3 se pak prvky s takto získanými vnitřními silami posoudí již jen na prostý tlak a prostý ohyb.

Maximální celkový průhyb (posun) podle ČSN EN 1993-1-1 pro objekty typu rozhledna není určen. Norma uvádí v Národní příloze NA2.22 čl.7.2.1 Svislé průhyby, odstavec (1)B: „U prostorových konstrukcí, nebo v jiných případech, kdy klasifikace nosných prvků dle tabulky NA.1 není zřejmá, je nutné omezit průhyb δ_{max} každého prvku vůči spojnici jeho podpor hodnotou nejvýše 1/250 jeho rozpětí“

Uvažované průhyby (posuny) byly tedy omezeny smluvně, následnými limity. Jako vodorovný průhyb/posun byla stanovena hodnota 1/250 L, jako svislý posun 1/400L
L = osová vzdálenost podpor, u konzol pak dvojnásobek vyložení.

3. POŽADAVKY NA KVALITU NOSNÝCH KONSTRUKCÍ

4. STATICKÝ VÝPOČET

4.1 MATERIÁLY

Ocel:

- S235

| | Char. [MPa] | γ [-] | Návrh. [MPa] |
|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Tahová pevnost | 235 | 1,00 | 235 |

4.2 ZATĚŽOVACÍ STAVY

4.2.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY - PŘEHLED

| ozn. | popis | [kN/m ²], - |
|-------|--|-------------------------|
| LC_01 | vlastní tíha konstrukce | automaticky |
| LC_02 | vlastní tíha - ostatní (podlahy, zábradlí) | výpis |
| LC_03 | užitné zatížení - schéma zatížení 1 | 3,0-3,5-4,0 |
| LC_04 | užitné zatížení - schéma zatížení 2 | 3,0-3,5-4,1 |
| LC_05 | užitné zatížení - schéma zatížení 3 | 3,0-3,5-4,2 |
| LC_06 | sníh i | 0.45 |
| LC_07 | vítr, vodorovné síly - směr 1 | viz dále |
| LC_08 | vítr, vodorovné síly - směr 2 | viz dále |
| LC_09 | vítr, svislé síly - sání | viz dále |
| LC_10 | vítr, svislé síly - tlak | viz dále |

4.2.2 VLASTNÍ TÍHA

LC_01: Vlastní tíha je generována automaticky z geometrie a objemové tíhy prvků.

LC_02:

- Zábradlí (–rám) bylo vymodelováno a přidáno do výpočetního modelu
- hmotnost nerezové sítě, výplně zábradlí je simulováno zatížením na madle zábradlí
- hmotnost pororoštů byla převzata z tabulek firmy RODIF a.s., pro stupně byl vybrán rošt PR 33/11-30/3, s plošnou tíhou 0,4 kNm⁻², pro rozhledovou plošinu rošt PR 33/11-40/3 s plošnou tíhou 0,48 kNm⁻². Tíha byla v modelu dále navýšena o 10% z důvodu lemování a montážního materiálu a reprezentována je deskami o tl. 6,7mm, resp. 5,6mm u schodištových stupňů.

Typ PR-33 – rozteč 33,3 mm

Hmotnost v Kg/m² lemovaných ocelových žárově zinkovaných roštů.

| typ roštu | počet pásků | rozteč oka | 20/2 | 20/3 | 25/2 | 25/3 | 25/4 | 25/5 | 30/2 | 30/3 | 30/4 | 30/5 | 35/2 | 35/3 | 35/4 | 35/5 | 40/2 | 40/3 | 40/4 | 40/5 | 50/3 | 50/4 | 50/5 | 60/3 | 60/4 | 60/5 |
|-----------|-------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| PR-33/11 | 30 | 33,3x11,1 | 26 | 32 | 29 | 36 | – | – | 32 | 40 | – | – | 34 | 44 | – | – | 37 | 48 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| PR-33/22 | 30 | 33,3x22,2 | 18 | 24 | 21 | 28 | 41 | 51 | 24 | 32 | – | – | 27 | 37 | – | – | 30 | 41 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| PR-33/33 | 30 | 33,3x33,3 | 16 | 22 | 19 | 26 | 37 | 46 | 22 | 30 | 42 | 53 | 24 | 34 | 48 | 60 | 27 | 38 | 53 | 66 | 47 | 66 | 80 | 55 | 78 | 94 |
| PR-33/44 | 30 | 33,3x44,4 | 15 | 20 | 18 | 25 | 34 | 43 | 20 | 29 | 40 | 50 | 23 | 33 | 46 | 57 | 26 | 37 | 51 | 64 | 45 | 64 | 78 | 54 | 75 | 92 |
| PR-33/55 | 30 | 33,3x55,5 | 14 | 20 | 17 | 24 | 33 | 41 | 20 | 28 | 38 | 48 | 22 | 32 | 44 | 55 | 25 | 36 | 50 | 62 | 44 | 62 | 76 | 53 | 73 | 90 |
| PR-33/66 | 30 | 33,3x66,6 | 13 | 19 | 16 | 23 | 32 | 40 | 19 | 27 | 38 | 47 | 22 | 31 | 43 | 54 | 25 | 36 | 49 | 61 | 44 | 61 | 75 | 52 | 72 | 89 |
| PR-33/99 | 30 | 33,3x99,9 | 13 | 18 | 15 | 22 | 30 | 38 | 18 | 26 | 36 | 45 | 21 | 31 | 42 | 52 | 24 | 35 | 47 | 59 | 43 | 59 | 73 | 51 | 70 | 87 |

4.2.3 UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Hodnota zatížení vychází z ČSN EN 1991-1-1, tab. 6.1 - kategorie C3, plochy bez překážek pro shromažďování a pohyb osob.

Na schodišťových ramenech byla uvažována jednotná tíha $3,0 \text{ kNm}^{-2}$. Charakter podest neumožní vzhledem ke střídavému charakteru pohybu osob delší zdržování se, zatížení bylo určeno hodnotou $3,5 \text{ kNm}^{-2}$. Rozhledová plošina umožní seskupení více osob na ploše, toto navýšení bylo zohledněno hodnotou zatížení $4,0 \text{ kNm}^{-2}$. Nebylo uvažováno dynamické zatížení, jako záměrně vyvolané (koordinované pohyby skupiny osob)

LC_03:

- zatížení $3,0 \text{ kNm}^{-2}$ na schodišťových stupních
- zatížení $3,5 \text{ kNm}^{-2}$ na mezipodestách
- zatížení $4,0 \text{ kNm}^{-2}$ na rozhledové plošině
- zatíženy jsou veškeré vodorovné plochy rozhledny

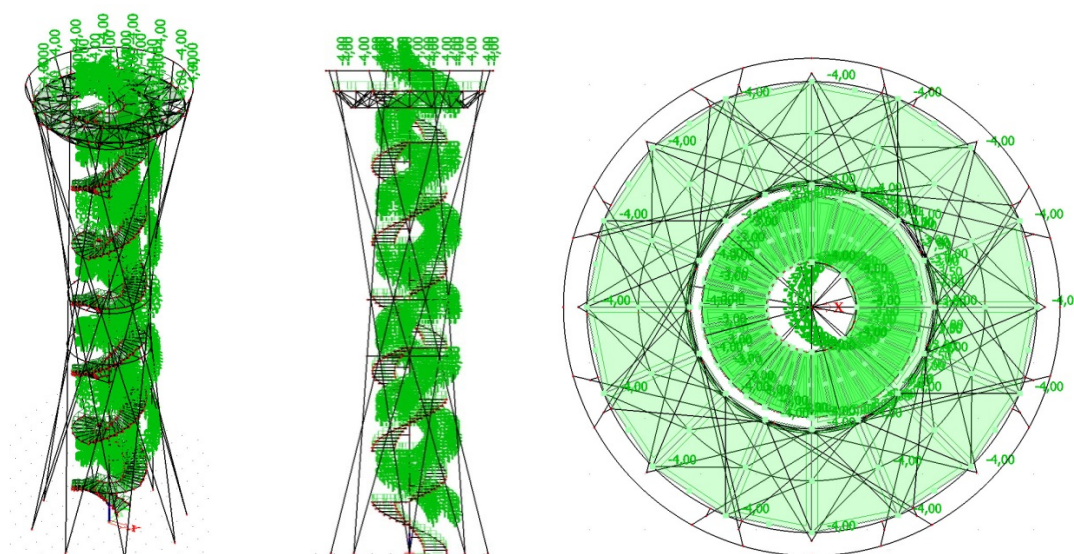
LC_04:

- zatížení $3,0 \text{ kNm}^{-2}$ na schodišťových stupních
- zatížení $3,5 \text{ kNm}^{-2}$ na mezipodestách
- zatížení $4,0 \text{ kNm}^{-2}$ na rozhledové plošině
- zatížena je polovina veškerých vodorovných plochy po směru rozhodujícího větru

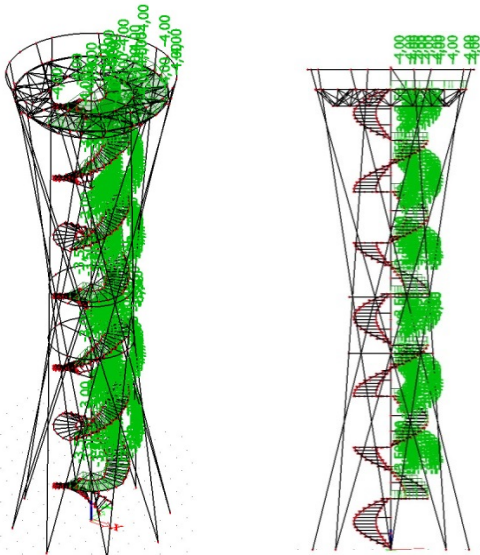
LC_05:

- zatížení $3,0 \text{ kNm}^{-2}$ na schodišťových stupních
- zatížení $3,5 \text{ kNm}^{-2}$ na mezipodestách
- zatížení $4,0 \text{ kNm}^{-2}$ na rozhledové plošině
- zatížení je ob podlaží, u horní rozhledové plošiny šachovnicově (výseče cca 60°)

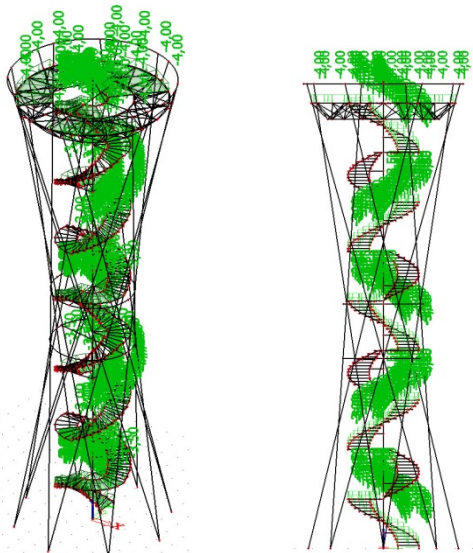
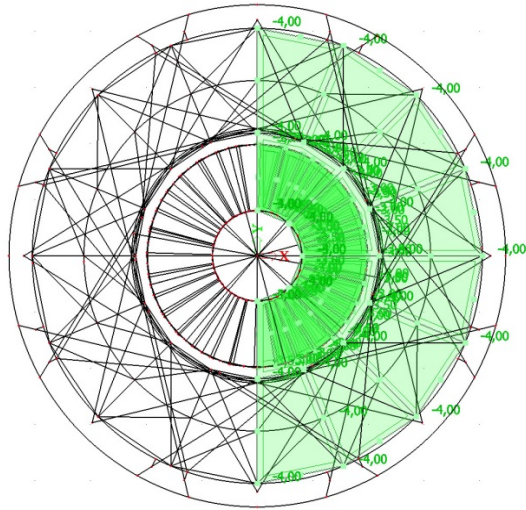
4.2.3.1 UŽITNÉ ZATÍŽENÍ, ZATĚŽOVACÍ SCHÉMATA



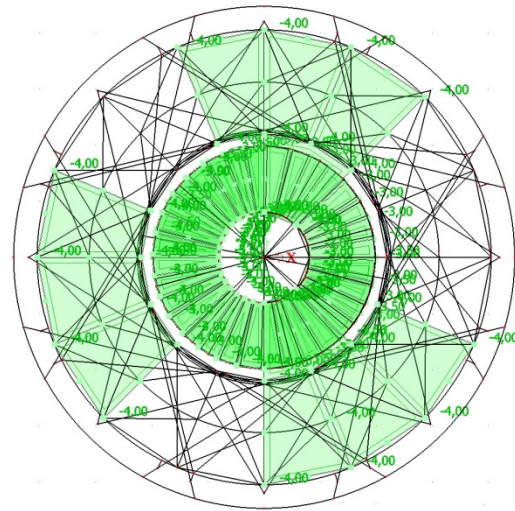
Obr.: LC_03



Obr.: LC_04



Obr.: LC_05

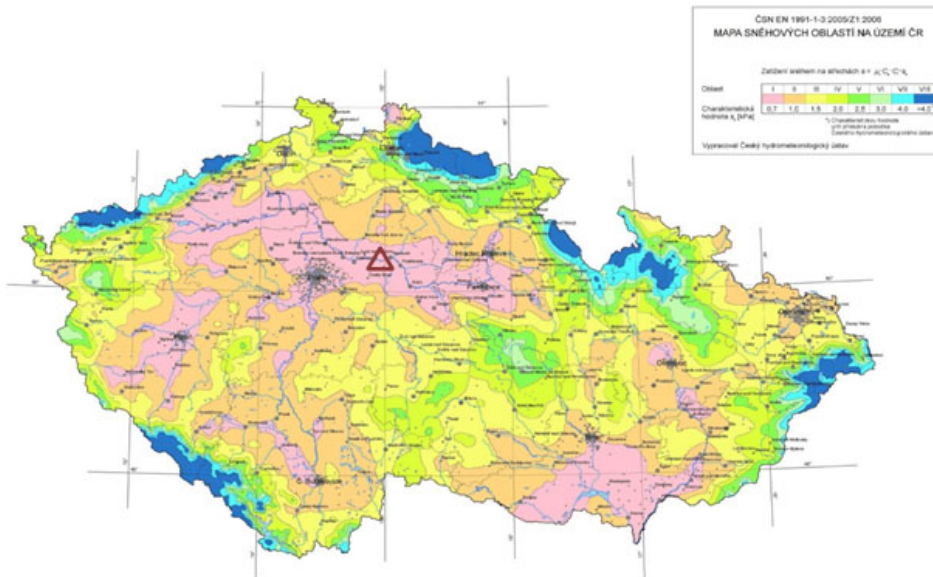


4.2.4 SNÍH

Zatížení sněhem ČSN EN 1991-1-3 ed. 2

| | |
|---------|---------|
| oblast: | I |
| s_k : | 0,7 kPa |

schéma sněhových oblastí:

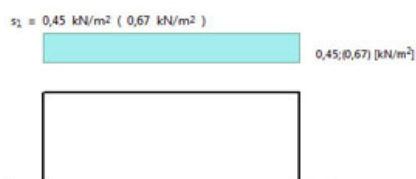


$$s = \mu_i C_e C_t s_k$$

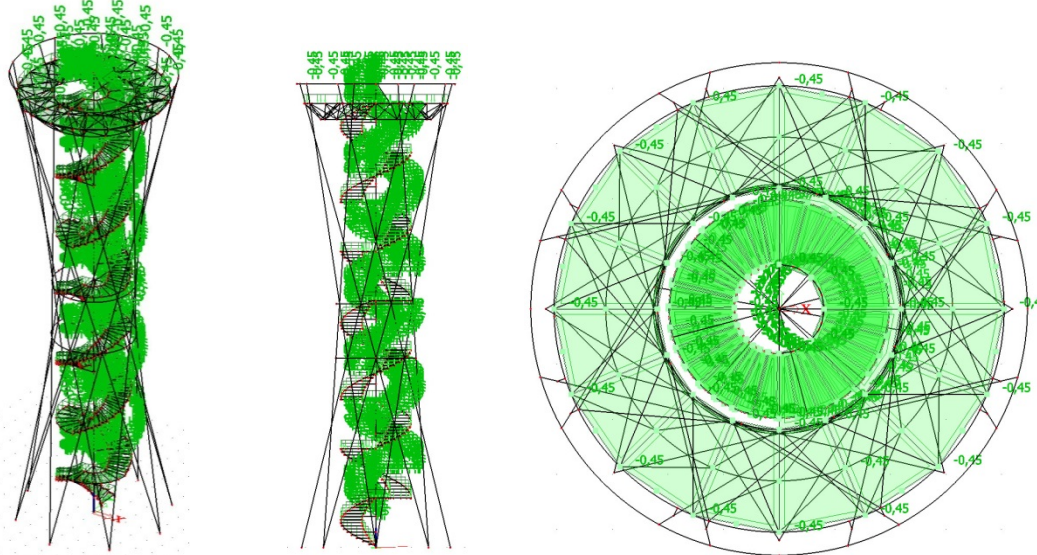
| | | | |
|---------|-----|--|-----------------------------------|
| μ_i | 0,8 | tvarový součinitel | sklon 0° , $\mu_i = \mu_1$ |
| C_e | 0,8 | součinitel expozice | krajina otevřená |
| C_t | 1,0 | tepelný součinitel | |
| s_k | 0,7 | charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi | |

$$s = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,45 \text{ kNm}^{-2}$$

schéma zatížení sněhem:



4.2.4.1 ZATÍŽENÍ SNĚHEM, ZATĚŽOVACÍ SCHÉMATA



Obr.: LC_06

Tíha sněhu byla uvažována i pro poroštové povrchy jako plná, výpočtem uvažovaná velikost oka je 33/11 mm, vlivem tání a opětovného mrazu může povrch poroštu působit jako plná plocha. Vliv navátí sněhu byl zanedbán, nepředpokládá se, že by (minimální) závětrné plochy měly zásadní vliv na zvýšení zatížení sněhem. Taktéž namrzání bylo pominuto, stavba má být umístěna v Polabí.

4.2.5 VÍTR

4.2.5.1 VLIV OROGRAFIE, MAX. DYNAMICKÝ TLAK

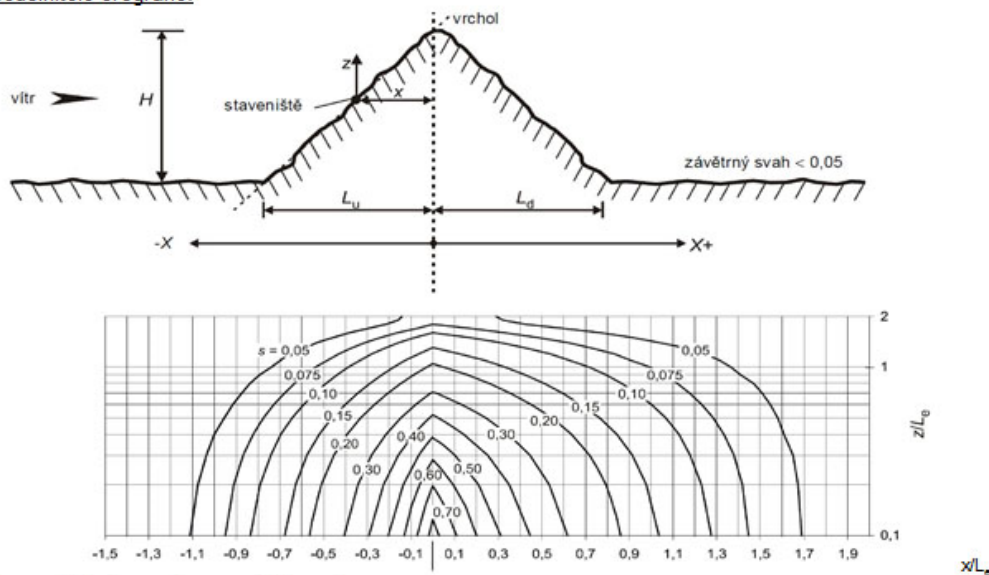
Zatížení větrem

ČSN EN 1991-1-4 ed. 2

| | | | |
|-------------------|---|---------|---------|
| větrná oblast: | 1 | | |
| charakteristika: | jezera, nebo vodorovné oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek | | |
| $z_e = z$: | 26,3 m | L_u : | 443,0 m |
| z_0 : | 0,010 m | L_d : | 443,0 m |
| z_{min} : | 1,0 m | x : | 0,0 m |
| $v_{b,0}$: | 22,5 m/s | H : | 23,0 m |
| ρ_{vzduch} : | 1,25 kg/m ³ | | |

pozn.: vliv orografie lze zanedbat, pokud průměrný sklon terénu je menší než 3°, návětrný terén lze uvažovat do vzdálenosti 10násobku výšky izolovaného terénního útvaru: sklon terénu 5,7° - vliv orografie nelze zanedbat

určení součinitele orografie:



obr. A.3 - součinitel s pro kopce a hřebeny hor

| Sklon ($\phi = H/L_u$) | |
|-----------------------------------|------------------------|
| Pozvolný ($0,05 < \phi << 0,3$) | Strmý ($\phi > 0,3$) |
| $L_e = L_u$ | $L_e = H/0,3$ |

$\phi = H/L_u = 0,051919 \rightarrow L_e = L_u \rightarrow$ sklon pozvolný

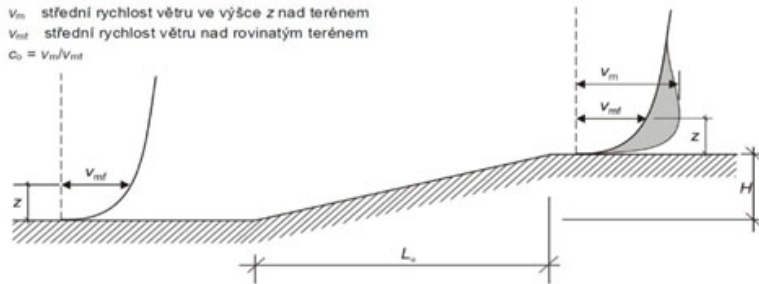
$x/L_u = 0 \quad z/L_e = 0,05937 \quad s = 0,75$

dle (A.2) ČSN EN 1991-1-4 ed. 2:

součinitel orografie:

$$c_o = 1 + 2s \cdot \phi = 1 + 2 \cdot 0,75 \cdot 0,05192 \quad c_o = 1,07788$$

v_m střední rychlost větru ve výšce z nad terémem
 v_{ref} střední rychlost větru nad rovinným terémem
 $c_o = v_m / v_{ref}$



$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,1 \cdot 22,5 \quad v_b = 22,5$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{pro} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$c_r(z) = 0,2 \ln\left(\frac{26,3}{0,010}\right) \quad c_r = 1,3$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,010}{0,05}\right)^{0,07} \quad k_r = 0,2$$

vliv turbulence větru:

$$\sigma_v = k_t \cdot v_b \cdot k_1 = 0,2 \cdot 22,5 \cdot 1 \quad \text{; doporučená hodnota dle NP16 } k_1 = 1 \quad \sigma_v = 3,8$$

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_1}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{pro} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$I_v(z) = 1 / \left(1,078 \ln\left(\frac{26,3}{0,010}\right) \right) \quad I_v(z) = 0,1$$

$$I_v(z) = \sigma_v / v_m(z) \rightarrow v_m(z) = \sigma_v / I_v(z) = \left(\frac{3,8}{0,1} \right) \quad v_m(z) = 32,4 \text{ m/s}$$

$$c_o = v_m / v_{ref} \rightarrow v_{ref}(z) = v_m(z) / c_o = \left(\frac{32,4}{1,078} \right) \quad v_{ref}(z) = 30,1 \text{ m/s}$$

maximální dynamický tlak $q_p(z)$:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

$$q_p(z) = (1 + 7 \cdot 0,1) \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 32,4^2 \quad q_p(z) = 1,20 \text{ kN/m}^2$$

$$c_e = \frac{q_p(z)}{q_b}$$

$$c_e = \frac{1,199}{0,3} \quad c_e = 3,8$$

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

$$q_b = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 \quad q_b = 0,32 \text{ kN/m}^2$$

4.2.5.2 ZATÍŽENÍ VĚTREM, KRUHOVÝCH PROFILŮ

$$w_e(z) = q_p(z_e) \cdot b \cdot c_e \cdot c_f$$

$$c_f = c_{f,0} \cdot \Psi_\lambda$$

$$A_{ref} = l \cdot b$$

Reynoldsovo číslo:

$$Re = \frac{b \cdot v(z_e)}{\nu}$$

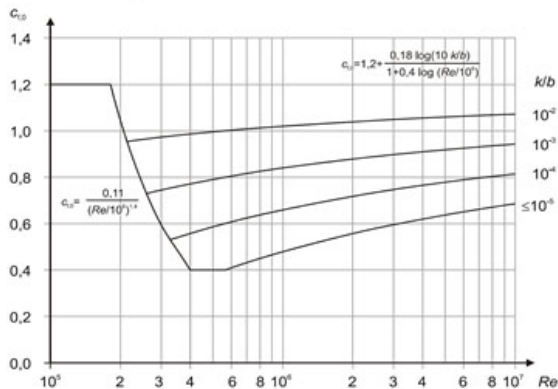
kinematická viskozita vzduchu ν : 1,5E-07 m²/s

| PRVEK | D _{out} [mm] (b=D _{out}) [m] | L [m] | Re [-] | k/b [-] (k=0,2) | c _{f,0} [-] | Ψ _λ | c _f [-] | λ | w _e [kNm ⁻¹] |
|--------|--|-------|---------|--------------------|----------------------|----------------|--------------------|-------|-------------------------------------|
| TRUBKA | 355 | 25,2 | 7,7E+07 | 0,56 | 1,277 | 1,0 | 1,28 | 49,69 | 0,54 |
| TRUBKA | 219 | 27,35 | 4,7E+07 | 0,91 | 1,304 | 1,0 | 1,30 | 87,42 | 0,34 |
| TRUBKA | 76 | 2,2 | 1,6E+07 | 2,63 | 1,372 | 1,0 | 1,37 | 28,95 | 0,12 |
| TRUBKA | 42 | 1 | 9,1E+06 | 4,76 | 1,418 | 1,0 | 1,42 | 23,81 | 0,07 |

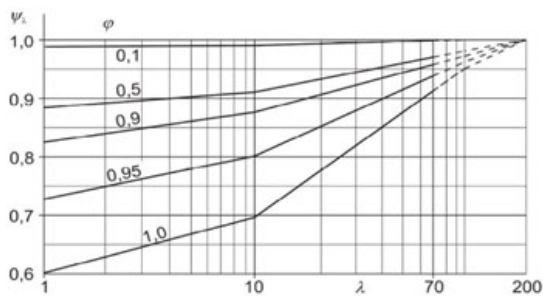
c_{f,0} součinitel bez vlivu proudění

Ψ_λ součinitel koncového efektu (viz graf) konzervativně: 1

součinitel síly c_{f,0}, bez vlivu proudění kolem volných konců



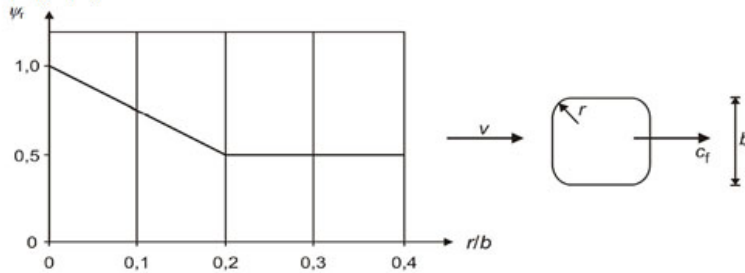
směrné hodnoty koncového efektu Ψ_λ



4.2.5.3 ZATÍŽENÍ VĚTREM, OBDÉLNÍKOVÝCH PROFILŮ

součinitel síly:

$$c_f = c_{f0} \Psi_r \Psi_i$$



Obrázek 7.24 – Redukční součinitel ψ_r pro čtvercový průřez se zaoblenými rohy

| PRVEK | b [mm] | b' [mm] | r [mm] | r/b [-] | Ψ_r | Ψ_i | C_{f0} [-] | W_{ex} [kNm ⁻¹] | W_{ey} [kNm ⁻¹] |
|-------|--------|---------|--------|---------|----------|----------|--------------|-------------------------------|-------------------------------|
| jákl | 160 | 120 | 12 | 0,075 | 0,81 | 1,0 | 2,000 | 0,31 | 0,23 |
| jákl | 80 | 80 | 12 | 0,150 | 0,63 | 1,0 | 2,000 | 0,12 | 0,12 |

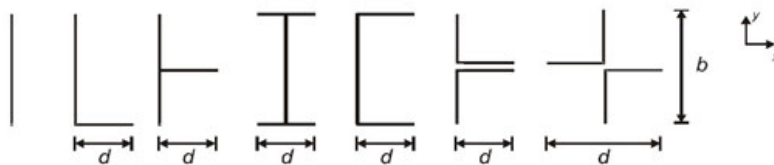
c_{f0} součinitel bez vlivu proudění

konzervativně dle NA.2.35: 2

Ψ_i součinitel koncového efektu (viz graf)

konzervativně: 1

4.2.5.4 ZATÍŽENÍ VĚTREM, OTEVŘENÝCH PROFILŮ



| PRVEK | b [mm] | d [mm] | λ | k/b [-] (k=0,2) | Ψ_i | C_{f0} [-] | W_{ex} [kNm ⁻¹] | W_{ey} [kNm ⁻¹] |
|-----------|--------|--------|-----------|--------------------|----------|--------------|-------------------------------|-------------------------------|
| schodnice | 220 | 12 | 70 | 0,91 | 70 | 2,000 | 0,53 | 0,01 |

c_{f0} součinitel bez vlivu proudění

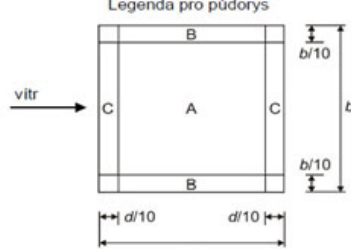
konzervativně dle NA.2.35: 2

4.2.5.5 ZATÍŽENÍ VĚTREM, ROZHLEDOVÁ PLOŠINA

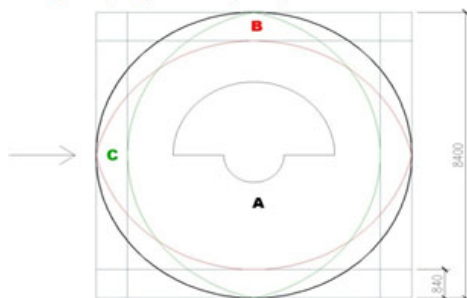
4.2.5.5.1 VARIANTA 1, DŘEVĚNÁ PRKNA

horní rozhledová plošina bude mít pochozí kryt z dřevoplastových prken, uvažovaný charakter zatížení větrem se nejvíce blíží charakteru přístřešku, uvažováno bude sání, tlak a tření po ploše

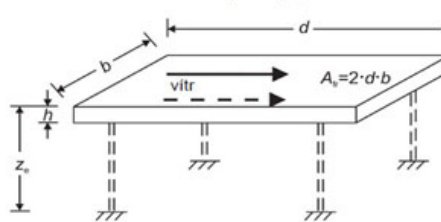
Tabulka 7.6 – Hodnoty součinitelů $c_{p,net}$ a c_f pro pultové přístřešky

| | | | Součinitele výsledného tlaku $c_{p,net}$ | | |
|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--|----------|----------|
| | | | Legenda pro půdorys | | |
| | | |  | | |
| Úhel sklonu střechy α | Součinitel plnosti φ | Součinitel celkové síly c_f | Oblast A | Oblast B | Oblast C |
| 0° | Maximum všech φ | +0,2 | +0,5 | +1,8 | +1,1 |
| | Minimum $\varphi = 0$ | -0,5 | -0,6 | -1,3 | -1,4 |
| | Minimum $\varphi = 1$ | -1,3 | -1,5 | -1,8 | -2,2 |

obr.: půdorys vyhlídkové plošiny



obr.: stanovení referenční plochy pro tření



svislé síly:

$$w_e(z) = q_p(z_e) \cdot c_{p,net}$$

$$\varphi = 0,1 \text{ součinitel plnosti}$$

hodnota vyjadřuje téměř nechráněný průřez pod přístřeškem

| součinitele $c_{p,net}$ - tlak | | | | vítr - tlak [kNm^{-2}] | | | |
|--------------------------------|----------|----------|----------|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | oblast A | oblast B | oblast C | | $w_e(z) - A$ | $w_e(z) - B$ | $w_e(z) - C$ |
| | 0,5 | 1,8 | 1,1 | | 0,60 | 2,16 | 1,32 |
| součinitele $c_{p,net}$ - sání | | | | vítr - sání [kNm^{-2}] | | | |
| | oblast A | oblast B | oblast C | | $w_e(z) - A$ | $w_e(z) - B$ | $w_e(z) - C$ |
| | -0,61 | -1,31 | -1,41 | | -0,73 | -1,56 | -1,69 |

pozn.: celá plošina bude zatížena zvýrazněnou hodnotou w_e v TAB., pro zatěžovací stavy (tlak a sání)

vodorovné síly:

$$A_f = 2 \cdot \pi r^2 - A_{otvor} = 47,15 \text{ m}^2$$

$$c_f(z) = 0,02 \text{ součinitel tření, tab 7.10}$$

odečet ploch v AutoCad

hodnota pro povrch "hrubý"

$$F_f(z) = c_f(z) \cdot A_f \cdot q_p(z) = 0,02 \cdot 47,15 \cdot 1,20$$

$$F_f(z) = 1,13 \text{ kN}$$

pozn.: síla $F_f(z)$ bude rozdělena rovnoměrně na nosníky vyhlídkové plošiny

4.2.5.5.2 VARIANTA 2, POROROŠTY

Pro variantu rozhledové plošiny s poroštý byly použity konzervativně hodnoty tlaku a sání + vlivu tření z postupu pro schodišťové stupně.

Zatížení větrem bylo spočteno dle postupu pro přístřešek, informativně uvedeno. Hodnoty zatížení větrem vycházejí nižší, než u poroštů schodiště.

varianta rozhledové plošiny porošt PR 33/11

svislé síly:

$$w_e(z) = q_p(z_e) \cdot c_{p,net} \cdot k_{poro}$$

$$\varphi = 0,1 \text{ součinitel plnosti}$$

hodnota vyjadřuje téměř nechráněný průřez pod přístřeškem

$$k_{poro} = 0,37$$

poměr plnosti poroštu, viz schody

| součinitele $c_{p,net}$ - tlak | | | vitr - tlak [kNm^{-2}] | | |
|--------------------------------|----------|----------|-----------------------------------|--------------|--------------|
| oblast A | oblast B | oblast C | $w_e(z) - A$ | $w_e(z) - B$ | $w_e(z) - C$ |
| 0,5 | 1,8 | 1,1 | 0,22 | 0,80 | 0,49 |
| součinitele $c_{p,net}$ - sání | | | vitr - sání [kNm^{-2}] | | |
| oblast A | oblast B | oblast C | $w_e(z) - A$ | $w_e(z) - B$ | $w_e(z) - C$ |
| -0,60 | -1,30 | -1,40 | -0,27 | -0,58 | -0,62 |

pozn. : celá plošina bude zatížena zvýrazněnou hodnotou w_e v TAB., pro zatěžovací stavy (tlak a sání)

vodorovné síly:

$$A_f = 2 \cdot \pi r^2 \cdot A_{otvor} = 47,15 \text{ m}^2$$

odečet ploch v AutoCad

$$c_f(z) = 0,04 \text{ součinitel tření, tab 7.10}$$

hodnota pro povrch "velmi hrubý"

$$F_f(z) = c_f(z) \cdot A_f \cdot q_p(z) = 0,04 \cdot 47,15 \cdot 1,20$$

$$F_f(z) = 2,26 \text{ kN}$$

pozn. : síla $F_f(z)$ bude rozdělena rovnoměrně na plochu výhledkové plošiny

Tato varianta byla vybrána jako konečné řešení pochozí plochy rozhledové plošiny.

4.2.5.6 ZATÍŽENÍ VĚTREM, ZÁBRADLÍ - SÍŤ

tlak větru na vnější povrch, výplň zábradlí (nerezová síť):

Tabulka 7.15 – Součinitele sil c_s pro vlnky

| vlnky | A_{ref} | c_s |
|---|-------------|-------|
|  <p>Pevné vlnky</p> <p>Síla kolmá k rovině</p> | $h \cdot c$ | 1,8 |

$$A = 1 \text{ m}^2$$

$$\text{sít CARLSTAHL X-TEND MW50/1,5} \quad 40 \cdot 0,0015$$

$$\text{plocha lanek} = 0,06 \text{ m}^2$$

$$A_{ref} = 1 \text{ m}^2 \cdot 0,1 = 0,1 \text{ m}^2 \quad 0,1 \text{ m}^2$$

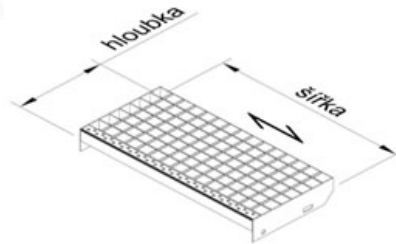
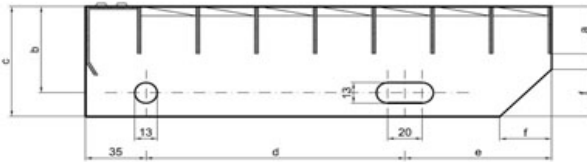
plocha navýšena konzervativně

$$w_e(z) = q_p(z_e) \cdot A_{ref} \cdot c_f = 1,20 \cdot 0,10 \cdot 1,80$$

$$w_e(z) = 0,22 \text{ [kNm}^{-2}\text{]}$$

4.2.5.7 ZATÍŽENÍ VĚTREM, SCHODIŠTĚ

pro výpočet zatížení větrem bude uvažován stupeň rozměru 1200/305 mm(š/h), žár zinkovaný pororošt 33/11-40/3 (stupeň s přední nášlapnou hranou a bočnicemi, nosný pásek 40/3, velikost oka 33/11)
prodejce: RODIF, s.r.o., informační vyobrazení použité z webu prodejce



a=40mm b=55mm c=70mm d=180mm e= 90mm f=30mm

otvory světlý rozměr 30/9mm

$A_{\text{net, stup}} = 0,12 \text{ m}^2/\text{stupeň}$

$A_{\text{net}} = 0,37 \text{ m}^2$

svislé síly:

$w_e(z) = q_p(z_e) \cdot c_{p, \text{net}} \cdot A_{\text{net}}$

hodnota $c_{p, \text{net}}$ byla uvažována: 1,32

$w_e(z) = 0,58 \text{ kNm}^{-2}$ tlak

hodnota $c_{p, \text{net}}$ byla uvažována: -1,56

$w_e(z) = -0,69 \text{ kNm}^{-2}$ sání

vodorovné síly:

$A_f = 5,49 \text{ m}^2$

plocha stupňů jednoho ramene

$c_{f(z)} = 0,04$ součinitel tření, tab 7.10

hodnota pro povrch "velmi hrubý"

$F_f(z) = c_{f(z)} \cdot A_f \cdot q_p(z) = 0,04 \cdot 5,49 \cdot 1,20$

$F_f(z) = 0,26 \text{ kN}$

$A_f = 2,97 \text{ m}^2$

plocha mezipodesty, z AutoCad

$c_{f(z)} = 0,04$ součinitel tření, tab 7.10

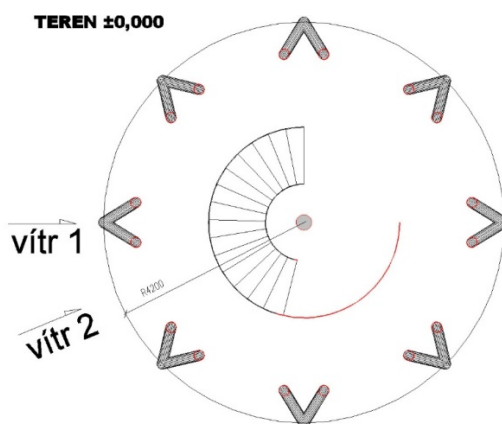
hodnota pro povrch "velmi hrubý"

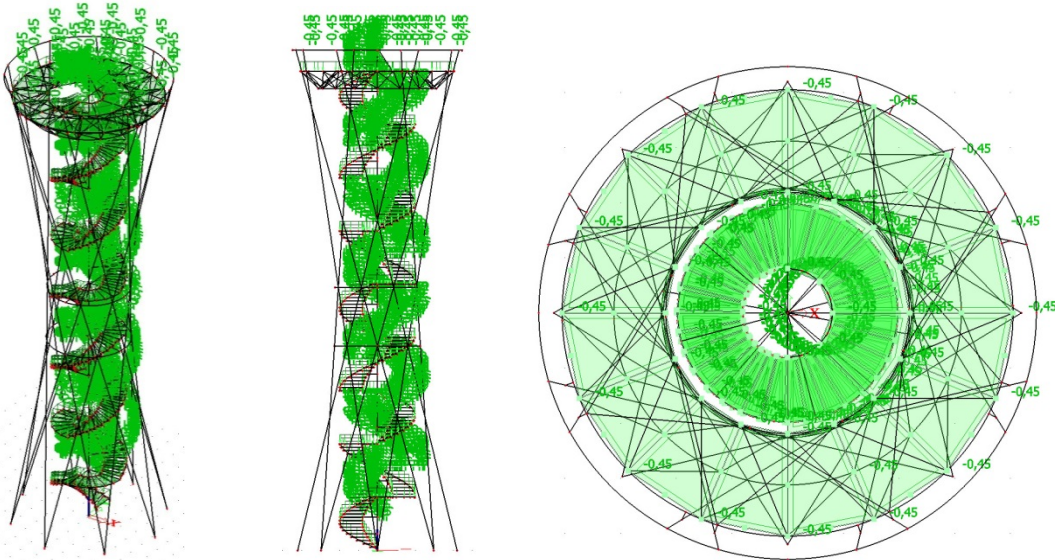
$F_f(z) = c_{f(z)} \cdot A_f \cdot q_p(z) = 0,04 \cdot 2,97 \cdot 1,20$

$F_f(z) = 0,14 \text{ kN}$

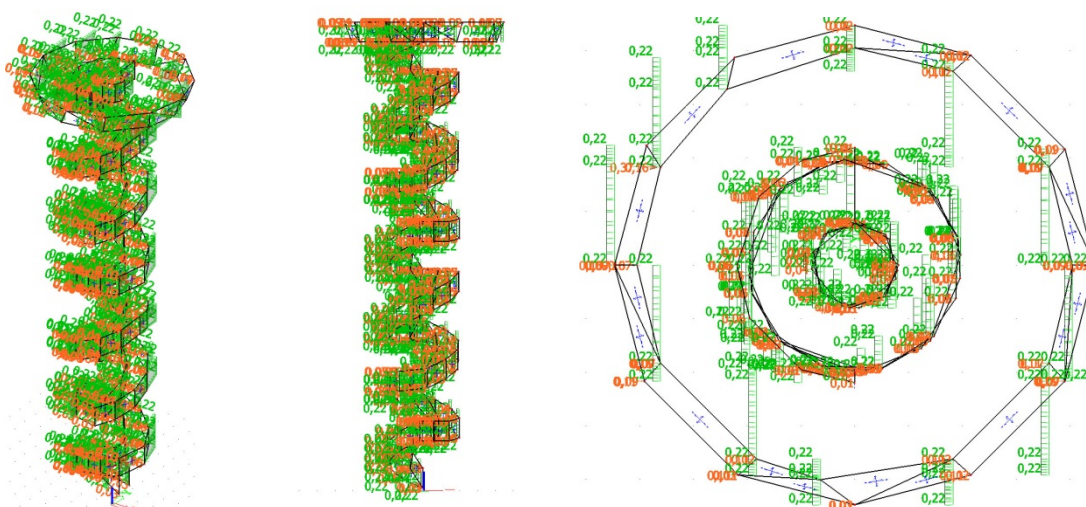
4.2.5.8 VÍTR – ZATĚŽOVACÍ SCHÉMATA

Pro vodorovně působící vítr byly vytvořeny dva zatěžující stavy, LC_07 a LC_08. Vzájemně jsou pootočený o 22,5° vzhledem ke skutečnosti, že plášť hyperboloidu vždy při pootočení po 45° vykazuje shodnou vzdorující plochu vůči větru.

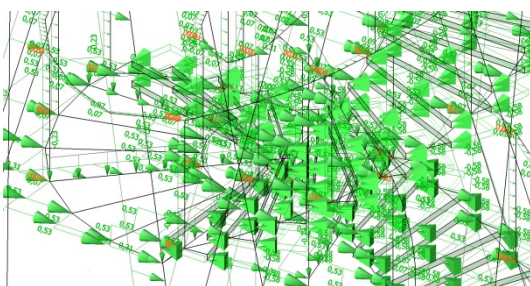




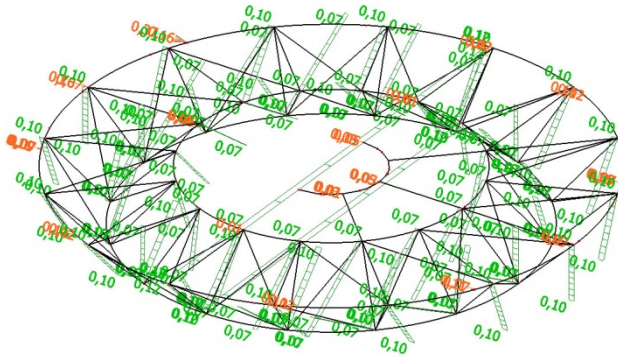
Obr.: LC_07 – hlavní nosné prvky



Obr.: LC_07 – zábradlí, zatěžovací panely

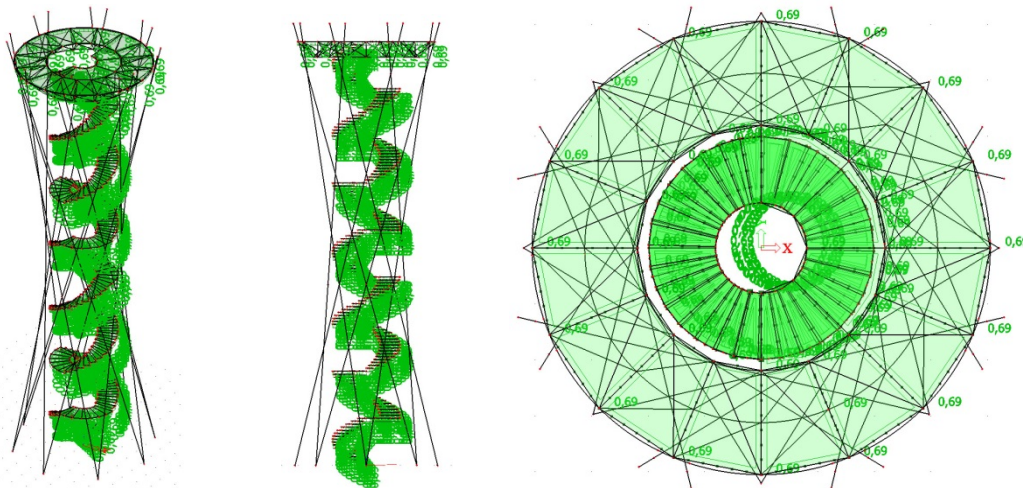


Obr.: LC_07 – detail schodiště, vodorovné zatížení bylo aplikováno na stupně i jejich nástupní (ztužující) hrany



Obr.: LC_07 – detail prostorové příhradoviny – horní prstenec rozhledové plošiny

LC_08 zatížení větrem směr II, je analogicky zadán, bez obrazového doprovodu



Obr.: LC_09 – sání větru

4.3 KOMBINACE

[ČSN EN 1990 ed.2 vztah 6.10a]

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

4.3.1 KOMBINACE LINEÁRNÍ - MSU

| CO-MSU-01A | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
|------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_06 | sníh i | | 1.5 | | 1 |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 0.6 |

| CO-MSU-01B | | | | | |
|-------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_06 | sníh i | | 1.5 | | 0.5 |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.5 | | 1 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 1 |

| CO-MSU-02A | | | | | |
|-------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_06 | sníh i | | 1.5 | | 1 |
| LC_08 | vítr směr 2 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 0.6 |

| CO-MSU-02B | | | | | |
|-------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_06 | sníh i | | 1.5 | | 0.5 |
| LC_08 | vítr směr 2 | | 1.5 | | 1 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 1 |

| CO-MSU-03A | | | | | |
|-------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_03 | užitné, schéma 1 | | 1.5 | | 1 |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 0.6 |

| CO-MSU-03B | | | | | |
|-------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_04 | užitné, schéma 2 | | 1.5 | | 1 |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 0.6 |

| CO-MSU-03C | | | | | |
|-------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_05 | užitné, schéma 3 | | 1.5 | | 1 |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 0.6 |

| CO-MSU-03AA | | | | | |
|--------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_03 | užitné, schéma 1 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.5 | | 1 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 1 |

| CO-MSU-03BB | | | | | |
|--------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_04 | užitné, schéma 2 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.5 | | 1 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 1 |

| CO-MSU-03CC | | | | | |
|--------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_05 | užitné, schéma 3 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.5 | | 1 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 1 |

| CO-MSU-04A | | | | | |
|-------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_03 | užitné, schéma 1 | | 1.5 | | 1 |
| LC_08 | vítr směr 2 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 0.6 |

| CO-MSU-04B | | | | | |
|-------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_04 | užitné, schéma 2 | | 1.5 | | 1 |
| LC_08 | vítr směr 2 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 0.6 |

| CO-MSU-04C | | | | | |
|-------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_05 | užitné, schéma 3 | | 1.5 | | 1 |
| LC_08 | vítr směr 2 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 0.6 |

| CO-MSU-04AA | | | | | |
|--------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_03 | užitné, schéma 1 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_08 | vítr směr 2 | | 1.5 | | 1 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 1 |

| CO-MSU-04BB | | | | | |
|--------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_04 | užitné, schéma 2 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_08 | vítr směr 2 | | 1.5 | | 1 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 1 |

| CO-MSU-04CC | | | | | |
|--------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_05 | užitné, schéma 3 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_08 | vítr směr 2 | | 1.5 | | 1 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 1 |

| CO-MSU-04CC | | | | |
|--------------------|--|--|--|--|
|--------------------|--|--|--|--|

| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
|-------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_05 | užitné, schéma 3 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_08 | vítr směr 2 | | 1.5 | | 1 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 1 |

| CO-MSU-05 | | | | | |
|------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | | | 1 | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | | | 1 | |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.5 | | 1 |
| LC_09 | vítr sání | | 1.5 | | 1 |

| CO-MSU-06 | | | | | |
|------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | | | 1 | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | | | 1 | |
| LC_08 | vítr směr 2 | | 1.5 | | 1 |
| LC_09 | vítr sání | | 1.5 | | 1 |

4.3.2 KOMBINACE STABILITNÍ

Stabilitní kombinace byly vytvořeny z lineárních kombinací, kde pruty společné konstrukční skupiny dosáhly maxima vnitřních sil v porovnání s ostatními kombinacemi zatížení. Byly tedy vytvořeny následující stabilitní kombinace:

| ST-01B | | | | | |
|---------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_06 | sníh i | | 1.5 | | 0.5 |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.5 | | 1 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 1 |

| ST-03A | | | | | |
|---------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_03 | užitné, schéma 1 | | 1.5 | | 1 |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 0.6 |

| ST-03BB | | | | | |
|----------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_04 | užitné, schéma 2 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.5 | | 1 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 1 |

| ST-03CC | | | | | |
|----------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_05 | užitné, schéma 3 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.5 | | 1 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 1 |

| ST-04CC | | | | | |
|----------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_05 | užitné, schéma 3 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_08 | vítr směr 2 | | 1.5 | | 1 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 1 |

4.3.3 KOMBINACE NELINEÁRNÍ - MSU

Kombinace pro nelineární posouzení byly vytvořeny na základě stabilitních kombinací. Byly tedy vytvořeny následující kombinace pro nelineární výpočet:

| NC-01B | | | | | |
|---------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_06 | sníh i | | 1.5 | | 0.5 |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.5 | | 1 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 1 |

| NC-03A | | | | | |
|---------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_03 | užitné, schéma 1 | | 1.5 | | 1 |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 0.6 |

| NC-03BB | | | | | |
|----------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_04 | užitné, schéma 2 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.5 | | 1 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 1 |

| NC-03CC | | | | | |
|----------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_05 | užitné, schéma 3 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.5 | | 1 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 1 |

| NC-04CC | | | | | |
|----------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | $\gamma_{G,inf}$ | ψ_0 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.35 | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.35 | | | |
| LC_05 | užitné, schéma 3 | | 1.5 | | 0.6 |
| LC_08 | vítr směr 2 | | 1.5 | | 1 |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.5 | | 1 |

4.3.4 KOMBINACE NELINEÁRNÍ - MSP

Pro posouzení dle MSP byly sestaveny kombinace dle nelineárních kombinací pro MSU.
[ČSN EN 1990 ed.2 vztah 6.14a]

Kombinace častá, používá se pro nevratné mezní stavy

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "P" + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

| NC-MSP-01B | | | | | | |
|------------|-------------------|------------------|----------------|----------|----------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.0 | | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.0 | | | | |
| LC_06 | sníh i | | 1.0 | | | |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.0 | 0.6 | | |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.0 | 0.6 | | |

| NC-MSP-03A | | | | | | |
|------------|-------------------|------------------|----------------|----------|----------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.0 | | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.0 | | | | |
| LC_03 | užitné, schéma 1 | | | | | |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.0 | 0.6 | | |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.0 | 0.6 | | |

| NC-MSP-03BB | | | | | | |
|-------------|-------------------|------------------|----------------|----------|----------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.0 | | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.0 | | | | |
| LC_04 | užitné, schéma 2 | | 1.0 | 0.7 | | |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.0 | | | |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.0 | | | |

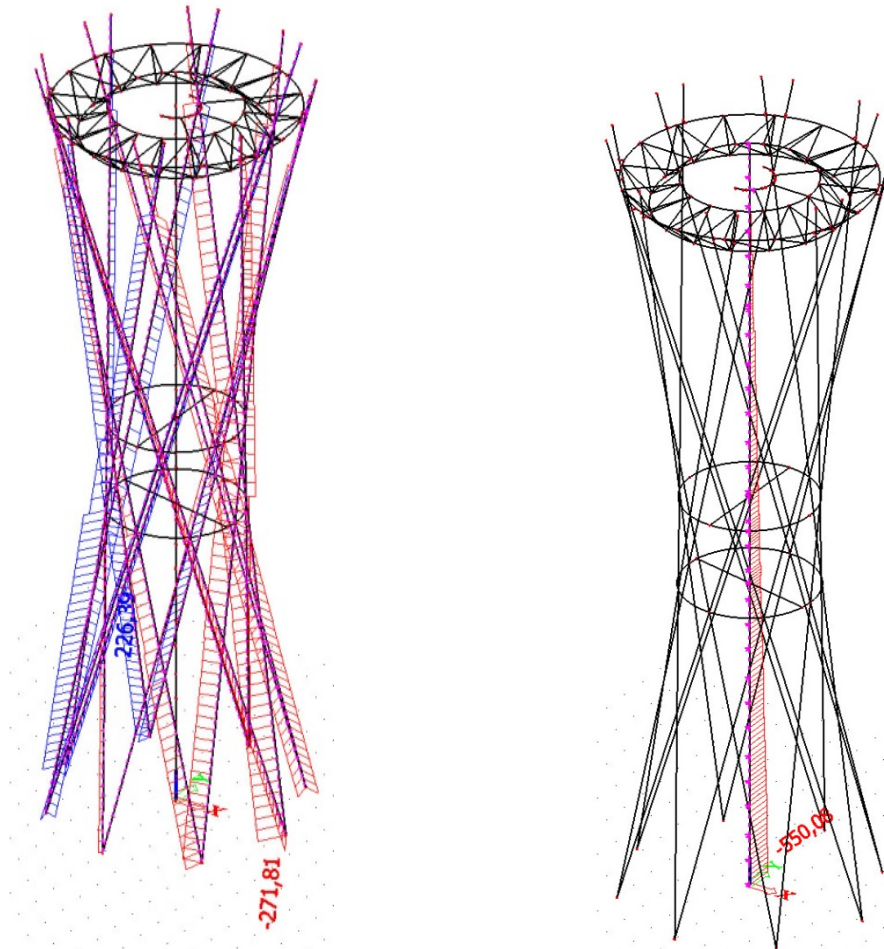
| NC-MSP-03CC | | | | | | |
|-------------|-------------------|------------------|----------------|----------|----------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.0 | | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.0 | | | | |
| LC_05 | užitné, schéma 3 | | 1.0 | 0,7 | | |
| LC_07 | vítr směr 1 | | 1.0 | | | |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.0 | | | |

| NC-MSP-04CC | | | | | | |
|-------------|-------------------|------------------|----------------|----------|----------|----------|
| | | $\gamma_{G,sup}$ | $\gamma_{Q,1}$ | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
| LC_01 | vl.tíha | 1.0 | | | | |
| LC_02 | vl.tíha - ostatní | 1.0 | | | | |
| LC_05 | užitné, schéma 3 | | 1.0 | 0.7 | | |
| LC_08 | vítr směr 2 | | 1.0 | | | |
| LC_10 | vítr tlak | | 1.0 | | | |

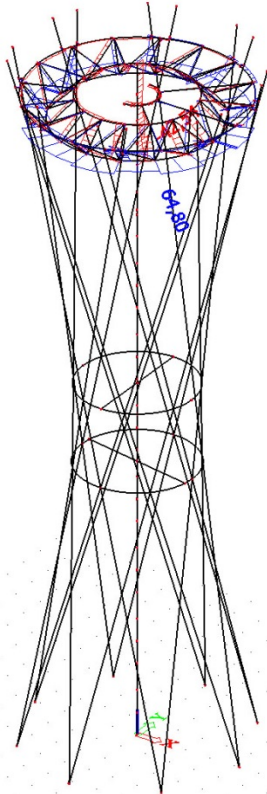
4.4 STABILITNÍ ANALÝZA

Pro stabilitní analýzu byly sestaveny stabilitní kombinace. Tyto byly určeny dle lineárního výpočtu. Byly vybrány takové kombinace, u kterých se v daném případě dosáhlo maximální normálové síly pro vybraný prvek.

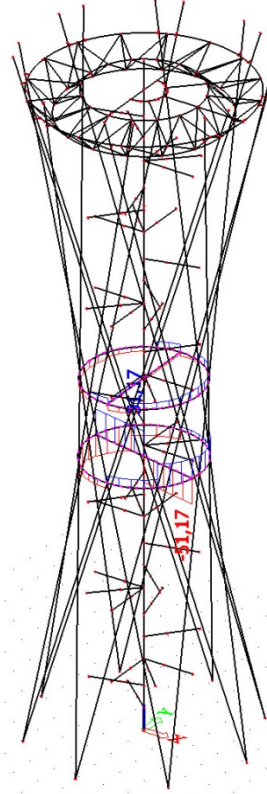
Lineární kombinace a maximální dosažené normálové síly ve vybraných prutech



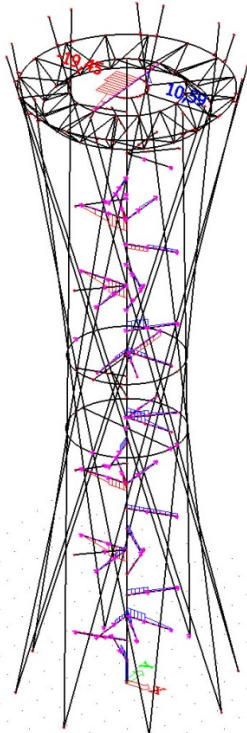
Obr.: CO-MSU-03BB/hyperboloid-plášť CO-MSU-03A/vřetenový sloup



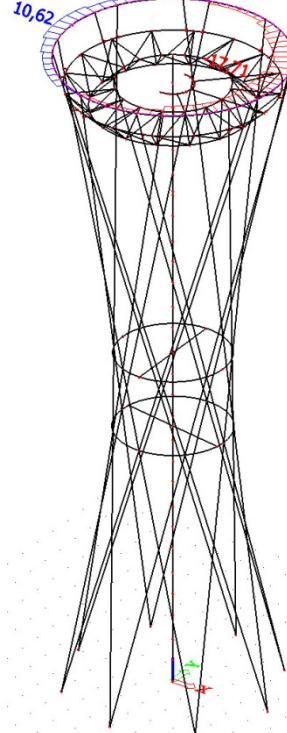
Obr.: CO-MSU-03A/prostorová příhradovina



CO-MSU-03CC/střední prstence

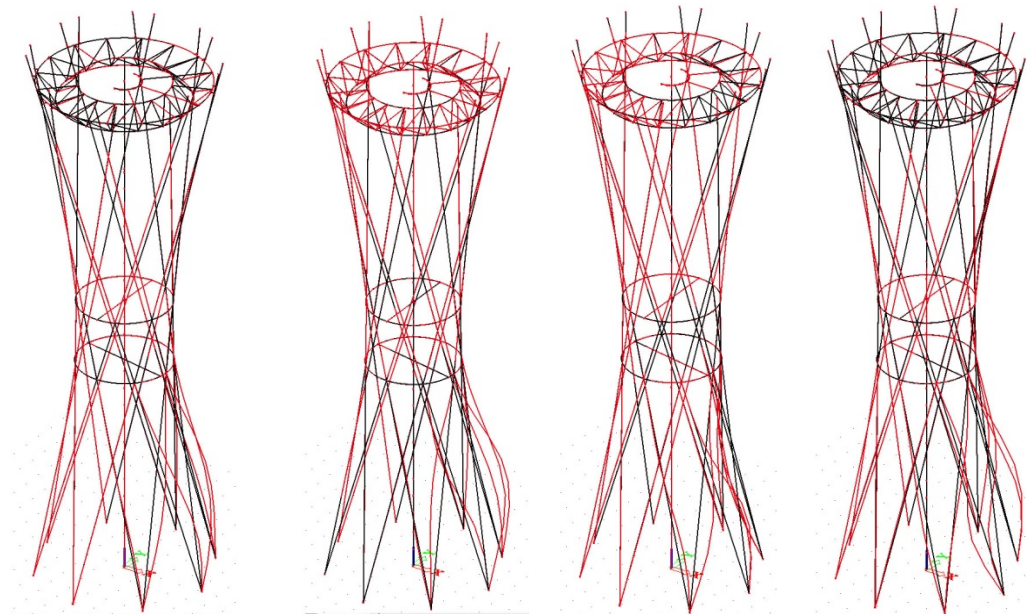


CO-MSU-03CC/konzoly z vřetenového sloupu

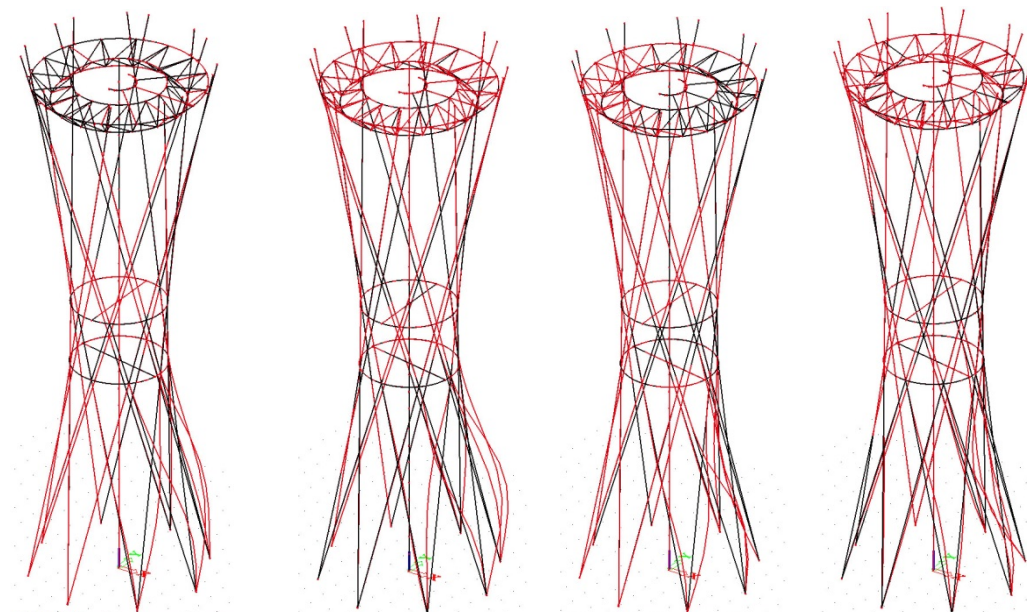


CO-MSU-03BB/zábradlí horní

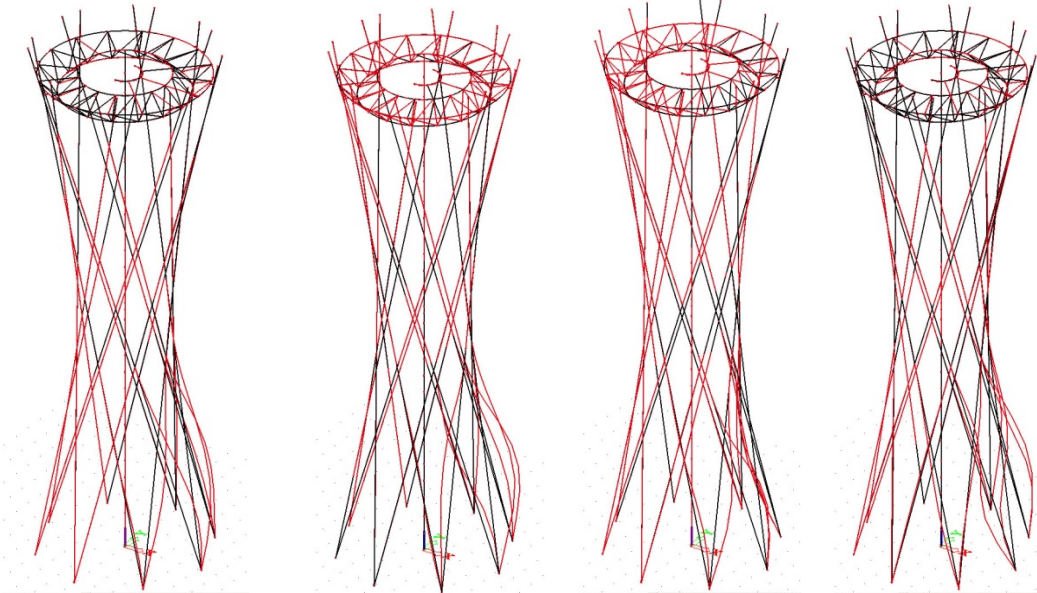
Vykreslení výsledků stabilitní analýzy pro všechny vypočtené vlastní tvary. Z charakteru deformované konstrukce je zřejmé, že jako první vždy ztrácí stabilitu vnější tvar hyperboloidu tvořený trubkami otáčenými kolem pomyslného středu. Následuje prstenec rozhledové plošiny, tvořený prostorovou příhradovinou a vřetenový sloup schodiště. Propojovací prstenec v středu hyperboloidu taktéž vybočuje už v prvních vlastních tvarech, ale v porovnání s pláštěm je jeho vybočení řádově nižší.



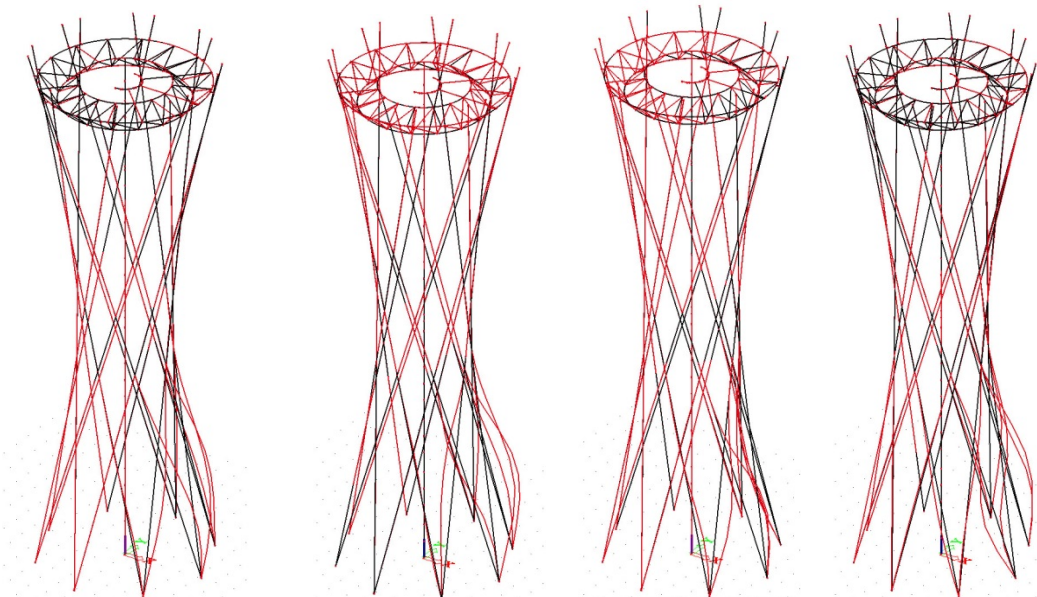
Obr.: ST-01B/vlastní tvar 1,2,3,4



Obr.: ST-03A/vlastní tvar 1,2,3,4



Obr.: ST-03BB/vlastní tvar 1,2,3,4

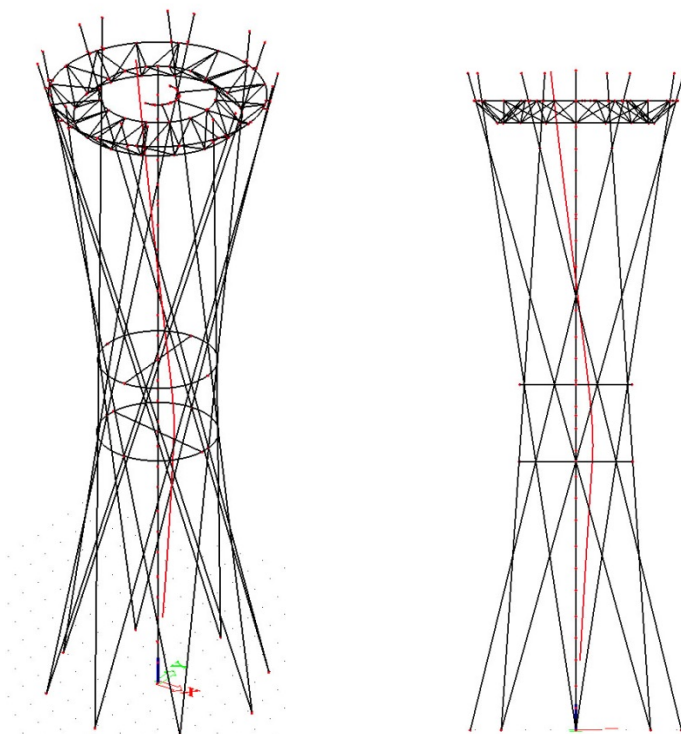


Obr.: ST-03CC/vlastní tvar 1,2,3,4

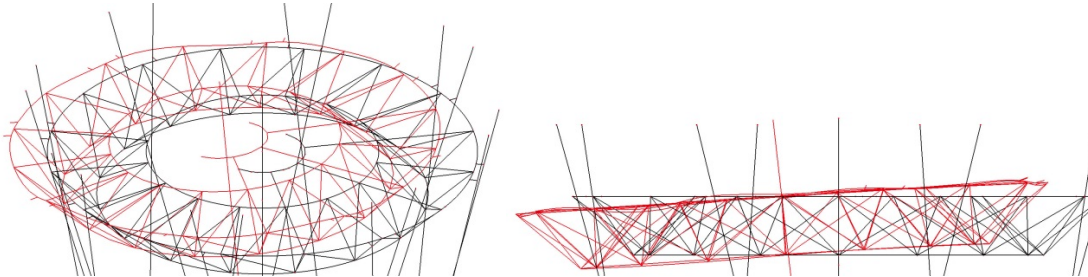
Výpis α_{cr} (v tab. značeno k) pro posuzované stabilitní kombinace.

| N | f | N | f |
|---------------------------------------|------|---------------------------------------|------|
| - | □ | - | □ |
| Stabilitní kombinace : ST-03BB | | Stabilitní kombinace : ST-03CC | |
| 1 | 2.13 | 1 | 2.21 |
| 2 | 2.75 | 2 | 2.86 |
| 3 | 3.59 | 3 | 3.71 |
| 4 | 3.99 | 4 | 4.12 |
| Stabilitní kombinace : ST-03A | | Stabilitní kombinace : ST-04CC | |
| 1 | 3.25 | 1 | 2.47 |
| 2 | 4.16 | 2 | 3.19 |
| 3 | 5.47 | 3 | 3.85 |
| 4 | 5.85 | 4 | 4.17 |
| Stabilitní kombinace : ST-01B | | | |
| 1 | 2.25 | | |
| 2 | 2.91 | | |
| 3 | 3.77 | | |
| 4 | 4.21 | | |

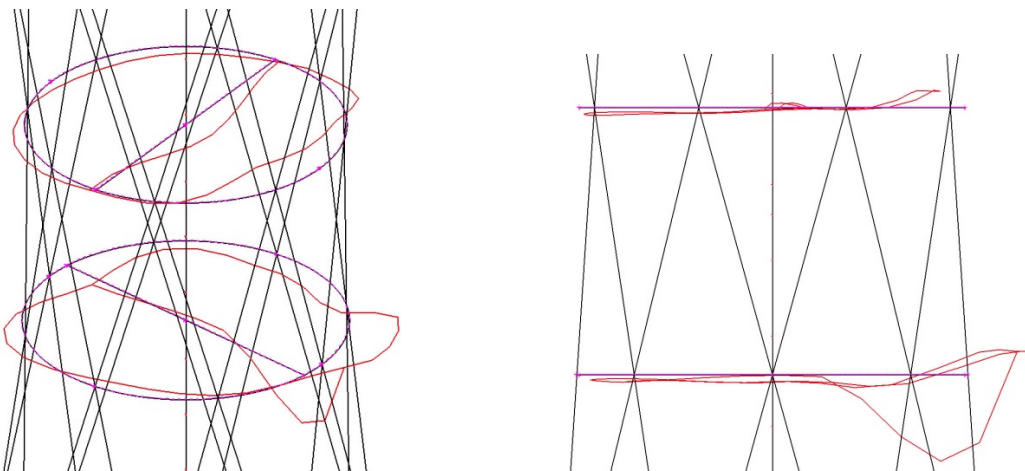
Vybrané detaily stabilitní analýzy:



Obr.: ST-03A/vlastní tvar 1, vřetenový sloup



Obr.: ST-03A/vlastní tvar 1, pro prostorovou příhradovinu rozhledové plošiny



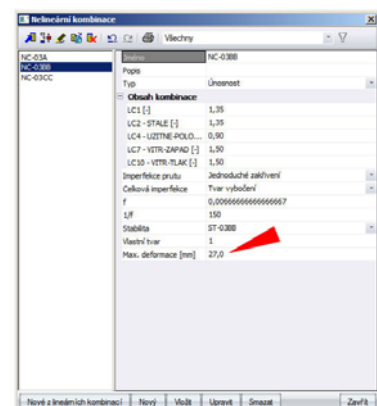
Obr.: ST-03A/vlastní tvar 1, střední prstence se vzpěrami

4.5 NELINEÁRNÍ VÝPOČET MSU

Výpočet vnitřních sil nelineárním postupem proběhl pro předem sestavené kombinace dle stabilitních kombinací, tj. těch kombinací působícího zatížení, u kterých došlo k maximálním výchylkám konstrukce, resp. bylo dosaženo maximální normálové síly v posuzovaných prvcích. Jako imperfekce prutu byla použita hodnota $1/150$, jako hodnota celkové imperfekce konstrukce byly pak pro každou nelineární kombinaci dosazeny 1. vlastní tvary s předem spočtenou hodnotou maximální deformace (e_0)

4.5.1 VÝPOČET HODNOTY POČÁTEČNÍ IMPERFEKCE (E_0)

Software SCIA Engineer neobsahuje možnost vypočítat hodnotu e_0 automatizovaně. Určení této hodnoty bylo provedeno mimo tento program ručně, pro každý požadovaný prut (konstrukční skupinu prutů) s dosažením maximální dosažené normálové síly získané lineárním výpočtem a dimenze prvku.



4.5.2 HODNOTY POČÁTEČNÍ IMPERFEKCE (e_0) PRUTŮ

Výpočet imperfece e_0

ČSN EN 1993-1-1 ed. 2

výpočet společné globální a lokální imperfece z kritického tvaru konstrukce v pružném stavu η_{cr}

| | | |
|-----------------|--|------------|
| α_{cr} : | hodnota pro nejnamáhanější prvek v konstrukci, v dané kombinaci zatížení | 3,25 |
| tvar 1: | stabilitní kombinace zatížení pro výpočet α_{cr} | S1-03A |
| N_{Ed} : | maximální hodnota z výpočtu lineární kombinace zatížení | CO-MSU-03A |
| α : | imperfece pro příslušnou křivku vzpěrné pevnosti, s ohledem na způsob provádění zvolena křivka c | 0,49 |
| e_0 : | vypočtená imperfece 54 mm pro nelineární kombinaci: | NC-03A |

$$\eta_{init} = e_0 \frac{N_{cr}}{EI |\eta_{cr}^*|_{max}} \eta_{cr} = \frac{e_0}{\bar{\lambda}^2} \frac{N_{Rk}}{EI |\eta_{cr}^*|_{max}} \eta_{cr}$$

$$e_0 = \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{M_{Rk}}{N_{Rk}} \frac{1 - \chi \bar{\lambda}^2}{1 - \chi \bar{\lambda}^2} \gamma_{M1} \quad \text{pro } \bar{\lambda} > 0,2$$

| | |
|---------------------------|------------------|
| N_{Ed} [kN]: CO-MSU-03A | 550,1 |
| VÝBĚR TRUBKY: | TR 356/10 |
| MATERIÁL: | S 235 |

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 10869,91 \cdot 235$$

$$N_{Rk} = 2554,43 \text{ kN}$$

$$M_{Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 1197493 \cdot 235$$

$$M_{Rk} = 281,41 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{ULT,k} = N_{Rk} / N_{Ed} = \frac{2554,43}{550,1}$$

$$\alpha_{ULT,k} = 4,64$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\alpha_{ULT,k}}{\alpha_{cr}}} = \left(\frac{4,64}{3,25} \right)^{0,5}$$

$$\bar{\lambda} = 1,195$$

$$e_0 = \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{M_{Rk}}{N_{Rk}} = \frac{0,49 (1,20 - 0,2) 281,41}{2554,43}$$

$$e_0 = 54 \text{ mm}$$

(automatický výběr hodnot z katalogu trubek)

$$A_{TR} : 10869,91058 \quad [\text{mm}^2]$$

$$I_{y,z,TR} : 162798650,8 \quad [\text{mm}^4]$$

$$W_{pl,TR} : 1197493,333 \quad [\text{mm}^3]$$

$$t = 10 \quad [\text{mm}]$$

$$D_{out} = 356 \quad [\text{mm}]$$

$$f_y = 235 \quad [\text{MPa}]$$

$$\gamma_{M0} - \gamma_{M1} = 1$$

imperfece e_0 pro:

NC-03A

54 mm

Výpočet imperfekce e_0

ČSN EN 1993-1-1 ed. 2

výpočet společné globální a lokální imperfekce z kritického tvaru konstrukce v pružném stavu η_{cr}

| | | |
|-----------------|---|-------------|
| α_{cr} : | hodnota pro nejnamáhanejší prvek v konstrukci, v dané kombinaci zatížení | 2,13 |
| tvar 1: | stabilitní kombinace zatížení pro výpočet α_{cr} | S1-03BB |
| N_{Ed} | maximální hodnota z výpočtu lineární kombinace zatížení | CO-MSU-03BB |
| α : | imperfekce pro příslušnou křivku vzpěrné pevnosti, s ohledem na způsob provádění zvolena křivka c | 0,49 |
| e_0 : | vypočtená imperfekce 27 mm pro nelineární kombinaci: | N-03BB |

$$\eta_{init} = e_0 \frac{N_{cr}}{EI |\eta_{cr}''|_{max}} \eta_{cr} = \frac{e_0}{\bar{\lambda}^2} \frac{N_{Rk}}{EI |\eta_{cr}''|_{max}} \eta_{cr}$$

$$e_0 = \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{M_{Rk}}{N_{Rk}} \frac{1 - \chi \bar{\lambda}^2}{1 - \chi \bar{\lambda}^2} \gamma_{M1} \quad \text{pro } \bar{\lambda} > 0,2$$

| | | |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------|
| plášť hyperboloidu - reguly | N_{Ed} [kN] : O-MSU-03BB | 271,81 |
| | VÝBĚR TRUBKY: | TR 168/8 |
| | MATERIÁL: | S 235 |

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 4021,239 \cdot 235$$

$$N_{Rk} = 944,99 \text{ kN}$$

$$M_{Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 204970,7 \cdot 235$$

$$M_{Rk} = 48,17 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{ULT,k} = N_{Rk} / N_{Ed} = \frac{944,99}{271,81}$$

$$\alpha_{ULT,k} = 3,48$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr}}} = \left(\frac{3,48}{2,13} \right)^{0,5}$$

$$\bar{\lambda} = 1,278$$

$$e_0 = \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{M_{Rk}}{N_{Rk}} \gamma_{M1} = \frac{0,49 (1,28 - 0,2) 48,17}{944,99}$$

$$e_0 = 27 \text{ mm}$$

(automatický výběr hodnot z katalogu trubek)

$$A_{TR} : 4021,238597 \quad [\text{mm}^2]$$

$$I_{y,z,TR} : 12900133,42 \quad [\text{mm}^4]$$

$$W_{pl,TR} : 204970,6667 \quad [\text{mm}^3]$$

$$t = 8 \quad [\text{mm}]$$

$$D_{out} = 168 \quad [\text{mm}]$$

$$f_y = 235 \quad [\text{MPa}]$$

$$\gamma_{M0} - \gamma_{M1} = 1$$

imperfekce e_0 pro:**N-03BB****27 mm**

Výpočet imperfekce e_0 ČSN EN 1993-1-1 ed. 2

výpočet společné globální a lokální imperfekce z kritického tvaru konstrukce v pružném stavu η_{cr}

| | | |
|-----------------|---|------------|
| α_{cr} : | hodnota pro nejnamáhavější prvek v konstrukci, v dané kombinaci zatížení | 3,25 |
| tvar 1: | stabilní kombinace zatížení pro výpočet α_{cr} | ST-03A |
| N_{Ed} | maximální hodnota z výpočtu lineární kombinace zatížení | CO-MSU-03A |
| α : | imperfekce pro příslušnou křivku vzpěrné pevnosti, s ohledem na způsob provádění zvolena křivka c | 0,49 |
| e_0 : | vypočtená imperfekce 62 mm pro nelineární kombinaci: | NC-03A.1 |

$$\eta_{init} = e_0 \frac{N_{cr}}{EI \left| \eta_{cr}'' \right|_{max}} \eta_{cr} = \frac{e_0}{\bar{\lambda}^2} \frac{N_{Rk}}{EI \left| \eta_{cr}'' \right|_{max}} \eta_{cr}$$

$$e_0 = \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{M_{Rk}}{N_{Rk}} \frac{1 - \chi \bar{\lambda}^2}{1 - \chi \bar{\lambda}^2} \gamma_{M1} \quad \text{pro } \bar{\lambda} > 0,2$$

| | | | |
|--------|---------------------------------|----------------------------|-----------------|
| prvek: | ztužující prstence hyperboloidu | N_{Ed} [kN] : CO-MSU-03A | 23,1 |
| | | VÝBĚR TRUBKY: | TR 140/8 |
| | | MATERIÁL: | S 235 |

$N_{Rk} = A \cdot f_y = 3317,522 \cdot 235$

$N_{Rk} = 779,62 \text{ kN}$

$M_{Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 139562,7 \cdot 235$

$M_{Rk} = 32,80 \text{ kNm}$

$\alpha_{ULT,k} = N_{Rk} / N_{Ed} = \frac{779,62}{23,1}$

$\alpha_{ULT,k} = 33,75$

$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr}}} = \left(\frac{33,75}{3,25} \right)^{0,5}$

$\bar{\lambda} = 3,223$

$e_0 = \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{M_{Rk}}{N_{Rk}} = \frac{0,49 (3,22 - 0,2) 32,80}{779,62}$

$e_0 = 62 \text{ mm}$

(automatický výběr hodnot z katalogu trubek)

$A_{TR} : 3317,521842 \text{ [mm}^2\text{]}$

$I_{y,zTR} : 7252102,747 \text{ [mm}^4\text{]}$

$W_{pl,TR} : 139562,6667 \text{ [mm}^3\text{]}$

$t = 8 \text{ [mm]}$

$D_{out} = 140 \text{ [mm]}$

$f_y = 235 \text{ [MPa]}$

$\gamma_{M0} = \gamma_{M1} = 1$

imperfekce e_0 pro: NC-03A.1 62 mm

Výpočet imperfekce e_0

ČSN EN 1993-1-1 ed. 2

výpočet společně globální a lokální imperfekce z kritického tvaru konstrukce v pružném stavu η_{cr}

| | | |
|-----------------|---|------------|
| α_{cr} : | hodnota pro nejnamáhavější prvek v konstrukci, v dané kombinaci zatížení | 3,25 |
| tvar 1: | stabilitní kombinace zatížení pro výpočet α_{cr} | ST-03A |
| N_{Ed} | maximální hodnota z výpočtu lineární kombinace zatížení | CO-MSU-03A |
| α : | imperfekce pro příslušnou křivku vzpěrné pevnosti, s ohledem na způsob provádění zvolena křivka c | 0,49 |
| e_0 : | vypočtená imperfekce 36 mm pro nelineární kombinaci: | NC-03A.2 |

$$\eta_{init} = e_0 \frac{N_{cr}}{EI \left| \eta_{cr}^* \right|_{max}} \eta_{cr} = \frac{e_0}{\bar{\lambda}^2} \frac{N_{Rk}}{EI \left| \eta_{cr}^* \right|_{max}} \eta_{cr}$$

$$e_0 = \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{M_{Rk}}{N_{Rk}} \frac{1 - \chi \bar{\lambda}^2}{1 - \chi \bar{\lambda}^2} \quad \text{pro } \bar{\lambda} > 0,2$$

| | | | |
|--------|---|----------------------------|-----------------|
| prvek: | prostorová příhradovina - horní plošina | N_{Ed} [kN] : CO-MSU-03A | 64,8 |
| | | VÝBĚR TRUBKY: | TR 140/8 |
| | | MATERIÁL: | S 235 |

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 3317,522 \cdot 235$$

$$N_{Rk} = 779,62 \text{ kN}$$

$$M_{Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 139562,7 \cdot 235$$

$$M_{Rk} = 32,80 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{ult,k} = N_{Rk} / N_{Ed} = \frac{779,62}{64,8}$$

$$\alpha_{ult,k} = 12,03$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr}}} = \left(\frac{12,03}{3,25} \right)^{0,5}$$

$$\bar{\lambda} = 1,924$$

$$e_0 = \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{M_{Rk}}{N_{Rk}} = \frac{0,49 (1,92 - 0,2) 32,80}{779,62}$$

$$e_0 = 36 \text{ mm}$$

(automatický výběr hodnot z katalogu trubek)

$$A_{TR} : 3317,521842 \quad [\text{mm}^2]$$

$$I_{y,z,TR} : 7252102,747 \quad [\text{mm}^4]$$

$$W_{pl,TR} : 139562,6667 \quad [\text{mm}^3]$$

$$t = 8 \quad [\text{mm}]$$

$$D_{out} = 140 \quad [\text{mm}]$$

$$f_y = 235 \quad [\text{MPa}]$$

$$\gamma_{M0} - \gamma_{M1} = 1$$

imperfekce e_0 pro:**NC-03A.2****36 mm**

Shrnutí hodnot imperfekcí pro hlavní návrhové prvky:

| prvek-prut | nelineární kombinace | e_0 [mm] |
|-------------------------|----------------------|---------------|
| vřetenový sloup | NC-03A | 54 |
| reguly (hyperboloid) | NC-03BB | 27 |
| střední prstence | NC-03A1 | 62 |
| 3D příhradovina-plošina | NC-03A2 | 36 |
| konzoly schodiště | NC-03A | 54 |

4.5.3 MSP

Jednotlivé prvky byly posouzeny z hlediska MSP, maximální posun byl stanoven na 1/250 rozpětí, resp od podpory na podporu, Maximální posun ve svislém směru byl pro prvky nosné konstrukce stanoven na 1/400 výšky, tedy $25,2/400 = 0,063\text{m}$. Posuny byly spočteny pro příslušné nelineární kombinace MSP. Stupně a pochozí plocha pororoštů byly vybrány dle tabulek výrobce. V tabulkách jsou modře vyznačeny oblasti s průhybem $< 4\text{mm}$ rozpětí roštu, při zatížení osamělým břemenem $1,5\text{kNm}^2$. Průhyb byl určen lineární aproximací z průhybu pro plošné zatížení.

Schodišťový stupeň, mezipodesty:

| velikost pásku | veličina | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | 2500 |
|----------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 30 x 3 | Fv | 6221 | 4320 | 3174 | 2430 | 1920 | 1555 | 1285 | 1080 | 920 | 794 | 691 | 608 | 538 | 480 | 431 | 370 | 353 | 321 | 294 | 270 | 249 |
| | fv | 0,13 | 0,19 | 0,26 | 0,34 | 0,43 | 0,53 | 0,64 | 0,76 | 0,89 | 1,04 | 1,19 | 1,35 | 1,53 | 1,71 | 1,91 | 2,12 | 2,33 | 2,56 | 2,80 | 3,05 | 3,30 |
| | Fp | 594 | 475 | 396 | 340 | 297 | 264 | 238 | 216 | 198 | 183 | 170 | 158 | 149 | 140 | 132 | 125 | 119 | 113 | 108 | 103 | 99 |
| | fp | 0,13 | 0,18 | 0,24 | 0,31 | 0,39 | 0,47 | 0,56 | 0,66 | 0,77 | 0,89 | 1,02 | 1,16 | 1,30 | 1,45 | 1,61 | 1,78 | 1,96 | 2,15 | 2,34 | 2,54 | 2,76 |

Schodišťový stupeň:

Průhyb při zatížení $3,0\text{kNm}^2 = 2,1\text{mm} < 1200/250 = 4,8\text{mm}$vyhoví pro MSP

mezipodesty

Průhyb při zatížení $3,5\text{kNm}^2 = 2,5\text{mm} < 1200/250 = 4,8\text{mm}$vyhoví pro MSP

Rozhledová plošina:

| velikost pásku | veličina | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | 2500 |
|----------------|----------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 40 x 2 | Fv | 7368 | 5117 | 3759 | 2878 | 2274 | 1842 | 1523 | 1279 | 1090 | 940 | 819 | 720 | 637 | 569 | 510 | 461 | 418 | 381 | 348 | 320 | 295 |
| | fv | 0,10 | 0,14 | 0,19 | 0,25 | 0,32 | 0,40 | 0,48 | 0,57 | 0,67 | 0,78 | 0,89 | 1,02 | 1,15 | 1,28 | 1,43 | 1,59 | 1,75 | 1,92 | 2,10 | 2,29 | 2,48 |
| | Fp | 691 | 553 | 461 | 395 | 345 | 307 | 276 | 251 | 230 | 213 | 197 | 184 | 173 | 163 | 153 | 145 | 138 | 132 | 126 | 120 | 115 |
| | fp | 0,10 | 0,14 | 0,18 | 0,23 | 0,29 | 0,35 | 0,42 | 0,50 | 0,58 | 0,67 | 0,76 | 0,87 | 0,97 | 1,09 | 1,21 | 1,34 | 1,47 | 1,61 | 1,76 | 1,91 | 2,07 |
| 40 x 3 | Fv | 11059 | 7680 | 5642 | 4320 | 3414 | 2765 | 2285 | 1920 | 1636 | 1410 | 1229 | 1080 | 957 | 853 | 766 | 691 | 627 | 571 | 523 | 480 | 442 |
| | fv | 0,10 | 0,14 | 0,19 | 0,25 | 0,32 | 0,40 | 0,48 | 0,57 | 0,67 | 0,78 | 0,89 | 1,02 | 1,15 | 1,29 | 1,43 | 1,59 | 1,75 | 1,92 | 2,10 | 2,29 | 2,48 |
| | Fp | 1037 | 829 | 691 | 592 | 518 | 461 | 415 | 377 | 346 | 319 | 296 | 276 | 259 | 244 | 230 | 218 | 207 | 197 | 189 | 180 | 173 |
| | fp | 0,10 | 0,14 | 0,18 | 0,23 | 0,29 | 0,35 | 0,42 | 0,50 | 0,58 | 0,67 | 0,77 | 0,87 | 0,97 | 1,09 | 1,21 | 1,34 | 1,47 | 1,61 | 1,76 | 1,91 | 2,07 |
| 40 x 4 | Fv | 14737 | 10234 | 7519 | 5756 | 4549 | 3684 | 3045 | 2559 | 2180 | 1879 | 1637 | 1439 | 1274 | 1137 | 1021 | 921 | 835 | 761 | 696 | 640 | 590 |
| | fv | 0,10 | 0,14 | 0,19 | 0,25 | 0,32 | 0,40 | 0,48 | 0,57 | 0,67 | 0,78 | 0,89 | 1,02 | 1,15 | 1,28 | 1,43 | 1,59 | 1,75 | 1,92 | 2,10 | 2,28 | 2,48 |
| | Fp | 1382 | 1105 | 921 | 789 | 691 | 614 | 553 | 502 | 461 | 425 | 395 | 368 | 345 | 325 | 307 | 291 | 276 | 263 | 251 | 240 | 230 |
| | fp | 0,10 | 0,14 | 0,18 | 0,23 | 0,29 | 0,35 | 0,42 | 0,50 | 0,58 | 0,67 | 0,76 | 0,87 | 0,97 | 1,09 | 1,21 | 1,34 | 1,47 | 1,61 | 1,75 | 1,91 | 2,07 |

Rozhledová plošina:

Průhyb při zatížení $4,0 \text{ kNm}^{-2} = 3,7 \text{ mm} < 1640/250 = 6,6 \text{ mm} \dots \text{vyhoví pro MSP}$

Legenda

Fv = přípustné rovnoměrné zatížení (daN/m^2), 1 daN je přibližně 1 kg
 fv = průhyb (fv) v cm při zatížení Fv
 Fp = přípustné zatížení osamělým břemenem (Fp) v daN
 plocha zatížení 200x200 mm
 fp = průhyb (fp) v cm při zatížení Fp

Dovolené namáhání: 1 600 daN/cm^2
 Koefficient bezpečnosti na mezi kluzu: 1,5
 Koefficient bezpečnosti na mezi pevnosti v tahu: 2,35
 Úložný rozměr roštu na podpoře = výška roštu, ale minimum 30 mm

Všeobecně doporučená oblast použití. Pružná deformace při zatížení nepřekračuje $1/200$ rozteče podpor a je vždy $\leq 4 \text{ mm}$ při jednotlivém pohyblivém břemenu 150 daN působícím na ploše 200x200 mm.

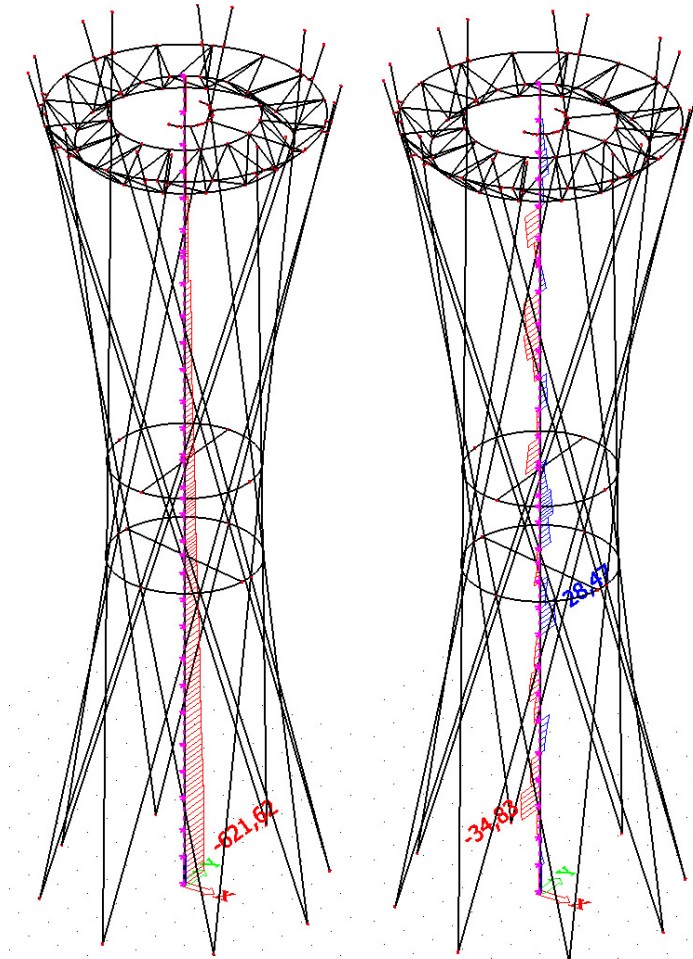
Při tomto omezení může ještě rošt přenést jednotlivé pohyblivé břemeno 150 daN na ploše 200x200 mm v nejnevýhodnějším místě při maximálním průhybu $1/200$ rozteče podpor.

Je označena mez, pro kterou bude pro rovnoměrné užitečné zatížení hodnoty 500 daN/m^2 průhyb 4 mm, doporučuje se volit rozpětí podpor před touto hranicí.

Je označena mez, pro kterou bude pro rovnoměrné užitečné zatížení 500 daN/m^2 maximální průhyb roven $1/200$ rozpětí podpor.

4.5.4 POSOUZENÍ PRVKŮ

4.5.4.1 VŘETENOVÝ SLOUP



Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B633..B641,B1593
Nelineární kombinace : NC-03A

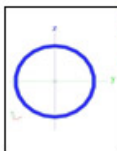
| Prvek | Stav | dx [m] | N [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|-------|--------|-----------|----------------|---------------|---------------|--------------|---------------|----------------|
| B633 | NC-03A | 0,000 | -621,62 | 7,55 | -15,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| B637 | NC-03A | 2,800 | -24,55 | -46,06 | -2,82 | 2,65 | 4,56 | -36,86 |
| B636 | NC-03A | 1,750 | -378,37 | -61,44 | 11,14 | 5,02 | -11,48 | -107,92 |
| B638 | NC-03A | 2,800 | -323,75 | 59,11 | 1,36 | -1,56 | 10,88 | -79,55 |
| B633 | NC-03A | 0,875 | -610,47 | 18,87 | -21,24 | -1,57 | 7,49 | -0,57 |
| B633 | NC-03A | 0,875 | -620,63 | 16,78 | 16,84 | 0,00 | 0,48 | 10,66 |
| B641 | NC-03A | 0,000 | -115,97 | -3,14 | -10,76 | -6,01 | 10,64 | 92,76 |
| B636 | NC-03A | 2,352 | -377,82 | -55,39 | 14,05 | 5,02 | -3,89 | -143,14 |
| B634 | NC-03A | 0,700 | -572,45 | 11,90 | 0,23 | 4,35 | -34,83 | 69,14 |
| B636 | NC-03A | 0,000 | -421,26 | -52,92 | -6,32 | -1,95 | 28,47 | -22,00 |
| B636 | NC-03A | 2,352 | -377,36 | 43,48 | -9,81 | 1,83 | -3,93 | -147,02 |
| B640 | NC-03A | 2,800 | -187,59 | 14,90 | -3,76 | 2,02 | -28,62 | 128,90 |

posouzení prvku, vnitřní síly II. řád

ČSN EN 1993-1-1 ed. 2

při zahnutí vlivu imperfekci se posudek provede pouze z hlediska pevnostního, stabilita je již zahrnuta

| | | | | |
|-----------|--|--|--|---------------------------------|
| e: | $\varepsilon = (235/f_y)^{0,5}$ | 1,000 | | |
| d/t | | 35,6 | | |
| zatížení | tř.1: $d/t \leq 50\varepsilon^2$ 50,000 | tř.2: $d/t \leq 70\varepsilon^2$ 70,000 | tř.3: $d/t \leq 90\varepsilon^2$ 90,000 | 1 tlačný, tlač.+ohyb. |
| kombinace | | | | NC-03A |

| | | | | |
|---|---------------------------|----------------------|--------|------------------|
|  | prvek: B633 | M_{Ed} [kNm] | NC-03A | 7,6 |
| | vřetenový sloup schodiště | N_{Ed} [kN] | NC-03A | 621,7 |
| | | VÝBĚR TRUBKY: | | TR 356/10 |
| | | MATERIÁL: | | S 235 |

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} =$$

$$\frac{10869,91058 \cdot 235}{1}$$

$$N_{c,Rd} = 2554,43 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{c,Rd} =$$

$$\frac{621,7}{2554,43}$$

$$N_{Ed} / N_{c,Rd} = 0,24$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} =$$

$$\frac{1197493,333 \cdot 235}{1}$$

$$M_{c,Rd} = 281,41$$

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} =$$

$$\frac{7,6}{281,41}$$

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,03$$

(automatický výběr hodnot z katalogu trubek)

$$A_{TR} : 10869,91058 \quad [\text{mm}^2]$$

$$I_{y,z,TR} : 162798650,8 \quad [\text{mm}^4]$$

$$W_{pl,TR} : 1197493,333 \quad [\text{mm}^3]$$

$$t = 10 \quad [\text{mm}]$$

$$D_{out} = 356 \quad [\text{mm}]$$

$$f_y = 235 \quad [\text{MPa}]$$

$$\gamma_{M0} - \gamma_{M1} = 1$$

| | | | | |
|---------------------|---------------------|---|---------------------|----------|
| | $N_{Ed} / N_{c,Rd}$ | + | $M_{Ed} / M_{c,Rd}$ | ≤ 1 |
| JEDNOTKOVÝ POSUDEK: | 0,24 | | 0,03 | 1 |
| | | | | 0,27 |

TR 356/10

VYHOVÍ

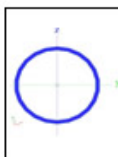
PRO MSU

posouzení prvku, vnitřní síly II. řád

ČSN EN 1993-1-1 ed. 2

při zahrnutí vlivu imperfekci se posudek provede pouze z hlediska pevnostního, stabilita je již zahrnuta

| | | | | |
|------------------|--|--|--|---------------------------------|
| e: | $\varepsilon = (235/f_y)^{0,5}$ | 1,000 | | |
| d/t | | 35,6 | | |
| zatřídění | tř.1: $d/t \leq 50\varepsilon^2$ 50,000 | tř.2: $d/t \leq 70\varepsilon^2$ 70,000 | tř.3: $d/t \leq 90\varepsilon^2$ 90,000 | 1 tlačný, tlač.+ohyb. |
| kombinace | | | | NC-03A |

| | | | | |
|---|---------------------------|----------------------------------|--------|------------------|
|  | prvek: B633 | M_{Ed} [kNm] | NC-03A | 21,3 |
| | vřetenový sloup schodiště | N_{Ed} [kN] | NC-03A | 610,5 |
| | | VÝBĚR TRUBKY: | | TR 356/10 |
| | | MATERIÁL: | | S 235 |

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} =$$

$$\frac{10869,91058 \cdot 235}{1}$$

$$N_{c,Rd} = 2554,43 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{c,Rd} =$$

$$\frac{610,5}{2554,43}$$

$$N_{Ed} / N_{c,Rd} = 0,24$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} =$$

$$\frac{1197493,333 \cdot 235}{1}$$

$$M_{c,Rd} = 281,41$$

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} =$$

$$\frac{21,3}{281,41}$$

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,08$$

(automatický výběr hodnot z katalogu trubek)

$$A_{TR} : 10869,91058 \quad [\text{mm}^2]$$

$$I_{y,z,TR} : 162798650,8 \quad [\text{mm}^4]$$

$$W_{pl,TR} : 1197493,333 \quad [\text{mm}^3]$$

$$t = 10 \quad [\text{mm}]$$

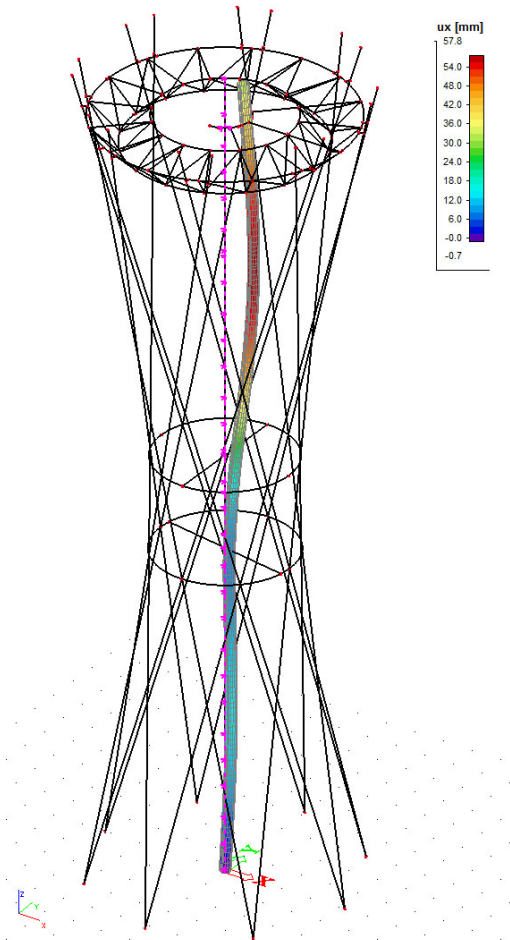
$$D_{out} = 356 \quad [\text{mm}]$$

$$f_y = 235 \quad [\text{MPa}]$$

$$\gamma_{M0} - \gamma_{M1} = 1$$

| | | | | | |
|---------------------|---------------------|---|---------------------|----------|-------------|
| | $N_{Ed} / N_{c,Rd}$ | + | $M_{Ed} / M_{c,Rd}$ | \leq | 1 |
| JEDNOTKOVÝ POSUDEK: | 0,24 | | 0,08 | 1 | 0,31 |

TR 356/10**VYHOVÍ****PRO MSU**

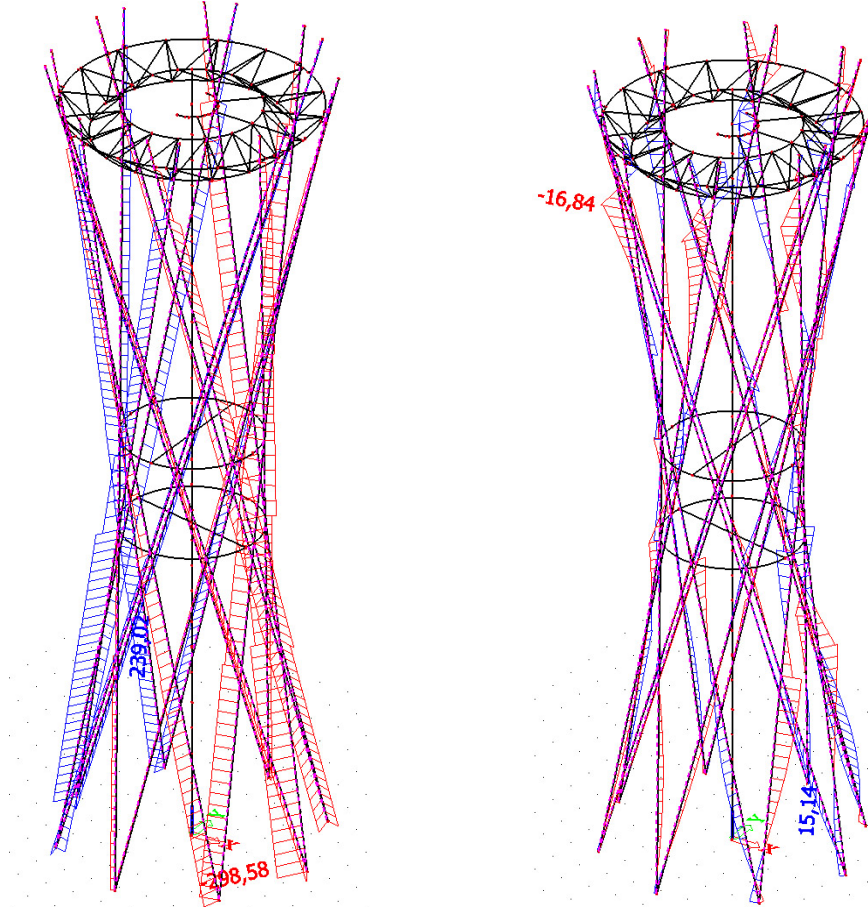


Obr. Max. vodorovný posun, kombinace NC-MSP-03CC

Vřetenový sloup:

$$u_x = 57,8\text{mm} < 25200/250 = 100,8\text{mm} \dots\dots \text{vyhoví pro MSP}$$

4.5.4.2 REGULY HYPERBOLOIDU



Obr. Normálové síly N[kN], NC-03BB

Momenty My[kNm], NC-03BB

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
 Výběr : B642,B647..B649,B652..B654,B643..B646,B650,B651,B655..B657
 Nelineární kombinace : NC-03BB

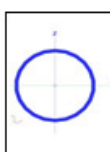
| Prvek | Stav | dx [m] | N [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|-------|---------|--------|----------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| B642 | NC-03BB | 0,000 | -298,58 | -6,97 | 0,79 | 0,74 | 3,35 | -4,61 |
| B654 | NC-03BB | 7,265 | 239,02 | -1,68 | -0,37 | 0,05 | -3,19 | -0,64 |
| B642 | NC-03BB | 6,902 | -295,03 | 8,23 | -2,49 | 0,66 | -9,86 | 5,85 |
| B642 | NC-03BB | 26,196 | -62,00 | -1,87 | -12,47 | -1,02 | -9,90 | -0,03 |
| B646 | NC-03BB | 24,220 | 44,54 | 0,92 | 13,78 | 2,03 | -15,76 | -5,15 |
| B649 | NC-03BB | 11,178 | -161,94 | 3,40 | 2,90 | -2,70 | 9,32 | 11,30 |
| B646 | NC-03BB | 26,196 | 45,11 | -0,31 | 13,16 | 2,03 | 10,72 | -4,55 |
| B645 | NC-03BB | 24,220 | 39,86 | 0,80 | 12,84 | 0,53 | -16,84 | -1,30 |
| B650 | NC-03BB | 3,996 | -190,36 | -0,11 | 0,10 | -0,15 | 15,14 | -7,13 |
| B642 | NC-03BB | 2,906 | -297,14 | -0,23 | -2,69 | 0,72 | 0,42 | -15,96 |
| B650 | NC-03BB | 11,178 | -207,80 | 3,99 | -5,69 | 0,89 | -13,51 | 12,93 |

posouzení prvku, vnitřní síly II. řád

ČSN EN 1993-1-1 ed. 2

při zahnutí vlivu imperfekci se posudek provede pouze z hlediska pevnostního, stabilita je již zahrnuta

| | | | |
|-----------|--|--|--|
| e: | $\varepsilon = (235/f_y)^{0,5}$ | 1,000 | |
| d/t | | 21 | |
| zatížení | tř.1: $d/t \leq 50\varepsilon^2$ 50,000 | tř.2: $d/t \leq 70\varepsilon^2$ 70,000 | tř.3: $d/t \leq 90\varepsilon^2$ 90,000 |
| kombinace | | NC-03BB | |

| | | | | |
|---|-----------------------------|----------------------|---------|-----------------|
|  | prvek: | M_{Ed} [kNm] | NC-03BB | 3,5 |
| | plášť hyperboloidu (reguly) | N_{Ed} [kN] | NC-03BB | 298,6 |
| | | VÝBĚR TRUBKY: | | TR 168/8 |
| | | MATERIÁL: | | S 235 |

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} =$$

$$\frac{4021,238597 \cdot 235}{1}$$

$$N_{c,Rd} = 944,99 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{c,Rd} =$$

$$\frac{298,58}{944,99}$$

$$N_{Ed} / N_{c,Rd} = 0,32$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot f_y / \gamma_{M0} =$$

$$\frac{204970,6667 \cdot 235}{1}$$

$$M_{c,Rd} = 48,17$$

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} =$$

$$\frac{3,5}{48,17}$$

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,07$$

(automatický výběr hodnot z katalogu trubek)

$$A_{TR} : 4021,238597 \quad [\text{mm}^2]$$

$$I_{y,z,TR} : 12900133,42 \quad [\text{mm}^4]$$

$$W_{pl,TR} : 204970,6667 \quad [\text{mm}^3]$$

$$t = 8 \quad [\text{mm}]$$

$$D_{out} = 168 \quad [\text{mm}]$$

$$f_y = 235 \quad [\text{MPa}]$$

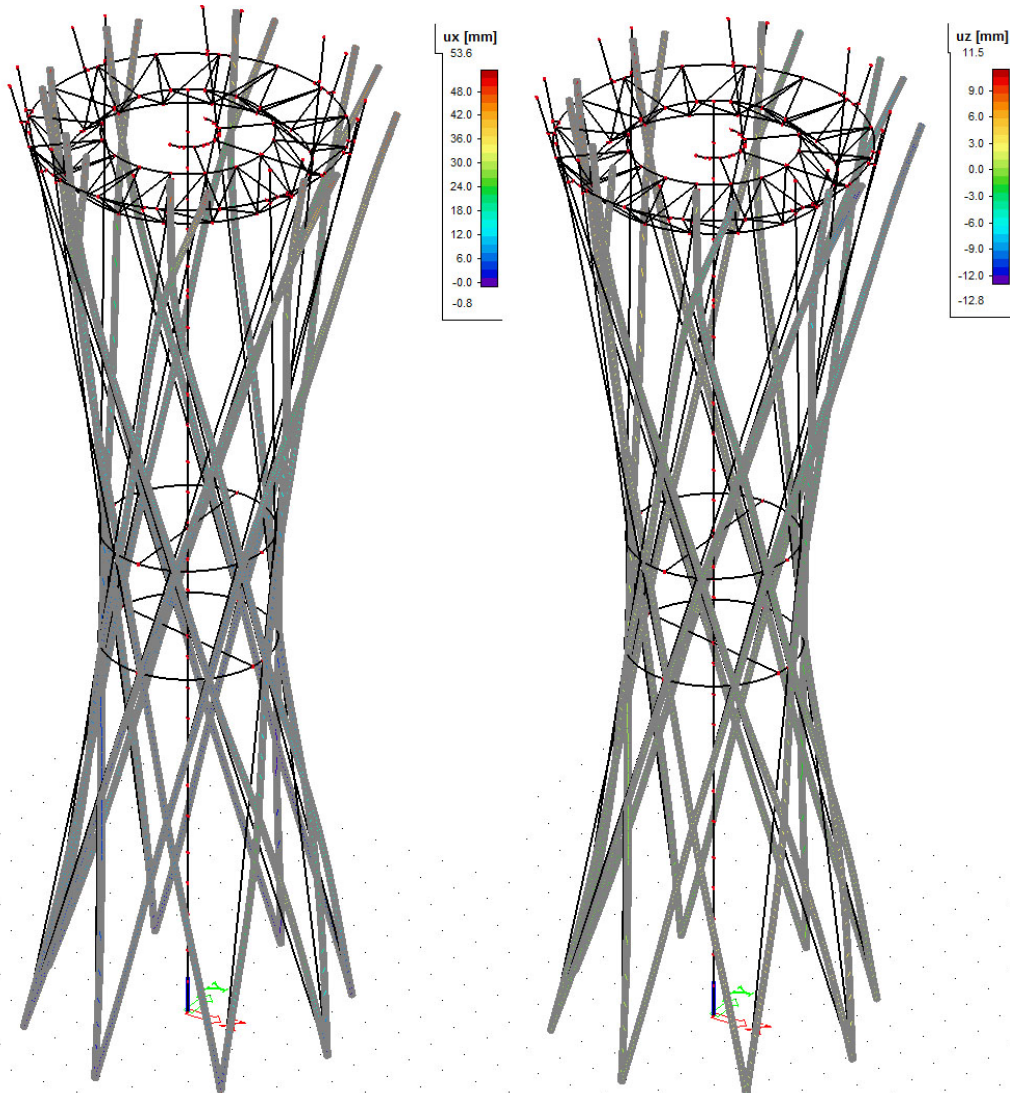
$$\gamma_{M0} - \gamma_{M1} = 1$$

| | | | | |
|---------------------|---------------------|---|---------------------|----------|
| | $N_{Ed} / N_{c,Rd}$ | + | $M_{Ed} / M_{c,Rd}$ | ≤ 1 |
| JEDNOTKOVÝ POSUDEK: | 0,32 | | 0,07 | 1 |
| | | | | 0,39 |

TR 168/8

VYHOVÍ

PRO MSU



Obr. Max. vodorovný posun, NC-MSP-03BB

Max. svislý posun, NC-MSP-03BB

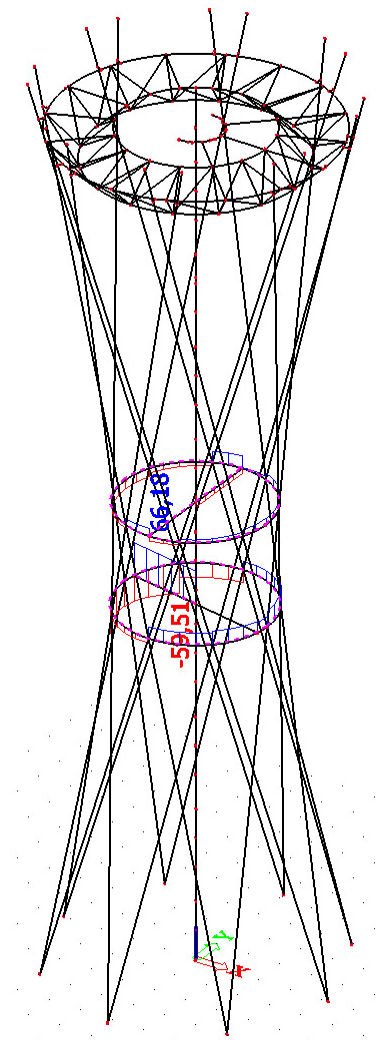
Reguly-plášť hyperboloidu, vodorovný posun:

$u_x = 53,6\text{mm} < 25200/250 = 63\text{mm}$vyhoví pro MSP

Reguly-plášť hyperboloidu, svislý posun:

$U_z = 11,5\text{mm} < 25200/400 = 63\text{mm}$vyhoví pro MSP

4.5.4.3 ZTUŽUJÍCÍ PRSTENCE HYPERBOLOIDU



Obr. Normálové síly N [kN], NC-03A_1

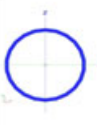
Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B1387,B1388,B1382,B1386,B1383
Nelineární kombinace : NC-03A_1

| Prvek | Stav | dx [m] | N [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|-------|--------|--------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| B1383 | NC-03A | 5,329 | -59,51 | 2,24 | 0,43 | 0,03 | -1,01 | 5,63 |
| B1386 | NC-03A | 1,357 | 66,18 | -0,85 | -0,36 | 0,40 | -1,37 | -0,17 |
| B1383 | NC-03A | 6,710 | -50,44 | -31,80 | 1,89 | -0,22 | 0,70 | -15,48 |
| B1383 | NC-03A | 7,105 | -51,27 | 30,26 | 1,54 | -1,96 | 1,00 | -4,52 |
| B1382 | NC-03A | 11,374 | -5,04 | -12,09 | -9,50 | -2,83 | -3,87 | 2,72 |
| B1382 | NC-03A | 2,625 | 6,07 | 9,97 | 8,43 | 2,64 | -3,95 | 3,63 |
| B1387 | NC-03A | 1,782 | -0,88 | 25,09 | 3,38 | -4,80 | 3,27 | 19,88 |
| B1388 | NC-03A | 0,446 | -9,83 | -22,91 | -0,36 | 4,67 | 0,16 | 18,22 |
| B1387 | NC-03A | 2,228 | -1,07 | 25,07 | 3,18 | -4,80 | 4,72 | 31,06 |
| B1387 | NC-03A | 0,000 | -0,96 | 25,15 | 4,18 | -4,80 | -3,47 | -24,90 |

posouzení prvku, vnitřní síly II. řád ČSN EN 1993-1-1 ed. 2

při zahrnutí vlivu imperfekci se posudek provede pouze z hlediska pevnostního, stabilita je již zahrnuta

| | | |
|------------------|--|--------------------------------|
| e: | $\varepsilon = (235/f_y)^{0.5}$ | 1,000 |
| d/t | | 28 |
| zatřídění | tř.1: $d/t \leq 50\varepsilon^2$ 50,000 tř.2: $d/t \leq 70\varepsilon^2$ 70,000 tř.3: $d/t \leq 90\varepsilon^2$ 90,000 | 1 tlačný, taž.+ohyb. |
| kombinace | | NC-03A_1 |

| | | | |
|---|---------------------------------|---|-----------------|
|  | prvek: | M_{Ed} [kNm] NC-03A_1 | 0,0 |
| | ztužující prstence hyperboloidu | N_{Ed} [kN] NC-03A_1 | 66,2 |
| | | VÝBĚR TRUBKY: | TR 140/5 |
| | | MATERIÁL: | S 235 |

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = \frac{2120,575041 \cdot 235}{1}$$

$$N_{c,Rd} = 498,34 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{c,Rd} = \frac{66,2}{498,34}$$

$$N_{Ed} / N_{c,Rd} = 0,13$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = \frac{91166,66667 \cdot 235}{1}$$

$$M_{c,Rd} = 21,42$$

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} =$$

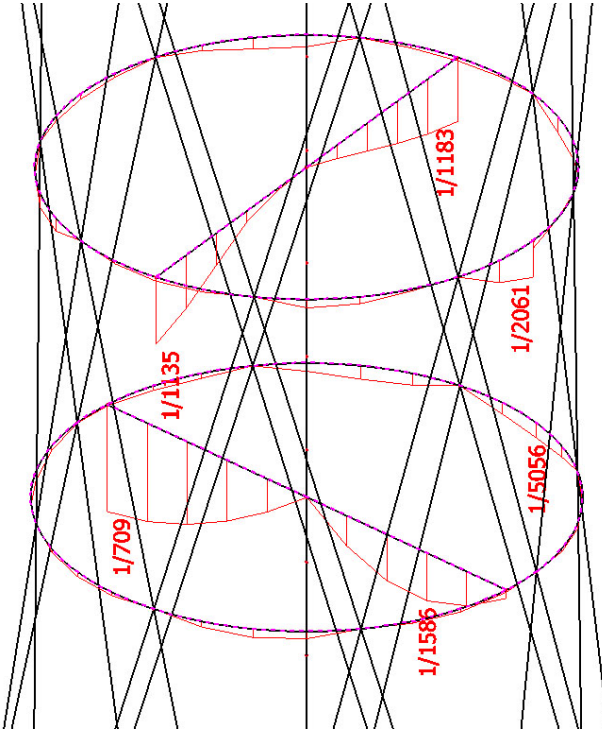
$$M_{Ed} / M_{c,Rd} = \frac{0}{21,42} = 0,00$$

(automatický výběr hodnot z katalogu trubek)

| | | |
|-----------------------------|-------------|--------------------|
| A_{TR} | 2120,575041 | [mm ²] |
| $I_{y,z,TR}$ | 4837561,813 | [mm ⁴] |
| $W_{pl,TR}$ | 91166,66667 | [mm ³] |
| t | 5 | [mm] |
| D _{out} | 140 | [mm] |
| f _y | 235 | [MPa] |
| $\gamma_{M0} = \gamma_{M1}$ | 1 | |

| | | | | |
|---------------------|---------------------|---|---------------------|----------|
| | $N_{Ed} / N_{c,Rd}$ | + | $M_{Ed} / M_{c,Rd}$ | ≤ 1 |
| JEDNOTKOVÝ POSUDEK: | 0,13 | | 0,00 | 1 0,13 |

TR 140/5 **VYHOVÍ** **PRO MSU**

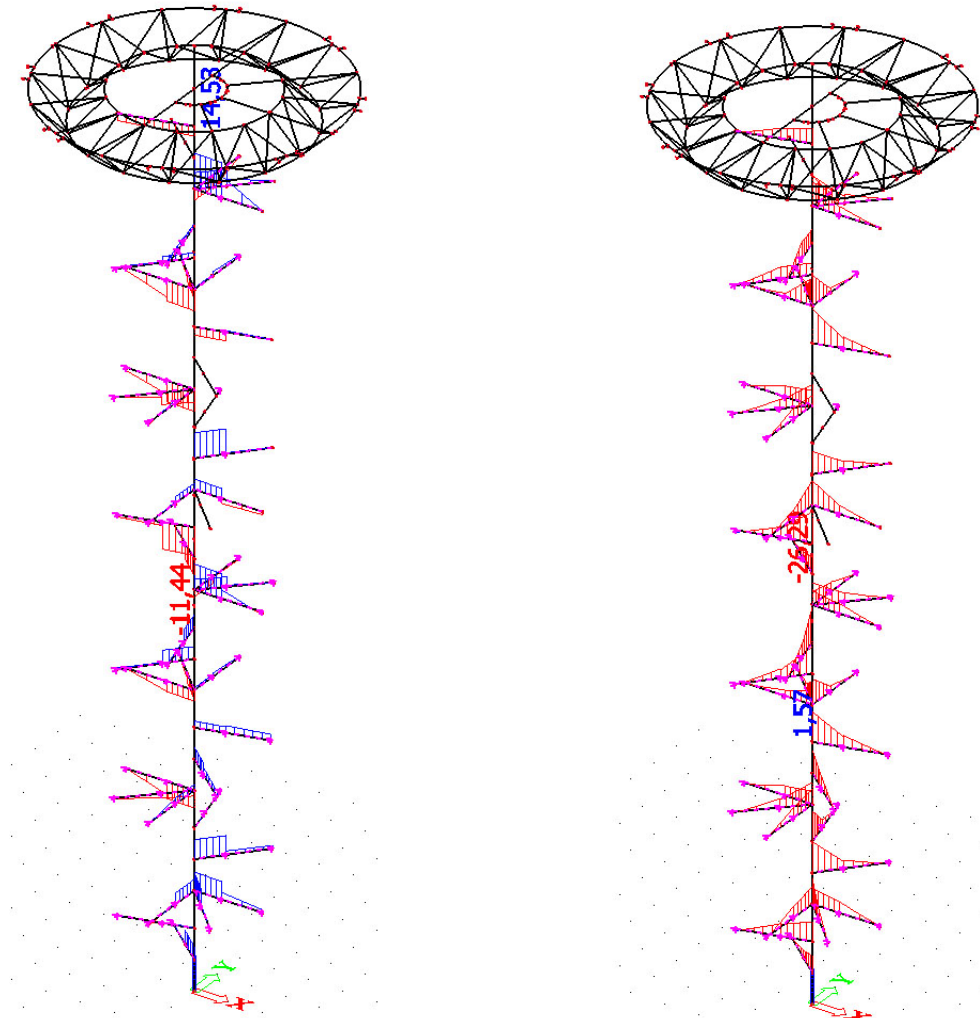


Obr. Max. posun, NC-MSP-03A relativní

Ztužující prstence a vzpěry:

$U_{z,rel} = 1/709 < 1/250$vyhoví pro MSP

4.5.4.4 KONZOLY SCHODIŠTĚ



Obr. Normálové síly N [kN], NC-03A

Momenty My [kNm], NC-03A

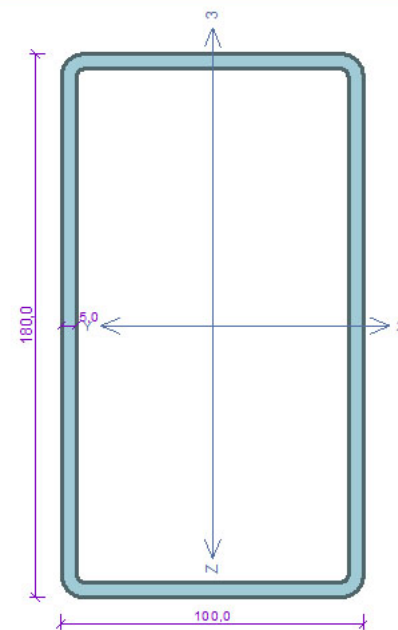
Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

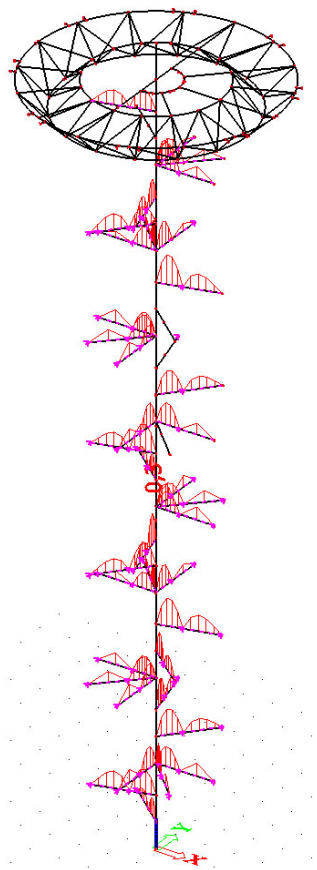
Výběr : B703,B723,B724,B699..B701,B709,B710,B716,B717,B722,B695..B698,B705..B707,B712..B714,B718..B721,B685..B688,
B692..B694,B682..B684,B689..B691

Nelineární kombinace : NC-03A

| Prvek | Stav | dx [m] | N [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|-------|--------|--------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| B706 | NC-03A | 1,981 | -11,44 | -0,43 | -20,47 | -1,52 | -22,85 | -0,59 |
| B722 | NC-03A | 1,990 | 14,53 | 1,43 | -22,40 | 0,48 | -23,34 | 0,70 |
| B698 | NC-03A | 1,981 | 5,19 | -8,39 | -22,73 | 2,14 | -26,29 | -4,82 |
| B717 | NC-03A | 1,990 | 0,47 | 4,84 | -24,71 | -0,38 | -22,51 | 2,76 |
| B721 | NC-03A | 1,175 | 1,24 | -7,62 | 2,25 | 0,67 | -12,11 | 1,47 |
| B714 | NC-03A | 1,342 | -0,53 | -1,31 | 0,94 | -2,09 | -7,84 | 0,15 |
| B699 | NC-03A | 1,990 | 10,55 | -0,58 | -4,16 | 2,60 | -10,31 | -0,41 |
| B698 | NC-03A | 0,000 | 0,88 | 1,11 | -9,08 | 0,41 | 1,57 | -0,15 |

Pro konzoly schodiště byl proveden posudek hormadně s posouzením prvků B706, B722, B698 a B717 v software FIN, modul ocel:

| konzola schodiště | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--|---------------------------|--|------------------------------|---------------------------|--|
|  | <p>Norma EN 1993-1-1/Česko.</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez MSH 180 x 100 x 5.0 Průřezová plocha: $A = 2,670E03 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 50,0 \text{ mm}$ $z_T = 90,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 1,150E07 \text{ mm}^4$ $I_z = 4,600E06 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -1,268E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 9,140E04 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 1,268E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -9,140E04 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 1,024E07 \text{ mm}^4$ Výsečový moment setrvačnosti: $I_\phi = 1,365E09 \text{ mm}^6$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 1,559E05 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 1,037E05 \text{ mm}^3$</p> <p>Materiál: EN 10210-1 : S 235 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu f_y : 235,0 MPa Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa Modul pružnosti E : 210000 MPa Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa</p> | | | | | | | | | | |
| <p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím NC-03A-B717</p> <table border="0"> <tr> <td>$N = 0,470 \text{ kN}$</td> <td>$M_y = -22,510 \text{ kNm}$</td> </tr> <tr> <td>$V_z = 24,710 \text{ kN}$</td> <td>$M_z = 4,820 \text{ kNm}$</td> </tr> <tr> <td>$V_y = 0,000 \text{ kN}$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>$T_1 = 0,000 \text{ kNm}$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>$T_\phi = 0,000 \text{ kNm}$</td> <td>$B = 0,000 \text{ kNm}^2$</td> </tr> </table> | $N = 0,470 \text{ kN}$ | $M_y = -22,510 \text{ kNm}$ | $V_z = 24,710 \text{ kN}$ | $M_z = 4,820 \text{ kNm}$ | $V_y = 0,000 \text{ kN}$ | | $T_1 = 0,000 \text{ kNm}$ | | $T_\phi = 0,000 \text{ kNm}$ | $B = 0,000 \text{ kNm}^2$ | |
| $N = 0,470 \text{ kN}$ | $M_y = -22,510 \text{ kNm}$ | | | | | | | | | | |
| $V_z = 24,710 \text{ kN}$ | $M_z = 4,820 \text{ kNm}$ | | | | | | | | | | |
| $V_y = 0,000 \text{ kN}$ | | | | | | | | | | | |
| $T_1 = 0,000 \text{ kNm}$ | | | | | | | | | | | |
| $T_\phi = 0,000 \text{ kNm}$ | $B = 0,000 \text{ kNm}^2$ | | | | | | | | | | |
| <p>Parametry vzpěru Délka dílce: 1,000 m $L_z = 1,000 \text{ m}$ $L_y = 1,000 \text{ m}$</p> | | | | | | | | | | | |
| <p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: NC-03A-B717; Třída průřezu: 1 Posudek smyku od posouvající síly V_z: $24,710 \text{ kN} < 237,435 \text{ kN}$ Vyhovuje Vnitřní síly: $N = 0,470 \text{ kN}$; $M_y = -22,510 \text{ kNm}$; $M_z = 4,820 \text{ kNm}$ Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu: Únosnosti: $N_R = 627,450 \text{ kN}$; $M_{y,R} = -36,645 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = 24,359 \text{ kNm}$ $0,001 + 0,614 + 0,198 = 0,813 < 1$ Vyhovuje Štíhlost dílce: 24,1 Průřez vyhovuje</p> | | | | | | | | | | | |



Relativní deformace

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : B703,B723,B724,B699..B701,B709,B710,B716,B717,B722,B695..B698,B705..B707,B712..B714,B718..B721,B685..B688,
B692..B694,B682..B684,B689..B691

Nelineární kombinace : NC-MSP-03A

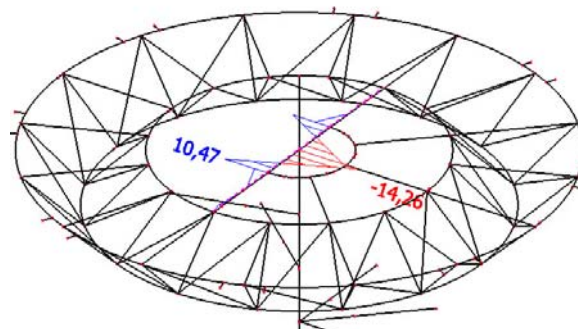
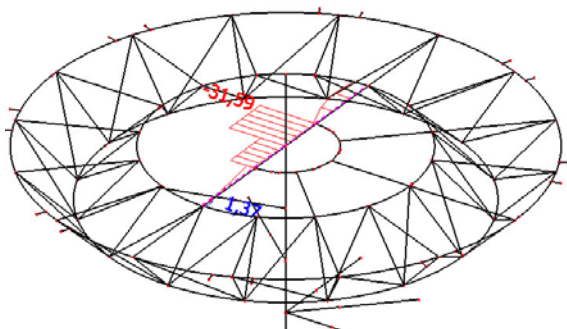
| Stav - kombinace | Prvek | dx [m] | uz [mm] |
|------------------|-------|-----------|------------|
| NC-MSP-03A | B703 | 0,000 | 0,0 |
| NC-MSP-03A | B698 | 1,658 | 0,3 |

Obr. Max. posun, NC-MSP-03A relativní

Konzoly schodiště:

$U_{z,rel} = 0,3\text{mm} < (1/250) * 2 * L = 16\text{mm} \dots \text{vyhoví pro MSP}$

4.5.4.5 VZPĚRA SLOUP-3D PŘÍHRADOVÝ PRSTENEC



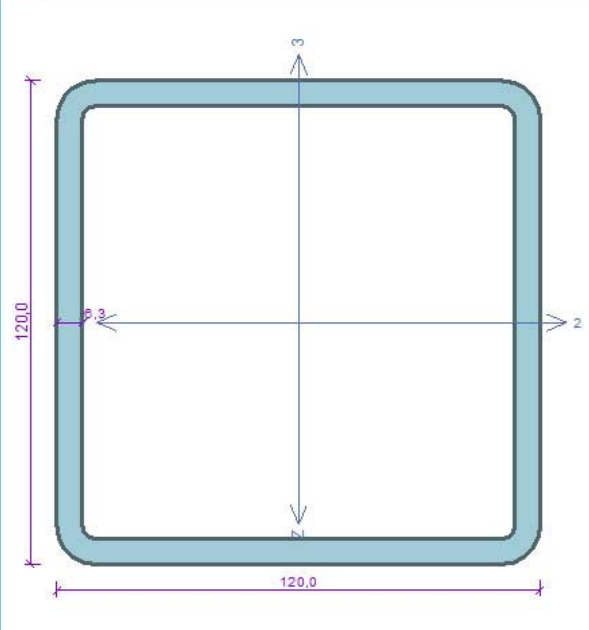
Obr. Normálové síly N [kN], NC-04CC

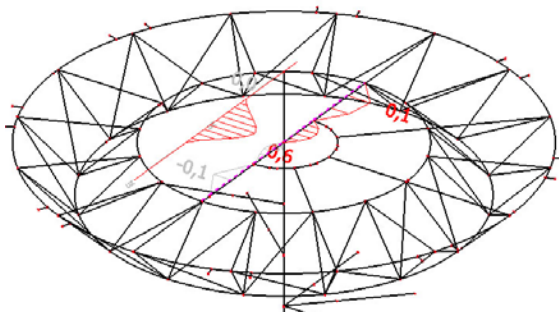
Momenty My [kNm], NC-04CC

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, System : Hlavní
 Výběr : B704,B725
 Nelineární kombinace : NC-04CC

| Prvek | Stav | dx [m] | N [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|-------|---------|--------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| B725 | NC-04CC | 0,810 | -31,59 | -3,39 | 25,11 | -4,41 | 9,24 | -3,76 |
| B704 | NC-04CC | 0,000 | 1,37 | -5,72 | 3,55 | 5,82 | 0,14 | 0,00 |
| B704 | NC-04CC | 0,200 | 1,31 | -5,86 | 3,61 | 5,82 | 0,86 | -1,16 |
| B725 | NC-04CC | 2,190 | -7,98 | 8,93 | 0,25 | -3,76 | 0,08 | 0,00 |
| B704 | NC-04CC | 1,380 | -13,73 | 8,45 | -30,99 | 3,82 | 10,47 | -2,02 |
| B704 | NC-04CC | 2,190 | -14,02 | 7,61 | -30,04 | 3,82 | -14,26 | 4,49 |

Pro vzpěru sloup-3D_příhradovina byl proveden posudek hromadně s posouzením prvků B725 a B704 v software FIN, modul ocel:

| vzpěra (sloup-3D_prihrada) | |
|---|--|
|  | <p>Norma EN 1993-1-1/Česko.</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez MSH 120 x 120 x 6.3 Průřezová plocha: $A = 2,820E03 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 60,0 \text{ mm}$ $z_T = 60,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 6,030E06 \text{ mm}^4$ $I_z = 6,030E06 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -9,932E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 9,932E04 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 9,932E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -9,932E04 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 9,260E06 \text{ mm}^4$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 1,183E05 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 1,183E05 \text{ mm}^3$</p> <p>Materiál: EN 10210-1: S 235 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu f_y : 235,0 MPa Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa Modul pružnosti E : 210000 MPa Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa</p> |
| <p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím NC-04CC-B725</p> <p>$N = -31,600 \text{ kN}$ $V_z = 25,200 \text{ kN}$ $M_y = 9,240 \text{ kNm}$ $V_y = 3,400 \text{ kN}$ $M_z = -3,800 \text{ kNm}$ $T_t = 0,000 \text{ kNm}$ $T_o = 0,000 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$</p> | |
| <p>Parametry vzpěru Délka dílce: 1,000 m $L_z = 1,000 \text{ m}$ $L_y = 1,000 \text{ m}$</p> | |
| <p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: NC-04CC-B725; Třída průřezu: 1 Posudek smyku od posouvající síly V_z: 25,200 kN < 194,374 kN Vyhovuje Posudek smyku od posouvající síly V_y: 3,400 kN < 194,374 kN Vyhovuje Vnitřní síly: $N = -31,600 \text{ kN}$; $M_y = 9,240 \text{ kNm}$; $M_z = -3,800 \text{ kNm}$ Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tlaku a ohybu: Únosnosti: $N_R = -662,700 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 27,802 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = -27,802 \text{ kNm}$ $0,048 + 0,332 + 0,137 = 0,517 < 1$ Vyhovuje Štíhlost dílce: 21,6 Průřez vyhovuje</p> | |



Relativní deformace

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : B704,B725

Nelineární kombinace : NC-MSP-04CC

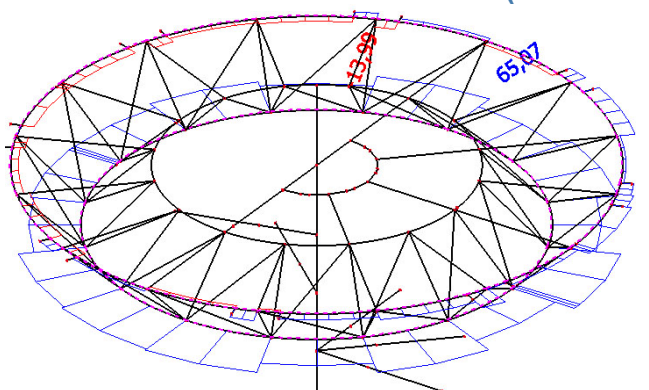
| Stav - kombinace | Prvek | dx [m] | uy [mm] | uz [mm] |
|------------------|-------|--------|---------|---------|
| NC-MSP-04CC | B704 | 0,790 | -0,1 | 0,0 |
| NC-MSP-04CC | B725 | 1,730 | 0,1 | 0,0 |
| NC-MSP-04CC | B725 | 1,270 | 0,1 | 0,0 |
| NC-MSP-04CC | B704 | 2,190 | 0,0 | 0,6 |

Obr. Max. posuny, NC-MSP-04CC, relativní

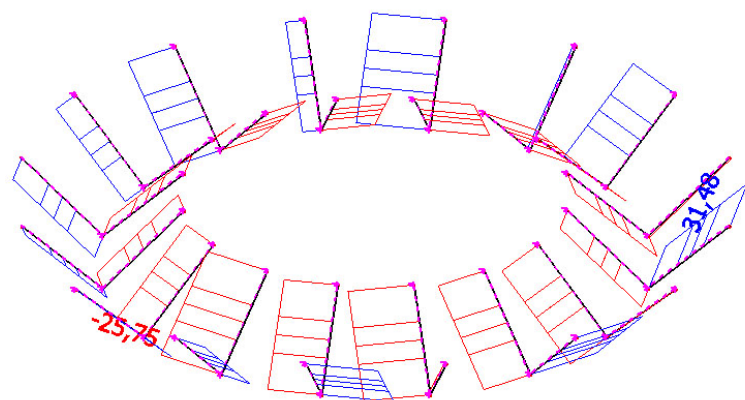
vzpěra:

$$U_{z,rel} = 0,6\text{mm} < (1/250) * 2 * L = (1/250) * 2 * 2250 = 18\text{mm} \dots \text{vyhoví pro MSP}$$

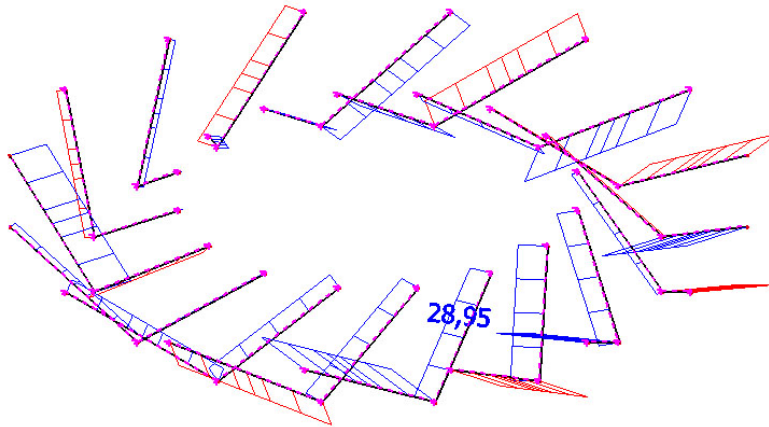
4.5.4.6 ROZHLEDOVÁ PLOŠINA (3D PŘÍHRADOVÝ PRSTENEC)



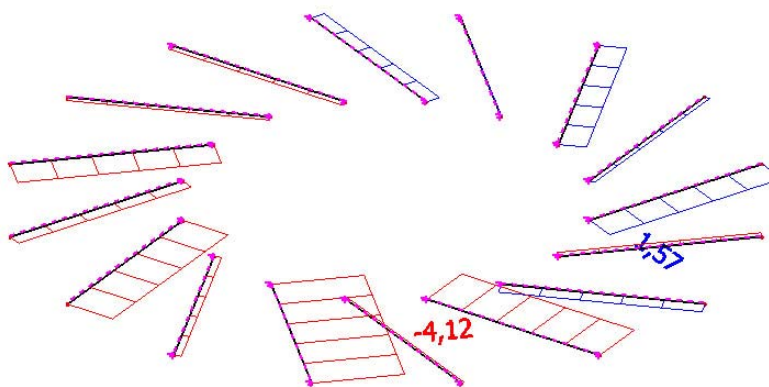
Obr. Normálové síly N [kN], NC-03A_2, horní a dolní pásnice 3D příhrady



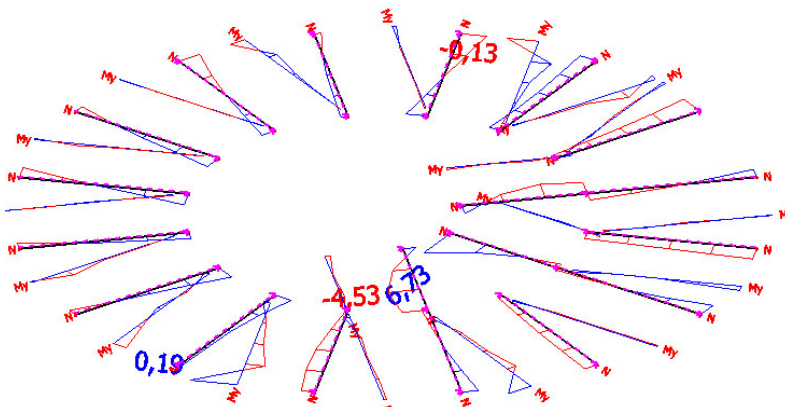
Obr. Normálové síly N [kN], NC-03A_2, stojky 3D příhrady



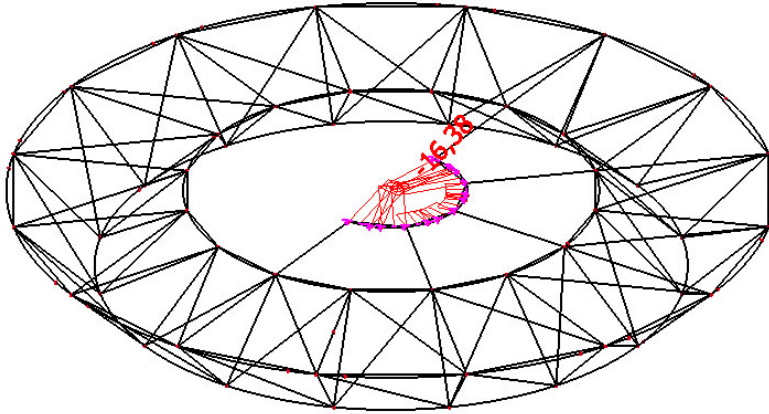
Obr. Normálové síly N [kN], NC-03A_2, diagonály 3D příhrady



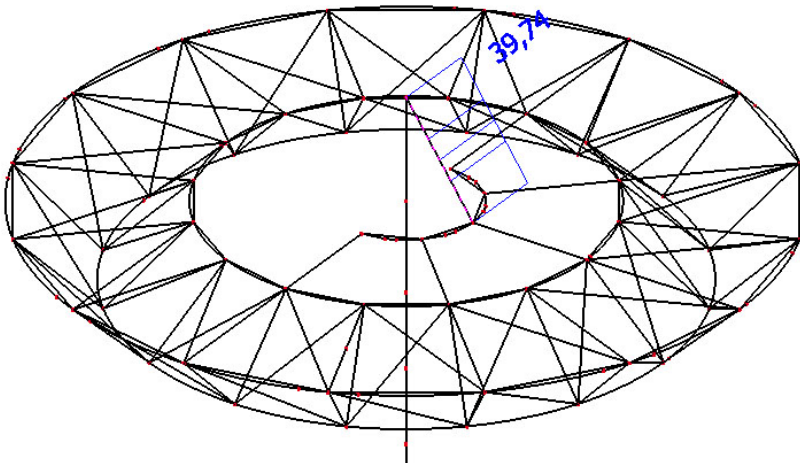
Obr. Normálové síly N [kN], NC-03A_2, diagonály horizontální 3D příhrady



Obr. Normálové síly N [kN], NC-03A_2, radiály 3D příhrady

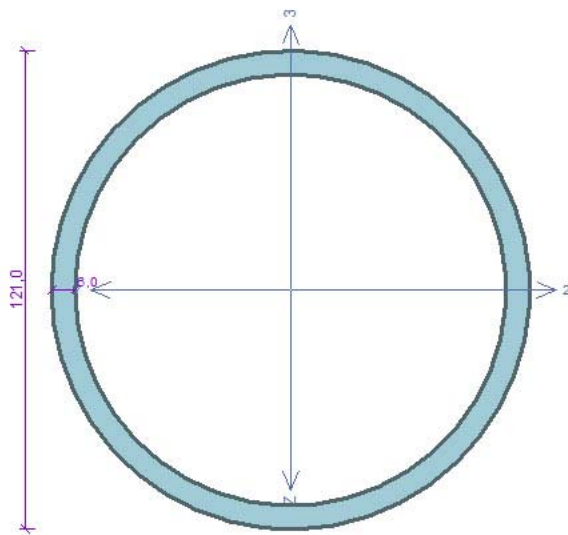


Obr. Normálové síly N [kN], NC-03A_2, pomocný půl-prstenec



Obr. Normálové síly N [kN], NC-03A_2, diagonály 3D příhrady

3D-prihrada-pasnice



Norma EN 1993-1-1/Česko.

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$
 Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$
 Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$

Průřez TK 121 x 6

Průřezová plocha: $A = 2,168E03 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 60,5 \text{ mm}$ $z_T = 60,5 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 3,593E06 \text{ mm}^4$ $I_z = 3,593E06 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -5,939E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 5,939E04 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 5,939E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -5,939E04 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 7,186E06 \text{ mm}^4$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 7,942E04 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 7,942E04 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

Mez kluzu f_y : 235,0 MPa

Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa

Modul pružnosti E : 210000 MPa

Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa

Vnitřní síly v souřadném systému průřezu

Zatěžovací případ s největším využitím

NC-03A_2

$N = 65,100 \text{ kN}$

$V_z = 0,000 \text{ kN}$

$V_y = 0,000 \text{ kN}$

$T_t = 0,000 \text{ kNm}$

$T_{\omega} = 0,000 \text{ kNm}$

$M_y = 0,000 \text{ kNm}$

$M_z = 0,000 \text{ kNm}$

$B = 0,000 \text{ kNm}^2$

Parametry vzpěru

Délka dílce: 1,000 m

$L_z = 1,000 \text{ m}$

$L_y = 1,000 \text{ m}$

Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: NC-03A_2; Třída průřezu: 1

Vnitřní síly: $N = 65,100 \text{ kN}$; $M_y = 0,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

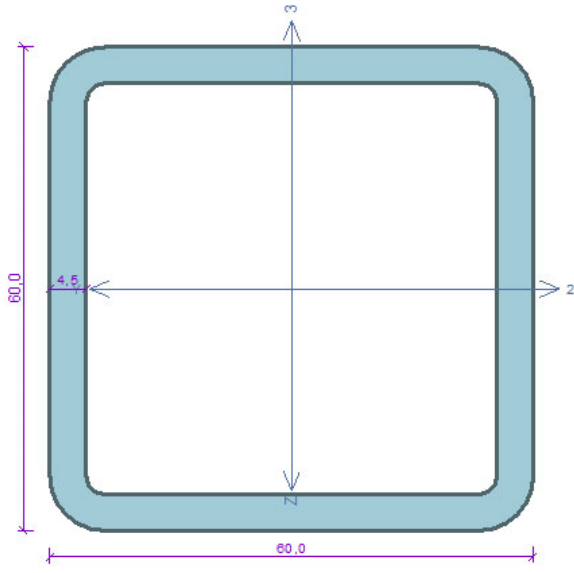
Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 509,409 \text{ kN}$

$|0,128 + 0,000 + 0,000| = |0,128| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 24,6

Průřez vyhovuje

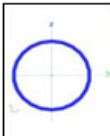
| 3D-prihrada-stojka | |
|---|---|
|  | <p>Norma EN 1993-1-1/Česko.</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez MSH 60 x 60 x 4.5 Průřezová plocha: $A = 9,770E02 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 30,0 \text{ mm}$ $z_T = 30,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 4,950E05 \text{ mm}^4$ $I_z = 4,950E05 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -1,624E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 1,624E04 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 1,624E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -1,624E04 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 7,693E05 \text{ mm}^4$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 1,983E04 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 1,983E04 \text{ mm}^3$</p> <p>Materiál: EN 10210-1 : S 235 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu f_y : 235,0 MPa Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa Modul pružnosti E : 210000 MPa Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa</p> |
| <p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím NC-03A_2</p> <p>$N = 31,500 \text{ kN}$ $V_z = 0,000 \text{ kN}$ $M_y = 0,000 \text{ kNm}$ $V_y = 0,000 \text{ kN}$ $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ $T_t = 0,000 \text{ kNm}$ $T_e = 0,000 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$</p> | |
| <p>Parametry vzpěru Délka dílce: 1,000 m $L_z = 1,000 \text{ m}$ $L_y = 1,000 \text{ m}$</p> | |
| <p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: NC-03A_2; Třída průřezu: 1 Vnitřní síly: $N = 31,500 \text{ kN}$; $M_y = 0,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ Posudek nejnepriznivější kombinace prostého tahu a ohybu: Únosnosti: $N_R = 229,595 \text{ kN}$ $0,137 + 0,000 + 0,000 = 0,137 < 1$ Vyhovuje Štíhlost dílce: 44,4 Průřez vyhovuje</p> | |

posouzení prvku, vnitřní síly II. řád

ČSN EN 1993-1-1 ed. 2

při zahrnutí vlivu imperfekcí se posudek provede pouze z hlediska pevnostního, stabilita je již zahrnuta

| | | |
|-----------------|--|--|
| ε : | $\varepsilon = (235/f_y)^{0,5}$ | 1,000 |
| d/t | | 15,075 |
| zatřídění | tř.1: $d/t \leq 50\varepsilon^2$ 50,000 | tř.2: $d/t \leq 70\varepsilon^2$ 70,000 |
| | | tř.3: $d/t \leq 90\varepsilon^2$ 90,000 |
| kombinace | | 1 tlačový, tlač.+ohyb. NC-03A_2 |

| | | | |
|---|---------------------------------|--------------------------|-----------|
|  | prvek: diagonála 3D příhrady | M_{Ed} [kNm] NC-03A_2 | 0,0 |
| | | N_{Ed} [kN] : NC-03A_2 | 29,0 |
| | | VÝBĚR TRUBKY: | TR 60.3/4 |
| | | MATERIÁL: | S 235 |

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = \frac{707,4866656 \cdot 235}{1}$$

$$N_{c,Rd} = 166,26 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{c,Rd} = \frac{29}{166,26}$$

$$N_{Ed} / N_{c,Rd} = 0,17$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = \frac{12700,09333 \cdot 235}{1}$$

$$M_{c,Rd} = 2,98$$

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} =$$

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} = \frac{0}{2,98} = 0,00$$

(automatický výběr hodnot z katalogu trubek)

$$A_{TR} : 707,4866656 \quad [\text{mm}^2]$$

$$I_{y,z,TR} : 281729,1495 \quad [\text{mm}^4]$$

$$W_{pl,TR} : 12700,09333 \quad [\text{mm}^3]$$

$$t = 4 \quad [\text{mm}]$$

$$D_{out} = 60,3 \quad [\text{mm}]$$

$$f_y = 235 \quad [\text{MPa}]$$

$$\gamma_{M0} - \gamma_{M1} = 1$$

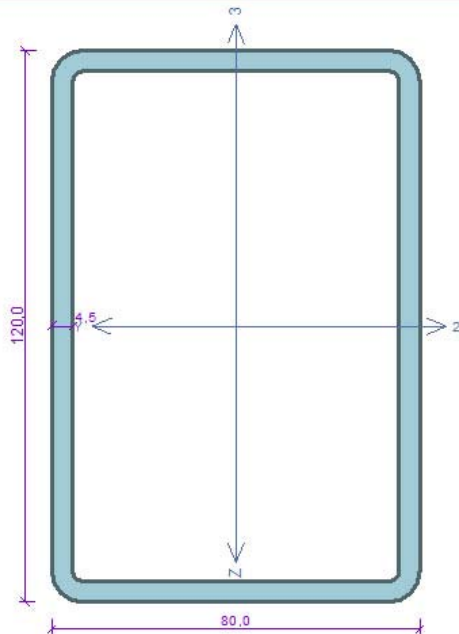
| | | | | |
|---------------------|---------------------|---|---------------------|----------|
| | $N_{Ed} / N_{c,Rd}$ | + | $M_{Ed} / M_{c,Rd}$ | ≤ 1 |
| JEDNOTKOVÝ POSUDEK: | 0,17 | | 0,00 | 1 |
| | | | | 0,17 |

TR 60.3/4

VYHOVÍ

PRO MSU

3D-prihrada-radiala



Norma EN 1993-1-1/Česko.

Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$
 Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$
 Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$

Průřez MSH 120 x 80 x 4.5Průřezová plocha: $A = 1,700E03 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

 $y_T = 40,0 \text{ mm}$ $z_T = 60,0 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

 $I_y = 3,350E06 \text{ mm}^4$ $I_z = 1,770E06 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

 $W_{y,1} = -5,512E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 4,392E04 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 5,512E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -4,392E04 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

 $I_k = 3,583E06 \text{ mm}^4$

Výšečový moment setrvačnosti:

 $I_{\omega} = 1,194E08 \text{ mm}^6$

Plastické průřezové moduly:

 $W_{pl,y} = 6,725E04 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 5,076E04 \text{ mm}^3$ **Materiál: EN 10210-1 : S 235****Materiálové charakteristiky:**Mez kluzu f_y : 235,0 MPaMez pevnosti f_u : 360,0 MPaModul pružnosti E : 210000 MPaModul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa**Vnitřní síly v souřadném systému průřezu**

Zatěžovací případ s největším využitím

NC-03A_2

$N = 6,800 \text{ kN}$
 $V_z = 0,000 \text{ kN}$ $M_y = 1,500 \text{ kNm}$
 $V_y = 0,000 \text{ kN}$ $M_z = 0,000 \text{ kNm}$
 $T_t = 0,000 \text{ kNm}$
 $T_{\omega} = 0,000 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$

Parametry vzpěru

Délka dílce: 1,000 m

 $L_z = 1,000 \text{ m}$ $L_y = 1,000 \text{ m}$ **Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: NC-03A_2; Třída průřezu: 1**Vnitřní síly: $N = 6,800 \text{ kN}$; $M_y = 1,500 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$ **Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:**Únosnosti: $N_R = 399,500 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 15,805 \text{ kNm}$ $|0,017 + 0,095 + 0,000| = |0,112| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 31,0

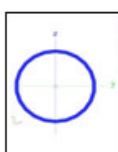
Průřez vyhovuje

posouzení prvku, vnitřní síly II. řád

ČSN EN 1993-1-1 ed. 2

při zahnutí vlivu imperfekci se posudek provede pouze z hlediska pevnostního, stabilita je již zahrnuta

| | | | | |
|-----------|---|---|---|---------------------------------|
| e: | $e = (235/f_y)^{0,5}$ | | | 1,000 |
| d/t | | | | 11,125 |
| zatřídění | tř.1: $d/t \leq 50\epsilon^2$ 50,000 | tř.2: $d/t \leq 70\epsilon^2$ 70,000 | tř.3: $d/t \leq 90\epsilon^2$ 90,000 | 1 tlačný, tlač.+ohyb. |
| kombinace | | | | NC-03A_2 |

| | | | | |
|---|-------------------------------------|----------------------|----------|------------------|
|  | prvek: | M_{Ed} [kNm] | NC-03A_2 | 0,0 |
| | diagonála 3D příhrady, horizontální | N_{Ed} [kN] | NC-03A_2 | 5,0 |
| | | VÝBĚR TRUBKY: | | TR 44.5/4 |
| | | MATERIÁL: | | S 235 |

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} =$$

$$\frac{508,9380099 \cdot 235}{1}$$

$$N_{c,Rd} = 119,60 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{c,Rd} =$$

$$\frac{5}{119,60}$$

$$N_{Ed} / N_{c,Rd} = 0,04$$

$$M_{c,Rd} = M_{p,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} =$$

$$\frac{6582,333333 \cdot 235}{1}$$

$$M_{c,Rd} = 1,55$$

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} =$$

$$\frac{0}{1,55}$$

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,00$$

(automatický výběr hodnot z katalogu trubek)

$$A_{TR} : 508,9380099 \quad [\text{mm}^2]$$

$$I_{y,TR} : 105366,0724 \quad [\text{mm}^4]$$

$$W_{pl,TR} : 6582,333333 \quad [\text{mm}^3]$$

$$t = 4 \quad [\text{mm}]$$

$$D_{out} = 44,5 \quad [\text{mm}]$$

$$f_y = 235 \quad [\text{MPa}]$$

$$\gamma_{M0} - \gamma_{M1} = 1$$

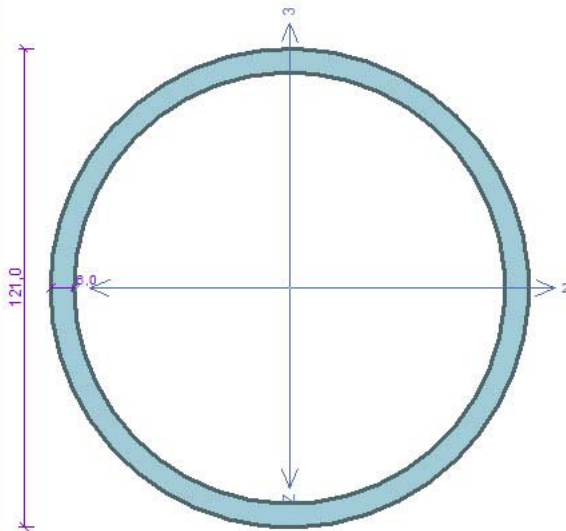
| | | | | |
|---------------------|---------------------|---|---------------------|----------|
| | $N_{Ed} / N_{c,Rd}$ | + | $M_{Ed} / M_{c,Rd}$ | ≤ 1 |
| JEDNOTKOVÝ POSUDEK: | 0,04 | | 0,00 | 1 |
| | | | | 0,04 |

TR 44.5/4

VYHOVÍ

PRO MSU

3D-prihrada-pomocný 1/2prstavec



Norma EN 1993-1-1/Česko.

| | |
|---|-------------------------|
| Únosnost průřezu | : $\gamma_{M0} = 1,000$ |
| Únosnost průřezu při posuzování stability | : $\gamma_{M1} = 1,000$ |
| Únosnost oslaběného průřezu | : $\gamma_{M2} = 1,250$ |

Průřez TK 121 x 6

Průřezová plocha: $A = 2,168E03 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště:

$y_T = 60,5 \text{ mm}$ $z_T = 60,5 \text{ mm}$

Momenty setrvačnosti:

$I_y = 3,593E06 \text{ mm}^4$ $I_z = 3,593E06 \text{ mm}^4$

Průřezové moduly:

$W_{y,1} = -5,939E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 5,939E04 \text{ mm}^3$

$W_{y,2} = 5,939E04 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -5,939E04 \text{ mm}^3$

Moment tuhosti v prostém kroucení:

$I_k = 7,186E06 \text{ mm}^4$

Plastické průřezové moduly:

$W_{pl,y} = 7,942E04 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 7,942E04 \text{ mm}^3$

Materiál: EN 10210-1 : S 235

Materiálové charakteristiky:

| | | |
|--------------------------|-------|--------------|
| Mez kluzu | f_y | : 235,0 MPa |
| Mez pevnosti | f_u | : 360,0 MPa |
| Modul pružnosti | E | : 210000 MPa |
| Modul pružnosti ve smyku | G | : 81000 MPa |

Vnitřní síly v souřadném systému průřezu

Zatěžovací případ s největším využitím

NC-03A_2

| | | | |
|------------|-------------|-------|--------------------------|
| N | = 16,400 kN | M_y | = 0,000 kNm |
| V_z | = 0,000 kN | M_z | = 0,000 kNm |
| V_y | = 0,000 kN | | |
| T_t | = 0,000 kNm | | |
| T_θ | = 0,000 kNm | B | = 0,000 kNm ² |

Parametry vzpěru

Délka dílce: 1,000 m

$L_z = 1,000 \text{ m}$

$L_y = 1,000 \text{ m}$

Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: NC-03A_2; Třída průřezu: 1

Vnitřní síly: $N = 16,400 \text{ kN}$; $M_y = 0,000 \text{ kNm}$; $M_z = 0,000 \text{ kNm}$

Posudek nejnepříznivější kombinace prostého tahu a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 509,409 \text{ kN}$

$|0,032 + 0,000 + 0,000| = |0,032| < 1$ **Vyhovuje**

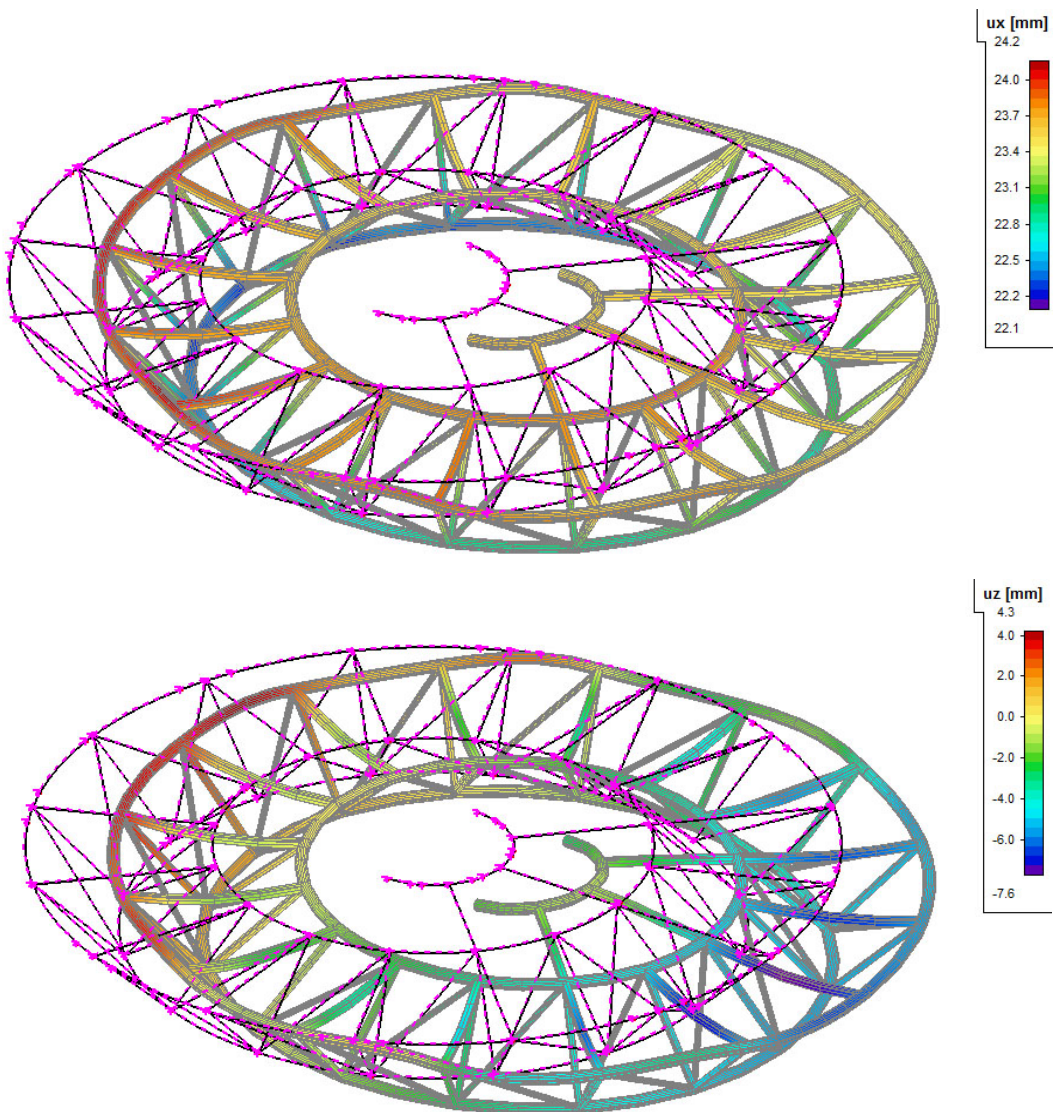
Štíhlost dílce: 24,6

Průřez vyhovuje

| Závit | M10 | M12 | M16 | M20 | M24 | M30 | M36 | M42 | M48 | M56 | M64 | M76 | M85 | M90 | M100 |
|------------------------------|------|------|------|-------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| d (mm) | 9 | 11 | 15 | 19 | 22 | 28 | 34 | 39 | 45 | 52 | 60 | 72 | 82 | 87 | 97 |
| A_{net} (mm ²) | 54 | 79 | 150 | 234 | 339 | 541 | 793 | 1090 | 1434 | 1982 | 2616 | 3818 | 4867 | 5505 | 6895 |
| $N_{u,Rd}$ (kN) | 25,4 | 36,9 | 70,0 | 110,0 | 159 | 254 | 372 | 512 | 673 | 930 | 1228 | 1791 | 2283 | 2583 | 3235 |
| $N_{el,Rd}$ (kN) | 22,7 | 32,7 | 62,7 | 98,2 | 142 | 226 | 331 | 455 | 600 | 829 | 1095 | 1596 | 2035 | 2303 | 2884 |

Tab. 4

Návrh táhla Macalloy:
 $N_{Ed} = 39,8 \text{ kN} < 62,7 \text{ kN}$ NÁVRH TÁHLA M16

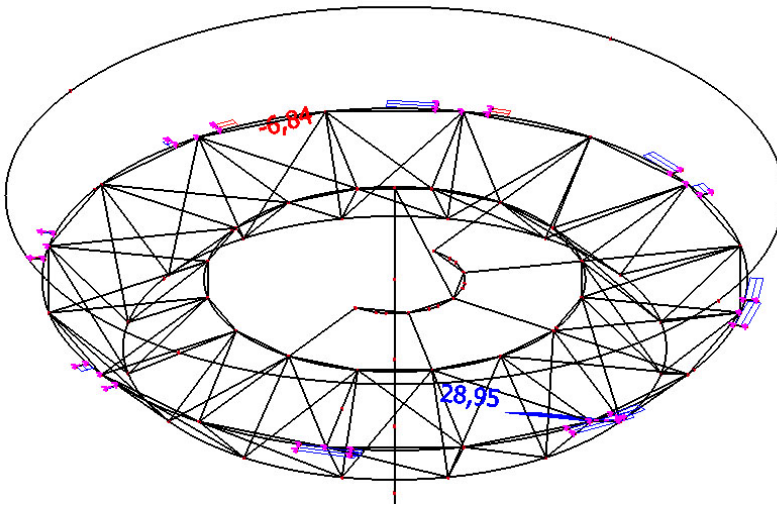


3D příhradovina, celek:

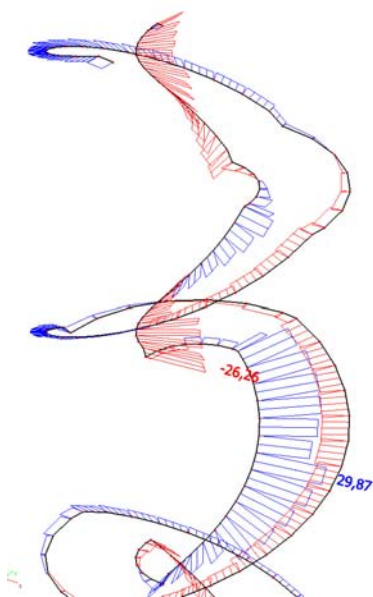
$$U_x = 24,2\text{mm} < (1/250) D_{\text{out, příhrada}} = (1/250) 8000 = 32\text{mm} \dots \text{vyhoví pro MSP}$$

3D příhradovina, celek:

$$U_z = 4,3\text{mm} < (1/400) H = (1/250) 25200 = 63\text{mm} \dots \text{vyhoví pro MSP}$$



4.5.4.7 SCHODIŠTĚ



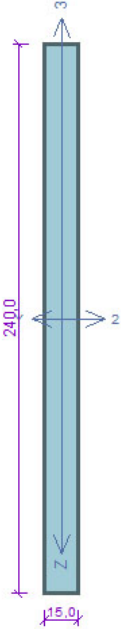
Obr. Normálové síly N [kN], NC-03A_2

Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Nelineární kombinace : NC-03A

| Prvek | Stav | dx [m] | N [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|-------|--------|-----------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| B581 | NC-03A | 0,000 | -26,26 | -3,31 | 0,29 | 0,06 | -0,18 | 0,00 |
| B544 | NC-03A | 0,234 | 29,87 | -3,65 | 0,05 | -0,15 | 0,12 | -2,56 |
| B551 | NC-03A | 0,100 | 17,16 | -26,59 | 0,29 | 0,04 | 0,02 | -2,67 |
| B263 | NC-03A | 0,211 | -1,67 | 14,83 | 0,00 | -0,07 | 0,00 | 0,00 |
| B362 | NC-03A | 0,000 | -9,31 | 2,25 | -4,90 | 0,11 | 0,50 | -4,35 |
| B419 | NC-03A | 0,000 | 3,82 | 2,95 | 9,25 | -0,16 | -0,09 | 0,53 |
| B573 | NC-03A | 0,211 | 5,15 | -3,90 | 0,05 | -0,49 | 0,01 | -3,28 |
| B575 | NC-03A | 0,000 | -4,20 | 5,59 | -0,03 | 0,39 | 0,01 | -3,47 |
| B453 | NC-03A | 0,000 | 2,38 | -0,08 | 3,62 | 0,26 | -0,63 | -0,43 |
| B419 | NC-03A | 0,100 | 3,81 | 2,93 | 9,25 | -0,16 | 0,84 | 0,82 |
| B367 | NC-03A | 0,000 | -12,38 | 7,91 | -4,81 | 0,15 | 0,46 | -7,32 |
| B434 | NC-03A | 0,234 | -9,33 | 1,61 | 4,30 | -0,05 | 0,51 | 2,76 |

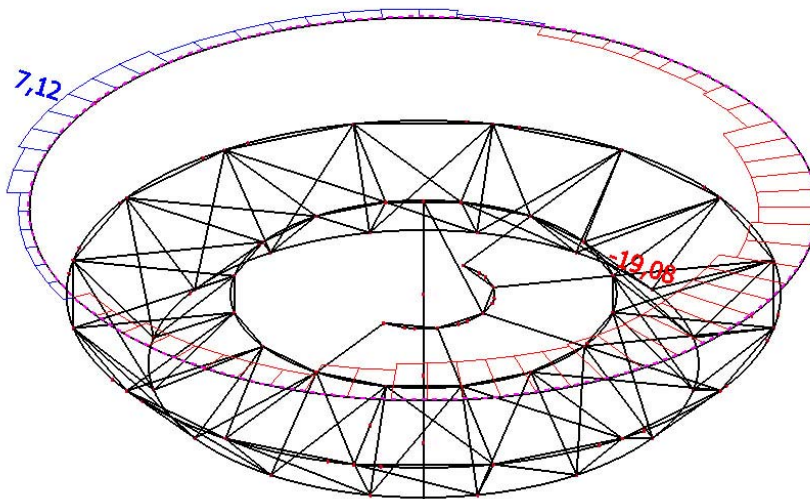
| schodnice | |
|---|---|
|  | <p>Norma EN 1993-1-1/Česko.</p> <p>Únosnost průřezu : $\gamma_{M0} = 1,000$ Únosnost průřezu při posuzování stability : $\gamma_{M1} = 1,000$ Únosnost oslabeného průřezu : $\gamma_{M2} = 1,250$</p> <p>Průřez tyč hranatá 15x240 Průřezová plocha: $A = 3,600E03 \text{ mm}^2$ Poloha těžiště: $y_T = 7,5 \text{ mm}$ $z_T = 120,0 \text{ mm}$ Momenty setrvačnosti: $I_y = 1,728E07 \text{ mm}^4$ $I_z = 6,750E04 \text{ mm}^4$ Průřezové moduly: $W_{y,1} = -1,440E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,1} = 9,000E03 \text{ mm}^3$ $W_{y,2} = 1,440E05 \text{ mm}^3$ $W_{z,2} = -9,000E03 \text{ mm}^3$ Moment tuhosti v prostém kroucení: $I_k = 2,689E05 \text{ mm}^4$ Plastické průřezové moduly: $W_{pl,y} = 2,160E05 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} = 1,350E04 \text{ mm}^3$</p> <p>Materiál: EN 10210-1 : S 235 Materiálové charakteristiky: Mez kluzu f_y : 235,0 MPa Mez pevnosti f_u : 360,0 MPa Modul pružnosti E : 210000 MPa Modul pružnosti ve smyku G : 81000 MPa</p> |
| <p>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu Zatěžovací případ s největším využitím NC-04CC-B544</p> <p>$N = 29,870 \text{ kN}$ $V_z = 3,650 \text{ kN}$ $V_y = 0,000 \text{ kN}$ $T_t = 0,150 \text{ kNm}$ $T_\theta = 0,000 \text{ kNm}$</p> <p>$M_y = 0,120 \text{ kNm}$ $M_z = -2,560 \text{ kNm}$ $B = 0,000 \text{ kNm}^2$</p> | |
| <p>Parametry vzpěru Délka dílce: 1,000 m $L_z = 1,000 \text{ m}$ $L_y = 1,000 \text{ m}$</p> | <p>Parametry klopení Součinitele uložení konců: $k_y = -$ $k_z = 1,0$ $k_w = 1,0$ $l_{z1} = 1,300 \text{ m}$ M_y: Tvar č.6 $z_p = 1,000$ $l_{y1} = \text{Nezadáno}$ M_z: Tvar není</p> |
| <p>Výsledky posouzení - Rozhodující zatěžovací případ: NC-04CC-B544; Třída průřezu: 1 Posudek smyku od kroucení: Napětí: $\tau_t = 12,500 \text{ MPa}$; $\tau_w = 0,000 \text{ MPa}$ Pevnost: $\tau_{Rd} = 135,677 \text{ MPa}$ $12,500 + 0,000 < 135,677$ Vyhovuje</p> <p>Posudek smyku od posouvající síly V_z: $3,650 \text{ kN} < 221,719 \text{ kN}$ Vyhovuje</p> <p>Vnitřní síly: $N = 29,870 \text{ kN}$; $M_y = 0,120 \text{ kNm}$; $M_z = -2,560 \text{ kNm}$</p> <p>Posudek nejnepriznivější kombinace prostého tahu a ohybu: Únosnosti: $N_R = 846,000 \text{ kN}$; $M_{y,R} = 29,000 \text{ kNm}$; $M_{z,R} = -3,172 \text{ kNm}$ $0,035 + 0,004 + 0,807 = 0,846 < 1$ Vyhovuje</p> <p>Štíhlost dílce: 230,9</p> <p>Průřez vyhovuje</p> | |



Nelineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní
Výběr : Vše
Nelineární kombinace : NC-MSP-03A

| Stav - kombinace | Prvek | dx [m] | uy [mm] | uz [mm] |
|------------------|-------|--------|------------|-------------|
| NC-MSP-03A | B434 | 0,210 | 0,0 | 0,0 |
| NC-MSP-03A | B384 | 0,210 | 0,0 | -0,2 |
| NC-MSP-03A | B384 | 0,210 | 0,0 | -0,2 |
| NC-MSP-03A | B563 | 0,210 | 0,0 | 0,1 |

4.5.5 ZÁBRADLÍ



Obr. Normálové síly N [kN], NC-03A

posouzení prvku, vnitřní síly II. řád

ČSN EN 1993-1-1 ed. 2

při zahrnutí vlivu imperfekci se posudek provede pouze z hlediska pevnostního, stabilita je již zahrnuta

| | | |
|--------------|---|---|
| ϵ : | $\epsilon = (235/f_y)^{0.5}$ | 1,000 |
| d/t | | 13,5 |
| zatřídění | tř.1: $d/t \leq 50\epsilon^2$ 50,000 | tř.2: $d/t \leq 70\epsilon^2$ 70,000 |
| | | tř.3: $d/t \leq 90\epsilon^2$ 90,000 |
| kombinace | | NC-03A |

| | | | | |
|---|----------|----------------------|--------|----------------|
|  | prvek: | M_{Ed} [kNm] | NC-03A | 0,0 |
| | zábradlí | N_{Ed} [kN] | NC-03A | 19,2 |
| | | VÝBĚR TRUBKY: | | TR 54/4 |
| | | MATERIÁL: | | S 235 |

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = \frac{628,3185307 \cdot 235}{1}$$

$$N_{c,Rd} = 147,65 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{c,Rd} = \frac{19,2}{147,65} = 0,13$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0} = \frac{10021,33333 \cdot 235}{1}$$

$$M_{c,Rd} = 2,36$$

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} = \frac{0}{2,36} = 0,00$$

$$M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0,00$$

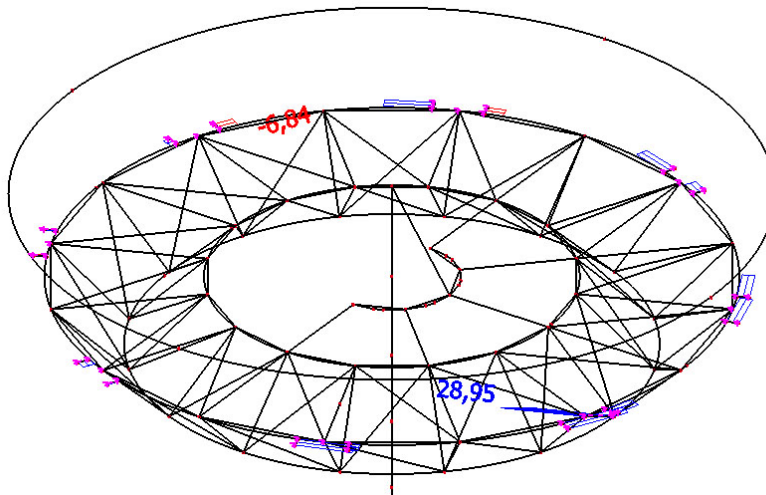
(automatický výběr hodnot z katalogu trubek)

| | | |
|-----------------------------|-------------|--------------------|
| A_{TR} | 628,3185307 | [mm ²] |
| $I_{y,z,TR}$ | 197606,1779 | [mm ⁴] |
| $W_{pl,TR}$ | 10021,33333 | [mm ³] |
| t | 4 | [mm] |
| Dout | 54 | [mm] |
| f_y | 235 | [MPa] |
| $\gamma_{M0} - \gamma_{M1}$ | 1 | |

| | | | | |
|---------------------|---------------------|---|---------------------|----------|
| | $N_{Ed} / N_{c,Rd}$ | + | $M_{Ed} / M_{c,Rd}$ | ≤ 1 |
| JEDNOTKOVÝ POSUDEK: | 0,13 | | 0,00 | 1 |
| | | | | 0,13 |

| | | |
|----------------|---------------|----------------|
| TR 54/4 | VYHOVÍ | PRO MSU |
|----------------|---------------|----------------|

4.5.6 PŘÍPOJ 3D PŘÍHRADY



Obr. Normálové síly N [kN], NC-03A

posouzení prvku, prolomení

ČSN EN 1993-1-8 ed. 2

přípoj 3D příhrady na reguly hyperboloidu

| | | | | | | | | |
|---------|-----|----|-----------------|----------|--------------|--------------------|---------|-----|
| t_1 : | 15 | mm | k_p : | 0,924605 | N_{Ed} : | [kN] | 29,0 | |
| d_0 : | 121 | mm | f_y : | 235 | MPa | M_{Ed} : | [kNm] | 1,2 |
| b_1 : | 120 | mm | γ_{M5} : | 1 | $V_{y,Ed}$: | [kN] | | |
| t_0 : | 6 | mm | β : | 0,991736 | W_{El} : | [mm ³] | 36000,0 | |
| h_1 : | 120 | mm | η : | 0,991736 | A : | [mm] | 1800,0 | |

$$\beta \geq 0,4 \quad \text{kde} \quad \beta = b_1/d_0 \quad \eta_p = (\sigma_{p,Ed}/f_y)/\gamma_{M5} = 0,208$$

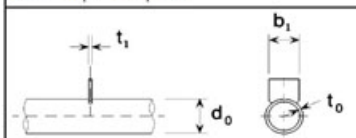
$$\eta \leq 4 \quad \text{a} \quad \eta = h_1/d_0$$

$$k_p = 1 - 0,3\eta_p (1 + \eta_p)$$

$$\sigma_{p,Ed} t_1 = (N_{Ed}/A + M_{Ed}/W_{el}) t_1 \leq 2t_0(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M5}$$

$$\sigma_{p,Ed} = 48,88889 \leq 1955,28 \text{ MPa}$$

Porušení povrchu pásu

| | |
|---|---|
|  | $N_{1,Rd} = k_p f_{yd} t_0^2 (4 + 20\beta^2) / \gamma_{M5}$ $M_{p,1,Rd} = 0$ $M_{op,1,Rd} = 0,5 b_1 N_{1,Rd}$ |
|---|---|

$$N_{1,Rd} = \frac{0,924605 \cdot 235 \cdot 6 \cdot (4 + 20 \cdot 0,991736^2)}{1}$$

$$N_{1,Rd} = 185,2 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 29,0 \text{ kN} \quad \text{VYHOVÍ}$$

přípoj 3D příhrady na reguly hyperboloidu

| | | | | | | | | |
|-----------------|-----|----|-----------------------|------|-----------------|------------------------|-------|------|
| svar a: | 6 | mm | A_w: | 1440 | mm ² | V_{ed}: | [kN] | 73,2 |
| délka L: | 120 | mm | f_y: | 235 | Mpa | M_{Ed}: | [kNm] | 1,2 |

$$A_w = 2 \cdot a \cdot L = 2 \cdot 6 \cdot 120 = 1440 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{II} = V_{Ed} / A_w = \frac{73,2 \cdot E3}{1440}$$

$$\tau_{II} = 50,83 \text{ MPa}$$

$$I_w = 2 \cdot (1/12 \cdot a \cdot L^3) + 2 \cdot (1/12 \cdot t_1 \cdot a^3) =$$

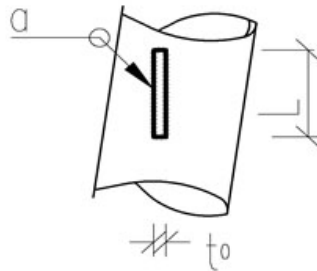
$$I_w = \frac{2 \cdot (6 \cdot 120^3)}{12} + \frac{2 \cdot (15 \cdot 6^3)}{12} = 288540 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_M = (M_{Ed} / I_w) \cdot z = \frac{1,2 \cdot E6 \cdot 60}{288540}$$

$$\sigma_M = 245,37 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = (\sigma_M / 2^{0,5}) = \frac{245,3733}{\sqrt{2}}$$

$$\tau_{\perp} = 173,51 \text{ MPa}$$



| | | | |
|---|-----------------------|------|-----|
| $\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$ | f_u | 360 | Mpa |
| | β_w | 0,8 | |
| | γ_{M2} | 1,25 | |

358,0 MPa ≤ 360,0 MPa **VYHOVÍ**

| | |
|---------------------------------------|--|
| $\tau_{\perp} \leq f_u / \gamma_{M2}$ | |
|---------------------------------------|--|

τ_⊥ = 173,5 MPa ≤ 288,0 MPa **VYHOVÍ**

4.5.7 ZÁKLADOVÉ PATKY

Návrh kloubové patky

ČSN EN 1993-1-1 ed. 2

Posouzení patního plechu:

| | | | |
|-----------------|---|-------------------|---------|
| $f_{c,k}$ [MPa] | charakteristická pevnost betonu v tlaku | C25/30 | 25 |
| γ_c | dílčí součinitel materiálu | | 1,5 |
| $f_{c,d}$ [MPa] | návrhová pevnost betonu v tlaku | | 16,67 |
| h_p [mm] | výška podlité | | 40 |
| | rozměry patního plechu: | 300x300 mm P 20,0 | |
| kombinace | | | NC-03BB |

| | | | |
|--------|-----------------------------------|---------------------|----------|
| prvek: | patní plech hyperboloidu (regulů) | R_x [kN]: NC-03BB | 115,2 |
| | | R_y [kN]: NC-03BB | 58,0 |
| | | R_z [kN]: NC-03BB | 425,5 |
| | | PROFIL SLOUPU: | TR 168/8 |
| | | MATERIÁL: | S 235 |

Návrhová únosnost v uložení:

$$F_{rou} = f_{c,d} \cdot b_{ef} \cdot l_{ef}$$

Návrhová pevnost styčnicku v uložení:

$$f_{jd} = b_y \cdot F_{rou} / b_{ef} \cdot l_{ef} = 2/3 \cdot f_{c,d} = 2/3 \cdot 13,33$$

$$f_{jd} = 11,11 \text{ MPa}$$

Určení kontaktní plochy (výpočet přesahu c):

$$c = t \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 20 \cdot (235 / (3 \cdot 11,11 \cdot 1,1))^{0,5}$$

$$c = 53 \text{ mm}$$

Výpočet účinné plochy A_{ef} :

$$A_{ef} = \pi \cdot (d/2 + c)^2 = \pi \cdot \left(\frac{168}{2} + 53 \right)^2$$

$$A_{ef} = 58965$$

Návrhová únosnost v tlaku F_c, R_d :

$$F_{c,Rd} = f_{jd} \cdot A_{ef} = 11,11 \cdot 58965$$

$$F_{c,Rd} = 655,1 \text{ kN}$$

(automatický výběr hodnot z katalogu trubek)

| | | |
|-----------------------------|-----------|--------------------|
| d= | 168 | [mm] |
| A_{TR} : | 4021,2386 | [mm ²] |
| $I_{y,z,TR}$: | 12900133 | [mm ⁴] |
| $W_{pl,TR}$: | 204970,67 | [mm ³] |
| t= | 8 | [mm] |
| D_{out} | 168 | [mm] |
| f_y | 235 | [MPa] |
| $\gamma_{M0} = \gamma_{M1}$ | 1 | |

Maximální reakce $R_z = 425,5 \text{ kN} < 655,1 \text{ kN}$ Vyhovuje

Posouzení kotevních šroubů na tah, stříh a otláčení:

| | | |
|-------------------|---|---------|
| $f_{u,b}$: [MPa] | Kotevní šrouby M24 4.8: | 400 |
| f_u : [MPa] | | 360 |
| γ_{M2} : | dílčí součinitel pro spoje | 1,25 |
| kombinace | rozměry patního plechu: 300x300 mm P 20,0 | NC-03BB |

| | | |
|-------------|---------|-------|
| R_x [kN]: | NC-03BB | 115,2 |
| R_y [kN]: | NC-03BB | 58,0 |
| R_z [kN]: | NC-03BB | 425,5 |

Únosnost jednoho šroubu v tahu:

Šroub M24:

$A_s = 353 \text{ mm}^2$

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 400 \cdot 353 / 1,25$$

$$F_{t,Rd} = 101,7 \text{ kN}$$

Únosnost kotevních šroubů v tahu:

$$F_{t,Rd,celk} = F_{t,Rd} \cdot 4 = 101,7 \cdot 4$$

$$F_{t,Rd,celk} = 406,7 \text{ kN}$$

Maximální reakce $R_{t,z} = 425,5 \text{ kN} < 406,7 \text{ kN}$ Vyhovuje

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2} = 0,5 \cdot 400 \cdot 353 / 1,25$$

$$F_{v,Rd} = 56,5 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2} = 2,5 \cdot 0,77 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 20 / 1,25$$

$$F_{b,Rd} = 266,1 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min(2,8 \cdot (e_2/d_0) - 1,7; 2,5) = \min(3,6; 2,5)$$

$$k_1 = 2,5$$

$$\alpha_b = \min(e_1/3 \cdot d_0 \cdot f_{ub}/f_u; 1) = \min(60/3 \cdot 26; 400/360; 1) = (0,77; 1; 1)$$

$$\alpha_b = 0,77$$

$$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = \min(56,5; 266,1)$$

$$F_{Rd} = 56,5 \text{ kN}$$

$$F_{Rd,celk} = F_{Rd} \cdot 4 = 56,5 \cdot 4$$

$$F_{Rd,celk} = 225,9 \text{ kN}$$

Maximální posouvající síla získaná vektorovým součtem sil R_x a R_y :

$$R_{xy} = (R_x^2 + R_y^2)^{0,5} = (93^2 + 33^2)^{0,5}$$

$$R_{xy} = 129,0 \text{ kN}$$

Maximální síla $R_{xy} = 129,0 \text{ kN} < 225,9 \text{ kN}$ Vyhovuje

Posouzení koutového svaru mezi TR127/8 a patním plechem P20:

| | | |
|------------------------|---|---------|
| a: [mm] | účinná šířka svaru | 6 |
| f _u : [MPa] | | 360 |
| γ _{M2} : | díličí součinitel | 1,25 |
| | rozměry patního plechu: 300x300 mm P 20,0 | |
| kombinace | | NC-03BB |

Tahové síly: $R_z = 426$ kN

$R_{xy} = 129,0$ kN

Výpočet délky svaru po kružnici o průměru: 168 mm

$l = \pi \cdot d = \pi \cdot 127$

$l = 528$ mm

Normálové napětí:

$\sigma_x = R_z / a \cdot l = 366 \cdot 10^3 / 6 \cdot 399$

$\sigma_x = 134$ MPa

$\sigma_T = \tau_T = \sigma_x / \sqrt{2} = 153 / \sqrt{2}$

$\sigma_T = 95$ MPa

Smykové napětí:

Pro výpočet smykového napětí je uvažována polovina kruhové účinné plochy kolem trubky.

$\tau_{xz} = R_{xy} / 0,5 \cdot A_{we} = \frac{129,0 \cdot 1, E+03}{0,5 \cdot 6 \cdot 528}$

$\tau_{xz} = 81$ MPa

Posouzení svaru:

$$\sqrt{\sigma_T'^2 + 3(\tau_T'^2 + \tau_H'^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad a \quad \sigma_T' \leq 0,9 \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{95^2 + 3 \cdot (109^2 + 81^2)} \leq 360 / 0,8 \cdot 1,25 \quad \Rightarrow \quad 237 \leq 360 \quad \text{MPa}$$

$$\sigma_T = 95 \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 \quad \Rightarrow \quad 95 \leq 259 \quad \text{MPa} \quad \text{Svar vyhovuje}$$

Posouzení na vodorovnou sílu, kotevní zarážka:

| | |
|-----------|---------|
| kombinace | NC-03BB |
|-----------|---------|

| | | |
|--------------|---------|-------|
| R_x [kN] : | NC-03BB | 115,2 |
| R_y [kN] : | NC-03BB | 58,0 |
| R_z [kN] : | NC-03BB | 425,5 |

Návrh vodorovné zarážky HEB 100:

Výpočet výšky zarážky:

$$h_{\min} = R_x / b \cdot f_{cd} = \frac{115,2}{100} \cdot 16,67 = 19,2 \text{ mm}$$

$h_{\min} = 69 \text{ mm}$
 návrh 80 mm
 Výška podlití:
 $h_0 = 40 \text{ mm}$
 Navržená výška zarážky:
 $80 + 40 = 120 \text{ mm}$

Posouzení svaru:

Koutový svar mezi stojinou a patním plechem:

Smykové napětí τ_x :

$$\tau_{II} = \frac{R_x}{2 \cdot a \cdot (h - 2 \cdot t_f)} = 58 \cdot 10^3 / 2 \cdot 4 \cdot (100 - 2 \cdot 10)$$

$$\tau_{II} = 180 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_T'^2 + 3(\tau_T'^2 + \tau_{II}'^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad a \quad \sigma_T' \leq 0,9 \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot (0^2 + 145^2)} \leq 360 / 0,81,25 \quad \Rightarrow \quad 312 \leq 360 \text{ MPa}$$

Koutový svar mezi pásnicemi a patním plechem:

$$\tau_{II} = \frac{R_y}{2 \cdot a \cdot b} = 58 \cdot 10^3 / 2 \cdot 4 \cdot 100$$

$$\tau_{II} = 72,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_T = \sigma_T = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{R_x \cdot r}{(h - t_f) \cdot 2ab} = (2)^{-0,5} \cdot 115,2 \cdot 10^3 \cdot 80 / (100 - 10) \cdot 2 \cdot 4 \cdot 100$$

$$\tau_T = 90,5 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru:

$$\sqrt{\sigma_T'^2 + 3(\tau_T'^2 + \tau_{II}'^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad a \quad \sigma_T' \leq 0,9 \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{72,5^2 + 3 \cdot (72,5^2 + 90,5^2)} \leq 360 / 0,81,25 \quad \Rightarrow \quad 220 \leq 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_T = 91 \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 \quad \Rightarrow \quad 91 \leq 259 \text{ MPa} \quad \text{Svar vyhovuje}$$

Návrh kloubové patky - vřetenový sloup

ČSN EN 1993-1-1 ed. 2

Posouzení patního plechu:

| | | | |
|-------------------|---|--------------------|--------|
| $f_{c,k}$: [MPa] | charakteristická pevnost betonu v tlaku | C25/30 | 25 |
| γ_c : | dílčí součinitel materiálu | | 1,5 |
| $f_{c,d}$: [MPa] | návrhová pevnost betonu v tlaku | | 16,67 |
| h_0 : [mm] | výška podtlí | | 40 |
| | rozměry patního plechu: | 4500x450 mm P 20,0 | |
| kombinace | | | NC-03A |

| | | | | |
|--------|-----------------|----------------|--------|------------------|
| prvek: | vřetenový sloup | R_x [kN]: | NC-03A | 20,0 |
| | | R_y [kN]: | NC-03A | 1,1 |
| | | R_z [kN]: | NC-03A | 604,0 |
| | | PROFIL SLOUPU: | | TR 356/10 |
| | | MATERIÁL: | | S 235 |

Návrhová únosnost v uložení:

$$F_{Rd} = f_{c,d} \cdot b_{eff} \cdot l_{eff}$$

Návrhová pevnost styčnicku v uložení:

$$f_{jd} = b_j \cdot F_{Rd} / b_{eff} \cdot l_{eff} = 2/3 \cdot f_{c,d} = 2/3 \cdot 13,33$$

$$f_{jd} = 11,11 \text{ MPa}$$

Určení kontaktní plochy (výpočet přesahu c):

$$c = t \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 20 \cdot (235 / (3 \cdot 11,11 \cdot 1,1))^{0,5}$$

$$c = 53 \text{ mm}$$

Výpočet účinné plochy A_{eff} :

$$A_{eff} = \pi \cdot (d/2 + c)^2 = \pi \cdot \left(\frac{356}{2} + 53 \right)^2$$

$$A_{eff} = 167639$$

Návrhová únosnost v tlaku F_c, R_d :

$$F_{c,Rd} = f_{jd} \cdot A_{eff} = 11,11 \cdot 167639$$

$$F_{c,Rd} = 1862,5 \text{ kN}$$

(automatický výběr hodnot z katalogu trubek)

$$d = 356 \text{ [mm]}$$

$$A_{TR} = 10869,911 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$I_{y,z,TR} = 162798651 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$W_{pl,TR} = 1197493,3 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$t = 10 \text{ [mm]}$$

$$D_{out} = 356 \text{ [mm]}$$

$$f_y = 235 \text{ [MPa]}$$

$$\gamma_{M0} = \gamma_{M1} = 1$$

Maximální reakce $R_z = 604,0 \text{ kN} < 1862,5 \text{ kN}$ Vyhovuje

Posouzení kotevních šroubů na tah, sřih a otačení:

| | | |
|-------------------|---|--------|
| $f_{u,b}$: [MPa] | Kotevní šrouby M24 4.8: | 400 |
| f_u : [MPa] | | 360 |
| γ_{M2} : | dílčí součinitel pro spoje | 1,25 |
| | rozměry patního plechu: 450x450 mm P 20,0 | |
| kombinace | | NC-03A |

| | | |
|-------------|--------|-------|
| R_x [kN]: | NC-03A | 20,0 |
| R_y [kN]: | NC-03A | 1,1 |
| R_z [kN]: | NC-03A | 604,0 |

Únosnost jednoho šroubu v tahu:

Šroub M30:

As= 561 mm²

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{u,b} \cdot A_s / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 400 \cdot 353 / 1,25$$

$$F_{t,Rd} = 161,6 \text{ kN}$$

Únosnost kotevních šroubů v tahu:

$$F_{t,Rd,cek} = F_{t,Rd} \cdot 4 = 101,7,4$$

$$F_{t,Rd,cek} = 646,3 \text{ kN}$$

Maximální reakce $R_{t,z} = 604,0 \text{ kN} < 646,3 \text{ kN}$ Vyhovuje

Únosnost jednoho šroubu ve sřihu:

$$F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{u,b} \cdot A_s / \gamma_{M2} = 0,5 \cdot 400 \cdot 353 / 1,25$$

$$F_{v,Rd} = 89,8 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu v otačení:

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2} = 2,5 \cdot 0,77 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 20 / 1,25$$

$$F_{b,Rd} = 266,1 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min(2,8 \cdot (e_2/d_0) - 1,7; 2,5) = \min(3,6; 2,5)$$

$$k_1 = 2,5$$

$$\alpha_b = \min(e_1/3 \cdot d_0 \cdot f_{u,b}/f_u; 1) = \min(60/3 \cdot 26; 400/360; 1) = (0,77; 1; 1)$$

$$\alpha_b = 0,77$$

$$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = \min(89,8; 266,1)$$

$$F_{Rd} = 89,8 \text{ kN}$$

$$F_{Rd,cek} = F_{Rd} \cdot 4 = 56,5,4$$

$$F_{Rd,cek} = 359,0 \text{ kN}$$

Maximální posouvající síla získaná vektorovým součtem sil R_x a R_y :

$$R_{xy} = (R_x^2 + R_y^2)^{0,5} = (20^2 + 1,1^2)^{0,5}$$

$$R_{xy} = 20,0 \text{ kN}$$

Maximální síla $R_{xy} = 20,0 \text{ kN} < 359,0 \text{ kN}$ Vyhovuje

Posouzení koutového svaru mezi TR127/8 a patním plechem P20:

| | | |
|------------------------|---|--------|
| a: [mm] | účinná šířka svaru | 6 |
| f _u : [MPa] | | 360 |
| γ _{M2} : | dílič součinitel | 1,25 |
| | rozměry patního plechu: 450x450 mm P 20,0 | |
| kombinace | | NC-03A |

Tahové síly: R_z = 604 kN

R_{xy} = 20,0 kN

Výpočet délky svaru po kružnici o průměru: 356 mm

l = π · d = π · 127

l = 1118 mm

Normálové napětí:

σ_x = R_z / a · l = 366 · 10³ / 6 · 399

σ_x = 90 MPa

σ_T = τ_T = σ_x / √2 = 153 / √2

σ_T = 64 MPa

Smykové napětí:

Pro výpočet smykového napětí je uvažována polovina kruhové účinné plochy kolem trubky.

τ_{II} = R_{xy} / 0,5 · A_{we} = $\frac{20,0 \cdot 1, E+03}{0,5 \cdot 6 \cdot 1118}$

τ_{II} = 6 MPa

Posouzení svaru:

$$\sqrt{\sigma_T'^2 + 3(\tau_T'^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad a \quad \sigma_T' \leq 0,9 \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{95^2 + 3 \cdot (109^2 + 81^2)} \leq 360 / 0,81,25 \Rightarrow 128 \leq 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_T = 64 \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 \Rightarrow 64 \leq 259 \text{ MPa} \quad \text{Svar vyhovuje}$$

4.5.8 ZÁVĚR

Pruty byly posouzeny na MSU a MSP a vyhověly požadavkům. Použitý postup byl náročnější na strojový čas. Dimenze některých prvků by bylo vhodné dále optimalizovat.

V Praze dne

15. 05. 2019

Bc. Michal Česák

.....