

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh zastřešení sportovní haly v Sušici

Statický výpočet

| | |
|-------------------|-----------------------------|
| Studijní program: | Stavební inženýrství |
| Studijní obor: | Konstrukce pozemních staveb |
| Vedoucí práce: | Ing. Martin Tipka Ph.D. |

Matěj Kukla

Praha 2021

Obsah

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Varianta č.1 - Sedlový vazník | 4 |
| 1.1 | Zatížení | 4 |
| 1.1.1 | Zatížení větrem | 4 |
| 1.1.2 | Zatížení sněhem | 4 |
| 1.1.3 | Užitné zatížení..... | 5 |
| 1.1.4 | Stálé zatížení | 5 |
| 1.2 | Střešní plášť | 5 |
| 1.3 | Vazník | 6 |
| 1.3.1 | Zatížení..... | 6 |
| 1.3.2 | Kombinace zatížení | 7 |
| 1.3.3 | Návrh předpínací výztuže | 8 |
| 1.3.4 | Ztráty předpětí - dodatečně předpjatý beton | 10 |
| 1.3.5 | Posouzení MSÚ | 12 |
| 1.3.6 | Posouzení MSP | 13 |
| 1.4 | Sloup..... | 13 |
| 1.4.1 | Zatížení..... | 14 |
| 1.4.2 | Kombinace zatížení | 14 |
| 1.4.3 | Návrh a posouzení výztuže | 15 |
| 2 | Varianta č.2 - Oblouková konstrukce | 16 |
| 2.1 | Zatížení | 16 |
| 2.1.1 | Zatížení větrem | 16 |
| 2.1.2 | Zatížení sněhem | 16 |
| 2.1.3 | Užitné zatížení..... | 17 |
| 2.1.4 | Stálé zatížení | 17 |
| 2.2 | Střešní plášť | 17 |
| 2.3 | Rovinná oblouková konstrukce | 17 |
| 2.3.1 | Zatížení..... | 18 |
| 2.3.2 | Kombinace zatížení | 20 |
| 2.3.3 | Návrh výztuže..... | 22 |
| 2.3.4 | Posouzení MSÚ | 22 |
| 2.3.5 | Posouzení MSP | 23 |
| 3 | Varianta č.3 - Rámová konstrukce | 24 |
| 3.1 | Zatížení | 24 |
| 3.1.1 | Zatížení větrem | 24 |
| 3.1.2 | Zatížení sněhem | 24 |
| 3.1.3 | Užitné zatížení..... | 25 |
| 3.1.4 | Stálé zatížení | 25 |
| 3.2 | Střešní plášť | 25 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.3 | Rovinná rámová konstrukce..... | 26 |
| 3.3.1 | Zatížení..... | 27 |
| 3.3.2 | Kombinace zatížení..... | 29 |
| 3.3.3 | Návrh předpínací výztuže..... | 32 |
| 3.3.4 | Ztráty předpětí - předem předpjatý beton..... | 34 |
| 3.3.5 | Posouzení MSÚ..... | 36 |
| 3.3.6 | Posouzení MSP..... | 37 |
| 3.4 | Sloupová část rámu..... | 38 |
| 3.4.1 | Návrh výztuže..... | 38 |
| 3.4.2 | Posouzení MSÚ..... | 39 |
| 3.5 | Montážní přípoje..... | 39 |
| 3.5.1 | Návrh a posouzení montážních přípojů..... | 39 |
| 3.6 | Převravní úchyty..... | 42 |

1 VARIANTA Č.1 - SEDLOVÝ VAZNÍK

1.1 ZATÍŽENÍ

1.1.1 Zatížení větrem

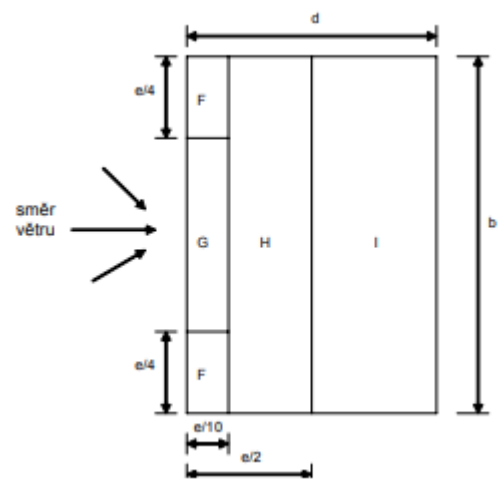
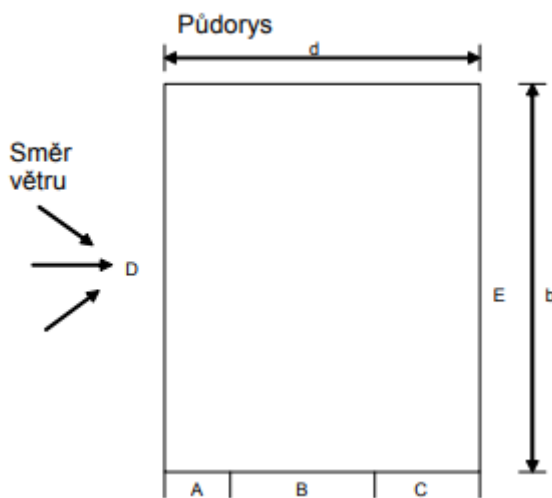
Umístění - Sušice

Větrná oblast II - $v_b = 25$ m/s

Kategorie terénu III

$q_b = 0,39$ kN/m²

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



Směr větru kolmo na delší stranu:

| | | | |
|--------|------------------------|-------------|-------------------|
| h | 15 m | | |
| d | 35 m | | |
| q_b | 0,39 kN/m ² | | |
| C_e | 2 | | |
| oblast | D | E | |
| h/d | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,10}$ | |
| 0,43 | 0,73 | -0,36 | |
| wk | 0,57 | -0,28 | kN/m ² |

Zatížení ploché střechy:

| | | | |
|-------------------|------------------------|-------------|-------------------|
| h | 14,5 m | | |
| h_p | 0,5 m | | |
| q_b | 0,39 kN/m ² | | |
| C_e | 2 | | |
| oblast | F | I | |
| h _p /h | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,10}$ | |
| 0,034 | -2,12 | 0,2 | |
| wk | -1,65 | 0,156 | kN/m ² |

1.1.2 Zatížení sněhem

Sněhová oblast II ($s_k = 1,0$ kN/m²)

Tvarový součinitel $\mu = 0,8$ - plochá střecha

Součinitel expozice $C_e = 1$

Tepelný součinitel $C_i = 1$

$s = \mu \cdot C_e \cdot C_i \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,0 = 0,8$ kN/m²

1.1.3 Užitné zatížení

Kategorie H - střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a opravy

$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

Uvažují větší z hodnot $q_{k,s} \rightarrow 0,8 \text{ kN/m}^2$

1.1.4 Stálé zatížení

Střešní panely X-dek typ XD - $g_k = 0,246 \text{ kN/m}^2$

Betonové desky tl. 200 mm - $g_k = 5 \text{ kN/m}^2$

1.2 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

Střešní plášť navržen ze sendvičových střešních panelů Kingspan X-dek XD.

Rozpon vazeb - 7,5 m

Posouzení - plochá střecha s atikou - oblasti F, I

TLAK - kombinace zatížení sněhem a tlaku větru (oblast I)

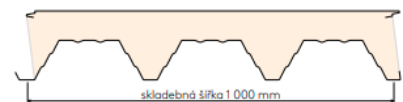
$$w_k = 0,8 + 0,156 = 0,956 \text{ kN/m}^2$$

SÁNÍ - zatížení větrem (oblast F)

$$w_k = 1,65 \text{ kN/m}^2$$

Střešní panel KS1000 XD

vnější plech 0,7 mm (plošná profilace minibox)/vnitřní plech 1,1 mm



| Systém | Tloušťka jádra [mm] | Případ zatížení | Všechna zatížení v kN/m ² pro dané rozpory v metrech | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|-----------------|---|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | 2,00 | 2,50 | 3,00 | 3,50 | 4,00 | 4,50 | 5,00 | 5,50 | 6,00 | 6,50 | 7,00 | 7,50 | 8,00 |
| Prostý nosník | 80 | Tlak | 9,03 | 7,18 | 5,95 | 5,07 | 3,93 | 3,08 | 2,50 | 2,08 | 1,76 | 1,44 | 1,11 | 0,85 | 0,65 |
| | | Sání | 16,31 | 11,15 | 8,26 | 6,45 | 5,23 | 4,26 | 3,37 | 2,73 | 2,26 | 1,90 | 1,62 | 1,40 | 1,21 |
| | | a_{min} [mm] | 150 | 150 | 148 | 131 | 113 | 100 | 90 | 82 | 77 | 65 | 52 | 42 | 40 |
| | 100 | Tlak | 9,02 | 7,18 | 5,94 | 5,06 | 4,23 | 3,32 | 2,70 | 2,24 | 1,91 | 1,64 | 1,35 | 1,06 | 0,83 |
| | | Sání | 15,38 | 10,65 | 7,99 | 6,32 | 5,17 | 4,34 | 3,71 | 3,04 | 2,53 | 2,14 | 1,84 | 1,59 | 1,40 |
| | | a_{min} [mm] | 150 | 150 | 150 | 150 | 143 | 126 | 113 | 103 | 96 | 89 | 79 | 66 | 54 |
| Spojitý nosník o 2 polích | 80 | Tlak | 9,03 | 7,18 | 5,95 | 5,07 | 3,93 | 3,08 | 2,50 | 2,07 | 1,76 | 1,52 | 1,25 | 1,04 | |
| | | Sání | 16,30 | 11,15 | 8,26 | 6,45 | 5,23 | 4,34 | 3,68 | 3,16 | 2,76 | 2,43 | 2,15 | 1,93 | |
| | | a_{min} [mm] | 150 | 150 | 150 | 150 | 132 | 115 | 103 | 94 | 87 | 81 | 72 | 64 | |
| | 100 | b_{min} [mm] | 300 | 300 | 300 | 300 | 263 | 230 | 206 | 187 | 174 | 163 | 144 | 127 | |
| | | Tlak | 9,02 | 7,18 | 5,94 | 5,06 | 4,23 | 3,32 | 2,69 | 2,24 | 1,90 | 1,64 | 1,44 | 1,27 | |
| | | Sání | 15,38 | 10,65 | 7,99 | 6,32 | 5,17 | 4,34 | 3,71 | 3,22 | 2,83 | 2,50 | 2,24 | 2,01 | |
| a_{min} [mm] | 150 | 150 | 150 | 150 | 143 | 126 | 113 | 103 | 95 | 89 | 85 | 81 | | | |
| b_{min} [mm] | 300 | 300 | 300 | 299 | 287 | 251 | 225 | 206 | 191 | 179 | 170 | 161 | | | |

tabulka revize 09/2014

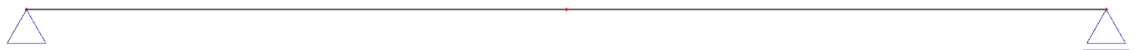
↑
 -max. zatížení v tlaku (charakteristická hodnota)
 -max. zatížení na sání větrem (charakteristická hodnota)
 - a_{min} - min. šířka krajní podpory
 - b_{min} - min. šířka střední podpory

Návrh spojitých vazníků o dvou polích (15m !) v oblastech F

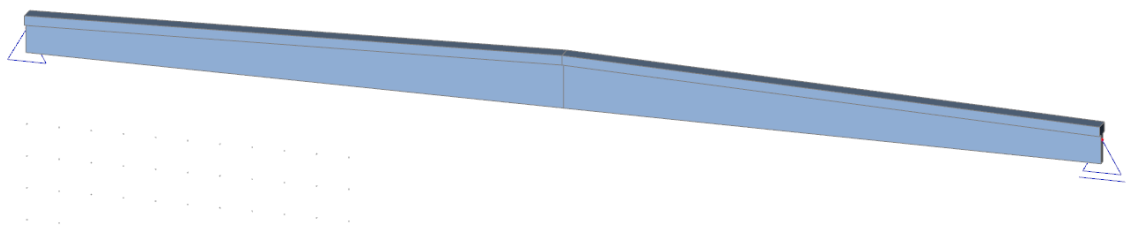
1.3 VAZNÍK

Délka vazníku 33,4 m

Statické působení:

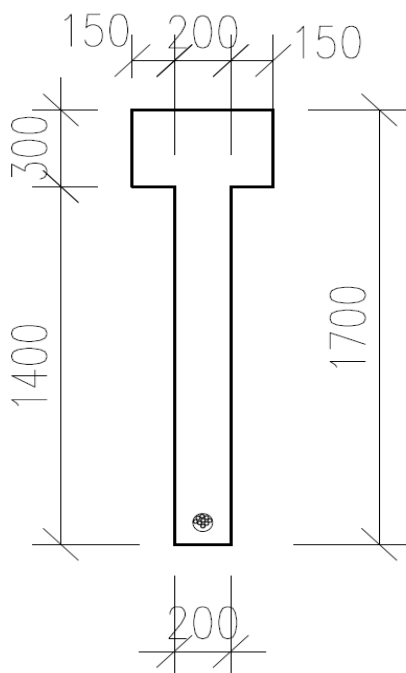


Model - SCIA Engineering

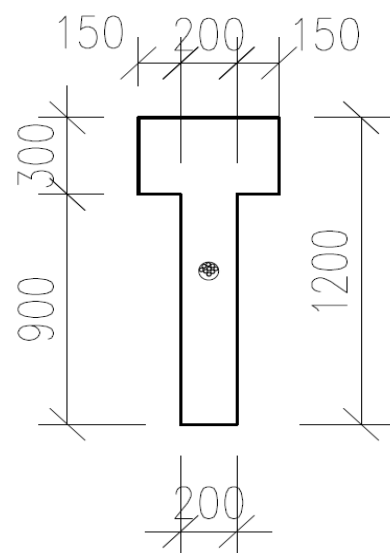


Geometrie vazníku:

Uprostřed rozpětí



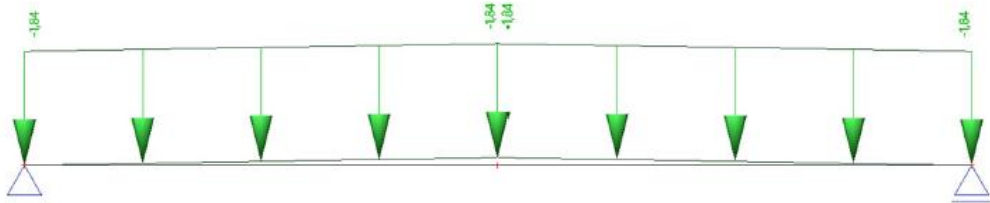
Kraje vazníku



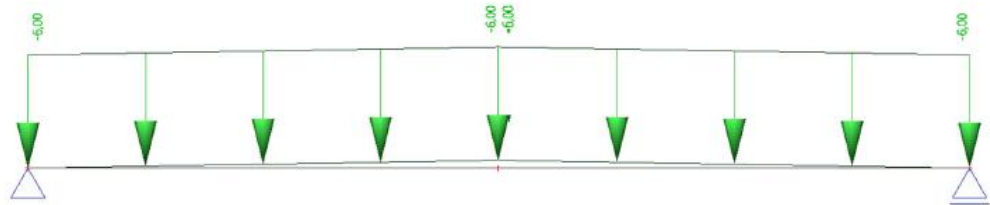
1.3.1 Zatížení

Rozpon: 7,5 m

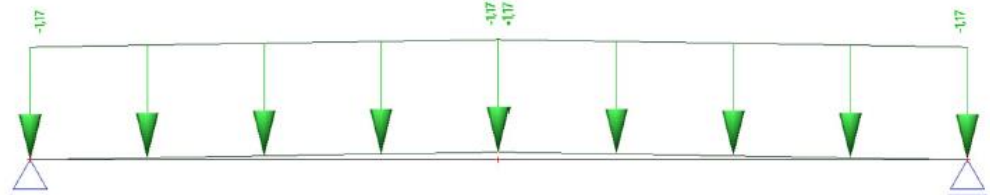
| | | |
|------------------|-------------------------|------------|
| Zatížení panely: | 0,246 kN/m ² | 1,845 kN/m |
|------------------|-------------------------|------------|



| | | |
|------------------|-----------------------|--------|
| Zatížení sněhem: | 0,8 kN/m ² | 6 kN/m |
|------------------|-----------------------|--------|



| | | |
|------------------|-------------------------|-----------|
| Zatížení větrem: | 0,156 kN/m ² | 1,17 kN/m |
|------------------|-------------------------|-----------|

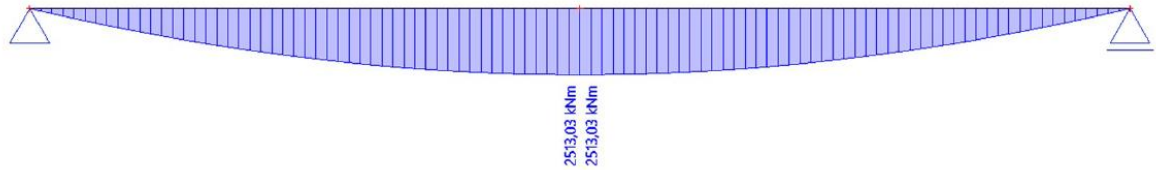


1.3.2 Kombinace zatížení

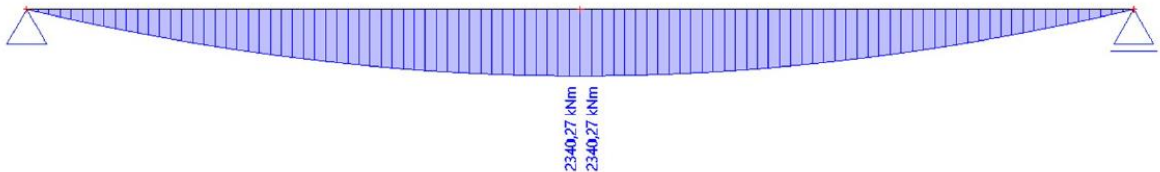
Pro návrh výztuže byly použity kombinace zatížení MSU 6.10a a 6.10b a kombinace zatížení MSP charakteristická, častá a kvazistálá (častá a kvazistálá kombinace - pouze dominantní užité zatížení).

| | | |
|----------------------------|----------------------|------|
| MSU - 6.10a | ZS1 - Vlastní tíha | 1,35 |
| | ZS2 - Střešní panely | 1,35 |
| | ZS3 - Sníh | 1,13 |
| | ZS4 - Vítr svislý | 1,13 |
| MSU - 6.10b | ZS1 - Vlastní tíha | 1,17 |
| | ZS2 - Střešní panely | 1,17 |
| | ZS3 - Sníh | 1,50 |
| | ZS4 - Vítr svislý | 1,50 |
| MSP - charakteristické | ZS1 - Vlastní tíha | 1,00 |
| | ZS2 - Střešní panely | 1,00 |
| | ZS3 - Sníh | 1,00 |
| | ZS4 - Vítr svislý | 1,00 |
| MSP - častá kombinace | ZS1 - Vlastní tíha | 1,00 |
| | ZS2 - Střešní panely | 1,00 |
| | ZS3 - Sníh | 0,70 |
| MSP - kvazistálá kombinace | ZS1 - Vlastní tíha | 1,00 |
| | ZS2 - Střešní panely | 1,00 |
| | ZS3 - Sníh | 0,60 |

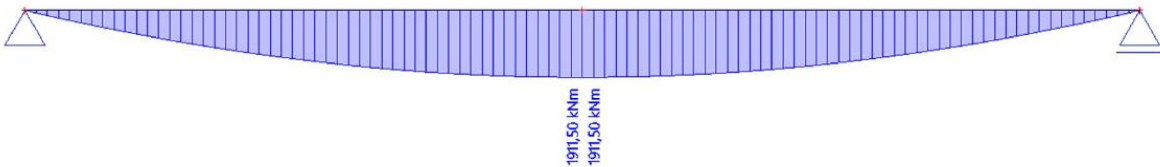
Kombinace MSÚ - 6.10a



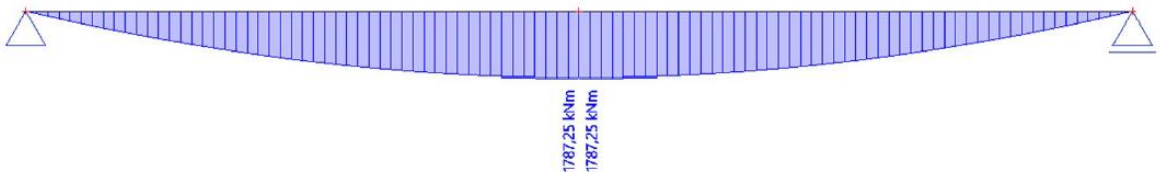
Kombinace MSÚ - 6.10b



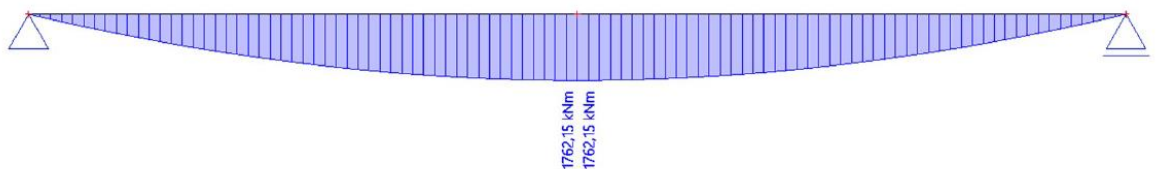
Kombinace MSP - charakteristická kombinace



Kombinace MSP - častá kombinace



Kombinace MSP - kvazistálá kombinace



Momentové účinky od jednotlivých kombinací:

| Kombinace zatížení MSÚ | M ze SCII | |
|------------------------|-----------|-----|
| 6.10a | 2513,03 | kNm |
| 6.10b | 2340,27 | kNm |
| Kombinace zatížení MSP | | |
| char | 1911,5 | kNm |
| častá | 1787,25 | kNm |
| kvazistál. | 1762,15 | kNm |

1.3.3 Návrh předpínací výztuže

Návrh předpínací výztuže je proveden pro charakteristickou kombinaci zatížení v místě největšího momentu (střed vazníku).

Minimální krytí betonářské výztuže - $c_{nom} = 30 \text{ mm}$

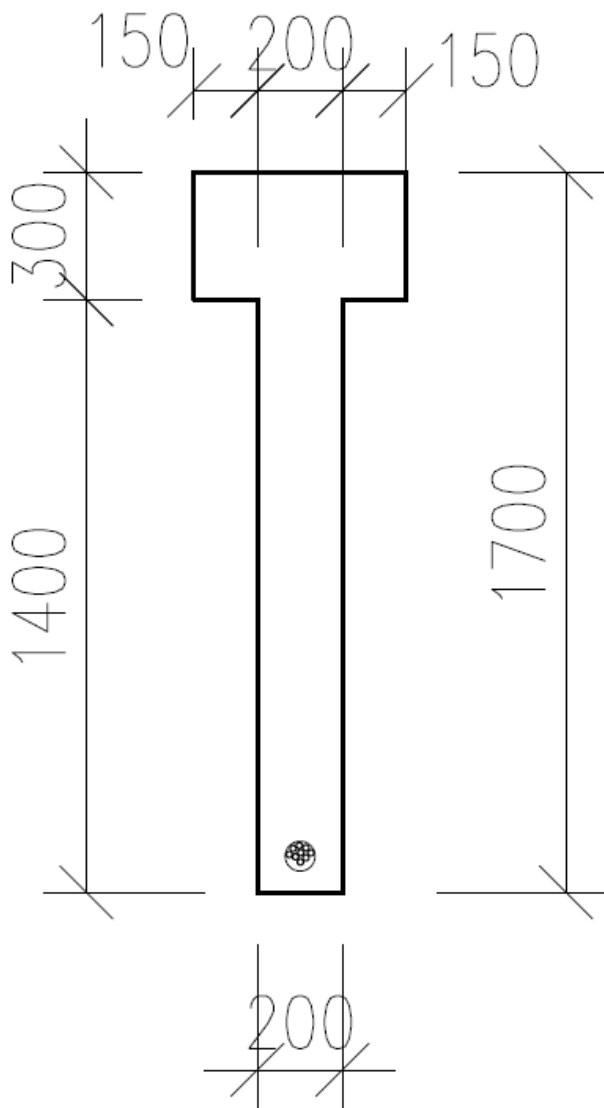
Minimální krytí předpínací výztuže - $c_{před} = 40 \text{ mm}$

Materiálové charakteristiky:

| Beton C50/60 | |
|-----------------|----------|
| f _{ck} | 50 Mpa |
| f _{cd} | 33 Mpa |
| f _{yd} | 1617 Mpa |
| f _{pd} | 1426 Mpa |
| f _{cm} | 58 Mpa |
| E _{cm} | 37 Gpa |

| Y1860S7 - 15,7 | |
|--------------------|---------------------|
| f _p | 1860 Mpa |
| E _p | 195 Gpa |
| F _{p0,1k} | 226 kN |
| f _{p0,1k} | 1640 Mpa |
| A | 150 mm ² |

Geometrie vazníku ve středu rozpětí:



| Geometrie: | mm | m |
|------------|------|------|
| h | 1700 | 1,7 |
| kt | 150 | 0,15 |
| sh | 200 | 0,2 |
| th | 300 | 0,3 |
| bh | 500 | 0,5 |

| Průřezové charakteristiky: | | |
|----------------------------|-------------|-----------------|
| Ac | 430000 | mm ² |
| Tz | 703 | mm |
| Tz2 | 997 | mm |
| Iy | 1,12677E+11 | mm ⁴ |
| Wh | 160168568 | mm ³ |
| Wd | 113071159 | mm ³ |
| rh | 263,0 | mm |
| rd | 372,5 | mm |

Maximální napětí při předpínání:

$$\sigma_{p,in} = \min(0,8 \cdot f_p, 0,9 \cdot f_{p0,1k}) = 1476 \text{ MPa}$$

| | | | | |
|-----|------|------|-----------------|----------|
| min | 1488 | 1476 | $\sigma_{p,in}$ | 1476 MPa |
|-----|------|------|-----------------|----------|

Maximální napětí po vnesení předpětí:

$$\sigma_{p,mo} = \min(0,75 \cdot f_p, 0,85 \cdot f_{p0,1k}) = 1394 \text{ MPa}$$

| | | | | |
|-----|------|------|-----------------|----------|
| min | 1395 | 1394 | $\sigma_{p,mo}$ | 1394 MPa |
|-----|------|------|-----------------|----------|

Předpětí na konci životnosti (předpokládané ztráty 20%):

| | |
|-------------------------|------------|
| $\sigma_{p,\infty,est}$ | 1180,8 Mpa |
|-------------------------|------------|

Návrh velikosti předpětí a nutného počtu lan - podle excentricity kabelu:

| | | | |
|-------------------------|-------------------------|--|----------------------|
| Výztuž od kraje | 100 mm | | |
| ep.teor | 897 mm | | 0,897 m |
| $F_{p,\infty,k}$ | 1649 kN | | 1,649 MN |
| $\sigma_{p,\infty,est}$ | 1180,8 Mpa | | |
| A_p | 0,001396 m ² | | 1396 mm ² |
| n | 9,3 kusu | | 9 kusů |
| | A_p | | 1350 mm ² |

$$F_{p,\infty,k} = M_k / (W_d \cdot (1/A_c + e_p \cdot \text{teor}/W_d)) = 1911,5 / (0,113 \cdot (1/0,43 + 0,897/0,113)) = 1649 \text{ kN}$$

Návrh 9 lan ($A_p = 1350 \text{ mm}^2$)

1.3.4 Ztráty předpětí - dodatečně předpjatý beton

Krátkodobé ztráty:

| | | | |
|---------------------------|------------|--|-------------|
| Dodatečně předpjatý beton | | $\sigma_{p,max}$ | 1476 MPa |
| Ztráta třením | | | |
| μ | 0,25 | souřinitel tření v oblouku (0,15-0,35) | |
| α | 0,101 | úhlová změna po délce kabelu | |
| $\Delta\sigma_{p,\mu}$ | -36,66 Mpa | $\Delta\sigma_{p,\mu}$ | 1439,34 Mpa |

$$\Delta\sigma_{p,\mu} = -\sigma_{p,max} \cdot (1 - e^{-\mu \cdot \alpha}) = -36,66 \text{ MPa}$$

| | | | |
|-------------------------|------------|-------------------------|-------------|
| Ztráta pokluzem | | | |
| Δpokluz | 8 mm | | |
| L_v | 33,4 m | | |
| E | 195 Gpa | | |
| $\Delta\sigma_{p,pokl}$ | -46,71 Mpa | $\Delta\sigma_{p,pokl}$ | 1392,64 Mpa |

$$\Delta\sigma_{p,pokl} = -\Delta\text{pokluz}/L_v \cdot E = -46,71 \text{ MPa}$$

| | | | | | |
|------------------------------|---------|----------|-----|------------------------|-------------|
| Ztráta krátkodobou relaxací: | | | | | |
| ρ_{1000} | 2,5 | | | | |
| t | 5 minut | 0,083333 | hod | | |
| μ | 0,794 | | | | |
| $\Delta\sigma_{p,rel}$ | -7,34 | Mpa | | $\Delta\sigma_{p,rel}$ | 1385,29 Mpa |

$$\Delta\sigma_{p,rel} = \left(-0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \cdot \mu} \cdot \left(\frac{t_e + \Delta t_{i-1}}{1000} \right)^{0,75 \cdot (1-\mu)} \cdot 10^{-5} \cdot \sigma_{p,t,0,0833} \right) - \Delta\sigma_{p,i,0} = -7,34 \text{ MPa}$$

Dlouhodobé ztráty:

| | | | | | |
|-----------------------------|--------|-----|--|------------------------|-------------|
| Ztráta dlouhodobou relaxací | | | | | |
| ρ_{1000} | 2,5 % | | | | |
| t | 500000 | hod | | | |
| μ | 0,794 | | | | |
| $\Delta\sigma_{p,rel}$ | -81,86 | Mpa | | $\Delta\sigma_{p,rel}$ | 1303,43 Mpa |

$$\Delta\sigma_{p,rel} = \left(-0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \cdot \mu} \cdot \left(\frac{t_e + \Delta t_{i-1}}{1000} \right)^{0,75 \cdot (1-\mu)} \cdot 10^{-5} \cdot \sigma_{p,t,0,0833} \right) - \Delta\sigma_{p,i,0} = -81,86 \text{ MPa}$$

| | | | | | |
|----------------------------|--------|----------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Ztráta dotvarováním betonu | | | | | |
| $E_c(t=3)$ | 32708 | Mpa | | RH | 80 % |
| M | 1762 | kNm | kvazistálé zatížení | φ | 1,3 |
| Po | 1884 | kN | | Ac | 0,43 m ² |
| ly | 0,113 | m ⁴ | | Ep | 195000 Mpa |
| ed | 907 | mm | 0,907 m | | |
| ep,skut | 897 | mm | 0,897 m | | |
| $\sigma_{p,c}$ | -3794 | kPa | -3,794 Mpa | | |
| $\Delta\sigma_{p,c}$ | -29,41 | Mpa | | $\Delta\sigma_{p,c}$ | 1274,02 Mpa |

$$\Delta\sigma_{p,c} = E_p \cdot \sigma_{p,c} / E_c \cdot \varphi = -29,41 \text{ MPa}$$

| | | | | | |
|---------------------------|----------|-----|-------------------|----------------------|-------------------|
| Ztráta smršťováním betonu | | | | | |
| u | 4,4 | m | vysychající obvod | RH | 60 % |
| h ₀ | 195 | mm | | RH | 100 % |
| t _s | 5 | dní | | kh | 0,855 - |
| t _∞ | 18250 | dní | | fck | 50 Mpa |
| β_{ds} | 1 | | | $\epsilon_{cd}(0)$ | 0,00034 z tabulky |
| β_{as} | 1 | | | | |
| $\epsilon_{ca}(t)$ | 0,0001 | | | | |
| $\epsilon_{cd}(t)$ | 0,000291 | | | | |
| $\epsilon_c(t)$ | 0,000391 | | | | |
| $\Delta\sigma_{p,s}$ | -76,1865 | Mpa | | $\Delta\sigma_{p,s}$ | 1197,84 Mpa |

$$\Delta\sigma_{p,s} = -E_p \cdot \epsilon_c(t) = -76,19 \text{ MPa}$$

Přehled ztrát:

| Krátkodobé | | | Dlouhodobé | | |
|-------------------------|----------|--------|-------------------------|------------|--|
| $\sigma_{p,max}$ | 1476 MPa | | $\sigma_{p,max}$ | 1385 Mpa | |
| $\Delta\sigma_{p,\mu}$ | 1439 Mpa | | $\Delta\sigma_{p,rel}$ | 1303 Mpa | |
| $\Delta\sigma_{p,pokl}$ | 1393 Mpa | | $\Delta\sigma_{p,c}$ | 1274 Mpa | |
| $\Delta\sigma_{p,rel}$ | 1385 Mpa | | $\Delta\sigma_{p,s}$ | 1198 Mpa | |
| Ověření | | | | | |
| Krátkodobé ztráty | 6,15% | | 93,85% | | |
| $\sigma_{p,0}$ | 1385 | \leq | $\sigma_{p,mo}$ | 1394 MPa | |
| Dlouhodobé ztráty | 13,53% | | 80,32% | | |
| $\sigma_{p,\infty}$ | 1198 | \geq | $\sigma_{p,\infty,est}$ | 1180,8 Mpa | |

1.3.5 Posouzení MSÚ

Na začátku životnosti:

| Kombnace 6.10a/b, střed průřezu | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|--------|-------------|--|--|
| $\Delta\sigma_{p,rel}$ | 1385 Mpa | | | | |
| Med | 2513,03 kNm | | | | |
| A_p | 1350 mm ² | | | | |
| b | 500 mm | | | | |
| f_{cd} | 33 Mpa | | | | |
| x | 140 mm | \leq | 300 mm | | |
| z | 1420 mm | | | | |
| Mrd | 2655 kNm | \geq | 2513,03 kNm | | |

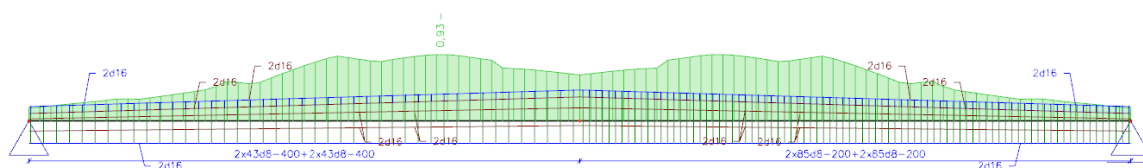
Na konci životnosti:

| Kombnace 6.10a/b, střed průřezu | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|--------|-------------|--|--|
| $\Delta\sigma_{p,rel}$ | 1198 Mpa | | | | |
| Med | 2513,03 kNm | | | | |
| A_p | 1350 mm ² | | | | |
| b | 500 mm | | | | |
| f_{cd} | 33 Mpa | | | | |
| x | 121 mm | \leq | 300 mm | | |
| z | 1427 mm | | | | |
| Mrd | 2308 kNm | \geq | 2513,03 kNm | | |

Pouze předpínací výztuž na konci životnosti NEVYHOVÍ - nutný návrh betonářské výztuže.

Návrh: 2 x $\varnothing 16$ mm

Posouzení pomocí programu SCIA Engineering - VYHOVÍ



1.3.6 Posouzení MSP

Předpětí bylo posouzeno v oblastech podpor ($x=0$ m), v polovině ($x=16,7$ m) a ve čtvrtinách ($x=8,35$ m) rozpětí vazníku:

| Průřezové charakteristiky | | | | | | | | | !MAX! | !MIN! |
|---------------------------|------|----------------|----------------|--------|-------|---------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| x | h | Ac | I | eh | ed | ep,skut | $\sigma_t=3\text{dny}$ | $\sigma_t=50\text{let}$ | $\sigma_t=3\text{dny}$ | $\sigma_t=50\text{let}$ |
| m | m | m ² | m ⁴ | m | m | m | MPa | MPa | 1394 | 1180,8 |
| 0 | 1,2 | 0,33 | 0,0391 | -0,477 | 0,723 | 0 | 1422,0 | 1234,5 | 1394,0 | VYHOVÍ |
| 8,35 | 1,45 | 0,38 | 0,0688 | -0,589 | 0,861 | 0,605 | 1403,6 | 1216,2 | 1394,0 | VYHOVÍ |
| 16,7 | 1,7 | 0,43 | 0,1101 | -0,703 | 0,997 | 0,897 | 1385,3 | 1197,8 | 1385,3 | VYHOVÍ |

V jednotlivých průřezích bylo provedeno posouzení napjatosti v horních a dolních vláknech při působení momentů charakteristické a kvazistálé kombinace zatížení.

| Čas | Průřez | Kombinace | Napětí v posuzovaných vláknech [MPa] | | | | | | | $\Sigma\sigma$ | $\sigma \leq f_{ctm}$ | $\sigma \leq 0,45f_{ck}$ |
|---------------------------------------|---------------------|-----------|--------------------------------------|--------|----------|---------------|---------------|----------------|------|----------------|-----------------------|--------------------------|
| | | | Vlákna | P [MN] | Mk [MNm] | σ_{Np} | σ_{Mp} | $\sigma_{M,k}$ | | | | |
| Vnesení předpětí ($t=3\text{dny}$) | Nad podporou | Char | Horní | 1,882 | 0 | -5,70 | 0,00 | 0,00 | -5,7 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 1,882 | 0 | -5,70 | 0,00 | 0,00 | -5,7 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | Kvaz | Horní | 1,882 | 0 | -5,70 | 0,00 | 0,00 | -5,7 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 1,882 | 0 | -5,70 | 0,00 | 0,00 | -5,7 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | Ve čtvrtině rozpětí | Char | Horní | 1,882 | 1,4199 | -4,95 | 9,74 | -12,15 | -7,4 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 1,882 | 1,4199 | -4,95 | -14,25 | 17,77 | -1,4 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | Kvaz | Horní | 1,882 | 1,3079 | -4,95 | 9,74 | -11,19 | -6,4 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 1,882 | 1,3079 | -4,95 | -14,25 | 16,37 | -2,8 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | V polovině rozpětí | Char | Horní | 1,870 | 1,9115 | -4,35 | 10,71 | -12,21 | -5,8 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 1,870 | 1,9115 | -4,35 | -15,17 | 17,30 | -2,2 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | Kvaz | Horní | 1,870 | 1,7622 | -4,35 | 10,71 | -11,26 | -4,9 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 1,870 | 1,7622 | -4,35 | -15,17 | 15,94 | -3,6 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| Konec životnosti ($t=50\text{let}$) | Nad podporou | Char | Horní | 1,667 | 0 | -5,05 | 0,00 | 0,00 | -5,1 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 1,667 | 0 | -5,05 | 0,00 | 0,00 | -5,1 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | Kvaz | Horní | 1,667 | 0 | -5,05 | 0,00 | 0,00 | -5,1 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 1,667 | 0 | -5,05 | 0,00 | 0,00 | -5,1 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | Ve čtvrtině rozpětí | Char | Horní | 1,642 | 1,4199 | -4,32 | 8,50 | -12,15 | -8,0 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 1,642 | 1,4199 | -4,32 | -12,43 | 17,77 | 1,0 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | Kvaz | Horní | 1,642 | 1,3079 | -4,32 | 8,50 | -11,19 | -7,0 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 1,642 | 1,3079 | -4,32 | -12,43 | 16,37 | -0,4 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | V polovině rozpětí | Char | Horní | 1,617 | 1,9115 | -3,76 | 9,26 | -12,21 | -6,7 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 1,617 | 1,9115 | -3,76 | -13,12 | 17,30 | 0,4 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | Kvaz | Horní | 1,617 | 1,7622 | -3,76 | 9,26 | -11,26 | -5,8 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 1,617 | 1,7622 | -3,76 | -13,12 | 15,94 | -0,9 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |

1.4 SLOUP

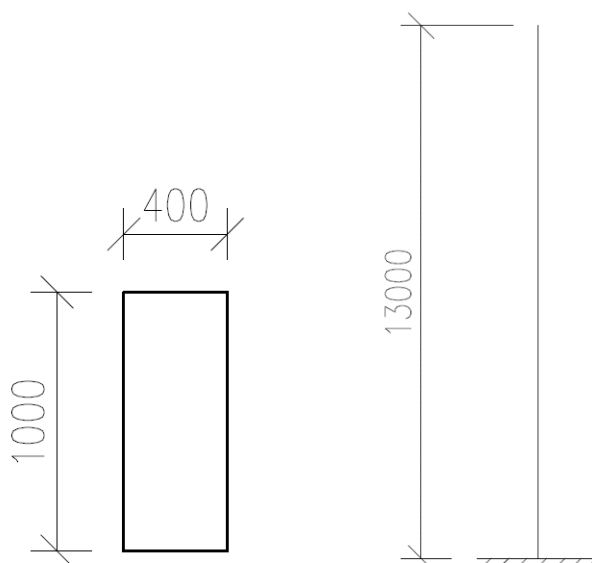
Výška sloupu: 13 metrů

Statické působení: vetknutý sloup

Průřez: 400x1000 mm

Beton: C30/37

Ocel: B 500 B



1.4.1 Zatížení

Rozpon: 7,5 m

Návrhové zatížení od vazníku (kombinace MSÚ 6.10a) - $V=292,12$ kN

Zatížení betonovými deskami tl. 200 mm (zateplení zanedbáno) - $V_d=5*7,5=37,5$ kN/m

Zatížení větrem (TLAK) - $w_{kt}=0,57*5=2,85$ kN/m

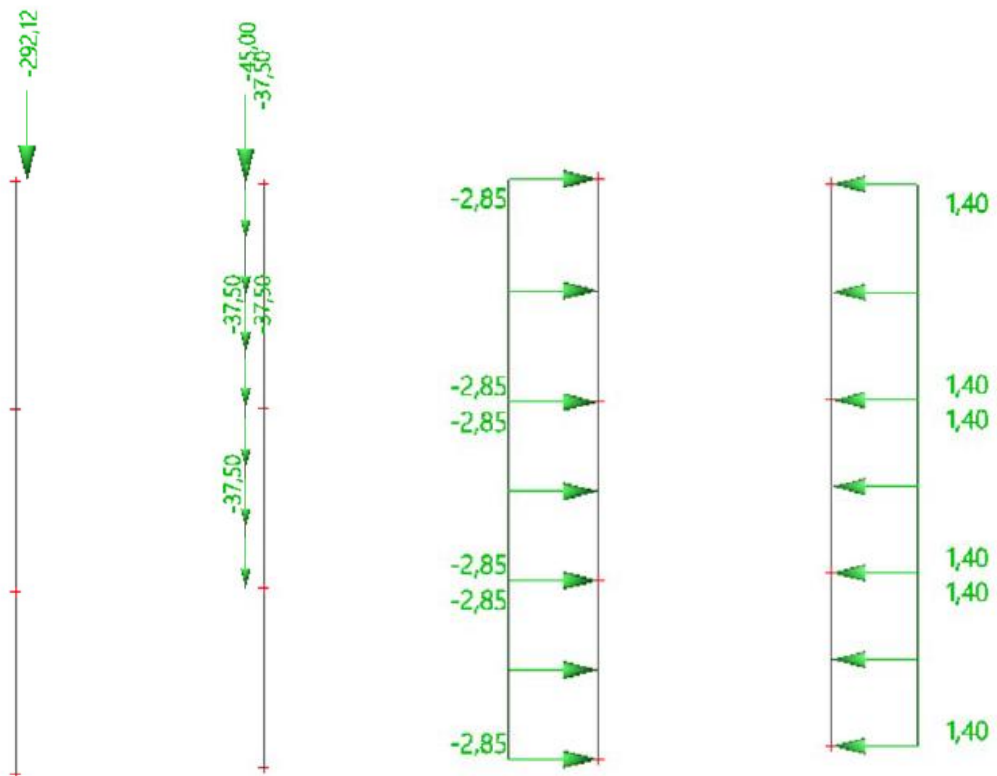
Zatížení větrem (SÁNÍ) - $w_{ks}=0,28*5=1,40$ kN/m

Návrhové zatížení od vazníku

TLAK větru

Zatížení deskami

SÁNÍ větru

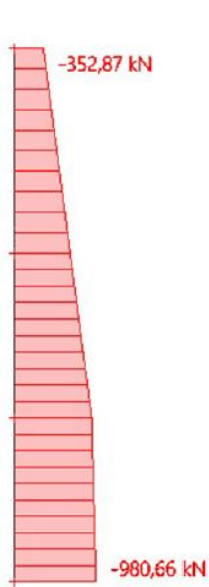


1.4.2 Kombinace zatížení

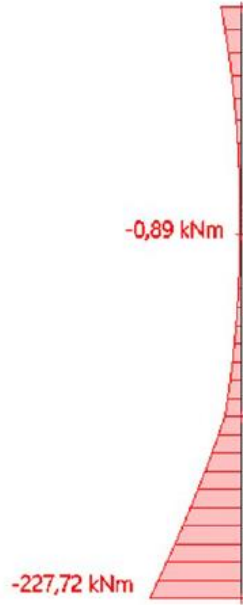
Návrh a posouzení byl proveden pro kombinaci zatížení MSÚ.

| | | | | |
|-----|--|---------------------|----------------------------------|------|
| MSÚ | | Lineární - únosnost | ZS1 - Vlastní tíha | 1,35 |
| | | | ZS2 - Návrhové od vazníku | 1,00 |
| | | | ZS3 - Betonové desky + zateplení | 1,35 |
| | | | ZS4 - Vítr | 1,50 |

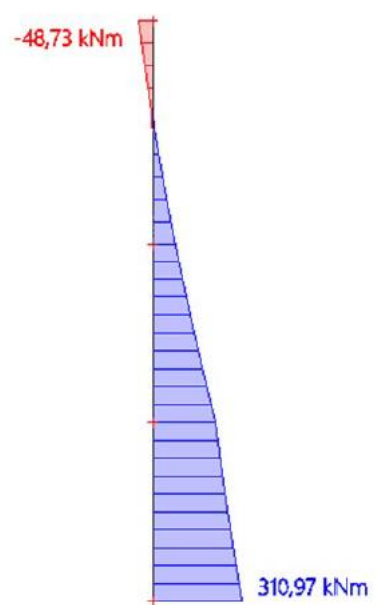
Normálová síla



Moment - TLAK větru



Moment - SÁNÍ větru



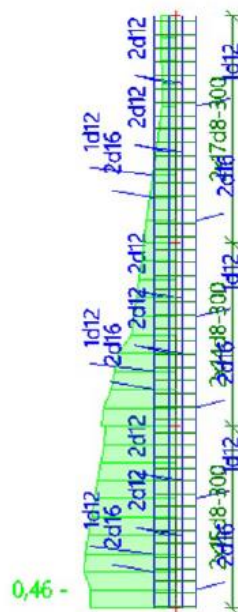
1.4.3 Návrh a posouzení výztuže

Návrh a posouzení výztuže proveden pomocí programu SCIA Engineering.

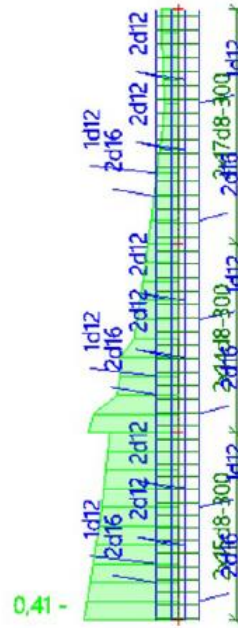
Smyková výztuž - dvoustřížné trřmínky $\varnothing 18$ mm á 300mm

Ohybová výztuž - 3 x $\varnothing 16$ mm

Posouzení - TLAK větru



Posouzení - SÁNÍ větru



2 VARIANTA Č.2 - OBLOUKOVÁ KONSTRUKCE

2.1 ZATÍŽENÍ

2.1.1 Zatížení větrem

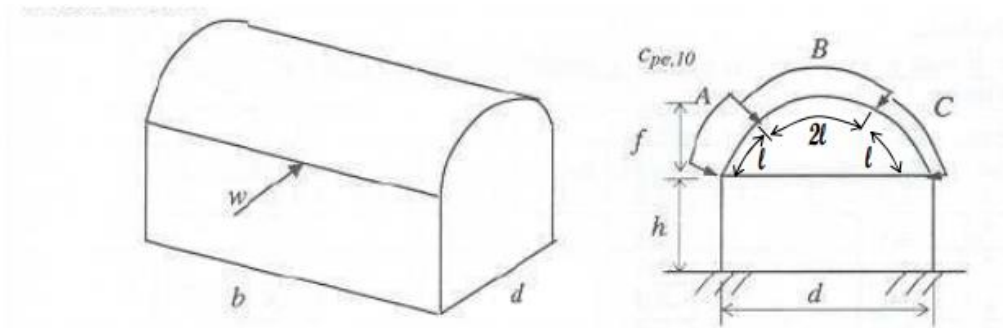
Umístění - Sušice

Větrná oblast II - $v_b = 25$ m/s

Kategorie terénu III

$q_b = 0,39$ kN/m²

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



Rozpon: 7,5 metru

Součinitele pro válcové střechy

| Zatížení větrem: | | Oblast | A | B | C |
|------------------|------------------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| q_b | 0,39 kN/m ² | f/d | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,10}$ |
| f | 15 m | 0,45 | 0,7 | -1,14 | -0,4 |
| h | 4 m | w_e | 0,273 | -0,4446 | -0,156 |
| d | 33,4 m | $w_e(\text{rozpon})$ | 2,05 | -3,33 | -1,17 |

2.1.2 Zatížení sněhem

Sněhová oblast II ($s_k = 1,0$ kN/m²)

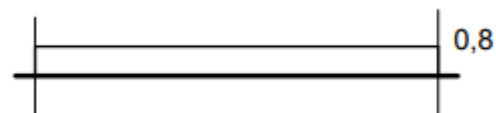
Zatížení nenavátým sněhem:

Tvarový součinitel $\mu = 0,8$ - plochá střecha

Součinitel expozice $C_e = 1$

Tepelný součinitel $C_i = 1$

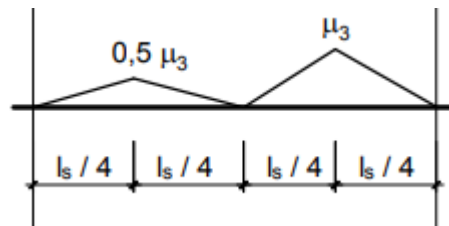
$s = \mu \cdot C_e \cdot C_i \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,0 = 0,8$ kN/m²



Zatížení navátým sněhem:

Tvarový součinitel $\mu_3 = 2$

| Hodnoty podle rozložení | | | |
|-------------------------|-----------------|-----------|---|
| x | $\mu_3 \cdot s$ | Na rozpon | |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8,35 | 1 | 7,5 | |
| 16,7 | 0 | 0 | |
| 25,05 | 2 | 15 | |
| 33,4 | 0 | 0 | |



2.1.3 Užité zatížení

Kategorie H - střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a opravy

$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

Uvažují větší z hodnot $q_{k,s} \rightarrow 0,8 \text{ kN/m}^2$

2.1.4 Stálé zatížení

Betonové desky tl. 250 mm - $g_k = 6,25 \text{ kN/m}^2$

2.2 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

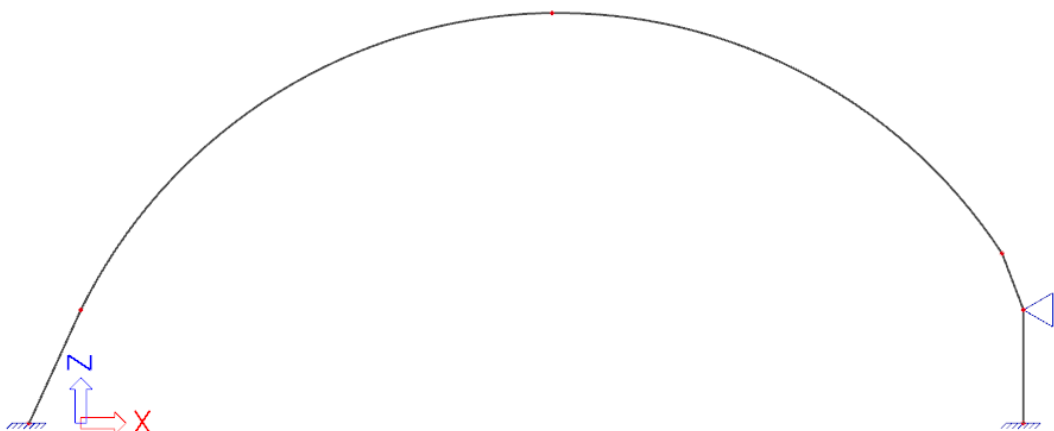
Střešní plášť tvoří monolitické desky tl.250 mm. Zatížení skladbou střešní krytiny zanedbáno.

2.3 ROVINNÁ OBLOUKOVÁ KONSTRUKCE

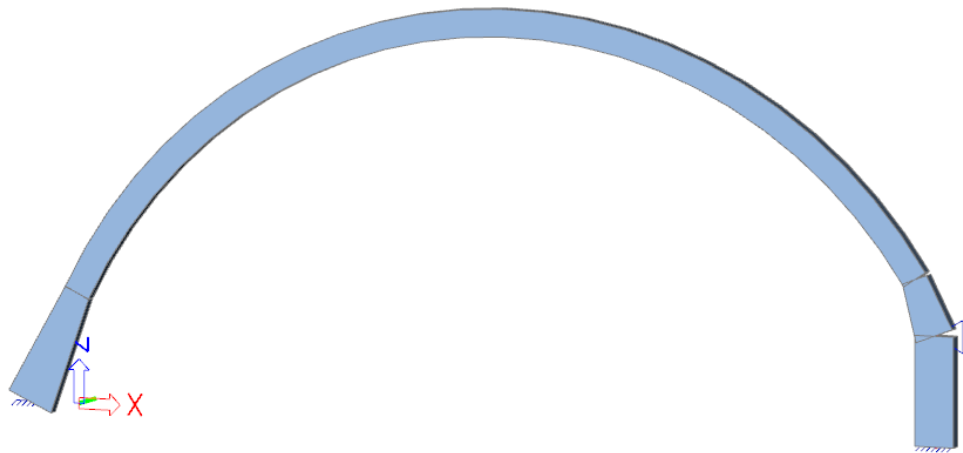
Rozpon oblouku: 36,5 metru

Výška oblouku: 15 metrů

Statické působení:



Model - SCIA Engineering



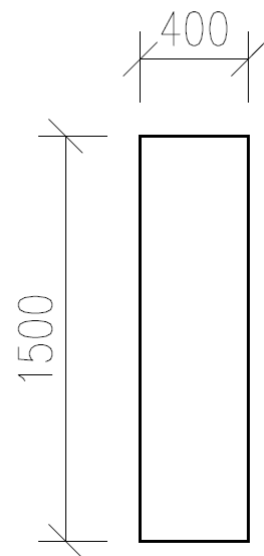
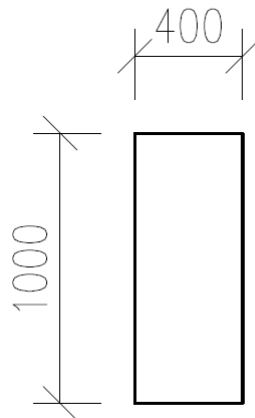
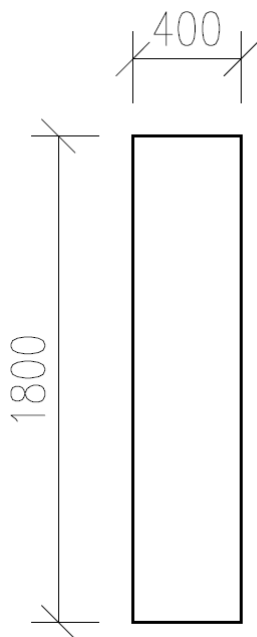
Průřez oblouku:

Oblouk je obdélníkového průřezu šířky 400 mm a proměnné výšky 1000 - 1800 mm.

Kolmý průřez u levé podpory

Průřez středu konstrukce

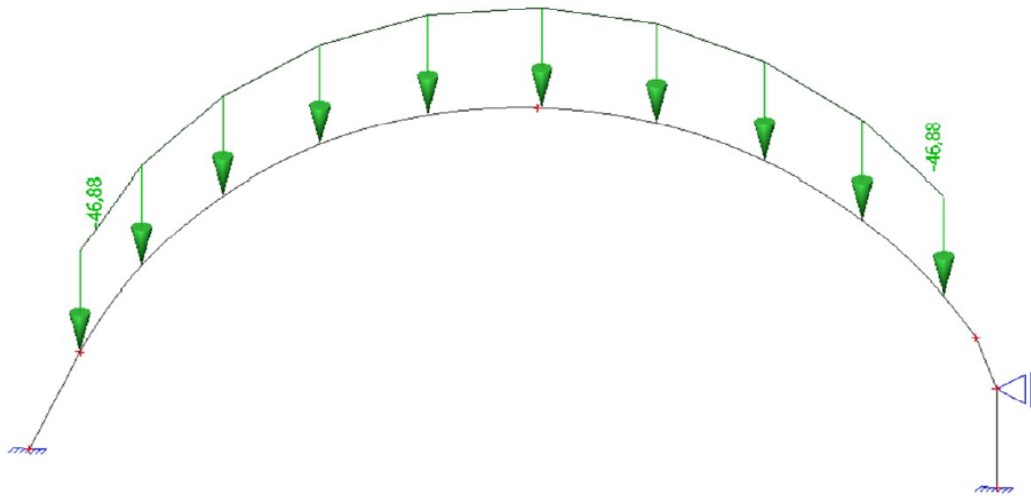
Průřez u pravé podpory



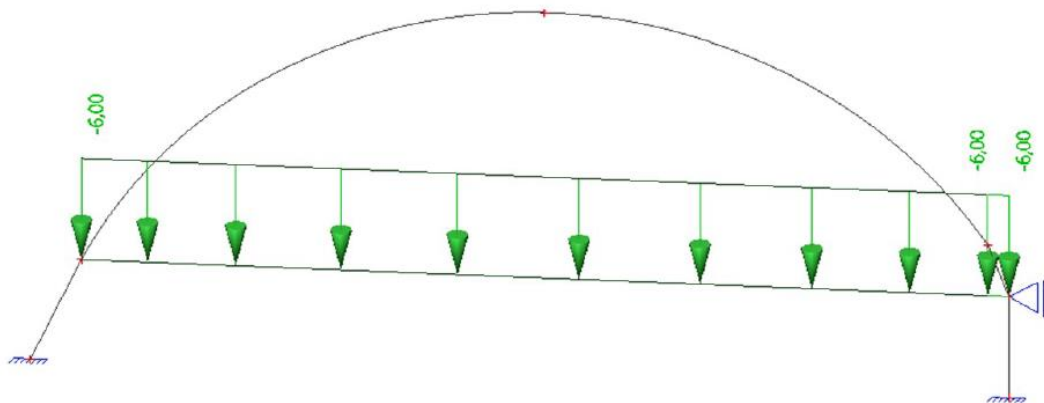
2.3.1 Zatížení

Rozpon: 7,5 m

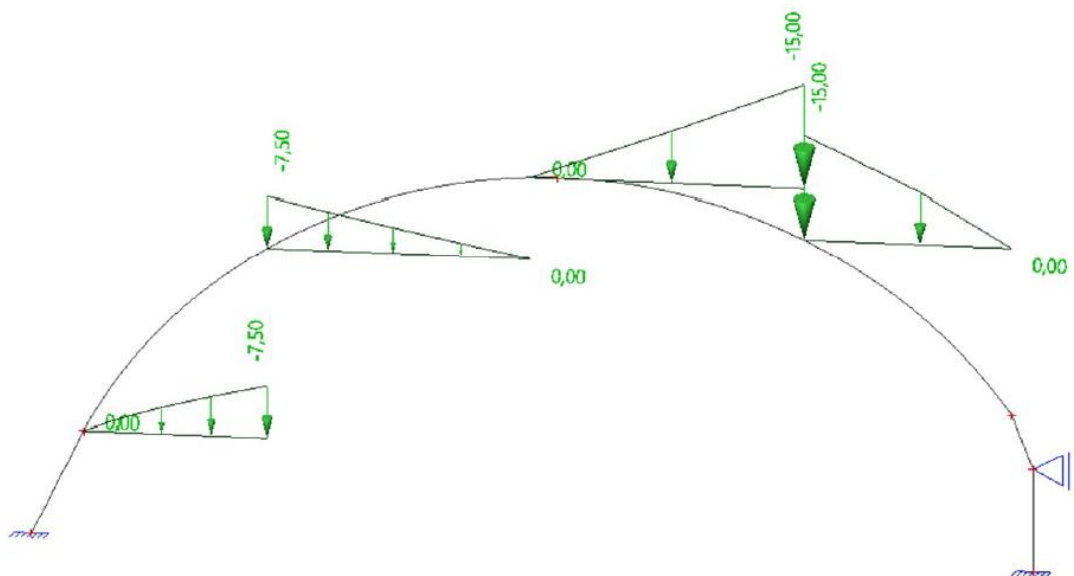
Zatížení panely: $6,25 \cdot 7,5 = 46,875 \text{ kN/m}$



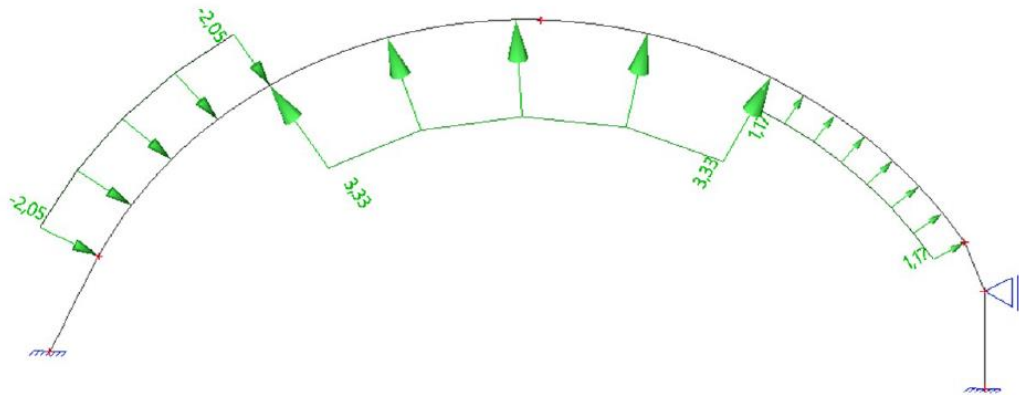
Zatížení nenavátým sněhem: $0,8 \cdot 7,5 = 6 \text{ kN/m}$



Zatížení nenavátým sněhem:



Zatížení větrem:



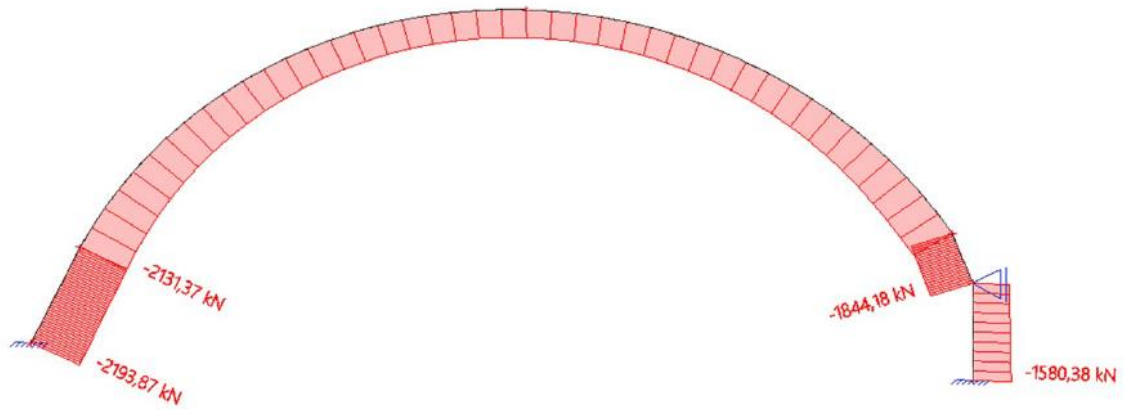
2.3.2 Kombinace zatížení

Pro návrh výztuže byly použity kombinace MSÚ (různé kombinace zatížení).

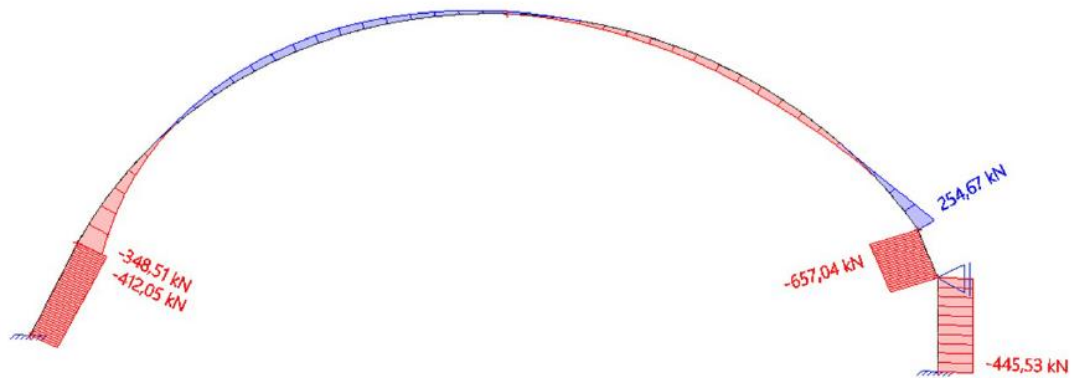
| | | |
|------------------------------|--------------------------|------|
| MSÚ - sníh rovnoměrně | ZS1 - Vlastní tíha | 1,35 |
| | ZS2 - Betonová skořepina | 1,35 |
| | ZS3 - Sníh - rovnoměrně | 1,50 |
| MSÚ - sníh navátý | ZS1 - Vlastní tíha | 1,35 |
| | ZS2 - Betonová skořepina | 1,35 |
| | ZS4 - Sníh - navátý | 1,50 |
| MSÚ - sníh navátý + vítr | ZS1 - Vlastní tíha | 1,35 |
| | ZS2 - Betonová skořepina | 1,35 |
| | ZS4 - Sníh - navátý | 1,50 |
| | ZS5 - Vítr příčný | 1,50 |
| MSÚ - sníh rovnoměrně + vítr | ZS1 - Vlastní tíha | 1,35 |
| | ZS2 - Betonová skořepina | 1,35 |
| | ZS3 - Sníh - rovnoměrně | 1,50 |
| | ZS5 - Vítr příčný | 1,50 |
| MSÚ - vítr | ZS1 - Vlastní tíha | 1,00 |
| | ZS2 - Betonová skořepina | 1,00 |
| | ZS5 - Vítr příčný | 1,50 |

Výsledné síly jsou tvořeny obálkou sil, dle jednotlivých zatížení.

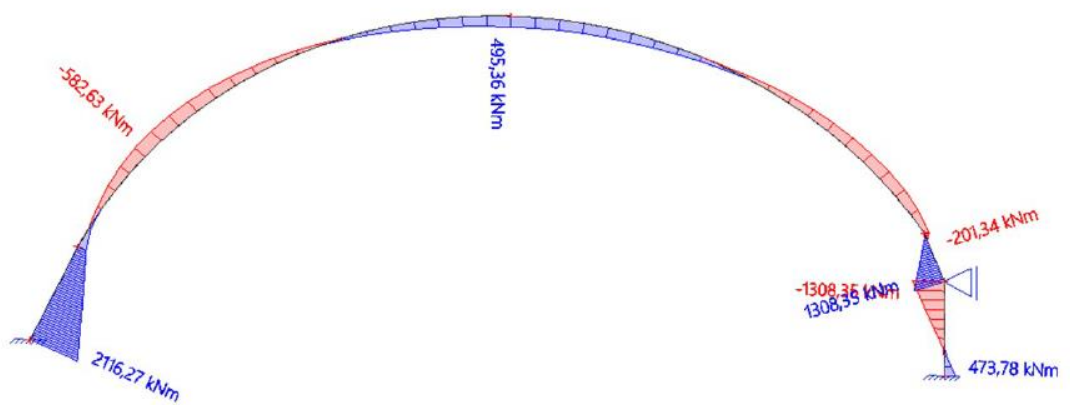
Normálová síla:



Posouvající síla:



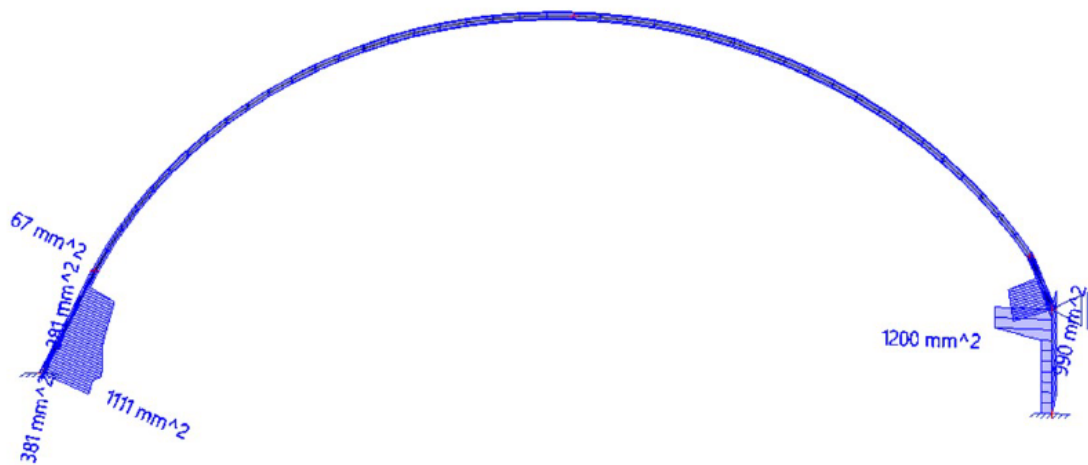
Moment:



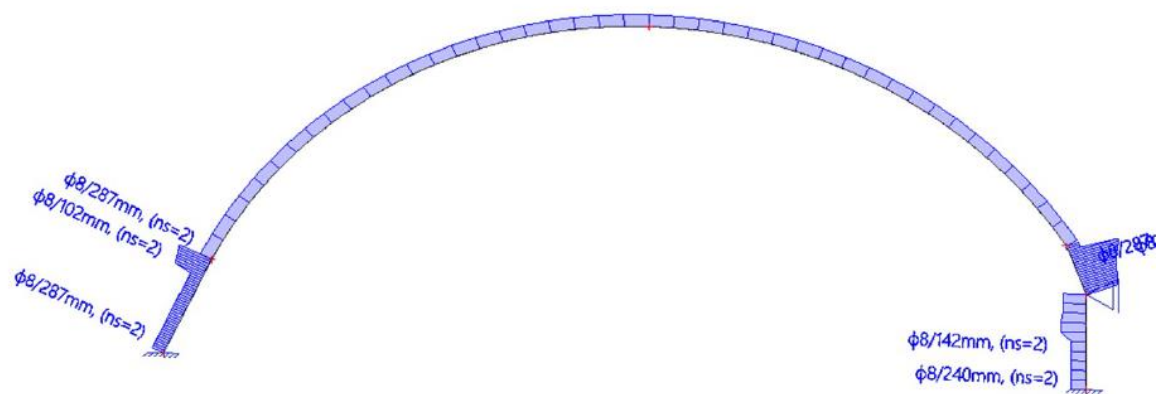
2.3.3 Návrh výztuže

Návrh výztuže pomocí SCIA Engineering.

Návrh podélné výztuže:

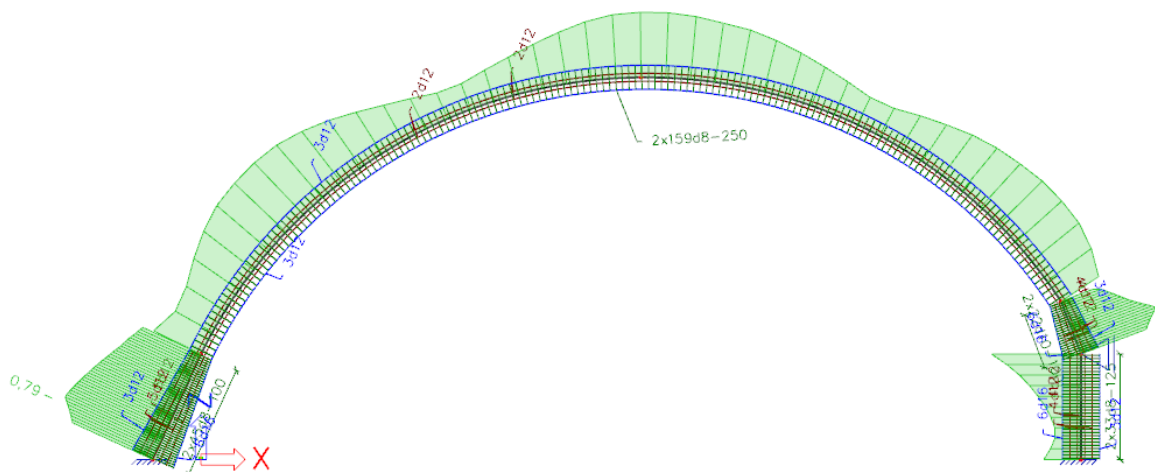


Návrh smykové výztuže:



Navržená výztuž - viz výkres výztuže

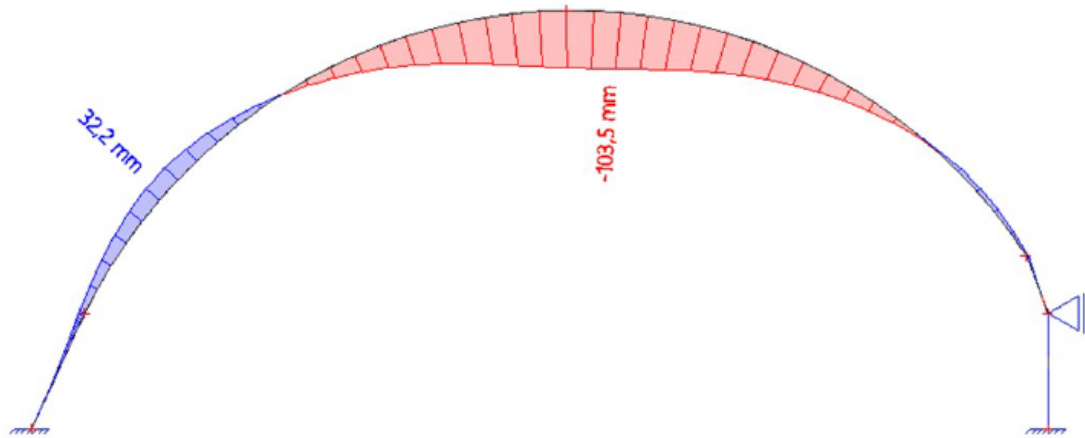
2.3.4 Posouzení MSÚ



MSÚ VYHOVÍ

2.3.5 Posouzení MSP

Normově závislý průhyb - SCIA Engineering



$$\sigma_{\text{tot}} = 103,5 \text{ mm} \leq \sigma_{\text{lim}} = 36500/250 = 146 \text{ mm}$$

MSP VYHOVÍ

3 VARIANTA Č.3 - RÁMOVÁ KONSTRUKCE

3.1 ZATÍŽENÍ

3.1.1 Zatížení větrem

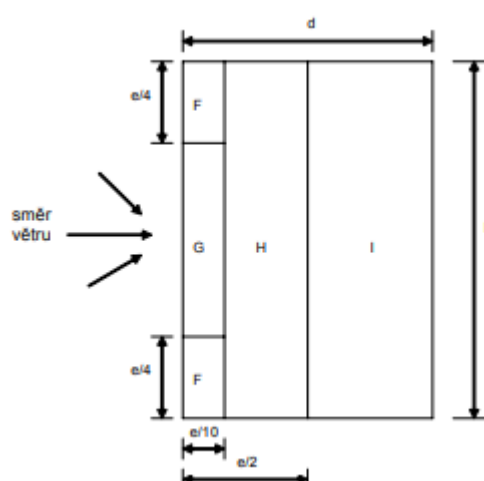
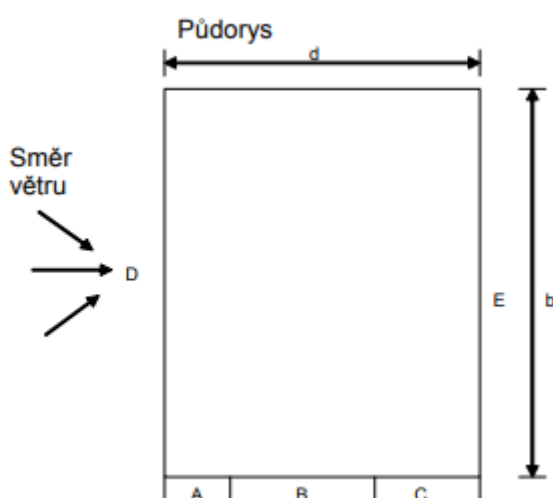
Umístění - Sušice

Větrná oblast II - $v_b=25$ m/s

Kategorie terénu III

$q_b = 0,39$ kN/m²

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



Směr větru kolmo na delší stranu:

| | | | |
|--------|------------------------|-------------|-------------------|
| h | 15 m | | |
| d | 35 m | | |
| q_b | 0,39 kN/m ² | | |
| C_e | 2 | | |
| oblast | D | E | |
| h/d | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,10}$ | |
| 0,43 | 0,73 | -0,36 | |
| wk | 0,57 | -0,28 | kN/m ² |

Zatížení ploché střechy:

| | | | |
|---------|------------------------|-------------|-------------------|
| h | 14,5 m | | |
| h_p | 0,5 m | | |
| q_b | 0,39 kN/m ² | | |
| C_e | 2 | | |
| oblast | F | I | |
| h_p/h | $C_{pe,10}$ | $C_{pe,10}$ | |
| 0,034 | -2,12 | 0,2 | |
| wk | -1,65 | 0,156 | kN/m ² |

3.1.2 Zatížení sněhem

Sněhová oblast II ($s_k = 1,0$ kN/m²)

Tvarový součinitel $\mu = 0,8$ - plochá střecha

Součinitel expozice $C_e = 1$

Tepelný součinitel $C_i = 1$

$s = \mu \cdot C_e \cdot C_i \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,0 = 0,8$ kN/m²

3.1.3 Užitné zatížení

Kategorie H - střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a opravy

$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

Uvažují větší z hodnot $q_{k,s} \rightarrow 0,8 \text{ kN/m}^2$

3.1.4 Stálé zatížení

Střešní panely X-dek typ XD - $g_k = 0,246 \text{ kN/m}^2$

Betonové desky tl. 200 mm - $g_k = 5 \text{ kN/m}^2$

3.2 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

Střešní plášť navržen ze sendvičových střešních panelů Kingspan X-dek XD.

Rozpon vazeb - 7,5 m

Posouzení - plochá střecha s atikou - oblasti F, I

TLAK - kombinace zatížení sněhem a tlaku větru (oblast I)

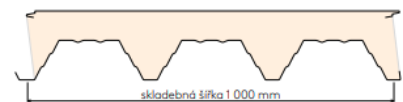
$$w_k = 0,8 + 0,156 = 0,956 \text{ kN/m}^2$$

SÁNÍ - zatížení větrem (oblast F)

$$w_k = 1,65 \text{ kN/m}^2$$

Střešní panel KS1000 XD

vnější plech 0,7 mm (plošná profilace minibox)/vnitřní plech 1,1 mm



| Systém | Tloušťka jádra [mm] | Případ zatížení | Všechna zatížení v kN/m ² pro dané rozpory v metrech | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|-----------------|---|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | 2,00 | 2,50 | 3,00 | 3,50 | 4,00 | 4,50 | 5,00 | 5,50 | 6,00 | 6,50 | 7,00 | 7,50 | 8,00 |
| Prostý nosník | 80 | Tlak | 9,03 | 7,18 | 5,95 | 5,07 | 3,93 | 3,08 | 2,50 | 2,08 | 1,76 | 1,44 | 1,11 | 0,85 | 0,65 |
| | | Sání | 16,31 | 11,15 | 8,26 | 6,45 | 5,23 | 4,26 | 3,37 | 2,73 | 2,26 | 1,90 | 1,62 | 1,40 | 1,21 |
| | | a_{min} [mm] | 150 | 150 | 148 | 131 | 113 | 100 | 90 | 82 | 77 | 65 | 52 | 42 | 40 |
| | 100 | Tlak | 9,02 | 7,18 | 5,94 | 5,06 | 4,23 | 3,32 | 2,70 | 2,24 | 1,91 | 1,64 | 1,35 | 1,06 | 0,83 |
| | | Sání | 15,38 | 10,65 | 7,99 | 6,32 | 5,17 | 4,34 | 3,71 | 3,04 | 2,53 | 2,14 | 1,84 | 1,59 | 1,40 |
| | | a_{min} [mm] | 150 | 150 | 150 | 150 | 143 | 126 | 113 | 103 | 96 | 89 | 79 | 66 | 54 |
| Spojitý nosník o 2 polích | 80 | Tlak | 9,03 | 7,18 | 5,95 | 5,07 | 3,93 | 3,08 | 2,50 | 2,07 | 1,76 | 1,52 | 1,25 | 1,04 | |
| | | Sání | 16,30 | 11,15 | 8,26 | 6,45 | 5,23 | 4,34 | 3,68 | 3,16 | 2,76 | 2,43 | 2,15 | 1,93 | |
| | | a_{min} [mm] | 150 | 150 | 150 | 150 | 132 | 115 | 103 | 94 | 87 | 81 | 72 | 64 | |
| | 100 | b_{min} [mm] | 300 | 300 | 300 | 300 | 263 | 230 | 206 | 187 | 174 | 163 | 144 | 127 | |
| | | Tlak | 9,02 | 7,18 | 5,94 | 5,06 | 4,23 | 3,32 | 2,69 | 2,24 | 1,90 | 1,64 | 1,44 | 1,27 | |
| | | Sání | 15,38 | 10,65 | 7,99 | 6,32 | 5,17 | 4,34 | 3,71 | 3,22 | 2,83 | 2,50 | 2,24 | 2,01 | |
| a_{min} [mm] | 150 | 150 | 150 | 150 | 143 | 126 | 113 | 103 | 95 | 89 | 85 | 81 | | | |
| b_{min} [mm] | 300 | 300 | 300 | 299 | 287 | 251 | 225 | 206 | 191 | 179 | 170 | 161 | | | |

tabulka revize 09/2014

-max. zatížení v tlaku (charakteristická hodnota)
 -max. zatížení na sání větrem (charakteristická hodnota)
 - a_{min} - min. šířka krajní podpory
 - b_{min} - min. šířka střední podpory

Návrh spojitých vazníků o dvou polích (15m !) v oblastech F

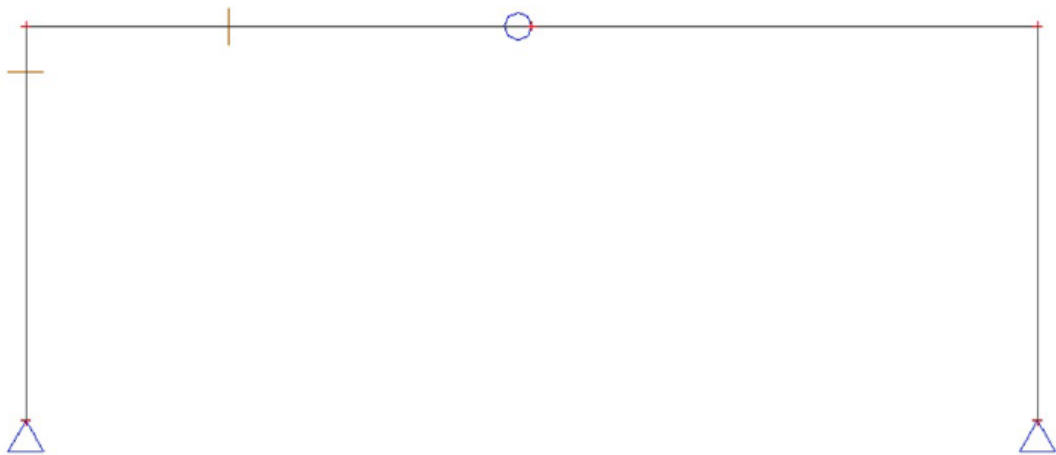
3.3 ROVINNÁ RÁMOVÁ KONSTRUKCE

Délka rámu: 34,4 metru

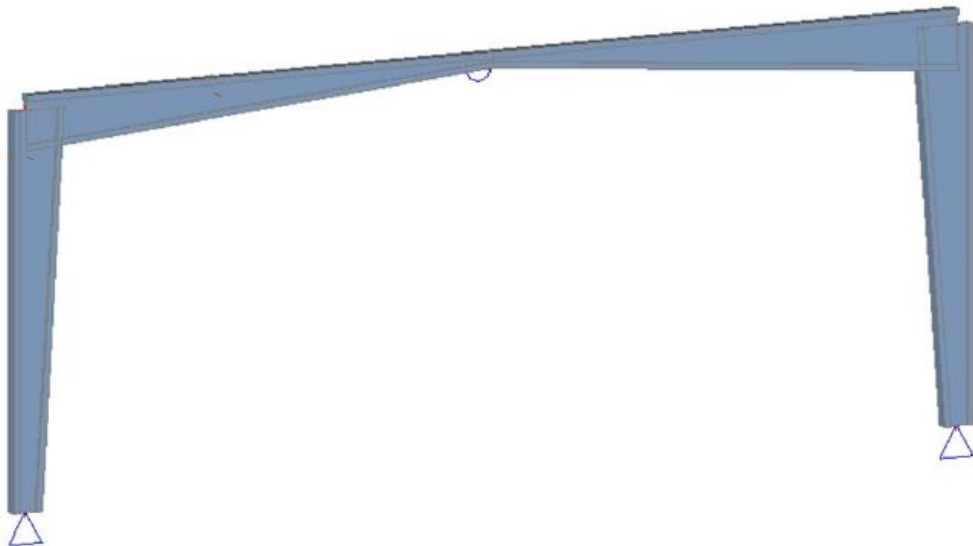
Výška rámu: 14 metrů

Pro vodorovnou část konstrukce rámu navrženo předpětí (horní příčel, rámový roh), svíslá část (rámový roh, sloup) navrženo bez předpětí - viz kap. 3.4

Statické působení:

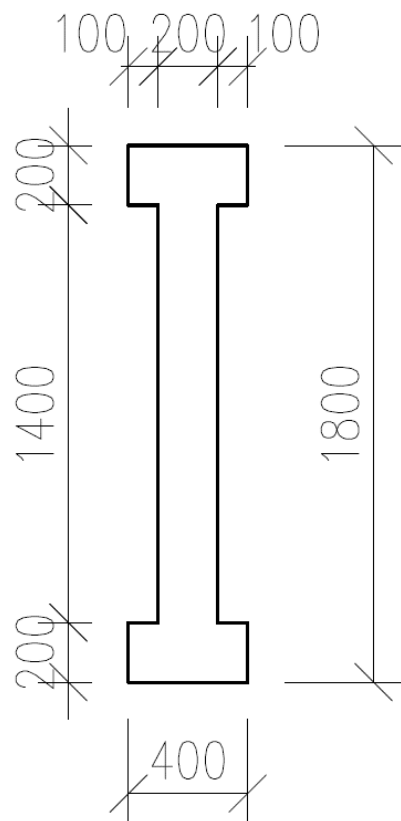


Model - SCIA Engineering

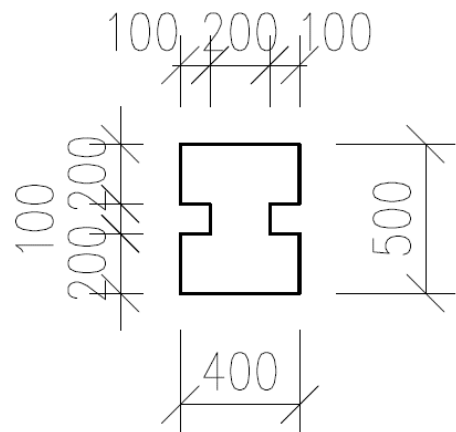


Geometrie vazníku:

Oblast rámového rohu



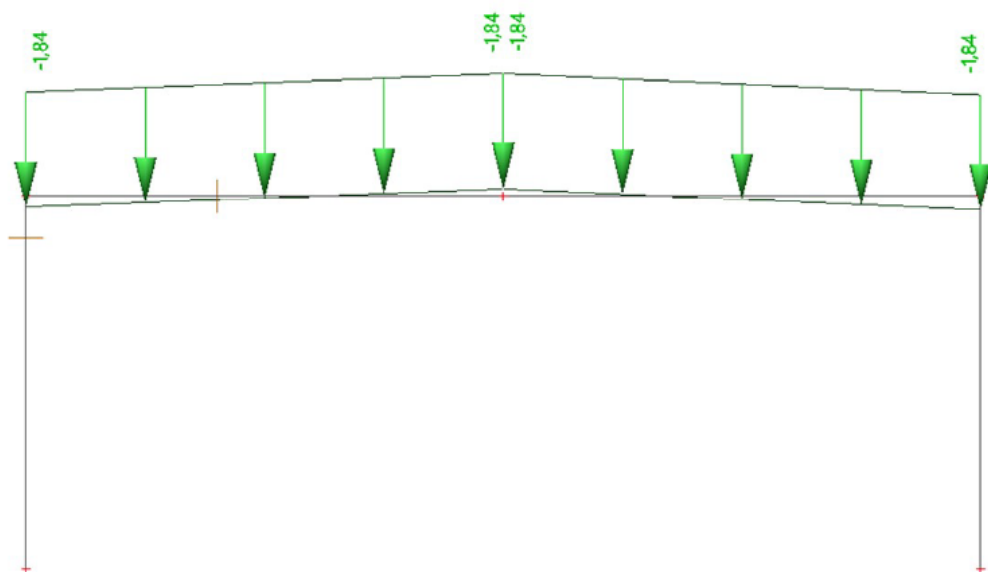
Střed rámu



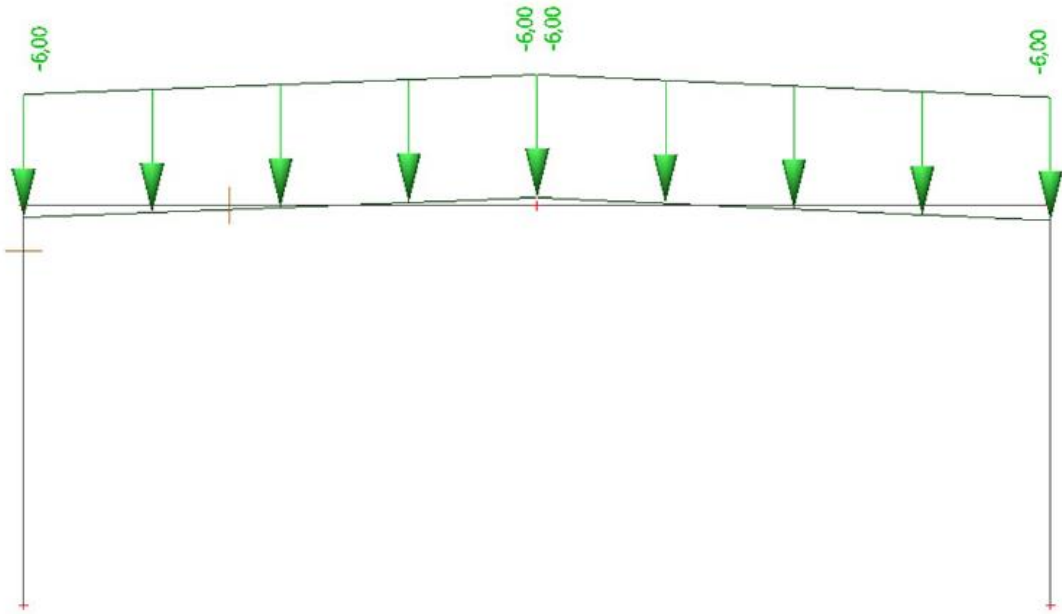
3.3.1 Zatížení

Rozpon: 7,5 m

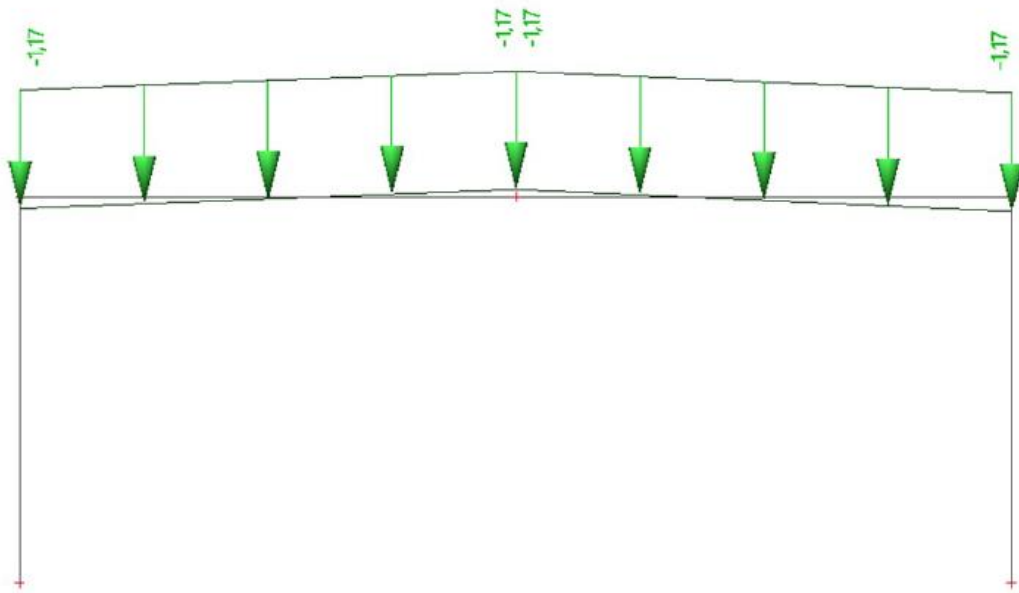
| | | |
|------------------|-------------------------|------------|
| Zatížení panely: | 0,246 kN/m ² | 1,845 kN/m |
|------------------|-------------------------|------------|



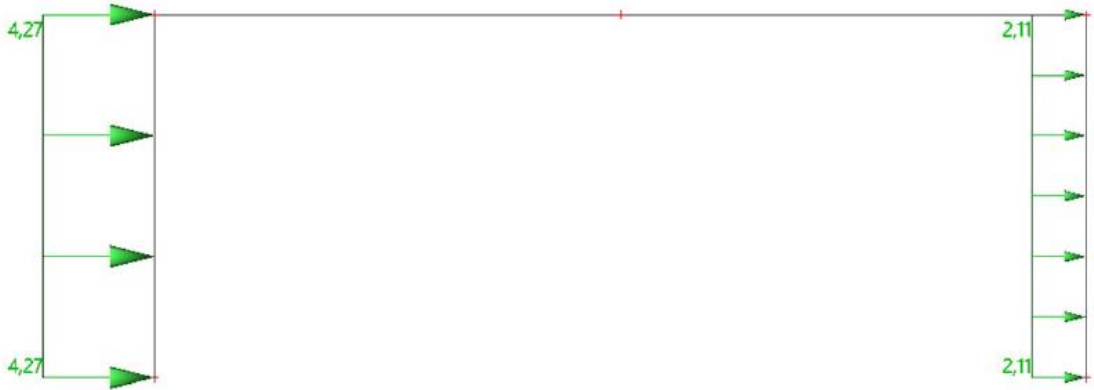
| | | |
|------------------|-----------------------|--------|
| Zatížení sněhem: | 0,8 kN/m ² | 6 kN/m |
|------------------|-----------------------|--------|



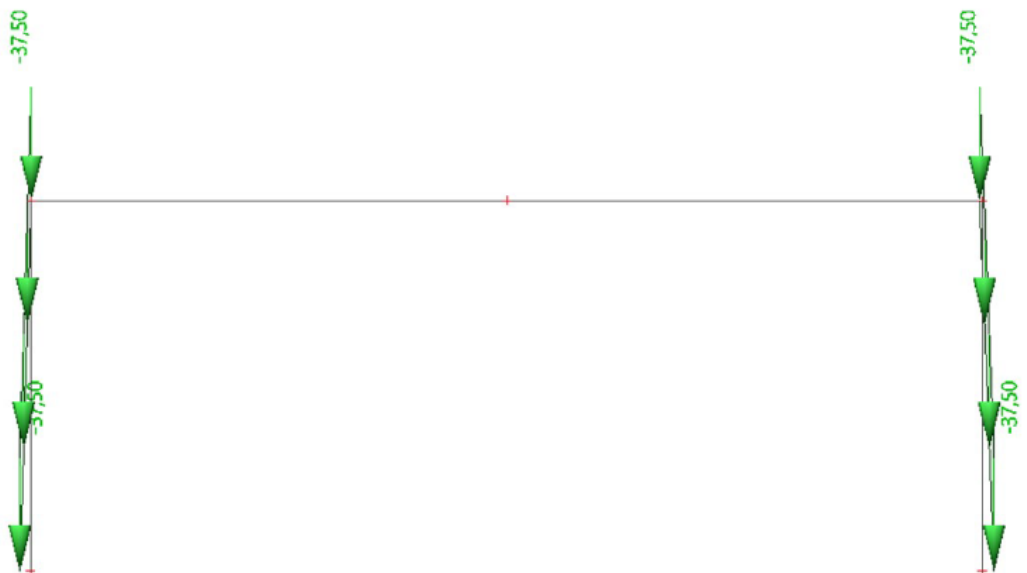
| | | |
|------------------|-------------------------|-----------|
| Zatížení větrem: | 0,156 kN/m ² | 1,17 kN/m |
|------------------|-------------------------|-----------|



| | | |
|----------------------|--------------------------|-------------|
| Zatížení tlakem (D): | 0,569 kN/m ² | 4,271 kN/m |
| Zatížení sáním (E): | -0,281 kN/m ² | -2,106 kN/m |



| | | |
|-------------------|---------------------|-----------|
| Zatížení deskami: | 5 kN/m ² | 37,5 kN/m |
|-------------------|---------------------|-----------|



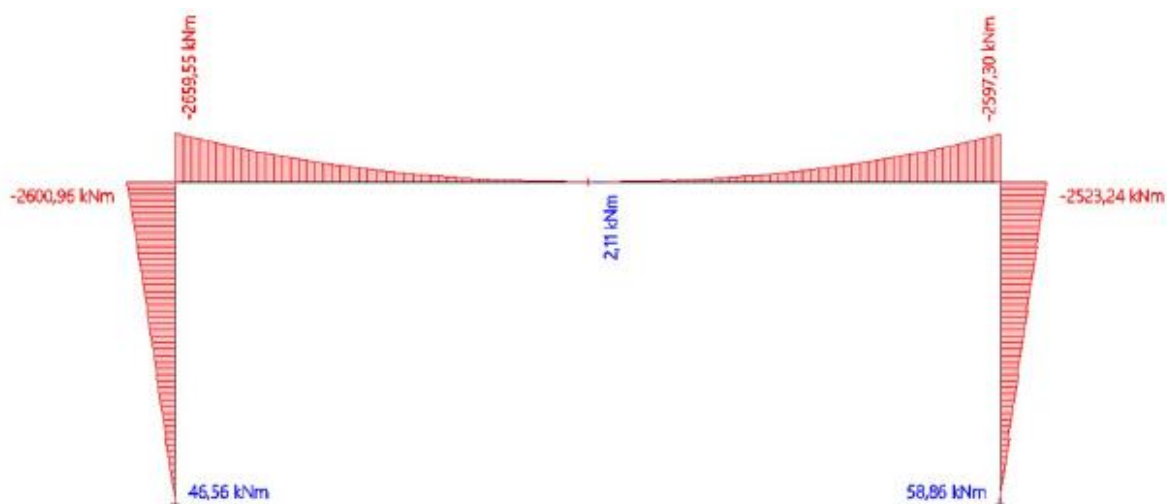
3.3.2 Kombinace zatížení

Pro návrh výztuže byly použity kombinace zatížení MSU 6.10a a 6.10b a kombinace zatížení MSP charakteristická, častá a kvazistálá (častá a kvazistálá kombinace - pouze dominantní užité zatížení).

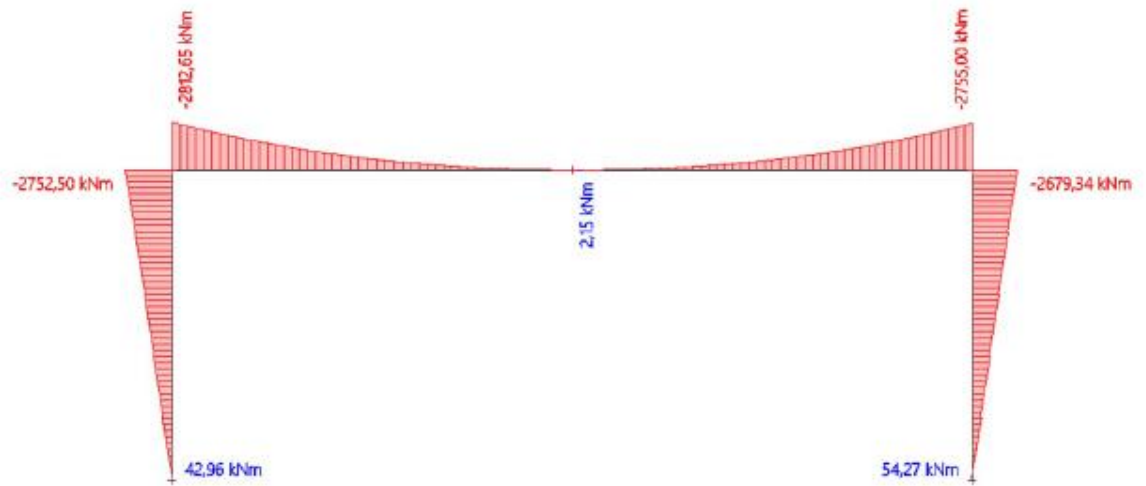
| | | |
|-------|----------------------|------|
| 6.10a | ZS1 - Vlastní tíha | 1,35 |
| | ZS2 - Střešní panely | 1,35 |
| | ZS3 - Sníh | 1,13 |
| | ZS4 - Vítr - Svislý | 1,13 |
| | ZS6 - Stěnové desky | 1,35 |

| | | |
|------------------|----------------------|------|
| 6.10b | ZS1 - Vlastní tíha | 1,17 |
| | ZS2 - Střešní panely | 1,17 |
| | ZS3 - Sníh | 1,50 |
| | ZS4 - Vítr - Svislý | 1,50 |
| | ZS6 - Stěnové desky | 1,17 |
| Charakteristická | ZS1 - Vlastní tíha | 1,00 |
| | ZS2 - Střešní panely | 1,00 |
| | ZS3 - Sníh | 1,00 |
| | ZS4 - Vítr - Svislý | 1,00 |
| | ZS6 - Stěnové desky | 1,00 |
| Častá | ZS1 - Vlastní tíha | 1,00 |
| | ZS2 - Střešní panely | 1,00 |
| | ZS3 - Sníh | 0,70 |
| | ZS6 - Stěnové desky | 1,00 |
| Kvazistálá | ZS1 - Vlastní tíha | 1,00 |
| | ZS2 - Střešní panely | 1,00 |
| | ZS3 - Sníh | 0,60 |
| | ZS6 - Stěnové desky | 1,00 |

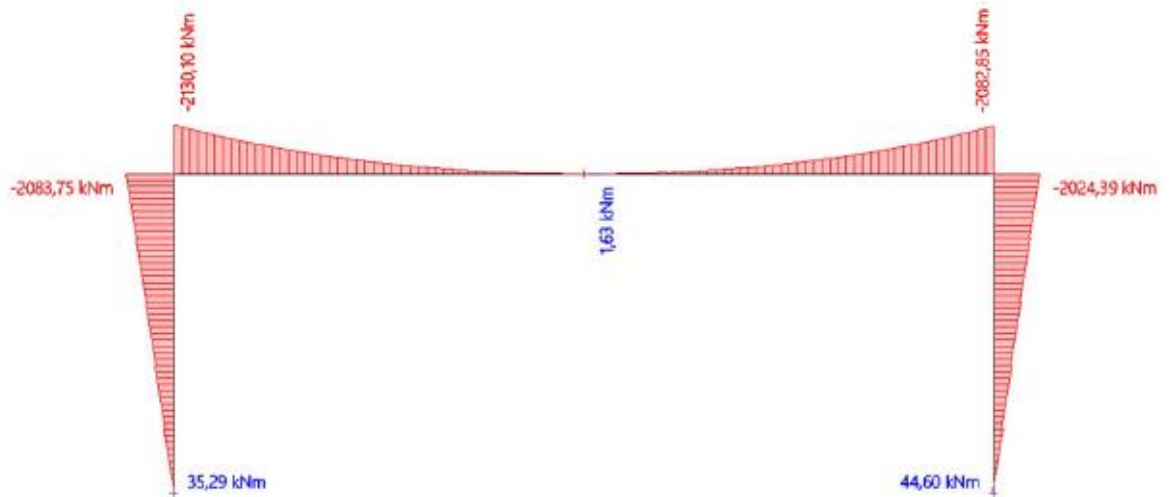
Kombinace MSÚ - 6.10a



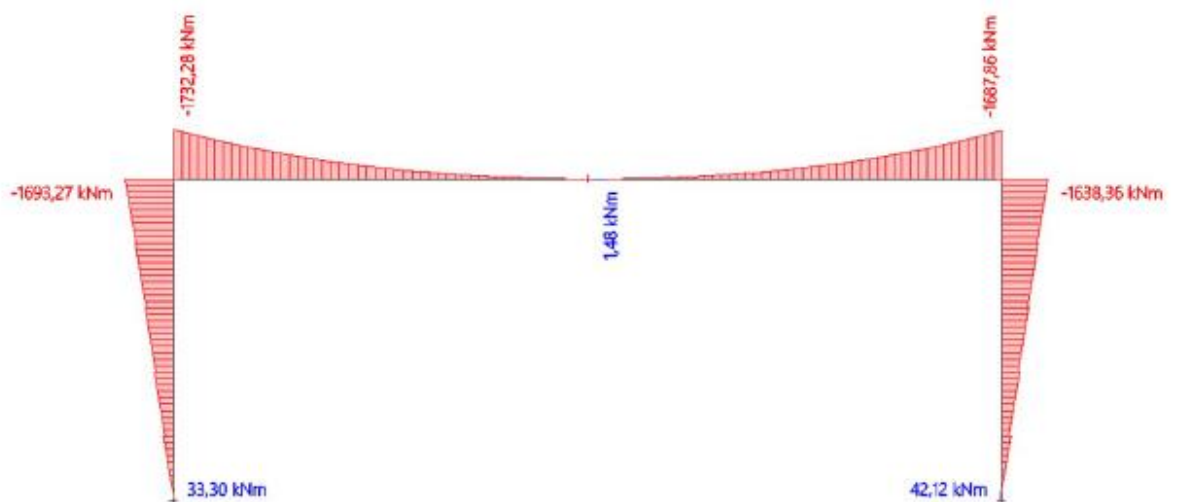
Kombinace MSÚ - 6.10b



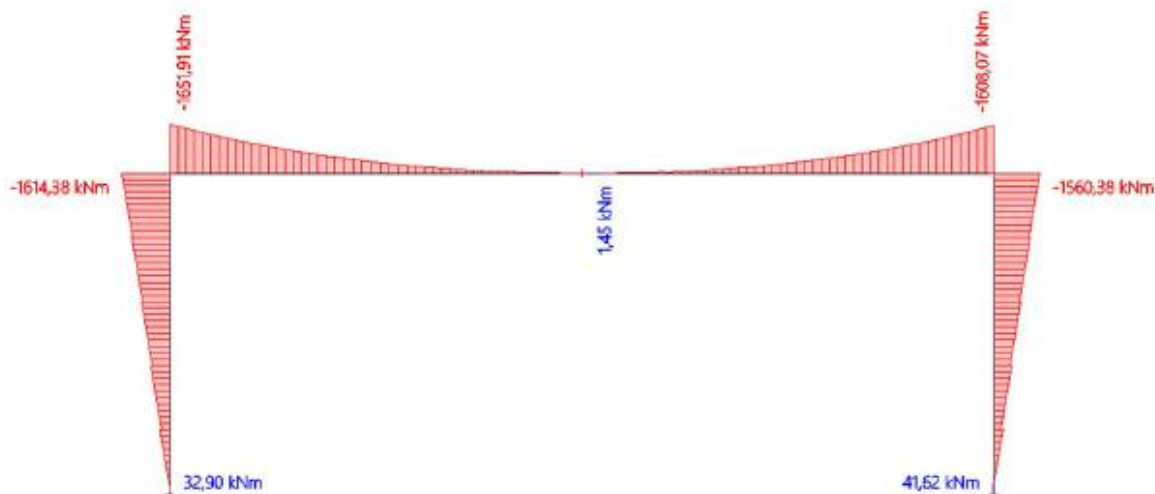
Kombinace MSP - charakteristická kombinace



Kombinace MSP - častá kombinace



Kombinace MSP - kvazistálá kombinace



Momentové účinky v rámovém rohu od jednotlivých kombinací:

| Kombinace zatížení MSÚ | M ze SCII | |
|------------------------|-----------|-----|
| 6.10a | 2659,55 | kNm |
| 6.10b | 2812,65 | kNm |
| Kombinace zatížení MSP | | |
| char | 2130,1 | kNm |
| častá | 1732,28 | kNm |
| kvazistál. | 1651,91 | kNm |

3.3.3 Návrh předpínací výztuže

Návrh předpínací výztuže je proveden pro charakteristickou kombinaci zatížení v místě největšího momentu (střed vazníku).

Minimální krytí betonářské výztuže - $c_{nom} = 30 \text{ mm}$

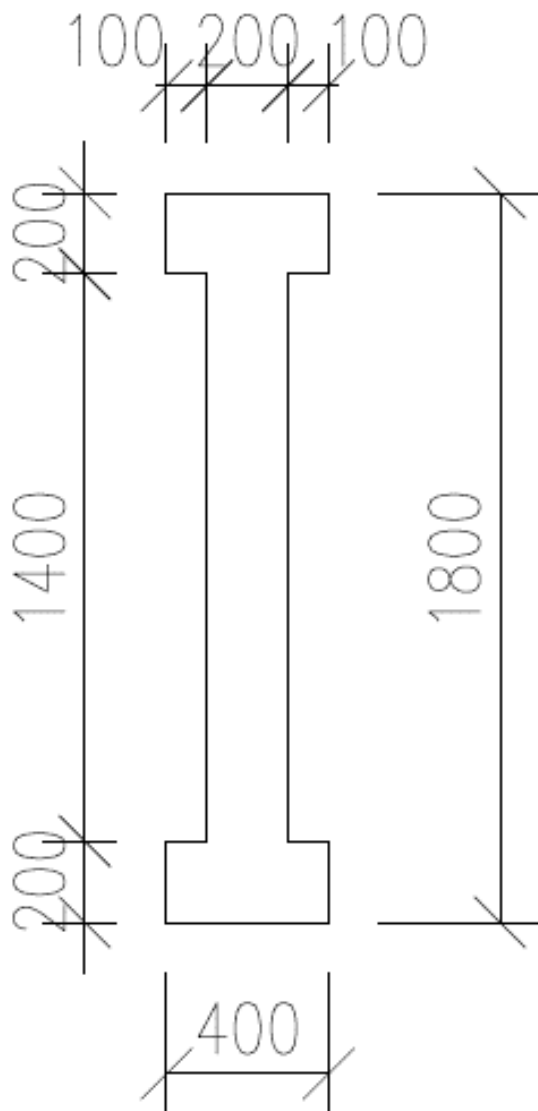
Minimální krytí předpínací výztuže - $c_{před} = 40 \text{ mm}$

Materiálové charakteristiky:

| Beton C50/60 | |
|--------------|----------|
| fck | 50 Mpa |
| fcd | 33 Mpa |
| fyd | 1617 Mpa |
| fpd | 1426 Mpa |
| fcm | 58 Mpa |
| Ecm | 37 Gpa |

| Y1860S7 - 15,7 | |
|----------------|---------------------|
| fp | 1860 Mpa |
| Ep | 195 Gpa |
| Fp0,1k | 226 kN |
| fp0,1k | 1640 Mpa |
| A | 150 mm ² |

Geometrie vazníku ve středu rozpětí:



| Geometrie: | mm | m |
|------------|------|-----|
| h | 1800 | 1,8 |
| kt | 100 | 0,1 |
| sh | 200 | 0,2 |
| th | 200 | 0,2 |
| bh | 400 | 0,4 |

| Průřezové charakteristiky: | | |
|----------------------------|-------------|-----------------|
| Ac | 440000 | mm ² |
| Tz | 900 | mm |
| Tz2 | 900 | mm |
| Iy | 1,48667E+11 | mm ⁴ |
| Wh | 165185185 | mm ³ |
| Wd | 165185185 | mm ³ |
| rh | 375,4 | mm |
| rd | 375,4 | mm |

Maximální napětí při předpínání:

$$\sigma_{p,in} = \min(0,8 \cdot f_p, 0,9 \cdot f_{p0,1k}) = 1476 \text{ MPa}$$

| | | | | |
|-----|------|------|-----------------|----------|
| min | 1488 | 1476 | $\sigma_{p,in}$ | 1476 MPa |
|-----|------|------|-----------------|----------|

Maximální napětí po vnesení předpětí:

$$\sigma_{p,mo} = \min(0,75 \cdot f_p, 0,85 \cdot f_{p0,1k}) = 1394 \text{ MPa}$$

| | | | | |
|-----|------|------|-----------------|----------|
| min | 1395 | 1394 | $\sigma_{p,mo}$ | 1394 MPa |
|-----|------|------|-----------------|----------|

Předpětí na konci životnosti (předpokládané ztráty 20%):

| | | |
|-------------------------|--------|-----|
| $\sigma_{p,\infty,est}$ | 1180,8 | Mpa |
|-------------------------|--------|-----|

Návrh velikosti předpětí a nutného počtu lan - podle excentricity kabelu:

| | | | |
|-----------------|--------------|----------|--|
| Výztuž od kraje | 100 mm | | |
| ep, teor | 800 mm | 0,800 m | |
| Fp, ∞, k | 1812 kN | 1,812 MN | |
| σp, ∞, est | 1180,8 Mpa | | |
| Ap | 0,0015347 m2 | 1535 mm2 | |
| n | 10,2 kusu | 9 kusů | |
| | | | |
| | Ap | 1350 mm2 | |

$$F_{p, \infty, k} = M_k / (W_d * (1/A_c + e_p \cdot \text{teor} / W_d)) = 2130,1 / (0,149 * (1/0,44 + 0,800/0,149)) = 1812 \text{ kN}$$

Návrh 9 lan (Ap = 1350 mm2)

3.3.4 Ztráty předpětí - předem předpjatý beton

Krátkodobé ztráty:

| | | | |
|------------------------|------------|-----------|-------------|
| Předem předpjatý beton | | σp, max | 1476 MPa |
| Ztráta pokluzem | | | |
| Δpokluz | 5 mm | | |
| Lv | 16,7 m | | |
| E | 195 Gpa | | |
| Δσp, pokl | -58,38 Mpa | Δσp, pokl | 1417,62 Mpa |

$$\Delta\sigma_{p, \text{pokl}} = -\Delta\text{pokluz} / L_v * E = -58,38 \text{ MPa}$$

| | | | |
|------------------------------|-----------|--------------|-------------|
| Ztráta krátkodobou relaxací: | | | |
| ρ1000 | 2,5 | | |
| t | 5 minut | 0,083333 hod | |
| μ | 0,794 | | |
| Δσp, rel | -7,47 Mpa | Δσp, rel | 1410,14 Mpa |

$$\Delta\sigma_{p, \text{rel}} = \left(-0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \cdot \mu} \cdot \left(\frac{t_e + \Delta t_{i,1}}{1000} \right)^{0,75 \cdot (1-\mu)} \cdot 10^{-5} \cdot \sigma_{p, t, 0,083} \right) - \Delta\sigma_{p, i, 0} = -7,47 \text{ MPa}$$

| | | | |
|------------------------------------|--------------|---------|-------------|
| Ztráta pružným přetvořením betonu: | | | |
| Ap | 0,00135 m2 | | |
| Ep | 195000 Mpa | | |
| Ac | 0,440 m2 | | |
| fcm | 58 Mpa | | |
| Ecm | 37 Gpa | | |
| t | 3 dny | | |
| s | 0,2 cement R | | |
| βcc(t) | 0,663 | | |
| fcm(t) | 38,45 Mpa | | |
| Ecm(t) | 32,71 Gpa | | |
| Δσp, cc | -25,3 Mpa | Δσp, cc | 1384,81 Mpa |

$$\Delta\sigma_{p,cc} = -\Delta\sigma_{p,rel} \cdot (A_p \cdot E_p) / (A_c \cdot E_{cm}(t) + A_p \cdot E_p)$$

$$\Delta\sigma_{p,cc} = -1410,14 \cdot (0,00135 \cdot 195000) / (0,44 \cdot 32710 + 0,00135 \cdot 195000) = -25,3 \text{ MPa}$$

Dlouhodobé ztráty:

| Ztráta dlouhodobou relaxací | | | |
|-----------------------------|------------|------------------------|-------------|
| ρ_{1000} | 2,5 % | | |
| t | 500000 hod | | |
| μ | 0,794 | | |
| $\Delta\sigma_{p,rel}$ | -81,84 Mpa | $\Delta\sigma_{p,rel}$ | 1302,97 Mpa |

$$\Delta\sigma_{p,rel} = \left(-0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1\mu} \cdot \left(\frac{t_e + \Delta t_{i-1}}{1000} \right)^{0,75 \cdot (1-\mu)} \cdot 10^{-5} \cdot \sigma_{p,f,0.083} \right) - \Delta\sigma_{p,i,0} = -81,84 \text{ MPa}$$

| Ztráta dotvarováním betonu | | | | |
|----------------------------|----------------------|----------------------|-------------|---------------------|
| $E_c(t=3)$ | 32708 Mpa | | RH | 80 % |
| M | 1651,91 kNm | kvazistálé zatížení | φ | 1,3 |
| Po | 1869 kN | | Ac | 0,44 m ² |
| Iy | 0,149 m ⁴ | | Ep | 195000 Mpa |
| ed | 810 mm | 0,810 m | | |
| ep,skut | 800 mm | 0,800 m | | |
| $\sigma_{p,c}$ | -3397 kPa | -3,397 Mpa | | |
| $\Delta\sigma_{p,c}$ | -26,33 Mpa | $\Delta\sigma_{p,c}$ | 1276,64 Mpa | |

$$\Delta\sigma_{p,c} = E_p \cdot \sigma_{p,c} / E_c \cdot \varphi = -26,33 \text{ MPa}$$

| Ztráta smršťováním betonu | | | | |
|---------------------------|--------------|----------------------|--------------------|-------------------|
| u | 4,4 m | vysychající obvod | RH | 60 % |
| h0 | 200 mm | | RH | 100 % |
| ts | 5 dní | | kh | 0,855 - |
| t ∞ | 18250 dní | | fck | 50 Mpa |
| β_{ds} | 1 | | $\epsilon_{cd}(0)$ | 0,00034 z tabulky |
| β_{as} | 1 | | | |
| $\epsilon_{ca}(t)$ | 0,0001 | | | |
| $\epsilon_{cd}(t)$ | 0,000291 | | | |
| $\epsilon_c(t)$ | 0,000391 | | | |
| $\Delta\sigma_{p,s}$ | -76,1865 Mpa | $\Delta\sigma_{p,s}$ | 1200,46 Mpa | |

$$\Delta\sigma_{p,s} = -E_p \cdot \epsilon_c(t) = -76,19 \text{ MPa}$$

Přehled ztrát:

| Krátkodobé | | Dlouhodobé | |
|-------------------------|----------|------------------------|----------|
| $\sigma_{p,max}$ | 1476 MPa | $\sigma_{p,max}$ | 1385 Mpa |
| $\Delta\sigma_{p,pokl}$ | 1418 Mpa | $\Delta\sigma_{p,rel}$ | 1303 Mpa |
| $\Delta\sigma_{p,rel}$ | 1410 Mpa | $\Delta\sigma_{p,c}$ | 1277 Mpa |
| $\Delta\sigma_{p,cc}$ | 1385 Mpa | $\Delta\sigma_{p,s}$ | 1200 Mpa |

| | | | | | |
|---------------------|--------|--------|-------------------------|--------|-----|
| Ověření | | | | | |
| Krátkodobé ztráty | 6,18% | | | 93,82% | |
| $\sigma_{p,0}$ | 1385 | \leq | $\sigma_{p,mo}$ | 1394 | Mpa |
| Dlouhodobé ztráty | 13,31% | | | 80,51% | |
| $\sigma_{p,\infty}$ | 1200 | \geq | $\sigma_{p,\infty,est}$ | 1180,8 | Mpa |

3.3.5 Posouzení MSÚ

Na začátku životnosti:

| | | | | | |
|---------------------------------|---------|-----------------|--------|---------|-----|
| Posouzení MSÚ | | | | | |
| Kombnace 6.10a/b, střed průřezu | | | | | |
| $\Delta\sigma_{p,cc}$ | 1384,81 | Mpa | | | |
| Med | 2812,65 | kNm | | | |
| Ap | 1350 | mm ² | | | |
| b | 400 | mm | | | |
| fcd | 33 | Mpa | | | |
| x | 175 | mm | \leq | 200 | mm |
| z | 1630 | mm | | | |
| Mrd | 3047 | kNm | \geq | 2812,65 | kNm |

Na konci životnosti:

| | | | | | |
|---------------------------------|---------|-----------------|--------|---------|-----|
| Posouzení MSÚ | | | | | |
| Kombnace 6.10a/b, střed průřezu | | | | | |
| $\Delta\sigma_{p,cc}$ | 1200,46 | Mpa | | | |
| Med | 2812,65 | kNm | | | |
| Ap | 1350 | mm ² | | | |
| b | 400 | mm | | | |
| fcd | 33 | Mpa | | | |
| x | 152 | mm | \leq | 200 | mm |
| z | 1639 | mm | | | |
| Mrd | 2657 | kNm | \geq | 2812,65 | kNm |

Pouze předpínací výztuž na konci životnosti NEVYHOVÍ - nutný návrh betonářské výztuže.

Návrh: 4 x \varnothing 12 mm

| Posouzení MSÚ - s vlivem betonářské výztuže | | | |
|---|----------|-----------------|----------------|
| $\Delta\sigma, cc$ | 1200,458 | Mpa | |
| Med | 2812,65 | kNm | |
| Ap | 1350 | mm ² | |
| Počet | 4 kusy | | |
| Profil | 12 | mm | |
| fcd | 500 | Mpa | |
| fyd | 435 | Mpa | |
| Ay | 452 | mm ² | |
| b | 400 | mm | |
| fcd | 33 | Mpa | |
| x | 170 | mm | <= 200 mm |
| z | 1630 | mm | |
| Mrd | 2962 | kNm | >= 2812,65 kNm |

MSÚ VYHOVÍ

3.3.6 Posouzení MSP

Předpětí bylo posouzeno v oblastech rámových rohů ($x=0$ m), v polovině ($x=16,7$ m) a ve čtvrtinách ($x=8,35$ m) rozpětí rámu:

| Průřezové charakteristiky | | | | | | | | | | !MAX! | !MIN! |
|---------------------------|------|----------------|----------------|--------|-------|---------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-------|
| x | h | Ac | I | eh | ed | ep,skut | $\sigma t=3dny$ | $\sigma t=50let$ | $\sigma t=3dny$ | $\sigma t=50let$ | |
| m | m | m ² | m ⁴ | m | m | m | MPa | MPa | 1394 | 1180,8 | |
| 0 | 1,8 | 0,44 | 0,1487 | -0,900 | 0,900 | -0,800 | 1384,8 | 1200,5 | 1384,8 | VYHOVÍ | |
| 8,35 | 1,15 | 0,31 | 0,0345 | -0,575 | 0,575 | -0,475 | 1384,8 | 1200,5 | 1384,8 | VYHOVÍ | |
| 16,7 | 0,5 | 0,18 | 0,0031 | -0,250 | 0,250 | -0,150 | 1384,8 | 1200,5 | 1384,8 | VYHOVÍ | |

V jednotlivých průřezích bylo provedeno posouzení napjatosti v horních a dolních vláknech při působení momentů charakteristické a kvazistálé kombinace zatížení.

| Napětí v posuzovaných vláknech [MPa] | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|---------------------|--------|--------|----------|-------------|-------------|---------------|----------------|-----------------------|--------------------------|--------|
| Čas | Průřez | Kombinace | Vlákna | P [MN] | Mk [MNm] | σNp | σMp | $\sigma M, k$ | $\Sigma\sigma$ | $\sigma \leq f_{ctm}$ | $\sigma \leq 0,45f_{ck}$ | |
| Vnesení předpětí ($t=3dny$) | Rámový roh | Char | Horní | 1,869 | -2,1301 | -4,25 | -9,05 | 12,90 | -0,4 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 1,869 | -2,1301 | -4,25 | 9,05 | -12,90 | -8,1 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | Kvaz | Horní | 1,869 | -1,65191 | -4,25 | -9,05 | 10,00 | -3,3 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 1,869 | -1,65191 | -4,25 | 9,05 | -10,00 | -5,2 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | Ve čtvrtině rozpětí | Char | Horní | 1,039 | -0,5084 | -3,35 | -8,22 | 8,47 | -3,1 | VYHOVÍ | VYHOVÍ |
| | | | | Dolní | 1,039 | -0,5084 | -3,35 | 8,22 | -8,47 | -3,6 | VYHOVÍ | VYHOVÍ |
| | Kvaz | | Horní | 1,039 | -0,3885 | -3,35 | -8,22 | 6,47 | -5,1 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 1,039 | -0,3885 | -3,35 | 8,22 | -6,47 | -1,6 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | V polovině rozpětí | Char | Horní | 0,415 | 0,0000 | -2,31 | -5,00 | 0,00 | -7,3 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 0,415 | 0,0000 | -2,31 | 5,00 | 0,00 | 2,7 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | Kvaz | Horní | 0,415 | 0,0000 | -2,31 | -5,00 | 0,00 | -7,3 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 0,415 | 0,0000 | -2,31 | 5,00 | 0,00 | 2,7 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| Konec životnosti ($t=50let$) | Rámový roh | Char | Horní | 1,621 | -2,1301 | -3,68 | -7,85 | 12,90 | 1,4 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 1,621 | -2,1301 | -3,68 | 7,85 | -12,90 | -8,7 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | Kvaz | Horní | 1,621 | -1,65191 | -3,68 | -7,85 | 10,00 | -1,5 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 1,621 | -1,65191 | -3,68 | 7,85 | -10,00 | -5,8 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | Ve čtvrtině rozpětí | Char | Horní | 0,900 | -0,5084 | -2,90 | -7,13 | 8,47 | -1,6 | VYHOVÍ | VYHOVÍ |
| | | | | Dolní | 0,900 | -0,5084 | -2,90 | 7,13 | -8,47 | -4,2 | VYHOVÍ | VYHOVÍ |
| | Kvaz | | Horní | 0,900 | -0,3885 | -2,90 | -7,13 | 6,47 | -3,6 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 0,900 | -0,3885 | -2,90 | 7,13 | -6,47 | -2,3 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | V polovině rozpětí | Char | Horní | 0,360 | 0,0000 | -2,00 | -4,33 | 0,00 | -6,3 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 0,360 | 0,0000 | -2,00 | 4,33 | 0,00 | 2,3 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | Kvaz | Horní | 0,360 | 0,0000 | -2,00 | -4,33 | 0,00 | -6,3 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |
| | | | Dolní | 0,360 | 0,0000 | -2,00 | 4,33 | 0,00 | 2,3 | VYHOVÍ | VYHOVÍ | |

V oblasti rámových rohů ($x=0\text{m}$) působí 9 předpínacích lan ($P_t=1869\text{ kN}$), ve čtvrtině rozpětí ($x=8,35\text{m}$) působí 5 lan ($P_t=1039\text{ kN}$) a v polovině rámu 2 lana ($P_t=415\text{ kN}$). Umístění, počet a separace předpínací výztuže viz výkres výztuže rámu.

3.4 SLOUPOVÁ ČÁST RÁMU

Výška sloupové části: 14 metrů

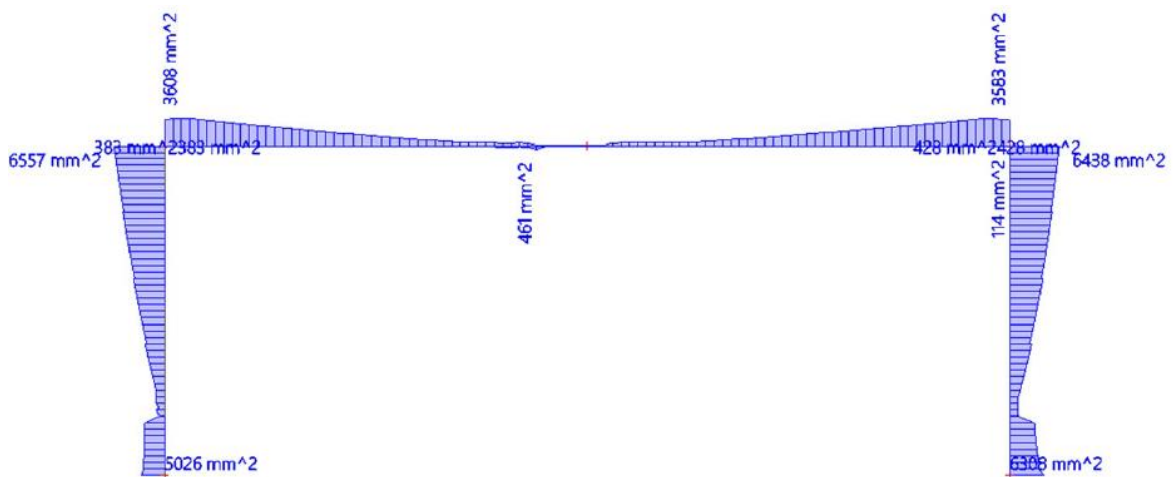
Beton: C50/60

Ocel: B 500 B

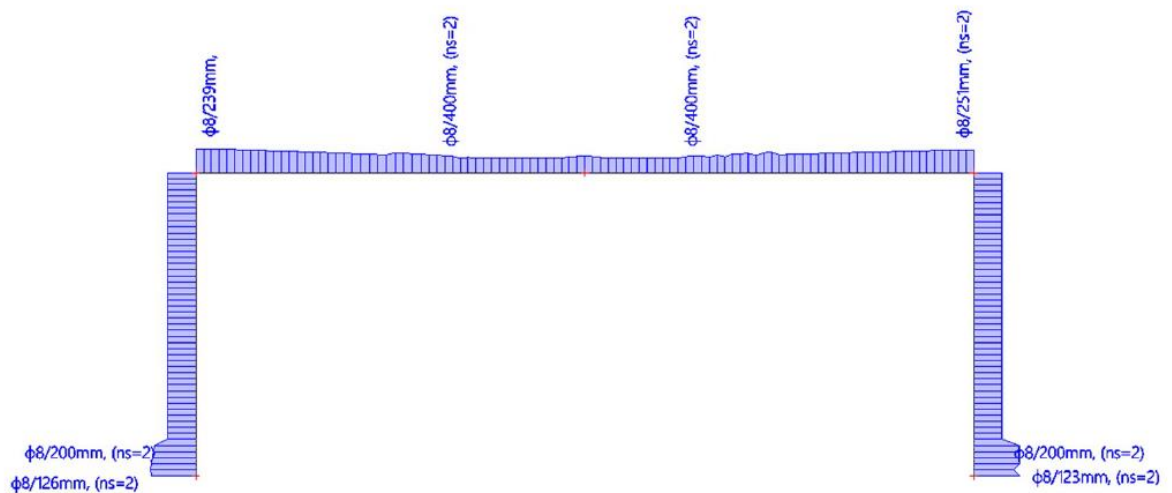
3.4.1 Návrh výztuže

Návrh výztuže pomocí SCIA Engineering.

Návrh podélné výztuže:



Návrh smykové výztuže:

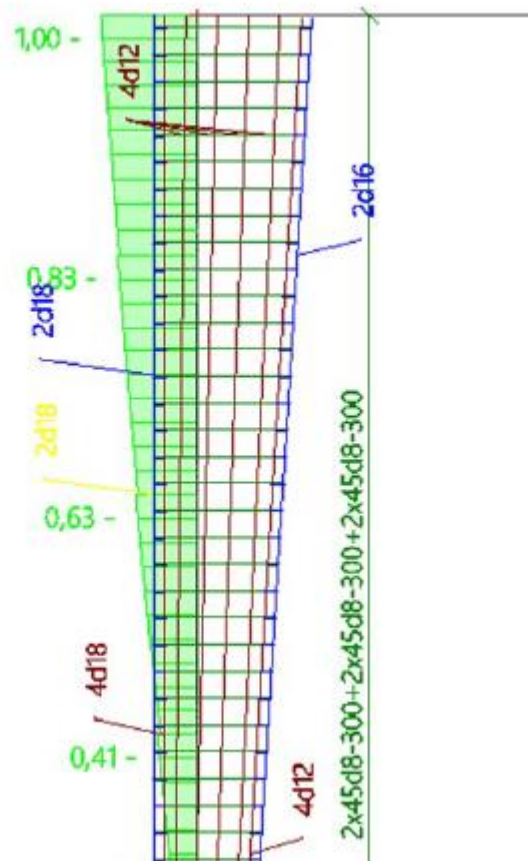


Navržená výztuž - viz výkres výztuže

3.4.2 Posouzení MSÚ

Posouzení výztuže pomocí SCIA Engineering.

Posouzení výztuže:



3.5 MONTÁŽNÍ PŘÍPOJE

Ocel: S 235

Šrouby: 8.8

Propojení jednotlivých dílců pomocí čelních desek tl. 30 mm nepředepnutými šrouby 8.8.

Navrženy jsou spoje mezi dílci 1-2 (horní příčel, rámový roh) přenášející moment 959 kNm a spoj dílců 2-3 (rámový roh, sloup) přenášející moment 2146 kNm.

3.5.1 Návrh a posouzení montážních přípojů

Propojení čelních desek pomocí šroubů bude provedeno symetricky ve dvou řadách (na každé straně jedna řada).

Vzdálenost šroubů od hrany desky: $a = 40 \text{ mm}$

Rozteč šroubů: $b = 60 \text{ mm}$

Přípoj 1-2

| | | | | |
|---|----------|-----|------|---|
| Med | 959 | kNm | | |
| Šrouby: | M16 | 8,8 | | |
| Ft.Rd | 90,4 | kN | | |
| d | 16 | mm | | |
| Výška průřezu: | | | | |
| h | 1380 | mm | 1,38 | m |
| Rozteč šroubů: | | | | |
| a | 40 | mm | 0,04 | m |
| b | 60 | mm | 0,06 | m |
| | | | | |
| Mimimální tloušťka desky, kdy nedojde k páčení: | | | | |
| a | 40 | mm | | |
| b | 60 | mm | | |
| d | 16 | mm | | |
| te | 31,25447 | mm | | |
| t | 30 | mm | | |
| | | | | |
| Součinitel zvětšující sílu vlivem páčení: | | | | |
| jp | 1,068959 | | | |

Vliv páčení:

$$jp = 1 + 0,005 * (te^3 + t^3) / d^2$$

$$jp = 1 + 0,005 * (31,25^3 + 30^3) / 16^2 = 1,069$$

| Počet šroubů: | Moment - 1 řada | Moment - 2 řady | Vliv páčení |
|---------------|-----------------|-----------------|-------------|
| 1 | 121,1 | 242,3 | 226,6 |
| 2 | 236,8 | 473,7 | 443,1 |
| 3 | 347,1 | 694,3 | 649,5 |
| 4 | 452,0 | 904,0 | 845,7 |
| 5 | 551,4 | 1102,9 | 1031,7 |
| 6 | 645,5 | 1290,9 | 1207,6 |
| 7 | 734,0 | 1468,1 | 1373,4 |
| 8 | 817,2 | 1634,4 | 1529,0 |
| 9 | 895,0 | 1789,9 | 1674,5 |
| 10 | 967,3 | 1934,6 | 1809,8 |

Pro přípoj navrženo 10 šroubů (2*5) M16 třídy 8,8.

Přípoj 2-3

| | | | | |
|---|----------|-----|------|---|
| Med | 2146 | kNm | | |
| Šrouby: | M24 | 8,8 | | |
| Ft.Rd | 203,3 | kN | | |
| d | 24 | mm | | |
| Výška průřezu: | | | | |
| h | 1750 | mm | 1,75 | m |
| Rozteč šroubů: | | | | |
| a | 40 | mm | 0,04 | m |
| b | 60 | mm | 0,06 | m |
| | | | | |
| Mimimální tloušťka desky, kdy nedojde k páčení: | | | | |
| a | 40 | mm | | |
| b | 60 | mm | | |
| d | 24 | mm | | |
| te | 40,95495 | mm | | |
| t | 30 | mm | | |
| | | | | |
| Součinitel zvětšující sílu vlivem páčení: | | | | |
| jp | 1,361928 | | | |

Vliv páčení:

$$jp = 1 + 0,005 * (te^3 + t^3) / d^2$$

$$jp = 1 + 0,005 * (40,95^3 + 30^3) / 24^2 = 1,361$$

| Počet šroubů: | Moment - 1 řada | Moment - 2 řady | Vliv páčení |
|---------------|-----------------|-----------------|-------------|
| 1 | 347,6 | 695,3 | 650,4 |
| 2 | 683,1 | 1366,2 | 1278,0 |
| 3 | 1006,3 | 2012,7 | 1882,8 |
| 4 | 1317,4 | 2634,8 | 2464,8 |
| 5 | 1616,2 | 3232,5 | 3023,9 |
| 6 | 1902,9 | 3805,8 | 3560,3 |
| 7 | 2177,3 | 4354,7 | 4073,8 |
| 8 | 2439,6 | 4879,2 | 4564,4 |
| 9 | 2689,7 | 5379,3 | 5032,3 |
| 10 | 2927,5 | 5855,0 | 5477,3 |

Pro přípoj navrženo 8 šroubů (2*4) M24 třídy 8,8.

3.6 PŘEPRAVNÍ ÚCHYTY

Součinitel přilnavosti (nenaolejované hladké bednění) - $q = 2 \text{ kN/m}^2$

Dynamický součinitel při dopravě - $f = 1,5$

Pozn: Výpočet podle CFS Precast Concrete Sec (kotvy s kulovou hlavou)

Zvedání pod úhlem

Únosnost pro stěny a nosníky při zvedání pod úhlem

Únosnost přepravních úchytů s kulovou hlavou pro stěny a nosníky při zvedání pod úhlem do 45° s použitím spojek pro zvedání CFS.

| Objednací č. | Skupina únosnosti t | Minimální šířka prvku d mm | Přípustné zatížení v kN pro pevnost betonu | | |
|--------------|------------------------|-------------------------------|--|----------------------|----------------------|
| | | | 15 N/mm ² | 20 N/mm ² | 25 N/mm ² |
| T-13-120 | 1.3 | 95 | 13 | 13 | 13 |
| T-25-170 | 2.5 | 100 | 24 | 25 | 25 |
| | | 120 | 25 | 25 | 25 |
| T-50-240 | 5.0 | 120 | 38 | 44 | 49 |
| | | 140 | 42 | 48 | 50 |
| | | 160 | 46 | 50 | 50 |
| | | 180 | 50 | 50 | 50 |
| | | 140 | 42 | 48 | 54 |
| T-75-300 | 7.5 | 160 | 47 | 54 | 60 |
| | | 180 | 52 | 60 | 67 |
| | | 200 | 59 | 68 | 75 |
| | | 220 | 66 | 75 | 75 |
| | | 240 | 71 | 75 | 75 |
| | | 260 | 75 | 75 | 75 |
| T-100-340 | 10 | 140 | 58 | 67 | 75 |
| | | 160 | 65 | 75 | 84 |
| | | 180 | 72 | 83 | 92 |
| | | 200 | 79 | 92 | 100 |
| | | 220 | 84 | 98 | 100 |
| | | 240 | 90 | 100 | 100 |
| | | 260 | 95 | 100 | 100 |
| 280 | 100 | 100 | 100 | | |

Dílec č.1 (horní příčel):

| Horní příčel: | | | | | |
|---------------|----------|--------|--|----|----------------------|
| l | 10000 mm | 10 m | | h | 0,94 m |
| h1 | 1380 mm | 1,38 m | | Ap | 0,27 m ² |
| h2 | 500 mm | 0,5 m | | V | 2,68 m ³ |
| b | 400 mm | 0,4 m | | γ | 25 kN/m ³ |
| ht | 200 mm | 0,2 m | | G | 67 kN |

| | | | |
|--------------------------|---------------------|--------|--|
| Plocha bednění: | | | |
| Ab | 4 m ² | | |
| q | 2 kN/m ² | | |
| Zvedání prvku: | 75 kN | 7,5 t | |
| Doprava prvku: | 101 kN | 10,1 t | |
| Počet úchytů: | 2 | | |
| Zatížení jednoho úchytu: | 50,25 kN | 5,03 t | |

Návrh 2x úchyt s kulovou hlavou - T-75-300

Dílec č.2 (rámový roh):

| | | | | | |
|------------|---------|--------|--|------|----------------------|
| Rámový roh | | | | | |
| l1 | 5400 mm | 5,4 m | | h1 | 1,59 m |
| h11 | 1380 mm | 1,38 m | | h2 | 1,78 m |
| h12 | 1800 mm | 1,8 m | | Ap1 | 0,40 m ² |
| b | 400 mm | 0,4 m | | Ap2 | 0,44 m ² |
| ht | 200 mm | 0,2 m | | V1 | 2,15 m ³ |
| l2 | 700 mm | 0,7 m | | V2 | 0,30 m ³ |
| h21 | 1800 mm | 1,8 m | | Vroh | 1,30 m ³ |
| h22 | 1750 mm | 1,75 m | | V | 3,75 m ³ |
| b | 400 mm | 0,4 m | | γ | 25 kN/m ³ |
| ht | 200 mm | 0,2 m | | G | 94 kN |

| | | | |
|--------------------------|---------------------|--------|--|
| Plocha bednění: | | | |
| Ab | 2,16 m ² | | |
| q | 2 kN/m ² | | |
| Zvedání prvku: | 98 kN | 9,8 t | |
| Doprava prvku: | 141 kN | 14,1 t | |
| Počet úchytů: | 2 | | |
| Zatížení jednoho úchytu: | 70,31 kN | 7,03 t | |

Návrh 2x úchyt s kulovou hlavou - T-75-300

Dílec č.3 (sloup):

| | | | | | |
|--------|---------|--------|--|-----|----------------------|
| Sloup: | | | | | |
| l1 | 8500 mm | 8,5 m | | h1 | 1,48 m |
| h11 | 1750 mm | 1,75 m | | h2 | 1,10 m |
| h12 | 1200 mm | 1,2 m | | Ap1 | 0,38 m ² |
| b | 400 mm | 0,4 m | | Ap2 | 0,44 m ² |
| ht | 200 mm | 0,2 m | | V1 | 3,19 m ³ |
| l2 | 3000 mm | 3 m | | V2 | 1,32 m ³ |
| h21 | 1200 mm | 1,2 m | | V | 4,51 m ³ |
| h22 | 1000 mm | 1 m | | γ | 25 kN/m ³ |
| b | 400 mm | 0,4 m | | G | 113 kN |

| | | | | |
|--------------------------|---------------------|--|--------|--|
| Plocha bednění: | | | | |
| Ab | 3,4 m ² | | | |
| q | 2 kN/m ² | | | |
| Zvedání prvku: | 119 kN | | 11,9 t | |
| Doprava prvku: | 169 kN | | 16,9 t | |
| Počet úchytů: | 2 | | | |
| Zatížení jednoho úchytu: | 84,52 kN | | 8,45 t | |

Návrh 2x úchyt s kulovou hlavou - T-100-340