

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



Bakalářská práce

Návrh zastřešení sportovní haly

Statický výpočet

Vypracoval: Tomáš Hozman

Studijní program - **STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ**

Studijní obor - **Konstrukce pozemních staveb**

Vedoucí práce: Ing. Martin Típka Ph.D.

Praha 2020

Obsah

1	Klimatické zatížení.....	2
1.1	Zatížení větrem.....	2
1.2	Zatížení sněhem.....	3
2	Užitné zatížení.....	3
3	Statický výpočet - konstrukční řešení Vazník s vaznicemi.....	4
3.1	Návrh vaznic	4
3.2	Návrh vazníku	6
3.3	Sloup - návrh	20
4	Statický výpočet - konstrukční řešení deskový vazník	26
1.1	Návrh deskového vazníku	26
1.2	Návrh předpjatého vazníku	28
4.1	Návrh průvlastku.....	42
4.2	Návrh sloupu	45
4.3	Návrh konzoly u sloupu	48
4.4	Návrh přepravních úchytů.....	50
5	Statický výpočet - konstrukční řešení TT-panely	53
5.1	Návrh TT panelu	53
5.2	Návrh průvlastku.....	69
5.3	Návrh sloupu	72
5.4	Návrh přepravních úchytů.....	72

1 Klimatické zatížení

Česká Republika - Dobruška 50.2920133N, 16.1600131E)

1.1 Zatížení větrem

Větrná oblast II ($v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$)

Kategorie terénu III ($z = 13 \text{ m}$)

- Základní rychlost větru v_b

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

- Charakteristická střední rychlost větru ve výšce nad terénem $v_m(z)$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,2154$$

$$c_{cr}(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,2154 \cdot \ln\left(\frac{13}{0,3}\right) = 0,812$$

$$c_0(z) = 1$$

$$v_m(z) = c_{cr}(z)c_0(z)v_b = 0,812 \cdot 1 \cdot 25 = 20,295 \text{ m/s}$$

- Maximální dynamický tlak $q_p(z)$

$$l_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z)\ln(z/z_0)} = \frac{1}{1 \cdot \ln(13/0,3)} = 0,265$$

$$q_p(z) = [1 + 7l_v(z)] \frac{1}{2} \rho v_m^2(z) = [1 + 7 \cdot 0,265] \frac{1}{2} 1,25 \cdot 20,295^2 = 0,736 \text{ kN/m}^2$$

- Součinitelé tlaků a sil

Uvažuji zatěžovací plochy větší jak $10 \text{ m}^2 \rightarrow$ používám součinitel $c_{pe,10}$

- Tlak větru

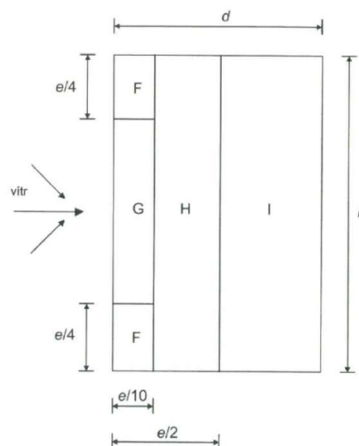
$$w_e = q_p(z_e)c_{pe}$$

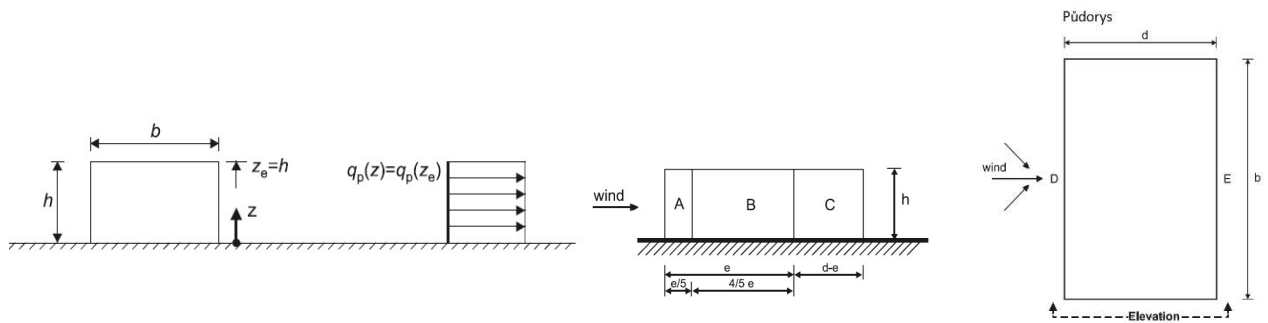
Poznámka: Při návrhu uvažuji tlak na návětrné straně objektu a zanedbávám celkové sání u střechy!

Směr větru (kolmo na delší stranu = 45m)		
Rozměry	x [m]	y [m]
F	2,6	6,5
G	2,6	32
H	10,4	45
I	17	45

Směr větru (kolmo na kratší stranu = 30m)		
Rozměry	x [m]	y [m]
F	2,6	6,5
G	2,6	17
H	10,4	30
I	32	30

Součinitel $c_{pe,10}$			
F	G	H	I
-1,8	-1,2	-0,7	$\pm 0,2$
Tlak větru w_e [kN/m ²]			
-1,32	-0,88	-0,51	$\pm 0,15$





Směr větru (kolmo na delší stranu = 45m)	
Rozměry	L [m]
A	4
B	16
C	10

Směr větru (kolmo na kratší stranu = 30m)	
Rozměry	L [m]
A	4
B	16
C	25

Směr větru kolmo na delší stranu:

oblast	A	B	C	D	E
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
0,33	-1,20	-0,80	-0,50	0,71	-0,32
q_p [kN.m ⁻²]	-0,88	-0,59	-0,37	0,52	-0,24

Směr větru kolmo na kratší stranu:

oblast	A	B	C	D	E
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
0,22	-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,30
q_p [kN.m ⁻²]	-0,88	-0,59	-0,37	0,51	-0,22

1.2 Zatížení sněhem

Sněhová oblast III ($s_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$)

Tvarový součinitel μ_i

- Úhel sklonu střechy $0^\circ < \alpha < 30^\circ \rightarrow \mu_1 = 0,8$

Součinitel expozice C_e

- Krajina normální $C_e = 1$

Tepelný součinitel C_t

- Pro střechy s prostupností $< 1 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow C_t = 1$

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

2 Užité zatížení

Kategorie H - střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a opravy

$$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2, \text{ nemá se uvažovat } q_k, s \text{ dohromady, počítám pouze } s = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

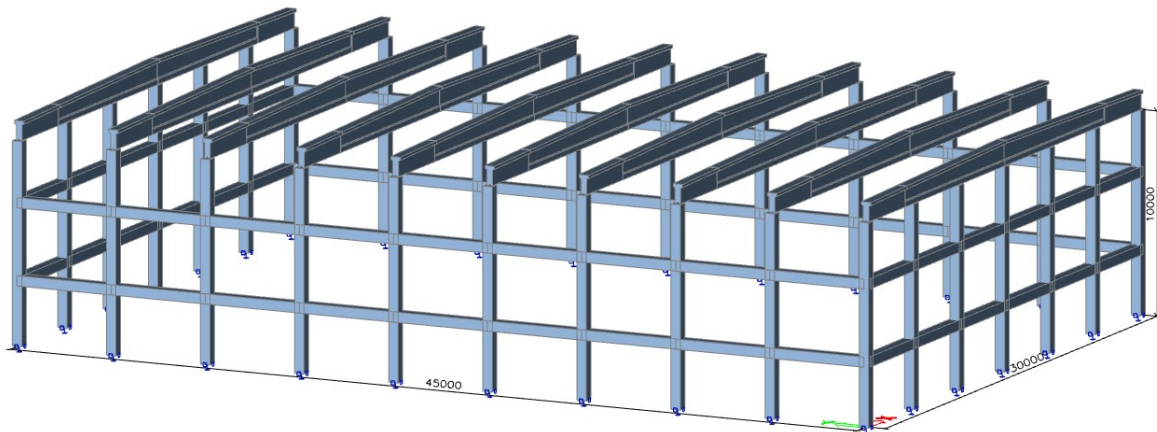
Ostatní stálé zatížení

$$\psi_0 = 0; \psi_1 = 0; \psi_2 = 0$$

Skladba střešního pláště - pro varianty č.2,3			
Materiál	tloušťka [mm]	obj.hmotnost [kg/m ³]	zatížení [kN/m ²]
PVC fólie	1,5	1230	0,0185
Tepelná izolace	120	30	0,036
Pojistná hydroizolace	3	1200	0,035
Celkem	125mm		0,09 kN/m²

Skladba střešního pláště - pro variantu č.1			
Materiál	tloušťka [mm]	obj.hmotnost [kg/m ³]	zatížení [kN/m ²]
Sendvičové panely	120	225	0,27
Celkem	120mm		0,27 kN/m²

3 Statický výpočet - konstrukční řešení Vazník s vaznicemi



3.1 Návrh vaznic

Vaznice se budou ukládat na rovné plochy střešního vazníku. Uloženy budou na trn do maltového lože. Na ně bude připevněný sendvičový panel.

3.1.1 Zatížení

3.1.1.1 Ostatní stálé zatížení

Skladba střešního pláště			
Materiál	tloušťka [mm]	obj.hmotnost [kg/m ³]	zatížení [kN/m ²]
Izolační panel KINGSPAN	120	225	0,27 kN/m ²

3.1.1.2 Proměnné zatížení

Kategorie H - střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a opravy

$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$, nemá se uvažovat q_k a s dohromady, počítám pouze $s = 1,2 \text{ kN/m}^2$

3.1.1.3 Stálé zatížení

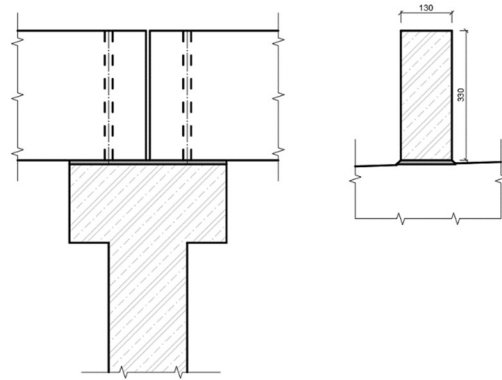
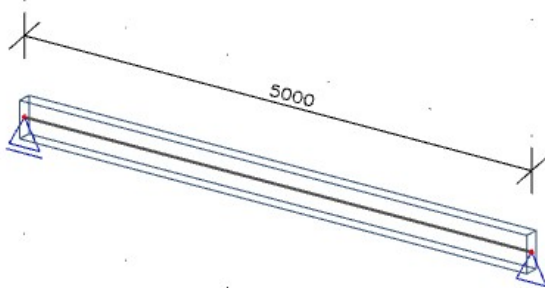
$L_{\text{vaznice}} = 5\,000 \text{ mm}$

Empirie: $h_v = (1/15 \sim 1/12)L = 330 \sim 420 \text{ mm} \rightarrow$ **Návrh $h_v = 330 \text{ mm}$**

$b_v = (1/2,5 \sim 1/2)h_v = 130 \sim 165 \text{ mm} \rightarrow$ **Návrh $b_v = 140 \text{ mm}$**

Stálé	f_k [kN/m]	γ	f_d [kN/m]
Vlastní tíha	$0,33 \cdot 0,14 \cdot 25 = 1,07$	1,35	1,45
Střešní plášť	$0,27 \cdot 5 = 1,35$	1,35	1,82
Σ	2,42 kN/m	1,35	3,27 kN/m
Užitné	f_k [kN/m]	γ	f_d [kN/m]
Sníh	$1,2 \cdot 5 = 6$	1,5	9
Σ	6 kN/m	1,5	9 kN/m

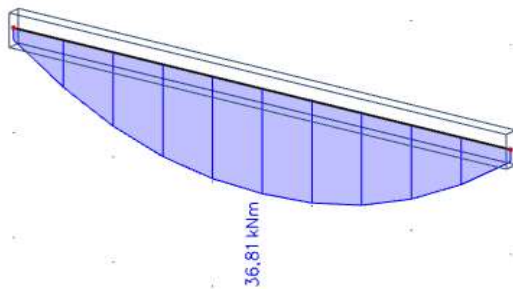
3.1.2 Geometrické uspořádání



3.1.3 Návrh

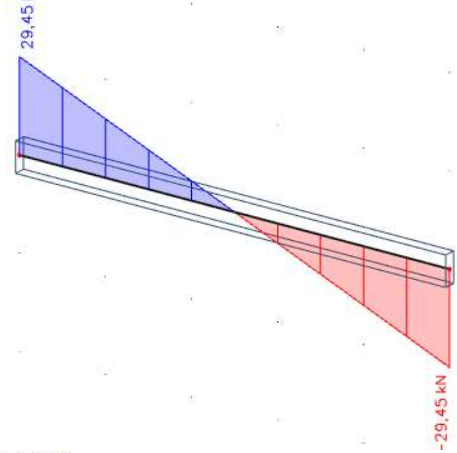
Vnitřní síly (návrh)

Hodnoty: **MEd**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: Vše



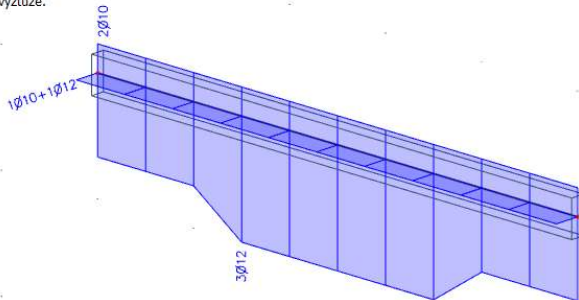
Vnitřní síly (návrh)

Hodnoty: **VED**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: Vše



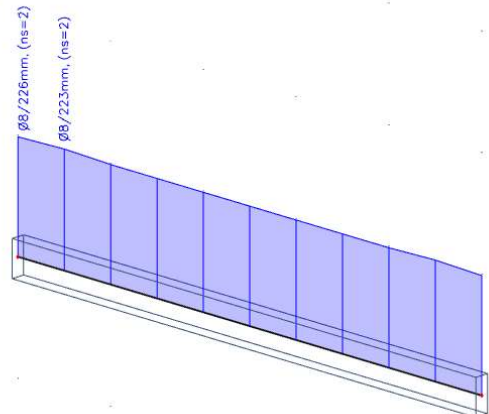
Celkový návrh (MSÚ)

Hodnoty: **As,req (Φ)**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: Vše
 Poznámka: Podélná výztuž se navrhuje ve středu hran průřezu. Posudky pracují se skutečnou polohou výztuže.



Celkový návrh (MSÚ)

Hodnoty: **As,req (Φ/s)**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: Vše
 Poznámka: Podélná výztuž se navrhuje ve středu hran průřezu. Posudky pracují se skutečnou polohou výztuže.

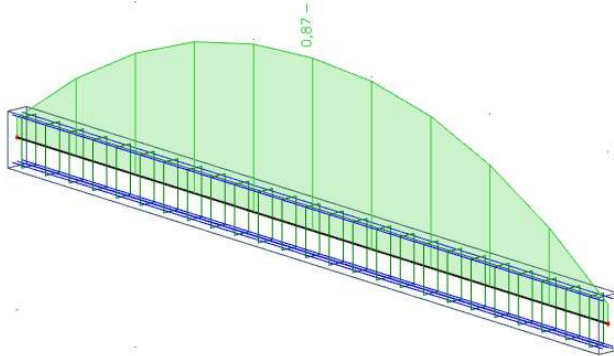


Podélná výztuž - Návrh 3xØ12 $A_{s,prov} = 339 \text{ mm}^2$

Třmínky - Návrh Ø6 á 200 mm

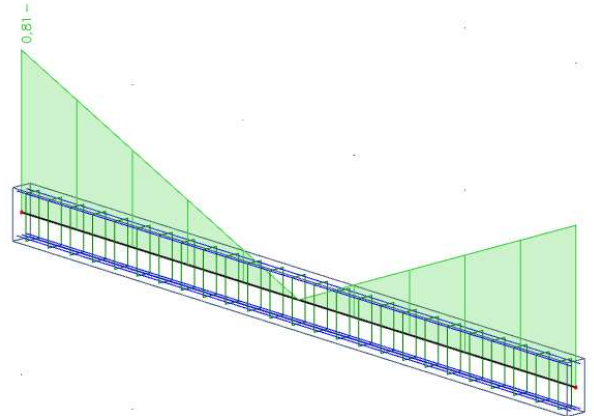
Posouzení únosnosti - odezva

Hodnoty: UC
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše



Posudek smyku + kroucení (MSÚ)

Hodnoty: UC
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše



3.2 Návrh vazníku

3.2.1 Zatížení

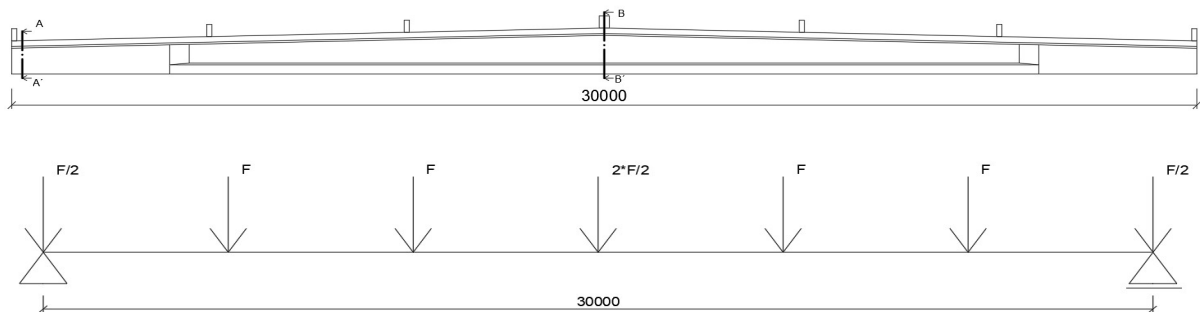
Bodové zatížení na vazník

<i>Stálé</i>	F_k [kN]	γ	f_d [kN]
Střešní plášť	$1,35 \cdot 5 = 6,75$	1,35	9,11
Tíha vaznice	$1,45 \cdot 5 = 7,25$	1,35	9,78
F_{os}	$6,75 + 7,25 = 14$ kN	1,35	18,89 kN
<i>Užitné</i>	f_k [kN/m]	γ	f_d [kN]
Sníh	$6 \cdot 5 = 30$	1,5	45
F_{pr}	30 kN	1,5	45 kN

Zatížení od vlastní tíhy - výpočet pomocí MS - Excel

x [m]	0	x [m]	15
M_{g0} [kNm]	0	M_{g0} [kNm]	883,94
V_{g0} [kN]	116,53	V_{g0} [kN]	0

3.2.2 Návrh



Ohybový moment pro $x = 15$ m

$$M = 3F \cdot 15 - \frac{F}{2} \cdot 15 - F \cdot 10 - F \cdot 5 = F \cdot (45 - 7,5 - 10 - 5) = F \cdot 22,5$$

$$M_{e_{os}} = F_{os} \cdot 22,5 = 14 \cdot 22,5 = 315 \text{ kNm}$$

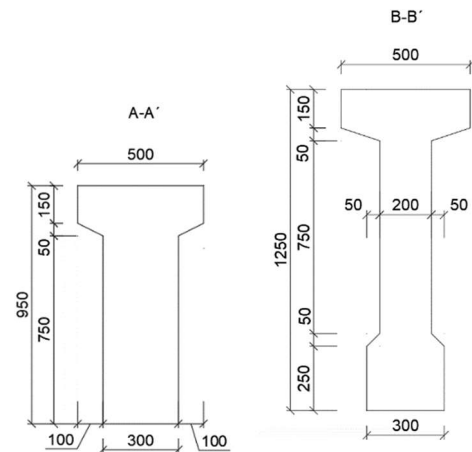
$$M_{e_{prom}} = F_{pr} \cdot 22,5 = 30 \cdot 22,5 = 675 \text{ kNm}$$

$$V_{e_{os}} = 3F_{os} = 3 \cdot 14 = 42 \text{ kN}$$

$$V_{e_{prom}} = 3F_{pr} = F_{os} = 3 \cdot 30 = 90 \text{ kN}$$

Geometrie vazníku

Charakteristiky průřezu Řez A-A'		Charakteristiky průřezu Řez B-B'	
x [m]	0	x [m]	15
A _c [m ²]	0,32	A _c [m ²]	0,33
c _y [m]	0,25	c _y [m]	0,25
c _z [m]	0,43	c _z [m]	0,58
I _y [m ⁴]	0,026	I _y [m ⁴]	0,054
e _d [m]	0,517	e _d [m]	0,67
e _h [m]	0,433	e _h [m]	0,58
W _{vd} [m ³]	0,051	W _{vd} [m ³]	0,08
W _{vh} [m ³]	0,061	W _{vh} [m ³]	0,093



3.2.2.1 Krytí výztuže

3.2.2.1.1 Předpínací výztuž

Stupeň vlivu prostředí XC1

$$c_{min.b} = 1,5 \cdot \phi_p = 1,5 \cdot 15,7 = 23,55$$

$$c_{min.dur} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max\{24; 10; 10\} = 25 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 25 + 10 = 35 \text{ mm}$$

3.2.2.1.2 Betonářská výztuž

Stupeň vlivu prostředí XC1

$$c_{min.b} = \phi = 16$$

$$c_{min.dur} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max\{16; 10; 10\} = 16 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 16 + 5 = 21 \text{ mm}$$

3.2.2.2 Materiálové vlastnosti

Vliv ošetřování betonového prefabrikátu před předpětím, pro třídu cementu - R (s = 0,2)

Stáří betonu s přihlédnutím k vlivu teploty

$$t_T = \sum_{i=1}^n e^{-\left(\frac{4000}{273+T(\Delta t_i)}-13,65\right)} \cdot \Delta t_i = e^{-\left(\frac{4000}{273+15}-13,65\right)} 0,083 + \dots = 4,822 \text{ dnů}$$

Ošetřování prvku v čase			
čas [hod]	Δt_i [dny]	$T(\Delta t_i)$	t_T
2	0,083	15	0,066
1	0,125	40	0,165
1	0,167	60	0,379
16	0,833	65	4,479
1	0,875	50	4,624
1	0,917	40	4,724
1	0,958	30	4,789
1	1	15	4,822

Součinitel závisící na stáří betonu

$$\beta_{cc}(t) = e^{s \cdot \left(1 - \frac{28}{t_T}\right)^{0,5}} = e^{0,2 \cdot \left(1 - \frac{28}{4,822}\right)^{0,5}} = 0,75$$

Volba materiálu													
Betonářská výztuž			Předpínací výztuž			Beton			Beton v čase				
f_{yk}	500	MPa	Y1860 - 15,7			C	50	60	t =	4,822	0	0	
\emptyset	16	mm	f_{pk}	1860	MPa	E_{cm}	36,8	Gpa	$E_{cm}(t)$	34			Gpa
\emptyset_{tr}	8	mm	$f_{p,01,k}$	1640	MPa	f_{ck}	50,0	MPa	$f_{ck}(t)$	36			MPa
Krytí			\emptyset	15,7	mm	f_{cd}	33,3	MPa	$\beta_{cc}(t)$	0,75			-
C- B500B	30	mm	A_p	150	mm ²	f_{ctm}	4,1	MPa	$f_{ctm}(t)$	3,07			MPa
C- před.	35	mm	E_p	195	Gpa	f_{cm}	58,0	MPa	$f_{cm}(t)$	44			MPa

3.2.2.3 Předběžná ověření vazníku

Zjednodušené ověření příčné stability

Trvalá situace - Vaznice uchyceny ve vzdálenostech á 5 m

$$\frac{l_{0t}}{b} \leq \frac{50}{(h/b)^{1/3}} \rightarrow \frac{5}{0,5} = 10 \leq \frac{50}{(1,2/0,5)^{1/3}} = 37,4 \text{ OK}$$

Dočasná situace - Uvažují zajištění torze v místě úchyťů á 20 m

$$\frac{l_{0t}}{b} \leq \frac{50}{(h/b)^{1/3}} \rightarrow \frac{20}{0,5} = 40 \leq \frac{70}{(1,2/0,5)^{1/3}} = 52,3 \text{ OK}$$

Spolupůsobící šířka tlačena pásnice

$l_0 = 30 \text{ m} \rightarrow$ Vzdálenost nulových momentů - nulový moment posouvá předpětím do pole. Na straně bezpečně uvažují $L/2 = 15 \text{ m}$

$$b_{pásnice} = 0,5 \text{ m}$$

$$b_{stojina} = 0,2 \text{ m}$$

$$b_i = \frac{b_{pásnice} - b_{stojina}}{2} = \frac{0,5 - 0,2}{2} = 0,15 \text{ m}$$

$$b_{eff,i} = 0,2 \cdot b_i + 0,1 \cdot l_0 = 1,53 \text{ m} \leq b_i \rightarrow b_{eff,i} = 0,15 \text{ m}$$

$$b_{eff} = b_{eff,i} + b_{stojina} + b_{eff,i} = 0,15 + 0,2 + 0,15 = 0,5 \text{ m} \rightarrow \text{Lze uvažovat s celou částí pásnice.}$$

3.2.2.4 Návrhové kombinace

3.2.2.4.1 MSÚ

Ohybový moment:

$$\Sigma \gamma_G G_{k,i} + \gamma_Q Q_{k,0} = 1,35 \cdot (883,94 + 315) + 1,5 \cdot 675 = 1618,6 + 1012,5 = M_{ed} = 2631,1 \text{ kNm}$$

$$\Sigma \gamma_G G_{k,i} + \gamma_Q \psi_0 Q_{k,0} = 1,35 \cdot (883,94 + 315) + 0 \cdot 1,5 \cdot 675 = M_{ed,a} = 1618,6 \text{ kNm}$$

$$\Sigma \xi \gamma_G G_{k,i} + \gamma_Q Q_{k,0} = 0,85 \cdot 1,35 \cdot (883,94 + 315) + 1,5 \cdot 675 = M_{ed,b} = 1375,8 + 1012,5 = 2388,3 \text{ kNm}$$

Posouvající síla

$$\Sigma \gamma_G G_{k,i} + \gamma_Q Q_{k,0} = 1,35 \cdot (116,53 + 42) + 1,5 \cdot 90 = 214,01 + 135 = V_{ed} = 349,02 \text{ kN}$$

$$\Sigma \gamma_G G_{k,i} + \gamma_Q \psi_0 Q_{k,0} = 1,35 \cdot (116,53 + 42) + 0 \cdot 1,5 \cdot 90 = 214,01 = V_{ed,a} = 214,01 \text{ kN}$$

$$\Sigma \xi \gamma_G G_{k,i} + \gamma_Q Q_{k,0} = 0,85 \cdot 1,35 \cdot (116,53 + 42) + 1,5 \cdot 90 = 181,91 + 135 = V_{ed,b} = 316,9 \text{ kN}$$

3.2.2.4.2 MSP

Charakteristická kombinace zatížení

$$\Sigma G_{k,i} + Q_{k,0} = 883,94 + 315 + 675 = M_{char} = 1873,94 \text{ kNm}$$

$$\Sigma G_{k,i} + Q_{k,0} = 116,53 + 42 + 90 = V_{char} = 248,53 \text{ kN}$$

Častá kombinace zatížení

$$\Sigma G_{k,i} + \psi_1 Q_{k,0} = 883,94 + 315 + 0 \cdot 675 = M_{cast} = 1198,9 \text{ kNm}$$

$$\Sigma G_{k,i} + \psi_1 Q_{k,0} = 116,53 + 42 + 0 \cdot 90 = V_{cast} = 158,53 \text{ kN}$$

Kvazistálá kombinace zatížení

$$\Sigma G_{k,i} + \Sigma \psi_2 Q_{k,i} = 883,94 + 315 + 0 \cdot 675 = M_{kvazi} = 1198,9 \text{ kNm}$$

$$\Sigma G_{k,i} + \Sigma \psi_2 Q_{k,i} = 116,53 + 42 + 0 \cdot 90 = V_{kvazi} = 158,53 \text{ kN}$$

3.2.2.5 Návrh velikost předpětí a nutného počtu lan

$$e_{p_teor} = 0,58 \text{ m}$$

$$\sigma_d = -\frac{F_{P,\infty,k}}{A_c} - \frac{F_{P,\infty,k} \cdot e_{p_teor}}{W_{yd}} + \frac{M_{char}}{W_{yd}} \leq 0$$

$$F_{P,\infty,k} = \frac{M_{char}}{\frac{1}{A_c} + \frac{1}{e_{p_teor}}} = \frac{1873,94}{0,08} / \left(\frac{1}{0,33} + \frac{1}{0,58} \right) = 2275 \text{ kN}$$

$$F_{P,0,k} = \frac{F_{P,\infty,k}}{1 - 0,15} = \frac{2275}{1 - 0,15} = 2677 \text{ kN}$$

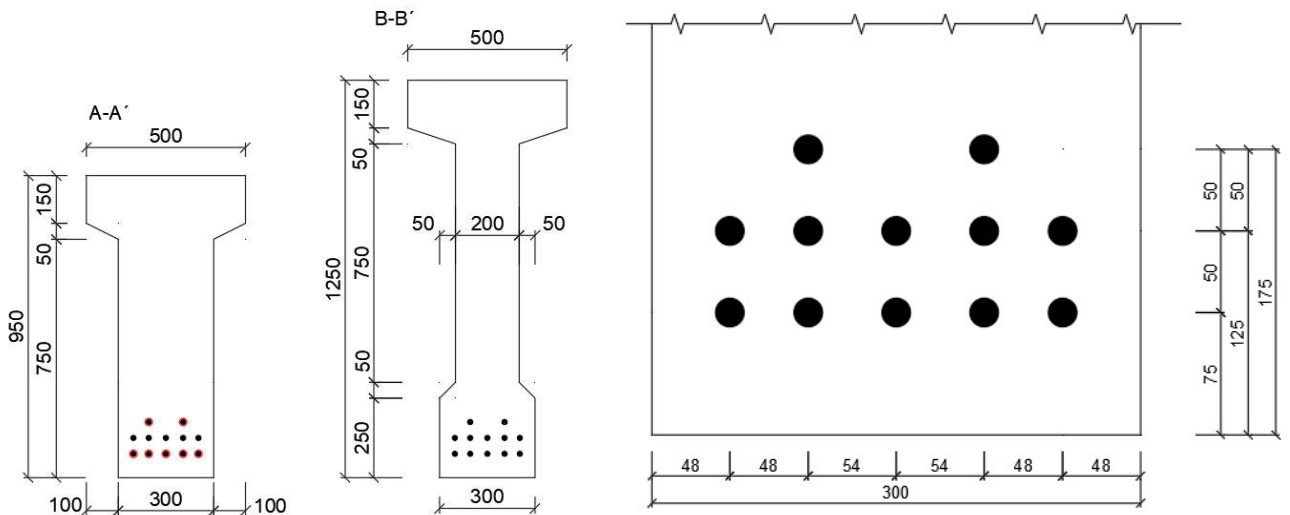
$$\sigma_{p,max} = \min(0,8f_{pk}; 0,9f_{p01k}) = \min(0,8 \cdot 1860; 0,9 \cdot 1640) = 1476 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p,0} = \min(0,75f_{pk}; 0,85f_{p01k}) = \min(0,75 \cdot 1860; 0,85 \cdot 1640) = 1394 \text{ MPa}$$

$$A_p = \frac{F_{P,0,k}}{\sigma_{p,0}} = \frac{2677}{1394} = 12,8 \text{ lan} \rightarrow \text{Návrh 12 lan}$$

$$F_{P,0} = n \cdot A_{p1} \cdot \sigma_{p,0} = 12 \cdot 150 \cdot 1394 = 2509 \text{ kN}$$

$$F_{P,\infty} = \frac{F_{P,0}}{1 - 0,15} = \frac{2509}{0,85} = 2133 \text{ kN}$$



3.2.2.6 Předběžné posouzení MSP

Posouzení průřezu - střed pole B-B'

POZN. Uvažují e_{p_teor} a celkové ztráty 20%

$$\sigma_{h_char} = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} + \frac{F_{P,\infty} \cdot e_p}{W_{yh}} - \frac{M_{char}}{W_{yh}} = -\frac{2133}{0,33} + \frac{2133 \cdot 0,58}{0,09} - \frac{1873,94}{0,09} = 13,32 \leq 0,6f_{ck} = 30 \text{ MPa OK}$$

$$\sigma_{h_kvazi} = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} + \frac{F_{P,\infty} \cdot e_p}{W_{yh}} - \frac{M_{kvazi}}{W_{yh}} = -\frac{2133}{0,33} + \frac{2133 \cdot 0,58}{0,09} - \frac{1198,9}{0,09} = 6,05 \leq 0,45f_{ck} = 22,5 \text{ MPa OK}$$

$$\sigma_{d_char} = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} - \frac{F_{P,\infty} \cdot e_p}{W_{yd}} + \frac{M_{char}}{W_{yd}} = -\frac{2133}{0,33} + \frac{2133 \cdot 0,58}{0,08} - \frac{1198,9}{0,08} = 1,46 \rightarrow \text{tlak OK}$$

Přenášecí délka

$$f_{ctm}(t_T) = f_{ctm} \cdot \beta_{cc} = 4,1 \cdot 0,75 = 3,07 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd}(t_T) = 0,7 \cdot \frac{f_{ctm}(t_T)}{1,5} = 0,7 \cdot \frac{3,07}{1,5} = 1,43 \text{ MPa}$$

$$\eta_{p1} = 3,2 \quad - \text{Součinitel druhu předpínací výztuže (3,2 - 7-drátová lana)}$$

$$\eta_1 = 1 \quad - \text{Podmínky soudržnosti (1 - dobré)}$$

$$f_{bpt} = \eta_{p1} \cdot \eta_1 \cdot f_{ctd}(t_T) = 3,2 \cdot 1 \cdot 1,43 = 4,59 \text{ MPa}$$

$$\alpha_1 = 1 \quad - \text{Uvolňování lan (1 - náhlé)}$$

$$\alpha_2 = 0,19 \quad - \text{7-drátová lana (0,19)}$$

$$\phi_p = 15,7 \text{ mm}$$

$$l_{pt} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \phi_p \cdot \sigma_{p,0} / f_{bpt} = 1 \cdot 0,19 \cdot 15,7 \cdot 1394 / 4,59 = 907 \text{ mm}$$

$$l_{pt1} = 0,8l_{pt} = 0,8 \cdot 907 = 725 \text{ mm}$$

$$l_{pt2} = 1,2l_{pt} = 1,2 \cdot 907 = 1088 \text{ mm}$$

Posouzení průřezů - u podpory + l_{pt1}

POZN. Uvažují e_{p_teor} snížené v závislosti na excentricitě daného průřezu a celkové ztráty 20%

Charakteristiky průřezu Řez	
	l _{pt1}
x [m]	0,725
A _c [m ²]	0,324
c _y [m]	0,25
c _z [m]	0,44
I _y [m ⁴]	0,027
e _d [m]	0,525
e _h [m]	0,44
W _{yd} [m ³]	0,052
W _{yh} [m ³]	0,062

$$F_{P,0} = 2509 \text{ kN}$$

$$F_{P,\infty} = 2133 \text{ kN}$$

$$f_{ck}(t_T) = f_{cm}(t_T) - 8 = 44 - 8 = 36 \text{ MPa}$$

$$e_{p_teor_pod} = 0,435 \text{ m}$$

$$M_{g0_pod} = 82,37 \text{ kNm}$$

Posouzení při vnesení předpětí

$$\sigma_h = -\frac{F_{P,0}}{A_c} + \frac{F_{P,0} \cdot e_{p_teor_pod}}{W_{yh}} = -\frac{2509}{0,324} + \frac{2509 \cdot 0,435}{0,062} = 9,8 \leq 0,75f_{ctm} = 3,07 \text{ MPa Nevyhovuje}$$

$$\sigma_d = -\frac{F_{P,0}}{A_c} - \frac{F_{P,0} \cdot e_{p_teor_pod}}{W_{yd}} = -\frac{2509}{0,324} - \frac{2509 \cdot 0,435}{0,052} = 28,66 \leq 0,6f_{ck}(t_T) = 21,45 \text{ MPa Nevyhovuje}$$

Posouzení na konci životnosti

$$\sigma_h = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} + \frac{F_{P,\infty} \cdot e_{p_teor_pod}}{W_{yh}} - \frac{M_{g0_pod}}{W_{yh}} = -\frac{2133}{0,324} + \frac{2133 \cdot 0,435}{0,062} - \frac{82,37}{0,062} = 7 \leq 0,75f_{ctm} = 3,07 \text{ MPa Nevyhovuje}$$

$$\sigma_d = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} - \frac{F_{P,\infty} \cdot e_{p_teor_pod}}{W_{yd}} + \frac{M_{g0_pod}}{W_{yd}} = -\frac{2133}{0,324} - \frac{2133 \cdot 0,435}{0,052} + \frac{82,37}{0,052} = 24,36 \leq 0,45f_{ck} = 22,5 \text{ MPa Nevyho.}$$

Z důvodu nevyhovění podmínek u podpory - navrhuji separaci (výpočet je shrnut po ztrátách předpětí!)

3.2.2.7 Ztráty

3.2.2.7.1 Ztráty krátkodobé

Střed pole B-B'

- Ztráta pokluzem

$$\Delta_{pokluz} = 6 \text{ mm} \quad - \text{ Uvažovaný pokluz}$$

$$l_p = 52 \text{ m} \quad - \text{ Délka předpínacích lan}$$

$$l_d = 50 \text{ m} \quad - \text{ Délka předpínací dráhy}$$

$$\Delta\sigma_{p,pokluz} = -\frac{\Delta_{pokluz} \cdot E_p}{l_p} = -\frac{6 \cdot 195\,000}{52\,000} = -22,50 \text{ MPa}$$

- Průměrná ztráta přetvořením kotevního zařízení

$$m = 12 \text{ ks} \quad - \text{ Počet postupně napínaných lan}$$

$$\Delta_{pretvoreni} = 4 \text{ mm} \quad - \text{ Uvažované přetvoření}$$

$$\Delta\sigma_{p,pretvoreni} = E_p \frac{\Delta_{pretvoreni} \cdot (m - 1)}{l_d \cdot 2 \cdot m} = 195\,000 \frac{4 \cdot (12 - 1)}{50\,000 \cdot 2 \cdot 12} = -7,15 \text{ MPa}$$

- Ztráta krátkodobou relaxací

$$t_{podrzeni} = 0,083 \text{ hod} = 5 \text{ min} = 300 \text{ sec}$$

$$t_{tr} = R 2 \rightarrow \rho_{1000} = 2,5 \%$$

$$\sigma_{p,max} = 1476 \text{ MPa}$$

$$f_{pk} = 1860 \text{ MPa}$$

$$\mu = \frac{\sigma_{p,max}}{f_{pk}} = \frac{1476}{1860} = 0,79$$

$$\Delta\sigma_p = -0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1\mu} \cdot \left(\frac{t_{podrzeni}}{1000}\right)^{0,75 \cdot (1-\mu)} \cdot 10^{-5} \cdot \sigma_{p,max} = -7,78 \text{ MPa}$$

$$t_{ekv} = \frac{1,14 T_{max}^{-20}}{T_{max} - 20} \sum_{i=1}^n (T_{\Delta t_i} - 20) \Delta t_i = 6788,8 \text{ hod}$$

skutečný čas [hod]	skutečný čas [dny]	Δt_i [dny]	$T_{\Delta t_i}$ [C°]	T_{max} [C°]	$(T_{\Delta t_i} - 20) \Delta t$	K_i	t_{eq} [dny]	
0	0,000		15	65			0,00	
2	0,083	0,08333	15		0,0000	0,000	0,08	
0	0,083	0,08333	40		0,0000	0,000	0,08	
1	0,125	0,04167	40		0,8333	6,735	6,82	
0	0,125	0,04167	60		0,0000	0,000	0,00	
1	0,167	0,04167	60		1,6667	13,470	20,29	
0	0,167	0,04167	65		0,0000	0,000	0,00	
16	0,833	0,66667	65		30,0000	242,453	262,74	
0	0,833	0,66667	50		0,0000	0,000	0,00	
1	0,875	0,04167	50		1,2500	10,102	272,84	
0	0,875	0,04167	40		0,0000	0,000	0,00	
1	0,917	0,04167	40		0,8333	6,735	279,58	
0	0,917	0,04167	30		0,0000	0,000	0,00	
1	0,958	0,04167	30		0,4167	3,367	282,94	
0	0,958	0,04167	15		0,0000	0,000	0,00	
1	1,000	0,04167	15		0,0000	0,000	282,94	
t_{eq} [s]								24439234
t_{eq} [h]								6788,68

Intervaly:

$t(0; 0,083)$

$$t_{i_0} = 0 + 0,083 = 0,083 \text{ hod}$$

$$\Delta\sigma_{p_{i_0}} = -7,78 \text{ MPa}$$

$t(0,083; 24)$

$$t_{i_1} = 0,083 + 24 = 24,083$$

$$t_{i_1} = t_{i_1} + t_{ekv} = 24,083 + 6788,68 = 6812,7$$

$$\sigma_{p,t,0} = 1476 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p,t,0.083} = \sigma_{p,t,0} + \Delta\sigma_{p,pokluz} + \Delta\sigma_{p,pretvoreni} = 1476 - 22,50 - 7,15 = 1446 \text{ MPa}$$

$$\mu = \frac{\sigma_{p,t,0.083} - \Delta\sigma_{p,i,0}}{f_{pk}} = \frac{1446 + 7,78}{1860} = 0,782$$

$$t_e = \left(\left(\frac{\Delta\sigma_{p,i,0}}{-0,66 \cdot 10^{-5} \cdot (\sigma_{p,t,0.083} - \Delta\sigma_{p,i,0}) \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \cdot \mu}} \right)^{\frac{1}{0,75 \cdot (1-\mu)}} \right) \cdot 1000 = 0,291 \text{ hod}$$

$$t_{i,1} = \Delta t_{i,1} + t_{i,0} \rightarrow \Delta t_{i,1} = t_{i,1} - t_{i,0} = 6812,7 - 0,083 = 6812,6$$

$$\Delta\sigma_{p,relax} = \left(-0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \cdot \mu} \cdot \left(\frac{t_e + \Delta t_{i,1}}{1000} \right)^{0,75 \cdot (1-\mu)} \cdot 10^{-5} \cdot \sigma_{p,t,0.083} \right) - \Delta\sigma_{p,i,0} = -32,38 \text{ MPa}$$

- Ztráta rozdílem teplot výztuže a kotevního zařízení

$$T_d = 50^\circ\text{C}, T_p = 65^\circ\text{C}, T_0 = 15^\circ\text{C}$$

$$\alpha_d = 1 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}, \alpha_p = 1 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

$$\Delta\sigma_{p,teplota} = E_p \frac{\alpha_d \cdot l_d \cdot (T_d - T_0) - \alpha_p \cdot l_p \cdot (T_p - T_0)}{l_p} = -31,88 \text{ MPa}$$

- Ztráta pružným přetvořením betonu

$$E_{cm}(t_T) = \left(\frac{f_{cm}(t_T)}{f_{cm}} \right)^{0,3} \cdot E_{cm} = \left(\frac{44}{58} \right)^{0,3} \cdot 36,8 = 34 \text{ MPa}$$

$$v = \frac{A_p \cdot E_p}{A_p \cdot E_{cm}(t_T)} = \frac{0,0018 \cdot 195\,000}{0,0018 \cdot 34\,000} = 0,032$$

$$\psi = v \cdot \left(1 + \frac{A_c \cdot e_p^2}{I_c} \right) = 0,0182 \cdot \left(1 + \frac{0,33 \cdot 0,5865^2}{0,05} \right) = 0,0995$$

$$\sigma_{p,kratk} = \sigma_{p,max} + \Delta\sigma_{p,pokluz} + \Delta\sigma_{p,pretvoreni} + \Delta\sigma_{p,relax} + \Delta\sigma_{p,teplota} = 1476 - 22,5 - 7,15 - 32,88 - 31,88 = 1382 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{p,pruzne} = -\frac{\sigma_{p,kratk} \cdot \psi}{1 + \psi} = \frac{1382 \cdot 0,0995}{1 + 0,0995} = -125,1 \text{ MPa}$$

Působení vlastní tíhy

$$I_i = 0,0571 \text{ m}^4$$

$$e_{pi} = 0,5865 \text{ m}$$

$$\Delta\sigma_{p,pruzne_vl_tiha} = \frac{M_{g0}}{I_i} \cdot e_{pi} \cdot \frac{E_p}{E_{cm}(t)} = \frac{883,9}{0,0571} \cdot 0,5865 \cdot \frac{195}{34} = 50,96 \text{ MPa}$$

Krátkodobé ztráty	
$\sigma_{p,max}$	1476 MPa
$\Delta\sigma_{p,pokluz}$	-22,5 MPa
$\Delta\sigma_{p,pretvoreni}$	-7,15 MPa
$\Delta\sigma_{p,relax}$	-32,4 MPa
$\Delta\sigma_{p,teplota}$	-31,9 MPa
$\sigma_{p,kratk}$	$\Sigma = 1382 \text{ MPa}$
$\Delta\sigma_{p,pruzne}$	-125,09 MPa
$\Delta\sigma_{p,pruzne_vl_tiha}$	50,96 MPa
$\sigma_{p,kratk_pr}$	$\Sigma = 1308 \text{ MPa}$

$$\sigma_{p,kratk_pr} = 1308 \text{ MPa} \leq \min(0,75f_{pk}; 0,85f_{p01k}) = 1394 \text{ MPa OK}$$

3.2.2.7.2 Ztráty dlouhodobé -

Střed pole B-B'

- Pružné přetvoření betonu od kvazistálého zatížení

V dalších fázích brání přetvoření vlastní tíha s kvazistálou kombinací zatížení.

$$\Delta\sigma_{p,pruzne_kvazi} = \frac{M_{kvazi} M_{g0}}{I_i} \cdot e_{pi} \cdot \frac{E_p}{E_{cm}} = \frac{1199 - 883,9}{0,0571} \cdot 0,684 \cdot \frac{195}{36} = 16,69 \text{ MPa}$$

- Relaxace předpínacích lan

Intervaly

$$t(0; 6812,68)$$

$$t_{i,0} = 6812,68 \text{ hod} \rightarrow \sigma_p = 1308 \text{ MPa} \rightarrow \Delta\sigma_{p,relax} = \Delta\sigma_{p,relax} + \Delta\sigma_{p,i,0} = -40,16 \text{ MPa}$$

$$t(6812,68; 438000)$$

$$t_{i,\infty} = 438000 \text{ hod}$$

$$\sigma_{p_zacatek_infty} = \sigma_p + \Delta\sigma_{p,pruzne_kvazi} = 1308 + 16,69 = 1324,7 \text{ MPa}$$

$$\mu = \frac{\sigma_{p_zacatek_infty} - \Delta\sigma_{p,relax}}{f_{pk}} = \frac{1324,7 + 40,16}{1860} = 0,73$$

$$t_e = \left(\left(\frac{\Delta\sigma_{p,relax}}{-0,66 \cdot 10^{-5} \cdot (\sigma_{p_zacatek_infty} - \Delta\sigma_{p,relax}) \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \cdot \mu}} \right)^{\frac{1}{0,75 \cdot (1-\mu)}} \right) \cdot 1000 = 57500 \text{ hod}$$

$$t_{i,\infty} = \Delta t_{i,\infty} + t_{i,0} \rightarrow \Delta t_{i,\infty} = t_{i,\infty} - t_{i,0} = 438000 - 6812,68 = 431187 \text{ hod}$$

$$\Delta\sigma_{p,relax} = - \left(0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \cdot \mu} \cdot \left(\frac{t_e + \Delta t_{i,\infty}}{1000} \right)^{0,75 \cdot (1-\mu)} \cdot 10^{-5} \cdot \sigma_{p_zacatek_infty} \right) - \Delta\sigma_{p,relax} \\ = -19,6 \text{ MPa}$$

- Smršťování

$$t_T = 4,82$$

$$t_\infty = 438\,000 \text{ hod} = 18\,250 \text{ dnů}$$

$$u = 2,97 \text{ m} \quad \text{- Vysychající obvod}$$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} = \frac{2 \cdot 0,324}{2,97} = 222 \text{ mm}$$

$$\beta_{ds}(t_T, t_\infty) = \frac{(t_\infty - t_T)}{(t_\infty - t_T) + 0,04 \cdot \sqrt{h_0^3}} = \frac{(438\,000 - 4,82)}{(438\,000 - 4,82) + 0,04 \cdot \sqrt{222^3}} = 0,9928$$

$$RH = 50\%$$

$$RH_0 = 100\%$$

$$\beta_{RH} = 1,55 \cdot \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right] = 1,55 \cdot \left[1 - \left(\frac{50}{100} \right)^3 \right] = 1,36$$

$$\alpha_{ds1} = 6$$

$$\alpha_{ds2} = 0,11$$

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 \cdot \left[(220 + 110\alpha_{ds1}) \cdot e^{-\alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{10}} \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} \\ = 0,85 \cdot \left[(220 + 110 \cdot 6) \cdot e^{-0,11 \frac{58}{10}} \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} = 0,00054$$

$$k_h = 0,83$$

Smršťování od vysychání

$$\varepsilon_{ca}(t_\infty) = \beta_{as}(t_T, t_\infty) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{ca,0} = 0,9928 \cdot 0,82 \cdot 0,0054 = \mathbf{0,00044}$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} = 2,5 \cdot (50 - 10) \cdot 10^{-6} = 0,0001$$

$$\beta_{as}(t_T) = 1 - e^{-0,2t^{0,5}} = 1 - e^{-0,2 \cdot 18250^{0,5}} = 1$$

Autogenní smršťování

$$\varepsilon_{ca}(t_T) = \varepsilon_{ca}(\infty) \cdot \beta_{as}(t_T) = 0,0001$$

Celkové smršťování

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{ca}(t_T) \cdot \varepsilon_{ca}(t_T) = 0,0001 + 0,00044 = \mathbf{0,00054}$$

$$\Delta\sigma_{p,smrsteni} = \varepsilon_{cs} \cdot E_p = 0,00054 \cdot 195\,000 = \mathbf{-105,39\ MPa}$$

• Dotvarování

$$\beta_{cc}(t) = 0,75$$

$$\alpha_1 = 0,702, \alpha_2 = 0,904, \alpha_3 = 0,777$$

$$\phi_{RH} = \left[1 + \frac{1 - \frac{RH}{1000}}{0,1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2 = \left[1 + \frac{1 - \frac{50}{1000}}{0,1 \cdot \sqrt[3]{222}} \cdot 0,702 \right] \cdot 0,904 = 1,43$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16,8}{\sqrt{58}} = 2,206$$

$$\alpha = 1$$

$$t_0 = t_T \cdot \left(\frac{9}{2 + t_T^{1,2}} + 1 \right)^\alpha = 4,82 \cdot \left(\frac{9}{2 + 4,82^{1,2}} + 1 \right)^1 = 9,865$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{(0,1 + t_0^{0,2})} = \frac{1}{(0,1 + 9,865^{0,2})} = 0,595$$

$$\phi_0 = \phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) = 1,43 \cdot 2,206 \cdot 0,595 = 1,87$$

$$\beta_H = 1,5 \cdot [1 + (0,012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3 = 1,5 \cdot [1 + (0,012 \cdot 50)^{18}] \cdot 222 + 250 \cdot 0,777 = 527,572$$

$$\beta_c(t_\infty, t_T) = \left[\frac{t_\infty - t_T}{\beta_H + t_\infty - t_T} \right]^{0,3} = \left[\frac{18\,250 - 4,822}{527,572 + 18\,250 - 4,822} \right]^{0,3} = 0,9915$$

Součinitel dotvarování

$$\phi(t_\infty, t_T) = \phi_0 \cdot \beta_c(t_\infty, t_T) = 1,87 \cdot 0,9914 = 1,853$$

$$F_{p,kratkodobe} = \sigma_{p,kratk_pr} \cdot A_p = 1351 \cdot 1800 = 2433 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{p,dlouhodob_pruzne} = \Delta\sigma_{p,pruzne_kvazi} \cdot A_p = 0,92 \cdot 1800 = 1,65 \text{ kN}$$

$$\sigma_c = -\frac{F_{p,kratkodobe} + \Delta F_{p,dlouhodob_pruzne}}{A_c} - \frac{(F_{p,kratkodobe} + \Delta F_{p,dlouhodob_pruzne}) \cdot e_p^2}{I_c} + \frac{M_{kvazi}}{I_c} \cdot e_p = -9,4 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{p,dotvarovani} = -\frac{E_p}{E_{cm}} \cdot \phi(t_\infty, t_T) \cdot \sigma_c = -\frac{195}{36} \cdot 1,858 \cdot 9,4 = \mathbf{-92,6\ MPa}$$

• Celkové dlouhodobé ztráty podle ČSN 1992-1-1

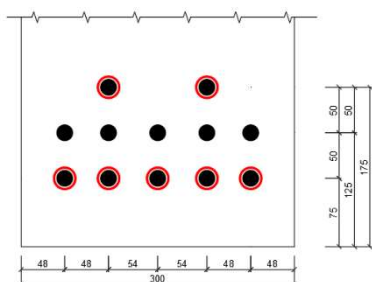
$$\Delta\sigma_{p,d+s+r} = -\frac{\varepsilon_{cs} E_p + 0,8 \Delta\sigma_{pr,relax} + \frac{E_p}{E_{cm}} \phi(t_\infty, t_T) \sigma_c}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \frac{A_p}{A_c} (1 + \frac{A_c}{A_p} e_p^2) (1 + 0,8 \phi(t_\infty, t_T))} = \mathbf{-174,643\ MPa}$$

3.2.2.7.3 Rekapitulace ztrát

Krátkodobé ztráty		Dlouhodobé ztráty	
$\sigma_{p,max}$	1476 MPa	$\sigma_{p,kratk_pr}$	1308 MPa
$\Delta\sigma_{p,pokluz}$	-22,5 MPa	$\Delta\sigma_{p,d+s+r}$	-174,64 MPa
$\Delta\sigma_{p,pretvoreni}$	-7,15 MPa	$\Delta\sigma_{p,pruzne_kvazi}$	16,7 MPa
$\Delta\sigma_{p,relax}$	-32,4 MPa	$\sigma_{p,dlouho_pr}$	$\Sigma = 1150 \text{ MPa}$
$\Delta\sigma_{p,teplota}$	-31,9 MPa		
$\sigma_{p,kratk}$	$\Sigma = 1382 \text{ MPa}$		
$\Delta\sigma_{p,pruzne}$	-125,1 MPa		
$\Delta\sigma_{p,pruzne_vl_tiha}$	51 MPa		
$\sigma_{p,kratk_pr}$	$\Sigma = 1308 \text{ MPa}$		

3.2.2.8 Návrh separace

Navrhuji separaci 6 předpínacích lan 4 m.



Charakteristiky průřezu l_{pt1}		Charakteristiky průřezu $4 \text{ m} + l_{pt1}$		Charakteristiky průřezu 15 m	
Fáze - předpětí				Fáze - Konec životnosti	
x [m]	0,725	x [m]	4,725	x [m]	15
A_i [m ²]	0,328	A_i [m ²]	0,298	A_i [m ²]	0,3395
A_p [m ²]	0,00075	A_p [m ²]	0,0018	A_p [m ²]	0,0018
e_p [m]	0,4	e_p [m]	0,452	e_p [m]	0,5573
I_i [m ⁴]	0,028	I_i [m ⁴]	0,035	I_i [m ⁴]	0,0567
e_{pi} [m]	0,395	e_{pi} [m]	0,438	e_{pi} [m]	0,542
F_p [kN]	1036	F_p [kN]	2487,77	F_p [kN]	2180
$F_{p,sup}$ [kN]	1088,4	$F_{p,sup}$ [kN]	2612,2	$F_{p,sup}$ [kN]	2289
$F_{p,inf}$ [kN]	984,7	$F_{p,inf}$ [kN]	2363,4	$F_{p,inf}$ [kN]	2071
$z_{ci\ h}$ [m]	0,445	$z_{ci\ h}$ [m]	0,494	$z_{ci\ h}$ [m]	0,5958
$z_{ci\ d}$ [m]	0,52	$z_{ci\ d}$ [m]	0,550	$z_{ci\ d}$ [m]	0,6542
M_{go} [kNm]	82	M_{go} [kNm]	467	M_{char} [kNm]	1874
				M_{kvazi} [kNm]	1199

3.2.3 Konečné posouzení MSP

3.2.3.1 Omezení napětí - pole

3.2.3.1.1 Výztuž

$$\sigma_{p,kratk_pr} = 1329 \text{ MPa} \leq 0,75 f_{pk} = 0,75 \cdot 1860 = 1395 \text{ MPa OK}$$

$$\sigma_{p,dlouho_pr} = 1158 \text{ MPa} \leq 0,75 f_{pk} = 0,75 \cdot 1860 = 1395 \text{ MPa OK}$$

3.2.3.1.2 Beton

Charakteristická kombinace

$$\sigma_{h,sup} = -\frac{F_{k,sup}}{A_i} + \frac{F_{k,sup} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci\ h}}{I_i} - \frac{M_{char} \cdot z_{ci\ h}}{I_i} = -\frac{2289}{0,3395} + \frac{2289 \cdot 0,542 \cdot 0,586}{0,0567} - \frac{1874 \cdot 0,586}{0,0567}$$

$$= -13,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,sup} = -13,4 \text{ MPa} < 0,6 f_{ck} = 30 \text{ MPa OK}$$

$$\sigma_{h,inf} = -\frac{F_{k,inf}}{A_c} + \frac{F_{k,inf} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} - \frac{M_{cha} \cdot z_{ci,h}}{I_i} = -\frac{2071}{0,3395} + \frac{2071 \cdot 0,542 \cdot 0,586}{0,0567} - \frac{1874 \cdot 0,586}{0,0567}$$

$$= -14 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,inf} = -14 \text{ MPa} < 0,6f_{ck} = 30 \text{ MPa OK}$$

$$\sigma_{d,inf} = -\frac{F_{k,inf}}{A_c} - \frac{F_{k,inf} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,d}}{I_i} + \frac{M_{char} \cdot z_{ci,d}}{I_i} = -\frac{2071}{0,3395} + \frac{2071 \cdot 0,542 \cdot 0,6542}{0,0567} - \frac{1874 \cdot 0,6542}{0,0567}$$

$$= 2,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,inf} = 2,6 \text{ MPa} < f_{ctm} = 4,1 \text{ MPa OK}$$

Kvazistálá kombinace

$$\sigma_{h,sup} = -\frac{F_{k,sup}}{A_c} + \frac{F_{k,sup} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} - \frac{M_{kvazi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} = -\frac{2289}{0,3395} + \frac{2289 \cdot 0,542 \cdot 0,586}{0,0567} - \frac{1199 \cdot 0,586}{0,0567}$$

$$= -6,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,sup} = -6,9 \text{ MPa} < 0,45f_{ck} = 22,5 \text{ MPa OK}$$

$$\sigma_{h,inf} = -\frac{F_{k,inf}}{A_c} + \frac{F_{k,inf} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} - \frac{M_{kvazi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} = -\frac{2071}{0,3395} + \frac{2071 \cdot 0,542 \cdot 0,586}{0,0567} - \frac{1199 \cdot 0,586}{0,0567}$$

$$= -7,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,inf} = -7,6 \text{ MPa} < 0,45f_{ck} = 22,5 \text{ MPa OK}$$

$$\sigma_{d,inf} = -\frac{F_{k,inf}}{A_c} - \frac{F_{k,inf} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,d}}{I_i} + \frac{M_{kvazi} \cdot z_{ci,d}}{I_i} = -\frac{2071}{0,3395} + \frac{2071 \cdot 0,542 \cdot 0,654}{0,0567} - \frac{1199 \cdot 0,654}{0,0567}$$

$$= -5,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,inf} = -5,2 \text{ (tlak) MPa} < f_{ctm} = 4,1 \text{ MPa OK}$$

3.2.3.2 Posudek separace

Průřez 1_{pt1}

$$\sigma_{h,sup} = -\frac{F_{p,sup}}{A_i} + \frac{F_{p,sup} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} - \frac{M_{g0} \cdot z_{ci,h}}{I_i} = -\frac{1088,4}{0,328} + \frac{1088,4 \cdot 0,395 \cdot 0,445}{0,028} - \frac{82 \cdot 0,445}{0,028}$$

$$= 2,28 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,sup} = 2,28 \text{ MPa} < f_{ctm}(t) = 3,07 \text{ MPa OK}$$

$$\sigma_{h,inf} = -\frac{F_{p,inf}}{A_i} + \frac{F_{p,inf} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} - \frac{M_{g0} \cdot z_{ci,h}}{I_i} = -\frac{2363}{0,328} + \frac{2363 \cdot 0,395 \cdot 0,445}{0,028} - \frac{82 \cdot 0,445}{0,028}$$

$$= 1,94 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,inf} = 1,94 \text{ MPa} < f_{ctm}(t) = 3,07 \text{ MPa OK}$$

$$\sigma_{d,sup} = -\frac{F_{k,sup}}{A_i} - \frac{F_{k,sup} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,d}}{I_i} + \frac{M_{g0} \cdot z_{ci,d}}{I_i} = -\frac{1088,4}{0,328} - \frac{1088,4 \cdot 0,395 \cdot 0,52}{0,028} + \frac{82 \cdot 0,52}{0,04}$$

$$= -9,86 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,sup} = -9,86 \text{ MPa} < 0,6f_{ck}(t) = 21,45 \text{ MPa OK, } \sigma_{d,sup} < 0,45f_{ck} = 22,5 \text{ MPa OK}$$

$$\sigma_{d,inf} = -\frac{F_{k,inf}}{A_i} - \frac{F_{k,inf} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,d}}{I_i} + \frac{M_{g0} \cdot z_{ci,d}}{I_i} = -\frac{2363}{0,328} - \frac{2363 \cdot 0,395 \cdot 0,52}{0,028} + \frac{82 \cdot 0,52}{0,028}$$

$$= -8,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,inf} = -8,78 \text{ MPa} < 0,6f_{ck}(t) = 21,45 \text{ MPa OK, } \sigma_{d,inf} < 0,45f_{ck} = 22,5 \text{ MPa OK}$$

Průřez 4 m + 1_{pt1}

$$\sigma_{h,sup} = -\frac{F_{p,sup}}{A_i} + \frac{F_{p,sup} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} - \frac{M_{g0} \cdot z_{ci,h}}{I_i} = -\frac{2612,2}{0,298} + \frac{2612,2 \cdot 0,438 \cdot 0,494}{0,035} - \frac{467 \cdot 0,494}{0,035}$$

$$= 1,44 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,sup} = 2,47 \text{ MPa} < f_{ctm}(t) = 3,07 \text{ MPa OK}$$

$$\sigma_{h,inf} = -\frac{F_{p,inf}}{A_i} + \frac{F_{p,inf} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} - \frac{M_{g0} \cdot z_{ci,h}}{I_i} = -\frac{2363,4}{0,298} + \frac{2363,4 \cdot 0,438 \cdot 0,494}{0,035} - \frac{467 \cdot 0,494}{0,035}$$

$$= 0,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,inf} = 1,6 \text{ MPa} < f_{ctm}(t) = 3,07 \text{ MPa} \text{ OK}$$

$$\sigma_{d,sup} = -\frac{F_{k,sup}}{A_i} - \frac{F_{k,sup} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,d}}{I_i} + \frac{M_{g0} \cdot z_{ci,d}}{I_i} = -\frac{2612,2}{0,298} - \frac{2612,2 \cdot 0,438 \cdot 0,550}{0,035} + \frac{467 \cdot 0,550}{0,035}$$

$$= -20,12 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,sup} = -20,12 \text{ MPa} < 0,6f_{ck}(t) = 21,45 \text{ MPa} \text{ OK}, \sigma_{d,sup} < 0,45f_{ck} = 22,5 \text{ MPa} \text{ OK}$$

$$\sigma_{d,inf} = -\frac{F_{k,inf}}{A_i} - \frac{F_{k,inf} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,d}}{I_i} + \frac{M_{g0} \cdot z_{ci,d}}{I_i} = -\frac{2363,4}{0,298} - \frac{2363,4 \cdot 0,438 \cdot 0,550}{0,035} + \frac{467 \cdot 0,550}{0,035}$$

$$= -17,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,inf} = -17,5 \text{ MPa} < 0,6f_{ck}(t) = 21,45 \text{ MPa} \text{ OK}, \sigma_{d,inf} < 0,45f_{ck} = 22,5 \text{ MPa} \text{ OK}$$

3.2.4 Konečné posouzení MSÚ

Charakteristiky průřezu 4 m + l _{ptl}		Charakteristiky průřezu 15 m	
Fáze - předpětí		Fáze - Konec životnosti	
M _{ed} [kNm]	467	M _{ed} [kNm]	2631
P _{pd} [kN]	2488	P _{pd} [kN]	2180
e _p [m]	0,565	e _p [m]	0,5573
f _{pd} [MPa]	1426	f _{pd} [MPa]	1426
σ _{kr bez pr} [MPa]		σ _{dl bez pr} [MPa]	1211

3.2.4.1 Průřez - pole

$$M_{celk} = M_{ed} - P_{pD} \cdot e_p = 2631 - 2180 \cdot 0,5573 = 1416,2 \text{ kNm}$$

$$\Delta\sigma = f_{pd} - \sigma_{p,dl,bez,pr} = 1426 - 1211 = 215 \text{ MPa}$$

$$\Delta F = \Delta\sigma \cdot A_p = 215 \cdot 1800 = 387 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{p,\infty} = \frac{\sigma_{p,dl,bez,pr}}{E_p} = \frac{1211}{195\,000} = 0,0062$$

$$\varepsilon_{py} = \frac{f_{pd}}{E_p} = \frac{1426}{195\,000} = 0,00731 \rightarrow \varepsilon_{py} \geq \varepsilon_{p,\infty} \text{ OK}$$

$$N_{celk} = P_{pD} \rightarrow N_{celk} = F_c - \Delta F \rightarrow F_c = N_{celk} + \Delta F$$

$$F_c = A_{cc} \cdot f_{cd} \rightarrow A_c \cdot f_{cd} = N_{celk} + \Delta F \rightarrow A_c = \frac{N_{celk} + \Delta F}{f_{cd}}$$

$$A_{cc} = \frac{N_{celk} + \Delta F}{f_{cd}} = \frac{2180 + 387}{33,3} = 0,077 \text{ m}^2$$

$$A_{cc} = 0,8 \cdot x \cdot b_{h,pasnice} \rightarrow 0,8x = \frac{A_{cc}}{b_{h,pasnice}} = \frac{0,077}{2,5} = 0,154 \text{ m}$$

$$0,8x = 0,154 < h_{pásnice} = 0,2 \text{ m}$$

$$x = \frac{0,154}{0,8} = 0,1925 \text{ m}$$

$$F_c = A_{cc} \cdot f_{cd} = 0,077 \cdot 33,3 = 2567 \text{ kN}$$

$$d_{p,h} = h - 175 = 1250 - 175 = 1075 \text{ mm}$$

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x} = \frac{\varepsilon_{cp,post}}{d_{p,h} - x} \rightarrow \varepsilon_{cp,post} = \frac{\varepsilon_{cu} \cdot (d_{p,h} - x)}{x} = \frac{0,0035(1075 - 192,5)}{192,5} = 0,016$$

$$\varepsilon_{cp_postl} + \varepsilon_{p_∞} = 0,0062 + 0,016 = 0,0223 > \varepsilon_{py} \text{ OK}$$

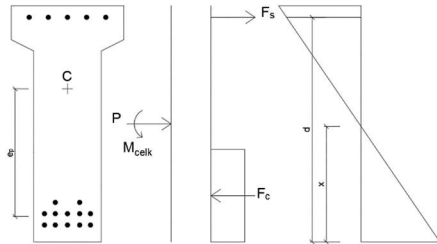
$$t_{cc} = \frac{0,8x}{2} = \frac{0,154}{2} = 0,077 \text{ m}$$

$$z_{cc} = e_{horni} - t_{cc} = 0,5 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = F_c \cdot z_{cc} + \Delta F \cdot e_p = 2567 \cdot 0,5 + 387 \cdot 0,5573 = 1507,4 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 1507,4 \text{ kNm} \geq M_{celk} = 1416 \text{ kNm OK}$$

3.2.4.2 Průřez - 4m + l_{pt1}



$$M_{g0}(4,725) = 467 \text{ kNm}$$

$$F_{p,vneseni} = n \cdot A_{p1} \cdot \sigma_{p,kratk} = 2488 \text{ kN}$$

$$e_p = 0,565 \text{ m}$$

$$f_{cd}(t) = f_{ck}(t)/1,5 = 36/1,5 = 24 \text{ MPa}$$

$$M_p = F_{p,vneseni} \cdot e_p = 2487 \cdot 0,565 = 1405 \text{ kNm}$$

$$M_{celk} = M_p - M_{g0} = 1405 - 467 = 938 \text{ kNm}$$

Návrh 5 Ø16 mm ($A_{s,prov} = 1005 \text{ mm}^2$)

$$F_c = F_s + F_{p,vneseni} = f_{yd} \cdot A_{s,prov} + 2487 = 437 + 2488 = 2925 \text{ kN}$$

$$A_{cc} \cdot f_{cd}(t) = F_s + F_{p,vneseni}$$

$$0,8x = \frac{F_s + F_{p,vneseni}}{b \cdot f_{cd}(t)} = \frac{2925 \cdot 10^3}{300 \cdot 24} = 0,406 \text{ m}$$

$$x = 0,406/0,8 = 0,508 \text{ m}$$

$$d = h - c - \phi_{tř} - \phi/2 = 1045 - 35 - 8 - 8 = 994 \text{ mm}$$

Ověření výztuže za mezí kluzu

$$\varepsilon_{sy} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{435}{200000} = 0,002175$$

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x} = \frac{\varepsilon_s}{d-x} \rightarrow \varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu} \cdot (d-x)}{x} = \frac{0,0035 \cdot (994 - 508)}{508} = 0,0033 > \varepsilon_{sy} \text{ OK}$$

$$M_{Rd} = F_c \cdot (e_{dotni} - 0,4x) + F_s \cdot (e_{horni} - c - \phi_{tř} - \phi/2) = 2925 \cdot 0,36 + 700 \cdot 0,43 = 1241 \text{ kNm} > M_{celk} = 938 \text{ kNm OK}$$

3.2.4.3 Posouzení smykové únosnosti - d od líce podpory

$$d = h - c - \phi_{tř} - \phi/2 = 900 - 35 - 8 - 8 = 849 \text{ mm}$$

Charakteristiky průřezu $x = 849 \text{ mm}$	
V _{ed} [kN]	329
b [mm]	300
d [mm]	842
A _c [m ²]	0,325

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

$$\rho_1 = 0 - \text{uvažují zatím bez výztuže}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{842}} = 1,49$$

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{min} = 0,035 k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,49^{\frac{3}{2}} \cdot 50^{\frac{1}{2}} = 0,45 \text{ MPa}$$

Pro zjednodušení uvažují napětí po ztrátách v poli.

$$N_{ed} = A_p \cdot \sigma_{p,dlouho_pr} = 5 \cdot 150 \cdot 1204 = 868,6 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{ed}}{A_c} = \frac{1806}{0,325} = 2,67 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b \cdot d + k_1 \cdot \sigma_{cp} \cdot b \cdot d \geq v_{min} \cdot b \cdot d + k_1 \cdot \sigma_{cp} \cdot b \cdot d =$$

$$[0,12 \cdot 1,49 \cdot (100 \cdot 0 \cdot 50)^{1/3}] \cdot 300 \cdot 842 + 0,15 \cdot 2,67 \cdot 300 \cdot 842 \geq 0,45 \cdot 300 \cdot 842 + 0,15 \cdot 2,67 \cdot 300 \cdot 842 \rightarrow 135 < 286 \rightarrow V_{Rd,c} = 286 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 286 \text{ kN} < V_{ed}(d) = 329 \text{ kN} \rightarrow \text{Nevyhovuje} - \text{návrh výztuže!}$$

Návrh třmínků $\phi_{tř} = 8 \text{ mm}$ á 130 mm

$$A_{s,tř1} = 100,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,tř1} \cdot f_{yd} = 43,7 \text{ kN}$$

$$\cotg\theta = 1,35$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 842 = 758 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{s,tř} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cotg\theta}{s} = \frac{100,5 \cdot 10^3}{130} \cdot 758 \cdot 435 \cdot 1,35 = 344,14 \text{ kN} > V_{ed}(d) = 329 \text{ kN} \text{ OK}$$

$$\rho_w = \frac{A_{s,tř}}{s \cdot b \cdot \sin 90} = \frac{100,5}{130 \cdot 300 \cdot 1} = 0,0029 > \rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} \cdot f_{yk} = 0,0011 \text{ OK}$$

3.2.4.4 Ověření únosnosti tlakové diagonály

3.2.4.4.1 D od líce podpory

$$\alpha_{cw} = 1,080$$

$$v_1 = 0,6$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cotg\theta + \tan\theta) = 1,08 \cdot 300 \cdot 758 \cdot 0,6 \cdot 33 \cdot (1,35 + 0,75) = 2346 \text{ kN} > V_{ed1} \text{ OK}$$

3.2.4.4.2 V podpoře

$$\alpha_{cw} = 1,080$$

$$v_1 = 0,6$$

$$V_{ed} = 349,01 \text{ kN}$$

$$d = 825 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cotg\theta + \tan\theta) = 1,08 \cdot 300 \cdot 0,9 \cdot 825 \cdot 0,6 \cdot 33 \cdot (1,35 + 0,75) = 2297 \text{ k} > V_{ed} \text{ OK}$$

3.2.4.5 Posouzení D - oblast - styčník u podpory

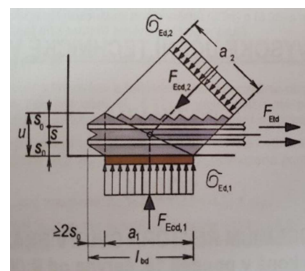
Pryžové ložisko - 125 x 300

$$a_1 = 125 \text{ mm}$$

$$\sigma_{Rd,max} = 0,85 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \cdot \frac{f_{ck}}{1,5} = 22,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Ed,1} = \frac{V_{ed}}{b \cdot a_1} = \frac{349 \cdot 10^3}{300 \cdot 125} = 8,77 \text{ MPa} < \sigma_{Rd,max} \text{ OK}$$

$$u = 35 + 8 + 16/2 = 51 + 50 + 51 = 152 \text{ mm}$$



$$\cot\theta = \frac{u}{a_1} = \frac{152}{125} = 1,216 \rightarrow \theta = 39,4^\circ$$

$$a_2 = u \cdot \cos\theta + a_1 \cdot \sin\theta = 152 \cdot \cos 39,4 + 125 \cdot \sin 39,4 = 196,8 \text{ mm}$$

$$F_{Ed,2} = \frac{V_{ed}}{\sin\theta} = \frac{349 \cdot 10^3}{\sin 39,4} = 517,8 \text{ kN}$$

$$\sigma_{Ed,2} = \frac{F_{Ed,2}}{b \cdot a_2} = \frac{517,8 \cdot 10^3}{300 \cdot 196,8} = 8,77 \text{ MPa} < \sigma_{Rd,max} \text{ OK}$$

$$F_{Ed,t} = \frac{V_{ed}}{\tan\theta} = \frac{349 \cdot 10^3}{\tan 39,4} = 400 \text{ kN}$$

Návrh výztuže 2 x 3Ø16

$$F_{Rd,t} = n \cdot A_s \cdot f_{yd} = 6 \cdot 201 \cdot 435 = 524,5 \text{ kN} > F_{Ed,t} \text{ OK}$$

3.3 Sloup - návrh

Návrh sloupu s kalichem pro osazení vazníku: $V_{sloup} = 10\,000 \text{ mm}$

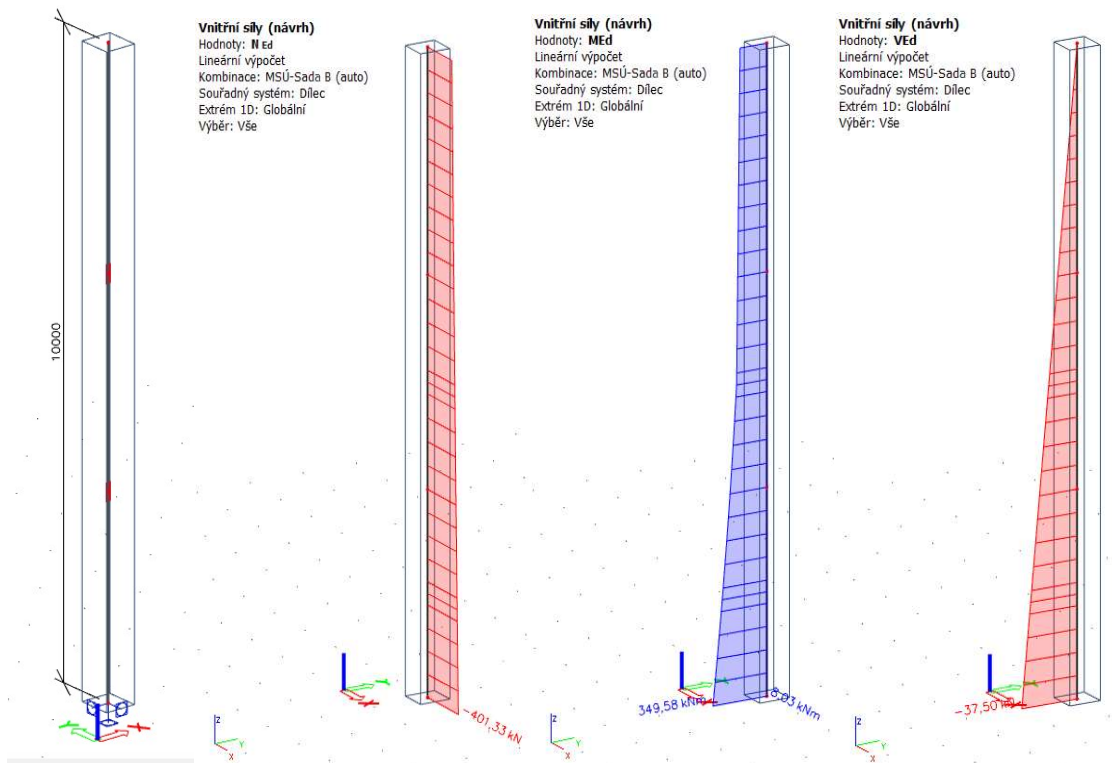
Návrh průřezu 550 x 500 mm

3.3.1 Zatížení

Stálé	F_k [kN]	γ	F_d [kN]
Vlastní tíha	$0,5 \cdot 0,55 \cdot 10 \cdot 25 = 68,78$	1,35	92,8
Vlastní tíha - vazník	116,53	1,35	335,5
Sníh	90	1,5	135
Ostatní stálé	42	1,35	53,7
Zatížení větrem - fasáda	2,5 kN/m	1,5	3,75

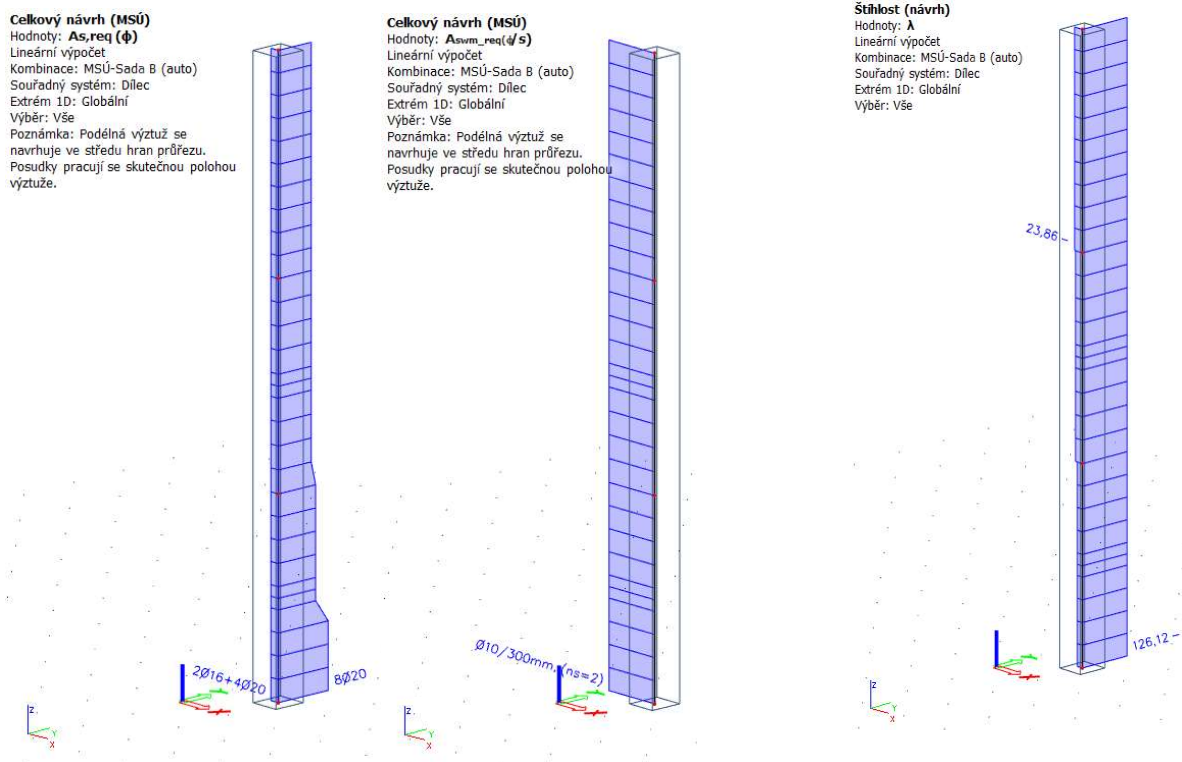
3.3.2 Návrh

Návrh a posouzení pomocí programu SCIA Engineer



Poznámky:

- Z důvodu $\lambda_y > \lambda_{lim}$ je proveden výpočet pomocí II. Řádu
- Průvlaky připojeny pomocí ocelového prvku osazeného již při betonáži v bedně
- Dopravní úchyt řešen pomocí otvoru pro transportní ocelovou tyč



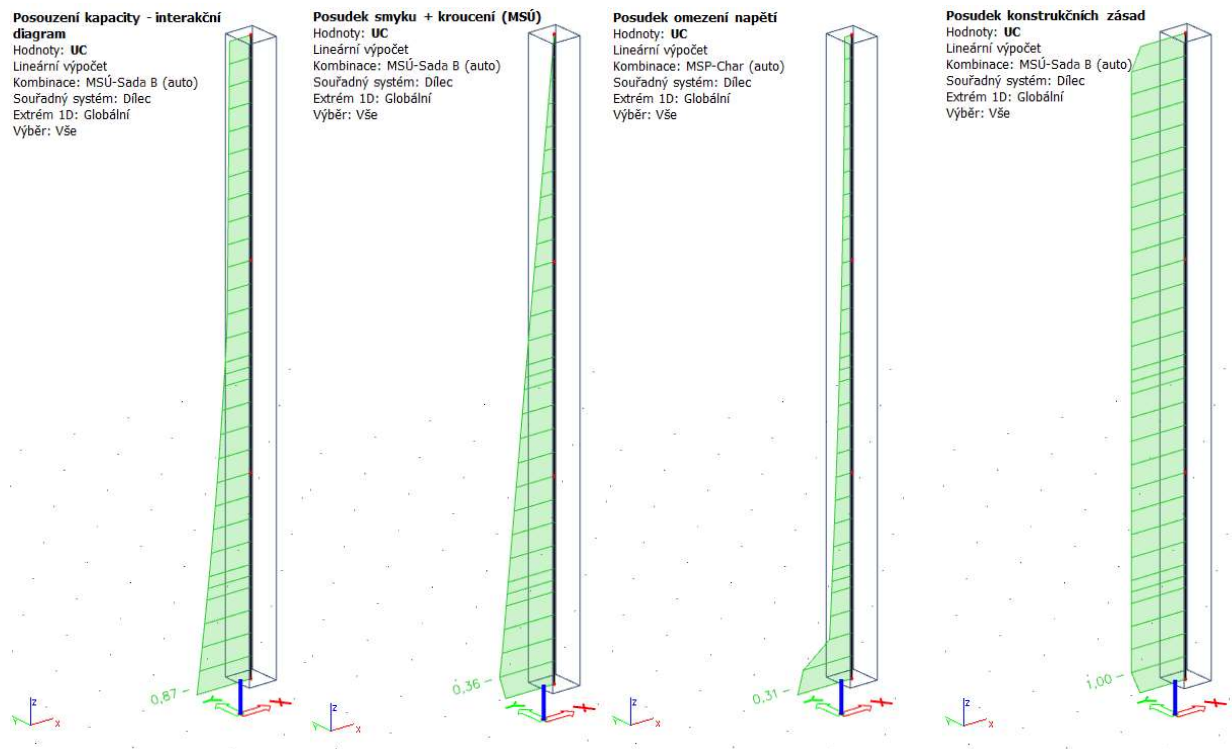
Návrh

Řez SC1		Obdélník (500; 550)
ČSN EN 1992-1-1/NA: 2011-07		Sloup B1 [dx = 0 m]
Délka prvku:	L = 10 m	Beton: C35/45
Vzpěr y-y	$L_y = 2.17$ m (neposuvný)	Bilineární pracovní diagram
Vzpěr z-z	$L_z = 20$ m (posuvný)	Třída prostředí: XC1
	3 ϕ 20 (942 mm ²)	Podélná výztuž: B 500B
	2 ϕ 20 (628 mm ²)	Bilineární s nakloněnou horní větví
	2 ϕ 20 (628 mm ²)	10 ϕ 20 mm ($A_s = 3142$ mm ²)
	3 ϕ 20 (942 mm ²)	$\rho_l = 1,142$ % (24.7 kg/m)
	ϕ 10/300 mm, ns=2	Smyková výztuž: B 500B
		Bilineární s nakloněnou horní větví
		ϕ 10/300 mm ($n_s = 2$) ($A_{sw} = 157$ mm ²)
		$\rho_w = 0,230$ % (4.96 kg/m) ($A_{swm} = 632$ mm ² /m)
		Krytí (třmínek)
		Horní: 30 mm
		Spodní: 30 mm
		Levý: 30 mm
		Pravý: 30 mm

Shrnutí posudku

N	N _{Ed}	N _{Rd+}	M _y	M _{Edy}	M _{Rdy+}	M _{Rdy-}	UC	Stav
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[-]	
-396	-396	288	0	7.92	9.12	-5.75	0.868	OK
		-456	188	363	419	-264		M _{Edz} /M _{Rdz}

Posouzení



3.3.3 Vidlice návrh

Vidlice musí odolávat především zatížení větrem v počátečním stádiu. Výpočet lze zjednodušit na konzolové působení.

$$w = 3,75 \text{ kN/m}$$

$$L = 0,8 \text{ m}$$

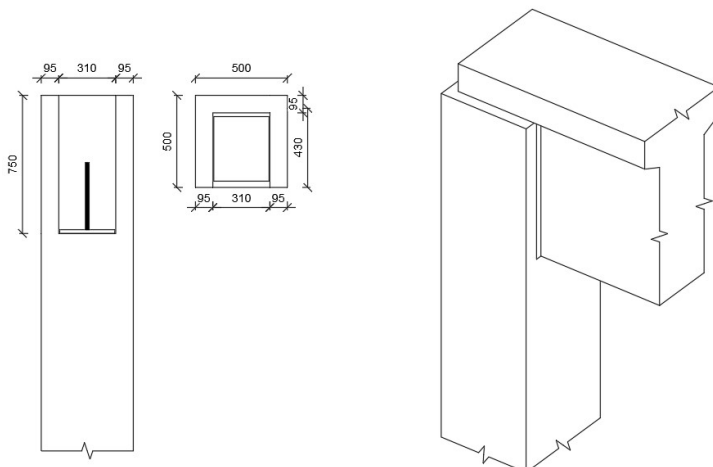
$$M_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot w \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 3,75 \cdot 0,8 = 1,5 \text{ kNm}$$

Geometrie vidlice: Šířku jedné vidlice uvažuji podle literatury: [M. Zich - Montované betonové konstrukce]

$$b = 70 \text{ mm}$$

$$L = 750 \text{ mm}$$

Vyztužení: Uvažuji vytažení hlavní nosné výztuže až do vidlice → Návrhový moment pro $M_{Rdz} = 419 \text{ kNm}$ - dostatečná rezerva i pro případný ohled na příčnou stabilitu



3.4 Návrh přepravních úchytů

Sloup:

Sloup bude na stavbě zvedán pomocí otvoru na provlečení transportní tyče v závěsu. Otvor bude dostatečně veliký pro provlečení tyče a při vyztužení bude zajištěno olemování. Vyztužení olemováním viz. výkresy výtzuže.

Návrh úchytů pro horizontální přepravu:

Tíha sloupu

$$G = 0,5 \cdot 0,55 \cdot 10 \cdot 25 = 68,75 \text{ kN} \rightarrow 6,9 \text{ t}$$

Plocha dolního bednění

$$A = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ m}^2$$

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

Dynamický součinitel při dopravě

$$f = 1,5$$

Celkové zatížení:

- Zvedání

$$V = G + A \cdot q = 78,75 \text{ kN} \rightarrow 7,9 \text{ t}$$

- Doprava

$$V = G \cdot f = 103,2 \text{ kN} \rightarrow 10,3 \text{ t}$$

Úhel sklonu lana

$$\beta = 45^\circ \rightarrow z = 1,41$$

Počet úchytů

$$n = 2$$

Dimenzační tahová síla - pro jeden úchyt

$$F = z \cdot V/n = 1,41 \cdot 103,2/2 = 72,8 \text{ kN}$$

Návrh 2x úchyt s kulovou hlavou - 6000-7.5-0200

Tab. 12 Únosnosti přepravních úchytů s kulovou hlavou ve stropních prvcích při libovolném směru tahu

hmotnostní skupina	označení bez povrchové úpravy	délka přepravních úchytů l [mm]	příp. únosnost v kN při minimální tloušťce desky B ₂ [mm]	pevnost betonu v tlaku			příp. únosnost v kN při normální tloušťce desky B ₃ [mm]	pevnost betonu v tlaku			minimální osová vzdálenost e _z [mm]
				*15 N/mm ²	25 N/mm ²	35 N/mm ²		*15 N/mm ²	25 N/mm ²	35 N/mm ²	
1,3	6000- 1.3-0040	40	75	7,8	10,0	11,9	90	8,8	11,3	13,0	135
	6000- 1.3-0050	50	85	10,1	13,0	13,0	110	12,0	13,0	13,0	165
	6000- 1.3-0065	65	100	13,0	13,0	13,0	140	13,0	13,0	13,0	210
	6000- 1.3-0085	85	120	13,0	13,0	13,0	180	13,0	13,0	13,0	270
	6000- 1.3-0120	120	155	13,0	13,0	13,0	250	13,0	13,0	13,0	375
2,5	6000- 2.5-0055	55	90	11,2	14,5	17,1	120	13,3	17,2	20,4	180
	6000- 2.5-0065	65	100	13,8	17,8	21,1	140	17,0	22,0	25,0	210
	6000- 2.5-0085	85	120	19,5	25,0	25,0	180	25,0	25,0	25,0	265
	6000- 2.5-0120	120	155	25,0	25,0	25,0	250	25,0	25,0	25,0	375
	6000- 2.5-0170	170	205	25,0	25,0	25,0	350	25,0	25,0	25,0	520
4,0	6000- 4.0-0075	75	115	17,5	22,6	26,8	165	22,2	28,7	33,9	240
	6000- 4.0-0100	100	140	25,3	32,7	38,6	215	33,6	40,0	40,0	320
	6000- 4.0-0170	170	210	40,0	40,0	40,0	355	40,0	40,0	40,0	540
	6000- 4.0-0210	210	250	40,0	40,0	40,0	435	40,0	40,0	40,0	650
5,0	6000- 5.0-0085	85	125	20,1	26,0	30,8	180	25,7	33,1	39,2	270
	6000- 5.0-0095	95	135	23,3	30,0	35,5	200	30,2	39,0	46,2	300
	6000- 5.0-0120	120	160	31,7	41,0	48,5	250	42,7	50,0	50,0	375
	6000- 5.0-0180	180	220	50,0	50,0	50,0	370	50,0	50,0	50,0	555
	6000- 5.0-0240	240	280	50,0	50,0	50,0	490	50,0	50,0	50,0	735
7,5	6000- 7.5-0100	100	140	24,5	31,6	37,4	205	31,6	40,9	48,3	309
	6000- 7.5-0120	120	160	31,3	40,4	47,8	245	41,7	53,8	63,6	370
	6000- 7.5-0140	140	180	38,6	49,9	59,0	285	52,6	67,9	75,0	430
	6000- 7.5-0165	165	205	48,6	62,7	74,2	335	67,6	75,0	75,0	505
	6000- 7.5-0200	200	240	63,8	75,0	75,0	405	75,0	75,0	75,0	610
	6000- 7.5-0300	300	340	75,0	75,0	75,0	605	75,0	75,0	75,0	910

Vaznice:

Návrh úchytů:

Tíha vaznice

$$G = 0,14 \cdot 0,33 \cdot 5 \cdot 25 = 5,775 \text{ kN} \rightarrow 0,57 \text{ t}$$

Plocha dolního bednění

$$A = 0,33 \cdot 5 = 1,65 \text{ m}^2$$

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

Dynamický součinitel při dopravě

$$f = 1,5$$

Celkové zatížení:

- Zvedání

$$V = G + A \cdot q = 9,075 \text{ kN} \rightarrow 0,9 \text{ t}$$

- Doprava

$$V = G \cdot f = 8,66 \text{ kN} \rightarrow 0,86 \text{ t}$$

Úhel sklonu lana

$$\beta = 45^\circ \rightarrow z = 1,41$$

Počet úchytů

$$n = 2$$

Dimenzační tahová síla - pro jeden úchyt

$$F = z \cdot V/n = 1,41 \cdot 9,075/2 = 6,4 \text{ kN}$$

hmotnostní skupina	označení bez povrchové úpravy	délka přepravních úchytů l [mm]	přip. únosnost v kN při minimální tloušťce desky B2			přip. únosnost v kN při normální tloušťce desky B3			minimální osová vzdálenost e_z [mm]		
			tloušťka desky B2 [mm]	*15 N/mm ²	25 N/mm ²	35 N/mm ²	tloušťka desky B3 [mm]	*15 N/mm ²		25 N/mm ²	35 N/mm ²
1,3	6000- 1.3-0040	40	75	7,8	10,0	11,9	90	8,8	11,3	13,0	135
	6000- 1.3-0050	50	85	10,1	13,0	13,0	110	12,0	13,0	13,0	165
	6000- 1.3-0065	65	100	13,0	13,0	13,0	140	13,0	13,0	13,0	210
	6000- 1.3-0085	85	120	13,0	13,0	13,0	180	13,0	13,0	13,0	270
	6000- 1.3-0120	120	155	13,0	13,0	13,0	250	13,0	13,0	13,0	375

Návrh 2x úchyt s kulovou hlavou - 6000-1.3-0040

Vazník:

Vazník bude zvedán dvěma kolovými jeřáby s dostatečnou únosností. Uvažují osazení kotevních úchytů (1 kus na každé straně)

Tíha vazníku

$$G = 233 \text{ kN} \rightarrow 23,3 \text{ t}$$

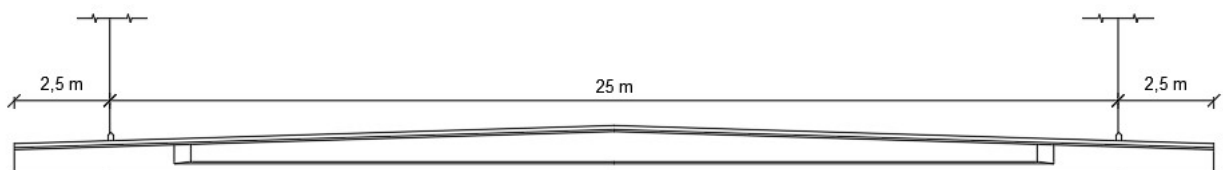
Plocha dolního bednění

$$A = 0,4 \cdot 30 = 12 \text{ m}^2$$

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

Dynamický součinitel při dopravě

$$f = 1,5$$



Celkové zatížení:

- Zvedání
 $V = G + A \cdot q = 257 \text{ kN} \rightarrow 25,7 \text{ t}$
- Doprava
 $V = G \cdot f = 349,5 \text{ kN} \rightarrow 35 \text{ t}$

Úhel sklonu lana

$$\beta = 0^\circ \rightarrow z = 1$$

Počet úchytů na každé straně

$$n = 1$$

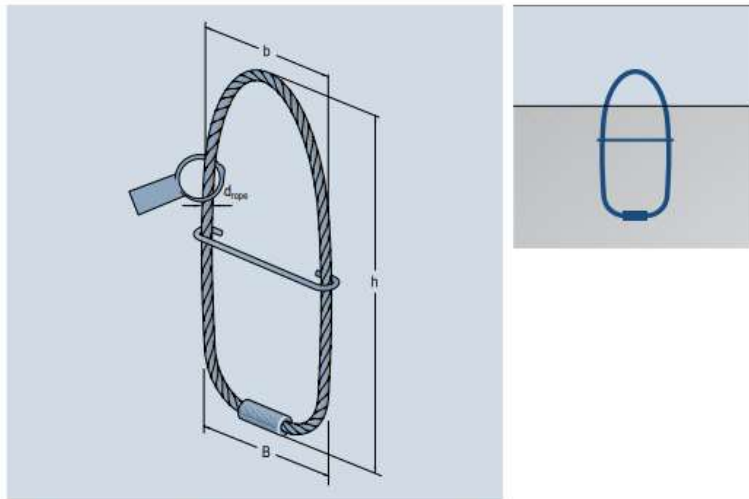
Dimenzační tahová síla - pro jeden úchyt

$$F = z \cdot V/n = 1 \cdot 350/2 = 175 \text{ kN}$$

Pozn.: Výpočet podle TL DEHA závěsy

Návrh 2x úchyt PFEIFER BS ANCHORS 05.020.280.3

Material:
Flexible steel wire rope
Swaged ferrule



Ref. No.	Type/ Size	N _{R, perm} kN	Dimensions mm				Weight approx. kg/piece
			h	B	b	d _{roppe} ¹⁾	
05.020.280.3	BS 28	280	680	360	262	32	9,64
05.020.320.3	BS 32	320	770	400	332	36	10,04
05.020.370.3	BS 37	370	950	440	380	36	15,14
05.020.420.3	BS 42	420	1000	480	418	40	19,23
05.020.470.3	BS 47	470	1100	520	438	44	20,87
05.020.520.3	BS 52	520	1200	550	456	44	27,00
05.020.570.3	BS 57	570	1350	600	500	48	30,75
05.020.650.3	BS 65	650	1430	690	600	46	36,01
05.020.750.3	BS 75	750	1530	760	700	50	46,02
05.020.850.3	BS 85	850	1680	850	760	52	55,06

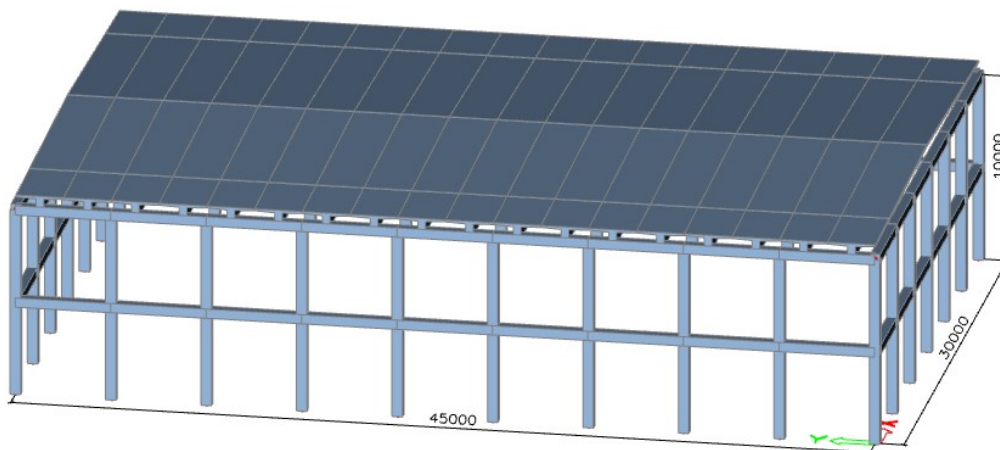
¹⁾ The given wire rope diameter is only an indication and may vary depending on wire rope construction.

Sample order

16 PFEIFER BS Anchors BS 65:

16 PFEIFER BS Anchors, ref. no. 05.020.650.3

4 Statický výpočet - konstrukční řešení deskový vazník



Základní popis konstrukčního řešení:

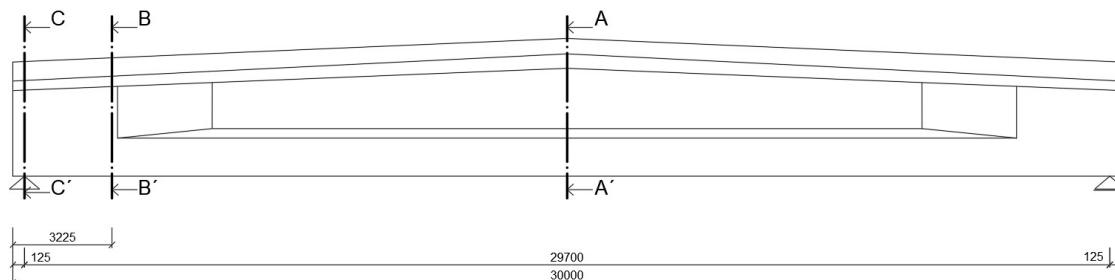
Jedná se o samostatně dilatovanou skeletovou halu. Svislé nosné prvky tvoří obvodové prefabrikované sloupy založené pomocí kalichových patek. Sloupy mají ve dvou úrovních navržené oboustranné konzolky, na které jsou (pomocí trnu a pryžového ložiska) osazeny průvlaky.

Průvlaky v dolní úrovni slouží především jako ztužující, jinak nenosné, prvky. Na průvlaky v druhé výškové úrovni (osazeny stejným způsobem) jsou uloženy pomocí pryžových ložisek hlavní vodorovné nosné prvky haly, předem předpínané deskové vazníky. Desku tvoří horní pásnice vazníku. Vazník se navrhuje od určitého průřezu vylehčený a s proměnnou výškou, která zajistí nutný sklon pro odvod vody. Deskové vazníky budou v rovině horní pásnice spojeny mezi sebou pro vytvoření tuhého střešní pláště. Spoje se budou realizovat pomocí ocelových přivařovaných tyčí.

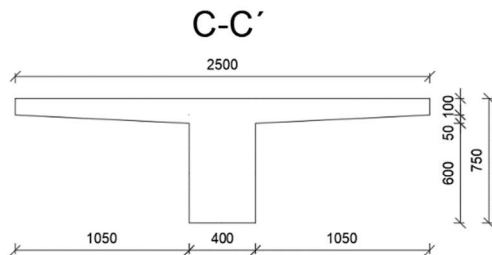
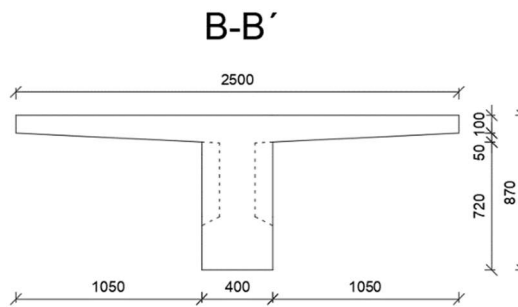
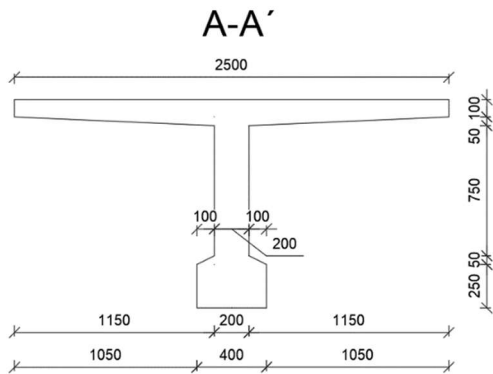
Předpokládané vlastnosti jednotlivých materiálů:

- Beton:
 - Předpjatý vazník: C 50/60 XC1 - D_{max} 16, $E_{cm} = 36,8$ MPa
 - ŽB průvlaky, sloupy: C 30/37 XC1 - D_{max} 16, C 50/60 XC1 - D_{max} 16,
- Betonářská ocel: B 500 B
- Předpínací ocel: Y1860 - S7 - 15,7 - R2

1.1 Návrh deskového vazníku



Sklon: $\alpha = 3\%$
Min. výška: $v_{min} = 750$ mm
Max. výška: $v_{max} = 1200$ mm



Průřezové charakteristiky z MS Excel

Charakteristiky průřezu Řez A-A'		Charakteristiky průřezu Řez B-B'		Charakteristiky průřezu Řez C-C'	
x [m]	0	x [m]	15	x [m]	3,225
A _c [m ²]	0,74	A _c [m ²]	0,74	A _c [m ²]	0,61
c _y [m]	1,25	c _y [m]	1,25	c _y [m]	1,25
c _z [m]	0,23	c _z [m]	0,3	c _z [m]	0,266
I _y [m ⁴]	0,03	I _y [m ⁴]	0,08	I _y [m ⁴]	0,04
e _d [m]	0,57	e _d [m]	0,8	e _d [m]	0,581
e _h [m]	0,23	e _h [m]	0,3	e _h [m]	0,266
W _{yd} [m ³]	0,06	W _{yd} [m ³]	0,1	W _{yd} [m ³]	0,069
W _{yh} [m ³]	0,15	W _{yh} [m ³]	0,27	W _{yh} [m ³]	0,149

Vlastní tíha vazníku

Výpočet pomocí MS Excel (s uvažováním $g = 10 \text{ m/s}^2$)

$$G_{\text{vazník}} = 414 \text{ kN} \sim 40,14 \text{ tun}$$

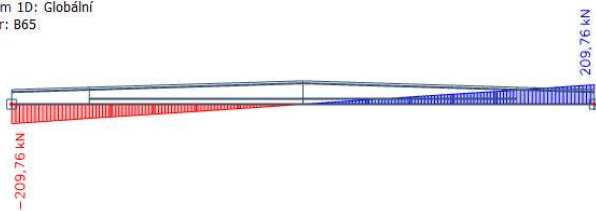
Vnitřní síly od vlastní tíhy

MS Excel - $V_{g0} = 209,76 \text{ kN}$, $M_{g0} = 1573,1 \text{ kN}$

Kontrola pomocí SCIA Engineer

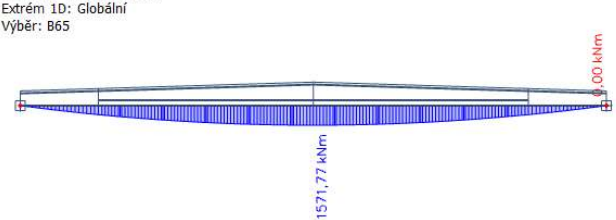
1D vnitřní síly

Hodnoty: V_z
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS1
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Globální
Výběr: B65



1D vnitřní síly

Hodnoty: M_y
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: ZS1
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Globální
Výběr: B65



1.2 Návrh předpjatého vazníku

Pozn.: Ošetřování převzato ze statického výpočtu výše, nemění se typ ošetřování.

$$\beta_{cc}(t) = e^{s \cdot \left(1 - \frac{28}{t_T}\right)^{0.5}} = e^{0,2 \cdot \left(1 - \frac{28}{4,822}\right)^{0.5}} = 0,75$$

1.1.1 Materiálové vlastnosti

Volba materiálu											
Betonářská výztuž			Předpínací výztuž			Beton			Beton v čase		
f _{yk}	500	MPa	Y1770 - 15,2			C	50	60	t =	4,822	
Ø	16	mm	f _{pk}	1770	MPa	E _{cm}	36,8	Gpa	E _{cm} (t)	34	Gpa
Ø _ř	8	mm	f _{p,01,k}	1520	MPa	f _{ck}	50,0	MPa	f _{ck} (t)	36	MPa
Krytí			Ø	15,2	mm	f _{cd}	33,3	MPa	β _{cc} (t)	0,75	-
C - B500B	30	mm	A _p	140	mm ²	f _{ctm}	4,1	MPa	f _{ctm} (t)	3,07	MPa
C - před.	35	mm	E _p	195	Gpa	f _{cm}	58,0	MPa	f _{cm} (t)	44	MPa

1.1.2 Návrhové kombinace podle MSP a MSÚ

Návrhové kombinace							
Průřez		0	725	4000	4725	15000	
MSÚ	M _{ed} [kNm]	6.10	0,0	251,3	1226,3	1406,7	2661,4
		6.10a	0,0	203,5	992,3	1138,0	2155,2
		6.10b	0,0	220,7	1077,5	1236,0	2338,1
	V _{ed} [kN]	6.10	355,2	337,9	256,8	240,7	0,0
		6.10a	287,7	273,6	207,3	194,4	0,0
		6.10b	312,1	296,8	225,7	211,5	0,0
Charakteristická kombinace	M _{e,ch}	6.14b	0,0	182,6	891,1	1022,1	1933,9
	V _{e,ch}	6.14b	258,1	245,5	186,6	174,8	0,0
Častá kombinace	M _{e,c}	6.15b	0,0	150,8	735,1	842,9	1596,4
	V _{e,c}	6.15b	213,1	202,7	153,6	144,0	0,0
Kvazistálá kombinace	M _{e,k}	6.16b	0,0	150,8	735,1	842,9	1596,4
	V _{e,k}	6.16b	213,1	202,7	153,6	144,0	0,0

Návrh velikost předpětí a nutného počtu lan

A	582500	mm ²	0,5825	m ²
yc	1249,86	mm	1,24986	m
zc	378,755	mm	0,38	m
I _y	9,6E+10	mm ⁴	0,10	m ⁴
I _z	1,5E+11	mm ⁴	1,5E-01	m ⁴
e _{dolní}	821,245	mm	0,82	m
e _{horní}	378,755	mm	0,38	m
W _{yd}	1,2E+08	mm ³	0,12	m ³
W _{yh}	2,5E+08	mm ³	0,25	m ³
h	1200	mm	1,2	m
e _p	600	mm	0,6	m
x	15000	mm		

Návrh počtu předpínacích lan			
σ _d - konec živ.	0	MPa	Předběžná hodnota napětí, kterou chceme v dolních vláknech na konci životnosti
e _p - teor	0,6	m	Teoretická excentricita lan - pro kritický průřez (pole)
Teoretická předpínací síla			
F _{p,∞,k}	1996	kN	Teoretická velikost předpínací síly na konci životnosti - moment od časté kombinace
F _{p,0}	2348	kN	Teoretická velikost předpínací síly na začátku životnosti (+15% ztráty)
Teoretické předpínací napětí			
σ _{p,max}	1476	MPa	Maximální přípustné napětí ve výztuži během předpínání čl. 5.10.2.1
σ _{p,0}	1394	MPa	Maximální přípustné napětí po unesení předpětí (-5% kratkodobé ztráty) čl. 5.10.3
A _p	1684	mm ²	Nutná plocha lan
Návrh lan a předpínací síly			
n	12	ks	Počet lan
Z výpočtu			11,23 ks
F _p	2509	kN	Velikost předpínací síly na začátku životnosti
F _{p,∞,k}	2133	kN	Velikost předpínací síly na konci životnosti (-15% ztráty)

$$\sigma_d = -\frac{F_{p,\infty,k}}{A_c} - \frac{F_{p,\infty,k} \cdot e_{p,theor}}{W_{yd}} + \frac{M_{cast}}{W_{yd}} \leq 0$$

$$F_{p,\infty,k} = \frac{M_{cast}}{W_{yd}} / \left(\frac{1}{A_c} + \frac{1}{e_{p,theor}} \right)$$

$$F_{P,0,k} = \frac{F_{P,\infty,k}}{1 - 0,15}$$

$$\sigma_{p,max} = \min(0,8f_{pk}; 0,9f_{p01k})$$

$$\sigma_{p,0} = \min(0,75f_{pk}; 0,85f_{p01k})$$

$$A_p = \frac{F_{P,0,k}}{\sigma_{p,0}} \rightarrow \text{Návrh lan}$$

$$F_{P,0} = n \cdot A_{p1} \cdot \sigma_{p,0}$$

$$F_{P,\infty} = \frac{F_{P,0}}{1 - 0,15}$$

Posouzení průřezů - střed pole A-A'

POZN. Uvažuji e_{p_teor} a celkové ztráty 20%

$$\sigma_{h_char} = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} + \frac{F_{P,\infty} \cdot e_p}{W_{yh}} - \frac{M_{char}}{W_{yh}} \leq 0,6f_{ck}$$

$$\sigma_{d_char} = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} - \frac{F_{P,\infty} \cdot e_p}{W_{yd}} + \frac{M_{char}}{W_{yd}}$$

$$\sigma_{h_kvazi} = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} + \frac{F_{P,\infty} \cdot e_p}{W_{yh}} - \frac{M_{kvazi}}{W_{yh}} \leq 0,45f_{ck}$$

Posouzení průřezu ve středu - pro teoretický návrh e_p					
Střed pole					
σ_{h_char}	6,25	<	30	Posouzení maximálního napětí < 0,6f _{ck} , nezávažné	Vyhovuje
σ_{h_kvazi}	4,92	<	22,5	Posouzení lineárního dotvarování < 0,45f _{ck}	Vyhovuje
σ_{d_char}	1,96				

Přenášecí délka

$$f_{ctm}(t_T) = f_{ctm} \cdot \beta_{cc}$$

$$l_{pt} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \Phi_p \cdot \sigma_{p,0} / f_{bpt}$$

$$f_{ctd}(t_T) = 0,7 \cdot \frac{f_{ctm}(t_T)}{1,5}$$

$$l_{pt1} = 0,8l_{pt}$$

$$f_{bpt} = \eta_{p1} \cdot \eta_1 \cdot f_{ctd}(t_T)$$

$$l_{pt2} = 1,2l_{pt}$$

Délka přenosu síly pomocí soudržnosti předem předpjaté výztuže [čl.8.10.2.2]		
η_{p1}	3,2 -	Součinitel - druh předpínacích vložek (2,7 dráty s vtisky, 3,2 pro 3 - 7 drátová lana)
η_1	1 -	Součinitel - podmínky soudržnosti (1 - dobré, 0,7 - ostatní případy)
t	4,822 dny	Doba předpínání (Ize zohlednit i ošetřování)
$f_{ctm}(t)$	3,07 MPa	Průměrná pevnost betonu v tahu v době uvolňování
$f_{ctd}(t)$	1,43 MPa	Návrhová hodnota pevnosti betonu v tahu v době uvolňování
f_{bpt}	4,59 MPa	Napětí v soudržnosti mezi betonem a lanem
α_1	1 -	Uvolňování lan (1 - postupně, 1,25 - náhlé)
α_2	0,19 -	0,25 - Vložky s kruhovým průřezem, 0,19 pro 3 - 7 drátová lana
l_{pt}	907 mm	Vzdálenost od konce prvku, kde dochází k celkové zatížení průřezu od předpětí
l_{pt1}	725 mm	Návrhová hodnota délky přenosu
l_{pt2}	1088 mm	Návrhová hodnota délky přenosu
l_{dis}	1176 mm	Vyrovňovací délka - lineární rozdělení napětí po průřezu (D - B oblast)

Posouzení průřezů - u podpory + l_{pt1}

POZN. Uvažuji e_{p_teor} snížené v závislosti na excentricitě daného průřezu a celkové ztráty 20%

$$f_{ck}(t_T) = f_{cm}(t_T) - 8$$

Posouzení při vnesení předpětí

$$\sigma_h = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} + \frac{F_{P,0} \cdot e_{p_teor_pod}}{W_{yh}} \leq 0,75 f_{ctm}$$

$$\sigma_d = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} - \frac{F_{P,0} \cdot e_{p_teor_pod}}{W_{yd}} \leq 0,6 f_{ck}(t_T)$$

Posouzení na konci životnosti

$$M_{g0_pod} = 148 \text{ kNm}$$

$$\sigma_h = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} + \frac{F_{P,0} \cdot e_{p_teor_pod}}{W_{yh}} - \frac{M_{g0_pod}}{W_{yh}} \leq 0,75 f_{ctm}$$

$$\sigma_d = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} - \frac{F_{P,0} \cdot e_{p_teor_pod}}{W_{yd}} + \frac{M_{g0_pod}}{W_{yd}} \leq 0,45 f_{ck}$$

A	571200	mm ²	0,571	m ²
yc	1250	mm	1,25	m
zc	237,65	mm	0,238	m
Iy	3,04E+10	mm ⁴	0,03	m ⁴
Iz	1,53E+11	mm ⁴	0,153	m ⁴
e _{dolní}	534,10	mm	0,534	m
e _{horní}	237,65	mm	0,238	m
W _{yd}	5,70E+07	mm ³	0,057	m ³
W _{yh}	1,28E+08	mm ³	0,128	m ³
h	771,75	mm	0,772	m
e _p	312,86	mm	0,313	m
x	725	mm		

U podpory		x =	725	mm		
σ _h - zacatek živ.	1,73	<	3,07	Pos.max.napětí betonu v tahu < 0,75f _{ctm}		Vyhovuje
σ _h - konec živ.	0,32	<	3,05	Pos.max.napětí betonu v tahu < 0,75f _{ctm}		Vyhovuje
σ _d - zacatek živ.	18,16	<	21,45	Pos.max.napětí betonu v tlaku < 0,6f _{ck} (t ₀)		Vyhovuje
σ _d - konec živ.	15,44	<	22,50	Pos.max.napětí betonu v tlaku < 0,45f _{ck}		Vyhovuje
Pokud průřez nad podporou nevyhoví, vhodné použít separaci lan						

Posouzení vyhovuje pro teoretickou předpínací sílu. Po výpočtu ztrát je potřeba ověření provést znova!

Ztráty krátkodobé - střed pole

• Ztráta pokluzem

$$\Delta\sigma_{p,pokluz} = -\frac{\Delta_{pokluz} \cdot E_p}{l_p}$$

• Průměrná ztráta přetvořením kotevního zařízení

$$\Delta\sigma_{p,pretvoreni} = E_p \frac{\Delta_{pretvoreni}^{(m-1)}}{l_d \cdot 2 \cdot m}$$

Δ _{pokluz}	6	mm	Hodnota pokluzu
l _p	52000	mm	Délka lan
Δσ _{p,pokluz}	-22,50	MPa	Ztráta pokluzem

Δ _{přetvoření}	4	mm	Hodnota pokluzu
l _a	50000	mm	Délka dráhy
m	12	ks	Počet postupně napínaných vložek
Δσ _{p,přetvoreni}	-7,15	MPa	Ztráta přetvořením

•Ztráta krátkodobou relaxací

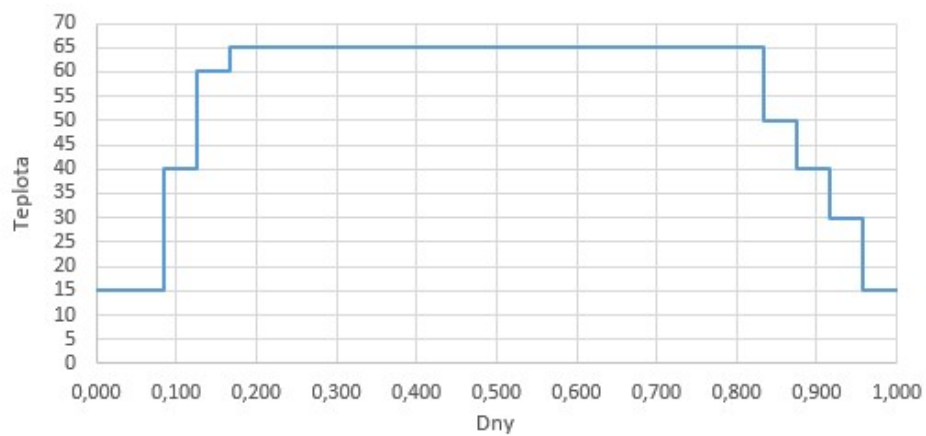
$$t_e = \left(\left(\frac{\Delta\sigma_{p,i_0}}{-0,66 \cdot 10^{-5} \cdot (\sigma_{p,t_0.083} - \Delta\sigma_{p,i_0}) \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \cdot \mu}} \right)^{\frac{1}{0,75 \cdot (1-\mu)}} \right) \cdot 1000$$

$$\Delta\sigma_p = -0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \cdot \mu} \cdot \left(\frac{t_{podrzeni}}{1000} \right)^{0,75 \cdot (1-\mu)} \cdot 10^{-5} \cdot \sigma_{p,max}$$

$$\mu = \frac{\sigma_{p,max}}{f_{pk}}$$

$$t_{ekv} = \frac{1,14^{T_{max}-20}}{T_{max} - 20} \sum_{i=1}^n (T_{(\Delta t_i)} - 20) \Delta t_i$$

$$\Delta\sigma_{p,relax} = \left(-0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \cdot \mu} \cdot \left(\frac{t_e + \Delta t_{i,1}}{1000} \right)^{0,75 \cdot (1-\mu)} \cdot 10^{-5} \cdot \sigma_{p,t_0.083} \right) - \Delta\sigma_{p,i_0}$$



tř.	2	Relaxační třída - lana s nízkou relaxací
ρ_{1000}	2,5 %	Ztráta relaxací 1000 hodin po napnutí. Při průměrné teplotě 20 °
t_{cor}	0,083 hod	Snížení relaxace podržením konstantního napětí (obvykle $t = 5 \text{ min}$)
σ_{pi}	1476 MPa	Maximální přípustné napětí ve výztuži během předpínání čl. 5.10.2.1
μ	0,79	-
$\Delta\sigma_{pr}^{cor}$	-7,78 MPa	Velikost ztráty, kdybychom nepodrželi napětí
čl.10.3.2		Uvážení relaxační ztráty s přihlednutím k účinku vzrůstu teploty během ošetřování
Relaxace se během tepelného ošetřování zrychluje současně s teplotním přetvořením		
t_{eq}	6812,7 hod	Ekvivalentní časová délka, která se přidá jako ztráta při tepelném proteplování
$t_{cor} = t_i$	0,083 hod	
t_{i+1}	6836,7 hod	Čas po 1 dni se zahrnutím ekvivalentní ztráty
Relaxaci výztuže podle přílohy D [1]		
σ_{pi}	1476 MPa	Tahové napětí v předpínací vložce bezprostředně před okamžikem t_i
σ_{pi+}	1446 MPa	Tah. nap. v předp. vlož. bezpro. po okam. t_i (pokluzu a přetvoření opěr + podržení napětí)
μ	0,782	
$\sigma_{p,i-1}$		Tahové napětí v předpínací vložce v přecházejícím stádiu
$\Delta\sigma_{pr,i}$	-7,78 MPa	Absolutní hodnota ztráty relaxací během uvažovaného stádia stádia
Řešení rovnice pro $t_e =$		
$\sum_{j=1}^{i-1} \Delta\sigma_{pr,j} = -0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \cdot \mu} \left(\frac{t_e}{1000}\right)^{0,75(1-\mu)} \cdot \left\{ \sigma_{pi}^+ - \sum_{j=1}^{i-1} \Delta\sigma_{pr,j} \right\} \cdot 10^{-5}$		
t_e	0,291 hod	Ekvivalentní čas pro ztráty, které již proběhly
Δt_i	6836,6	$\Delta t_i = t_{i+1} - t_i$
$\Delta\sigma_{pr,i}$	-32,4 MPa	Konečná ztráta relaxací výztuže pro $t = 1 \text{ den}$

•Ztráta rozdílem teplot výztuže a kotevního zařízení

$$\Delta\sigma_{p,teplota} = E_p \frac{\alpha_d \cdot l_d \cdot (T_d - T_0) - \alpha_p \cdot l_p \cdot (T_p - T_0)}{l_p}$$

•Ztráta pružným přetvořením betonu

$$E_{cm}(t_T) = \left(\frac{f_{cm}(t_T)}{f_{cm}}\right)^{0,3} \cdot E_{cm}$$

$$v = \frac{A_p \cdot E_p}{A_p \cdot E_{cm}(t_T)}$$

$$\psi = v \cdot \left(1 + \frac{A_c \cdot e_p^2}{I_c}\right)$$

$$\Delta\sigma_{p,pruzne} = \Delta\sigma_{p,e} = -\frac{\sigma_{p,kratk} \cdot \psi}{1 + \psi}$$

•Působení vlastní tíhy - přetvoření

T_A	50 °C	Teplota kotevního bloku
T_p	65 °C	Teplota výztuže
α_A	1E-05 K ⁻¹	Teplotní roztažnost výztuže
α_p	1E-05 K ⁻¹	Teplotní roztažnost výztuže
l_A	50000 mm	Délka dráhy
l_p	52000 mm	Délka lana
T_0	15 °C	Teplota ve výrobě
$\Delta\sigma_{pT}$	-31,88 MPa	Ztráta rozdílem teplot

a) Pružným přetvořením betonu při předpínání od účinků předpětí		
v	0,0182	$\psi = v \cdot \left(1 + \frac{A_c \cdot e_p^2}{I_c}\right) \quad v = \frac{A_p \cdot E_p}{A_c \cdot E_{cm}(t)} \quad \Delta\sigma_{pr} = -\sigma_p \cdot \psi / (1 + \psi)$
ψ	0,074	
$\Delta\sigma_{pe}$	-95,2 MPa	Uvažovány vzorce - podle J.Navrátíl skriptu [4.29] aj.
b) Pružným přetvořením betonu při předpínání od účinků vlastní tíhy		
M_{e0k}	1571,1 kNm	Beton nám svou vlastní tíhou pomáhá proti účinku přetvoření
$\Delta\sigma_{pe0}$	63,09 MPa	

x	15000	mm	15	m	Vzdálenost ve které probíhá posouzení
a _p	111,67	mm	0,11167	m	Těžiště lan od spodního povrchu
d _p	1088,33	mm	1,08833	m	Těžiště lan od horního povrchu
e _p	709,58	mm	0,70958	m	Skutečná excentricita lan od těžiště betonového průřezu
A _p	1800	mm ²	0,0018	m ²	Plocha předpínací výztuže
A _i	592045	mm ²	0,59204	m ²	Plocha ideálního průřezu
t _i	11,4	mm	0,01144	m	Vzdálenost těžišť betonového a ideálního průřezu
e _{pi}	698,14	mm	0,69814	m	Skutečná excentricita lan od těžiště ideálního průřezu
z _{ci,horní}	390,20	mm	0,3902	m	Vzdálenost těžiště ideálního průřezu od horního okraje
z _{ci,dolní}	809,80	mm	0,8098	m	Vzdálenost těžiště ideálního průřezu od dolního okraje
I _i	1,00E+11	mm ⁴	0,10032	m ⁴	Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$\Delta\sigma_{p,pruzne_vl_tiha} = \Delta\sigma_{p,eq0} = \frac{M_{g0}}{I_i} \cdot e_{pi} \cdot \frac{E_p}{E_{cm}(t)}$$

Rekapitulace okamžitých ztrát

Rekapitulace okamžité ztráty	
σ _{p,max}	1476 MPa
Δσ _{p,pokluz}	-22,50 MPa
Δσ _{p,pretvoreni}	-7,15 MPa
Δσ _{pr,relax}	-32,40 MPa
Δσ _{pTeplota}	-31,88 MPa
σ _p	1382 MPa
Δσ _{pe}	-95,20 MPa
Δσ _{peg0}	63,09 MPa
σ _{pa}	1350 MPa

$$\sigma_{p,kratk} = \sigma_p = \sigma_{p,max} + \Delta\sigma_{p,pokluz} + \Delta\sigma_{p,pretvoreni} + \Delta\sigma_{p,relax} + \Delta\sigma_{p,teplota}$$

$$\sigma_{p,kratk_pr} \leq \min(0,75f_{pk}; 0,85f_{p01k}) = \sigma_{pm}$$

$$\sigma_{p,kratk_pr} = \sigma_{p,kratk} + \Delta\sigma_{p,pruzne} + \Delta\sigma_{p,pruzne_vl_tiha}$$

σ _{pa}	1350	MPa	<	σ _{pm0}	1394	MPa
-----------------	------	-----	---	------------------	------	-----

Ztráty dlouhodobé - střed pole

• Pružné přetvoření betonu od kvazistálého zatížení

V dalších fázích brání přetvoření vlastní tíha s kvazistálou kombinací zatížení.

$$\Delta\sigma_{p,pruzne_kvazi} = \frac{M_{kvaz} M_{g0}}{I_i} \cdot e_{pi} \cdot \frac{E_p}{E_{cm}}$$

Změna předpětí průžným přetvořením betonu			
M _{e0k}	1571,1	kNm	Beton nám svou vlastní tíhou pomáhá proti účinku přetvoření
M _{eψ2}	1596	kNm	Kvazi-stála kombinace
Δσ _{peg1}	0,93	MPa	$\Delta\sigma_{peg1} = \frac{M_{E\psi2} - M_{E0k}}{I_i} \cdot e_{pi} \cdot \frac{E_p}{E_{cm}}$
ΔP _{peg1}	1,68	kN	

• Relaxace předpínacích lan

$$\Delta\sigma_{p,relax} = - \left(0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \cdot \mu} \cdot \left(\frac{t_e + \Delta t_{i,\infty}}{1000} \right)^{0,75 \cdot (1-\mu)} \cdot 10^{-5} \cdot \sigma_{p_zacatek,\infty} \right) - \Delta\sigma_{p,relax}$$

t_i	6836,68	hod	Čas po krátkodobých ztrátách
t_{i+1}	438000	hod	Čas po 50 letech
σ_{pa}	1350	MPa	
σ_{pi+}	1350,90	MPa	Napětí bezprostředně po okamžiku t_i
$\Delta\sigma_{pr,i}$	-40,19	MPa	Již proběhlé ztráty relaxací (0-1 den)
μ	0,75		
Řešení rovnice pro te =			
$\sum_{j=1}^{i-1} \Delta\sigma_{pr,j} = -0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1\mu} \left(\frac{t_e}{1000}\right)^{0,75(1-\mu)} \cdot \left\{ \sigma_{pi}^+ - \sum_{j=1}^{i-1} \Delta\sigma_{pr,j} \right\} \cdot 10^{-5}$			
t_e	33159	hod	
Δt_i	431163	hod	
$\Delta\sigma_{gr}$	-24,09	MPa	

•Smršťování

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u}$$

$$\beta_{ds}(t_T, t_\infty) = \frac{(t_\infty - t_T)}{(t_\infty - t_T) + 0,04 \cdot \sqrt{h_0^3}}$$

$$\varepsilon_{cd}(t_\infty) = \beta_{ds}(t_T, t_\infty) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6}$$

$$\beta_{as}(t_T) = 1 - e^{-0,2t^{0,5}}$$

Poměrné přetvoření od vysychání		
t_s	4,822	dny
t	18250	dny
A_c	582500	mm ²
u	5120	mm
h_0	228	mm
β_{ds}	0,9925	-
tržda cementu	R	-
α_{ds1}	6	-

Konec ošetřování betonu (začátek vysychání)
Stáří betonu v uvažovaném okamžiku (konec životnosti 50let)
Vysychající obvod (většinou u vazníků - horní část zakrytá, nevysychá)
Náhradní rozměr průřezu

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0,04 \sqrt{h_0^3}}$$

$$\beta_{RH} = 1,55 \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right]$$

$$\beta_{RH} = 1,55 \left[1 - \left(\frac{50}{100} \right)^3 \right] = 1,55 \left[1 - \left(\frac{50}{100} \right)^3 \right] = 1,356$$

$$\beta_{RH} = 1,55 \cdot \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right]$$

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 \cdot \left[(220 + 110\alpha_{ds}) \cdot e^{-\alpha_{ds} \frac{f_{cm}}{10}} \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH}$$

$$\varepsilon_{ca}(t_T) = \varepsilon_{ca}(\infty) \cdot \beta_{as}(t_T)$$

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{ca}(t_T) \cdot \varepsilon_{cd}(t_T)$$

$$\Delta\sigma_{p,smrsteni} = \varepsilon_{cs} \cdot E_p$$

α_{ds2}	0,11	-	$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 \left[(220 + 110\alpha_{ds1}) \cdot \exp(-\alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{10}) \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH}$
RH	50	%	
β_{RH}	1,36	-	
$\varepsilon_{cd,0}$	0,00054	-	Základní poměrné přetvoření od smršťování vysycháním podle přílohy [1] B2
ε_{cd}	0,00044	-	$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$
Poměrné přetvoření od autogenního smršťování			
$\varepsilon_{ca}(\infty)$	0,0001	-	$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5 (f_{ck} - 10) 10^{-6}$
$\beta_{as}(t)$	1	-	$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0,2t^{0,5})$
$\varepsilon_{ca}(t)$	0,0001	-	$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca}(\infty)$

Poměrné přetvoření od smršťování [1] 3.1.4				
ECS	0,0005	-	$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$	ecd - poměrné smršťování vysycháním
$\Delta\sigma_{ps}$	-104,82	MPa		eca - poměrné autogenní smršťování

•Dotvarování

$$\phi_{RH} = \left[1 + \frac{1 - \frac{RH}{1000}}{0,1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}}$$

$$t_0 = t_T \cdot \left(\frac{9}{2 + t_T^{1,2}} + 1 \right)^\alpha$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{(0,1 + t_0^{0,2})}$$

$$\phi_0 = \phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$$

$$\beta_H = 1,5 \cdot [1 + (0,012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3$$

$$\beta_c(t_\infty, t_T) = \left[\frac{t_\infty - t_T}{\beta_H + t_\infty - t_T} \right]^{0,3}$$

$$\phi(t_\infty, t_T) = \phi_0 \cdot \beta_c(t_\infty, t_T)$$

t	4,82 dny	Konec ošetřování betonu (začátek vysychání) - ekvivalentního čas tt
s	0,2	$\beta_{cc}(t) = \exp\left\{s \left[1 - \left(\frac{28}{t}\right)^{0,5}\right]\right\}$
$\beta_{cc}(t)$	0,75	
součinitel stáří betonu podle [1] či 3.1.2		
Poměrné přetvoření od dotvarování [1] příloha B		
α_1	0,702	Součinitele vlivu pevnosti betonu $\phi_{RH} = \left[1 + \frac{1 - RH / 100}{0,1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \alpha_1\right] \alpha_2$
α_2	0,904	
α_3	0,777	
ϕ_{RH}	1,42	Součinitel vystihující vliv relativní vlhkosti na dotvarování
$\beta_{cc}(f_{cm})$	2,206	$\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}}$ Součinitel vystihující vliv pevnosti betonu v tlaku ve 28 dnech
α	1	$t_0 = t_{0,T} \left(\frac{9}{2 + t_{0,T}^{1,2}} + 1\right)^\alpha$ Vliv druhu cementu na součinitel dotvarování -
t_0	9,865015	> 0,5
$\beta(t_0)$	0,595	$\beta(t_0) = \frac{1}{(0,1 + t_0^{0,2})}$ Součinitel vystihující vliv okružku vnesení zatížení
ϕ_0	1,87	$\phi_0 = \phi_{RH} \beta(f_{cm}) \beta(t_0)$ Základní součinitel dotvarování
β_H	535,548	< 1165,229 Součinitel závislý na relativní vlhkosti
β_H		$\beta_H = 1,5 \cdot [1 + (0,012 RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3$ $\beta_c(t, t_0) = \left[\frac{t - t_0}{\beta_H + t - t_0}\right]^{0,3}$
$\beta_c(t, t_0)$	0,9914	Součinitel časového průběhu dotvarování
Součinitel dotvarování		
$\phi(t, t_0)$	1,853	$\phi(t, t_0) = \phi_0 \beta_c(t, t_0)$
Napětí v betonu v úrovni předpínací výztuže - vlastní tíha, počáteční předpětí, kvaizstálá zatížení		
σ_c	-5,13 MPa	
Ztráta dotvarováním		
$\Delta\sigma_{pc}$	-50,42 MPa	

$$\sigma_c = -\frac{F_{P,kratkodobe} + \Delta F_{P,dlouhodobe_pruzne}}{A_c} - \frac{(F_{P,kratkodobe} + \Delta F_{P,dlouhodobe_pruzn}) \cdot e_p^2}{I_c} + \frac{M_{kvazi}}{I_c} \cdot e_p a$$

$$\Delta\sigma_{p,dotvarovani} = -\frac{E_p}{E_{cm}} \cdot \phi(t_\infty, t_T) \cdot \sigma_c$$

$\Delta\sigma_{pc+s+r}$	-149,738 MPa	$\Delta\sigma_{pc+s+r} = \frac{\varepsilon_{cs} E_p + 0,8 \Delta\sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \phi_{(1,10)} \sigma_{c,0P}}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \frac{A_p}{A_c} \left(1 + \frac{A_c}{I_c} e_p^2\right) [1 + 0,8 \phi_{(1,10)}]}$
Vzorec pro celkové dlouhodobé ztráty:		

•Celkové dlouhodobé ztráty

$$\Delta\sigma_{p,d+s+r} = -\frac{\varepsilon_{cs} E_p + 0,8 \Delta\sigma_{pr,relax} + \frac{E_p}{E_{cm}} \phi(t_\infty, t_T) \sigma_c}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \frac{A_p}{A_c} \left(1 + \frac{A_c}{A_p} e_p^2\right) (1 + 0,8 \phi(t_\infty, t_T))}$$

Rekapitulace okamžité ztráty			Rekapitulace dlouhodobé ztráty		
$\sigma_{p,max}$	1476 MPa		σ_{pa}	1350 MPa	
$\Delta\sigma_{p,pokluz}$	-22,50 MPa		$\Delta\sigma_{pc+s+r}$	-149,74 MPa	
$\Delta\sigma_{p,pretvoren}$	-7,15 MPa		$\Delta\sigma_{peg\pm}$	0,93 MPa	
$\Delta\sigma_{pr,relax}$	-32,40 MPa		σ_{p00}	1201 MPa	~ 1181 MPa
$\Delta\sigma_{pTeplota}$	-31,88 MPa		Porovnání výpočtu a odhadu ztrát		
σ_p	1382 MPa		F_{p00}	2162 kN	Se ztrátami pružným přetvořením
$\Delta\sigma_{pe}$	-95,20 MPa		F_{p00}	2218 kN	Bez ztrát pružným přetvořením
$\Delta\sigma_{pego}$	63,09 MPa		F_{ma}	2430 kN	
σ_{pa}	1350 MPa	<	σ_{pm0}	1394 MPa	

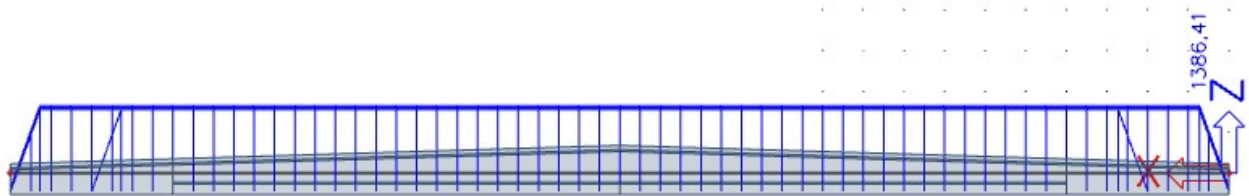
Předpokládaná ztráta 20%

$$\sigma_{p,max} = 1476 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_{p,\infty} = \sigma_{p,max} \cdot 0,8 = 1181 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{p,\infty} = 1181 \text{ MPa} \approx \sigma_{p,dlouho_pr} = 1201 \text{ MPa}$$

Ověření pomocí SCIA Engineer

Krátkodobé ztráty - ve středu pole (x = 15m) → 1386,41 MPa



Dlouhodobé ztráty - ve středu pole (x = 15m) → 1199,6 MPa

Stav	ŠKN	Kabel	x [m]	Nap. po zakotve...	LED [MPa]	LSS [MPa]	Lmin [MPa]	Lmax [MPa]	MinNapětí [MPa]	MaxNapětí [MPa]
12	F3-EN-MSP částá	SKN Kabel1	15,500	1386,41	0,96	-187,77	0,00	0,00	1199,60	1199,60
35	F3-EN-MSP částá	SKN Kabel1	15,000	1386,41	0,96	-187,48	0,00	0,00	1199,89	1199,89
86	F3-EN-MSP částá	SKN Kabel2	15,000	1386,41	0,96	-187,48	0,00	0,00	1199,89	1199,89
89	F3-EN-MSP částá	SKN Kabel2	15,500	1386,41	0,96	-187,77	0,00	0,00	1199,60	1199,60
141	F3-EN-MSP částá	SKN Kabel3	15,500	1386,41	0,96	-187,77	0,00	0,00	1199,60	1199,60
153	F3-EN-MSP částá	SKN Kabel3	15,000	1386,41	0,96	-187,48	0,00	0,00	1199,89	1199,89
212	F3-EN-MSP částá	SKN Kabel4	15,500	1386,41	0,96	-187,77	0,00	0,00	1199,60	1199,60
213	F3-EN-MSP částá	SKN Kabel4	15,000	1386,41	0,96	-187,48	0,00	0,00	1199,89	1199,89
278	F3-EN-MSP částá	SKN Kabel5	15,500	1386,41	0,96	-187,77	0,00	0,00	1199,60	1199,60
279	F3-EN-MSP částá	SKN Kabel5	15,000	1386,41	0,96	-187,48	0,00	0,00	1199,89	1199,89
337	F3-EN-MSP částá	SKN Kabel6	15,500	1386,41	0,89	-187,64	0,00	0,00	1199,66	1199,66
338	F3-EN-MSP částá	SKN Kabel6	15,000	1386,41	0,89	-187,37	0,00	0,00	1199,93	1199,93
404	F3-EN-MSP částá	SKN Kabel7	15,500	1386,41	0,89	-187,64	0,00	0,00	1199,66	1199,66
405	F3-EN-MSP částá	SKN Kabel7	15,000	1386,41	0,89	-187,37	0,00	0,00	1199,93	1199,93

Omezení napětí podle MSP - Střed pole

• Napětí v předpínacích lanech

$$\sigma_{p,kratk_pr} \leq 0,75f_{pk}$$

$$\sigma_{p,dlouh_pr} \leq 0,75f_{pk}$$

Omezení napětí ve výztuži				Pro pole ve středu
Konec životnosti				
$\sigma_{p00} + \Delta\sigma_{peq}$	1201 MPa	<	1395 MPa	napětí v předpínací výztuži čl. 7.2 (5) < 0,75f _{pk}
Při začátku působení (konec montáže)				
$\sigma_{p00} + \Delta\sigma_{peq} - \Delta\sigma_{c+s+r}$	1351 MPa	<	1395 MPa	napětí v předpínací výztuži čl. 7.2 (5) < 0,75f _{pk}

• **Napětí v betonu - charakteristická kombinace**

$$\sigma_{h,sup} = -\frac{F_{k,sup}}{A_c} + \frac{F_{k,sup} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} - \frac{M_{char} \cdot z_{ci,h}}{I_i} < 0,6f_{ck}$$

$$\sigma_{h,inf} = -\frac{F_{k,inf}}{A_c} + \frac{F_{k,inf} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} - \frac{M_{char} \cdot z_{ci,h}}{I_i} < 0,6f_{ck}$$

$$\sigma_d = -\frac{F_{k,inf}}{A_c} - \frac{F_{k,inf} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} + \frac{M_{char} \cdot z_{ci,h}}{I_i} < f_{ctm}$$

Omezení napětí v betonu				
$F_{k,sup}$	2329 kN	r_{sup}	1,05	-
$F_{k,inf}$	2107 kN	r_{inf}	0,95	-
Charakteristické hodnoty				
Posouzení vzniku podélných trhlin v prvku při charakteristické kombinaci zatížení				
$\sigma_{h,sup}$	-5,1 MPa	<	30 MPa	Omezení vzniku podélných trhlin
$\sigma_{h,inf}$	-5,4 MPa	<	30 MPa	
σ_d	0,2 MPa	<	4,1 MPa	Omezení vzniku kolmých trhlin
Posouzení lineárního dotvarování pro kvazistálou kombinaci				
$\sigma_{h,sup}$	-4,0 MPa	<	22,5 MPa	Zda lze uvažovat lineární dotvarování
$\sigma_{h,inf}$	-4,4 MPa	<	22,5 MPa	
σ_d	-2,5 MPa			

• **Napětí v betonu - kvazistálá kombinace - lineární**

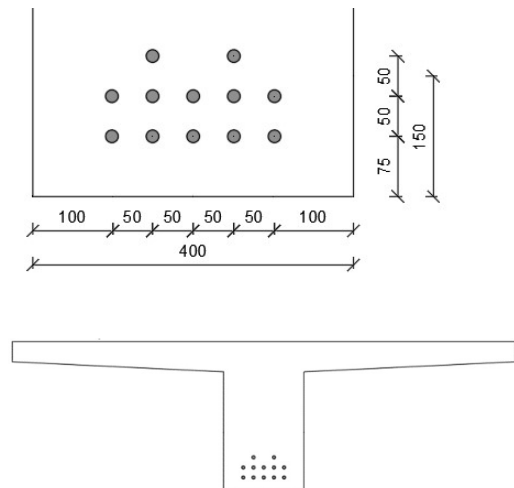
dotvarování

$$\sigma_{h,sup} = -\frac{F_{k,sup}}{A_c} + \frac{F_{k,sup} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} - \frac{M_{kvazi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} < 0,45f_{ck}$$

$$\sigma_{h,inf} = -\frac{F_{k,inf}}{A_c} + \frac{F_{k,inf} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} - \frac{M_{kvazi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} < 0,45f_{ck}$$

Konstrukční požadavky na rozmístění lan			
d_g	16 mm	Maximální zrno kameniva	
$s_{vodoravně}$	31,4 mm	Konstrukční zásady pro světlost vzdálenost mezi předpínací výtztuží	
$s_{svisile}$	31,4 mm	Konstrukční zásady pro světlost vzdálenost mezi předpínací výtztuží	
s_{min}	21 mm	Minimální světlost mezi pruty - betonářská výtztuž	
Informace ohledně možného počtu lan ve vrstvě s ohledem na kons.pož.			
b	400 mm		
h	250 mm		
$c_{nom - před.}$	35 mm		
n_{vrstev}	4,2 ks	Maximální počet vrstev, které je možné naskládat do stojiny	
n_{lan}	6,3 ks	Maximální počet lan v jedné vrstvě	
Návrh rozmístění lan			
Vrstvy	Min.odsazení	z	n
1.	75	75	5
2.	122	125	5
3.	169	170	2
4.	216	0	0
5.	263	0	0

Výsledné schéma rozmístění lan



Únosnost podle MSÚ - Střed pole

Provádím zjednodušení a uvažuji nejzatíženější průřez ve středu pole - správně by se měla najít funkce excentricity!

$$M_{celk} = M_{ed} - F_{p,dlouhodobé_bez} \cdot e_p$$

$$F_c = N_{celk} + \Delta F$$

$$\varepsilon_{p_\infty} = \frac{\sigma_{p,dlouho_pr_bez}}{E_p}$$

$$F_c = A_{cc} \cdot f_{cd} \rightarrow A_c \cdot f_{cd} = N_{celk} + \Delta F \rightarrow A_c = \frac{N_{celk} + \Delta F}{f_{cd}}$$

$$\varepsilon_{py} = \frac{f_{pd}}{E_p}$$

$$A_{cc} = \frac{N_{celk} + \Delta F}{f_{cd}}$$

$$\varepsilon_{py} \geq \varepsilon_{p_\infty}$$

$$A_{cc} = 0,8 \cdot x \cdot b_{h_pasnice} \rightarrow 0,8x = \frac{A_{cc}}{b_{h_pasnice}}$$

$$\Delta \sigma = f_{pd} - \sigma_{p,dlouho_pr_bez}$$

$$F_c = A_{cc} \cdot f_{cd}$$

$$\Delta F = \Delta \sigma \cdot A_p N_{celk} = F_{p,dlouhodobé_bez}$$

$$N_{celk} = F_c - \Delta F$$

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x} = \frac{\varepsilon_{cp_post}}{d_p - x} \rightarrow \varepsilon_{cp_post} = \frac{\varepsilon_{cu} \cdot (d_p - x)}{x}$$

$$\varepsilon_{cp_post} + \varepsilon_{p_infty} > \varepsilon_{py}$$

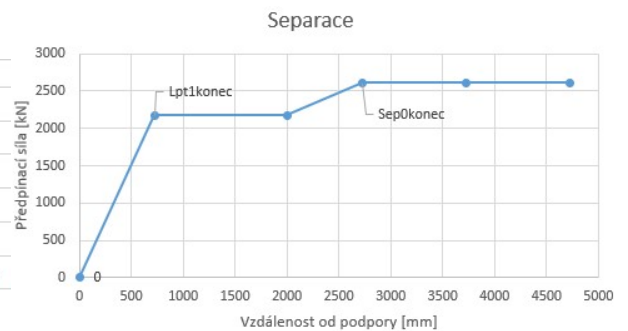
$$M_{Rd} = F_c \cdot z_{cc} + \Delta F \cdot e_p$$

Mezní stav únosnosti M+N - pole		
M _{ed}	2661 kNm	Ohybový moment MSÚ
γ _p	1	Součinitel předpětí čl. 2.4.2.2
P _{dao}	2218,2 kN	Návrhová předpínací síla na konci živ
N _{tot}	2218,2 kN	Celková normálová síla v průřezu
e _p - skutečné	0,70958 m	Excentricita lan od těžiště průřezu
M _{tot}	1087,43 kNm	Ohybový moment působící v průřezu
σ _{pao}	1232 MPa	Napětí v předpínací výtuzi na konci živ
f _{pd}	1426 MPa	Návrhové napětí ve výtuzi
ε _p ⁰	0,00632	Přetvoření předpínací výtuzi na konci
ε _{py}	0,00731	> ε _p ⁰ Kontrola platnosti h
Δσ _p	194 MPa	Změna napětí ve výtuzi pro dosažení n
ΔF _p	349 kN	

Sílová podmínka rovnováhy		
A _{cc}	0,077 m ²	
~0,8x	0,031 m	< 0,15 Ověření, zda je tlačen
x	0 m	Vzdálenost tlačené části ve stojně
0,8x	0,0308 m	
x	0,0385 m	Výška tlačené oblasti x
F _c	2567 kN	Síla v tlačeném betonu
Počet vrstev výtuzi	3	Počet vrstev výtuzi
d _p ^h	1,03 m	Poloha předpínací lan od horního p
Δε _p ^h	0,09013	Ověření plné využitelnosti všech vrstev
Δε _p ^h + ε _p ⁰	0,09645	> ε _{py} Vyhovuje
t _{cc}	0,0154 m	Těžiště tlačené plochy k hornímu okra
z _{cc}	0,36 m	Působíště síly F _c vztažené k těžišti průř
Moment na mezi únosnosti		
M _{rd}	1180,18 kNm	> 1087,4 kNm M _{tot}
Závěr k posudku na MSÚ: Posudek vyhovuje		

Průřez u podpory

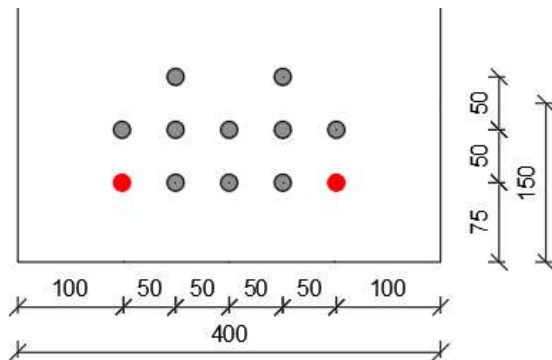
Návrh separace lan						
l _{pt1}	725 mm					Přednášecí délka
Separace - 0						
n	10 ks					Počet lan, které působí
L _n	2000 mm					Vzdálenost do které separujeme
Vrstva	1.	2.	3.	4.	5.	Vrstvy - 1 až 5 podle rozmístění lan!
Separace	2	0	0	0	0	Počet odseparovaných lan v dané vrstvě



Omezení napětí podle MSP

Pozn.: vzorce jsou stejné jako pro omezení napětí ve středu pole.

Posouzení u konců separace										
Průřez		Lpt1 _{konec}	Sep0 _{konec}	Sep1 _{konec}	Sep2 _{konec}	Sep3 _{konec}				
x	mm	725	2725	0	ne	ne	Vzdálenost, kdy odseparovaná lana působí maximálním účinkem			
x _{ip}	mm	725	2725	0	0	0	Vzdálenost od teoretické podpory			
M _{g0}	kNm	148	518	0	0	0	Moment od vlastní tíhy			
n	ks	10	12	0	0	0	Počet lan v daném průřezu			
A _p	m ²	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	Plocha lan			
a _p	m	0,119	0,112	0,000	0,000	0,000	Poloha těžiště lan			
e _p	m	0,415	0,460	0,000	0,000	0,000	Excentricita lan od těžiště betonového průřezu			
A _i	m ²	0,579	0,605	0,000	0,000	0,000	Plocha ideálního průřezu			
c _i	m	0,006	0,007	0,000	0,000	0,000	Vzdálenost těžiště ideálního od betonového průřezu			
e _{pi}	m	0,409	0,452	0,000	0,000	0,000	Excentricita lan od těžiště ideálního průřezu			
z _{hi}	m	0,243	0,268	0,000	0,000	0,000	Vzdálenost těžiště ideálního průřezu od horních vláken			
z _{di}	m	0,528	0,564	0,000	0,000	0,000	Vzdálenost těžiště ideálního průřezu od dolních vláken			
I _i	m ⁴	0,032	0,040	0,000	0,000	0,000	Moment setrvačnosti ideálního průřezu			
σ _{pa}	MPa	1382	1382	1382	1382	1382	Skutečné napětí po krátkodobých ztrátách			
r _{sup}	-	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	Koeficient předpětí - z důvodu bezpečnosti			
P _m	kN	2176,8	2612,1	0,0	0	0	Předpínací síla v daném průřezu			
M _m	kNm	891,2	1181,8	0,0	0	0	Moment od předpětí v daném průřezu			
σ _h	MPa	2,02	0,27	0,00	0,00	0,00	Napětí v horních vláknech v daném průřezu			
f _{ctm} (t)	MPa	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	Pevnost betonu v tahu při vnesení předpětí			
f _{ctm} (t) ~ σ _h		>	>	-	-	-				
σ _d	MPa	-16,31	-14,00	0,00	0,00	0,00	Napětí v dolních vláknech v daném průřezu			
0,6f _{ck} (t)	MPa	21,45	21,45	21,45	21,45	21,45	Omezení pevnosti betonu v tlaku při vnesení předpětí			
0,60f _{ck} (t) ~ σ _d		>	>	-	-	-				
0,45f _{ck} (t)	MPa	16,09	16,09	16,09	16,09	16,09	Předpoklad lineárního dotvarování			
0,45f _{ck} (t) ~ σ _d		<	>	-	-	-				



MSÚ - I_{pt1} + separace

$$F_{P,vneseni} = n \cdot A_{p1} \cdot \sigma_{p,kratk}$$

$$f_{cd}(t) = f_{ck}(t)/1,5 = 36/1,5 = 24 \text{ MPa}$$

$$M_p = F_{P,vneseni} \cdot e_p$$

$$M_{celk} = M_p - M_{g0}$$

Návrh 8 Ø16 mm ($A_{s,prov} = 1608 \text{ mm}^2$)

$$F_c = F_s + F_{P,vneseni} = f_{yd} \cdot A_{s,prov} + F_{P,vneseni}$$

$$A_{cc} \cdot f_{cd}(t) = F_s + F_{P,vneseni}$$

$$0,8x = \frac{F_s + F_{P,vneseni}}{b \cdot f_{cd}(t)}$$

$$d = h - c - \phi_{tř} - \phi/2 = 832 - 35 - 8 - 8 = 781 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{sy} = \frac{f_{yd}}{E_s}$$

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x} = \frac{\varepsilon_s}{d-x} \rightarrow \varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu} \cdot (d-x)}{x} > \varepsilon_{sy}$$

$$M_{Rd} = F_c \cdot (e_{dolni} - 0,4x) + F_s \cdot (e_{horni} - c - \phi_{tř} - \phi/2) > M_{celk}$$

Posouzení u podpory (D-oblast)

Předpoklad betonářské výztuže

$$\phi = 16 \text{ mm} - 2 \text{ vrstvy}, \phi_{tř} = 8 \text{ mm}, c = 35 \text{ mm}$$

$$u = 2 \cdot \left(c + \phi_{tř} + \phi + \frac{s_0}{2} \right)$$

$$a_1 = 250 \text{ mm} - c - 2 \cdot s_0$$

$$\cot \theta = \frac{u}{a_1/2}$$

$$\sigma_{Rd,max} = 0,85 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) \cdot \frac{f_{ck}}{1,5}$$

$$\sigma_{Ed,1} = \frac{V_{ed}(0)}{b \cdot a_1} < \sigma_{Rd,max}$$

$$a_2 = \frac{a_1}{\sin \theta} = 189 \text{ mm}$$

$$F_{ecd2} = \frac{V_{ed}(0)}{\sin \theta} \rightarrow T = 25\% \cdot F_{ecd2} = 147,3 \text{ kN}$$

$$\sigma_{Ed,2} = \frac{F_{ecd2}}{b \cdot a_2} < \sigma_{Rd,max}$$

$$F_{etd} = \frac{V_{ed}(0)}{\tan \theta}$$

M_{ed}	518	kNm	Moment MSÚ - přízn	$x =$	2725	Průřez - lpt
$F_{P,vneseni}$	2488	kN	Návrhová předpínací síla v čase vnesení předpětí			
e_p - skutečné	0,571	m	Excentricita lan od těžiště průřezu			
M_{celk}	-903	kNm	Ohybový moment působící v průřezu (-) tlak v dolních vlákna, (x) t			
f_{yd}	435	MPa	Návrhová mez kluzu betonářské výztuže			
A_s	1608	mm ²	Návrhová plocha betonářské výztuže pro horní povrch			
F_s	699,48	kN	Únosnost betonářské výztuže			
0,8x	334,3188	mm				
x	417,8985	mm				
A_{cc}	0,133728	m ²				
F_c	3187,21	kN	Únosnost betonu v tlaku			
d_s	209	mm	výztuž od těžiště			
d_c	404	mm	beton teziste			
d	781	mm				
ε_s	0,0030	-	>	ε_{sy}	0,0022	-
M_{rd}	1434,746	kNm	>	M_{celk}	903	kNm

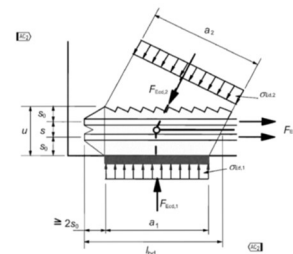


Figure 6.27: Compression tension node with reinforcement provided in one direction

Posouzení stýčnicku u podpory - D oblast			
Ø	16	mm	Předpoklad - betonářská výztuž
n_{vrstvy}	2	-	Počet vrstev podélné výztuže
n_{kusy}	3	-	Počet kusů ve vrstvě
s	50	mm	osová vzdálenost podélné výztuže
$\phi_{tř}$	8	mm	Předpoklad - třmínky
c_{nom} - před	35	mm	Vypočtené krytí
s_0	51	mm	osová vzdálenost nejspodnější podélné výztuže od
a_{st}	76	mm	Těžiště betonářské výztuže
a_{\perp}	113	mm	Délka uložení
$\cot \theta$	1,35	-	Rozmezí $1 < \cot \theta < 2,5$
θ	36,6	°	Úhel sklonu tlačené diagonály
$\sigma_{Rd,max}$	22,7	MPa	Maximální tlakové napětí, které může působit na l
Napětí v uložení (plocha 1)			
σ_{Ed1}	7,53	MPa	Jako sílu $F_{cd1} = V_{ed}$, šířka = šířka dolní pásnice
σ_{Ed1}	<	$\sigma_{Rd,max}$	
Napětí v tlač.diagonále (plocha 2)			
a_2	189	mm	
F_{ecd2}	570,8	kN	
σ_{Ed2}	7,53	MPa	
σ_{Ed2}	<	$\sigma_{Rd,max}$	
Tažený pás - podélná výztuž			
F_{etd}	458,1	kN	
$F_{rtđ}$	524,8	kN	
$F_{rtđ}$	>	$F_{etđ}$	
n_l	4	ks	
x	361	mm	
$F_{rtđ}$	199	kN	
F_{rt}	723,9	kN	
$F_{rtđ}$	>	$F_{etđ}$	

$$A_{s,prov} = 2 \text{ vrstvy} \rightarrow \emptyset = 16 \text{ mm } 3\text{ks} \rightarrow 1206 \text{ mm}^2$$

$$F_{Rtd} = A_{s,prov} \cdot f_{yd} > F_{etd}$$

Kotvení betonářské výztuže u podpory při dolním povrchu:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

$$l_{b,req} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}}$$

$$l_{bd} = l_{b,req} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1$$

Únosnost na smyk - průřez „d“ od líce podpory

•Uvážení bez výztuže

$$h(0) = 750 \text{ mm} \rightarrow d = h - (e_{dolní} - e_p)$$

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

$$\rho_1 = 0 - \text{uvažují zatím bez výztuže}$$

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

$$v_{min} = 0,035k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$$

$$N_{ed} = A_p \cdot \sigma_{p,dlou} \text{ pr}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{ed}}{A_c}$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b \cdot d + k_1 \cdot \sigma_{cp} \cdot b \cdot d \geq v_{min} \cdot b \cdot d + k_1 \cdot \sigma_{cp} \cdot b \cdot d$$

Nutný návrh smykové výztuže!

Návrh třmínků $\emptyset_{tř} = 8 \text{ mm}$ á 90 mm

$$A_{s,tř} = 100,5 \text{ mm}^2$$

$$\cot \theta = 1,35$$

$$z = 0,9 \cdot d$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{s,tř}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot \theta > V_{ed}(d)$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{ed}}{A_c}$$

Kotvení betonářské výztuže		
η_1	1	- Podmínky soudržnosti 1 - dobré, 0,7 - ostatní
η_2	1	- Průměr prutu 1 ($d < 32$), (132-d)/100 pro $> 32d$
f_{bd}	4,28	MPa Mezní napětí v soudržnosti čl. 8.4.2
$l_{b,req}$	407	mm Základní kotvení délka čl. 8.4.3
l_{bd}	285	mm Návrhová kotvení délka čl. 8.4.4
Pozn. hodnoty alfa pro l_{bd} - uvedeny v čl. 8.4.4 - tab. 8.2		

Návrh a posouzení smykové únosnosti			
Posouzení d od líce podpory			
d od líce =	614,0	mm	Vzdálenost d od líce podpory
k	1,6	-	S podmínkou ≤ 2
A_s	0	mm ²	Plocha tahové výztuže, která zasahuje do oblasti > (l)
b_w	400	mm	Nejmenší šířka průřezu v tažené oblasti
n_{lan}	10		počet lan, která v průřezu působí
ρ_1	0	-	
N_{ed}	1801,7	kN	normálová síla od zatížení nebo předpětí
σ_{cp}	3,16167	MPa	< 0,2 f_{cd} 6,67 MPa
k_1	0,15	-	
$C_{Rd,c}$	0,12	-	
$V_{Rd,c}$	116	kN	Návrhová hodnota únosnosti ve smyku podle čl. 6.2
v_{min}	0,49	MPa	
$V_{Rd,cmin}$	236	kN	
$[C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3}] b_w d + k_1 \sigma_{cp} b_w d \geq v_{min} b_w d + k_1 \sigma_{cp} b_w d$			
$V_{Rd,c}$	236	kN	< V_{ed1} 340,6 kN

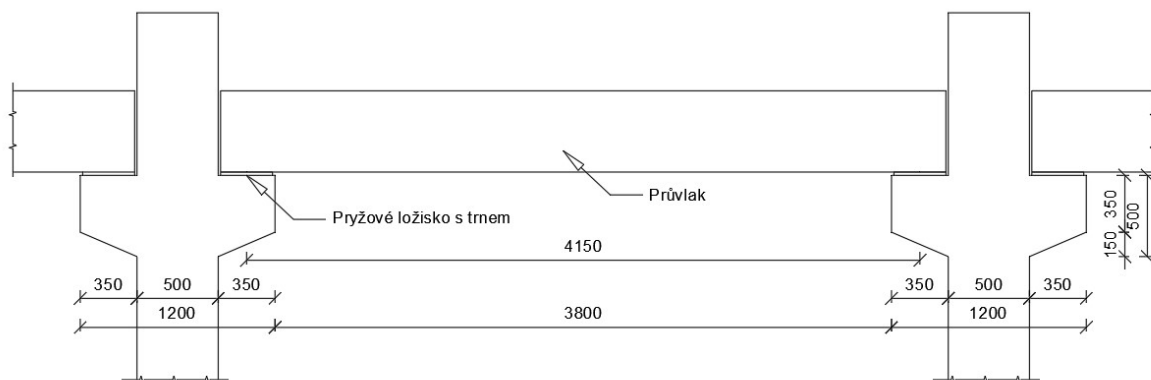
Pokud nám posudek nevyjde, je nutno navrhnout smykovou výztuž!

Návrh smykové výztuže		
$A_{s,tř}$	100,531	mm ² Plocha třmínku
$A_{s,tř} \cdot f_{yd}$	43,7	kN Únosnost třmínku
$\cot \theta$	1,35	- Úhel sklonu tlačené diagonály
z	552,6	mm Rameno vnitřních sil odhad 0,9d
s	172,1	mm Maximální vzdálenost mezi třmínky
Návrh třmínků po	90	mm
$V_{Rd,s}$	362,49	kN Návrhová únosnost
$V_{Rd,s}$	362,49	kN > V_{ed1} 340,6 kN
Konstrukční zásady		
ρ_w	0,00312	- Stupeň smykové výztužení čl. 9.2.2 (5)
$\rho_{w,min}$	0,00113	- Minimální smykové výztužení čl. 9.2.2 (5 - Pozn.)

Posouzení tlačené diagonály v podpoře			
σ_{cp}	3,16167 MPa	Průměrné napětí v betonu vyvolané předpětím	
v_1	0,6 -	Redukční součinitel pro beton $f_{ck} < 60 = 0,6$	
α_{cw}	1,121 -	Součinitel zohlednění stavu v tlačném pásu	
$\tan \theta$	0,74 -		
$V_{Rd,max}$	2367 kN	Únosnost tlačené diagonály čl. 6.2.3	
$V_{Rd,max}$	2367 kN	>	V_{ed} 340,6 kN
$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \Theta + \tan \Theta)$			

α_{cw}	σ_{cp}		
1,000	nepředepjaté konstrukce		
1,095	0	$< \sigma_{cp} <$	8,3
1,250	8,33	$< \sigma_{cp} <$	16,67
2,263	16,67	$< \sigma_{cp} <$	33,3

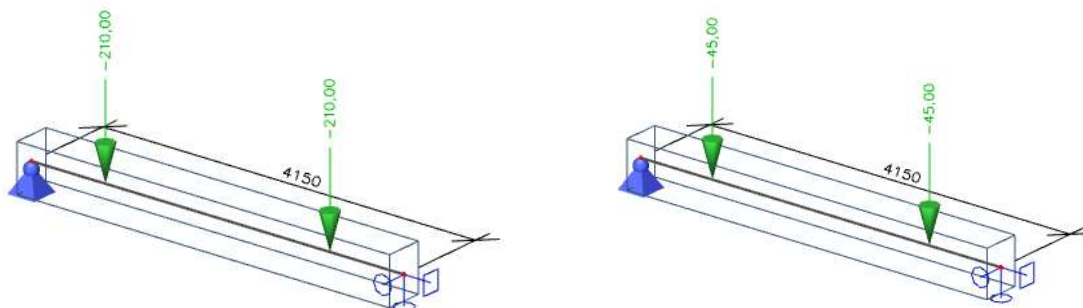
4.1 Návrh průvlastku



Empirie: $h_p = (1/12 \sim 1/8)L = 420 \sim 625 \text{ mm} \rightarrow$ Návrh $h_p = 500 \text{ mm}$

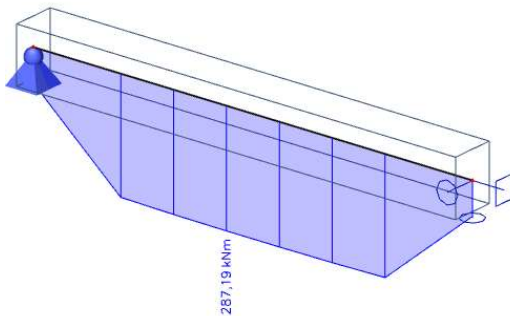
$b_p = (1/3 \sim 1/2)h_p = 180 \sim 275 \text{ mm} \rightarrow$ Návrh $b_p = 400 \text{ mm}$

Stálé	f_k [kN/m]	γ	f_d [kN/m]
Vlastní tíha	$0,4 \cdot 0,5 \cdot 25 = 5$	1,35	6,75
Stálé	F_k [kN]	γ	F_d [kN]
Vazník - bod.	210	1,35	283,5
Střešní plášť - bod.	$0,09 \cdot 2,5 \cdot 15 = 3,38$	1,35	4,6
Užitné	F_k [kN]	γ	F_d [kN]
Sníh - bod.	$1,2 \cdot 2,5 \cdot 15 = 45$	1,5	68



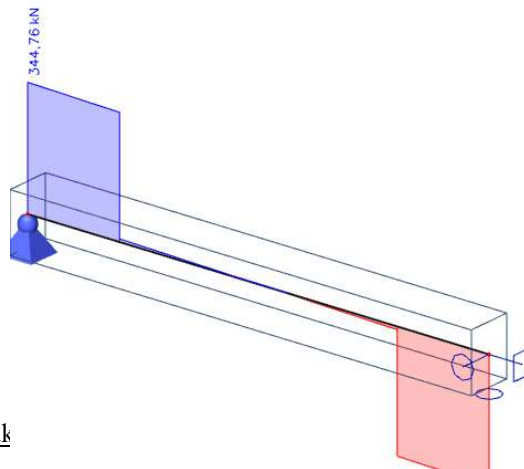
Vnitřní síly (návrh)

Hodnoty: **MEd**
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: B79



Vnitřní síly (návrh)

Hodnoty: **VEd**
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: B79



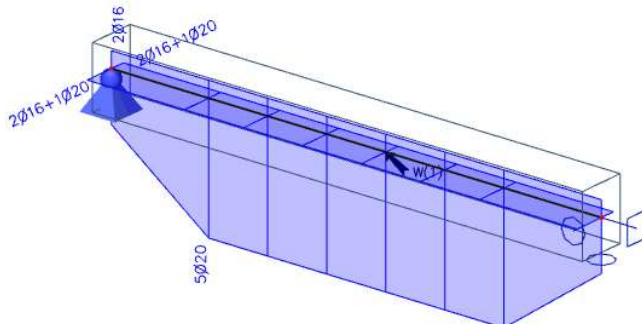
Návrh výztuže - návrhová kombinace MSÚ + konstruk

Celkový návrh (MSÚ)

Hodnoty: **$A_{s,req}(\Phi)$**
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: B79

Poznámka: Podélná výztuž se navrhuje ve středu hran průřezu.
Posudky pracují se skutečnou polohou výztuže.

Na vybraných dílcích se vyskytuje 1 varování. 1 z nich je zobrazeno.

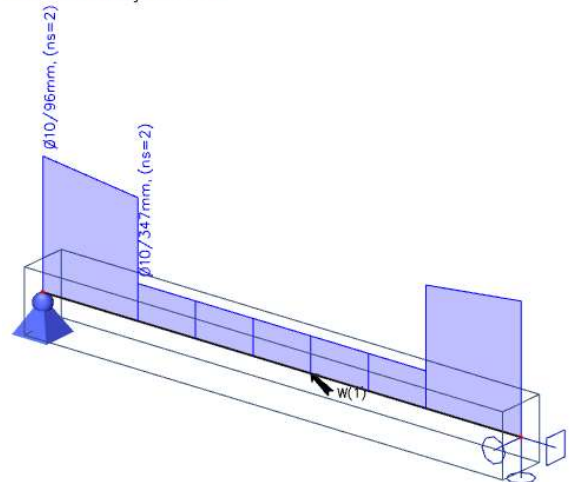


Celkový návrh (MSÚ)

Hodnoty: **$A_{svm,req}(\phi/s)$**
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: B79

Poznámka: Podélná výztuž se navrhuje ve středu hran průřezu.
Posudky pracují se skutečnou polohou výztuže.

Na vybraných dílcích se vyskytuje 1 varování. 1 z nich je zobrazeno.

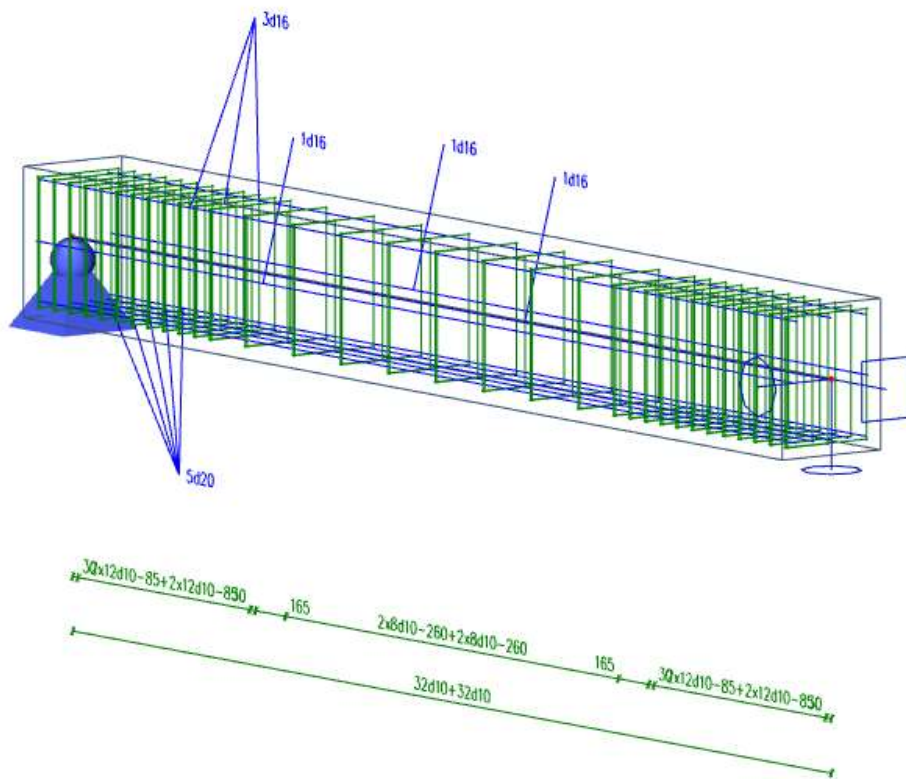


Navrhují podélnou výztuž: 5xØ20 ($A_{s,prov} = 1570 \text{ mm}^2$)

Navrhují příčnou výztuž: Ø10 á 90 mm, l = 1075 mm,

Ø10 á 300 mm, l = 2000 mm

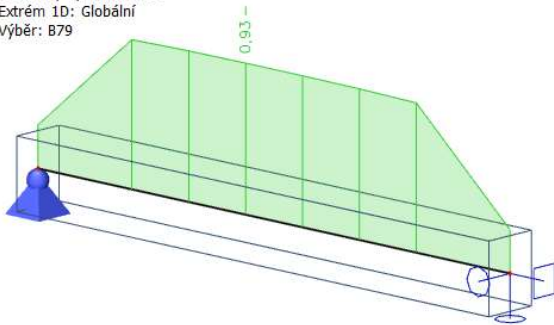
Schéma:



Posouzení:

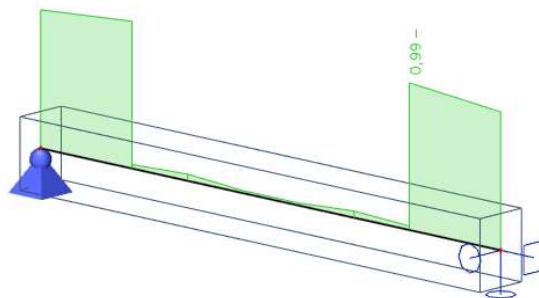
Posouzení únosnosti - odezva

Hodnoty: **UC**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: B79



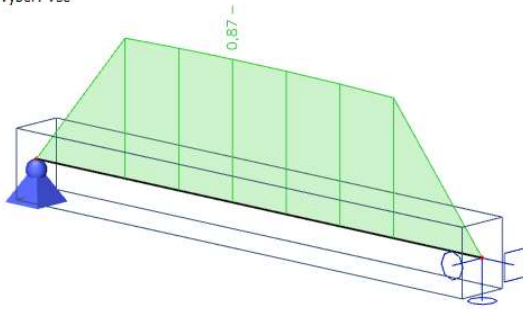
Posudek smyku + kroucení (MSÚ)

Hodnoty: **UC**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: B79



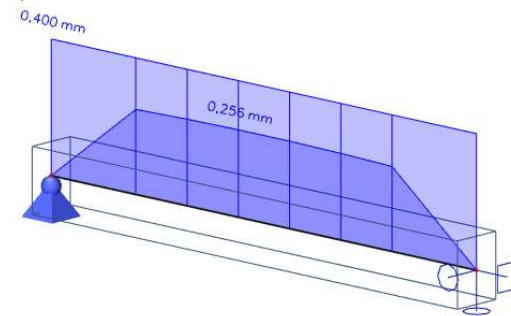
Posudek omezení napětí

Hodnoty: UC
Lineární výpočet
Kombinace: MSP-Char (auto)
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše



Posouzení šířky trhlin (MSP)

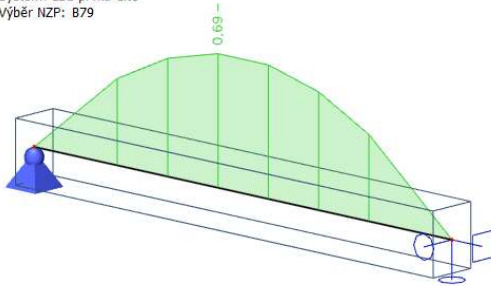
Hodnoty: w-wmax
Lineární výpočet
Kombinace: MSP-Kvazi (auto)
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: B79



Normově závislý průhyb

Hodnoty: UC
Lineární výpočet
Kombinace: MSP-Kvazi (auto)Extrém:
Globální
Výběr: B79

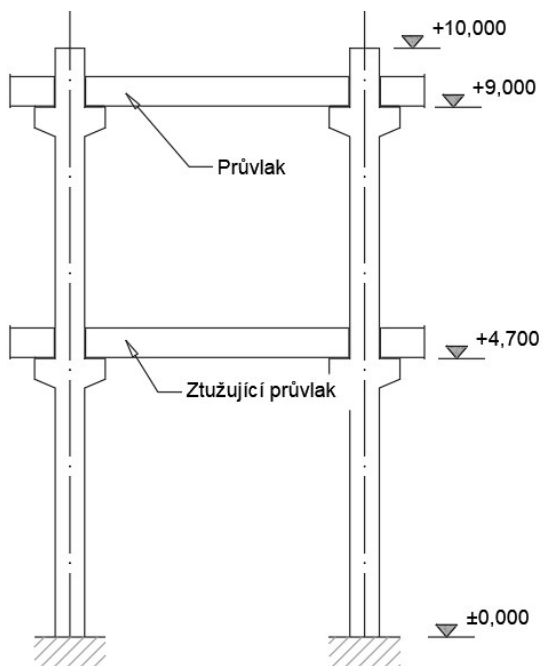
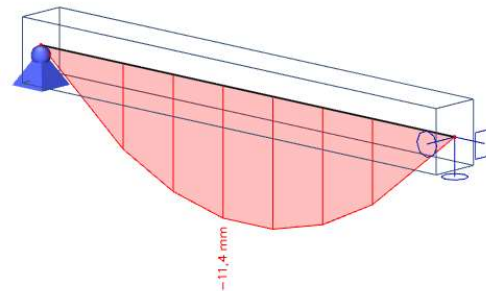
Poloha: V těžištích. Systém: LSS prvku sítě
Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.
Systém: LSS prvku sítě
Výběr NZP: B79



Normově závislý průhyb

Hodnoty: $\delta_{tot,z}$
Lineární výpočet
Kombinace: MSP-Kvazi (auto)Extrém:
Globální
Výběr: B79

Poloha: V těžištích. Systém: LSS prvku sítě
Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.
Systém: LSS prvku sítě
Výběr NZP: B79



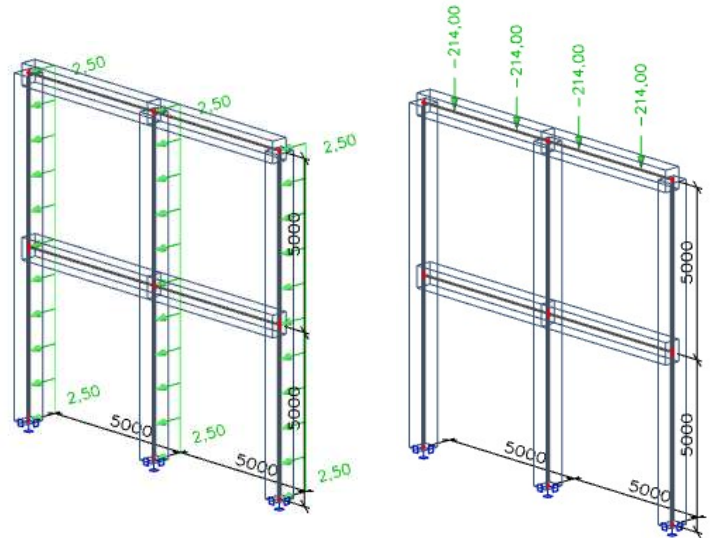
4.2 Návrh sloupu

Návrh průřezu 600 x 500 mm

Zatížení

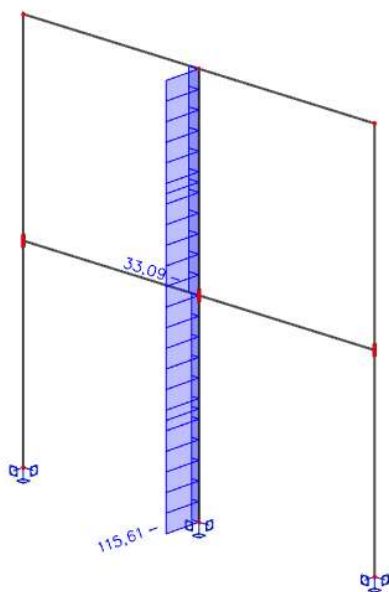
Stálé	F_k [kN]	γ	F_d [kN/]
Vlastní tíha	$0,5 \cdot 0,6 \cdot 10 \cdot 25 = 75$	1,35	67,5
Průvlak	$5 \cdot 4,5 = 22,5$	1,35	30,375
Vazník	$2 \cdot 210$	1,35	428
Střešní plášť	$2 \cdot 3,38$	1,35	9,2
Užitné	F_k [kN]	γ	F_d [kN/m]
Sníh - bod.	$2 \cdot 45$	1,5	135
Vítr - sloupy	2,5 kN/m	1,5	3,75

Poznámka: Z důvodu větší štíhlosti navrhují pomocí II. řádu.



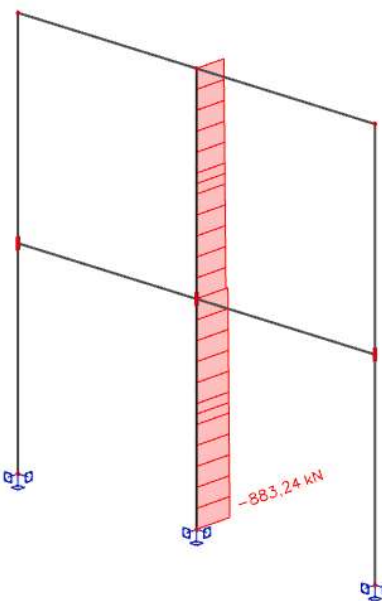
Štíhlost (návrh)

Hodnoty: **A**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: B11



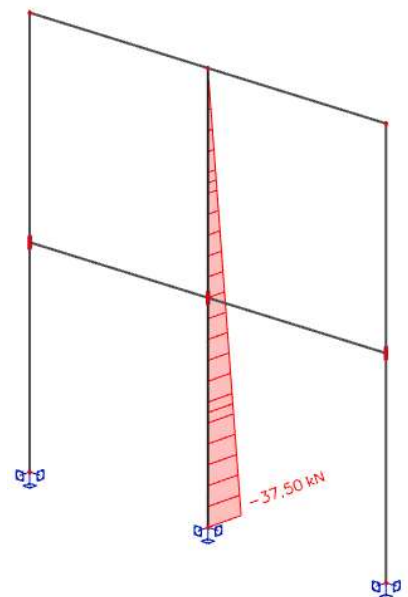
Vnitřní síly (návrh)

Hodnoty: **N**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: B11



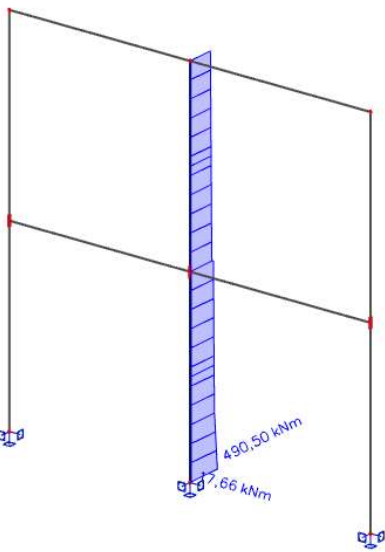
Vnitřní síly (návrh)

Hodnoty: **VEd**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: B11



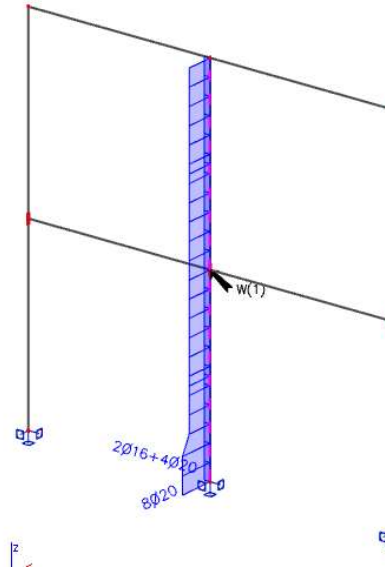
Vnitřní síly (návrh)

Hodnoty: **MEd**
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: B11



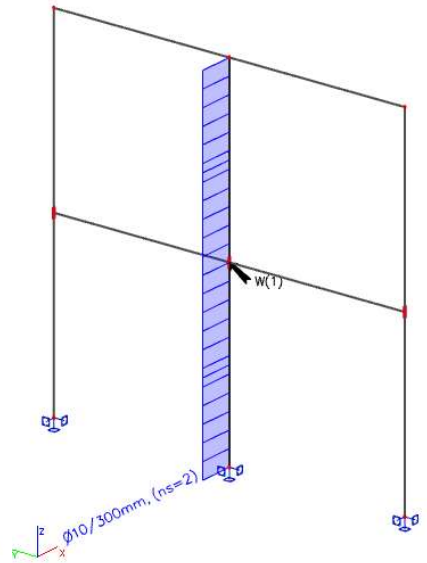
Celkový návrh (MSÚ)

Hodnoty: **As,req(φ)**
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: B11
Poznámka: Podélná výztuž se navrhuje ve středu hran průřezu.
Posudky pracují se skutečnou polohou výztuže.
Na vybraných dílcích se vyskytuje 1 varování. 1 z nich je zobrazeno.

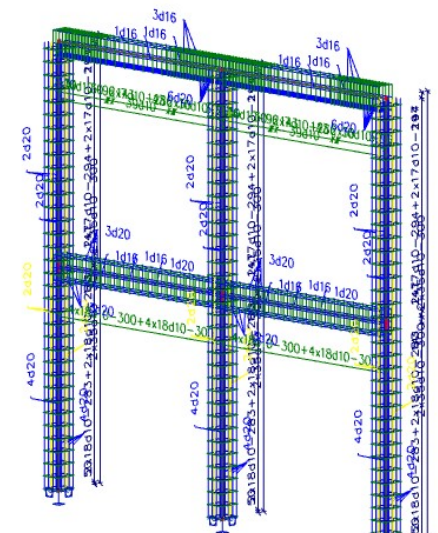
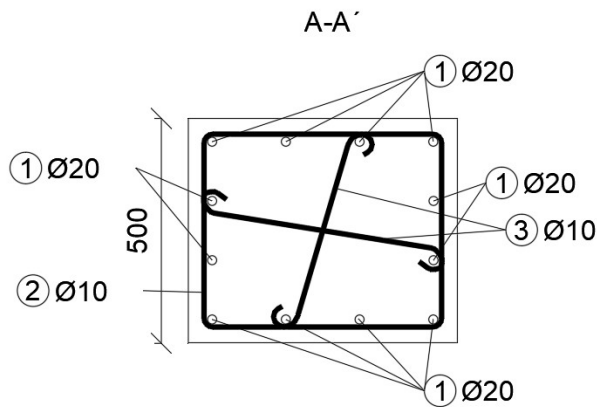


Celkový návrh (MSÚ)

Hodnoty: **Asvm_req(φ/s)**
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: B11
Poznámka: Podélná výztuž se navrhuje ve středu hran průřezu.
Posudky pracují se skutečnou polohou výztuže.
Na vybraných dílcích se vyskytuje 1 varování. 1 z nich je zobrazeno.



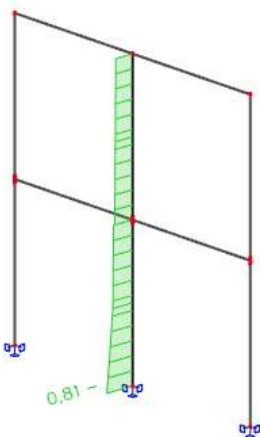
Návrh výztuže lze vidět ze schématu (podrobně viz. výkres vyztužení)



Posouzení

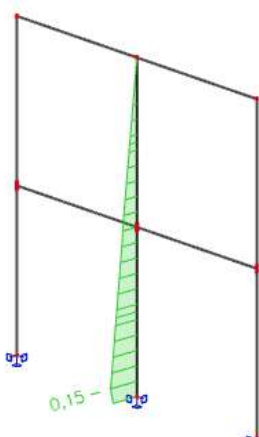
Posouzení únosnosti - odevza

Hodnoty: **UC**
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: B11



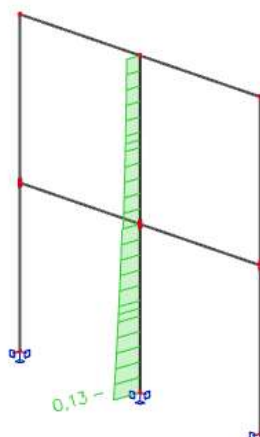
Posudek smyku + kroucení (MSÚ)

Hodnoty: **UC**
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: B11



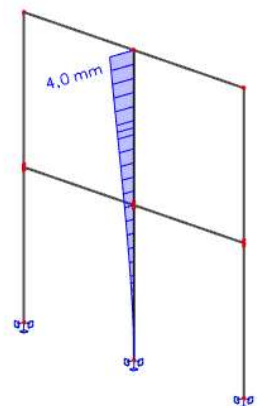
Posudek omezení napětí

Hodnoty: **UC**
Lineární výpočet
Kombinace: MSP-Char (auto)
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: B11



Normově závislý průhyb

Hodnoty: **σ_{tot,z}**
Lineární výpočet
Kombinace: MSP-Kvazi (auto) Extrém:
Globální
Výběr: B11
Poloha: V těžištích. Systém: LSS prvků sítě
Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.
Systém: LSS prvků sítě
Výběr NZP: B11



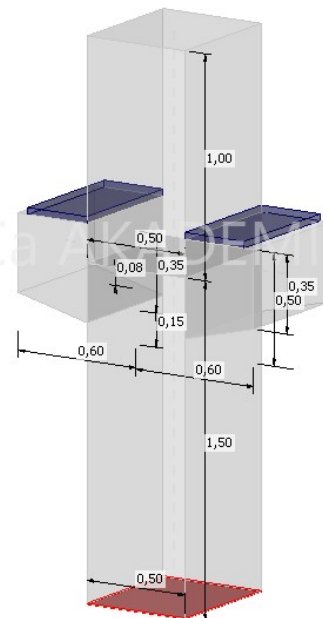
4.3 Návrh konzoly u sloupu

Návrh konzol je proveden na dvě stádia - zatížení obou konzolek a zatížení pouze jedné - zohledňuje se tak montážní stav a zároveň působení rohové sloupu.

4.3.1 Varianta s osazením obou prvků

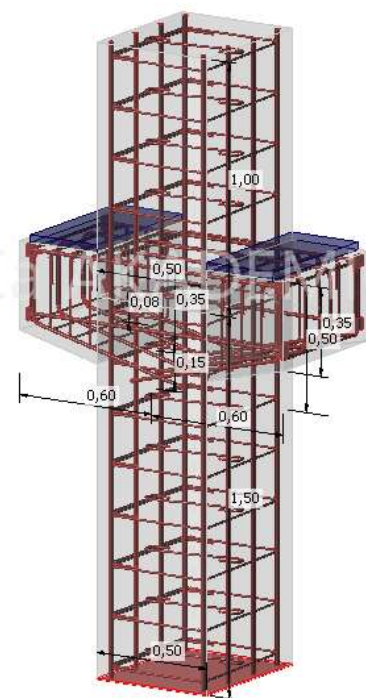
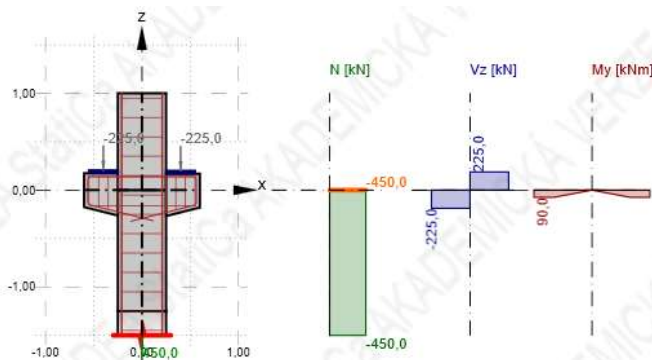
Zatížení z průvlaku - jedna konzola

Stálé	F_k [kN]
Průvlak	11,25
Vazník	210
Střešní plášť	4
Užitné	F_k [kN]
Sníh - bod.	45
Celkem	270,25 kN

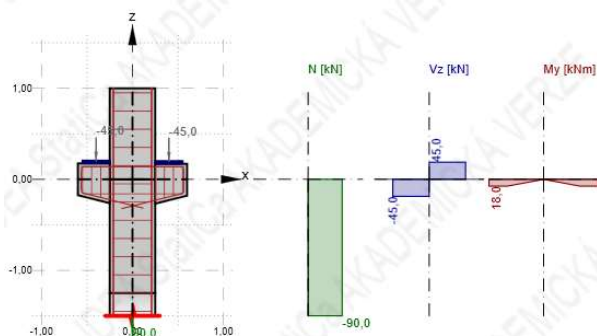


Konzola umístěna ve velké výšce - neuvažují působení celkové momentu a posouvajících sil na horní části sloupu.

Stálé zatížení



Proměnné



Posouzení

Pevnost betonu:

Maximální trhliny:

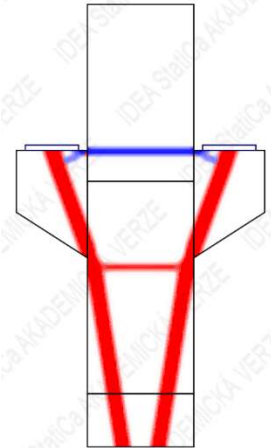
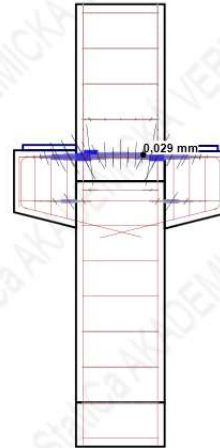
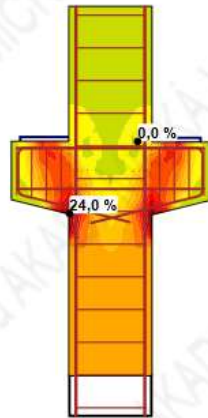
Příhradový model

MSU:

Položka posudku	Využití	
Beton	C1 24,0%	
Výztuž	C1 42,5%	
Kotvení	C1 99,9%	

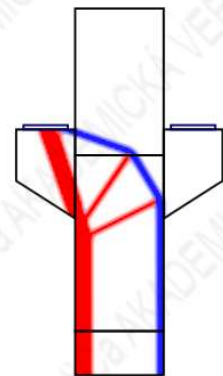
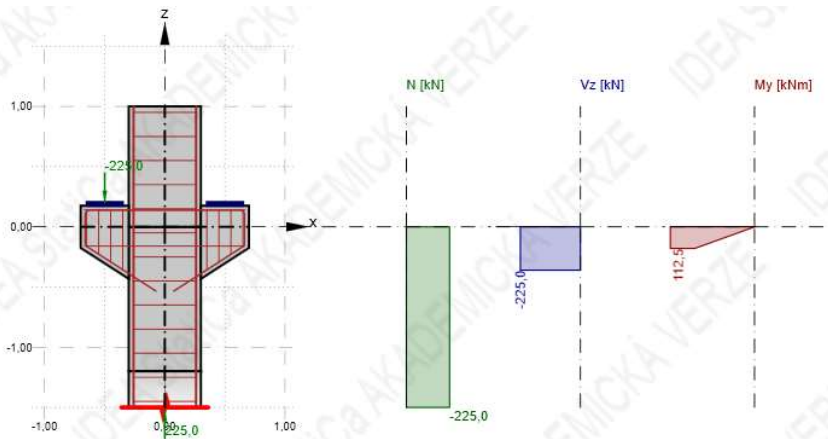
MSP:

Položka posudku	Využití	
Omezení napětí	C3 34,7%	
Šířka trhlin	C2 9,7%	



4.3.2 Varianta s osazením jednoho průvlaku

Příhradový model:



Posouzení:

Pevnost betonu:

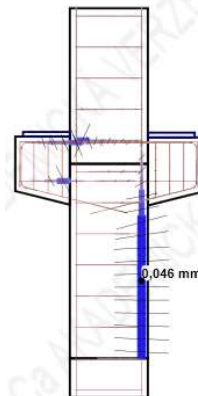
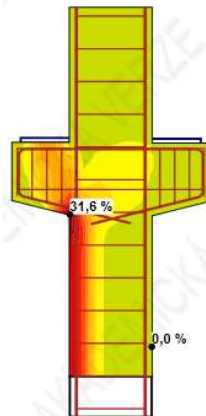
Maximální trhliny:

MSU:

Položka posudku	Využití	
Beton	C1 31,6%	
Výztuž	C1 35,1%	
Kotvení	C1 97,6%	

MSP:

Položka posudku	Využití	
Omezení napětí	C3 37,0%	
Šířka trhlin	C2 15,3%	



4.4 Návrh přepravních úchytů

Průvlak:

Tíha průvlaku

$$G = 0,5 \cdot 0,4 \cdot 4,5 \cdot 25 = 22,2 \text{ kN} \rightarrow 2,22 \text{ t}$$

Plocha dolního bednění

$$A = 0,4 \cdot 4,5 = 1,8 \text{ m}^2$$

Celkové zatížení:

- Zvedání

$$V = G + A \cdot q = 25,8 \text{ kN} \rightarrow 2,58 \text{ t}$$

- Doprava

$$V = G \cdot f = 33,3 \text{ kN} \rightarrow 3,33 \text{ t}$$

Úhel sklonu lana

$$\beta = 45^\circ \rightarrow z = 1,41$$

Počet úchytů

$$n = 2$$

Dimenzační tahová síla - pro jeden úchyt

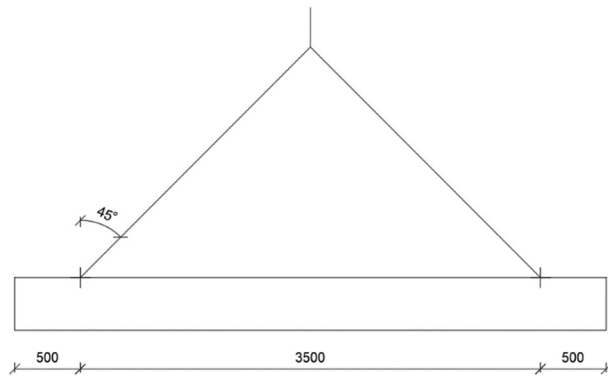
$$F = z \cdot V/n = 1,41 \cdot 33,3/2 = 23,5 \text{ kN}$$

Pozn.: Výpočet podle TL DEHA závěsy

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

Dynamický součinitel při dopravě

$$f = 1,5$$



Tab. 09 Únosnost přepravních úchytů s kulovou hlavou v nosících a stěních bez zvláštních požadavků na výztuž (hmot. skupina 1,3–7,5) pouze 1 a 4

hmotnostní skupina	označení bez povrchové úpravy	délka přepravních úchytů l [mm]	minimální výška nosníku B ₁ [mm]	tloušťka stěny 2 × e _t [mm]	přip. únosnost v kN pevnost betonu v tlaku				osová vzdálenost úchytů e _z [mm]
					osový tah do 30° [β] 15 N/mm ²	šikmý tah do 45° [β] 15 N/mm ²	osový tah a šikmý tah do 45° [β] 25 N/mm ²	osový tah a šikmý tah do 45° [β] 35 N/mm ²	
1,3	6000-1.3-0085	85	180	100	12,2	9,8	13,0	13,0	270
				120	13,0	11,2	13,0	13,0	
				140	13,0	12,5	13,0	13,0	
	6000-1.3-0120	120	250	80	13,0	10,7	13,0	13,0	375
				100	13,0	12,7	13,0	13,0	
				120	13,0	13,0	13,0	13,0	
6000-1.3-0240	240	490	60	9,9	9,9	12,7	13,0	735	
			80	13,0	13,0	13,0	13,0		
			100	13,0	13,0	13,0	13,0		
2,5	6000-2.5-0120	120	248	120	18,1	14,5	23,3	25,0	375
				140	20,3	16,2	25,0	25,0	
				160	22,4	17,9	25,0	25,0	
	6000-2.5-0170	170	348	100	20,7	16,5	25,0	25,0	525
				120	23,7	19,0	25,0	25,0	
				140	25,0	21,3	25,0	25,0	
	6000-2.5-0280	280	568	80	18,4	18,4	23,8	25,0	855
				100	23,0	23,0	25,0	25,0	
				120	25,0	25,0	25,0	25,0	

Návrh 2x úchyt s kulovou hlavou - 6000-2.5-0120

Sloup:

Sloup bude na stavbě zvedán pomocí otvoru na provlečení transportní tyče v závěsu. Otvor bude dostatečně veliký pro provlečení tyče a při vyztužení bude zajištěno olemování. Vyztužení olemováním viz. výkresy výztuže.

Návrh úchytů pro horizontální přepravu:

Tíha sloupu

$$G = 0,5 \cdot 0,6 \cdot 10 \cdot 25 + 2 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,5 \cdot 25 = 81 \text{ kN} \rightarrow 8,1 \text{ t}$$

Plocha dolního bednění

$$A = 0,6 \cdot 10 = 6 \text{ m}^2$$

Součinitel přilnavosti - hladké, nenaolejované bednění

$$q = 2 \text{ kN/m}^2$$

Dynamický součinitel při dopravě

$$f = 1,5$$

Celkové zatížení:

- Zvedání

$$V = G + A \cdot q = 93 \text{ kN} \rightarrow 9,3 \text{ t}$$

- Doprava

$$V = G \cdot f = 121,5 \text{ kN} \rightarrow 12,5 \text{ t}$$

Úhel sklonu lana

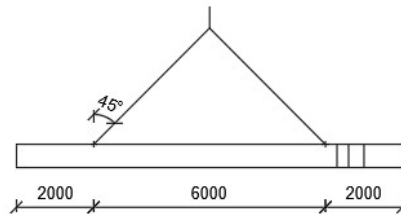
$$\beta = 45^\circ \rightarrow z = 1,41$$

Počet úchytů

$$n = 2$$

Dimenzační tahová síla - pro jeden úchyt

$$F = z \cdot V / n = 1,41 \cdot 121,5 / 2 = 60,75 \text{ kN}$$



Návrh 2x úchyt s kulovou hlavou - 6000-10.0-0135

Deskový vazník:

Vazník bude zvedán dvěma kolovými jeřáby s dostatečnou únosností. Uvažují osazení kotevních úchytů (1 kus na každé straně)

Tíha vazníku

$$G = 420 \text{ kN} \rightarrow 42 \text{ t}$$

Plocha dolního bednění

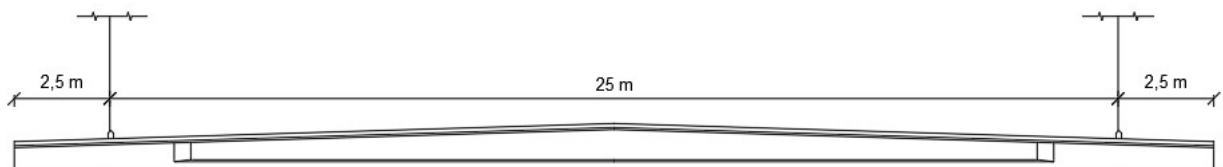
$$A = 0,4 \cdot 30 = 12 \text{ m}^2$$

Součinitel přilnavosti - hladké, nenaolejované bednění

$$q = 2 \text{ kN/m}^2$$

Dynamický součinitel při dopravě

$$f = 1,5$$



Celkové zatížení:

- Zvedání

$$V = G + A \cdot q = 444 \text{ kN} \rightarrow 44 \text{ t}$$

- Doprava

$$V = G \cdot f = 630 \text{ kN} \rightarrow 63 \text{ t}$$

Úhel sklonu lana

$$\beta = 0^\circ \rightarrow z = 1$$

Počet úchytů na každé straně

$$n = 1$$

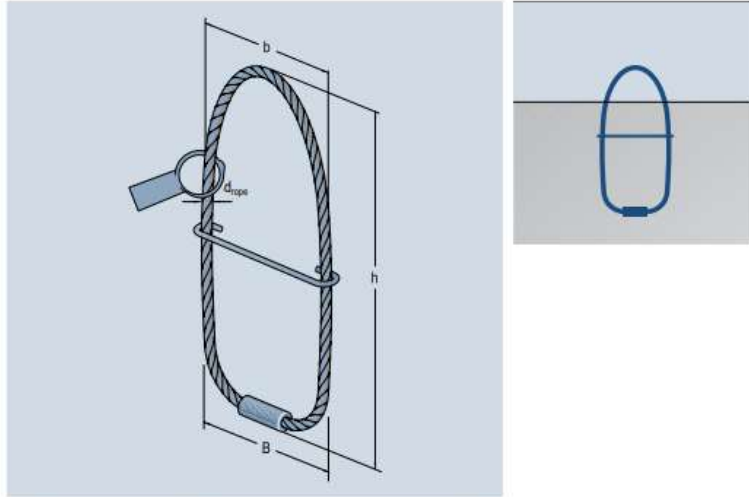
Dimenzační tahová síla - pro jeden úchyt

$$F = z \cdot V/n = 1 \cdot 630/2 = 315 \text{ kN}$$

Pozn.: Výpočet podle TL DEHA závěsy

Návrh 2x úchyt PFEIFER BS ANCHORS 05.020.370.3

Material:
Flexible steel wire rope
Swaged ferrule

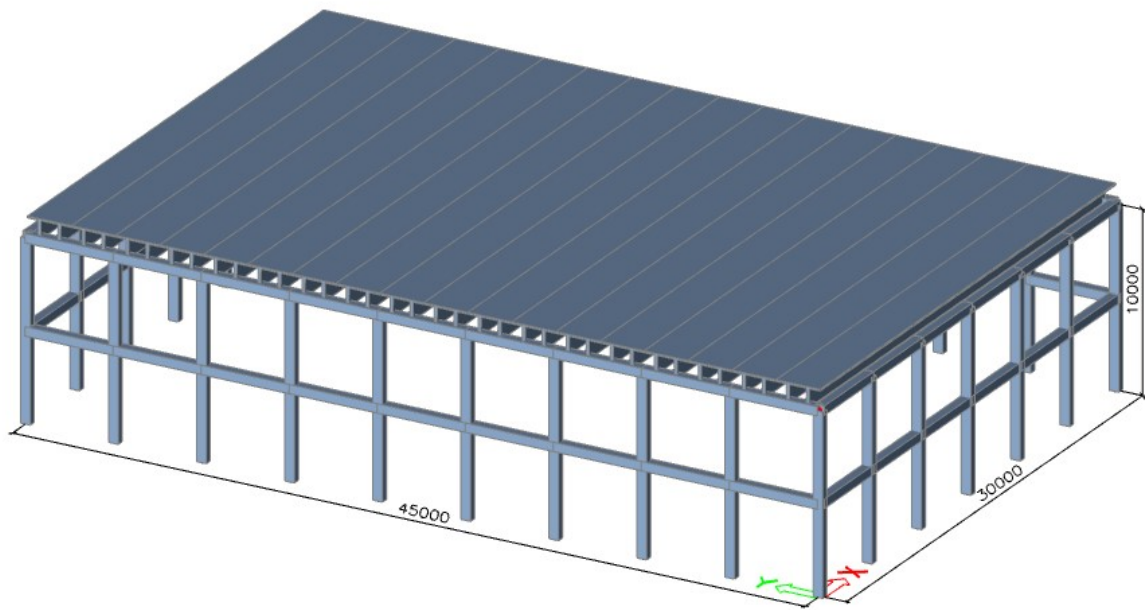


Ref. No.	Type/ Size	N _{0,perm} kN	h	Dimensions mm			Weight approx. kg/piece
				B	b	d _{rope} ¹⁾	
05.020.280.3	BS 28	280	680	360	262	32	9,64
05.020.320.3	BS 32	320	770	400	332	36	10,04
05.020.370.3	BS 37	370	950	440	380	36	15,14
05.020.420.3	BS 42	420	1000	480	418	40	19,23
05.020.470.3	BS 47	470	1100	520	438	44	20,87
05.020.520.3	BS 52	520	1200	550	456	44	27,00
05.020.570.3	BS 57	570	1350	600	500	48	30,75
05.020.650.3	BS 65	650	1430	690	600	46	36,01
05.020.750.3	BS 75	750	1530	760	700	50	46,02
05.020.850.3	BS 85	850	1680	850	760	52	55,06

¹⁾ The given wire rope diameter is only an indication and may vary depending on wire rope construction.

Sample order
16 PFEIFER BS Anchors BS 65:
16 PFEIFER BS Anchors, ref. no. 05.020.650.3

5 Statický výpočet - konstrukční řešení TT-panely



Základní popis konstrukčního řešení:

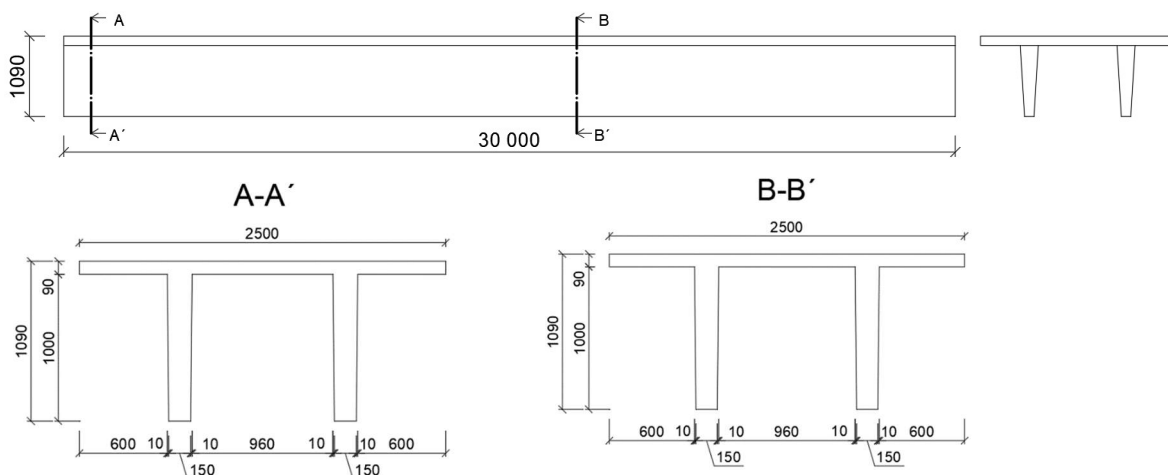
Jedná se o samostatně dilatovanou skeletovou halu. Svislé nosné prvky tvoří obvodové prefabrikované sloupy s konzolkami založené do kalichových patek.

Na sloupy jsou uloženy pomocí pryžových ložisek a trnů průvlaky s ozubem, na které jsou usazeny hlavní vodorovné nosné prvky haly, předem předpínané TT-panely. TT panely budou v rovině horní pásnice spojeny mezi sebou pro vytvoření tuhého střešní pláště. Spoje se budou realizovat pomocí ocelových přivařovaných tyčí případně desek. Odtok střešní konstrukce bude realizován pomocí vyspádovaného střešního pláště.

Předpokládané vlastnosti jednotlivých materiálů:

- Beton:
 - Předpjatý vazník: C 50/60 XC1 - D_{max} 16, $E_{cm} = 36,8$ MPa
 - ŽB průvlaky, sloupy: C 30/37 XC1 - D_{max} 16, C 50/60 XC1 - D_{max} 16,
- Betonářská ocel: B 500 B
- Předpínací ocel: Y1860 - S7 - 15,7 - R2

5.1 Návrh TT panelu



Průřezové charakteristiky z MS Excel

Charakteristiky průřezu Řez A-A'		Charakteristiky průřezu Řez B-B'	
x [m]	0	x [m]	15
A _c [m ²]	0,545	A _c [m ²]	0,545
c _y [m]	1,25	c _y [m]	1,25
c _z [m]	0,36	c _z [m]	0,36
I _y [m ⁴]	0,06	I _y [m ⁴]	0,06
e _d [m]	0,73	e _d [m]	0,73
e _h [m]	0,36	e _h [m]	0,36
W _{vd} [m ³]	0,09	W _{vd} [m ³]	0,09
W _{vh} [m ³]	0,18	W _{vh} [m ³]	0,18

Vlastní tíha vazníku

Výpočet pomocí MS Excel (s uvažováním $g = 10 \text{ m/s}^2$)

$G_{\text{vazník}} = 409 \text{ kN} \sim 40,9 \text{ tun}$

Vnitřní síly od vlastní tíhy

MS Excel - $V_{g0} = 204,375 \text{ kN}$, $M_{g0} = 1532,8 \text{ kN}$

Pozn.: Ošetřování převzato ze statického výpočtu výše, nemění se typ ošetřování.

$$\beta_{cc}(t) = e^{s \cdot \left(1 - \frac{28}{t_T}\right)^{0.5}} = e^{0.2 \cdot \left(1 - \frac{28}{4,822}\right)^{0.5}} = 0,75$$

1.1.3 Materiálové vlastnosti

Volba materiálu													
Betonářská výztuž			Předpínací výztuž			Beton			Beton v čase				
f _{yk}	500	MPa	Y1860 - 15,7			C	50	60	t =	4,822	4,822	1	
Ø	16	mm	f _{pk}	1860	MPa	E _{cm}	36,8	Gpa	E _{cm} (t)	34	34	28	Gpa
Ø _{st}	8	mm	f _{p,01,k}	1640	MPa	f _{ck}	50,0	MPa	f _{ck} (t)	36	36	38	MPa
Krytí			Ø	15,7	mm	f _{cd}	33,3	MPa	β _{cc} (t)	0,75	0,75	0,42	-
c _{B500B}	15	mm	A _p	150	mm ²	f _{ctm}	4,1	MPa	f _{ctm} (t)	3,07	3,07	3,05	MPa
c _{před.}	35	mm	E _p	195	Gpa	f _{cm}	58,0	MPa	f _{cm} (t)	44	44	25	MPa

1.1.4 Návrhové kombinace podle MSP a MSÚ

Návrhové kombinace							
Průřez			0	725	4000	4725	15000
MSÚ	M_{ed} [kNm]	6.10	0,0	246,2	1206,3	1385,2	2609,7
		6.10a	0,0	198,4	972,3	1116,5	2103,5
		6.10b	0,0	216,4	1060,4	1217,7	2294,2
	V_{ed} [kN]	6.10	348,0	331,1	255,2	238,4	0,0
		6.10a	280,5	266,9	205,7	192,1	0,0
		6.10b	305,9	291,1	224,3	209,5	0,0
Charakteris- tická kombinace	$M_{e,ch}$	6.14b	0,0	178,8	876,2	1006,2	1895,6
	$V_{e,ch}$	6.14b	252,8	240,5	185,4	173,1	0,0
Častá kombinace	$M_{e,c}$	6.15b	0,0	147,0	720,2	827,0	1558,1
	$V_{e,c}$	6.15b	207,8	197,7	152,4	142,3	0,0
Kvazistálá kombinace	$M_{e,k}$	6.16b	0,0	147,0	720,2	827,0	1558,1
	$V_{e,k}$	6.16b	207,8	197,7	152,4	142,3	0,0

Předběžná ověření TT panelu

Posouzení stability nosníku v příčném směru [čl.5.9]			
Dočasné situace			
$l_{r,0}$	20000	mm	Vzdálenost mezi torzními vazbami (podporami, které drží proti kroucení)
h	1090	mm	
b	2500	mm	
$h/b < 3,5$	0,436	-	
Posudek	Vyhovuje		
Trvalé situace			
$l_{t,0}$	30000	mm	Vzdálenost mezi torzními vazbami (podporami, které drží proti kroucení)
h	1090	mm	
b	2500	mm	
$h/b < 2,5$	0,436	-	
Posudek	Vyhovuje		

Spolupůsobící šířka pásnice se stojinou			
l_0	15000	mm	Vzdálenost mezi \emptyset momenty
$b_{hor,pásnice}$	2500	mm	Šířka horní pásnice
$b_{hor,stojina}$	200	mm	Šířka horní stojiny
$b_{eff,i}$	1150	mm	Šířka horní stojiny
b_{eff}	2500	mm	Výsledná efektivní šířka

Smyk mezi horní přírubou a stojinou čl 6.2.4			
Δx	7500	mm	Polovina vzdálenosti mezi nulovým a maximálním momentem
$M_{ed,(max)}$	2294,20	kNm	
$z_{(max)}$	829,28571	mm	Rameno vnitřních sil - uvažována h - ap
$M_{ed,(\Delta x)}$	1720,65	kNm	
$z_{(\Delta x)}$	829,28571	mm	Rameno vnitřních sil - uvažována h - ap
ΔM_{ed}	573,55	kNm	
ΔF_{ed}	691,62	kN	
h_f	90	mm	Tloušťka pásnice v místě připojení
$\cot\theta$	1,5	-	Doporučená hodnota podle normy - pro tlačenou pásnici
θ	33,69		
ν	0,48		Redukční součinitel pevnosti betonu
V_{ed}	1,025	MPa	Posudek podélného smykové napětí
			7,38 MPa

Návrh velikost předpětí a nutného počtu lan

A	545000	mm ²	0,545	m ²
yc	1250	mm	1,25	m
zc	358,88	mm	0,36	m
Iy	6E+10	mm ⁴	0,06	m ⁴
Iz	2E+11	mm ⁴	2,2E-01	m ⁴
e _{dolní}	731,12	mm	0,73	m
e _{horní}	358,88	mm	0,36	m
W _{yd}	9E+07	mm ³	0,09	m ³
W _{yh}	2E+08	mm ³	0,18	m ³
h	1090	mm	1,09	m
e _p	470	mm	0,47	m
x	15000	mm		

Návrh počtu předpínacích lan			
σ _d - konec živ.	0	MPa	Předběžná hodnota napětí, kterou chceme v dolních vláknech na konci životnosti
e _p - teor	0,47	m	Teoretická excentricita lan - pro kritický průřez (pole)
Teoretická předpínací síla			
F _{P,∞,k}	2466	kN	Teoretická velikost předpínací síly na konci životnosti - moment od časté kombinace
F _{P,0}	2901	kN	Teoretická velikost předpínací síly na začátku životnosti (+15% ztráty)
Teoretické předpínací napětí			
σ _{p,max}	1476	MPa	Maximální přípustné napětí ve vyztuži během předpínání čl.5.10.2.1
σ _{p,0}	1394	MPa	Maximální přípustné napětí po vnesení předpětí (-5% kratkodobé ztráty) čl.5.10.3
A _p	2081	mm ²	Nutná plocha lan
Návrh lan a předpínací síly			
n	14	ks	Počet lan
			Z výpočtu
			13,87 ks
F _p	2927	kN	Velikost předpínací síly na začátku životnosti
F _{P,∞,k}	2488	kN	Velikost předpínací síly na konci životnosti (-15% ztráty)

$$\sigma_d = -\frac{F_{P,\infty,k}}{A_c} - \frac{F_{P,\infty,k} \cdot e_{p_teor}}{W_{yd}} + \frac{M_{cast}}{W_{yd}} \leq 0$$

$$F_{P,\infty,k} = \frac{M_{cast}}{W_{yd}} / \left(\frac{1}{A_c} + \frac{1}{e_{p_teor}} \right)$$

$$F_{P,0,k} = \frac{F_{P,\infty,k}}{1 - 0,15}$$

$$\sigma_{p,max} = \min(0,8f_{pk}; 0,9f_{p01k})$$

$$\sigma_{p,0} = \min(0,75f_{pk}; 0,85f_{p01k})$$

$$A_p = \frac{F_{P,0,k}}{\sigma_{p,0}} \rightarrow \text{Návrh lan}$$

$$F_{P,0} = n \cdot A_{p1} \cdot \sigma_{p,0}$$

$$F_{P,\infty} = \frac{F_{P,0}}{1 - 0,15}$$

Posouzení průřezů - střed pole A-A'

POZN. Uvažují e_{p, teor} a celkové ztráty 20%

$$\sigma_{h_char} = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} + \frac{F_{P,\infty} \cdot e_p}{W_{yh}} - \frac{M_{char}}{W_{yh}} \leq 0,6f_{ck}$$

$$\sigma_{d_char} = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} - \frac{F_{P,\infty} \cdot e_p}{W_{yd}} + \frac{M_{char}}{W_{yd}}$$

$$\sigma_{h_kvazi} = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} + \frac{F_{P,\infty} \cdot e_p}{W_{yh}} - \frac{M_{kvazi}}{W_{yh}} \leq 0,45f_{ck}$$

Posouzení průřezu ve středu - pro teoretický návrh e _p					
Střed pole					
σ _h - char	8,60	<	30	Posouzení maximálního napětí < 0,6f _{ck} , nezávažné	Vyhovuje
σ _h - kvazi	6,73	<	22,5	Posouzení lineárního dotvarování < 0,45f _{ck}	Vyhovuje
σ _d - char	3,66				

Přenášecí délka

$$f_{ctm}(t_T) = f_{ctm} \cdot \beta_{cc}$$

$$f_{bpt} = \eta_{p1} \cdot \eta_1 \cdot f_{ctd}(t_T)$$

$$f_{ctd}(t_T) = 0,7 \cdot \frac{f_{ctm}(t_T)}{1,5}$$

$$l_{pt} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \phi_p \cdot \sigma_{p,0} / f_{bpt}$$

$$l_{pt1} = 0,8l_{pt}$$

$$l_{pt2} = 1,2l_{pt}$$

Délka přenosu síly pomocí soudržnosti předem předpjaté výztuže [čl.8.10.2.2]		
η_{p1}	3,2	- Součinitel - druh předpínacích vložek (2,7 dráty s vtisky, 3,2 pro 3 - 7 drátová lana)
η_1	1	- Součinitel - podmínky soudržnosti (1 - dobré, 0,7 - ostatní případy)
t	4,822	dny Doba předpínání (lze zahlednit i ošetřování)
$f_{ctm}(t)$	3,07	MPa Průměrná pevnost betonu v tahu v době uvolňování
$f_{ctd}(t)$	1,43	MPa Návrhová hodnota pevnosti betonu v tahu v době uvolňování
f_{bpt}	4,59	MPa Napětí v soudržnosti mezi betonem a lanem
α_1	1	- Uvolňování lan (1 - postupně, 1,25 - náhle)
α_2	0,19	- 0,25 - Vložky s kruhovým průřezem, 0,19 pro 3 - 7 drátová lana
l_{pt}	907	mm Vzdálenost od konce prvku, kde dochází k celkové zatížení průřezu od předpětí
l_{pt1}	725	mm Návrhová hodnota délky přenosu
l_{pt2}	1088	mm Návrhová hodnota délky přenosu
l_{dis}	1418	mm Vyrovnávací délka - lineární rozdělení napětí po průřezu (D - B oblast)

Posouzení průřezů - u podpory + l_{pt1}

POZN. Uvažují $e_{p_teor_pod}$ snížené v závislosti na excentricitě daného průřezu a celkové ztráty 20%

$$f_{ck}(t_T) = f_{cm}(t_T) - 8$$

Posouzení při vnesení předpětí

$$\sigma_h = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} + \frac{F_{P,0} \cdot e_{p_teor_pod}}{W_{yh}} \leq 0,75f_{ctm}$$

$$\sigma_d = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} - \frac{F_{P,0} \cdot e_{p_teor_pod}}{W_{yd}} \leq 0,6f_{ck}(t_T)$$

Posouzení na konci životnosti

$$M_{g0_pod} = 144,591 \text{ kNm}$$

$$\sigma_h = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} + \frac{F_{P,0} \cdot e_{p_teor_pod}}{W_{yh}} - \frac{M_{g0_pod}}{W_{yh}} \leq 0,75f_{ctm}$$

$$\sigma_d = -\frac{F_{P,\infty}}{A_c} - \frac{F_{P,0} \cdot e_{p_teor_pod}}{W_{yd}} + \frac{M_{g0_pod}}{W_{yd}} \leq 0,45f_{ck}$$

A	545000	mm ²	0,545	m ²
yc	1250	mm	1,25	m
zc	358,88	mm	0,3589	m
Iy	6,45E+10	mm ⁴	0,0645	m ⁴
Iz	2,20E+11	mm ⁴	0,22	m ⁴
e _{dolní}	731,12	mm	0,7311	m
e _{horní}	358,88	mm	0,3589	m
W _{yd}	8,83E+07	mm ³	0,0883	m ³
W _{yh}	1,80E+08	mm ³	#####	m ³
h	1090	mm	1,09	m
e _p	470,00	mm	0,47	m
x	725	mm		

U podpory		x =	725	mm	
σ_h : začátek zlv.	2,28	<	3,07	Pos.max.napětí betonu v tahu < 0,75f _{ctm}	Vyhovuje
σ_h : konec zlv.	1,13	<	3,05	Pos.max.napětí betonu v tahu < 0,75f _{ctm}	Vyhovuje
σ_d : začátek zlv.	20,96	<	21,45	Pos.max.napětí betonu v tlaku < 0,6f _{ck} (t ₀)	Vyhovuje
σ_d : konec zlv.	17,01	<	22,50	Pos.max.napětí betonu v tlaku < 0,45f _{ck}	Vyhovuje
Pokud průřez nad podporou nevyhoví, vhodně použít separaci lan					

Posouzení vyhovuje pro teoretickou předpínací sílu. Po výpočtu ztrát je potřeba ověřením provést znova!

Ztráty krátkodobé - střed pole

•Ztráta pokluzem

$$\Delta\sigma_{p,pokluz} = -\frac{\Delta p_{pokluz} \cdot E_p}{l_p}$$

Δp_{pokluz}	6 mm	Hodnota pokluzu
l_p	52000 mm	Délka lan
$\Delta\sigma_{p,pokluz}$	-22,50 MPa	Ztráta pokluzem

•Průměrná ztráta přetvořením kotevního zařízení

$$\Delta\sigma_{p,přetvoreni} = E_p \frac{\Delta p_{přetvoreni}^{(m-1)}}{l_d \cdot 2 \cdot m}$$

•Ztráta krátkodobou relaxací

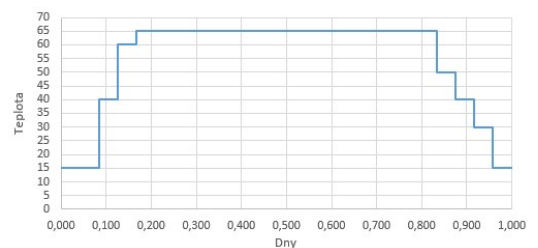
$\Delta p_{přetvoreni}$	4 mm	Hodnota pokluzu
l_d	50000 mm	Délka dráhy
m	14 ks	Počet postupně napinaných vložek
$\Delta\sigma_{p,přetvoreni}$	-7,24 MPa	Ztráta přetvořením

$$t_e = \left(\left(\frac{\Delta\sigma_{p,i,0}}{-0,66 \cdot 10^{-5} \cdot (\sigma_{p,t,0.083} - \Delta\sigma_{p,i,0}) \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \cdot \mu}} \right)^{\frac{1}{0,75 \cdot (1-\mu)}} \right) \cdot 1000$$

$$\Delta\sigma_p = -0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \cdot \mu} \cdot \left(\frac{t_{podrzeni}}{1000} \right)^{0,75 \cdot (1-\mu)} \cdot 10^{-5} \cdot \sigma_{p,max}$$

$$\mu = \frac{\sigma_{p,max}}{f_{pk}}$$

$$t_{ekv} = \frac{1,14 T_{max} - 20}{T_{max} - 20} \sum_{i=1}^n (T(\Delta t_i) - 20) \Delta t_i$$



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

tř.	2	Relaxační třída - lana s nízkou relaxací
ρ_{1000}	2,5 %	Ztráta relaxací 1000 hodin po napnutí. Při průměrné teplotě 20 °
t_{cor}	0,083 hod	Snížení relaxace podržením konstantního napětí (obvykle $t = 5 \text{ min}$)
σ_{pi}	1476 MPa	Maximální přípustné napětí ve výztuži během předpínání čl. 5.10.2.1
μ	0,79 -	
$\Delta\sigma_{pr}^{cor}$	-7,78 MPa	Velikost ztráty, kdybychom nepodrželi napětí
čl.10.3.2		
Uvážení relaxační ztráty s přihlednutím k účinku vzrůstu teploty během ošetřování		
Relaxace se během tepelného ošetřování zrychluje současně s teplotním přetvářením		
t_{eq}	6812,7 hod	Ekvivalentní časová délka, která se přidá jako ztráta při tepelném proteplování
$t_{cor} = t_i$	0,083 hod	
t_{i+1}	6836,7 hod	Čas po 1 dni se zahrnutím ekvivalentní ztráty
Relaxací výztuže podle přílohy D [1]		
σ_{pi}	1476 MPa	Tahové napětí v předpínací vložce bezprostředně před okamžikem t_i
σ_{pi+}	1446 MPa	Tah. nap. v předp. vlož. bezpro. po okam. t_i (pokluzu a přetvoření opěr + podržení napětí)
μ	0,782	
$\sigma_{p,i-1}$		Tahové napětí v předpínací vložce v přecházejícím stádiu
$\Delta\sigma_{pr,i}$	-7,78 MPa	Absolutní hodnota ztráty relaxací během uvažovaného stádia stádia
Řešení rovnice pro $t_e =$		
$\sum_{j=1}^{i-1} \Delta\sigma_{pr,j} = -0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \cdot \mu} \cdot \left(\frac{t_e}{1000} \right)^{0,75 \cdot (1-\mu)} \cdot \left\{ \sigma_{pi}^+ - \sum_{j=1}^{i-1} \Delta\sigma_{pr,j} \right\} \cdot 10^{-5}$		
t_e	0,291 hod	Ekvivalentní čas pro ztráty, které již proběhly
Δt_i	6836,6	$\Delta t_i = t_{i+1} - t_i$
$\Delta\sigma_{pr,i}$	-32,4 MPa	Konečná ztráta relaxací výztuže pro $t = 1 \text{ den}$

•Ztráta rozdílem teplot výztuže a kotevního zařízení

$$\Delta\sigma_{p,teplota} = E_p \frac{\alpha_d \cdot l_d \cdot (T_d - T_0) - \alpha_p \cdot l_p \cdot (T_p - T_0)}{l_p}$$

T _A	50	°C	Teplota kotevního bloku
T _p	65	°C	Teplota výztuže
α _A	1E-05	K ⁻¹	Teplotní roztažnost výztuže
α _p	1E-05	K ⁻¹	Teplotní roztažnost výztuže
l _A	50000	mm	Délka dráhy
l _p	52000	mm	Délka lan
T ₀	15	°C	Teplota ve výrobě
Δσ _{pT}	-31,88	MPa	Ztráta rozdílem teplot

•Ztráta pružným přetvořením betonu

$$E_{cm}(t_T) = \left(\frac{f_{cm}(t_T)}{f_{cm}}\right)^{0,3} \cdot E_{cm}$$

$$v = \frac{A_p \cdot E_p}{A_p \cdot E_{cm}(t_T)}$$

$$\psi = v \cdot \left(1 + \frac{A_c \cdot e_p^2}{I_c}\right)$$

$$\Delta\sigma_{p,pruzne} = \Delta\sigma_{p,e} = -\frac{\sigma_{p,kratk} \cdot \psi}{1 + \psi}$$

a) Pružným přetvořením betonu při předpinání od účinků předpětí			
v	0,0222	-	$\psi = v \cdot \left(1 + \frac{A_c \cdot e_p^2}{I_c}\right) \quad v = \frac{A_p \cdot E_p}{A_c \cdot E_{cm}(t)} \quad \Delta\sigma_{pe} = -\sigma_p \cdot \psi / (1 + \psi)$
ψ	0,0638	-	
Δσ _{pe}	-82,87	MPa	Uvažovány vzorce - podle J.Navrátů skripta [4.29] a).
b) Pružným přetvořením betonu při předpinání od účinků vlastní tíhy			
M _{což}	1532,8	kNm	Beton nám svou vlastní tíhou pomáhá proti účinku přetvoření
Δσ _{poso}	60,90	MPa	

•Působení vlastní tíhy - přetvoření - ideální průřezové charakteristiky

x	15000	mm	15	m	Vzdálenost ve které probíhá posouzení
a _p	260,71	mm	0,2607	m	Těžiště lan od spodního povrchu
d _p	829,29	mm	0,8293	m	Těžiště lan od horního povrchu
e _p	470,40	mm	0,4704	m	Skutečná excentricita lan od těžiště betonového průřezu
A _p	2100	mm ²	0,0021	m ²	Placha předpinací výztuže
A _i	556136	mm ²	0,5561	m ²	Placha ideálního průřezu
t _i	9,4	mm	0,0094	m	Vzdálenost těžišť betonového a ideálního průřezu
e _{pi}	460,98	mm	0,461	m	Skutečná excentricita lan od těžiště ideálního průřezu
z _{ci,horní}	368,30	mm	0,3683	m	Vzdálenost těžiště ideálního průřezu od horního okraje
z _{ci,dolní}	721,70	mm	0,7217	m	Vzdálenost těžiště ideálního průřezu od dolního okraje
I _i	6,70E+10	mm ⁴	0,067	m ⁴	Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$\Delta\sigma_{p,pruzne_vl_tiha} = \Delta\sigma_{p,eq} = \frac{M_{g0}}{I_i} \cdot e_{pi} \cdot \frac{E_p}{E_{cm}(t)}$$

Rekapitulace okamžitých ztrát

Rekapitulace okamžité ztráty		
$\sigma_{p,max}$	1476	MPa
$\Delta\sigma_{p,pokluz}$	-22,50	MPa
$\Delta\sigma_{p,pretvoreni}$	-7,24	MPa
$\Delta\sigma_{p,relax}$	-32,39	MPa
$\Delta\sigma_{p,teplota}$	-31,88	MPa
σ_p	1382	MPa
$\Delta\sigma_{pe}$	-82,87	MPa
$\Delta\sigma_{peg0}$	60,90	MPa
σ_{pa}	1360	MPa

$$\sigma_{p,kratk} = \sigma_p = \sigma_{p,max} + \Delta\sigma_{p,pokluz} + \Delta\sigma_{p,pretvoreni} + \Delta\sigma_{p,relax} + \Delta\sigma_{p,teplota}$$

$$\sigma_{p,kratk_pr} \leq \min(0,75f_{pk}; 0,85f_{p01}) = \sigma_{pm0}$$

$$\sigma_{p,kratk_pr} = \sigma_{p,kratk} + \Delta\sigma_{p,pruzne} + \Delta\sigma_{p,pruzne_vl_tih}$$

σ_{pa}	1360	MPa	<	σ_{pm0}	1394	MPa
---------------	------	-----	---	----------------	------	-----

Ztráty dlouhodobé - střed pole

• Pružné přetvoření betonu od kvazistálého zatížení

V dalších fázích brání přetvoření vlastní tíha s kvazistálou kombinací zatížení.

$$\Delta\sigma_{p,pruzne_kvazi} = \frac{M_{kvaz} M_{g0}}{I_i} \cdot e_{pi} \cdot \frac{E_p}{E_{cm}}$$

Změna předpětí průžným přetvořením betonu			
M_{E0k}	1532,8	kNm	Beton nám svou vlastní tíhou pomáhá proti účinku přetvoření
M_{Epr2}	1558	kNm	Kvazi-stála kombinace
$\Delta\sigma_{peg1}$	0,92	MPa	$\Delta\sigma_{pr,j} = \frac{M_{Epr2} - M_{E0k}}{I_i} \cdot e_{pi} \cdot \frac{E_p}{E_{cm}}$
ΔP_{peg1}	1,94	kN	

• Relaxace předpínacích lan

$$\Delta\sigma_{p,relax} = - \left(0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \cdot \mu} \cdot \left(\frac{t_e + \Delta t_{i,\infty}}{1000} \right)^{0,75 \cdot (1-\mu)} \cdot 10^{-5} \cdot \sigma_{p,zacatek,\infty} \right) - \Delta\sigma_{p,relax}$$

t_i	6836,68	hod	Čas po krátkodobých ztrátách
t_{i+1}	438000	hod	Čas po 50 letech
σ_{pa}	1360	MPa	
σ_{pi+}	1360,96	MPa	Napětí bezprostředně po okamžiku tí
$\Delta\sigma_{pr,j}$	-40,17	MPa	Již proběhlé ztráty relaxací (0 - 1 den)
μ	0,75		
Řešení rovnice pro te =			
$\sum_j^{i-1} \Delta\sigma_{pr,j} = -0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1 \cdot \mu} \cdot \left(\frac{t_e}{1000} \right)^{0,75(1-\mu)} \cdot \left\{ \sigma_{pi}^+ - \sum_j^{i-1} \Delta\sigma_{pr,j} \right\} \cdot 10^{-5}$			
t_e	26341	hod	
Δt_i	431163	hod	
$\Delta\sigma_{pr}$	-26,00	MPa	

• Smršťování

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u}$$

$$\beta_{ds}(t_T, t_\infty) = \frac{(t_\infty - t_T)}{(t_\infty - t_T) + 0,04 \cdot \sqrt{h_0^3}}$$

$$\varepsilon_{cd}(t_\infty) = \beta_{ds}(t_T, t_\infty) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6}$$

$$\beta_{as}(t_T) = 1 - e^{-0,2t^{0,5}}$$

Poměrné přetvoření od vysychání		
t_s	4,822 dny	Konec ošetřování betonu (začátek vysychání)
t	18250 dny	Stáří betonu v uvažovaném okamžiku (konec životnosti 50let)
A_c	545000 mm ²	
u	6640 mm	Vysychající obvod (většinou u vazníků - horní část zakrytá, nevysychá)
h_0	164 mm	Náhradní rozměr průřezu
β_{ds}	0,9954	$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0,04 \cdot \sqrt{h_0^3}}$
trída cementu	R	
α_{ds1}	6	$\beta_{RH} = 1,55 \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right] = 1,55 \left[1 - \left(\frac{50}{100} \right)^3 \right] = 1,356$

$$\beta_{RH} = 1,55 \cdot \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right]$$

$$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 \cdot \left[(220 + 110\alpha_{ds1}) \cdot e^{-\alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{10}} \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH}$$

$$\varepsilon_{ca}(t_T) = \varepsilon_{ca}(\infty) \cdot \beta_{as}(t_T)$$

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{ca}(t_T) \cdot \varepsilon_{cd}(t_T)$$

$$\Delta\sigma_{p,smrsteni} = \varepsilon_{cs} \cdot E_p$$

α_{ds2}	0,11	-	$\varepsilon_{cd,0} = 0,85 \left[(220 + 110\alpha_{ds1}) \cdot \exp(-\alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{10}) \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH}$
RH	50	%	
β_{RH}	1,36	-	
$\varepsilon_{cd,0}$	0,00054	-	Základní poměrné přetvoření od smršťování vysycháním podle přílohy [1] B2
ε_{cd}	0,00048	-	$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$

Poměrné přetvoření od smršťování [1] 3.1.4			
ECS	0,0006	-	$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$
$\Delta\sigma_{pc}$	-113,53	MPa	ε_{cd} - poměrné smršťování vysycháním ε_{ca} - poměrné autogenní smršťování

•Dotvarování

$$\phi_{RH} = \left[1 + \frac{1 - \frac{RH}{1000}}{0,1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}}$$

$$t_0 = t_T \cdot \left(\frac{9}{2 + t_T^{1,2}} + 1 \right)^\alpha$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{(0,1 + t_0^{0,2})}$$

$$\phi_0 = \phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$$

$$\beta_H = 1,5 \cdot [1 + (0,012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3$$

$$\beta_c(t_\infty, t_T) = \left[\frac{t_\infty - t_T}{\beta_H + t_\infty - t_T} \right]^{0,3}$$

$$\phi(t_\infty, t_T) = \phi_0 \cdot \beta_c(t_\infty, t_T)$$

t	4,82 dny	Konec ošetřování betonu (začátek vysychání) - ekvivalentního čas $1t$
s	0,2	$\beta_{cc}(t) = \exp\left\{ s \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0,5} \right] \right\}$
$\beta_{cc}(t)$	0,75	
součinitel stáří betonu podle [1] čí 3.1.2		
Poměrné přetvoření od dotvarování [1] příloha B		
α_1	0,702	-
α_2	0,904	-
α_3	0,777	-
ϕ_{RH}	1,48	Součinitel vystihující vliv relativní vlhkosti na dotvarování
$\beta_{cc}(f_{cm})$	2,206	$\beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}}$ Součinitel vystihující vliv pevnosti betonu v tlaku ve 28 dnech
α	1	$t_0 = t_{0,T} \left(\frac{9}{2 + t_{0,T}^{1,2}} + 1 \right)^\alpha$ Vliv druhu cementu na součinitel dotvarování
t_0	9,86502	$> 0,5$
$\beta(t_0)$	0,595	$\beta(t_0) = \frac{1}{(0,1 + t_0^{0,2})}$ Součinitel vystihující vliv okamžiku vnesení zatížení
ϕ_0	1,95	$\phi_0 = \phi_{RH} \beta(f_{cm}) \beta(t_0)$ Základní součinitel dotvarování
β_{H1}	440,465	$< 1165,23$ Součinitel závislý na relativní vlhkosti
β_H	$\beta_H = 1,5 \cdot [1 + (0,012 RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3$	
$\beta_c(t, t_0)$	$\beta_c(t, t_0) = \left[\frac{t - t_0}{\beta_H + t - t_0} \right]^{0,3}$	
$\beta_c(t, t_0)$	0,9929	Součinitel časového průběhu dotvarování
Součinitel dotvarování		
$\phi(t, t_0)$	1,933	$\phi(t, t_0) = \phi_0 \beta_c(t, t_0)$
Napětí v betonu v úrovni předpínací výztuže - vlastní tíha, počáteční předpětí, kvažistálá zatížení		
σ_c	-3,69	MPa
Ztráta dotvarováním		
$\Delta\sigma_{pc}$	-37,79	MPa

$$\sigma_c = -\frac{F_{p,kratkodobe} + \Delta F_{p,dlouhodobé_pruzne}}{A_c} - \frac{(F_{p,kratkodobe} + \Delta F_{p,dlouhodobé_pruzne}) \cdot e_p^2}{I_c} + \frac{M_{kvazi}}{I_c} \cdot e_p a$$

$$\Delta\sigma_{p,dotvarovani} = -\frac{E_p}{E_{cm}} \cdot \phi(t_{\infty}, t_T) \cdot \sigma_c$$

•Celkové dlouhodobé ztráty

$$\Delta\sigma_{p,d+s+r} = -\frac{\varepsilon_{cs} E_p + 0,8 \Delta\sigma_{pr,relax} + \frac{E_p}{E_{cm}} \phi(t_{\infty}, t_T) \sigma_c}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \frac{A_p}{A_c} (1 + \frac{A_c}{A_p} e_p^2) (1 + 0,8 \phi(t_{\infty}, t_T))}$$

$\Delta\sigma_{pc+s+r}$	-149,765	MPa
Vzorec pro celkové dlouhodobé ztráty		
$\Delta\sigma_{pc+s+r} = \frac{\varepsilon_{cs} E_p + 0,8 \Delta\sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \phi(t_{\infty}, t_T) \sigma_c}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \frac{A_p}{A_c} (1 + \frac{A_c}{A_p} e_p^2) (1 + 0,8 \phi(t_{\infty}, t_T))}$		

Rekapitulace okamžité ztráty			Rekapitulace dlouhodobé ztráty		
$\sigma_{p,max}$	1476	MPa	σ_{p0}	1360	MPa
$\Delta\sigma_{p,pokluz}$	-22,50	MPa	$\Delta\sigma_{pc+s+r}$	-149,76	MPa
$\Delta\sigma_{p,pretvorovani}$	-7,24	MPa	$\Delta\sigma_{pcg1}$	0,92	MPa
$\Delta\sigma_{pr,relax}$	-32,39	MPa	σ_{pc0}	1211	MPa
$\Delta\sigma_{p,teplota}$	-31,88	MPa	Parevnání výpočtu a odhadu ztrát		
σ_p	1382	MPa	F_{pc0}	2544	kN
$\Delta\sigma_{pc}$	-82,87	MPa	F_{pc0}	2588	kN
$\Delta\sigma_{pcg0}$	60,90	MPa	F_{ma}	2856	kN
σ_{p0}	1360	MPa	σ_{p0}	1394	MPa
					Se ztrátami pružným přetvořením
					Bez ztrát pružným přetvořením

Předpokládaná ztráta 20%

$$\sigma_{p,max} = 1476 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_{p,\infty} = \sigma_{p,max} \cdot 0,8 = 1181 \text{ MPa}$$

$\sigma_{p,\infty} = 1181 \text{ MPa} \approx \sigma_{p,dlouh_pr} = 1211 \text{ MPa} \rightarrow$ O něco vyšší ztráta z důvodu většího smrštění!

Omezení napětí podle MSP - Střed pole

•Napětí v předpínacích lanech

$$\sigma_{p,kratk_pr} \leq 0,75 f_{pk}$$

$$\sigma_{p,dlouho_pr} \leq 0,75 f_{pk}$$

Konec životnosti			
$\sigma_{p00} + \Delta\sigma_{pcg}$	1211	MPa	< 1395 MPa
Při začátku působení (konec mantáže)			
$\sigma_{p00} + \Delta\sigma_{pcg} - \Delta\sigma_{ceser}$	1361	MPa	< 1395 MPa

napětí v předpínací výztuži čl. 7.2 (5) < 0,75f_{pk}

napětí v předpínací výztuži čl. 7.2 (5) < 0,75f_{pk}

•Napětí v betonu - charakteristická kombinace

$$\sigma_{h,sup} = -\frac{F_{k,sup}}{A_c} + \frac{F_{k,sup} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} - \frac{M_{char} \cdot z_{ci,h}}{I_i} < 0,6 f_{ck}$$

$$\sigma_{h,inf} = -\frac{F_{k,inf}}{A_c} + \frac{F_{k,inf} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} - \frac{M_{char} \cdot z_{ci,h}}{I_i} < 0,6 f_{ck}$$

$$\sigma_d = -\frac{F_{k,inf}}{A_c} - \frac{F_{k,inf} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} + \frac{M_{char} \cdot z_{ci,h}}{I_i} < f_{ctm}$$

•Napětí v betonu - kvazistálá kombinace - lineární dotvarování

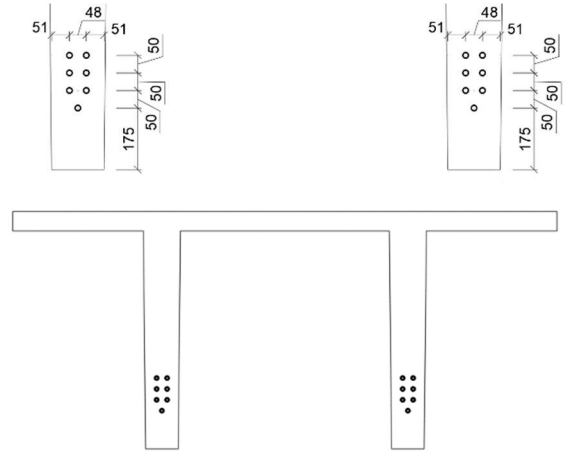
$$\sigma_{h,sup} = -\frac{F_{k,sup}}{A_c} + \frac{F_{k,sup} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} - \frac{M_{kvazi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} < 0,45 f_{ck}$$

$$\sigma_{h,inf} = -\frac{F_{k,inf}}{A_c} + \frac{F_{k,inf} \cdot e_{pi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} - \frac{M_{kvazi} \cdot z_{ci,h}}{I_i} < 0,45 f_{ck}$$

$F_{k,sup}$	2717	kN	γ_{sup}	1,05	-
$F_{k,inf}$	2458	kN	γ_{inf}	0,95	-
Posouzení vzniku podélných trhlin v prvku při charakteristické kombinaci zatížení					
$\sigma_{h,sup}$	-8,4	MPa	<	30	MPa
$\sigma_{h,inf}$	-8,6	MPa	<	30	MPa
σ_d	3,8	MPa	<	4,1	MPa
Posouzení lineárního dotvarování pro kvazistálou kombinaci					
$\sigma_{h,sup}$	-6,8	MPa	<	22,5	MPa
$\sigma_{h,inf}$	-7,2	MPa	<	22,5	MPa
σ_d	0,2	MPa			

Konstrukční požadavky na rozmístění lan				
d_g	16 mm	Maximální zrna kameniva		
$s_{vodorovné}$	31,4 mm	Konstrukční zásady pro světlost vzdálenost mezi předpínací výtuzí		
$s_{vertikále}$	31,4 mm	Konstrukční zásady pro světlost vzdálenost mezi předpínací výtuzí		
s_{min}	21 mm	Minimální světlost mezi pruty - betonářská výtuz		
Informace ohledně možného počtu lan ve vrstvě s ohledem na kons.pož.				
b	300 mm			
h	1000 mm			
$c_{nom\ před.}$	35 mm			
n_{vrstev}	20,1 ks	Maximální počet vrstev, které je možné naskládat do stojiny		
n_{lan}	4,2 ks	Maximální počet lan v jedné vrstvě		
Návrh rozmístění lan				
Vrstvy	Min. odsození	z	n	
1.	60	0	0	
2.	107	175	2	
3.	154	225	4	
4.	201	275	4	
5.	248	325	4	

Výsledné schéma rozmístění lan



Únosnost podle MSÚ - Střed pole

Provádím zjednodušení a uvažuji nejzatíženější průřez ve středu pole - správně by se měla najít funkce excentricity!

$$M_{celk} = M_{ed} - F_{P,dlouhodob_bez} \cdot e_p$$

$$F_c = N_{celk} + \Delta F$$

$$\varepsilon_{p_\infty} = \frac{\sigma_{p,dlouh_pr_bez}}{E_p}$$

$$F_c = A_{cc} \cdot f_{cd} \rightarrow A_c \cdot f_{cd} = N_{celk} + \Delta F \rightarrow A_c = \frac{N_{celk} + \Delta F}{f_{cd}}$$

$$\varepsilon_{py} = \frac{f_{pd}}{E_p}$$

$$A_{cc} = \frac{N_{celk} + \Delta F}{f_{cd}}$$

$$\varepsilon_{py} \geq \varepsilon_{p_\infty}$$

$$A_{cc} = 0,8 \cdot x \cdot b_{h_pasnice} \rightarrow 0,8x = \frac{A_{cc}}{b_{h_pasnice}}$$

$$\Delta\sigma = f_{pd} - \sigma_{p,dlouho_pr_bez}$$

$$F_c = A_{cc} \cdot f_{cd}$$

$$\Delta F = \Delta\sigma \cdot A_p N_{celk} = F_{P,dlouhodob_bez}$$

$$N_{celk} = F_c - \Delta F$$

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x} = \frac{\varepsilon_{cp_post}}{d_p - x} \rightarrow \varepsilon_{cp_post} = \frac{\varepsilon_{cu} \cdot (d_p - x)}{x}$$

$$\varepsilon_{cp_post} + \varepsilon_{p_\infty} > \varepsilon_{py}$$

$$M_{Rd} = F_c \cdot z_{cc} + \Delta F \cdot e_p$$

Mezní stav únosnosti M+N - pole			
M_{ed}	2294	kNm	Ohybový moment MSÚ
γ_p	1	-	Součinitel předpětí čl.2.4.2.2
P_{dao}	2587,7	kN	Návrhová předpínací síla na konci ži
N_{tot}	2587,7	kN	Celková normálová síla v průřezu
e_p skutečně	0,4704	m	Excentricita lan od těžiště průřezu
M_{tot}	1076,9	kNm	Ohybový moment působící v průřezu
σ_{pao}	1232	MPa	Napětí v předpínací výtuzi na konci životnosti bez ztrát pružným přetvořením betonu
f_{pd}	1426	MPa	Návrhové napětí ve výtuzi
ϵ_p^0	0,0063	-	Přetvoření předpínací výtuzi na kon
ϵ_{py}	0,00731	-	> ϵ_p^0 Kontrola platnosti hookova zákona
$\Delta\sigma_p$	194	MPa	Změna napětí ve výtuzi pro dosažení meze kluzu
ΔF_p	407	kN	

Sílová podmínka rovnováhy			
A_{cc}	0,090	m ²	
$\sim 0,8x$	0,036	m	< 0,09 Ověření, zda je tlačena i stojina
\underline{x}	0	m	Vzdálenost tlačené části ve stojině
$0,8x$	0,0359	m	
x	0,0449	m	Výška tlačené oblasti x
F_c	2995	kN	Síla v tlačném betonu
Počet vrstev výtuzi	3	-	Počet vrstev výtuzi
d_p^h	0,765	m	Poloha předpínacích lan od horního povrchu
$\Delta\epsilon_p^h$	0,0561	-	Ověření plné využitelnosti všech vrstev výtuzi, předpoklad u ΔF_p
$\Delta\epsilon_p^h + \epsilon_p^0$	0,0624	-	> ϵ_{py} Vyhovuje
τ_{cc}	0,018	m	Těžiště tlačené plochy k hornímu okra
z_{cc}	0,34	m	Působíště síly F_c vztažené k těžišti pr
Moment na mezi únosnosti			
M_{rd}	1212,5	kNm	> 1077 kNm M_{tot}
Závěr k posudku na MSÚ: Posudek vyhovuje			

$$N_{tot} = F_c - \Delta F_p$$

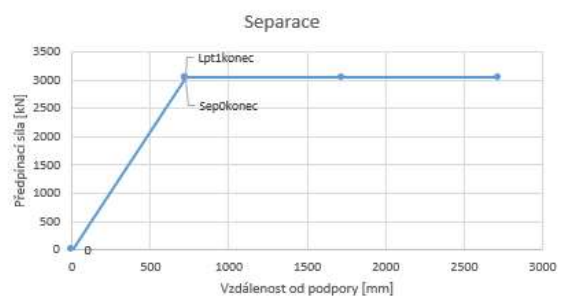
$$F_c = N_{tot} + \Delta F_p$$

$$A_{cc} = \frac{N_{tot} + \Delta F_p}{f_{cd}}$$

$$\lambda x = A_{cc} / b$$

Průřez u podpory

Návrh separace lan						
l_{ot1}	725	mm				Přednásečí délka
Separace - 0						
n	14	ks				Počet lan, které působí
L_n	-1	mm				Vzdálenost do které separujeme
Vrstva	1.	2.	3.	4.	5.	Vrstvy - 1 až 5 podle rozmístění lan!
Separac	0	0	0	0	0	Počet odseparovaných lan v dané vrstvě



Omezení napětí podle MSP

Pozn.: vzorce jsou stejné jako pro omezení napětí ve středu pole.

Posouzení u konců separace										
Průřez		Lpt1 _{konec}	Sep0 _{konec}	Sep1 _{konec}	Sep2 _{konec}	Sep3 _{konec}				
x	mm	725	2725	0	ne	ne	Vzdálenost, kdy odseparovaná lana působí maximálním účinkem			
X _{ip}	mm	725	2725	0	0	0	Vzdálenost od teoretické podpory			
M _{g0}	kNm	145	506	0	0	0	Moment od vlastní tíhy			
n	ks	14	14	0	0	0	Počet lan v daném průřezu			
A _p	m ²	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	Placha lan			
a _p	m	0,261	0,261	0,000	0,000	0,000	Poloha těžiště lan			
e _p	m	0,470	0,470	0,000	0,000	0,000	Excentricita lan od těžiště betonového průřezu			
A _i	m ²	0,556	0,556	0,000	0,000	0,000	Placha ideálního průřezu			
c _i	m	0,009	0,009	0,000	0,000	0,000	Vzdálenost těžiště ideálního od betonového průřezu			
e _{pi}	m	0,461	0,461	0,000	0,000	0,000	Excentricita lan od těžiště ideálního průřezu			
z _{hi}	m	0,368	0,368	0,000	0,000	0,000	Vzdálenost těžiště ideálního průřezu od horních vláken			
z _{di}	m	0,722	0,722	0,000	0,000	0,000	Vzdálenost těžiště ideálního průřezu od dolních vláken			
I _i	m ⁴	0,067	0,067	0,000	0,000	0,000	Moment setrvačnosti ideálního průřezu			
σ _{pa}	MPa	1382	1382	1382	1382	1382	Skutečné napětí po krátkodobých ztrátách			
r _{sup}	-	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	Koefficient předpětí - z důvodu bezpečnosti			
P _m	kN	3047,3	3047,3	0,0	0	0	Předpínací síla v daném průřezu			
M _m	kNm	1404,8	1404,8	0,0	0	0	Moment od předpětí v daném průřezu			
σ _h	MPa	1,61	-0,38	0,00	0,00	0,00	Napětí v horních vláknech v daném průřezu			
f _{ctm(t)}	MPa	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	Pevnost betonu v tahu při vnesení předpětí			
f _{ctm(t)} ~ σ _h		>	>	-	-	-				
σ _d	MPa	-19,37	-15,47	0,00	0,00	0,00	Napětí v dolních vláknech v daném průřezu			
0,6f _{ck(t)}	MPa	21,45	21,45	21,45	21,45	21,45	Omezení pevnosti betonu v tlaku při vnesení předpětí			
0,60f _{ck(t)} ~ σ _d		>	>	-	-	-				
0,45f _{ck(t)}	MPa	16,09	16,09	16,09	16,09	16,09	Předpoklad lineárního dotvarování			
0,45f _{ck(t)} ~ σ _d		<	>	-	-	-				

MSÚ - I_{pt1}

$$F_{P,vneseni} = n \cdot A_{p1} \cdot \sigma_{p,kratk}$$

$$f_{cd}(t) = f_{ck}(t)/1,5 = 36/1,5 = 24 \text{ MPa}$$

$$M_p = F_{P,vneseni} \cdot e_p$$

$$M_{celk} = M_p - M_{g0}$$

Návrh 10 Ø10 mm (A_{s,prov} = 780mm²)

$$F_c = F_s + F_{P,vneseni} = f_{yd} \cdot A_{s,prov} + F_{P,vneseni}$$

$$A_{cc} \cdot f_{cd}(t) = F_s + F_{P,vneseni}$$

$$0,8x = \frac{F_s + F_{P,vneseni}}{b \cdot f_{cd}(t)}$$

$$d = h - c - \phi/2 = 1090 - 15 - 5 = 1070 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{sy} = \frac{f_{yd}}{E_s}$$

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x} = \frac{\varepsilon_s}{d-x} \rightarrow \varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu} \cdot (d-x)}{x} > \varepsilon_{sy}$$

$$M_{Rd} = F_c \cdot (e_{dolni} - 0,4x) + F_s \cdot (e_{horni} - c - \phi_{tr} - \phi/2) > M_{celk}$$

Posouzení u podpory (D-oblast)

Předpoklad betonářské výztuže

$$\phi = 16 \text{ mm} - 2 \text{ vrstvy}, \phi_{tr} = 8 \text{ mm}, c = 15 \text{ mm}$$

$$u = 2 \cdot \left(c + \phi_{tr} + \phi + \frac{s_0}{2} \right)$$

$$a_1 = 100 \text{ mm}$$

$$\cot \theta = \frac{u}{2} / \frac{a_1}{2}$$

$$\sigma_{Rd,max} = 0,85 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) \cdot \frac{f_{ck}}{1,5}$$

$$\sigma_{Ed,1} = \frac{V_{ed}(0)}{b \cdot a_1} < \sigma_{Rd,max}$$

$$a_2 = \frac{a_1}{\sin \theta} = 150 \text{ mm}$$

$$F_{ecd2} = \frac{V_{ed}(0)}{\sin \theta} \rightarrow T = 25\% \cdot F_{ecd2} = 501,1 \text{ kN}$$

$$\sigma_{Ed,2} = \frac{F_{ecd2}}{b \cdot a_2} < \sigma_{Rd,max}$$

$$F_{etd} = \frac{V_{ed}(0)}{\tan \theta}$$

M _{ed}	145	kNm	Moment MSÚ - příz	x=	725	Průřez - Ipt
F _{P,vneseni}	2902	kN	Návrhová předpínací síla v čase vnesení předpětí			
e _p - skutečně	0,470	m	Excentricita lan od těžiště průřezu			
M _{celk}	-1221	kNm	Ohybový moment působící v průřezu (-) tlak v dolních vláknech, (x)			
f _{yd}	435	MPa	Návrhová mez kluzu betonářské výztuže			
A _s	780	mm ²	Návrhová plocha betonářské výztuže pro horní povrch			
F _s	339,3	kN	Únosnost betonářské výztuže			
0,8x	453,359	mm				
x	566,699	mm				
A _{cc}	0,18134	m ²				
F _c	3241,49	kN	Únosnost betonu v tlaku			
d _s	339	mm	výztuž od těžiště			
d _c	504	mm	beton tezište			
d	1070	mm				
ε _s	0,0031	-	>	ε _{sy}	0,002	-
M _{rd}	1750,11	kNm	>	M _{celk}	1221	kNm

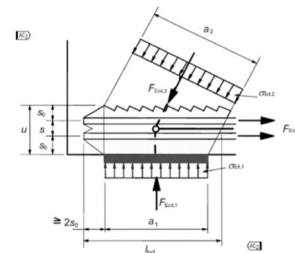


Figure 6.27: Compression-tension node with reinforcement provided in one direction

Posouzení stýčnicku u podpory - D oblast			
Ø	16	mm	Předpoklad - betonářská výztuž
n _{vrstvy}	2	-	Počet vrstev podélné výztuže
n _{kusy}	4	-	Počet kusů ve vrstvě
s	50	mm	osová vzdálenost podélné výztuže
Ø _{tr}	8	mm	Předpoklad - tímínky
c _{nom} před	15	mm	Vypočtené krytí
s ₀	31	mm	osová vzdálenost nejspodnější podélné výztuže
a _{st}	56	mm	Těžiště betonářské výztuže
a ₁	100	mm	Délka uložení
cotgθ	1,12	-	Rozmezí 1 < cotg < 2,5
θ	41,8	°	Úhel sklonu tlačené diagonály
σ _{Rd,max}	22,7	MPa	Maximální tlakové napětí, které může působit r
Napětí v uložení (plocha 1)			
σ _{Ed1}	11,12	MPa	Jako sílu F _{ecd1} = V _{ed} , šířka = šířka dolní pásnice
σ _{Ed1}	<	σ _{Rd,max}	
Napětí v tlač.diagonále (plocha 2)			
a ₂	150	mm	
F _{ecd2}	501,1	kN	
σ _{Ed2}	11,12	MPa	
σ _{Ed2}	<	σ _{Rd,max}	

Tažený pás - podélná výztuž			
F _{etd}	373,8	kN	
F _{rttd}	699,7	kN	Předpokládaná výztuž: Ø*nvrstvy*nkusy
F _{rttd}	>	F _{etd}	

$$A_{s,prov} = 2 \text{ vrstvy} \rightarrow \emptyset = 16 \text{ mm } 4\text{ks} \rightarrow 1608 \text{ mm}^2$$

$$F_{Rtd} = A_{s,prov} \cdot f_{yd} > F_{etd}$$

Kotvení betonářské výztuže u podpory při dolním povrchu:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

$$l_{b,req} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}}$$

$$l_{bd} = l_{b,req} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1$$

Únosnost na smyk - průřez „d“ od líce podpory

• **Uvážení bez výztuže**

$$h(0) = 750 \text{ mm} \rightarrow d = h - (e_{dolní} - e_p)$$

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

$$\rho_1 = 0 - \text{uvažují zatím bez výztuže}$$

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

$$v_{min} = 0,035k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$$

$$N_{ed} = A_p \cdot \sigma_{p,dlouh_pr}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{ed}}{A_c}$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b \cdot d + k_1 \cdot \sigma_{cp} \cdot b \cdot d \geq v_{min} \cdot b \cdot d + k_1 \cdot \sigma_{cp} \cdot b \cdot d$$

Nutný návrh smykové výztuže!

- Zjednodušení pro obě nohy panelu!

Návrh třmíneků $\emptyset_{tř} = 8 \text{ mm}$ á 90 mm

$$A_{s,tř} = 100,5 \text{ mm}^2$$

$$\cot\theta = 1,35$$

$$z = 0,9 \cdot d$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{s,tř}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot \cot\theta > V_{ed}(d)$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{ed}}{A_c}$$

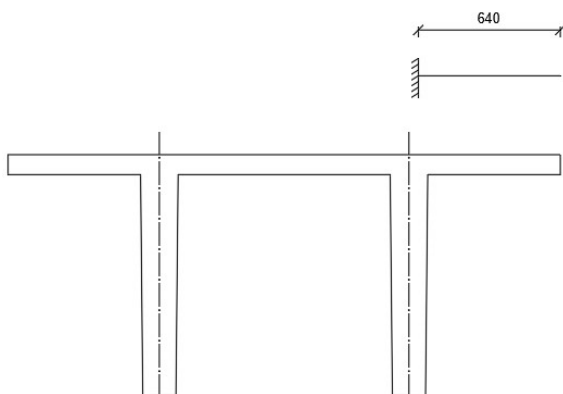
Kotvení betonářské výztuže		
η_1	1	- Podmínky soudržnosti 1 - dobré, 0,7 - ostatní
η_2	1	- Průměr prutu 1 ($d < 32$), (132-d)/100 pro $> 32d$
f_{bd}	4,28	MPa Mezní napětí v soudržnosti čl. 8.4.2
$l_{b,reqd}$	407	mm Základní kotvení délka čl. 8.4.3
l_{bd}	285	mm Návrhová kotvení délka čl. 8.4.4
Pozn. hodnoty alfa pro l_{bd} - uvedeny v čl. 8.4.4 - tab. 8.2		

Návrh a posouzení smykové únosnosti			
Posouzení d od líce podpory			
d od líce =	660,0	mm	Vzdálenost d od líce podpory
k	1,6	-	S podmínkou ≤ 2
A_s	0	mm ²	Plocha tahové výztuže, která zasahuje do oblasti $> (l_b)$
b_w	400	mm	Nejmenší šířka průřezu v tažené oblasti
n_{lan}	10		počet lan, která v průřezu působí
ρ_1	0	-	
N_{ed}	1816,8	kN	normálová síla od zatížení nebo předpětí
σ_{cp}	3,3336	MPa	< 0,2 f_{cd} 6,67 MPa
k_1	0,15	-	
$C_{Rd,c}$	0,12	-	
$V_{Rd,c}$	123	kN	Návrhová hodnota únosnosti ve smyku podle čl. 6.2.2
v_{min}	0,49	MPa	
$V_{ed,min}$	242	kN	
$[C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3}] b_w d + k_1 \sigma_{cp} b_w d \geq v_{min} b_w d + k_1 \sigma_{cp} b_w d$			
$V_{Rd,c}$	242	kN	< V_{ed1} 332,7 kN

Návrh smykové výztuže			
$A_{s,tř}$	100,53	mm ²	Plocha třmínku
$A_{s,tř} \cdot f_{yd}$	43,7	kN	Únosnost třmínku
$\cot\theta$	1,35	-	Úhel sklonu tlačené diagonály
z	552,6	mm	Rameno vnitřních sil odhad 0,9d
s	175,7	mm	Maximální vzdálenost mezi třmínky
Návrh třmíneků po 90 mm			
$V_{Rd,s}$	362,49	kN	Návrhová únosnost
$V_{Rd,s}$	362,49	kN	> V_{ed1} 332,7 kN
Konstrukční zásady			
ρ_w	0,0031	-	Stupeň smykové vyztužení čl. 9.2.2 (5)
$\rho_{w,min}$	0,0011	-	Minimální smykové vyztužení čl. 9.2.2 (5 - Pozn.)

Posouzení tlačené diagonály v podpoře									
σ_{cp}	3,3336	MPa	Průměrné napětí v betonu vyvolané předpětím	α_{cw}					
v_1	0,6	-	Redukční součinitel pro betan $f_{ck} < 60 = 0,6$	1,000	nepředepjaté konstrukce				
α_{cw}	1,1	-	Součinitel zohlednění stavu v tlačném pásu	1,100	0	$< \sigma_{cp} <$	8,3		
$\tan \theta$	0,89	-		1,250	8,33	$< \sigma_{cp} <$	16,67		
$V_{Rd,max}$	2168	kN	Únosnost tlačené diagonály čl.6.2.3	2,250	16,67	$< \sigma_{cp} <$	33,3		
$V_{Rd,max}$	2168	kN	$> V_{ed}$	333,7	kN				
$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$									

Posouzení konzoly panelu



Stálé	f_k [kN/m]	γ	f_d [kN/m]
Vlastní tíha	$0,09 \cdot 1 \cdot 25 = 2,25$	1,35	3,0375
Střešní plášť	$0,09 \cdot 1 = 0,09$	1,35	0,1215
Užitné	f_k [kN/m]	γ	f_d [kN]
Sníh - bod.	$1,2 \cdot 1 = 1,2$	1,5	1,8
Celkem	2,34 + 1,2		3,16 + 1,8

Uvažuji vyztužení pomocí kari sítěmi s $\emptyset 10$, oka 100 x 100. $\rightarrow A_{s,prov} = 78,5 \cdot 10 = 785 \text{ mm}^2$

$$M_{ed} = \frac{1}{2} \cdot f \cdot L^2 = \frac{1}{2} \cdot (3,16 + 1,8) \cdot 0,64^2 = 1,016 \text{ kNm/m}$$

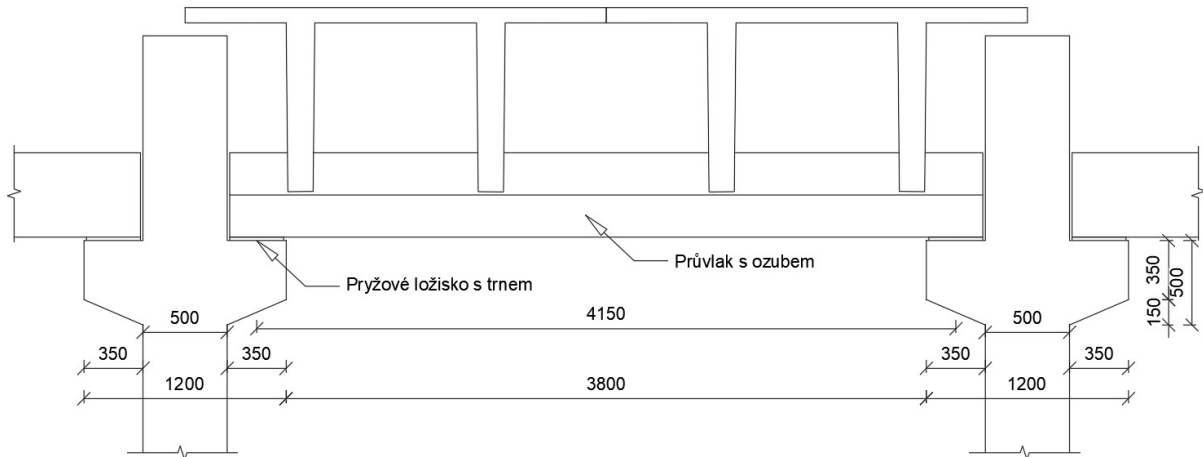
$$d = h - c - \emptyset - \emptyset/2 = 90 - 15 - 10 - 5 = 60 \text{ mm}$$

$$x = \frac{A_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8b \cdot f_{cd}} = \frac{785 \cdot 435}{0,8 \cdot 1000 \cdot 33,33} = 12,8 \text{ mm}$$

$$\frac{x}{d} = 0,21 \rightarrow \text{ok}$$

$$M_{Rd} = A_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,4x) = 785 \cdot 435 \cdot (60 - 0,4 \cdot 12,8) = 18,74 \text{ kNm} > M_{ed} \text{ OK}$$

5.2 Návrh průvlaku

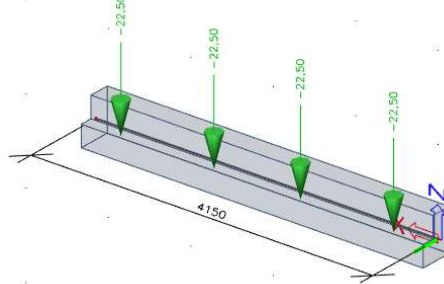
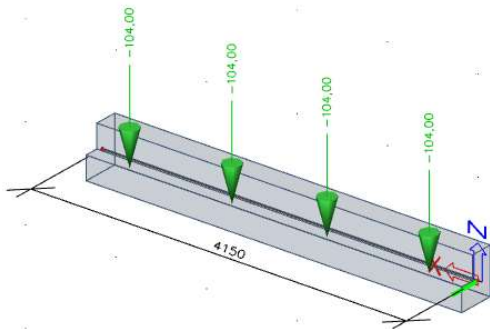


Empirie: $h_p = (1/12 \sim 1/8)L = 420 \sim 625 \text{ mm} \rightarrow \underline{\text{Návrh } h_p = 600 \text{ mm}}$

$b_p = (1/3 \sim 1/2)h_p = 180 \sim 275 \text{ mm} \rightarrow \underline{\text{Návrh } b_p = 600 \text{ mm}}$

- Ozub: 300 x 400 mm

Stálé	f_k [kN/m]	γ	f_d [kN/m]
Vlastní tíha	$0,4 \cdot 0,5 \cdot 25 = 5$	1,35	6,75
Stálé	F_k [kN]	γ	F_d [kN]
Vazník - bod.	102	1,35	137,7
Střešní plášť - bod.	$0,09 \cdot 2,5 \cdot 15/2 = 1,69$	1,35	2,28
Užitné	F_k [kN]	γ	F_d [kN]
Sníh - bod.	$1,2 \cdot 2,5 \cdot 15/2 = 22,5$	1,5	33,75



Vnitřní síly (návrh)

Hodnoty: **MEd**

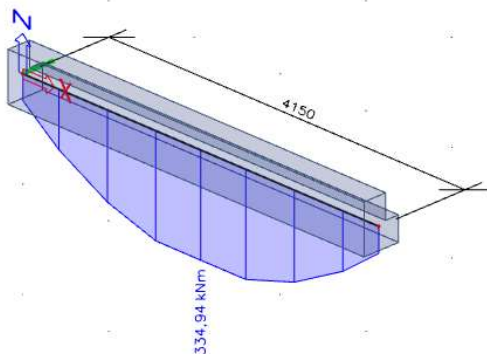
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše



Vnitřní síly (návrh)

Hodnoty: **VEd**

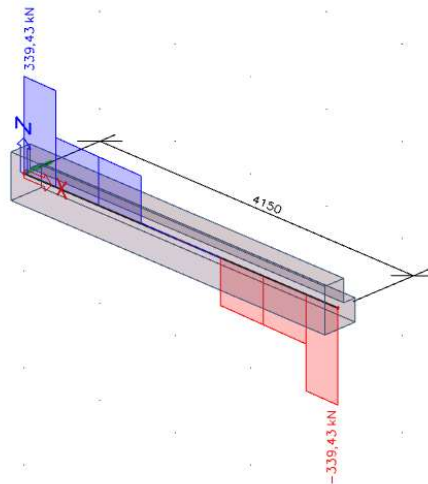
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Souřadný systém: Dílec

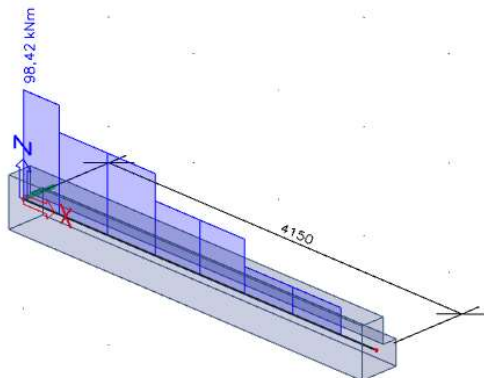
Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše



Vnitřní síly (návrh)

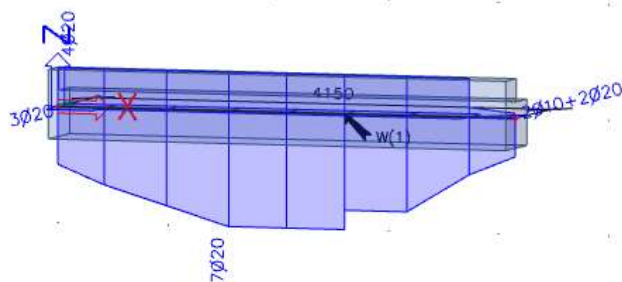
Hodnoty: M_{Edx}
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše



Návrh výztuže - návrhová kombinace MSÚ + konstrukční zásady:

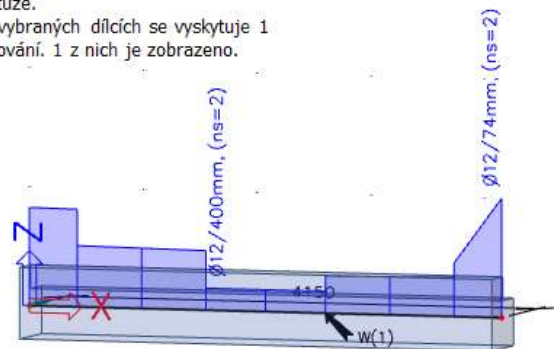
Celkový návrh (MSÚ)

Hodnoty: $A_{s,req}(\Phi)$
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Poznámka: Podélná výztuž se navrhuje ve středu hran průřezu.
Posudky pracují se skutečnou polohou výztuže.
Na vybraných dílcích se vyskytuje 1 varování. 1 z nich je zobrazeno.



Celkový návrh (MSÚ)

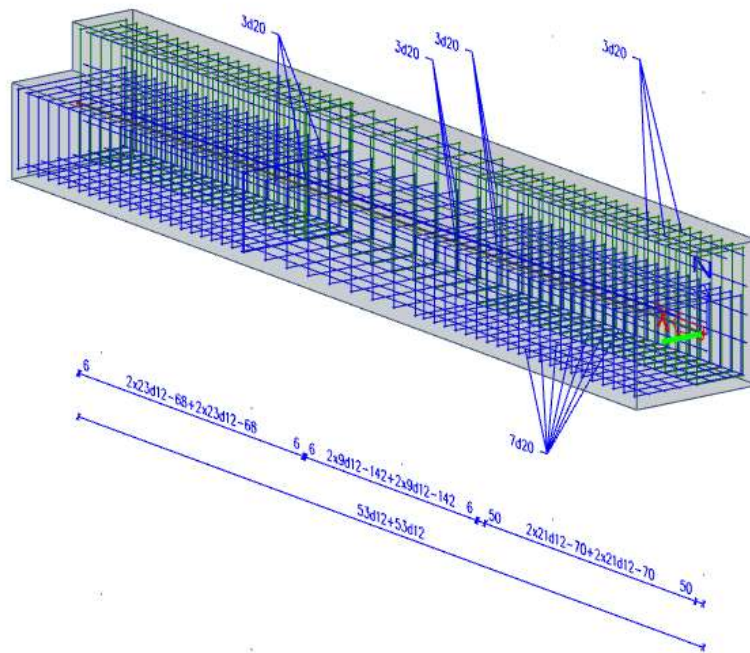
Hodnoty: $A_{swm,req}(\Phi/s)$
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Poznámka: Podélná výztuž se navrhuje ve středu hran průřezu.
Posudky pracují se skutečnou polohou výztuže.
Na vybraných dílcích se vyskytuje 1 varování. 1 z nich je zobrazeno.



Navrhují dolní podélnou výztuž: $7 \times \text{Ø}20$ ($A_{s,prov} = 2198 \text{ mm}^2$)

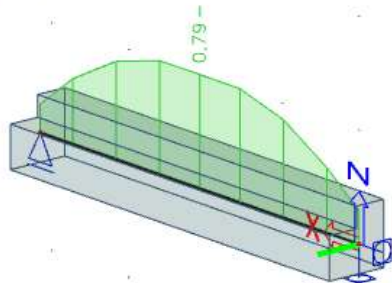
Navrhují příčnou výztuž: $\text{Ø}10$ á 70 mm, $l = 1,5 \text{ mm}$,
 $\text{Ø}10$ á 150 mm, $l = 1,15 \text{ mm}$

Posouzení:



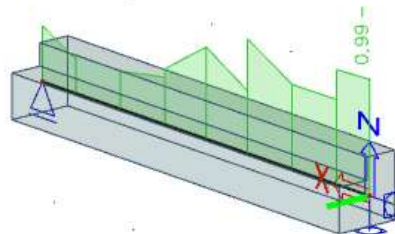
Posouzení únosnosti - odezva

Hodnoty: **UC**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: Vše



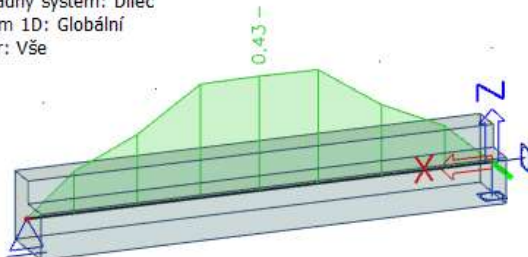
Posudek smyku + kroucení (MSÚ)

Hodnoty: **UC**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: Vše



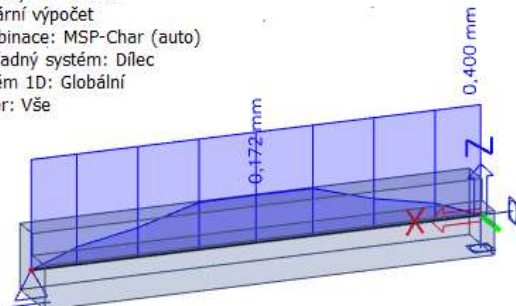
Posouzení šířky trhlin (MSP)

Hodnoty: **UC**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSP-Char (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: Vše



Posouzení šířky trhlin (MSP)

Hodnoty: **w-wmax**
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSP-Char (auto)
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: Vše



Posudek konstrukčních zásad

Hodnoty: UC

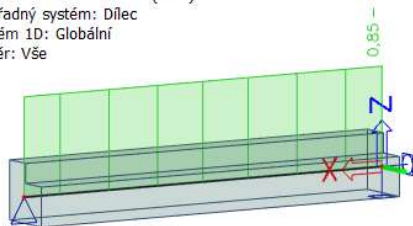
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše



5.3 Návrh sloupu

Z hlediska zatížení by byl sloup velmi podobný sloup z konstrukčního řešení č.2. Další návrh sloupu tedy neprovádím, postup by byl stejný i s obdobnými výsledky.

5.4 Návrh přepravních úchytů

Průvlak:

Tíha průvlaku

$$G = 0,6 \cdot 0,6 \cdot 4,5 \cdot 25 - 0,3 \cdot 0,2 \cdot 4,5 \cdot 25 = 33,75 \text{ kN} \rightarrow 3,38 \text{ t}$$

Plocha dolního bednění

$$A = 0,6 \cdot 4,5 = 2,7 \text{ m}^2$$

Celkové zatížení:

- Zvedání

$$V = G + A \cdot q = 39,15 \text{ kN} \rightarrow 3,92 \text{ t}$$

- Doprava

$$V = G \cdot f = 50,6 \text{ kN} \rightarrow 5,1 \text{ t}$$

Úhel sklonu lana

$$\beta = 45^\circ \rightarrow z = 1,41$$

Počet úchytů

$$n = 2$$

Dimenzační tahová síla - pro jeden úchyt

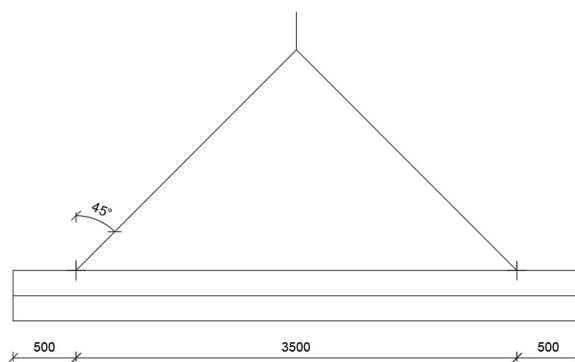
$$F = z \cdot V/n = 1,41 \cdot 50,6/2 = 35,67 \text{ kN}$$

Pozn.: Výpočet podle TL DEHA závěsy

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

Dynamický součinitel při dopravě

$$f = 1,5$$



4,0	6000-4.0-0170	170	347	160	29,8	23,8	38,5	40,0	535	
				180	32,5	26,0	40,0	40,0		
				200	35,2	28,2	40,0	40,0		
		6000-4.0-0240	240	487	120	31,3	25,1	40,0	40,0	745
				140	35,2	28,1	40,0	40,0		
				160	38,9	31,1	40,0	40,0		
				100	29,6	28,7	38,2	40,0		
		6000-4.0-0340	340	687	120	35,6	32,9	40,0	40,0	1045
				140	40,0	36,9	40,0	40,0		
				200	45,7	38,8	50,0	50,0		

Návrh 2x úchyt s kulovou hlavou - 6000-4.0-0170 → šikmý tah = 38,5 kN

TT panel:

Panel bude zvedán dvěma kolovými jeřáby s dostatečnou únosností. Uvažují osazení kotevních úchytů (2 kusy na každé straně)

Tíha vazníku

$$G = 409 \text{ kN} \rightarrow 40,9 \text{ t}$$

Plocha dolního bednění

$$A = 2 \cdot 0,15 \cdot 30 = 9 \text{ m}^2$$

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

Dynamický součinitel při dopravě

$$f = 1,5$$

Celkové zatížení:

- Zvedání

$$V = G + A \cdot q = 427 \text{ kN} \rightarrow 43 \text{ t}$$

- Doprava

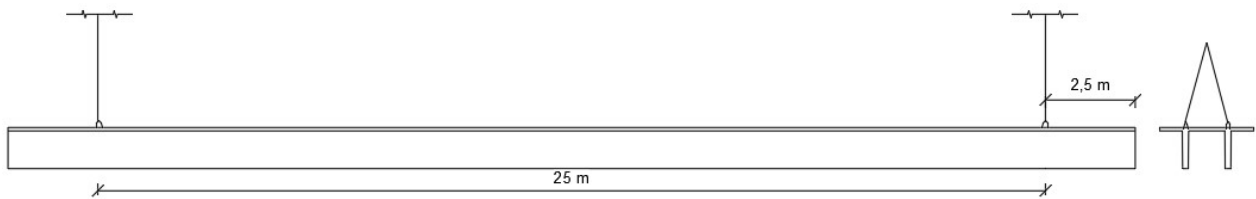
$$V = G \cdot f = 613,5 \text{ kN} \rightarrow 61 \text{ t}$$

Úhel sklonu lana

$$\beta = 30^\circ \rightarrow z = 1,16$$

Počet úchytů na každé straně

$$n = 2$$



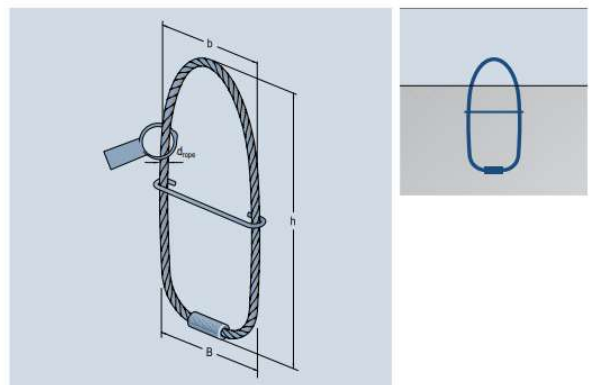
Dimenzační tahová síla - pro jeden úchyt

$$F = z \cdot V / n = 1,16 \cdot 613,5 / 2 / 2 = 178 \text{ kN}$$

Pozn.: Výpočet podle TL DEHA závěsy

Material:
Flexible steel wire rope
Swaged ferrule

Návrh 4x úchyt PFEIFER BS ANCHORS 05. 020.280.3



Ref. No.	Type/ Size	N _{k, perm} kN	h	Dimensions mm			Weight approx. kg/piece
05.020.280.3	BS 28	280	680	360	262	32	9,64
05.020.320.3	BS 32	320	770	400	332	36	10,04
05.020.370.3	BS 37	370	950	440	380	36	15,14
05.020.420.3	BS 42	420	1000	480	418	40	19,23
05.020.470.3	BS 47	470	1100	520	438	44	20,67
05.020.520.3	BS 52	520	1200	550	456	44	27,00
05.020.570.3	BS 57	570	1350	600	500	48	30,75
05.020.650.3	BS 65	650	1430	690	600	46	36,01
05.020.750.3	BS 75	750	1530	760	700	50	46,02
05.020.850.3	BS 85	850	1680	850	760	52	55,06

¹⁾ The given wire rope diameter is only an indication and may vary depending on wire rope construction.

Sample order
16 PFEIFER BS Anchors BS 65:
16 PFEIFER BS Anchors, ref. no. 05.020.650.3