



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta stavební
Katedra betonových a zděných konstrukcí**

Návrh schodiště

Bakalářská práce

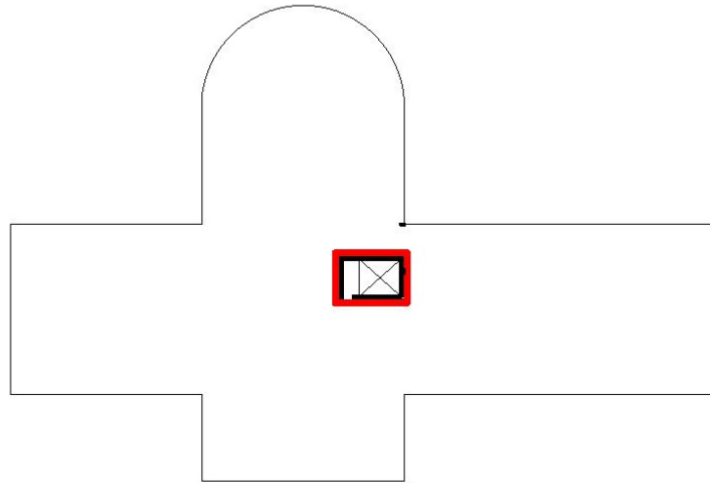
Lenka Baborová

Praha 2017

Obsah

Návrh geometrie schodiště.....	2
Základní údaje a rozměry:.....	3
Kontrola tloušťky desek	4
Kontrola podchodní a průchodné výšky	4
Výpočet zatížení schodišťového ramene	6
Výpočet zatížení podesty	7
Průběh momentů – schodišťová ramena.....	7
Průběh momentů – podesta	7
Návrh výztuže schodiště	7
Schodišťová ramena - dolní výztuž	8
Konstrukční zásady.....	8
Posouzení navržené výztuže	9
Podesta - dolní výztuž	9
Konstrukční zásady.....	10
Posouzení navržené výztuže	11
Podesta - horní výztuž.....	11
Konstrukční zásady.....	11
Posouzení navržené výztuže	12
Zahuštění výztuže u okraje podesty.....	13
Návrh výztuže okraje podesty.....	14
Konstrukční zásady.....	14
Posouzení navržené výztuže	15
Posouzení ozubu podesty	16
Kotevní délka výztuže	17
Délka přesahu	17

Umístění schodiště:



Jedná se o dvouramenné železobetonové schodiště s monolitickou podestou a prefabrikovanými rameny. Schodiště spojuje všechna podlaží objektu. Návrh úchytů je zjednodušeně proveden v programu TPA 3.13 firmy HALFEN s.r.o.

Návrh geometrie schodiště

Základní údaje a rozměry:

-rozměr pole: 3200 mm x 3600 mm

-konstrukční výška podlaží $h_k = 3200$ mm

-tloušťka stropní desky: $h_d = 270$ mm

-skladba podlahy: $h_p = 100$ mm

-skladba podlahy stupňů: $h_{ps} = 30$ mm

-počet stupňů: 2 x 9

-výška stupně: $h = 178$ mm

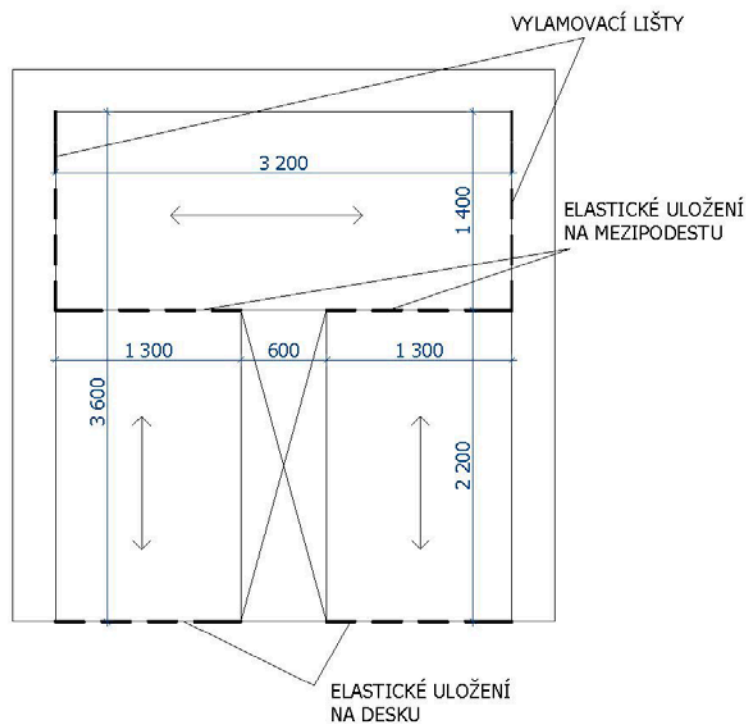
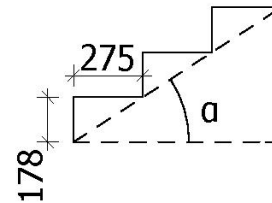
-šířka stupně: $b = 275$ mm

-šířka ramene: 1300 mm

-šířka zrcadla: 600 mm

-šířka podesty: 1400 mm

-sklon schodiště: $\alpha = \arctan \frac{h}{b} = \arctan \frac{178}{275} = 32,91^\circ$



- Schodišťová ramena budou uložena na ozub na stropní desku a podestu. Při tomto uložení budou použity prvky izolace kročejového hluku Halfen. Jelikož se v okolí schodiště nacházejí pouze chodby a hygienická zázemí objektu, podesta bude připevněna pomocí vylamovacích lišt ke stěnám ztužujícího jádra a pro izolaci bude stačit skladba podlahy na podestě.

Kontrola tloušťky desek

Podesta:

- navržená tloušťka: $h_{\text{pod}} = 270\text{mm}$

- minimální tloušťka: $h_{\text{min}} = \frac{3200}{25} = 128\text{ mm}$

Podesta bude mít stejnou tloušťku jako stropní deska (270mm).

Schodišťová ramena:

- navržená tloušťka: $h_{\text{pod}} = 200\text{mm}$

- minimální tloušťka: $h_{\text{min}} = \frac{2200}{25} = 88\text{ mm}$

Schodišťová ramena budou mít tloušťku 200mm.

Kontrola podchodní a průchodné výšky

Podchodná výška h_{v1}

$$h_{v1} = h_k - h_d - h_p - h = 3200 - 270 - 100 - 178 = \mathbf{2652\text{ mm}}$$

$$h_{v1} > 1500 + \frac{750}{\cos \alpha} = 1500 + \frac{750}{\cos(32,91)} = 2393,4 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$h_{v1} > 2100\text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

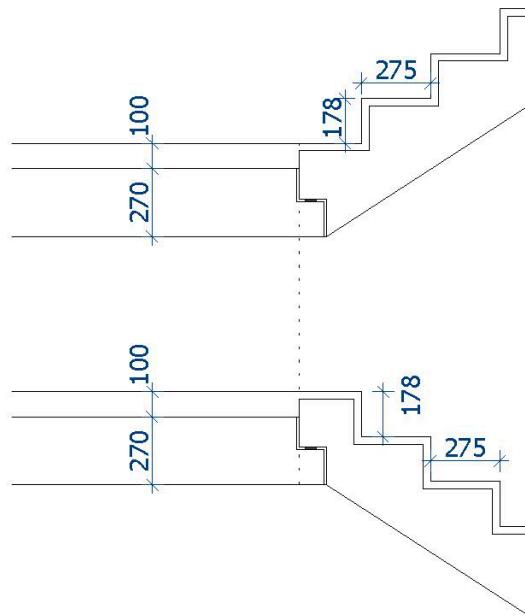
Průchodná výška h_{v2}

$$h_{v2} = h_{v1} \cdot \cos \alpha = 2652 \cdot \cos(32,91) = 2226,4\text{ mm}$$

$$h_{v2} > 750 + 1500 \cdot \cos \alpha = 750 + 1500 \cdot \cos(32,91) = 2009,3\text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$h_{v2} > 1900\text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Detail schodiště po provedení podlah:



Výpočet zatížení schodišťového ramene

- užité zatížení: $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$

- zatížení od podlahy: $g_{1k} = 0,84 \text{ kN/m}^2$

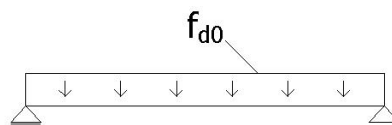
- zatížení od schodišťových stupňů: $g_{2k} = 2,136 \text{ kN/m}^2$

- vlastní tíha ŽB desky:

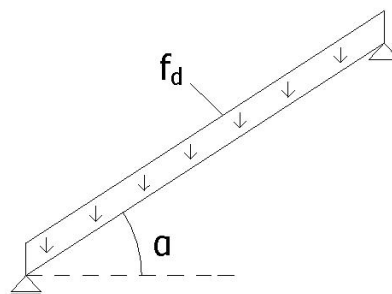
- ŽB deska kolmé tloušťky 200 mm ve sklonu $32,91^\circ$
- Svislá tloušťka: $\frac{200}{\cos(32,91)} = 238,2 \text{ mm}$
- $g_{3k} = 0,2382 \cdot 25 = 5,955 \text{ kN/m}^2$

Celkové zatížení:

$$f_{d0} = \sum g_{id} + q_d = 1,35 \cdot (0,84 + 2,136 + 5,955) + 1,5 \cdot 3 = 18,924 \text{ kN/m}^2$$



$$f_d = f_{d0} \cdot \cos \alpha = 18,924 \cdot \cos(32,91) = 17,903 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,3 \text{ m} = 23,273 \text{ kN/m}$$



Výpočet zatížení podesty

- užité zatížení: $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$

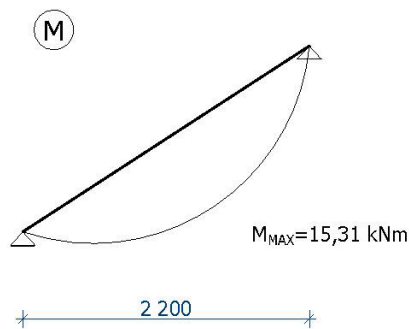
- zatížení od podlahy: $g_{1k} = 1,261 \text{ kN/m}^2$

- vlastní tíha desky: $g_{2k} = 0,27 \cdot 25 = 6,75 \text{ kN/m}^2$

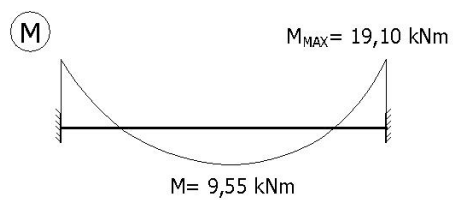
$$f_d = \sum g_{id} + q_d = 1,35 \cdot (6,75 + 1,261) + 1,5 \cdot 3 = 15,991 \text{ kN/m}^2$$

➤ $15,991 \cdot 1,4 = 22,387 \text{ kN/m}$ + lokální zatížení od schodišťových ramen

Průběh momentů - schodišťová ramena



Průběh momentů - podesta



Návrh výztuže schodiště

Schodišťová ramena

$$d = h - c - \frac{\emptyset_s}{2} = 200 - 20 - \frac{10}{2} = 175 \text{ mm}$$

$$m_{Ed} = 15,31 \text{ kNm}$$

$$\text{beton C40/50} \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{40}{1,5} = 26,667 \text{ MPa}$$

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{15310000}{1000 \cdot 175^2 \cdot 26,667} = 0,0187$$

$$\rightarrow \zeta = 0,991$$

$$a_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{15310000}{0,991 \cdot 175 \cdot 434,8} = 203,04 \text{ mm}^2$$

→ návrh Ø6 à 120 mm ($a_{s,prov} = 236 \text{ mm}^2$)

Konstrukční zásady

$$d = h - c - \frac{\emptyset_s}{2} = 200 - 20 - \frac{6}{2} = 177 \text{ mm}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

Minimální plocha výztuže:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d \right\}$$

$$a_{s,prov} = 236 \text{ mm}^2 \geq a_{s,min} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{3,5}{500} \cdot 177 \cdot 1000; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 177 \right\}$$

$$a_{s,prov} = 236 \text{ mm}^2 \geq a_{s,min} = \max \{322,14; 230,10\} = 322,14 \text{ mm}^2$$

→ návrh nevyhovuje požadavku minimálního vyztužení

→ nový návrh Ø8 à 150 mm ($a_{s,prov} = 335 \text{ mm}^2$)

Maximální plocha výztuže:

$$a_{s,prov} = 335 \text{ mm}^2 \leq a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1000 \cdot 200 = 8000 \text{ mm}^2$$

→ vyhovuje

Maximální osová rozteč

$$s = 150 \text{ mm} \leq \min\{2h; 250 \text{ mm}\} = \min\{400 \text{ mm}; 250 \text{ mm}\} = 250 \text{ mm}$$

→ vyhovuje

Minimální světlá vzdálenost

$$s_l = 142 \text{ mm} \geq \max\{20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \emptyset_s; D_{\max} + 5 \text{ mm}\} = \{20; 9,6; 21\} = 21 \text{ mm}$$

→ **vyhovuje**

Minimální plocha výztuže pro omezení šířky trhlin

$$a_{s,\text{prov}} \geq a_{s,\text{min},3} = \frac{k_c \cdot k \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot a_{ct}}{\sigma_s}$$

$$a_{s,\text{prov}} = 457 \text{ mm}^2 \geq a_{s,\text{min},3} = \frac{0,4 \cdot 1 \cdot 3,5 \cdot 0,5 \cdot 1000 \cdot 270}{500} = 378 \text{ mm}^2$$

→ **vyhovuje**

Posouzení navržené výztuže

$$d = h - c - \frac{\emptyset_s}{2} = 200 - 20 - \frac{8}{2} = 176 \text{ mm}$$

$$x = \frac{a_{s,\text{prov}} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{335 \cdot 434,8}{0,8 \cdot 1000 \cdot 26,667} = 6,83 \text{ mm}$$

$$z = d - 0,4 \cdot x = 176 - 0,4 \cdot 6,83 = 173,27 \text{ mm}$$

$$m_{Rd} = a_{s,\text{prov}} \cdot f_{yd} \cdot z = 335 \cdot 434,8 \cdot 173,27 = 25,238 \text{ kNm}$$

$$m_{Rd} = 25,238 \text{ kNm} \geq 15,310 \text{ kNm} = m_{Ed}$$

→ **vyhovuje**

Poměrná výška tlačené oblasti

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{6,83}{176} = 0,039 \leq 0,45 = \xi_{\max}$$

→ **návrh Ø8 à 150 mm vyhovuje**

*Pozn.: Pro prefabrikované schodišťové rameno byly ve všech montážních stádiích stanoveny průběhy momentů. V žádném případě nevyšla maximální hodnota momentu větší, než $M_{\max} = 15,31 \text{ kNm}$. Montážní stádia tedy nevlivní návrh výztuže (za předpokladu, že navržená výztuž bude při dolním i horním povrchu konstrukce).

Podesta - dolní výztuž

$$d = h - c - \frac{\emptyset_s}{2} = 270 - 20 - \frac{10}{2} = 245 \text{ mm}$$

$$m_{Ed} = 9,55 \text{ kNm}$$

$$\text{beton C40/50} \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{40}{1,5} = 26,667 \text{ MPa}$$

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{9550000}{1000 \cdot 245^2 \cdot 26,667} = 0,0597$$

$$\rightarrow \zeta = 0,969$$

$$a_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{9550000}{0,969 \cdot 245 \cdot 434,8} = 92,52 \text{ mm}^2$$

→ **návrh Ø8 à 200 mm ($a_{s,prov} = 251 \text{ mm}^2$)**

Konstrukční zásady

$$d = h - c - \frac{\phi_s}{2} = 270 - 20 - \frac{8}{2} = 246 \text{ mm}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

Minimální plocha výztuže:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d \right\}$$

$$a_{s,prov} = 251 \text{ mm}^2 \geq a_{s,min} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{3,5}{500} \cdot 246 \cdot 1000; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 246 \right\}$$

$$a_{s,prov} = 251 \text{ mm}^2 \geq a_{s,min} = \max \{447,72; 319,80\} = 447,72 \text{ mm}^2$$

→ **návrh nevyhovuje požadavku minimálního vyztužení**

→ **nový návrh Ø8 à 110 mm ($a_{s,prov} = 457 \text{ mm}^2$)**

Maximální plocha výztuže:

$$a_{s,prov} = 457 \text{ mm}^2 \leq a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1000 \cdot 270 = 10800 \text{ mm}^2$$

→ **vyhovuje**

Maximální osová rozteč

$$s = 110 \text{ mm} \leq \min\{2h; 250 \text{ mm}\} = \min\{540 \text{ mm}; 250 \text{ mm}\} = 250 \text{ mm}$$

→ **vyhovuje**

Minimální světlá vzdálenost

$$s_l = 102 \text{ mm} \geq \max\{20 \text{ mm}; 1,2 \phi_s; D_{max} + 5 \text{ mm}\} = \{20; 9,6; 21\} = 21 \text{ mm}$$

→ **vyhovuje**

Minimální plocha výztuže pro omezení šířky trhlin

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min,3} = \frac{k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot a_{ct}}{\sigma_s}$$

$$a_{s,prov} = 457 \text{ mm}^2 \geq a_{s,min,3} = \frac{0,4 \cdot 1 \cdot 3,5 \cdot 0,5 \cdot 1000 \cdot 270}{500} = 378 \text{ mm}^2$$

→ vyhovuje

Posouzení navržené výztuže

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{457 \cdot 434,8}{0,8 \cdot 1000 \cdot 26,667} = 9,31 \text{ mm}$$

$$z = d - 0,4 \cdot x = 246 - 0,4 \cdot 9,31 = 242,28 \text{ mm}$$

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 457 \cdot 434,8 \cdot 242,28 = 48,142 \text{ kNm}$$

$$m_{Rd} = 48,142 \text{ kNm} \geq 9,550 \text{ kNm} = m_{Ed}$$

→ vyhovuje

Poměrná výška tlačené oblasti

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{9,31}{246} = 0,038 \leq 0,45 = \xi_{max}$$

→ návrh Ø8 à 110 mm vyhovuje

Podesta - horní výztuž

$$d = h - c - \frac{\emptyset_s}{2} = 270 - 20 - \frac{10}{2} = 245 \text{ mm}$$

$$m_{Ed} = 19,10 \text{ kNm}$$

$$\text{beton C40/50} \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{40}{1,5} = 26,667 \text{ MPa}$$

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{19100000}{1000 \cdot 245^2 \cdot 26,667} = 0,012$$

$$\rightarrow \zeta = 0,994$$

$$a_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{19100000}{0,994 \cdot 245 \cdot 434,8} = 180,38 \text{ mm}^2$$

→ návrh Ø8 à 200 mm ($a_{s,prov} = 251 \text{ mm}^2$)

Konstrukční zásady

$$d = h - c - \frac{\emptyset_s}{2} = 270 - 20 - \frac{8}{2} = 246 \text{ mm}$$

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

Minimální plocha výztuže:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d \right\}$$

$$a_{s,prov} = 251 \text{ mm}^2 \geq a_{s,min} = \max\left\{0,26 \cdot \frac{3,5}{500} \cdot 246 \cdot 1000; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 246\right\}$$

$$a_{s,prov} = 251 \text{ mm}^2 \geq a_{s,min} = \max\{447,72; 319,80\} = 447,72 \text{ mm}^2$$

→ **návrh nevyhovuje požadavku minimálního vyztužení**

→ **nový návrh Ø8 à 110 mm ($a_{s,prov} = 457 \text{ mm}^2$)**

Maximální plocha výztuže:

$$a_{s,prov} = 457 \text{ mm}^2 \leq a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1000 \cdot 270 = 10800 \text{ mm}^2$$

→ **vyhovuje**

Maximální osová rozteč

$$s = 110 \text{ mm} \leq \min\{2h; 250 \text{ mm}\} = \min\{540 \text{ mm}; 250 \text{ mm}\} = 250 \text{ mm}$$

→ **vyhovuje**

Minimální světlá vzdálenost

$$s_l = 102 \text{ mm} \geq \max\{20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \varnothing_s; D_{max} + 5 \text{ mm}\} = \{20; 9,6; 21\} = 21 \text{ mm}$$

→ **vyhovuje**

Minimální plocha výztuže pro omezení šířky trhlin

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min,3} = \frac{k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot a_{ct}}{\sigma_s}$$

$$a_{s,prov} = 457 \text{ mm}^2 \geq a_{s,min,3} = \frac{0,4 \cdot 1 \cdot 3,5 \cdot 0,5 \cdot 1000 \cdot 270}{500} = 378 \text{ mm}^2$$

→ **vyhovuje**

Posouzení navržené výztuže

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{457 \cdot 434,8}{0,8 \cdot 1000 \cdot 26,667} = 9,31 \text{ mm}$$

$$z = d - 0,4 \cdot x = 246 - 0,4 \cdot 9,31 = 242,28 \text{ mm}$$

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 457 \cdot 434,8 \cdot 242,28 = 48,142 \text{ kNm}$$

$$m_{Rd} = 48,142 \text{ kNm} \geq 19,100 \text{ kNm} = m_{Ed}$$

→ **vyhovuje**

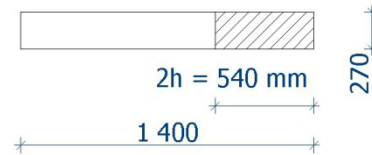
Poměrná výška tlačené oblasti

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{9,31}{246} = 0,038 \leq 0,45 = \xi_{max}$$

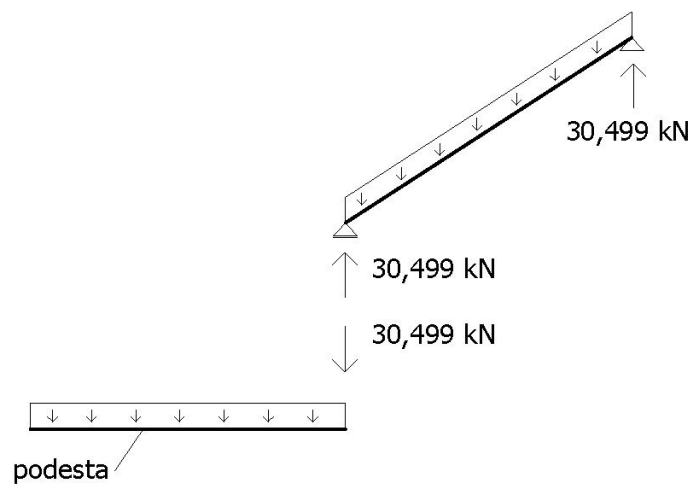
→ **návrh Ø8 à 110 mm vyhovuje**

Zahuštění výztuže u okraje podesty

- zahuštění výztuže ve vzdálenosti $2h = 540\text{mm}$ od kraje podesty z důvodu působení síly od schodišťového ramene



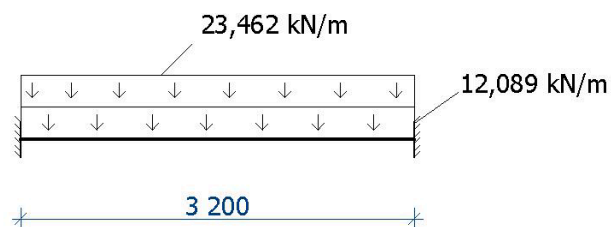
Zjednodušené schéma působení sil:



Zatížení podesty ve vzdálenosti $2h$:

$$f_{1d} = 22,387 \cdot 0,54 = 12,089 \text{ kN/m}$$

$$f_{2d} = \frac{30,499}{1,3} = 23,462 \text{ kN/m}$$



$$m_{Ed} = \frac{1}{12} \cdot (23,462 + 12,089) \cdot 3,2^2 = 30,34 \text{ kNm}$$

$$m_{Ed} = \frac{1}{24} \cdot (23,462 + 12,089) \cdot 3,2^2 = 15,17 \text{ kNm}$$

Návrh výztuže okraje podesty

$$d = h - c - \frac{\emptyset_s}{2} = 270 - 20 - \frac{8}{2} = 246 \text{ mm}$$

$$m_{Ed} = 30,34 \text{ kNm}$$

$$\text{beton C40/50} \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{40}{1,5} = 26,667 \text{ MPa}$$

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{30340000}{1000 \cdot 246^2 \cdot 26,667} = 0,0188$$

$$\rightarrow \zeta = 0,991$$

$$a_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{30340000}{0,868 \cdot 246 \cdot 434,8} = 326,79 \text{ mm}^2$$

→ návrh Ø8 à 110 mm ($a_{s,prov} = 457 \text{ mm}^2$)

Konstrukční zásady

$$f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$$

Minimální plocha výztuže:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d \right\}$$

$$a_{s,prov} = 457 \text{ mm}^2 \geq a_{s,min} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{3,5}{500} \cdot 246 \cdot 1000; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 246 \right\}$$

$$a_{s,prov} = 457 \text{ mm}^2 \geq a_{s,min} = \max \{447,72; 319,80\} = 447,72 \text{ mm}^2$$

→ **vyhovuje**

Maximální plocha výztuže:

$$a_{s,prov} = 457 \text{ mm}^2 \leq a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1000 \cdot 270 = 10800 \text{ mm}^2$$

→ **vyhovuje**

Maximální osová rozteč

$$s = 100 \text{ mm} \leq \min\{2h; 250 \text{ mm}\} = \min\{540 \text{ mm}; 250 \text{ mm}\} = 250 \text{ mm}$$

→ **vyhovuje**

Minimální světlá vzdálenost

$$s_l = 92 \text{ mm} \geq \max\{20 \text{ mm}; 1,2 \emptyset_s; D_{max} + 5 \text{ mm}\} = \{20; 9,6; 21\} = 21 \text{ mm}$$

→ **vyhovuje**

Minimální plocha výztuže pro omezení šířky trhlin

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min,3} = \frac{k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot a_{ct}}{\sigma_s}$$

$$a_{s,prov} = 457 \text{ mm}^2 \geq a_{s,min,3} = \frac{0,4 \cdot 1 \cdot 3,5 \cdot 0,5 \cdot 1000 \cdot 270}{500} = 378 \text{ mm}^2$$

→ **vyhovuje**

Posouzení navržené výztuže

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{457 \cdot 434,8}{0,8 \cdot 1000 \cdot 26,667} = 9,52 \text{ mm}$$

$$z = d - 0,4 \cdot x = 246 - 0,4 \cdot 9,52 = 242,2 \text{ mm}$$

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 457 \cdot 434,8 \cdot 242,2 = 48,126 \text{ kNm}$$

$$m_{Rd} = 48,126 \text{ kNm} \geq 30,340 \text{ kNm} = m_{Ed}$$

→ **vyhovuje**

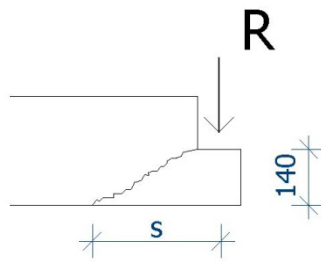
Poměrná výška tlačené oblasti

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{9,52}{246} = 0,039 \leq 0,45 = \xi_{max}$$

→ **návrh Ø8 à 110 mm vyhovuje**

→ **na celé podestě bude stejná výztuž Ø8 à 100 mm**

Posouzení ozubu podesty



$$R = 23,462 \text{ kN/m'}$$

$$M_{Ed} = R \cdot s = 23,462 \cdot (0,232 + 0,055) = 6,734 \text{ kNm/m'}$$

→ na tento moment navržená výztuž vyhovuje

$$v_{Ed} \leq v_{RD,c} = C_{RD,c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{(100\rho_l \cdot f_{ck})}$$

$$v_{RD,c} = C_{RD,c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{(100\rho_l \cdot f_{ck})} = 0,12 \cdot 1,313 \cdot \sqrt[3]{(100 \cdot 0,005 \cdot 40)} = 0,428 \text{ MPa}$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{116}} = 1,313 \leq 2$$

$$\rho_l = 0,005$$

$$v_{Ed} = \frac{1,4 \cdot 23462}{2220 \cdot 116} = 0,128 \text{ MPa} \leq v_{RD,c}$$

→ nemusí být navržena smyková výztuž

$$N_{Ed} = R = 23,462 \text{ kN/m'}$$

$$N_{RD} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot \sigma_s \rightarrow A_s = \frac{N_{RD} - 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd}}{\sigma_s}$$

$$A_s = \frac{23462 - 0,8 \cdot 110000 \cdot 26,667}{400} = -5808,75$$

→navržená výztuž vyhovuje

Kotevní délka výztuže

$$l_{b,d} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{8 \cdot 434,8}{4 \cdot 3,76} = 231,28 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{240 \text{ mm}}$$

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,67 = 3,76 \text{ MPa}$$

$$\eta_1 = 1$$

$$\eta_2 = 1$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0,05}}{1,5} = \frac{2,5}{1,5} = 1,67 \text{ MPa}$$

$$l_{b,min} = \max\{0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\emptyset, 100\text{mm}\} = \max\{0,3 \cdot 290; 80, 100\} = 100\text{mm}$$

$$l_{b,d} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 240 = \mathbf{240 \text{ mm}} \geq \mathbf{100 \text{ mm}} = l_{b,min}$$

Délka přesahu

$$l_{0,d} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{0,min} = \max\{0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}; 15\emptyset, 200\text{mm}\}$$

$$l_{0,min} = \max\{0,3 \cdot 1,5 \cdot 290; 15 \cdot 8; 200\} = 200\text{mm}$$

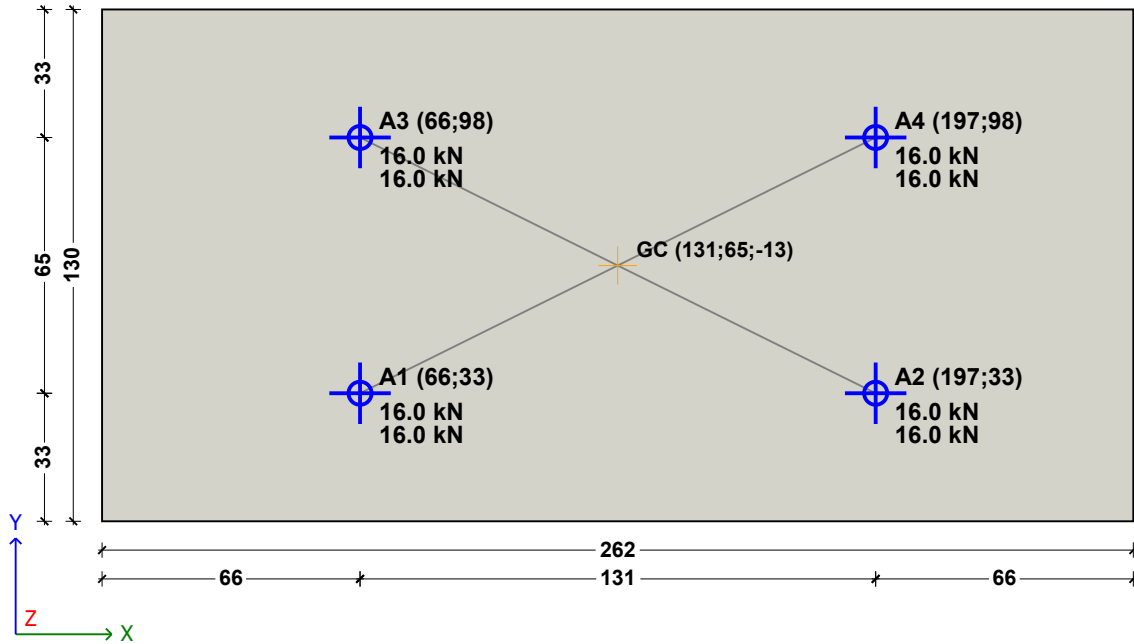
$$l_{0,d} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 240 = \mathbf{360 \text{ mm}} \geq \mathbf{200 \text{ mm}} = l_{0,min}$$

TPA - Transport Anchor Systems

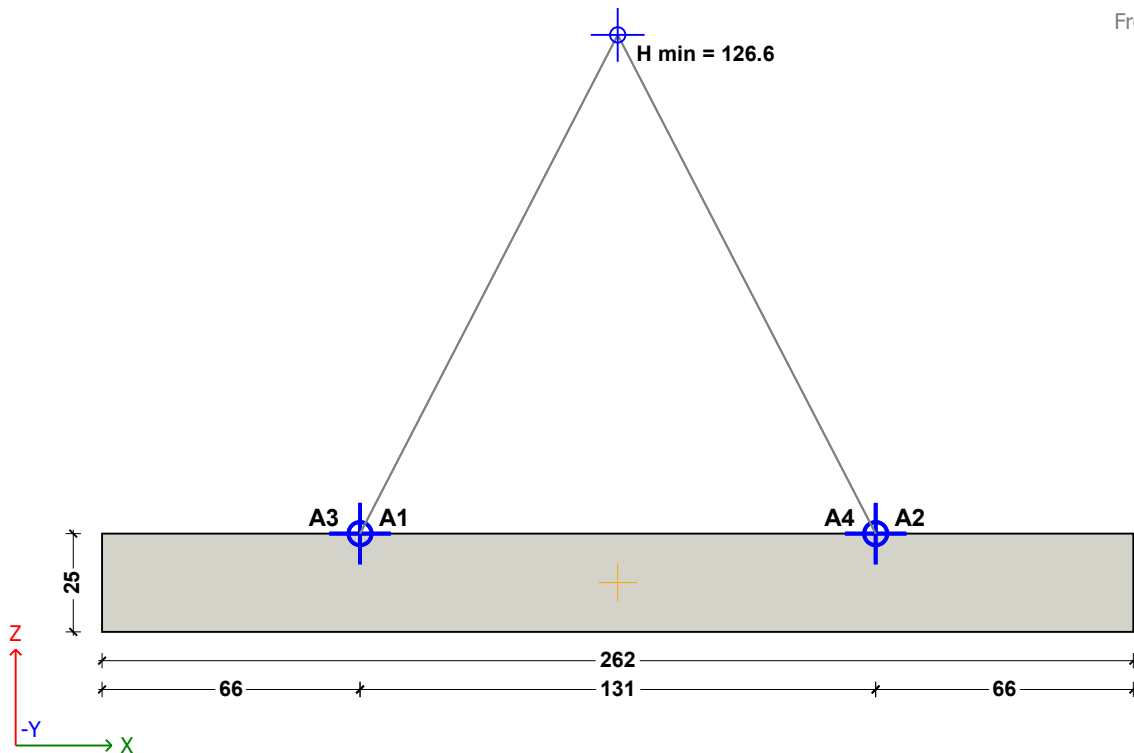
Transport | Slab | Standard slab

GRAPHICS

Top view



Front view

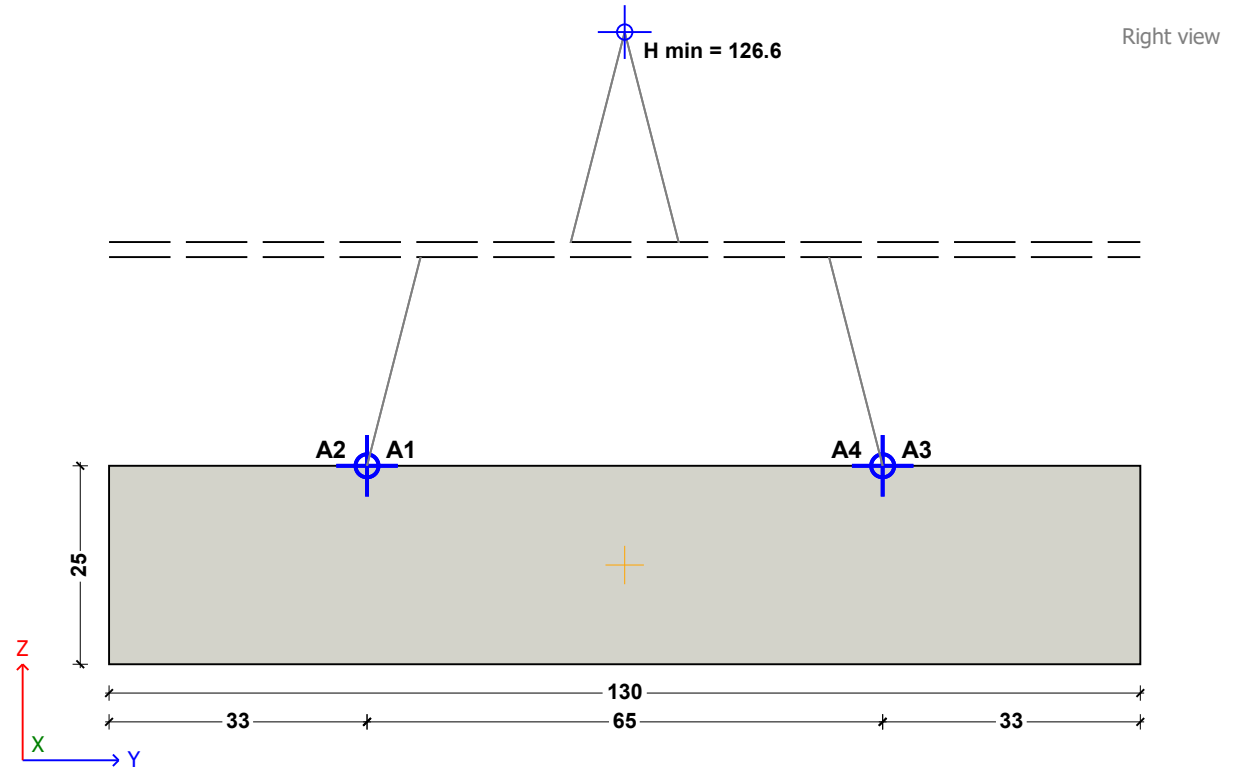


HALFEN Ltd., Unit 2, Humphrys Road, Woodside Estate, Dunstable LU5 4TP, Phone: +44 - 1582 - 470 341, Telefax: +44 - 1582 - 470 304 © HALFEN GmbH, Langenfeld, Germany

TPA - Transport Anchor Systems

Transport | Slab | Standard slab

GRAPHICS



CALCULATIONS

Calculation values:

Weight:	21.3 kN
Volume:	0.9 m ³
Center of gravity:	
Sx:	131.0 cm
Sy:	65.0 cm
Sz:	-12.5 cm
Adhesion area:	3.4 m ²
Adhesion to the mould:	3.4 kN
Cable inclin. angle:	30.0°
Spread angle factor:	1.15
Impact factor at the plant:	1.30
Impact factor on the site:	1.30
Concrete strength at the plant:	15 N/mm ²
Concrete strength on the site:	15 N/mm ²
Number of loadbearing anchors:	2

Loads:

Total weight:	
Plant - Lift out of the mould:	24.7 kN
Plant - Transport:	27.7 kN
Site - Transport / Installation:	27.7 kN
Forces at anchors (Plant / Site):	
Anchor 1:	16.0 kN / 16.0 kN
Anchor 2:	16.0 kN / 16.0 kN
Anchor 3:	16.0 kN / 16.0 kN
Anchor 4:	16.0 kN / 16.0 kN

General:

Minimum hook height:	126.6 cm
----------------------	----------

TPA - Transport Anchor Systems

Transport | Slab | Standard slab

ANCHOR DETAILS

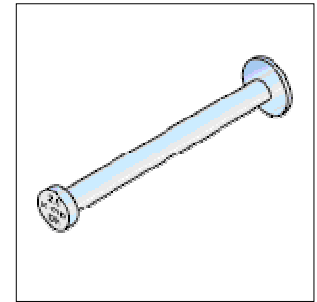
Anchor type: DEHA Spherical-Head Anchor 6000
Selected anchor: 6000- 2,5-0170

Reinforcement / Permissible load:

Anchor length l: 170 mm
Thickness of plate B2: 205 mm
Permissible load - $\beta_w = 15\text{N/mm}^2$: 25 kN
Anchor axial spacing ez: 520 mm

Anchor details:

Designation (Mill): 6000- 2,5-0170
Order No.: 735.010-00020
Load group: 2.5 t
Dimensions
l: 170 mm
d: 14 mm
d1: 26 mm
d2: 35 mm
k: 11 mm
Da: 74 mm



INPUT DATA

Calc.-Norm:	Germany	Positioning type:	Standard
Anchor application:	Transport	Number of anchors:	4
Element to be lifted:	Slab	Positioning mode:	auto
Element type:	Standard slab	Symmetry type:	Full symmetrical
Length L [cm]:	262	Anchor 1:	
Width B [cm]:	130	X [cm]:	66
Thickness D [cm]:	25	Y [cm]:	33
Specific weight [kN/m ³]:	25	Anchor 2:	
Load case group: Precast. plant: Yes		X [cm]:	197
Load case: Lift out of the mould:		Y [cm]:	33
Concrete strength when lifting out of ... [N/mm ²]: 15		Anchor 3:	
Adhesion force / factor: 1 kN/m ²		X [cm]:	66
Load case: Transport:		Y [cm]:	98
Concrete strength when lifting out of ... [N/mm ²]: 15		Anchor 4:	
Impact factor: 1.3		X [cm]:	197
Load case group: Constr. site: Yes		Y [cm]:	98
Load case: Transport / Installation:		Lifting slings:	Cable, Chain
Concrete strength [N/mm ²]: 15		Balance compensator:	No
Impact factor: 1.3		Cable inclin. angle [°]:	30
		Transport Anchor System:	All
		Anchor type:	DEHA Spherical-Head Anchor 6000
		Finish:	Mill



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta stavební
Katedra betonových a zděných konstrukcí**

Návrh desky

Bakalářská práce

Lenka Baborová

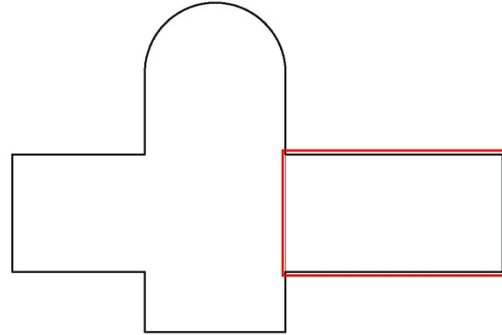
Praha 2017

Výpočet vnitřních sil

Výpočet vnitřních sil lokálně podepřené desky je proveden v programu SCIA Engineer ve 2D. Pro zobrazení průběhů momentů a potřebné výztuže jsou do několika sloupových a středních pruhů desky vloženy integrační a průměrovací pásy.

Návrh výztuže je proveden na vyznačenou část stropní desky typického podlaží.

Ověření protlačení sloupů je provedeno v předběžném statickém výpočtu.



Ověření správnosti výpočtu při zobrazení prvních výsledků

$$l_n = 5\text{m}$$

$$b = \frac{6300}{2} + \frac{5450}{2} = 3150 + 2725 = 5,875\text{m}$$

$$f_d = 2,5 \cdot 1,5 + 1,66 \cdot 1,35 + 25 \cdot 0,27 \cdot 1,35 = 15,1035 \text{ kN/m}^2$$

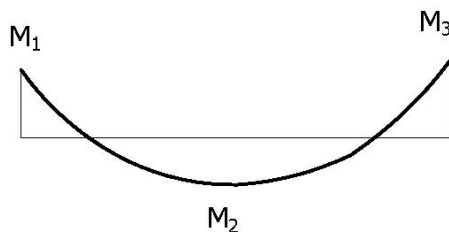
$$M_{tot} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot b \cdot l_n^2 = \frac{1}{8} \cdot 15,1035 \cdot 5,875 \cdot 5^2 = 277,29 \text{ kNm}$$

$$M_1 = 0,65 \cdot M_{tot} = 0,65 \cdot 277,29 = 180,24 \text{ kNm}$$

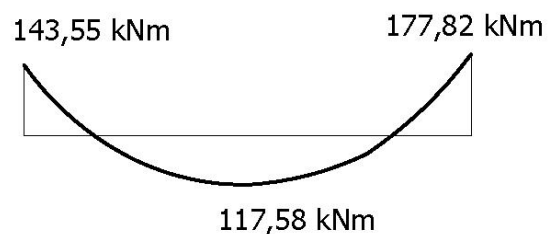
$$M_2 = 0,35 \cdot M_{tot} = 0,35 \cdot 277,29 = 97,05 \text{ kNm}$$

$$M_3 = 0,65 \cdot M_{tot} = 0,65 \cdot 277,29 = 180,24 \text{ kNm}$$

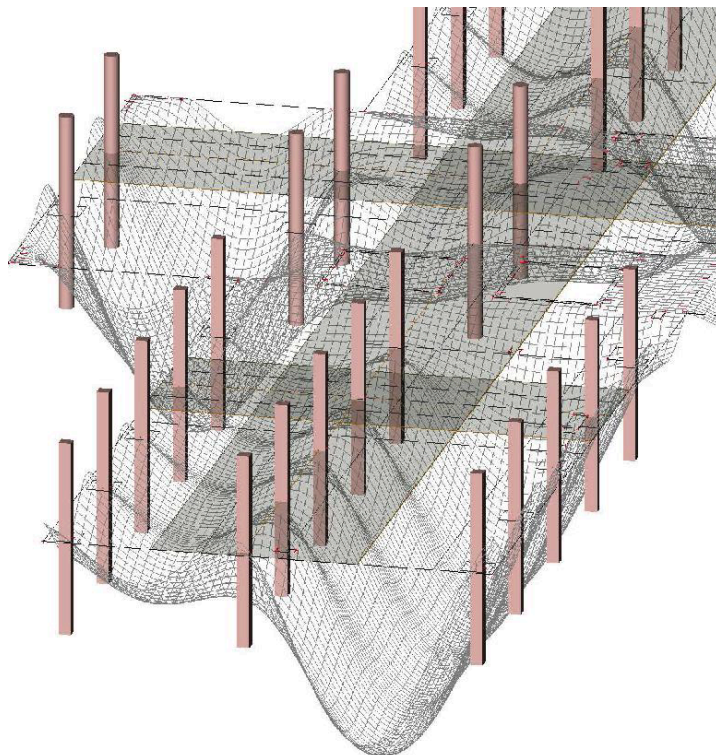
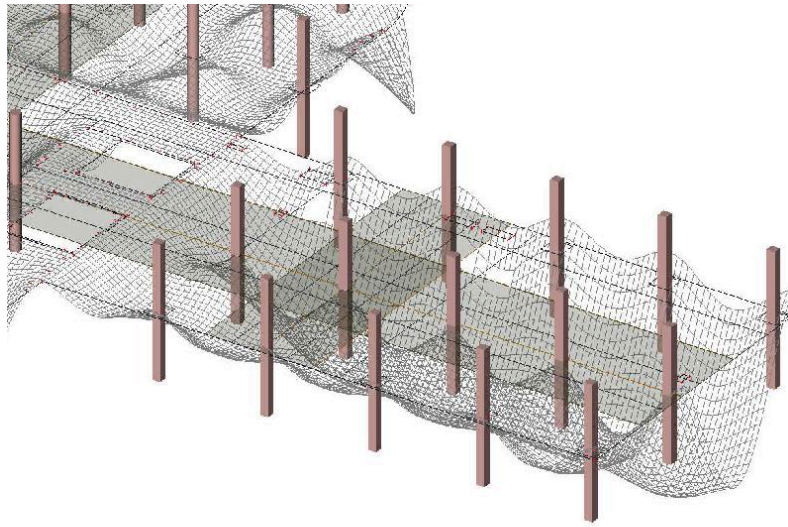
Empirický výpočet:



Výpočet SCIA Engineer:

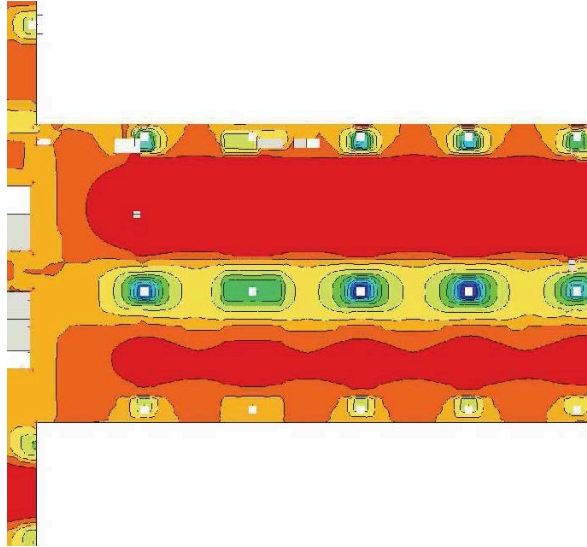


Deformovaná konstrukce

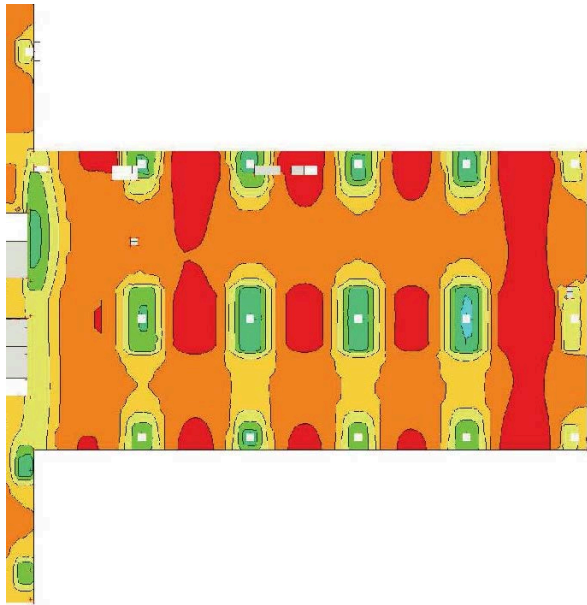


Zobrazení momentů na desce

Směr x:

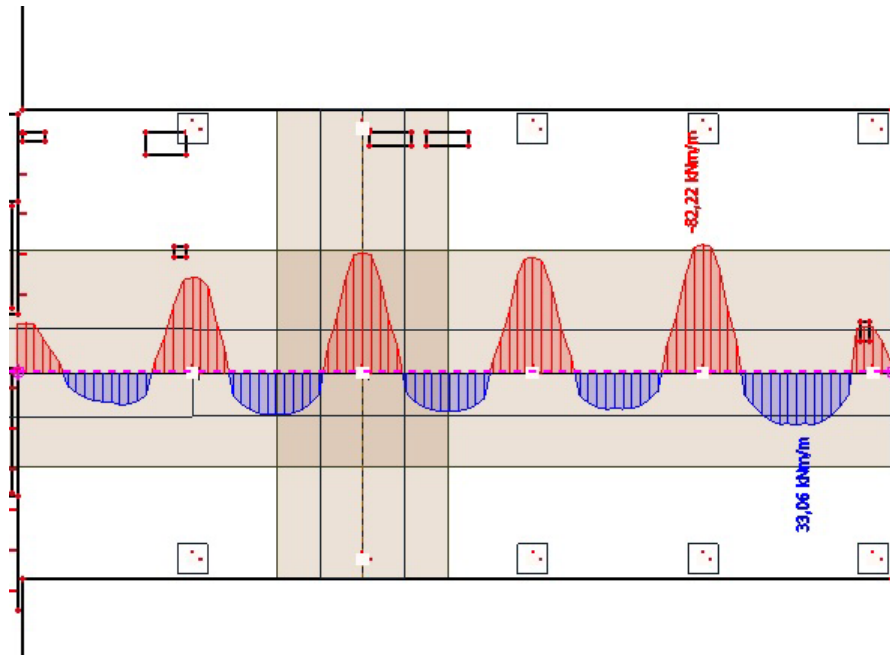


Směr y:

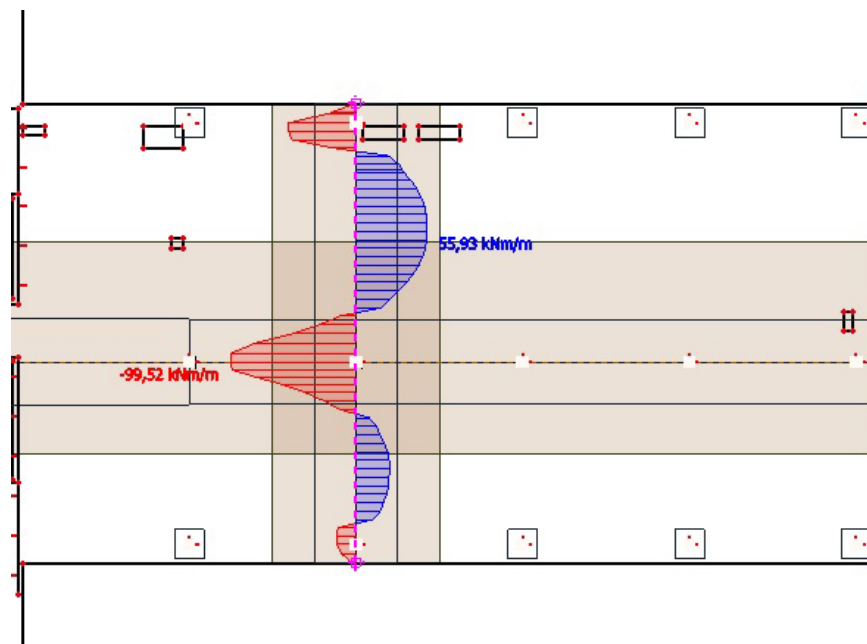


Průběh momentů ve sloupových pruzích

Směr x:

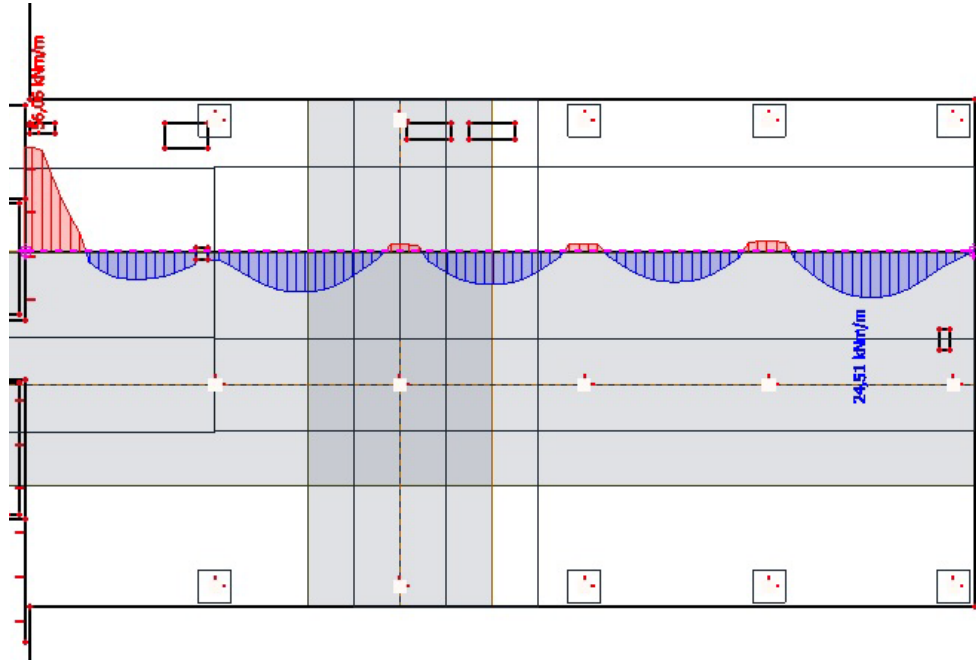


Směr y:

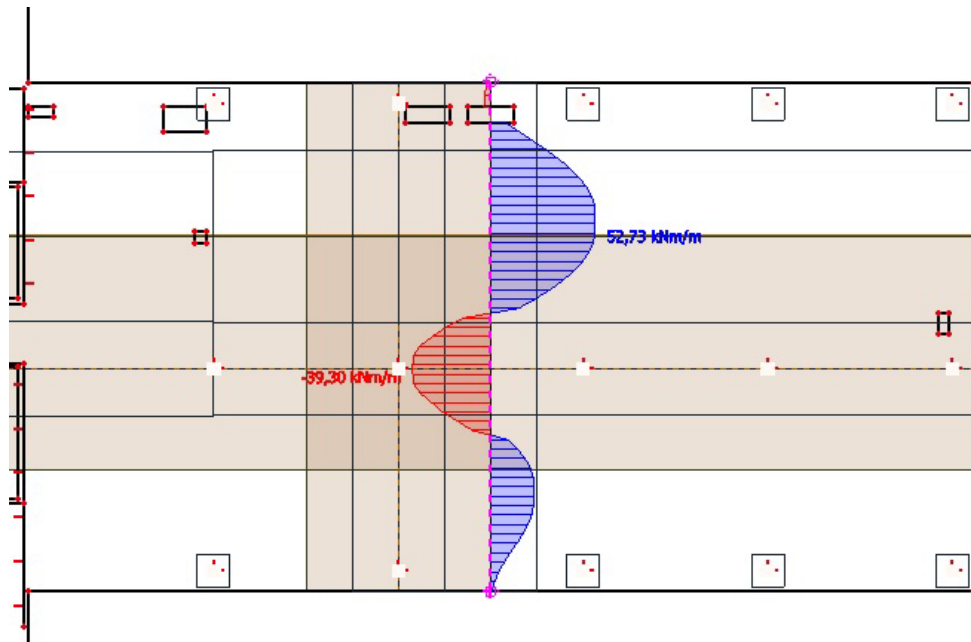


Průběh momentů ve středních pruzích

Směr x:



Směry:



Návrh výztuže

Výpočet je proveden formou tabulky na str. 6. Výpočet byl proveden dle těchto zásad:

$$d_x = h_d - c - \phi - \frac{\phi}{2} = 270 - 20 - 8 - 4 = 238mm$$

$$d_y = h_d - c - \frac{\phi}{2} = 270 - 20 - 4 = 246mm$$

$$z_1 = 0,9 \cdot x$$

$$a_{ct} = b \cdot h_d \cdot 0,5$$

$$a_{s,prov} \geq (1,2) \cdot a_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{z_1 \cdot f_{yd}}$$

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min,1} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d$$

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min,2} = 0,0013 \cdot b \cdot d$$

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min,3} = \frac{k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot a_{ct}}{\sigma_s}$$

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h$$

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}}$$

$$z = d - 0,4 \cdot x$$

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

Návrh a posouzení výztuže:

		Med [KNm/m']		d	Z1	As,req	As,min1	As,min2	As,min3	Asmax	profil výztuže	As,prov	d	X	X/d <0,45	Z	Mrd	Mrd> Med
		sloupový	střední															
				[m]	[m]	[mm ² /m']	[mm ² /m']	[mm ² /m']	[mm ² /m']	[mm ² /m']		[mm ² /m']	[m]	[mm]	[-]	[mm]	[KNm/m']	
směr X	I podp.	29,21		0,242	0,218	308,45	440,44	314,6	378	9600	8 a 110mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje
			0,47	0,242	0,218	4,96	440,44	314,6	378	9600	8 a 110 mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje
	II pole	32,81		0,242	0,218	346,46	440,44	314,6	378	9600	8 a 110 mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje
			4,51	0,242	0,218	47,62	440,44	314,6	378	9600	8 a 110 mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje
	III podp.	82,22		0,242	0,218	868,22	440,44	314,6	378	9600	12 a 90 mm	1 257	0,236	25,62	0,11	225,75	123,38	vyhovuje
			5,59	0,242	0,218	59,03	440,44	314,6	378	9600	8 a 110mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje
	IV pole	23,04		0,242	0,218	243,30	440,44	314,6	378	9600	8 a 110mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje
			16,24	0,242	0,218	171,49	440,44	314,6	378	9600	8 a 110mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje
	V podp.	73,91		0,242	0,218	780,47	440,44	314,6	378	9600	12 a 90 mm	1 257	0,236	25,62	0,11	225,75	123,38	vyhovuje
			4,36	0,242	0,218	46,04	440,44	314,6	378	9600	8 a 110mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje
	VI pole	24,22		0,242	0,218	255,76	440,44	314,6	378	9600	8 a 110mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje
			17,28	0,242	0,218	182,47	440,44	314,6	378	9600	8 a 110mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje
	VII podp.	76,99		0,242	0,218	812,99	440,44	314,6	378	9600	12 a 90 mm	1 257	0,236	25,62	0,11	225,75	123,38	vyhovuje
			3,91	0,242	0,218	41,29	440,44	314,6	378	9600	8 a 110mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje
VIII pole	26,45		0,242	0,218	279,30	440,44	314,6	378	9600	8 a 110mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje	
		21,5	0,242	0,218	227,03	440,44	314,6	378	9600	8 a 110mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje	
směr Y	IX podp.	15,2		0,238	0,214	160,51	433,16	309,4	378	9200	8 a 110mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje
			0,6	0,238	0,214	6,34	433,16	309,4	378	9200	8 a 110mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje
	X pole	26,33		0,238	0,214	278,04	433,16	309,4	378	9200	8 a 110mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje
			21,91	0,238	0,214	231,36	433,16	309,4	378	9200	8 a 110mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje
	XI podp.	99,52		0,238	0,214	1 050,90	433,16	309,4	378	9200	12 a 90 mm	1 257	0,244	25,62	0,10	233,75	127,76	vyhovuje
			39,3	0,238	0,214	415,00	433,16	309,4	378	9200	8 a 110mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje
	XII pole	55,93		0,238	0,214	590,61	433,16	309,4	378	9200	10 a 110mm	714	0,245	14,55	0,06	239,18	74,25	vyhovuje
			52,73	0,238	0,214	556,81	433,16	309,4	378	9200	10 a 110mm	714	0,245	14,55	0,06	239,18	74,25	vyhovuje
	XIII podp.	53,39		0,238	0,214	563,78	433,16	309,4	378	9200	10 a 110 mm	714	0,245	14,55	0,06	239,18	74,25	vyhovuje
			3,37	0,238	0,214	35,59	433,16	309,4	378	9200	8 a 110 mm	457	0,238	9,31	0,04	234,27	46,55	vyhovuje

Kotevní délka výztuže - Ø10

$$l_{b,d} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{10 \cdot 434,8}{4 \cdot 3,76} = 289,10 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{290 \text{ mm}}$$

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,67 = 3,76 \text{ MPa}$$

$$\eta_1 = 1$$

$$\eta_2 = 1$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0,05}}{1,5} = \frac{2,5}{1,5} = 1,67 \text{ MPa}$$

$$l_{b,min} = \max\{0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\varnothing, 100\text{mm}\} = \max\{0,3 \cdot 290; 100, 100\} = 100\text{mm}$$

$$l_{b,d} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 290 = 290 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm} = l_{b,min}$$

Délka přesahu - Ø10

$$l_{0,d} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{0,min} = \max\{0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}; 15\varnothing, 200\text{mm}\}$$

$$l_{0,min} = \max\{0,3 \cdot 1,5 \cdot 290; 15 \cdot 10; 200\} = 200\text{mm}$$

$$l_{0,d} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 290 = 435 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm} = l_{0,min}$$

Kotevní délka výztuže - Ø8

$$l_{b,d} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{8 \cdot 434,8}{4 \cdot 3,76} = 231,28 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{240 \text{ mm}}$$

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,67 = 3,76 \text{ MPa}$$

$$\eta_1 = 1$$

$$\eta_2 = 1$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0,05}}{1,5} = \frac{2,5}{1,5} = 1,67 \text{ MPa}$$

$$l_{b,\min} = \max\{0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\emptyset, 100\text{mm}\} = \max\{0,3 \cdot 290; 80, 100\} = 100\text{mm}$$

$$l_{b,d} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 250 = 250 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm} = l_{b,\min}$$

Délka přesahu - Ø8

$$l_{0,d} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,\min}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{0,\min} = \max\{0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}; 15\emptyset, 200\text{mm}\}$$

$$l_{0,\min} = \max\{0,3 \cdot 1,5 \cdot 290; 15 \cdot 8; 200\} = 200\text{mm}$$

$$l_{0,d} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 240 = 360 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm} = l_{0,\min}$$

Kotevní délka výztuže - Ø12

$$l_{b,d} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,\min}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{12 \cdot 434,8}{4 \cdot 3,76} = 346,91 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{350 \text{ mm}}$$

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,67 = 3,76 \text{ MPa}$$

$$\eta_1 = 1$$

$$\eta_2 = 1$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0,05}}{1,5} = \frac{2,5}{1,5} = 1,67 \text{ MPa}$$

$$l_{b,\min} = \max\{0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\emptyset, 100\text{mm}\} = \max\{0,3 \cdot 290; 120, 100\} = 120\text{mm}$$

$$l_{b,d} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 350 = 350 \text{ mm} \geq 120 \text{ mm} = l_{b,\min}$$

Délka přesahu - Ø12

$$l_{0,d} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,\min}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{0,\min} = \max\{0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}; 15\emptyset, 200\text{mm}\}$$

$$l_{0,\min} = \max\{0,3 \cdot 1,5 \cdot 290; 15 \cdot 12; 200\} = 200\text{mm}$$

$$l_{0,d} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 350 = 525 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm} = l_{0,\min}$$

Vnitřní síly 2D

Lineární výpočet
 Kombinace: CO1-MSÚ
 Extrém: Prvek
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním. Systém: Lokální

Studentská verze

Dílec S1	Typ	Deska [h=270mm]
ČSN EN 1992-1-1	Umístění	Uzel 110/109 [X=21.5m, Y=7.5m, Z=0m]

Zadání vnitřních sil

Posunutí momentové křivky: ANO (\$9.2.1.3(2))
 $a_1 = h \cdot \text{Coeff}_a = 270 \cdot 0.9 = 243 \text{ mm}$ (\$6.2.2(5))

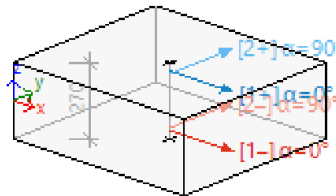
Stav	m_x [kNm/m]	m_y [kNm/m]	m_{xy} [kNm/m]	n_x [kN/m]	n_y [kN/m]	n_{xy} [kN/m]	v_x [kN/m]	v_y [kN/m]
CO1-MSÚ/1	-146,9	-92,9	-12,1	0,0	0,0	0,0	143,3	-9,3

Stav	Klíč kombinace
CO1-MSÚ/1	1.35*ZS1+1.35*ostatnístálé+1.50*úžitné

Směry pro přepočítání sil

Uživatелеm zadané směry (úhly od osy x LSS 2D dílce):

- $\alpha_{\text{inp},1} = 0^\circ$
- $\alpha_{\text{inp},2} = 90^\circ$
- $\alpha_{\text{inp},1+} = 0^\circ$
- $\alpha_{\text{inp},2+} = 90^\circ$



Odhad ramene vnitřních sil

Hlavní napětí a směry u obou povrchů
 $\sigma_{1-} = -7.43 \text{ MPa}$ $\sigma_{1+} = -12.30 \text{ MPa}$ $\rightarrow \alpha_{1-} = 12.1^\circ$
 $\sigma_{2+} = 12.30 \text{ MPa}$ $\sigma_{2-} = 7.43 \text{ MPa}$ $\rightarrow -\alpha_{2+} = 12.1 = 12.1^\circ$
 \rightarrow směr pro výpočet ramene vnitřních sil
 $\alpha_z = 12.1$

Přepočtené síly do směru ramene vnitřních sil
 $n_z = 0.0$ $m_z = -149470.7$

Rameno vnitřních sil a jeho části

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 40 \cdot 10^6}{1.5} = 26.67 \text{ MPa}$$

$$d = 235 \text{ mm}$$

$$\eta = 1 - 0.5 \cdot \frac{\epsilon_{cu2}}{\epsilon_{cu2}} = 1 - 0.5 \cdot \frac{0.0018}{0.0035} = 0.75$$

$$\beta = 1 - \frac{\frac{\epsilon_{cu2}^2}{2} - \frac{\epsilon_{cu2}^2}{6}}{\frac{\epsilon_{cu2}^2}{2} - \frac{\epsilon_{cu2} \cdot \epsilon_{cu2}}{2}} = 1 - \frac{\frac{0.0035^2}{2} - \frac{0.0018^2}{6}}{\frac{0.0035^2}{2} - \frac{0.0035 \cdot 0.0018}{2}} = 0.389$$

$$\xi_{bal} = \frac{\epsilon_{cu2}}{\epsilon_{cu2} + \frac{f_{yk}}{\gamma_s \cdot E_s}} = \frac{0.0035}{0.0035 + \frac{500}{1.15 \cdot 200000}} = 0.617$$

$$n_{c,bal} = -\xi_{bal} \cdot d \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd} = -0.617 \cdot 235 \cdot 1000 \cdot 0.75 \cdot 26.67 = -2899 \text{ kN/m}$$

$$n_z = 0 \text{ kN/m} > n_{c,bal} = -2899 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{převládající tah}$$

$$x = \frac{d}{2 \cdot \beta} \left(1 - \sqrt{1 - 4 \cdot \beta \cdot \frac{\text{abs}(m_z) - n_z \cdot (d - 0.5 \cdot h)}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}} \right)$$

$$= \frac{0.235}{2 \cdot 0.389} \left(1 - \sqrt{1 - 4 \cdot 0.389 \cdot \frac{\text{abs}(-149471) - 0 \cdot (0.235 - 0.5 \cdot 270)}{1000 \cdot 0.235^2 \cdot 0.75 \cdot 26.67}} \right) = 34 \text{ mm}$$

$$z = d - \beta \cdot x = 235 - 0.389 \cdot 34 = 222 \text{ mm}$$

$$z = 122 \text{ mm}$$

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

Studentská verze

Výpočet hlavních sil

Základní normálová síla u obou povrchů

Spodní povrch

$$n_x = \frac{n_x}{2} + \frac{m_x}{z} = \frac{0}{2} + \frac{-147}{0.222} = -661.8 \text{ kN/m}$$

$$n_y = \frac{n_y}{2} + \frac{m_y}{z} = \frac{0}{2} + \frac{-92.9}{0.222} = -418.7 \text{ kN/m}$$

$$n_{xy} = \frac{n_{xy}}{2} + \frac{m_{xy}}{z} = \frac{0}{2} + \frac{-12.1}{0.222} = -54.7 \text{ kN/m}$$

Horní povrch

$$n_{x+} = \frac{n_x}{2} - \frac{m_x}{z} = \frac{0}{2} - \frac{-147}{0.222} = 661.8 \text{ kN/m}$$

$$n_{y+} = \frac{n_y}{2} - \frac{m_y}{z} = \frac{0}{2} - \frac{-92.9}{0.222} = 418.7 \text{ kN/m}$$

$$n_{xy+} = \frac{n_{xy}}{2} - \frac{m_{xy}}{z} = \frac{0}{2} - \frac{-12.1}{0.222} = 54.7 \text{ kN/m}$$

Hlavní síly u obou povrchů

Spodní povrch

Hlavní síly u spodního povrchu:

$$n_1 = \frac{n_x + n_y}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2}$$

$$= \frac{-661.8 + -418.7}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(-661.8 - -418.7)^2 + 4 \cdot -54.7^2} = -407.0 \text{ kN/m}$$

$$n_2 = \frac{n_x + n_y}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2}$$

$$= \frac{-661.8 + -418.7}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(-661.8 - -418.7)^2 + 4 \cdot -54.7^2} = -673.6 \text{ kN/m}$$

Směry hlavních sil:

$$\alpha_1 = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot n_{xy}}{n_x - n_y} \right) - 90 = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot -54.7}{-661.8 - -418.7} \right) - 90 = -78^\circ$$

Stav napjatosti **Eliptický tlak**

Horní povrch

Hlavní síly u horního povrchu:

$$n_{1+} = \frac{n_{x+} + n_{y+}}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(n_{x+} - n_{y+})^2 + 4 \cdot n_{xy+}^2}$$

$$= \frac{661.8 + 418.7}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(661.8 - 418.7)^2 + 4 \cdot 54.7^2} = 673.6 \text{ kN/m}$$

$$n_{2+} = \frac{n_{x+} + n_{y+}}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(n_{x+} - n_{y+})^2 + 4 \cdot n_{xy+}^2}$$

$$= \frac{661.8 + 418.7}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(661.8 - 418.7)^2 + 4 \cdot 54.7^2} = 407.0 \text{ kN/m}$$

Směry hlavních sil:

$$\alpha_{1+} = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot n_{xy+}}{n_{x+} - n_{y+}} \right) = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot 54.7}{661.8 - 418.7} \right) = 12^\circ$$

Stav napjatosti **Eliptický tah**

Úhel náhradní diagonály

$$\alpha_{\text{com-}} = 45^\circ$$

$$\alpha_{\text{com+}} = 135^\circ$$

Přepočítání do dimenzačních sil

Dimenzační síly u obou povrchů

Spodní povrch

Úhly Baumannovy transformační rovnice

$$\alpha_1 = \alpha_{\text{sig},1} - \alpha_1 = 0 - -78 = 78^\circ$$

$$\alpha_2 = \alpha_{\text{sig},2} - \alpha_1 = 90 - -78 = 168^\circ$$

$$\alpha_3 = \alpha_{\text{com-}} - \alpha_1 = 45 - -78 = 123^\circ$$

Přepočtené dimenzační síly u spodního povrchu (podle Baumanna)

$$n_{Eds1} = \frac{n_{1s} \cdot \sin(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_3) + n_{1s} \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_3)}{\sin(\alpha_2 - \alpha_1) \cdot \sin(\alpha_3 - \alpha_1)}$$

$$= \frac{-407,0 \cdot \sin(168) \cdot \sin(123) + -673,6 \cdot \cos(168) \cdot \cos(123)}{\sin(168 - 78) \cdot \sin(123 - 78)} = -607,1 \text{ kN/m}$$

$$n_{Eds2} = \frac{n_{1s} \cdot \sin(\alpha_3) \cdot \sin(\alpha_1) + n_{1s} \cdot \cos(\alpha_3) \cdot \cos(\alpha_1)}{\sin(\alpha_3 - \alpha_2) \cdot \sin(\alpha_1 - \alpha_2)}$$

$$= \frac{-407,0 \cdot \sin(123) \cdot \sin(78) + -673,6 \cdot \cos(123) \cdot \cos(78)}{\sin(123 - 168) \cdot \sin(78 - 168)} = -364,0 \text{ kN/m}$$

$$n_{Eds3} = \frac{n_{1s} \cdot \sin(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_2) + n_{1s} \cdot \cos(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_2)}{\sin(\alpha_1 - \alpha_3) \cdot \sin(\alpha_2 - \alpha_3)}$$

$$= \frac{-407,0 \cdot \sin(78) \cdot \sin(168) + -673,6 \cdot \cos(78) \cdot \cos(168)}{\sin(78 - 123) \cdot \sin(168 - 123)} = -109,4 \text{ kN/m}$$

Horní povrch

Úhly Baumannovy transformační rovnice

$$\alpha_{1+} = \alpha_{\text{ing},1+} - \alpha_{1-} = 0 - 12 = -12^\circ$$

$$\alpha_{2+} = \alpha_{\text{ing},2+} - \alpha_{1-} = 90 - 12 = 78^\circ$$

$$\alpha_{3+} = \alpha_{\text{con},+} - \alpha_{1-} = 135 - 12 = 123^\circ$$

Přepočtené dimenzační síly u horního povrchu (podle Baumanna)

$$n_{Eds1+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{2+}) \cdot \sin(\alpha_{3+}) + n_{1+} \cdot \cos(\alpha_{2+}) \cdot \cos(\alpha_{3+})}{\sin(\alpha_{2+} - \alpha_{1+}) \cdot \sin(\alpha_{3+} - \alpha_{1+})}$$

$$= \frac{673,6 \cdot \sin(78) \cdot \sin(123) + 407,0 \cdot \cos(78) \cdot \cos(123)}{\sin(78 - (-12)) \cdot \sin(123 - (-12))} = 716,6 \text{ kN/m}$$

$$n_{Eds2+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{3+}) \cdot \sin(\alpha_{1+}) + n_{1+} \cdot \cos(\alpha_{3+}) \cdot \cos(\alpha_{1+})}{\sin(\alpha_{3+} - \alpha_{2+}) \cdot \sin(\alpha_{1+} - \alpha_{2+})}$$

$$= \frac{673,6 \cdot \sin(123) \cdot \sin(-12) + 407,0 \cdot \cos(123) \cdot \cos(-12)}{\sin(123 - 78) \cdot \sin(-12 - 78)} = 473,4 \text{ kN/m}$$

$$n_{Eds3+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{1+}) \cdot \sin(\alpha_{2+}) + n_{1+} \cdot \cos(\alpha_{1+}) \cdot \cos(\alpha_{2+})}{\sin(\alpha_{1+} - \alpha_{3+}) \cdot \sin(\alpha_{2+} - \alpha_{3+})}$$

$$= \frac{673,6 \cdot \sin(-12) \cdot \sin(78) + 407,0 \cdot \cos(-12) \cdot \cos(78)}{\sin(-12 - 123) \cdot \sin(78 - 123)} = -109,4 \text{ kN/m}$$

Virtuální síly u obou povrchů

Spodní povrch

Úhly Baumannovy transformační rovnice

$$\alpha_{1-} = \alpha_{\text{ing},1-} - \alpha_{1-} = 0 - -78 = 78^\circ$$

$$\alpha_{2-} = \alpha_{\text{ing},2-} - \alpha_{1-} = 90 - -78 = 168^\circ$$

$$\alpha_{3-} = \alpha_{\text{con},-} - \alpha_{1-} = 45 - -78 = 123^\circ$$

Přepočtené virtuální síly u spodního povrchu (podle Baumanna)

$$n_{Edvnt1-} = \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{3-}) + n_{1-} \cdot \cos(\alpha_{2-}) \cdot \cos(\alpha_{3-})}{\sin(\alpha_{2-} - \alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{3-} - \alpha_{1-})}$$

$$= \frac{-407,0 \cdot \sin(168) \cdot \sin(123) + -673,6 \cdot \cos(168) \cdot \cos(123)}{\sin(168 - 78) \cdot \sin(123 - 78)} = -607,1 \text{ kN/m}$$

$$n_{Edvnt2-} = \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{1-}) + n_{1-} \cdot \cos(\alpha_{3-}) \cdot \cos(\alpha_{1-})}{\sin(\alpha_{3-} - \alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{1-} - \alpha_{2-})}$$

$$= \frac{-407,0 \cdot \sin(123) \cdot \sin(78) + -673,6 \cdot \cos(123) \cdot \cos(78)}{\sin(123 - 168) \cdot \sin(78 - 168)} = -364,0 \text{ kN/m}$$

$$n_{Edvnt3-} = \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{2-}) + n_{1-} \cdot \cos(\alpha_{1-}) \cdot \cos(\alpha_{2-})}{\sin(\alpha_{1-} - \alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{2-} - \alpha_{3-})}$$

$$= \frac{-407,0 \cdot \sin(78) \cdot \sin(168) + -673,6 \cdot \cos(78) \cdot \cos(168)}{\sin(78 - 123) \cdot \sin(168 - 123)} = -109,4 \text{ kN/m}$$

Horní povrch

Úhly Baumannovy transformační rovnice

$$\alpha_{1-} = \alpha_{\text{ing},1-} - \alpha_{1-} = 0 - 12 = -12^\circ$$

$$\alpha_{2-} = \alpha_{\text{ing},2-} - \alpha_{1-} = 90 - 12 = 78^\circ$$

$$\alpha_{3-} = \alpha_{\text{con},-} - \alpha_{1-} = 135 - 12 = 123^\circ$$

Přepočtené virtuální síly u horního povrchu (podle Baumanna)

$$n_{Edvirt1+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_3) + n_{1+} \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_3)}{\sin(\alpha_2 - \alpha_1) \cdot \sin(\alpha_3 - \alpha_1)}$$

$$= \frac{673,6 \cdot \sin(78) \cdot \sin(123) + 407,0 \cdot \cos(78) \cdot \cos(123)}{\sin(78 - (-12)) \cdot \sin(123 - (-12))} = 716,6 \text{ kN/m}$$

$$n_{Edvirt2+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_3) \cdot \sin(\alpha_1) + n_{1+} \cdot \cos(\alpha_3) \cdot \cos(\alpha_1)}{\sin(\alpha_3 - \alpha_2) \cdot \sin(\alpha_1 - \alpha_2)}$$

$$= \frac{673,6 \cdot \sin(123) \cdot \sin(-12) + 407,0 \cdot \cos(123) \cdot \cos(-12)}{\sin(123 - 78) \cdot \sin(-12 - 78)} = 473,4 \text{ kN/m}$$

$$n_{Edvirt3+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_2) + n_{1+} \cdot \cos(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_2)}{\sin(\alpha_1 - \alpha_3) \cdot \sin(\alpha_2 - \alpha_3)}$$

$$= \frac{673,6 \cdot \sin(-12) \cdot \sin(78) + 407,0 \cdot \cos(-12) \cdot \cos(78)}{\sin(-12 - 123) \cdot \sin(78 - 123)} = -109,4 \text{ kN/m}$$

Dimenzační síly v těžišti

Spodní povrch

Dimenzační síly spodního povrchu transformované do těžiště

$$n_{Ed1-} = n_{Eds1-} + n_{Edvirt1+} = -607,1 + 716,6 = 109,4 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed1-} = n_{Eds1-} \cdot z_1 - n_{Edvirt1+} \cdot z_4 = -607,1 \cdot 122 - 716,6 \cdot 100 = -145,7 \text{ kNm/m}$$

$$n_{Ed2-} = n_{Eds2-} + n_{Edvirt2+} = -364,0 + 473,4 = 109,4 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed2-} = n_{Eds2-} \cdot z_1 - n_{Edvirt2+} \cdot z_4 = -364,0 \cdot 122 - 473,4 \cdot 100 = -91,7 \text{ kNm/m}$$

$$n_{Ed3-} = n_{Eds3-} + n_{Edvirt3+} = -109,4 + (-109,4) = -218,9 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed3-} = n_{Eds3-} \cdot z_1 - n_{Edvirt3+} \cdot z_4 = -109,4 \cdot 122 - (-109,4) \cdot 100 = -2,4 \text{ kNm/m}$$

Horní povrch

Dimenzační síly horního povrchu transformované do těžiště

$$n_{Ed1+} = n_{Eds1+} + n_{Edvirt1-} = 716,6 + (-607,1) = 109,4 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed1+} = -n_{Eds1+} \cdot z_4 + n_{Edvirt1-} \cdot z_1 = -716,6 \cdot 100 + (-607,1) \cdot 122 = -145,7 \text{ kNm/m}$$

$$n_{Ed2+} = n_{Eds2+} + n_{Edvirt2-} = 473,4 + (-364,0) = 109,4 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed2+} = -n_{Eds2+} \cdot z_4 + n_{Edvirt2-} \cdot z_1 = -473,4 \cdot 100 + (-364,0) \cdot 122 = -91,7 \text{ kNm/m}$$

$$n_{Ed3+} = n_{Eds3+} + n_{Edvirt3-} = -109,4 + (-109,4) = -218,9 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed3+} = -n_{Eds3+} \cdot z_4 + n_{Edvirt3-} \cdot z_1 = -(-109,4) \cdot 100 + (-109,4) \cdot 122 = -2,4 \text{ kNm/m}$$

Tabulka dimenzačních sil (povrch/těžiště)

Vrstva	Povrch / Směr	α_{inp} [°]	n_{Edi} [kN/m]	n_{Edvirt} [kN/m]	n_{Ed} [kN/m]	m_{Ed} [kNm/m]
[1+]	Horní / První	0,0	716,6	-607,1	109,4	-145,7
[2+]	Horní / Druhé	90,0	473,4	-364,0	109,4	-91,7
Beton	Horní / Diagonála (náhrad)	135,0	-109,4	-109,4	-218,9	-2,4
[1-]	Dolní / První	0,0	-607,1	716,6	109,4	-145,7
[2-]	Dolní / Druhé	90,0	-364,0	473,4	109,4	-91,7
Beton	Dolní / Diagonála (náhrad)	45,0	-109,4	-109,4	-218,9	-2,4

Dílec S1	Typ	Deska [h=270mm]
ČSN EN 1992-1-1	Umístění	Uzel 565/564 [X=24.5m, Y=-0.6m, Z=0m]

Zadání vnitřních sil

Posunutí momentové křivky: ANO

(§9.2.1.3(2))

$$a_1 = h \cdot \text{Coeff}_d = 270 \cdot 0,9 = 243 \text{ mm}$$

(§6.2.2(5))

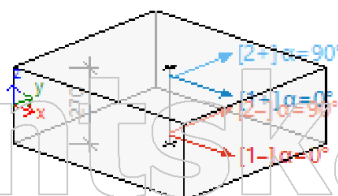
Stav	m_x [kNm/m]	m_y [kNm/m]	m_{xy} [kNm/m]	n_x [kN/m]	n_y [kN/m]	n_{xy} [kN/m]	v_x [kN/m]	v_y [kN/m]
CO1-MSÚ/1	43,2	1,7	1,2	0,0	0,0	0,0	6,2	1,5

Stav	Klíč kombinace
CO1-MSÚ/1	1.35*ZS1+1.35*ostatnístálé+1.50*úžtné

Směry pro přepočet sil

Uživatelé zadane směry (úhly od osy x LSS 2D dílce):

- $\alpha_{inp,1} = 0^\circ$
- $\alpha_{inp,2} = 90^\circ$
- $\alpha_{inp,1+} = 0^\circ$
- $\alpha_{inp,2+} = 90^\circ$



Odhad ramene vnitřních sil

Hlavní napětí a směry u obou povrchů

$$\sigma_{I-} = 3.56 \text{ MPa} \quad \sigma_{II-} = 0.14 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \alpha_{I-} = 1.62 = 1.62^\circ$$

$$\sigma_{I+} = -0.14 \text{ MPa} \quad \sigma_{II+} = -3.56 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \alpha_{I+} = 1.62^\circ$$

-> směr pro výpočet ramene vnitřních sil
 $\alpha_I = 1.62$

Přepočtené síly do směru ramene vnitřních sil

$$n_z = 0.0 \quad m_z = 43282.3$$

Rameno vnitřních sil a jeho části

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{ec} \cdot f_{dk}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 40 \cdot 10^6}{1.5} = 26.67 \text{ MPa}$$

$$d = 235 \text{ mm}$$

$$\eta = 1 - 0.5 \cdot \frac{\epsilon_{cu2}}{\epsilon_{cu2}} = 1 - 0.5 \cdot \frac{0.0018}{0.0035} = 0.75$$

$$\beta = 1 - \frac{\frac{\epsilon_{cu2}^2}{2} - \frac{\epsilon_{cu2}}{6}}{\epsilon_{cu2}^2 - \frac{\epsilon_{cu2} \cdot \epsilon_{cu2}}{2}} = 1 - \frac{\frac{0.0035^2}{2} - \frac{0.0018}{6}}{0.0035^2 - \frac{0.0035 \cdot 0.0018}{2}} = 0.389$$

$$\xi_{bal} = \frac{\epsilon_{cu2}}{\epsilon_{cu2} + \frac{f_{yk}}{\gamma_s \cdot E_s}} = \frac{0.0035}{0.0035 + \frac{500}{1.15 \cdot 200000}} = 0.617$$

$$n_{c,bal} = -\xi_{bal} \cdot d \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd} = -0.617 \cdot 235 \cdot 1000 \cdot 0.75 \cdot 26.67 = -2899 \text{ kN/m}$$

$$n_z = 0 \text{ kN/m} > n_{c,bal} = -2899 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{převládající tah}$$

$$x = \frac{d}{2 \cdot \beta} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 4 \cdot \beta \cdot \frac{\text{abs}(m_z) - n_z \cdot (d - 0.5 \cdot h)}{b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd}}} \right)$$

$$= \frac{0.235}{2 \cdot 0.389} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 4 \cdot 0.389 \cdot \frac{\text{abs}(43282) - 0 \cdot (0.235 - 0.5 \cdot 270)}{1000 \cdot 0.235^2 \cdot 0.75 \cdot 26.67}} \right) = 9 \text{ mm}$$

$$z = d - \beta \cdot x = 235 - 0.389 \cdot 9 = 231 \text{ mm}$$

$$z_s = 131 \text{ mm}$$

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

Výpočet hlavních sil

Základní normálová síla u obou povrchů

Spodní povrch

$$n_x = \frac{n_x}{2} + \frac{m_x}{z} = \frac{0}{2} + \frac{43.2}{0.231} = 186.9 \text{ kN/m}$$

$$n_y = \frac{n_y}{2} + \frac{m_y}{z} = \frac{0}{2} + \frac{1.69}{0.231} = 7.3 \text{ kN/m}$$

$$n_{xy} = \frac{n_{xy}}{2} + \frac{m_{xy}}{z} = \frac{0}{2} + \frac{1.18}{0.231} = 5.1 \text{ kN/m}$$

Horní povrch

$$n_{x+} = \frac{n_x}{2} - \frac{m_x}{z} = \frac{0}{2} - \frac{43.2}{0.231} = -186.9 \text{ kN/m}$$

$$n_{y+} = \frac{n_y}{2} - \frac{m_y}{z} = \frac{0}{2} - \frac{1.69}{0.231} = -7.3 \text{ kN/m}$$

$$n_{xy+} = \frac{n_{xy}}{2} - \frac{m_{xy}}{z} = \frac{0}{2} - \frac{1.18}{0.231} = -5.1 \text{ kN/m}$$

Hlavní síly u obou povrchů

Spodní povrch

Hlavní síly u spodního povrchu:

$$n_1 = \frac{n_x + n_y}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2}$$

$$= \frac{186.9 + 7.3}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(186.9 - 7.3)^2 + 4 \cdot 5.1^2} = 187.1 \text{ kN/m}$$

$$n_2 = \frac{n_x + n_y}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2}$$

$$= \frac{186.9 + 7.3}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(186.9 - 7.3)^2 + 4 \cdot 5.1^2} = 7.1 \text{ kN/m}$$

Směry hlavních sil:

$$\alpha_{1-} = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot n_{xy}}{n_x - n_y} \right) = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot 5.1}{186.9 - 7.3} \right) = 2^\circ$$

Stav napjatosti: **Elipický tah**

Horní povrch

Hlavní síly u horního povrchu:

$$n_{I+} = \frac{n_{x+} + n_{y+}}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(n_{x+} - n_{y+})^2 + 4 \cdot n_{xy+}^2}$$

$$= \frac{-186.9 + -7.3}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(-186.9 - -7.3)^2 + 4 \cdot -5.1^2} = -7.1 \text{ kN/m}$$

$$n_{II+} = \frac{n_{x+} + n_{y+}}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(n_{x+} - n_{y+})^2 + 4 \cdot n_{xy+}^2}$$

$$= \frac{-186.9 + -7.3}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(-186.9 - -7.3)^2 + 4 \cdot -5.1^2} = -187.1 \text{ kN/m}$$

Směry hlavních sil:

$$\alpha_+ = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot n_{xy+}}{n_{x+} - n_{y+}} \right) - 90 = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot -5.1}{-186.9 - -7.3} \right) - 90 = -88^\circ$$

Stav napjatosti **Elipsoidický tlak**

Úhel náhradní diagonály

$$\alpha_{\text{kon-}} = 135^\circ$$

$$\alpha_{\text{kon+}} = 45^\circ$$

Přepočítání do dimenzačních sil

Dimenzační síly u obou povrchů

Spodní povrch

Úhly Baumannovy transformační rovnice

$$\alpha_1 = \alpha_{\text{neg},1} - \alpha_0 = 0 - 2 = -2^\circ$$

$$\alpha_2 = \alpha_{\text{neg},2} - \alpha_0 = 90 - 2 = 88^\circ$$

$$\alpha_3 = \alpha_{\text{kon-}} - \alpha_0 = 135 - 2 = 133^\circ$$

Přepočtené dimenzační síly u spodního povrchu (podle Baumanna)

$$n_{Eos1-} = \frac{n_{I-} \cdot \sin(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_3) + n_{II-} \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_3)}{\sin(\alpha_2 - \alpha_1) \cdot \sin(\alpha_3 - \alpha_1)}$$

$$= \frac{187.1 \cdot \sin(88) \cdot \sin(133) + 7.1 \cdot \cos(88) \cdot \cos(133)}{\sin(88 - -2) \cdot \sin(133 - -2)} = 192.0 \text{ kN/m}$$

$$n_{Eos2-} = \frac{n_{I-} \cdot \sin(\alpha_3) \cdot \sin(\alpha_1) + n_{II-} \cdot \cos(\alpha_3) \cdot \cos(\alpha_1)}{\sin(\alpha_3 - \alpha_2) \cdot \sin(\alpha_1 - \alpha_2)}$$

$$= \frac{187.1 \cdot \sin(133) \cdot \sin(-2) + 7.1 \cdot \cos(133) \cdot \cos(-2)}{\sin(133 - 88) \cdot \sin(-2 - 88)} = 12.4 \text{ kN/m}$$

$$n_{Eos3-} = \frac{n_{I-} \cdot \sin(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_2) + n_{II-} \cdot \cos(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_2)}{\sin(\alpha_1 - \alpha_3) \cdot \sin(\alpha_2 - \alpha_3)}$$

$$= \frac{187.1 \cdot \sin(-2) \cdot \sin(88) + 7.1 \cdot \cos(-2) \cdot \cos(88)}{\sin(-2 - 133) \cdot \sin(88 - 133)} = -10.2 \text{ kN/m}$$

Horní povrch

Úhly Baumannovy transformační rovnice

$$\alpha_{1+} = \alpha_{\text{neg},1+} - \alpha_0 = 0 - -88 = 88^\circ$$

$$\alpha_{2+} = \alpha_{\text{neg},2+} - \alpha_0 = 90 - -88 = 178^\circ$$

$$\alpha_{3+} = \alpha_{\text{kon+}} - \alpha_0 = 45 - -88 = 133^\circ$$

Přepočtené dimenzační síly u horního povrchu (podle Baumanna)

$$n_{Eos1+} = \frac{n_{I+} \cdot \sin(\alpha_{2+}) \cdot \sin(\alpha_{3+}) + n_{II+} \cdot \cos(\alpha_{2+}) \cdot \cos(\alpha_{3+})}{\sin(\alpha_{2+} - \alpha_{1+}) \cdot \sin(\alpha_{3+} - \alpha_{1+})}$$

$$= \frac{-7.1 \cdot \sin(178) \cdot \sin(133) + -187.1 \cdot \cos(178) \cdot \cos(133)}{\sin(178 - 88) \cdot \sin(133 - 88)} = -181.8 \text{ kN/m}$$

$$n_{Eos2+} = \frac{n_{I+} \cdot \sin(\alpha_{3+}) \cdot \sin(\alpha_{1+}) + n_{II+} \cdot \cos(\alpha_{3+}) \cdot \cos(\alpha_{1+})}{\sin(\alpha_{3+} - \alpha_{2+}) \cdot \sin(\alpha_{1+} - \alpha_{2+})}$$

$$= \frac{-7.1 \cdot \sin(133) \cdot \sin(88) + -187.1 \cdot \cos(133) \cdot \cos(88)}{\sin(133 - 178) \cdot \sin(88 - 178)} = -2.2 \text{ kN/m}$$

$$n_{Eos3+} = \frac{n_{I+} \cdot \sin(\alpha_{1+}) \cdot \sin(\alpha_{2+}) + n_{II+} \cdot \cos(\alpha_{1+}) \cdot \cos(\alpha_{2+})}{\sin(\alpha_{1+} - \alpha_{3+}) \cdot \sin(\alpha_{2+} - \alpha_{3+})}$$

$$= \frac{-7.1 \cdot \sin(88) \cdot \sin(178) + -187.1 \cdot \cos(88) \cdot \cos(178)}{\sin(88 - 133) \cdot \sin(178 - 133)} = -10.2 \text{ kN/m}$$

Virtuální síly u obou povrchů

Spodní povrch

Úhly Baumannovy transformační rovnice

$$\alpha_{1+} = \alpha_{\text{ing},1+} - \alpha_{1-} = 0 - 2 = -2^\circ$$

$$\alpha_{2+} = \alpha_{\text{ing},2+} - \alpha_{1-} = 90 - 2 = 88^\circ$$

$$\alpha_{3+} = \alpha_{\text{con},-} - \alpha_{1-} = 135 - 2 = 133^\circ$$

Přepočtené virtuální síly u spodního povrchu (podle Baumanna)

$$\begin{aligned} n_{\text{Edovnt}1-} &= \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{2+}) \cdot \sin(\alpha_{3+}) + n_{11-} \cdot \cos(\alpha_{2+}) \cdot \cos(\alpha_{3+})}{\sin(\alpha_{2+} - \alpha_{1+}) \cdot \sin(\alpha_{3+} - \alpha_{1+})} \\ &= \frac{187.1 \cdot \sin(88) \cdot \sin(133) + 7.1 \cdot \cos(88) \cdot \cos(133)}{\sin(88 - -2) \cdot \sin(133 - -2)} = 192.0 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{Edovnt}2-} &= \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{3+}) \cdot \sin(\alpha_{1+}) + n_{11-} \cdot \cos(\alpha_{3+}) \cdot \cos(\alpha_{1+})}{\sin(\alpha_{3+} - \alpha_{2+}) \cdot \sin(\alpha_{1+} - \alpha_{2+})} \\ &= \frac{187.1 \cdot \sin(133) \cdot \sin(-2) + 7.1 \cdot \cos(133) \cdot \cos(-2)}{\sin(133 - 88) \cdot \sin(-2 - 88)} = 12.4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{Edovnt}3-} &= \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{1+}) \cdot \sin(\alpha_{2+}) + n_{11-} \cdot \cos(\alpha_{1+}) \cdot \cos(\alpha_{2+})}{\sin(\alpha_{1+} - \alpha_{3+}) \cdot \sin(\alpha_{2+} - \alpha_{3+})} \\ &= \frac{187.1 \cdot \sin(-2) \cdot \sin(88) + 7.1 \cdot \cos(-2) \cdot \cos(88)}{\sin(-2 - 133) \cdot \sin(88 - 133)} = -10.2 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Horní povrch

Úhly Baumannovy transformační rovnice

$$\alpha_{1-} = \alpha_{\text{ing},1-} - \alpha_{1+} = 0 - 88 = 88^\circ$$

$$\alpha_{2-} = \alpha_{\text{ing},2-} - \alpha_{1+} = 90 - 88 = 178^\circ$$

$$\alpha_{3-} = \alpha_{\text{con},+} - \alpha_{1+} = 45 - 88 = 133^\circ$$

Přepočtené virtuální síly u horního povrchu (podle Baumanna)

$$\begin{aligned} n_{\text{Edovnt}1+} &= \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{3-}) + n_{11+} \cdot \cos(\alpha_{2-}) \cdot \cos(\alpha_{3-})}{\sin(\alpha_{2-} - \alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{3-} - \alpha_{1-})} \\ &= \frac{-7.1 \cdot \sin(178) \cdot \sin(133) + -187.1 \cdot \cos(178) \cdot \cos(133)}{\sin(178 - 88) \cdot \sin(133 - 88)} = -181.8 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{Edovnt}2+} &= \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{1-}) + n_{11+} \cdot \cos(\alpha_{3-}) \cdot \cos(\alpha_{1-})}{\sin(\alpha_{3-} - \alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{1-} - \alpha_{2-})} \\ &= \frac{-7.1 \cdot \sin(133) \cdot \sin(88) + -187.1 \cdot \cos(133) \cdot \cos(88)}{\sin(133 - 178) \cdot \sin(88 - 178)} = -2.2 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{Edovnt}3+} &= \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{2-}) + n_{11+} \cdot \cos(\alpha_{1-}) \cdot \cos(\alpha_{2-})}{\sin(\alpha_{1-} - \alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{2-} - \alpha_{3-})} \\ &= \frac{-7.1 \cdot \sin(88) \cdot \sin(178) + -187.1 \cdot \cos(88) \cdot \cos(178)}{\sin(88 - 133) \cdot \sin(178 - 133)} = -10.2 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Dimenzační síly v těžišti

Spodní povrch

Dimenzační síly spodního povrchu transformované do těžiště

$$n_{\text{Ed}1-} = n_{\text{Ed}1-} + n_{\text{Edovnt}1-} = 192.0 + -181.8 = 10.2 \text{ kN/m}$$

$$m_{\text{Ed}1-} = n_{\text{Ed}1-} \cdot z_{1-} - n_{\text{Edovnt}1-} \cdot z_{1+} = 192.0 \cdot 100 - -181.8 \cdot 131 = 43.1 \text{ kNm/m}$$

$$n_{\text{Ed}2-} = n_{\text{Ed}2-} + n_{\text{Edovnt}2-} = 12.4 + -2.2 = 10.2 \text{ kN/m}$$

$$m_{\text{Ed}2-} = n_{\text{Ed}2-} \cdot z_{1-} - n_{\text{Edovnt}2-} \cdot z_{1+} = 12.4 \cdot 100 - -2.2 \cdot 131 = 1.5 \text{ kNm/m}$$

$$n_{\text{Ed}3-} = n_{\text{Ed}3-} + n_{\text{Edovnt}3-} = -10.2 + -10.2 = -20.4 \text{ kN/m}$$

$$m_{\text{Ed}3-} = n_{\text{Ed}3-} \cdot z_{1-} - n_{\text{Edovnt}3-} \cdot z_{1+} = -10.2 \cdot 100 - -10.2 \cdot 131 = 0.3 \text{ kNm/m}$$

Horní povrch

Dimenzační síly horního povrchu transformované do těžiště

$$n_{\text{Ed}1+} = n_{\text{Ed}1+} + n_{\text{Edovnt}1+} = -181.8 + 192.0 = 10.2 \text{ kN/m}$$

$$m_{\text{Ed}1+} = -n_{\text{Ed}1+} \cdot z_{1+} + n_{\text{Edovnt}1+} \cdot z_{1-} = - -181.8 \cdot 131 + 192.0 \cdot 100 = 43.1 \text{ kNm/m}$$

$$n_{\text{Ed}2+} = n_{\text{Ed}2+} + n_{\text{Edovnt}2+} = -2.2 + 12.4 = 10.2 \text{ kN/m}$$

$$m_{\text{Ed}2+} = -n_{\text{Ed}2+} \cdot z_{1+} + n_{\text{Edovnt}2+} \cdot z_{1-} = - -2.2 \cdot 131 + 12.4 \cdot 100 = 1.5 \text{ kNm/m}$$

$$n_{\text{Ed}3+} = n_{\text{Ed}3+} + n_{\text{Edovnt}3+} = -10.2 + -10.2 = -20.4 \text{ kN/m}$$

$$m_{\text{Ed}3+} = -n_{\text{Ed}3+} \cdot z_{1+} + n_{\text{Edovnt}3+} \cdot z_{1-} = - -10.2 \cdot 131 + -10.2 \cdot 100 = 0.3 \text{ kNm/m}$$

Tabulka dimenzačních sil (povrch/těžiště)

Vrstva	Povrch / Směr	α_{inp} [°]	n_{Eda} [kN/m]	n_{Edsvin} [kN/m]	n_{Ed} [kN/m]	m_{Ed} [kNm/m]
[1+]	Horní / První	0,0	-181,8	192,0	10,2	43,1
[2+]	Horní / Druhé	90,0	-2,2	12,4	10,2	1,5
Beton	Horní / Diagonála (náhrad	45,0	-10,2	-10,2	-20,4	0,3
[1-]	Dolní / První	0,0	192,0	-181,8	10,2	43,1
[2-]	Dolní / Druhé	90,0	12,4	-2,2	10,2	1,5
Beton	Dolní / Diagonála (náhrad	135,0	-10,2	-10,2	-20,4	0,3

Studentská verze

Studentská verze

Vnitřní síly 2D

Lineární výpočet
 Kombinace: CO1-MSÚ
 Extrém: Prvek
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním. Systém: Lokální

Dílec S1	Typ	Deska [h=270mm]
ČSN EN 1992-1-1	Umístění	Uzel 102/101 [X=5.3m, Y=13.3m, Z=0m]

Zadání vnitřních sil

Posunutí momentové křivky: ANO (\$9.2.1.3(2))
 $a_1 = h \cdot \text{Coeff}_a = 270 \cdot 0.9 = 243 \text{ mm}$ (\$6.2.2(5))

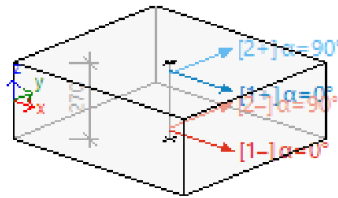
Stav	m_x [kNm/m]	m_y [kNm/m]	m_{xy} [kNm/m]	n_x [kN/m]	n_y [kN/m]	n_{xy} [kN/m]	v_x [kN/m]	v_y [kN/m]
CO1-MSÚ/1	-84,5	-183,9	11,1	0,0	0,0	0,0	-0,7	177,5

Stav	Klíč kombinace
CO1-MSÚ/1	1.35*ZS1+1.35*ostatnístálé+1.50*úžitné

Směry pro přepočítání sil

Uživatелеm zadané směry (úhly od osy x LSS 2D dílce):

- $\alpha_{\text{inp},1} = 0^\circ$
- $\alpha_{\text{inp},2} = 90^\circ$
- $\alpha_{\text{inp},1+} = 0^\circ$
- $\alpha_{\text{inp},2+} = 90^\circ$



Odhad ramene vnitřních sil

Hlavní napětí a směry u obou povrchů

$\sigma_{1-} = -6.85 \text{ MPa}$ $\sigma_{1+} = -15.24 \text{ MPa}$ $\rightarrow \alpha_{1-} = 96.3^\circ$
 $\sigma_{2+} = 15.24 \text{ MPa}$ $\sigma_{2-} = 6.85 \text{ MPa}$ $\rightarrow \alpha_{2+} = -83.7^\circ = -83.7^\circ$
 \rightarrow směr pro výpočet ramene vnitřních sil
 $\alpha_z = -83.7^\circ$

Přepočtené síly do směru ramene vnitřních sil

$n_z = 0.0$ $m_z = -185108.5$

Rameno vnitřních sil a jeho části

$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 40 \cdot 10^6}{1.5} = 26.67 \text{ MPa}$

$d = 235 \text{ mm}$

$\eta = 1 - 0.5 \cdot \frac{\epsilon_{cu2}}{\epsilon_{cu2}} = 1 - 0.5 \cdot \frac{0.0018}{0.0035} = 0.75$

$\beta = 1 - \frac{\frac{\epsilon_{cu2}^2}{2} - \frac{\epsilon_{cu2}^2}{6}}{\frac{\epsilon_{cu2}^2}{2} - \frac{\epsilon_{cu2} \cdot \epsilon_{cu2}}{2}} = 1 - \frac{\frac{0.0035^2}{2} - \frac{0.0018^2}{6}}{\frac{0.0035^2}{2} - \frac{0.0035 \cdot 0.0018}{2}} = 0.389$

$\xi_{bal} = \frac{\epsilon_{cu2}}{\epsilon_{cu2} + \frac{f_{yk}}{\gamma_s \cdot E_s}} = \frac{0.0035}{0.0035 + \frac{500}{1.15 \cdot 200000}} = 0.617$

$n_{c,bal} = -\xi_{bal} \cdot d \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd} = -0.617 \cdot 235 \cdot 1000 \cdot 0.75 \cdot 26.67 = -2899 \text{ kN/m}$

$n_z = 0 \text{ kN/m} > n_{c,bal} = -2899 \text{ kN/m} \Rightarrow$ převládající tah

$x = \frac{d}{2 \cdot \beta} \left(1 - \sqrt{1 - 4 \cdot \beta \cdot \frac{\text{abs}(m_z) - n_z \cdot (d - 0.5 \cdot h)}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}} \right)$

$= \frac{0.235}{2 \cdot 0.389} \left(1 - \sqrt{1 - 4 \cdot 0.389 \cdot \frac{\text{abs}(-185108) - 0 \cdot (0.235 - 0.5 \cdot 270)}{1000 \cdot 0.235^2 \cdot 0.75 \cdot 26.67}} \right) = 42 \text{ mm}$

$z = d - \beta \cdot x = 235 - 0.389 \cdot 42 = 219 \text{ mm}$

$z = 119 \text{ mm}$

$z_s = 100 \text{ mm}$

Výpočet hlavních sil

Základní normálová síla u obou povrchů

Spodní povrch

$$n_x = \frac{n_x}{2} + \frac{m_x}{z} = \frac{0}{2} + \frac{-84.5}{0.219} = -386.7 \text{ kN/m}$$

$$n_y = \frac{n_y}{2} + \frac{m_y}{z} = \frac{0}{2} + \frac{-184}{0.219} = -841.5 \text{ kN/m}$$

$$n_{xy} = \frac{n_{xy}}{2} + \frac{m_{xy}}{z} = \frac{0}{2} + \frac{11.1}{0.219} = 50.7 \text{ kN/m}$$

Horní povrch

$$n_{x+} = \frac{n_x}{2} - \frac{m_x}{z} = \frac{0}{2} - \frac{-84.5}{0.219} = 386.7 \text{ kN/m}$$

$$n_{y+} = \frac{n_y}{2} - \frac{m_y}{z} = \frac{0}{2} - \frac{-184}{0.219} = 841.5 \text{ kN/m}$$

$$n_{xy+} = \frac{n_{xy}}{2} - \frac{m_{xy}}{z} = \frac{0}{2} - \frac{11.1}{0.219} = -50.7 \text{ kN/m}$$

Hlavní síly u obou povrchů

Spodní povrch

Hlavní síly u spodního povrchu:

$$n_1 = \frac{n_x + n_y}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2}$$

$$= \frac{-386.7 + -841.5}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(-386.7 - -841.5)^2 + 4 \cdot 50.7^2} = -381.1 \text{ kN/m}$$

$$n_2 = \frac{n_x + n_y}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2}$$

$$= \frac{-386.7 + -841.5}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(-386.7 - -841.5)^2 + 4 \cdot 50.7^2} = -847.1 \text{ kN/m}$$

Směry hlavních sil:

$$\alpha_1 = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot n_{xy}}{n_x - n_y} \right) = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot 50.7}{-386.7 - -841.5} \right) = 6^\circ$$

Stav napjatosti **Eliptický tlak**

Horní povrch

Hlavní síly u horního povrchu:

$$n_{1+} = \frac{n_{x+} + n_{y+}}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(n_{x+} - n_{y+})^2 + 4 \cdot n_{xy+}^2}$$

$$= \frac{386.7 + 841.5}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(386.7 - 841.5)^2 + 4 \cdot -50.7^2} = 847.1 \text{ kN/m}$$

$$n_{2+} = \frac{n_{x+} + n_{y+}}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(n_{x+} - n_{y+})^2 + 4 \cdot n_{xy+}^2}$$

$$= \frac{386.7 + 841.5}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(386.7 - 841.5)^2 + 4 \cdot -50.7^2} = 381.1 \text{ kN/m}$$

Směry hlavních sil:

$$\alpha_{1+} = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot n_{xy+}}{n_{x+} - n_{y+}} \right) - 90 = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot -50.7}{386.7 - 841.5} \right) - 90 = -84^\circ$$

Stav napjatosti **Eliptický tah**

Úhel náhradní diagonály

$$\alpha_{\text{com-}} = 135^\circ$$

$$\alpha_{\text{com+}} = 45^\circ$$

Přepočet do dimenzačních sil

Dimenzační síly u obou povrchů

Spodní povrch

Úhly Baumannovy transformační rovnice

$$\alpha_1 = \alpha_{\text{sig},1} - \alpha_1 = 0 - 6 = -6^\circ$$

$$\alpha_2 = \alpha_{\text{sig},2} - \alpha_1 = 90 - 6 = 84^\circ$$

$$\alpha_3 = \alpha_{\text{com-}} - \alpha_1 = 135 - 6 = 129^\circ$$

Přepočtené dimenzační síly u spodního povrchu (podle Baumanna)

$$n_{Eds1-} = \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_2-) \cdot \sin(\alpha_3-) + n_{1-} \cdot \cos(\alpha_2-) \cdot \cos(\alpha_3-)}{\sin(\alpha_2- - \alpha_1-) \cdot \sin(\alpha_3- - \alpha_1-)} = \frac{-381.1 \cdot \sin(84) \cdot \sin(129) + -847.1 \cdot \cos(84) \cdot \cos(129)}{\sin(84 - -6) \cdot \sin(129 - -6)} = -336.0 \text{ kN/m}$$

$$n_{Eds2-} = \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_3-) \cdot \sin(\alpha_1-) + n_{1-} \cdot \cos(\alpha_3-) \cdot \cos(\alpha_1-)}{\sin(\alpha_3- - \alpha_2-) \cdot \sin(\alpha_1- - \alpha_2-)} = \frac{-381.1 \cdot \sin(129) \cdot \sin(-6) + -847.1 \cdot \cos(129) \cdot \cos(-6)}{\sin(129 - 84) \cdot \sin(-6 - 84)} = -790.8 \text{ kN/m}$$

$$n_{Eds3-} = \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_1-) \cdot \sin(\alpha_2-) + n_{1-} \cdot \cos(\alpha_1-) \cdot \cos(\alpha_2-)}{\sin(\alpha_1- - \alpha_3-) \cdot \sin(\alpha_2- - \alpha_3-)} = \frac{-381.1 \cdot \sin(-6) \cdot \sin(84) + -847.1 \cdot \cos(-6) \cdot \cos(84)}{\sin(-6 - 129) \cdot \sin(84 - 129)} = -101.4 \text{ kN/m}$$

Horní povrch

Úhly Baumannovy transformační rovnice

$$\alpha_{1+} = \alpha_{\text{ing},1+} - \alpha_{1+} = 0 - -84 = 84^\circ$$

$$\alpha_{2+} = \alpha_{\text{ing},2+} - \alpha_{1+} = 90 - -84 = 174^\circ$$

$$\alpha_{3+} = \alpha_{\text{con},+} - \alpha_{1+} = 45 - -84 = 129^\circ$$

Přepočtené dimenzační síly u horního povrchu (podle Baumanna)

$$n_{Eds1+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{2+}) \cdot \sin(\alpha_{3+}) + n_{1+} \cdot \cos(\alpha_{2+}) \cdot \cos(\alpha_{3+})}{\sin(\alpha_{2+} - \alpha_{1+}) \cdot \sin(\alpha_{3+} - \alpha_{1+})} = \frac{847.1 \cdot \sin(174) \cdot \sin(129) + 381.1 \cdot \cos(174) \cdot \cos(129)}{\sin(174 - 84) \cdot \sin(129 - 84)} = 437.4 \text{ kN/m}$$

$$n_{Eds2+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{3+}) \cdot \sin(\alpha_{1+}) + n_{1+} \cdot \cos(\alpha_{3+}) \cdot \cos(\alpha_{1+})}{\sin(\alpha_{3+} - \alpha_{2+}) \cdot \sin(\alpha_{1+} - \alpha_{2+})} = \frac{847.1 \cdot \sin(129) \cdot \sin(84) + 381.1 \cdot \cos(129) \cdot \cos(84)}{\sin(129 - 174) \cdot \sin(84 - 174)} = 892.2 \text{ kN/m}$$

$$n_{Eds3+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{1+}) \cdot \sin(\alpha_{2+}) + n_{1+} \cdot \cos(\alpha_{1+}) \cdot \cos(\alpha_{2+})}{\sin(\alpha_{1+} - \alpha_{3+}) \cdot \sin(\alpha_{2+} - \alpha_{3+})} = \frac{847.1 \cdot \sin(84) \cdot \sin(174) + 381.1 \cdot \cos(84) \cdot \cos(174)}{\sin(84 - 129) \cdot \sin(174 - 129)} = -101.4 \text{ kN/m}$$

Virtuální síly u obou povrchů

Spodní povrch

Úhly Baumannovy transformační rovnice

$$\alpha_{1-} = \alpha_{\text{ing},1-} - \alpha_{1-} = 0 - 6 = -6^\circ$$

$$\alpha_{2-} = \alpha_{\text{ing},2-} - \alpha_{1-} = 90 - 6 = 84^\circ$$

$$\alpha_{3-} = \alpha_{\text{con},-} - \alpha_{1-} = 135 - 6 = 129^\circ$$

Přepočtené virtuální síly u spodního povrchu (podle Baumanna)

$$n_{Edvnt1-} = \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{3-}) + n_{1-} \cdot \cos(\alpha_{2-}) \cdot \cos(\alpha_{3-})}{\sin(\alpha_{2-} - \alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{3-} - \alpha_{1-})} = \frac{-381.1 \cdot \sin(84) \cdot \sin(129) + -847.1 \cdot \cos(84) \cdot \cos(129)}{\sin(84 - -6) \cdot \sin(129 - -6)} = -336.0 \text{ kN/m}$$

$$n_{Edvnt2-} = \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{1-}) + n_{1-} \cdot \cos(\alpha_{3-}) \cdot \cos(\alpha_{1-})}{\sin(\alpha_{3-} - \alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{1-} - \alpha_{2-})} = \frac{-381.1 \cdot \sin(129) \cdot \sin(-6) + -847.1 \cdot \cos(129) \cdot \cos(-6)}{\sin(129 - 84) \cdot \sin(-6 - 84)} = -790.8 \text{ kN/m}$$

$$n_{Edvnt3-} = \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{2-}) + n_{1-} \cdot \cos(\alpha_{1-}) \cdot \cos(\alpha_{2-})}{\sin(\alpha_{1-} - \alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{2-} - \alpha_{3-})} = \frac{-381.1 \cdot \sin(-6) \cdot \sin(84) + -847.1 \cdot \cos(-6) \cdot \cos(84)}{\sin(-6 - 129) \cdot \sin(84 - 129)} = -101.4 \text{ kN/m}$$

Horní povrch

Úhly Baumannovy transformační rovnice

$$\alpha_{1+} = \alpha_{\text{ing},1+} - \alpha_{1+} = 0 - -84 = 84^\circ$$

$$\alpha_{2+} = \alpha_{\text{ing},2+} - \alpha_{1+} = 90 - -84 = 174^\circ$$

$$\alpha_{3+} = \alpha_{\text{con},+} - \alpha_{1+} = 45 - -84 = 129^\circ$$

Přepočtené virtuální síly u horního povrchu (podle Baumanna)

$$n_{Edvirt1+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_3) + n_{1+} \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_3)}{\sin(\alpha_2 - \alpha_1) \cdot \sin(\alpha_3 - \alpha_1)}$$

$$= \frac{847,1 \cdot \sin(174) \cdot \sin(129) + 381,1 \cdot \cos(174) \cdot \cos(129)}{\sin(174 - 84) \cdot \sin(129 - 84)} = 437,4 \text{ kN/m}$$

$$n_{Edvirt2+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_1) + n_{1+} \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_1)}{\sin(\alpha_3 - \alpha_2) \cdot \sin(\alpha_1 - \alpha_2)}$$

$$= \frac{847,1 \cdot \sin(129) \cdot \sin(84) + 381,1 \cdot \cos(129) \cdot \cos(84)}{\sin(129 - 174) \cdot \sin(84 - 174)} = 892,2 \text{ kN/m}$$

$$n_{Edvirt3+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_1) \cdot \sin(\alpha_2) + n_{1+} \cdot \cos(\alpha_1) \cdot \cos(\alpha_2)}{\sin(\alpha_1 - \alpha_3) \cdot \sin(\alpha_2 - \alpha_3)}$$

$$= \frac{847,1 \cdot \sin(84) \cdot \sin(174) + 381,1 \cdot \cos(84) \cdot \cos(174)}{\sin(84 - 129) \cdot \sin(174 - 129)} = -101,4 \text{ kN/m}$$

Dimenzační síly v těžišti

Spodní povrch

Dimenzační síly spodního povrchu transformované do těžiště

$$n_{Ed1-} = n_{Eds1-} + n_{Edvirt1+} = -336,0 + 437,4 = 101,4 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed1-} = n_{Eds1-} \cdot z_1 - n_{Edvirt1+} \cdot z_2 = -336,0 \cdot 119 - 437,4 \cdot 100 = -83,6 \text{ kNm/m}$$

$$n_{Ed2-} = n_{Eds2-} + n_{Edvirt2+} = -790,8 + 892,2 = 101,4 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed2-} = n_{Eds2-} \cdot z_1 - n_{Edvirt2+} \cdot z_2 = -790,8 \cdot 119 - 892,2 \cdot 100 = -182,9 \text{ kNm/m}$$

$$n_{Ed3-} = n_{Eds3-} + n_{Edvirt3+} = -101,4 + -101,4 = -202,7 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed3-} = n_{Eds3-} \cdot z_1 - n_{Edvirt3+} \cdot z_2 = -101,4 \cdot 119 - -101,4 \cdot 100 = -1,9 \text{ kNm/m}$$

Horní povrch

Dimenzační síly horního povrchu transformované do těžiště

$$n_{Ed1+} = n_{Eds1+} + n_{Edvirt1-} = 437,4 - 336,0 = 101,4 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed1+} = -n_{Eds1+} \cdot z_2 + n_{Edvirt1-} \cdot z_1 = -437,4 \cdot 100 + -336,0 \cdot 119 = -83,6 \text{ kNm/m}$$

$$n_{Ed2+} = n_{Eds2+} + n_{Edvirt2-} = 892,2 - 790,8 = 101,4 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed2+} = -n_{Eds2+} \cdot z_2 + n_{Edvirt2-} \cdot z_1 = -892,2 \cdot 100 + -790,8 \cdot 119 = -182,9 \text{ kNm/m}$$

$$n_{Ed3+} = n_{Eds3+} + n_{Edvirt3-} = -101,4 + -101,4 = -202,7 \text{ kN/m}$$

$$m_{Ed3+} = -n_{Eds3+} \cdot z_2 + n_{Edvirt3-} \cdot z_1 = -101,4 \cdot 100 + -101,4 \cdot 119 = -1,9 \text{ kNm/m}$$

Tabulka dimenzačních sil (povrch/těžiště)

Vrstva	Povrch / Směr	α_{inp} [°]	n_{Edi} [kN/m]	n_{Edvirt} [kN/m]	n_{Ed} [kN/m]	m_{Ed} [kNm/m]
[1+]	Horní / První	0,0	437,4	-336,0	101,4	-83,6
[2+]	Horní / Druhé	90,0	892,2	-790,8	101,4	-182,9
Beton	Horní / Diagonála (náhrad)	45,0	-101,4	-101,4	-202,7	-1,9
[1-]	Dolní / První	0,0	-336,0	437,4	101,4	-83,6
[2-]	Dolní / Druhé	90,0	-790,8	892,2	101,4	-182,9
Beton	Dolní / Diagonála (náhrad)	135,0	-101,4	-101,4	-202,7	-1,9

Dílec S1	Typ	Deska [h=270mm]
ČSN EN 1992-1-1	Umístění	Uzel 725/724 [X=-0.6m, Y=17.4m, Z=0m]

Zadání vnitřních sil

Posunutí momentové křivky: ANO

(§9.2.1.3(2))

$$a_1 = h \cdot \text{Coeff}_d = 270 \cdot 0,9 = 243 \text{ mm}$$

(§6.2.2(5))

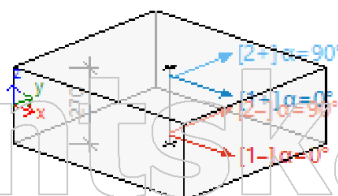
Stav	m_x [kNm/m]	m_y [kNm/m]	m_{xy} [kNm/m]	n_x [kN/m]	n_y [kN/m]	n_{xy} [kN/m]	v_x [kN/m]	v_y [kN/m]
CO1-MSÚ/1	2,4	59,8	-1,4	0,0	0,0	0,0	2,9	-1,4

Stav	Klíč kombinace
CO1-MSÚ/1	1.35*ZS1+1.35*ostatnístálé+1.50*úžtné

Směry pro přepočet sil

Uživatelé zadane směry (úhly od osy x LSS 2D dílce):

- $\alpha_{inp,1} = 0^\circ$
- $\alpha_{inp,2} = 90^\circ$
- $\alpha_{inp,1+} = 0^\circ$
- $\alpha_{inp,2+} = 90^\circ$



Odhad ramene vnitřních sil

Hlavní napětí a směry u obou povrchů

$$\sigma_1 = 4.93 \text{ MPa} \quad \sigma_{II} = 0.19 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \alpha_2 = -88.6^\circ = -88.6^\circ$$

$$\sigma_{II} = -0.19 \text{ MPa} \quad \sigma_{I+} = -4.93 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \alpha_2 = 91.4^\circ$$

-> směr pro výpočet ramene vnitřních sil
 $\alpha_2 = 91.4$

Přepočtené síly do směru ramene vnitřních sil

$$n_z = 0.0 \quad m_z = 59865.5$$

Rameno vnitřních sil a jeho části

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 40 \cdot 10^6}{1.5} = 26.67 \text{ MPa}$$

$$d = 235 \text{ mm}$$

$$\eta = 1 - 0.5 \cdot \frac{\epsilon_{c2}}{\epsilon_{cu2}} = 1 - 0.5 \cdot \frac{0.0018}{0.0035} = 0.75$$

$$\beta = 1 - \frac{\frac{\epsilon_{cu2}^2}{2} - \frac{\epsilon_{c2}^2}{6}}{\epsilon_{cu2}^2 - \frac{\epsilon_{cu2} \cdot \epsilon_{c2}}{2}} = 1 - \frac{\frac{0.0035^2}{2} - \frac{0.0018^2}{6}}{0.0035^2 - \frac{0.0035 \cdot 0.0018}{2}} = 0.389$$

$$\xi_{bal} = \frac{\epsilon_{cu2}}{\epsilon_{cu2} + \frac{f_{yk}}{\gamma_s \cdot E_s}} = \frac{0.0035}{0.0035 + \frac{500}{1.15 \cdot 200000}} = 0.617$$

$$n_{c,bal} = -\xi_{bal} \cdot d \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd} = -0.617 \cdot 235 \cdot 1000 \cdot 0.75 \cdot 26.67 = -2899 \text{ kN/m}$$

$$n_z = 0 \text{ kN/m} > n_{c,bal} = -2899 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{převládající tah}$$

$$x = \frac{d}{2 \cdot \beta} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 4 \cdot \beta \cdot \frac{\text{abs}(m_z) - n_z \cdot (d - 0.5 \cdot h)}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}} \right)$$

$$= \frac{0.235}{2 \cdot 0.389} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 4 \cdot 0.389 \cdot \frac{\text{abs}(59865) - 0 \cdot (0.235 - 0.5 \cdot 270)}{1000 \cdot 0.235^2 \cdot 0.75 \cdot 26.67}} \right) = 13 \text{ mm}$$

$$z = d - \beta \cdot x = 235 - 0.389 \cdot 13 = 230 \text{ mm}$$

$$z_s = 130 \text{ mm}$$

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

Výpočet hlavních sil

Základní normálová síla u obou povrchů

Spodní povrch

$$n_x = \frac{n_x}{2} + \frac{m_x}{z} = \frac{0}{2} + \frac{2.35}{0.23} = 10.2 \text{ kN/m}$$

$$n_y = \frac{n_y}{2} + \frac{m_y}{z} = \frac{0}{2} + \frac{59.8}{0.23} = 260.2 \text{ kN/m}$$

$$n_{xy} = \frac{n_{xy}}{2} + \frac{m_{xy}}{z} = \frac{0}{2} + \frac{-1.38}{0.23} = -6.0 \text{ kN/m}$$

Horní povrch

$$n_{x+} = \frac{n_x}{2} - \frac{m_x}{z} = \frac{0}{2} - \frac{2.35}{0.23} = -10.2 \text{ kN/m}$$

$$n_{y+} = \frac{n_y}{2} - \frac{m_y}{z} = \frac{0}{2} - \frac{59.8}{0.23} = -260.2 \text{ kN/m}$$

$$n_{xy+} = \frac{n_{xy}}{2} - \frac{m_{xy}}{z} = \frac{0}{2} - \frac{-1.38}{0.23} = 6.0 \text{ kN/m}$$

Hlavní síly u obou povrchů

Spodní povrch

Hlavní síly u spodního povrchu:

$$n_1 = \frac{n_x + n_y}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2}$$

$$= \frac{10.2 + 260.2}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(10.2 - 260.2)^2 + 4 \cdot (-6.0)^2} = 260.4 \text{ kN/m}$$

$$n_2 = \frac{n_x + n_y}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 \cdot n_{xy}^2}$$

$$= \frac{10.2 + 260.2}{2} - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(10.2 - 260.2)^2 + 4 \cdot (-6.0)^2} = 10.1 \text{ kN/m}$$

Směry hlavních sil:

$$\alpha_{1-} = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot n_{xy}}{n_x - n_y} \right) - 90 = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot -6.0}{10.2 - 260.2} \right) - 90 = -89^\circ$$

Stav napjatosti: **Elipický tah**

Horní povrch

Hlavní síly u horního povrchu:

$$n_{1+} = \frac{n_{x+} + n_{y+}}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(n_{x+} - n_{y+})^2 + 4 \cdot n_{xy+}^2}$$

$$= \frac{-10.2 + -260.2}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(-10.2 - -260.2)^2 + 4 \cdot 6.0^2} = -10.1 \text{ kN/m}$$

$$n_{11+} = \frac{n_{x+} + n_{y+}}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(n_{x+} - n_{y+})^2 + 4 \cdot n_{xy+}^2}$$

$$= \frac{-10.2 + -260.2}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(-10.2 - -260.2)^2 + 4 \cdot 6.0^2} = -260.4 \text{ kN/m}$$

Směry hlavních sil:

$$\alpha_{1+} = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot n_{xy+}}{n_{x+} - n_{y+}} \right) = 0.5 \cdot \text{ArcTg} \left(\frac{2 \cdot 6.0}{-10.2 - -260.2} \right) = 1^\circ$$

Stav napjatosti **Eliptický tlak**

Úhel náhradní diagonály

$$\alpha_{\text{konr}} = 45^\circ$$

$$\alpha_{\text{kon+}} = 135^\circ$$

Přepočítání do dimenzačních sil

Dimenzační síly u obou povrchů

Spodní povrch

Úhly Baumannovy transformační rovnice

$$\alpha_{1-} = \alpha_{\text{ing},1-} - \alpha_{1-} = 0 - -89 = 89^\circ$$

$$\alpha_{2-} = \alpha_{\text{ing},2-} - \alpha_{1-} = 90 - -89 = 179^\circ$$

$$\alpha_{3-} = \alpha_{\text{konr}} - \alpha_{1-} = 45 - -89 = 134^\circ$$

Přepočtené dimenzační síly u spodního povrchu (podle Baumanna)

$$n_{Eos1-} = \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{3-}) + n_{11-} \cdot \cos(\alpha_{2-}) \cdot \cos(\alpha_{3-})}{\sin(\alpha_{2-} - \alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{3-} - \alpha_{1-})}$$

$$= \frac{260.4 \cdot \sin(179) \cdot \sin(134) + 10.1 \cdot \cos(179) \cdot \cos(134)}{\sin(179 - 89) \cdot \sin(134 - 89)} = 16.2 \text{ kN/m}$$

$$n_{Eos2-} = \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{1-}) + n_{11-} \cdot \cos(\alpha_{3-}) \cdot \cos(\alpha_{1-})}{\sin(\alpha_{3-} - \alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{1-} - \alpha_{2-})}$$

$$= \frac{260.4 \cdot \sin(134) \cdot \sin(89) + 10.1 \cdot \cos(134) \cdot \cos(89)}{\sin(134 - 179) \cdot \sin(89 - 179)} = 266.2 \text{ kN/m}$$

$$n_{Eos3-} = \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{2-}) + n_{11-} \cdot \cos(\alpha_{1-}) \cdot \cos(\alpha_{2-})}{\sin(\alpha_{1-} - \alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{2-} - \alpha_{3-})}$$

$$= \frac{260.4 \cdot \sin(89) \cdot \sin(179) + 10.1 \cdot \cos(89) \cdot \cos(179)}{\sin(89 - 134) \cdot \sin(179 - 134)} = -12.0 \text{ kN/m}$$

Horní povrch

Úhly Baumannovy transformační rovnice

$$\alpha_{1+} = \alpha_{\text{ing},1+} - \alpha_{1+} = 0 - 1 = -1^\circ$$

$$\alpha_{2+} = \alpha_{\text{ing},2+} - \alpha_{1+} = 90 - 1 = 89^\circ$$

$$\alpha_{3+} = \alpha_{\text{kon+}} - \alpha_{1+} = 135 - 1 = 134^\circ$$

Přepočtené dimenzační síly u horního povrchu (podle Baumanna)

$$n_{Eos1+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{2+}) \cdot \sin(\alpha_{3+}) + n_{11+} \cdot \cos(\alpha_{2+}) \cdot \cos(\alpha_{3+})}{\sin(\alpha_{2+} - \alpha_{1+}) \cdot \sin(\alpha_{3+} - \alpha_{1+})}$$

$$= \frac{-10.1 \cdot \sin(89) \cdot \sin(134) + -260.4 \cdot \cos(89) \cdot \cos(134)}{\sin(89 - -1) \cdot \sin(134 - -1)} = -4.2 \text{ kN/m}$$

$$n_{Eos2+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{3+}) \cdot \sin(\alpha_{1+}) + n_{11+} \cdot \cos(\alpha_{3+}) \cdot \cos(\alpha_{1+})}{\sin(\alpha_{3+} - \alpha_{2+}) \cdot \sin(\alpha_{1+} - \alpha_{2+})}$$

$$= \frac{-10.1 \cdot \sin(134) \cdot \sin(-1) + -260.4 \cdot \cos(134) \cdot \cos(-1)}{\sin(134 - 89) \cdot \sin(-1 - 89)} = -254.2 \text{ kN/m}$$

$$n_{Eos3+} = \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{1+}) \cdot \sin(\alpha_{2+}) + n_{11+} \cdot \cos(\alpha_{1+}) \cdot \cos(\alpha_{2+})}{\sin(\alpha_{1+} - \alpha_{3+}) \cdot \sin(\alpha_{2+} - \alpha_{3+})}$$

$$= \frac{-10.1 \cdot \sin(-1) \cdot \sin(89) + -260.4 \cdot \cos(-1) \cdot \cos(89)}{\sin(-1 - 134) \cdot \sin(89 - 134)} = -12.0 \text{ kN/m}$$

Virtuální síly u obou povrchů

Spodní povrch

Úhly Baumannovy transformační rovnice

$$\alpha_{1+} = \alpha_{\text{ing},1+} - \alpha_{1-} = 0 - -89 = 89^\circ$$

$$\alpha_{2+} = \alpha_{\text{ing},2+} - \alpha_{1-} = 90 - -89 = 179^\circ$$

$$\alpha_{3+} = \alpha_{\text{con},-} - \alpha_{1-} = 45 - -89 = 134^\circ$$

Přepočtené virtuální síly u spodního povrchu (podle Baumanna)

$$\begin{aligned} n_{E_{\text{dovnt1-}}} &= \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{2+}) \cdot \sin(\alpha_{3+}) + n_{11-} \cdot \cos(\alpha_{2+}) \cdot \cos(\alpha_{3+})}{\sin(\alpha_{2+} - \alpha_{1+}) \cdot \sin(\alpha_{3+} - \alpha_{1+})} \\ &= \frac{260.4 \cdot \sin(179) \cdot \sin(134) + 10.1 \cdot \cos(179) \cdot \cos(134)}{\sin(179 - 89) \cdot \sin(134 - 89)} = 16.2 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{E_{\text{dovnt2-}}} &= \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{3+}) \cdot \sin(\alpha_{1+}) + n_{11-} \cdot \cos(\alpha_{3+}) \cdot \cos(\alpha_{1+})}{\sin(\alpha_{3+} - \alpha_{2+}) \cdot \sin(\alpha_{1+} - \alpha_{2+})} \\ &= \frac{260.4 \cdot \sin(134) \cdot \sin(89) + 10.1 \cdot \cos(134) \cdot \cos(89)}{\sin(134 - 179) \cdot \sin(89 - 179)} = 266.2 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{E_{\text{dovnt3-}}} &= \frac{n_{1-} \cdot \sin(\alpha_{1+}) \cdot \sin(\alpha_{2+}) + n_{11-} \cdot \cos(\alpha_{1+}) \cdot \cos(\alpha_{2+})}{\sin(\alpha_{1+} - \alpha_{3+}) \cdot \sin(\alpha_{2+} - \alpha_{3+})} \\ &= \frac{260.4 \cdot \sin(89) \cdot \sin(179) + 10.1 \cdot \cos(89) \cdot \cos(179)}{\sin(89 - 134) \cdot \sin(179 - 134)} = -12.0 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Horní povrch

Úhly Baumannovy transformační rovnice

$$\alpha_{1-} = \alpha_{\text{ing},1-} - \alpha_{1+} = 0 - 1 = -1^\circ$$

$$\alpha_{2-} = \alpha_{\text{ing},2-} - \alpha_{1+} = 90 - 1 = 89^\circ$$

$$\alpha_{3-} = \alpha_{\text{con},+} - \alpha_{1+} = 135 - 1 = 134^\circ$$

Přepočtené virtuální síly u horního povrchu (podle Baumanna)

$$\begin{aligned} n_{E_{\text{dovnt1+}}} &= \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{3-}) + n_{11+} \cdot \cos(\alpha_{2-}) \cdot \cos(\alpha_{3-})}{\sin(\alpha_{2-} - \alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{3-} - \alpha_{1-})} \\ &= \frac{-10.1 \cdot \sin(89) \cdot \sin(134) + -260.4 \cdot \cos(89) \cdot \cos(134)}{\sin(89 - -1) \cdot \sin(134 - -1)} = -4.2 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{E_{\text{dovnt2+}}} &= \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{1-}) + n_{11+} \cdot \cos(\alpha_{3-}) \cdot \cos(\alpha_{1-})}{\sin(\alpha_{3-} - \alpha_{2-}) \cdot \sin(\alpha_{1-} - \alpha_{2-})} \\ &= \frac{-10.1 \cdot \sin(134) \cdot \sin(-1) + -260.4 \cdot \cos(134) \cdot \cos(-1)}{\sin(134 - 89) \cdot \sin(-1 - 89)} = -254.2 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{E_{\text{dovnt3+}}} &= \frac{n_{1+} \cdot \sin(\alpha_{1-}) \cdot \sin(\alpha_{2-}) + n_{11+} \cdot \cos(\alpha_{1-}) \cdot \cos(\alpha_{2-})}{\sin(\alpha_{1-} - \alpha_{3-}) \cdot \sin(\alpha_{2-} - \alpha_{3-})} \\ &= \frac{-10.1 \cdot \sin(-1) \cdot \sin(89) + -260.4 \cdot \cos(-1) \cdot \cos(89)}{\sin(-1 - 134) \cdot \sin(89 - 134)} = -12.0 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Dimenzační síly v těžišti

Spodní povrch

Dimenzační síly spodního povrchu transformované do těžiště

$$n_{E_{\text{d1-}}} = n_{E_{\text{dov1-}}} + n_{E_{\text{dovnt1+}}} = 16.2 + -4.2 = 12.0 \text{ kN/m}$$

$$m_{E_{\text{d1-}}} = n_{E_{\text{dov1-}}} \cdot z_{1-} - n_{E_{\text{dovnt1+}}} \cdot z_{1+} = 16.2 \cdot 100 - -4.2 \cdot 130 = 2.2 \text{ kNm/m}$$

$$n_{E_{\text{d2-}}} = n_{E_{\text{dov2-}}} + n_{E_{\text{dovnt2+}}} = 266.2 + -254.2 = 12.0 \text{ kN/m}$$

$$m_{E_{\text{d2-}}} = n_{E_{\text{dov2-}}} \cdot z_{1-} - n_{E_{\text{dovnt2+}}} \cdot z_{1+} = 266.2 \cdot 100 - -254.2 \cdot 130 = 59.7 \text{ kNm/m}$$

$$n_{E_{\text{d3-}}} = n_{E_{\text{dov3-}}} + n_{E_{\text{dovnt3+}}} = -12.0 + -12.0 = -24.1 \text{ kN/m}$$

$$m_{E_{\text{d3-}}} = n_{E_{\text{dov3-}}} \cdot z_{1-} - n_{E_{\text{dovnt3+}}} \cdot z_{1+} = -12.0 \cdot 100 - -12.0 \cdot 130 = 0.4 \text{ kNm/m}$$

Horní povrch

Dimenzační síly horního povrchu transformované do těžiště

$$n_{E_{\text{d1+}}} = n_{E_{\text{dov1+}}} + n_{E_{\text{dovnt1-}}} = -4.2 + 16.2 = 12.0 \text{ kN/m}$$

$$m_{E_{\text{d1+}}} = -n_{E_{\text{dov1+}}} \cdot z_{1+} + n_{E_{\text{dovnt1-}}} \cdot z_{1-} = - -4.2 \cdot 130 + 16.2 \cdot 100 = 2.2 \text{ kNm/m}$$

$$n_{E_{\text{d2+}}} = n_{E_{\text{dov2+}}} + n_{E_{\text{dovnt2-}}} = -254.2 + 266.2 = 12.0 \text{ kN/m}$$

$$m_{E_{\text{d2+}}} = -n_{E_{\text{dov2+}}} \cdot z_{1+} + n_{E_{\text{dovnt2-}}} \cdot z_{1-} = - -254.2 \cdot 130 + 266.2 \cdot 100 = 59.7 \text{ kNm/m}$$

$$n_{E_{\text{d3+}}} = n_{E_{\text{dov3+}}} + n_{E_{\text{dovnt3-}}} = -12.0 + -12.0 = -24.1 \text{ kN/m}$$

$$m_{E_{\text{d3+}}} = -n_{E_{\text{dov3+}}} \cdot z_{1+} + n_{E_{\text{dovnt3-}}} \cdot z_{1-} = - -12.0 \cdot 130 + -12.0 \cdot 100 = 0.4 \text{ kNm/m}$$

Tabulka dimenzačních sil (povrch/těžiště)

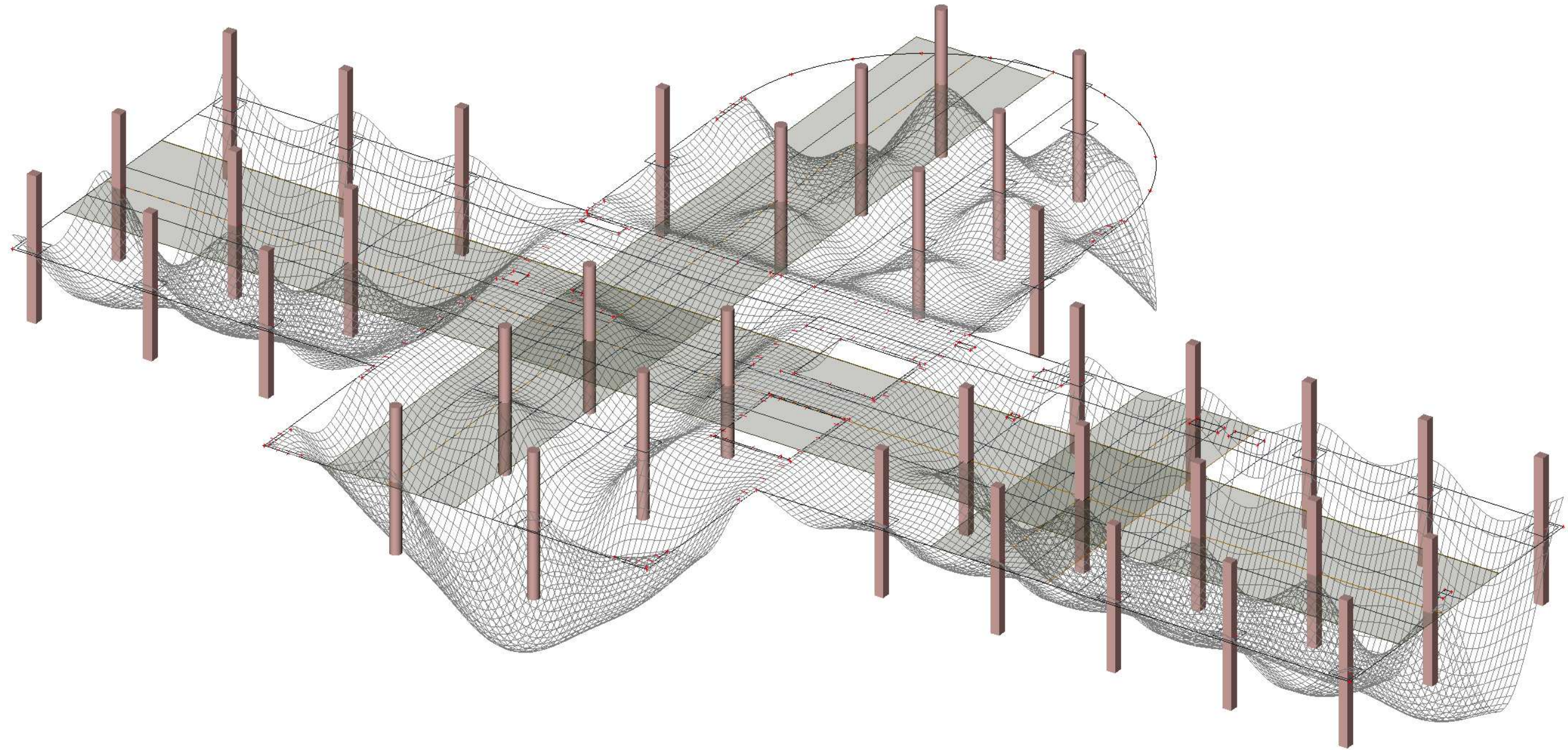
Vrstva	Povrch / Směr	α_{inp} [°]	n_{Eda} [kN/m]	n_{Edsvin} [kN/m]	n_{Ed} [kN/m]	m_{Ed} [kNm/m]
[1+]	Horní / První	0,0	-4,2	16,2	12,0	2,2
[2+]	Horní / Druhé	90,0	-254,2	266,2	12,0	59,7
Beton	Horní / Diagonála (náhrad	135,0	-12,0	-12,0	-24,1	0,4
[1-]	Dolní / První	0,0	16,2	-4,2	12,0	2,2
[2-]	Dolní / Druhé	90,0	266,2	-254,2	12,0	59,7
Beton	Dolní / Diagonála (náhrad	45,0	-12,0	-12,0	-24,1	0,4

Studentská verze

Studentská verze

Studentská verze

Studentská verze



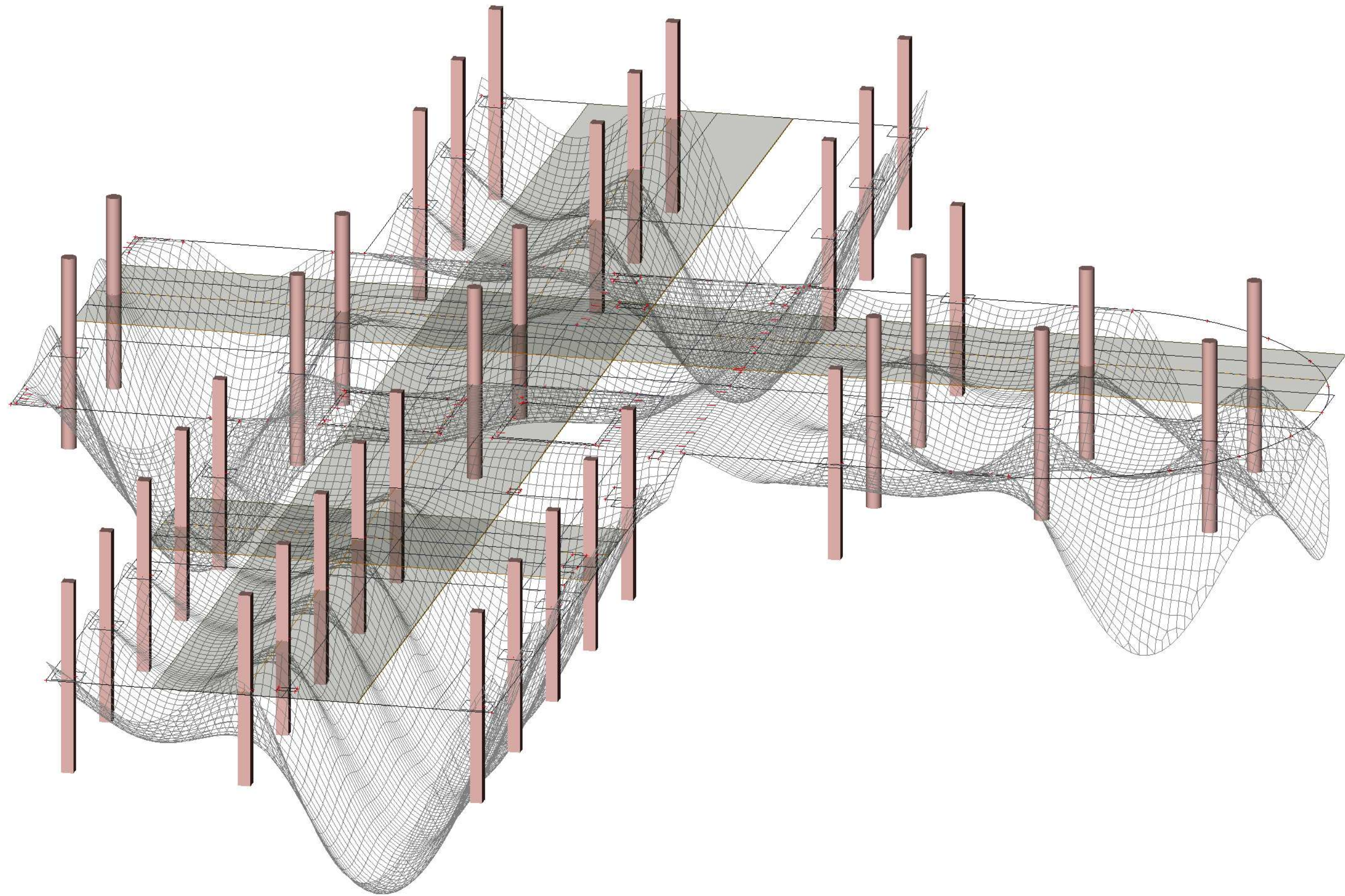
 Studentská verze

Studentská verze

deformovaná konstrukce

Studentská verze

Studentská verze



Studentská verze

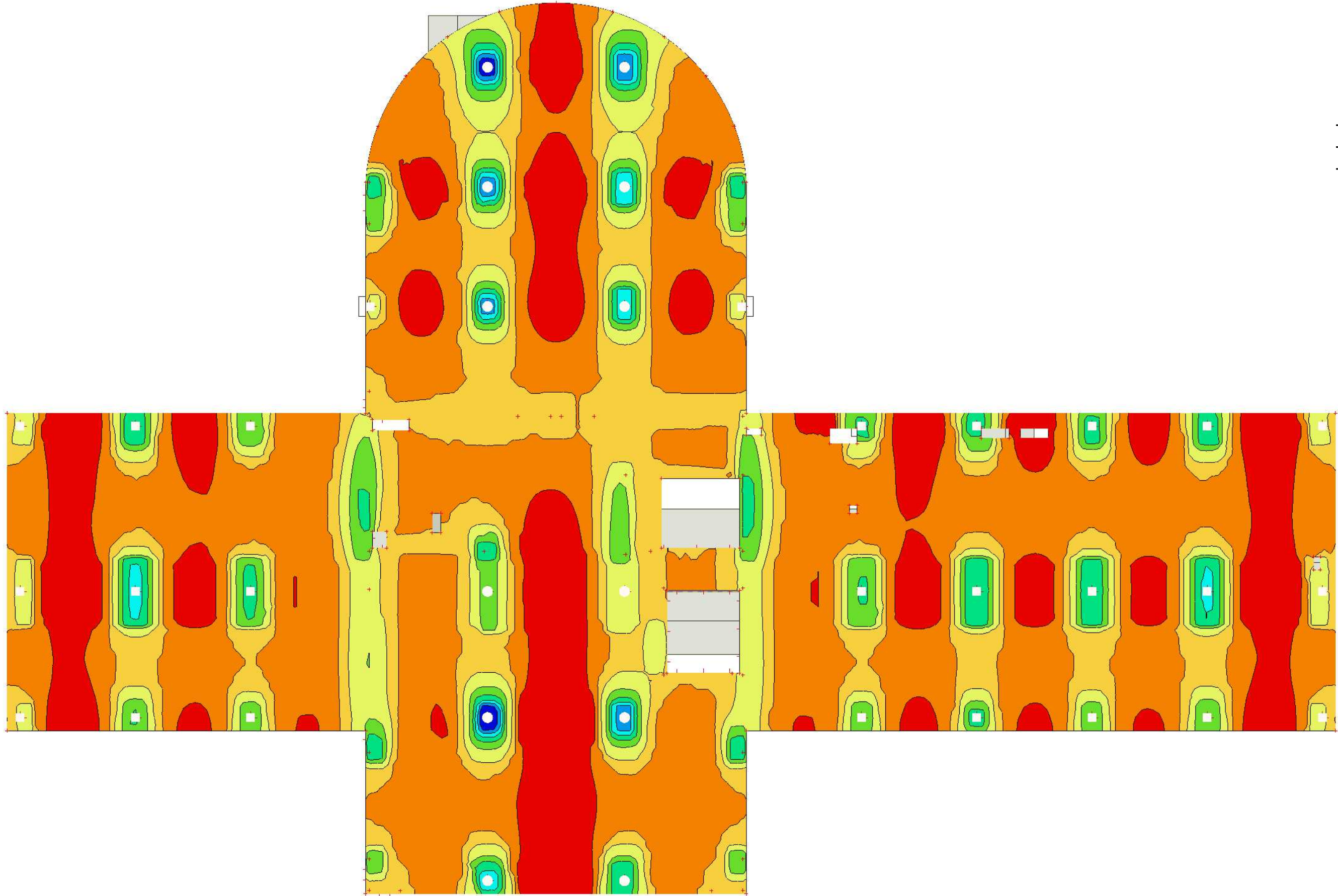
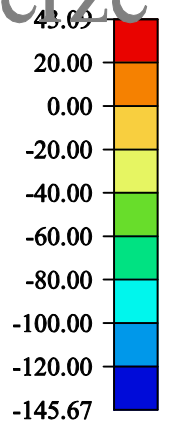
Studentská verze

m_eD 1

Studentská verze

Studentská verze

m_Ed1- [kNm/m]



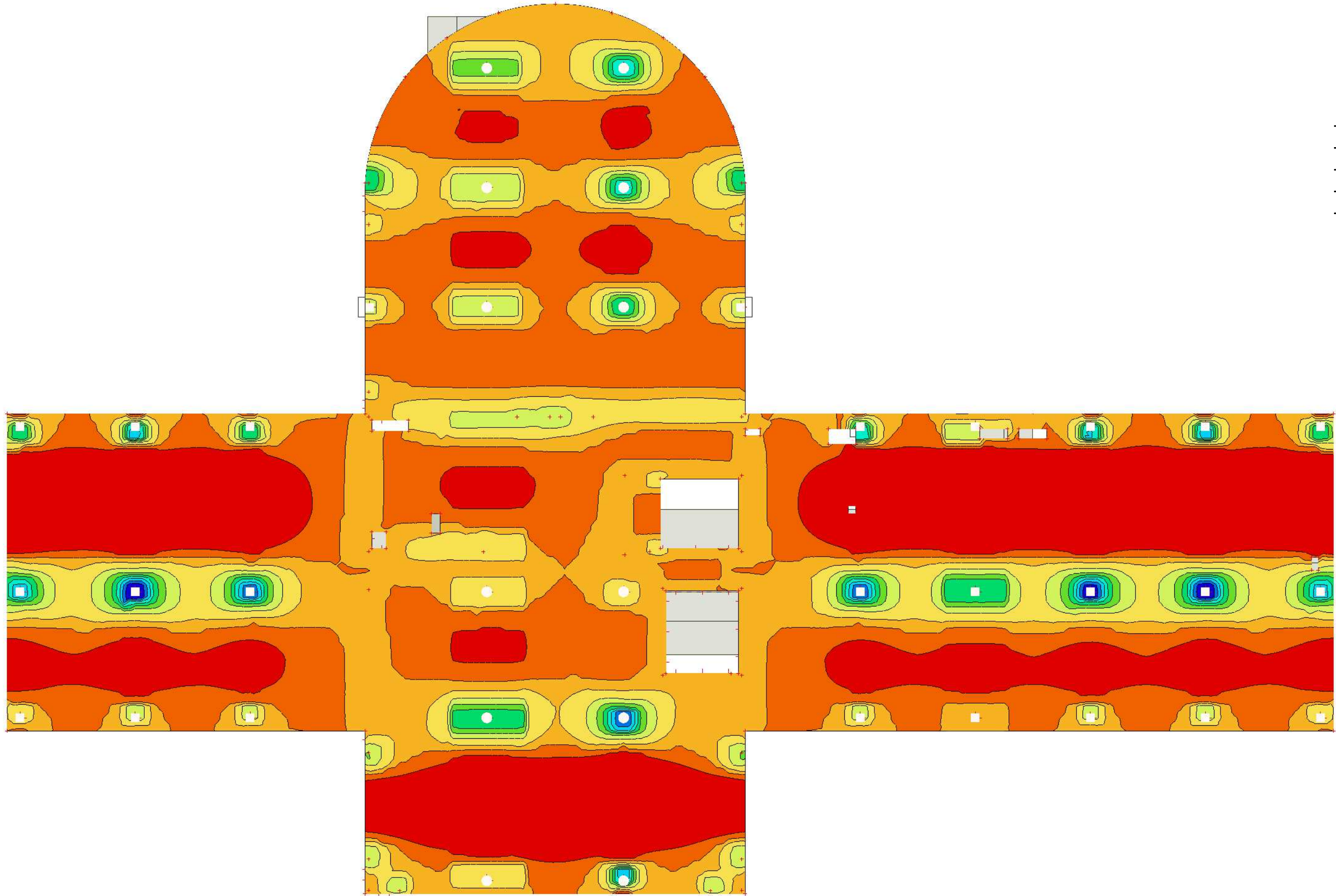
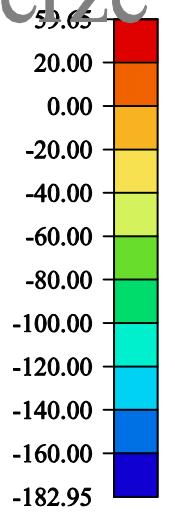
Studentská verze

Studentská verze

Studentská verze

Studentská verze

m_Ed2- [kNm/m]

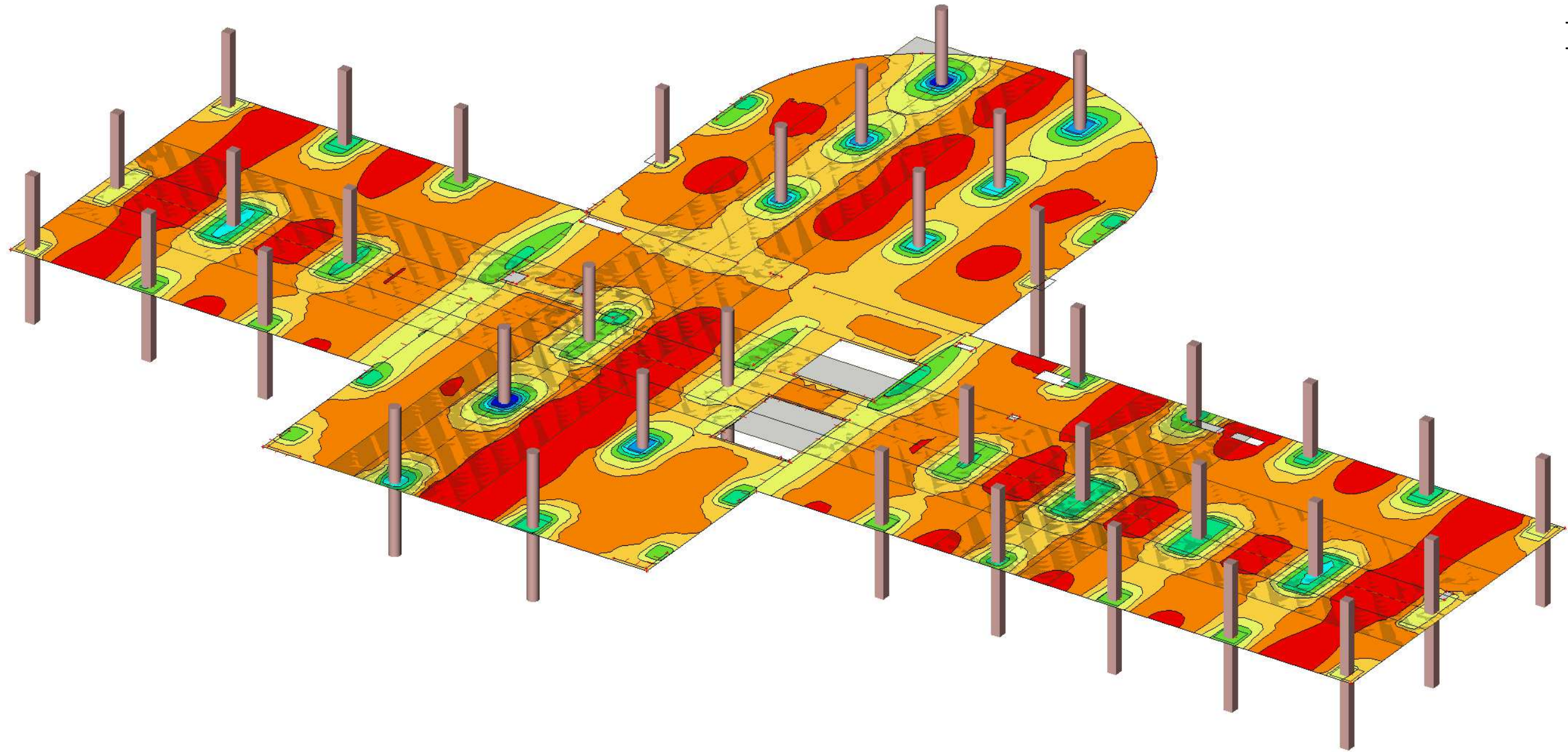
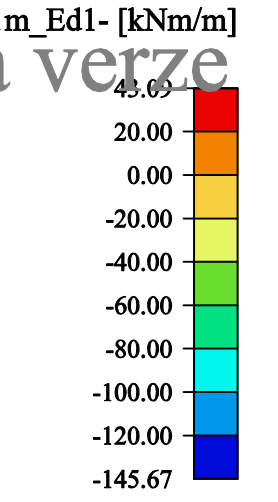


Studentská verze

Studentská verze

Studentská verze

Studentská verze



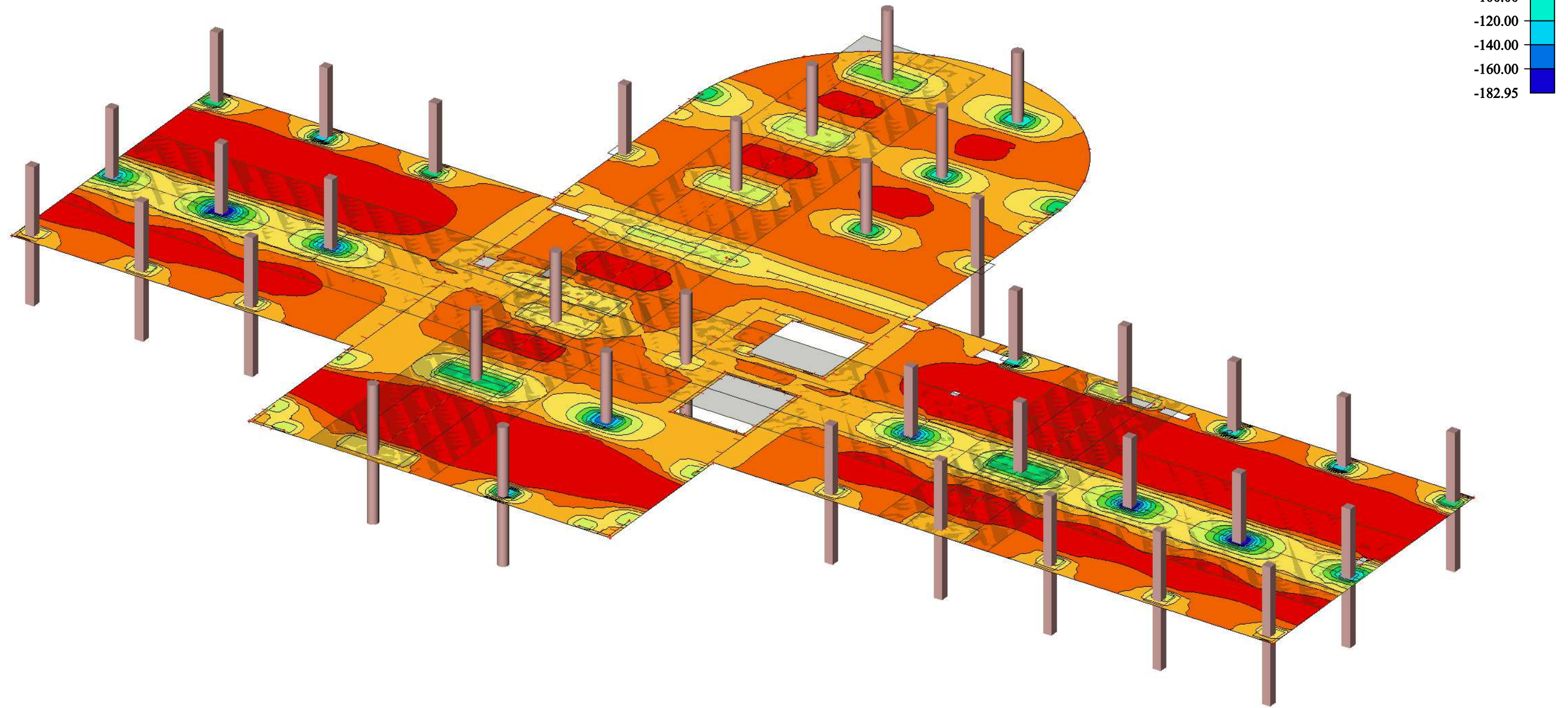
Studentská verze

Studentská verze

Studentská verze

Studentská verze

m_Ed2- [kNm/m]



Studentská verze

Studentská verze

