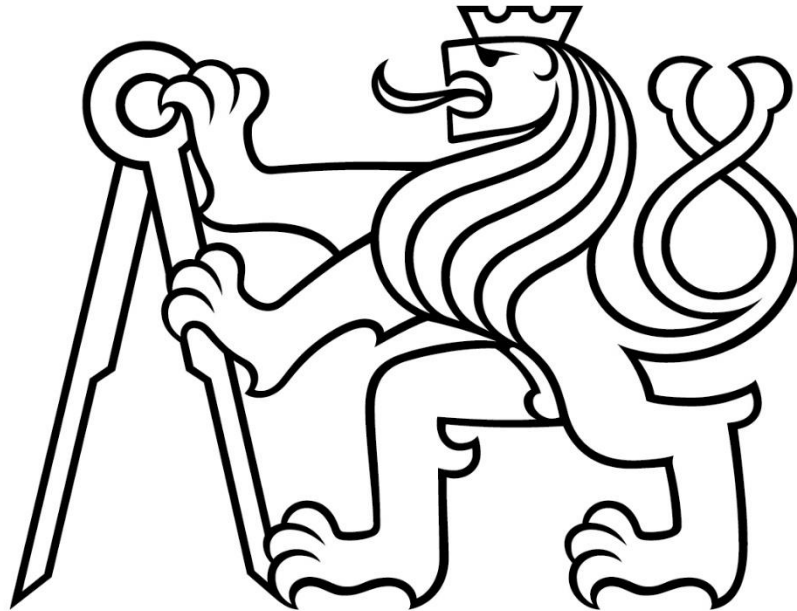


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Konstrukční návrh atletického centra v Ústí nad Labem
(Structural design of athletic centre in Ústí nad Labem)

A – Statický výpočet

Alena Malá

2022

Vedoucí práce: Ing. Martin Tipka, Ph.D.



Obsah

1	SCHÉMA A POPIS KONSTRUKCE.....	4
2	POUŽITÉ MATERIÁLY.....	9
3	KRYCÍ VRSTVA.....	10
4	PŘEHLED ZATÍŽENÍ.....	11
4.1	Stálé zatížení.....	11
4.2	Proměnné zatížení.....	17
5	KOMBINACE ZATÍŽENÍ	20
6	PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH NOSNÝCH PRVKŮ.....	21
6.1	Vodorovné nosné konstrukce.....	21
6.1.1	Stropní desky.....	21
6.1.2	Průvlaky.....	29
6.2	Svislé nosné konstrukce.....	32
6.2.1	Stěny.....	32
6.2.2	Sloupy.....	33
6.3	Schodiště.....	34
6.4	Základové konstrukce.....	34
7	PODROBNÝ NÁVRH NOSNÝCH PRVKŮ.....	36
7.1	Model konstrukce.....	36
7.2	Geotechnický výpočet.....	38
7.2.1	Základový pas.....	38
7.2.2	Základová patka.....	42
7.3	Návrh stropní desky nad 1.NP – v oblasti atletické dráhy.....	46
7.3.1	Vnitřní síly desky.....	46
7.3.2	Návrh a posouzení ohybové výztuže desky.....	49
7.3.3	Posouzení desky na protlačení – metodika ETA 12/0454 - roh stěny.....	51
7.3.4	Posouzení MSP – omezení šířky trhlin.....	52
7.3.5	Posouzení MSP – omezení napětí.....	56
7.3.6	Posouzení MSP – omezení průhybu.....	58
7.4	Návrh výškového přechodu v desce nad 1.NP.....	59
7.4.1	Vnitřní síly úskoku v desce.....	59
7.4.2	Návrh a posouzení úskoku v desce – ohybová výztuž.....	60
7.4.3	Návrh a posouzení úskoku v desce – smyková výztuž.....	61
7.4.4	Posouzení MSP – omezení šířky trhlin.....	61
7.4.5	Posouzení MSP – omezení napětí.....	64
7.4.6	Posouzení MSP – omezení průhybu.....	65



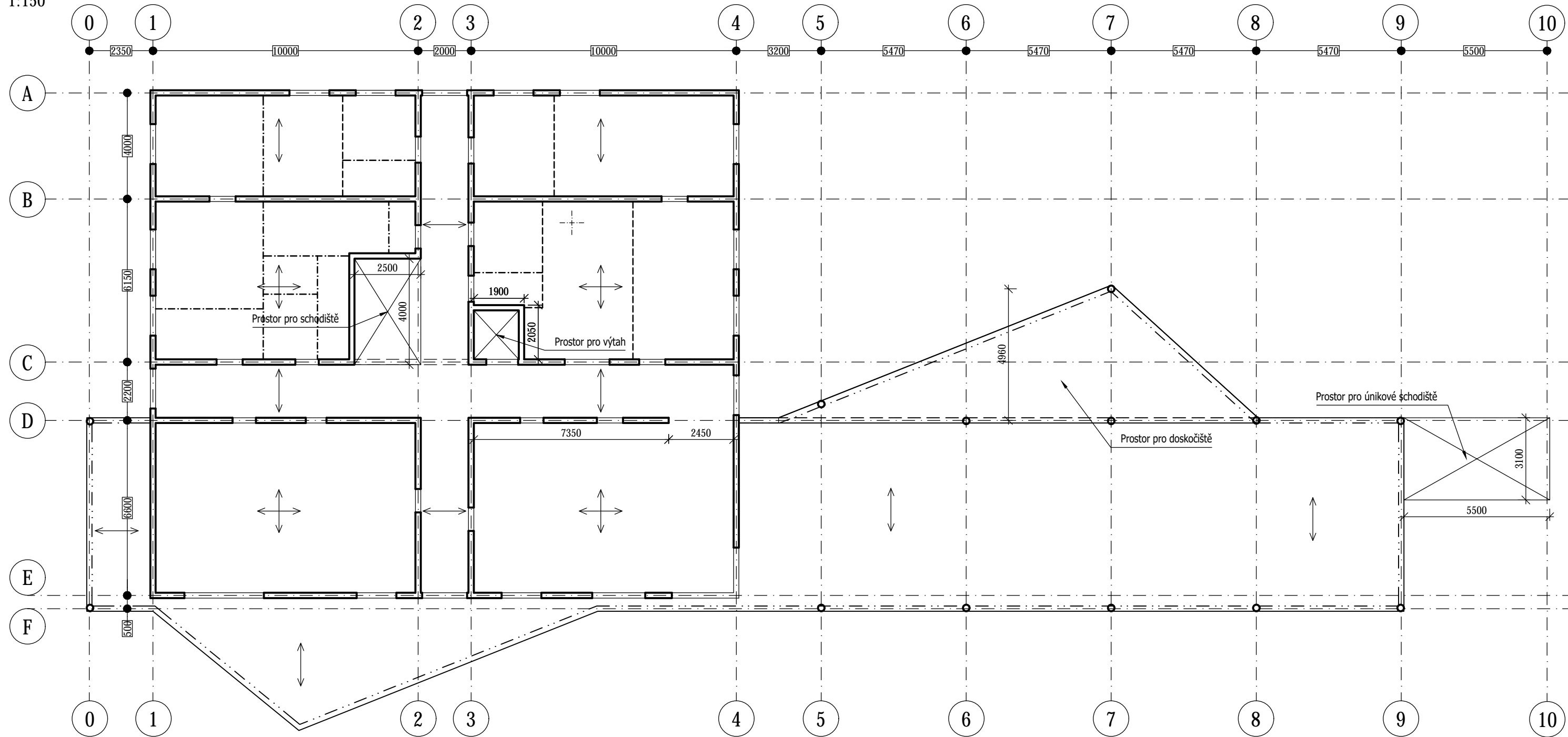
7.5	Návrh desky nad 2.NP – v oblasti atletické dráhy – žebra	66
7.5.1	Vnitřní síly žeber.....	66
7.5.2	Návrh a posouzení žeber – ohybová výztuž.....	67
7.5.3	Návrh a posouzení žeber – smyková výztuž.....	68
7.5.4	Posouzení MSP – omezení napětí.....	68
7.5.5	Posouzení MSP – omezení šířky trhlin.....	70
7.5.6	Posouzení MSP – omezení průhybu.....	71
7.6	Návrh stropní desky nad 2.NP – nad žebry	72
7.6.1	Vnitřní síly desky.....	72
7.6.2	Návrh a posouzení ohybové výztuže desky.....	75
7.6.3	Posouzení MSP – omezení šířky trhlin.....	76
7.6.4	Posouzení MSP – omezení napětí.....	80
7.6.5	Posouzení MSP – omezení průhybu.....	82
7.7	Postup návrhu stěnových nosníků	82
7.8	Návrh stěnového nosníku – SN1	83
7.8.1	Geometrie konstrukce.....	83
7.8.2	Vnitřní síly stěnového nosníku.....	84
7.8.3	Posouzení konstrukce.....	86
7.8.4	Konstrukční zásady.....	91
7.9	Návrh stěnového nosníku – SN2	92
7.9.1	Geometrie konstrukce.....	92
7.9.2	Vnitřní síly stěnového nosníku.....	93
7.9.3	Posouzení konstrukce.....	95
7.9.4	Konstrukční zásady.....	99
7.10	Návrh stěnového nosníku – SN3	100
7.10.1	Geometrie konstrukce.....	100
7.10.2	Vnitřní síly stěnového nosníku.....	101
7.10.3	Posouzení konstrukce.....	103
7.10.4	Konstrukční zásady.....	107
7.11	Návrh stěnového nosníku – SN4	108
7.11.1	Geometrie konstrukce.....	108
7.11.2	Vnitřní síly stěnového nosníku.....	109
7.11.3	Posouzení konstrukce.....	111
7.11.4	Konstrukční zásady.....	116
8	KOTEVNÍ A PŘESAHOVÉ DÉLKY	118
8.1	Kotevní délka.....	118
8.2	Přesahová délka.....	119
POUŽITÝ SOFTWARE		120
PODKLADY, ČSN		121



1 Schéma a popis konstrukce

Konstrukční schéma 1.NP - Varianta A

1:150



Konstrukční výška podlaží:

osy 1-4: 3,5 m
osy 4-10: proměnná od 3,5 m do 4,7 m

Účel využití podlaží:

kanceláře, sklady, sprchy, šatny, technické vybavení, společenská místnost,
dvě schodiště, volný prostor pro parkovací místa

Vodorovné nosné konstrukce:

plná železobetonová deska

Svislé nosné konstrukce:

železobetonové stěny a sloupky

Schodiště:

uvnitř budovy: dvouramenné, železobetonové, prefabrikované

únikové schodiště: ocelová konstrukce, ocelové sloupky - není předmětem řešení diplomové práce
samostatná konstrukce, pouze v úrovni výstupu kotveno do ŽB desky

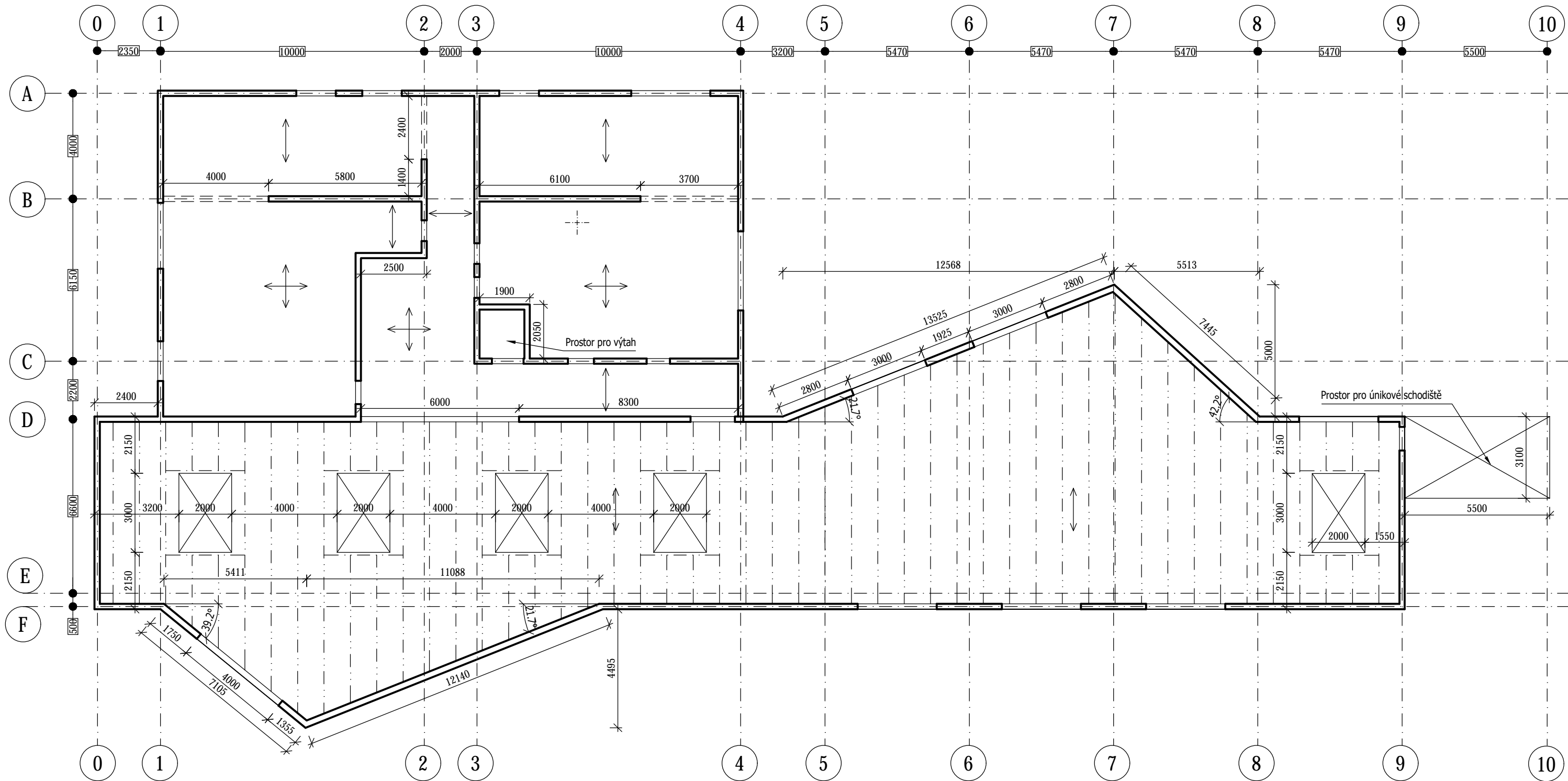
----- Zděné akustické příčky 2.NP - tl. 115 mm

----- Zděné akustické příčky 2.NP - tl. 190 mm



Konstrukční schéma 2.NP - Varianta A

1:150



Konstrukční výška podlaží: zázemí: 3,5m
 atletická dráha: 6,0 m

Účel využití podlaží: sklady, sprchy, šatny, rehabilitace, wellness, posilovna,
 atletická dráha, odpočívárna, technické vybavení

Vodorovné nosné konstrukce: plná železobetonová deska - prefabrikované panely

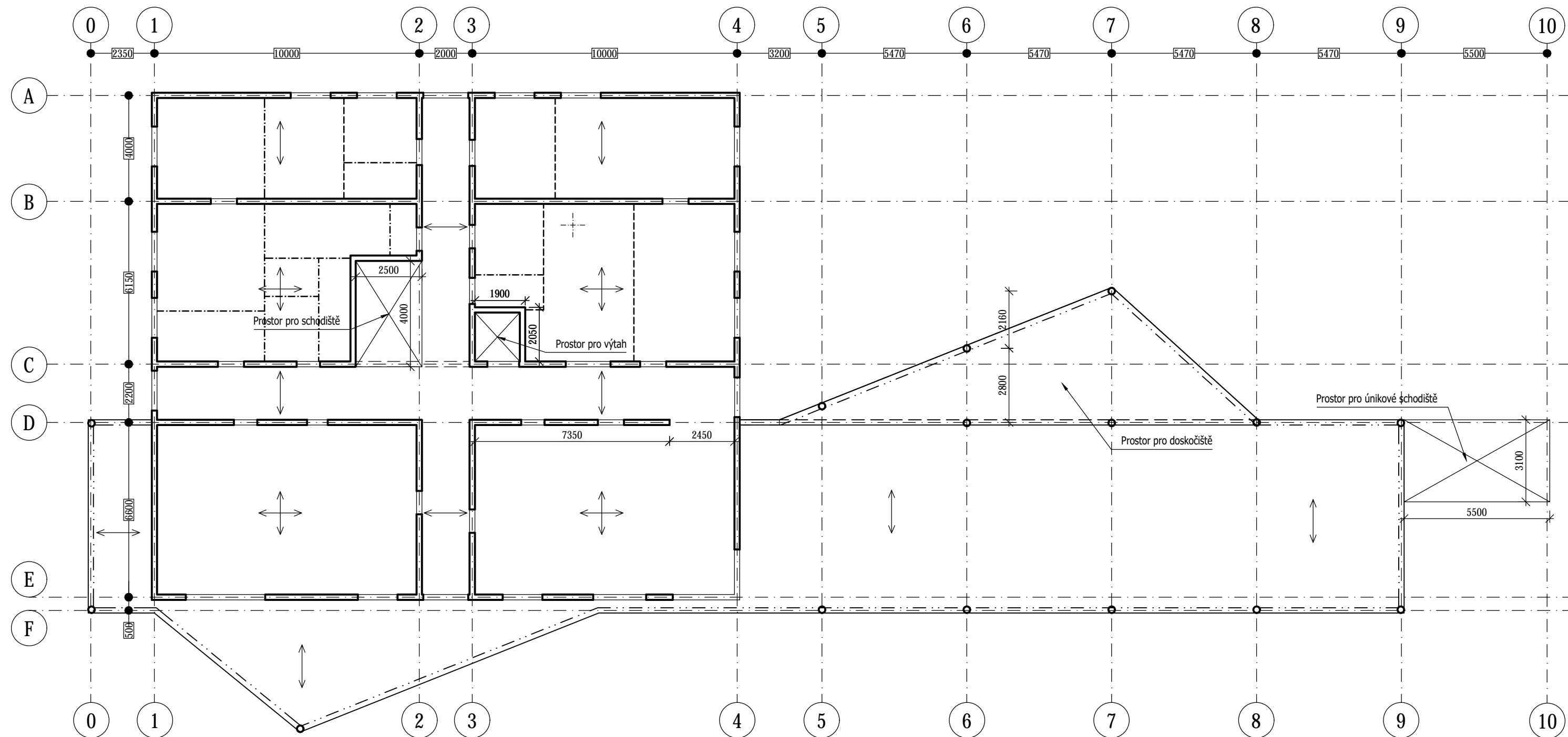
Svislé nosné konstrukce: železobetonové stěny a sloupy

--- Osy žebér



Konstrukční schéma 1.NP - Varianta B

1:150



Konstrukční výška podlaží:

osy 1-4: 3,5 m
osy 4-10: proměnná od 3,5 m do 4,7 m

Účel využití podlaží:

kanceláře, sklady, sprchy, šatny, technické vybavení, společenská místnost,
dvě schodiště, volný prostor pro parkovací místa

Vodorovné nosné konstrukce:

plná železobetonová deska

Svislé nosné konstrukce:

železobetonové stěny a sloupky

Schodiště:

uvnitř budovy: dvouramenné, železobetonové, prefabrikované

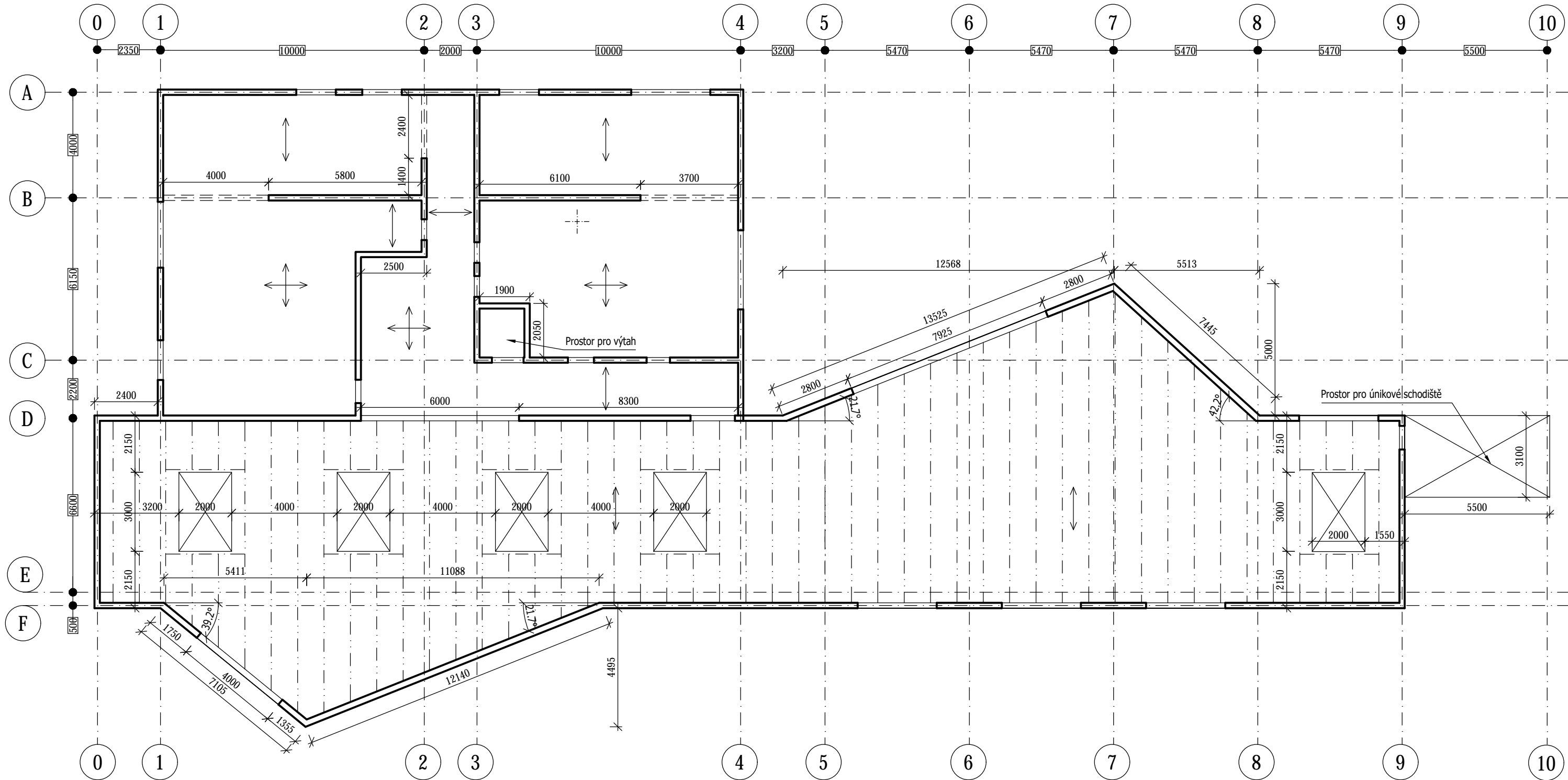
únikové schodiště: ocelová konstrukce, ocelové sloupky - není předmětem řešení diplomové práce
samostatná konstrukce, pouze v úrovni výstupu kotveno do ŽB desky

--- Zděné akustické příčky 2.NP - tl. 115 mm

--- Zděné akustické příčky 2.NP - tl. 190 mm



Konstrukční schéma 2.NP - Varianta B
1:150



Konstrukční výška podlaží: zázemí: 3,5m
atletická dráha: 6,0 m

Účel využití podlaží: sklady, sprchy, šatny, rehabilitace, wellness, posilovna, atletická dráha, odpočívárna, technické vybavení

Vodorovné nosné konstrukce: plná železobetonová deska - prefabrikované panely

Svislé nosné konstrukce: železobetonové stěny a sloupy

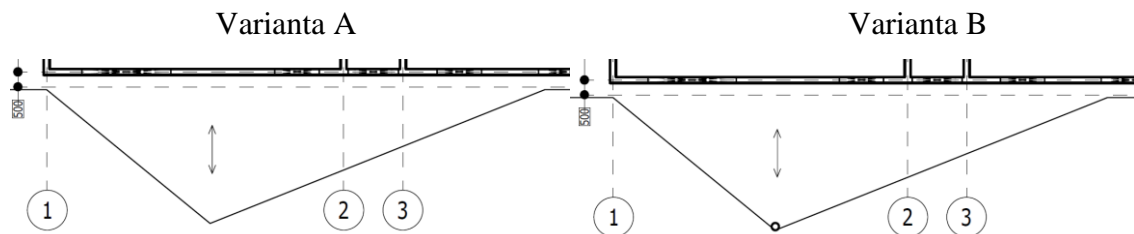
----- Osy žebér



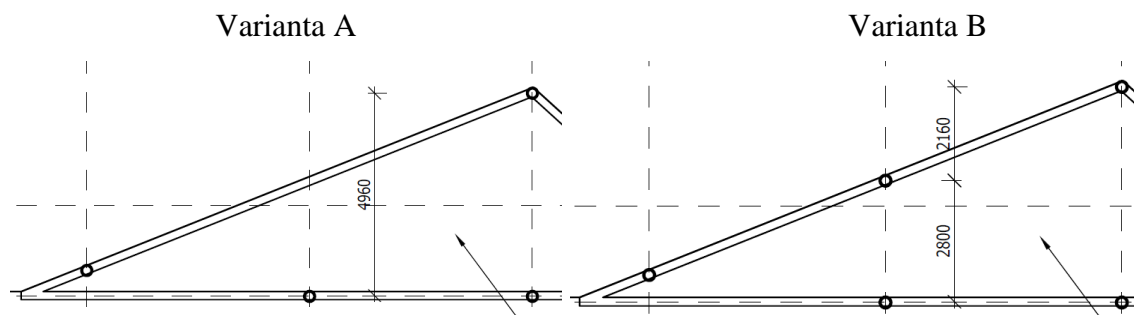
1 Schéma a popis konstrukce

Rozdíly mezi variantami

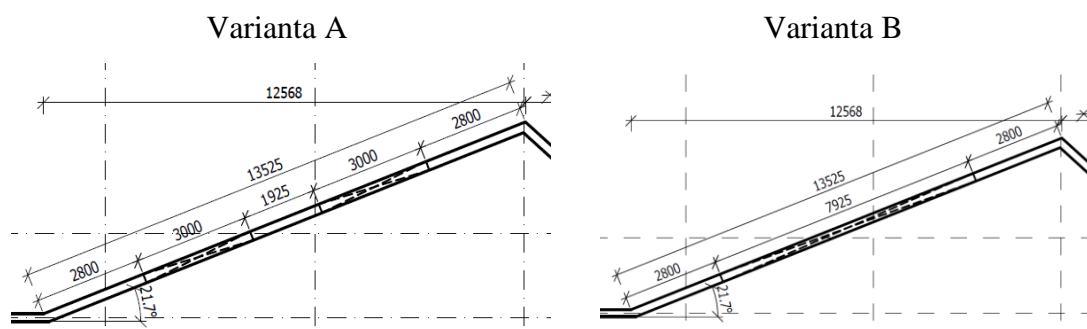
- Ve variantě B je přidán sloup do rohu desky, mezi osy 1 a 2, pod vykonzolovanou část atletické dráhy



- Ve variantě B je přidán sloup na osu 6, pod doskočiště



- Ve variantě A se na stěnovém nosníku nachází dva menší otvory, ve variantě B se nachází pouze jeden velký otvor





2 Použité materiály

Beton

Minimální třída betonu stanovena z normy ČSN EN 206 a upravena dle normy ČSN P 73 2404. Předpokládaná životnost 50 let.

Beton vodorovných a svislých nosných konstrukcí

Sloupy: C30/37 – XC4, XF2 – C10,2 – D_{max}16 – S4

Ostatní nosné konstrukce: C30/37 – XC1 – C10,2 – D_{max}16 – S4

- Charakteristická pevnost v tlaku $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
- Návrhová pevnost v tlaku $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30/1,5 = 20 \text{ MPa}$
- Střední hodnota pevnosti v tahu za ohybu $f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$
- Průměrná hodnota pevnosti v tahu v okamžiku prvního očekávaného vzniku trhliny $f_{ct,eff} = 1,45 \text{ MPa}$
- Střední hodnota modulu pružnosti $E_{cm} = 32 \text{ GPa}$

Beton základů

C25/30 – XC2 – C10,2 – D_{max}16 – S4

- Charakteristická pevnost v tlaku $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
- Návrhová pevnost v tlaku $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 25/1,5 = 16,7 \text{ MPa}$
- Střední hodnota pevnosti v tahu za ohybu $f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$
- Střední hodnota modulu pružnosti $E_{cm} = 30,5 \text{ GPa}$

Výztuž

Betonářská výztuž B500B

- Charakteristická mez kluzu $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
- Návrhová pevnost výztuže $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500/1,15 = 434,8 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti $E_s = 200 \text{ GPa}$

**3 Krycí vrstva****Sloupy**

Návrhová životnost:	50 let
Stupeň vlivu prostředí:	XC4
Uvažovaný průměr vyztuženého prutu:	16 mm
Třída konstrukce:	S4

Přídavek na návrhovou odchylku:

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

Minimální hodnota krytí:

$$\begin{aligned} c_{min} &= \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}) = \\ &= \max(16; 25 + 0 - 0 - 0; 10 \text{ mm}) = \\ &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Nominální hodnota tloušťky betonové krycí vrstvy:

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

Ostatní nosné konstrukce

Návrhová životnost:	50 let
Stupeň vlivu prostředí:	XC1
Uvažovaný průměr vyztuženého prutu:	14 mm
Třída konstrukce:	S4

Přídavek na návrhovou odchylku:

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

Minimální hodnota krytí:

$$\begin{aligned} c_{min} &= \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}) = \\ &= \max(14; 15 + 0 - 0 - 0; 10 \text{ mm}) = \\ &= 15 \text{ mm} \end{aligned}$$

Nominální hodnota tloušťky betonové krycí vrstvy:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 15 + 10 = 25 \text{ mm}$$



4 Přehled zatížení

4.1 Stálé zatížení

Vlastní tíha

Objemová hmotnost železobetonu: 2500 kg/m³

Generováno výpočetním programem

Podlahy

Zatížení podlahy na terénu – pokoje

Popis vrstvy	Objemová tíha [kN/m ³]	Tloušťka [mm]	Char. hodnota plošného zatížení [kN/m ²]
Vinylová podlaha s podložkou	2	3	0,006
Samonivelační stěrka	19	7	0,133
Betonová mazanina	24	75	1,800
PVC folie	-	-	-
Podlahový polystyren EPS100	0,2	150	0,030
Hydroizolace	-	-	-
Celkem		235	1,969

Zatížení podlahy na terénu – chodba, sprchy

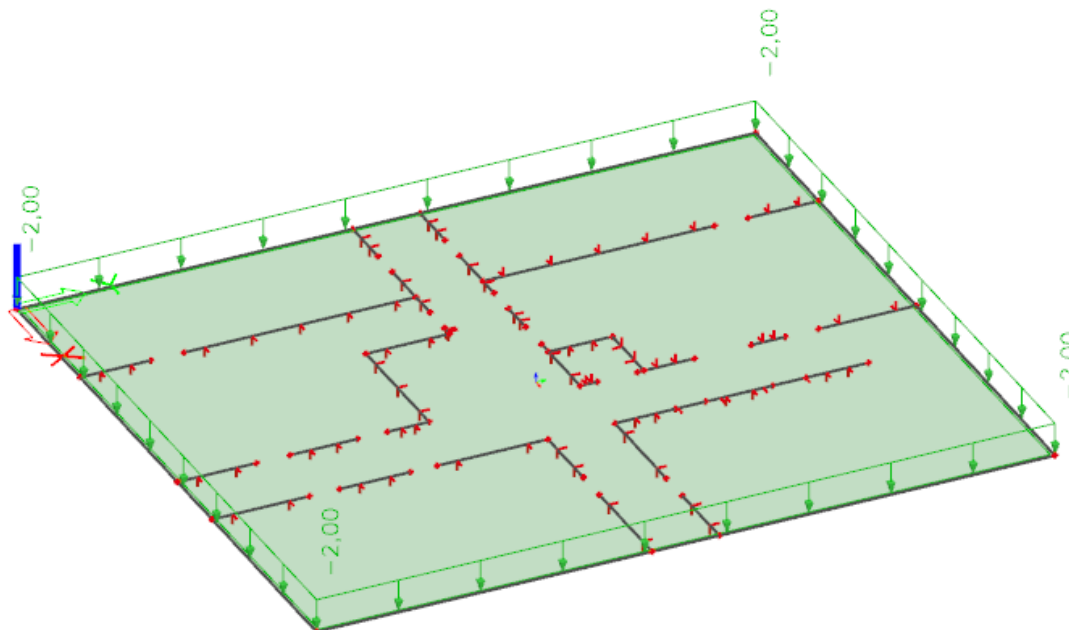
Popis vrstvy	Objemová tíha [kN/m ³]	Tloušťka [mm]	Char. hodnota plošného zatížení [kN/m ²]
Keramická dlažba	22	10	0,220
Cementové lepidlo	15	5	0,075
Samonivelační stěrka	19	7	0,133
Betonová mazanina	24	63	1,512
PVC folie	-	-	-
Podlahový polystyren EPS100	0,2	150	0,03
Hydroizolace	-	-	-
Celkem		235	1,970

Pro podlahy na terénu je ve výpočtech uvažovaná jednotná vlastní tíha podlah:

$$g_k = 2,00 \text{ kN/m}^2$$



Zobrazení zatížení desky na terénu od podlahy



Zatížení podlahy v 2.NP – pokoje

Popis vrstvy	Objemová tíha [kN/m ³]	Tloušťka [mm]	Char. hodnota plošného zatížení [kN/m ²]
Vinylová podlaha s podložkou	2	3	0,006
Samonivelační stěrka	19	7	0,133
Betonová mazanina	24	75	1,800
PVC folie	-	-	-
Kročejová izolace	1,5	50	0,075
Celkem		135	2,014

Zatížení podlahy v 2.NP – chodba, sprchy

Popis vrstvy	Objemová tíha [kN/m ³]	Tloušťka [mm]	Char. hodnota plošného zatížení [kN/m ²]
Keramická dlažba	22	10	0,220
Cementové lepidlo	15	5	0,075
Samonivelační stěrka	19	7	0,133
Betonová mazanina	24	63	1,512
PVC folie	-	-	-
Kročejová izolace	1,5	50	0,075
Celkem		135	2,015

A – Statický výpočet



4 Přehled zatížení

Pro podlahy v 2.NP je ve výpočtech uvažovaná jednotná vlastní tíha podlah:

$$g_k = 2,10 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení podlahy v tělocvičně – část nad vnitřním prostorem

Popis vrstvy	Objemová tíha [kN/m ³]	Tloušťka [mm]	Char. hodnota plošného zatížení [kN/m ²]
Umělý sportovní povrch	6	13	0,078
Penetrace	-	-	-
Samonivelační stěrka	19	7	0,133
Betonová mazanina	24	70	1,680
PVC folie	-	-	-
Kročejeová izolace	1,5	50	0,075
Celkem		140	1,966

Zatížení desky v tělocvičně – část nad venkovním prostorem (od podlahy a podhledu)

Popis vrstvy	Objemová tíha [kN/m ³]	Tloušťka [mm]	Char. hodnota plošného zatížení [kN/m ²]
Umělý sportovní povrch	6	13	0,078
Penetrace	-	-	-
Samonivelační stěrka	19	7	0,133
Betonová mazanina	24	70	1,680
PVC folie	-	-	-
Kročejeová izolace	1,5	50	0,075
ŽB deska	nosná konstrukce		
Lepící a stěrkořovací hmota	14,5	5	0,073
Minerální vata	0,4	300	0,120
Lepící a stěrkořovací hmota	14,5	5	0,073
Omítka	4,6	5	0,023
Celkem		140+315	2,254

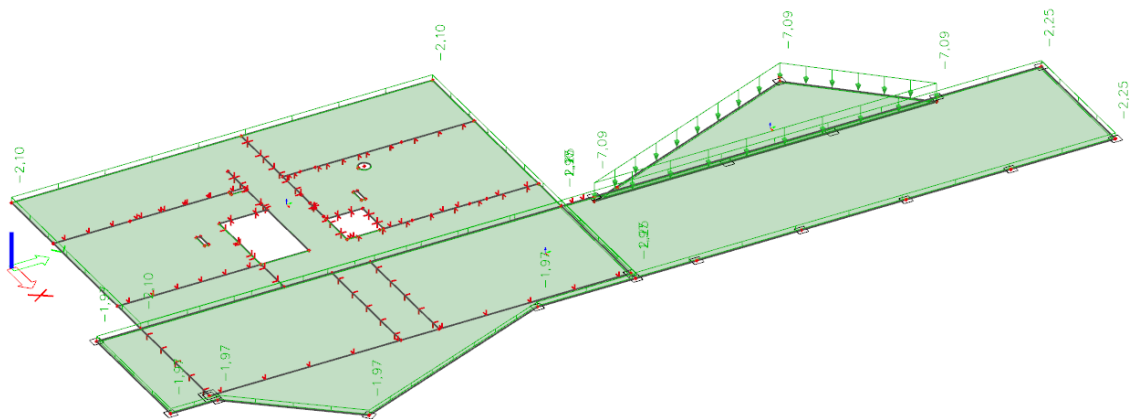


4 Přehled zatížení

Zatížení desky v tělocvičně – v oblasti doskočiště (od podlahy a podhledu)

Popis vrstvy	Objemová tíha [kN/m ³]	Tloušťka [mm]	Char. hodnota plošného zatížení [kN/m ²]
Jemný písek	17	400	6,8
Separáční vrstva	-	-	-
ŽB deska	nosná konstrukce		
Lepící a stěrková hmota	14,5	5	0,073
Minerální vata	0,4	300	0,120
Lepící a stěrková hmota	14,5	5	0,073
Omítka	4,6	5	0,023
Celkem		400+315	7,088

Zobrazení zatížení desky nad 1.NP od podlahy a podhledu



Zatížení podlahy schodiště

Popis vrstvy	Objemová tíha [kN/m ³]	Tloušťka [mm]	Char. hodnota plošného zatížení [kN/m ²]
Keramická dlažba	22	10	0,220
Cementové lepidlo	15	5	0,0750
Celkem		15	0,295



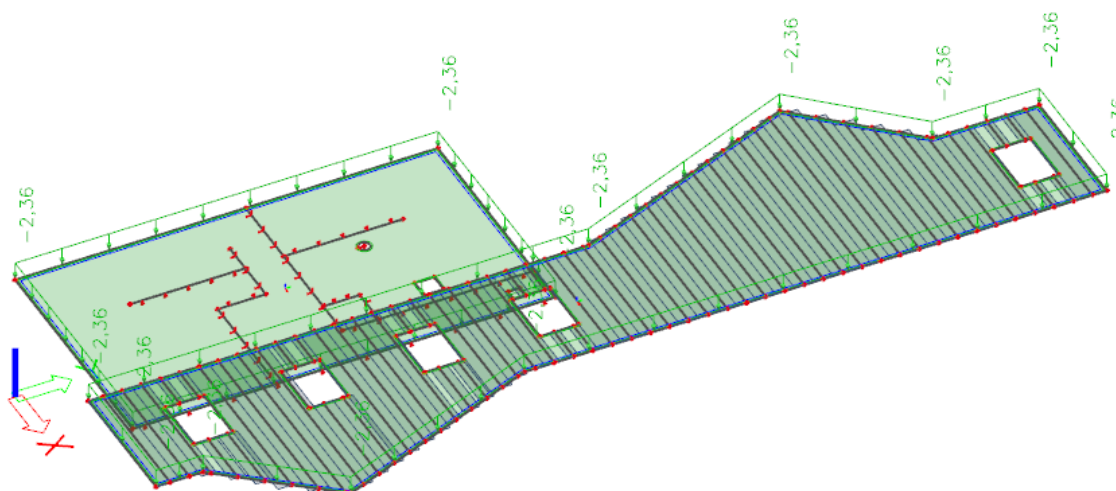
4 Přehled zatížení

Střešní plášť

Stejný pro atletickou dráhu i pro budovu zázemí

Popis vrstvy	Objemová tíha [kN/m ³]	Tloušťka [mm]	Char. hodnota plošného zatížení [kN/m ²]
Kačírek	15	70	1,050
Geotextilie	-	-	-
Tepelná izolace	0,2	300	0,060
Hydroizolace	-	-	-
Geotextilie	-	-	-
Spádová vrstva – Poriment PS500	5	250	1,250
Celkem		620	2,360

Zobrazení zatížení desky nad 2.NP od střešního pláště



Obvodový plášť

V celém objektu je použit kontaktní zateplovací systém s tepelnou izolací tloušťky 200 mm a tenkovrstvou omítkou. Z důvodu malé hmotnosti jeho tíhu zanedbávám.

Příčky

Porotherm 11,5 AKU Profi

Tloušťka: 115 mm

Objemová hmotnost prvku: 1050 kg/m³

Výška stěny: 3,3 m

Charakteristická hodnota liniového zatížení: $3,3 \cdot 0,115 \cdot 1050 / 100 = 3,98$ kN/m



4 Přehled zatížení

Porotherm 19 AKU Profi

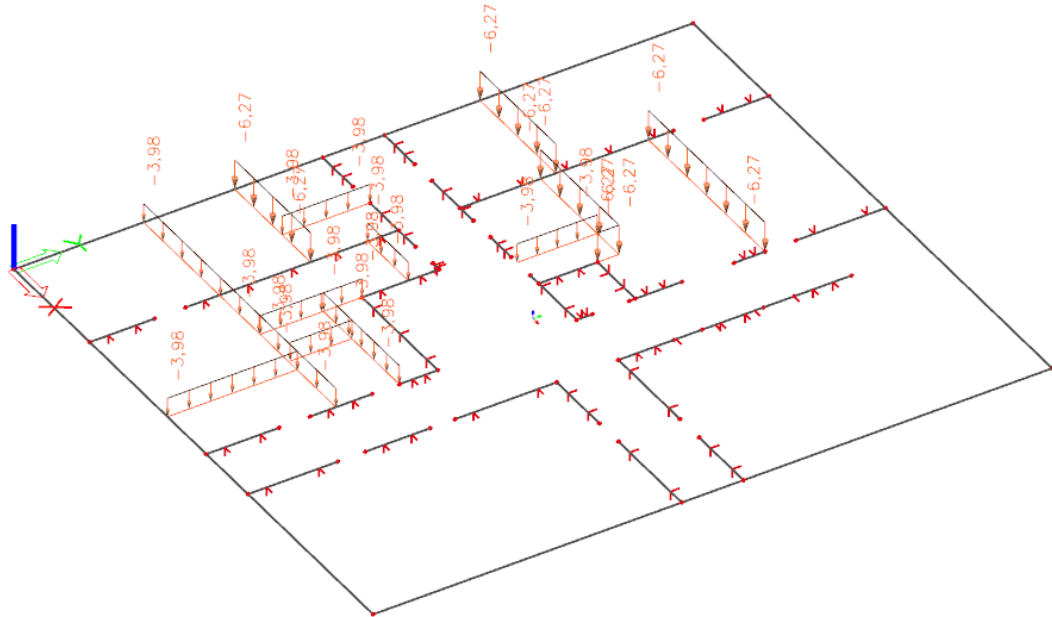
Tloušťka: 190 mm

Objemová hmotnost prvku: 1000 kg/m³

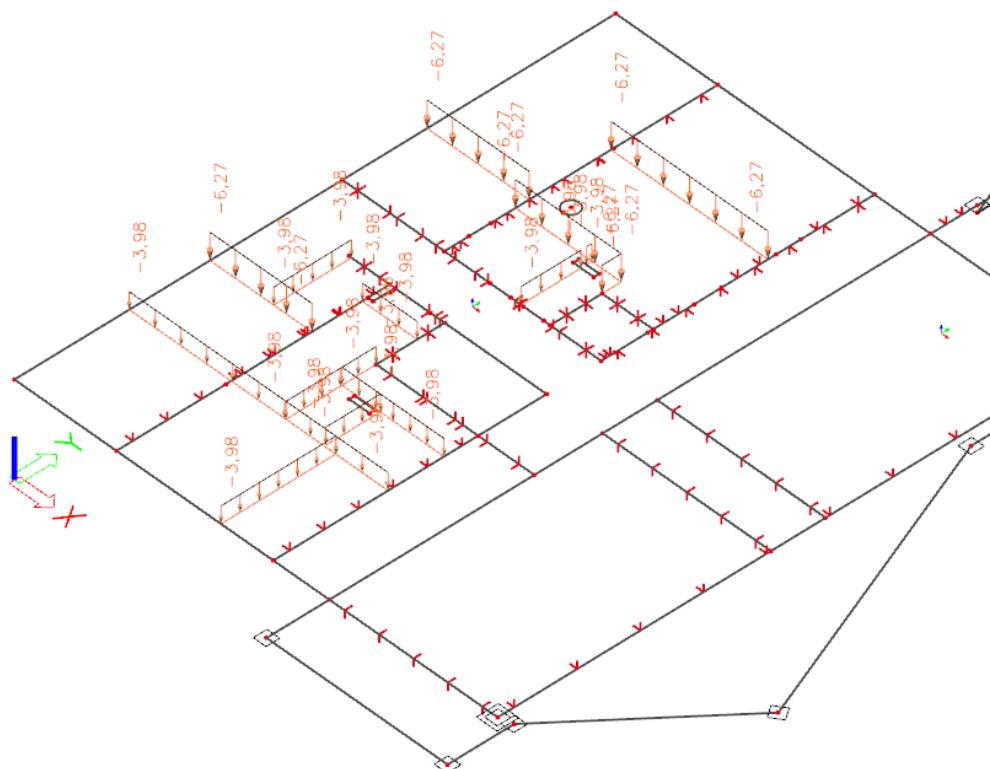
Výška: 3,3 m

Charakteristická hodnota liniového zatížení: $3,3 \cdot 0,19 \cdot 1050/100 = 6,27$ kN/m

Zobrazení zatížení desky na terénu od příček



Zobrazení zatížení desky nad 1.NP od příček





4 Přehled zatížení

Sádrokartonové příčky

Tloušťka: 100 mm

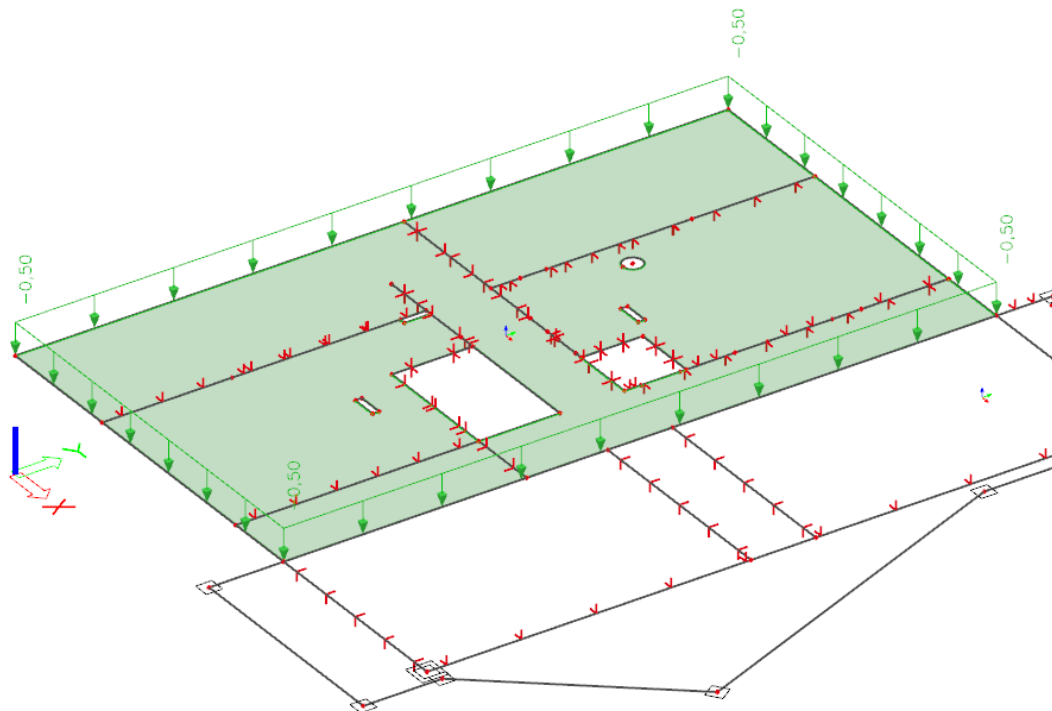
Objemová hmotnost prvku: 250 kg/m³

Výška: 3,3 m

Charakteristická hodnota liniového zatížení: $3,3 \cdot 0,1 \cdot 250/100 = 0,83 \text{ kN/m}$

Dle normy ČSN 1991-1-1: náhradní rovnoměrné zatížení: 0,5 kN/m²

Zobrazení zatížení desky nad 1.NP od sádrokartonových příček



Schodišťové stupně

Schodiště uvnitř budovy

Konstrukční výška podlaží: 3,5 m

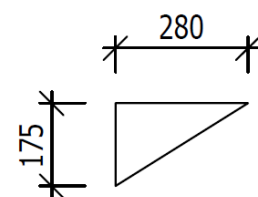
Počet stupňů v podlaží: 2 x 10

Výška schodišťového stupně: $\frac{3500}{2 \cdot 10} = 175 \text{ mm}$

Šířka schodišťového stupně: $630 - 2 \cdot 175 = 280 \text{ mm}$

Náhradní spojitě zatížení od schodišťových (i s nášlapnou vrstvou):

$$g_k = 0,5 \cdot 0,175 \cdot 24 + 0,3 = 2,4 \text{ kN/m}^2$$



4.2 Proměnné zatížení

Užitné

Stanoveno na základě účelu dle ČSN EN 1991-1-1

1.NP, 2.NP: šatny, zasedací místnosti, wellness: kategorie C2: $q_k = 4,0 \text{ kN/m}^2$

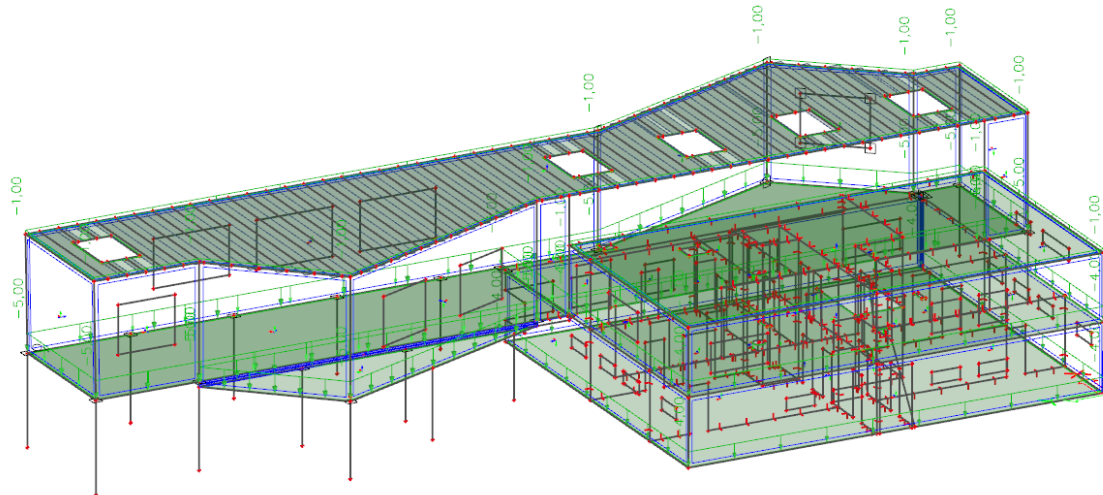


4 Přehled zatížení

Atletická dráha: kategorie C4: $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$

Nepřístupná střecha (mimo údržby): kategorie H: $1,0 \text{ kN/m}^2$

Zobrazení užitečného zatížení na celý objekt



Zatížení sněhem

II. sněhová oblast (Ústí nad Labem)

$$s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Oblast, kde nedochází k výraznému přemístění sněhu větrem (normální typ krajiny)

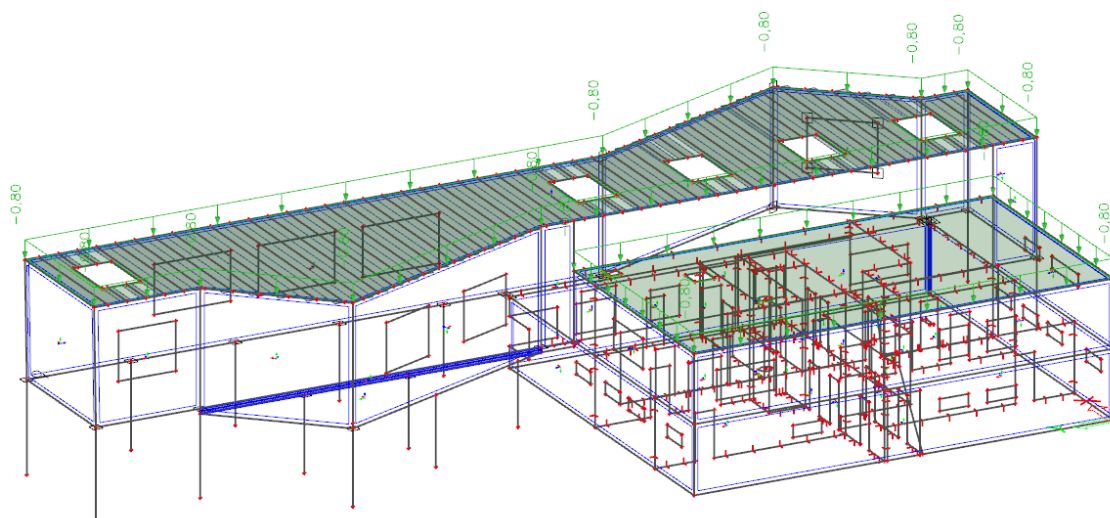
→ součinitel expozice: $C_e = 1,0$

Tepelná propustnost střechy $< 1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ → součinitel tepla: $C_t = 1$

Sklon střechy: plochá střecha $\alpha < 30^\circ$ → tvarový součinitel: $\mu_1 = 0,80$

$$\text{Charakteristické zatížení sněhem: } s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

Zobrazení zatížení sněhem na celý objekt





Zatížení větrem

II. větrná oblast (Ústí nad Labem) $\rightarrow v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

Součinitel směru větru: $c_{dir} = 1$

Součinitel ročního období: $c_{season} = 1$

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

Kategorie terénu: plocha pravidelně pokrytá vegetací, budovami, překážkami: III

Zatížení větrem na konstrukci bylo modelováno pomocí generátoru větru v programu SCIA Engineer.



5 Kombinace zatížení

Kombinace jsou generovány výpočetním programem dle ČSN 1990

Mezní stav únosnosti

Základní kombinace zatížení (6.10a, 6.10b v ČSN 1990)

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

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

Mezní stav použitelnosti

Charakteristická kombinace zatížení (6.14b v ČSN 1990)

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

Kvazistálá kombinace zatížení (6.16b v ČSN 1990)

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Hodnoty součinitelů γ dle normy ČSN 1990, Příloha A1

Zatížení	γ_G	γ_Q
Příznivá	1	0
Nepříznivá	1,35	1,5

Hodnoty součinitelů ψ dle normy ČSN 1990, Příloha A1

Zatížení	ψ_0	ψ_2
Kategorie C - shromažďovací prostory	0,7	0,6
Kategorie H - střechy	0	0
Zatížení sněhem	0,5	0
Zatížení větrem	0,6	0

Hodnota redukčního součinitele: $\xi = 0,85$

Předběžný návrh: pouze MSÚ: $\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k$ ($\gamma_G = 1,35$ a $\gamma_Q = 1,5$)

Podrobný návrh: dílčí součinitele jsou vygenerovány pomocí programu Scia Engineer



6 Předběžný návrh nosných prvků

6.1 Vodorovné nosné konstrukce

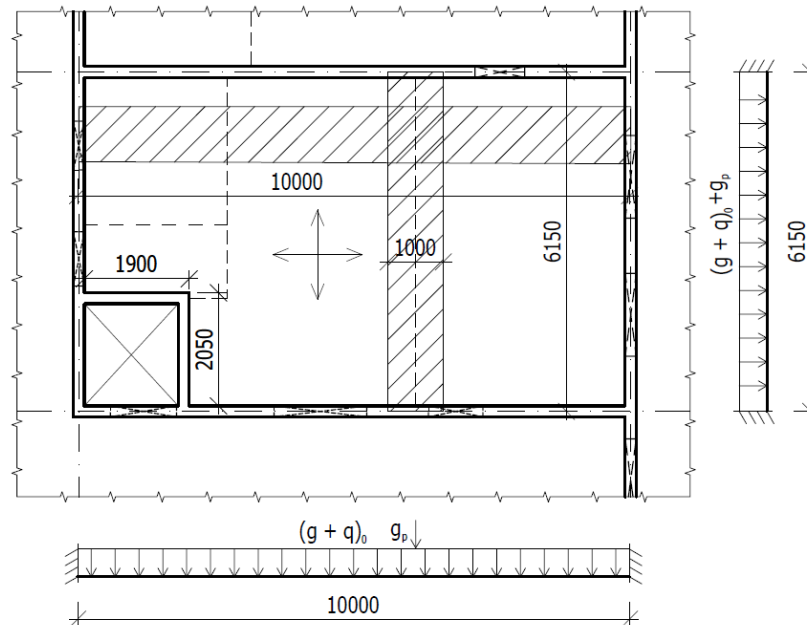
6.1.1 Stropní desky

Stropní desky jsou monolitické, železobetonové.

Beton: C30/37 – XC1 – C10,2 – D_{max}16 – S4

Krytí: 25 mm

Deska nad 1.NP – osa B-C x 3-4



Po obvodě podepřená deska

Rozměry: 10000 x 6150 mm

Empirický návrh tloušťky desky: $h_d = \frac{1}{75} \cdot (L_x + L_y) = \frac{1}{75} \cdot (6150 + 10000) = 216 \text{ mm}$

Návrh na základě splnění podmínky ohybové štíhlosti desky:

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d, \text{tab}} = 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 30,8 = 33,88$$

$\kappa_{c1} = 1$... obdélníkový průřez

$\kappa_{c2} = 1$... rozhodující rozpětí < 7,0 m (rozhodující kratší pole desky)

$\kappa_{c3} = 1,1$... odhad součinitele napětí tahové výztuže

$\lambda_{d, \text{tab}} = 30,8$... $\rho \leq 0,5 \%$

$$d \geq L/\lambda_d = \frac{6600}{33,88} = 195 \text{ mm}$$

předpokládaný profil výztuže: $\emptyset = 12 \text{ mm}$

$$h_d = d + c + \frac{\emptyset}{2} = 195 + 25 + \frac{12}{2} = 226 \text{ mm}$$



Návrh: $h_d = 230 \text{ mm}$

Účinná výška průřezu: $d = h_d - c - \frac{\varnothing}{2} = 230 - 25 - \frac{12}{2} = 199 \text{ mm}$

Zatížení

Zatížení	f_k [kN/m ²]	γ_F	f_d [kN/m ²]
ŽB deska	$0,23 \cdot 25 = 5,75$	1,35	7,76
Podlaha	2,10	1,35	2,84
Příčka - tl. 190 mm	$6,27 \cdot 6,15 / (6,15 \cdot 1) = 6,27$	1,35	8,46
Příčky – sádkartonové	0,50	1,35	0,68
Užitné zatížení – C2	4,00	1,50	6,00
Celkem $(g + q)_d$			25,74

Maximální návrhový moment (podle teorie pružnosti):

$$\alpha = \frac{L_y}{L_x} = \frac{6,15}{10,0} = 0,615 \rightarrow a_1 = 213,54; b_1 = 30,18; c_1 = 0,127$$

Moment v poli:

$$m_a = \frac{1}{a_1} \cdot (g + q)_d \cdot l_y^2 = \frac{1}{213,54} \cdot 25,74 \cdot 10^2 = 12,06 \text{ kN} \cdot \text{m/m}'$$

$$m_b = \frac{1}{b_1} \cdot (g + q)_d \cdot l_x^2 = \frac{1}{30,18} \cdot 25,74 \cdot 6,15^2 = 32,26 \text{ kN} \cdot \text{m/m}'$$

Rozdělení zatížení do směrů:

$$f_{a,d} = c_1 \cdot (g + q)_d = 0,127 \cdot 25,74 = 3,27 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{b,d} = (1 - c_1) \cdot (g + q)_d = (1 - 0,127) \cdot 25,74 = 22,47 \text{ kN/m}^2$$

Moment v podpoře:

$$m_a = \frac{1}{12} \cdot f_{a,d} \cdot l_x^2 = \frac{1}{12} \cdot 3,27 \cdot 10^2 = 27,25 \text{ kN} \cdot \text{m/m}'$$

$$m_b = \frac{1}{12} \cdot f_{b,d} \cdot l_y^2 = \frac{1}{12} \cdot 25,74 \cdot 6,15^2 = 81,1 \text{ kN} \cdot \text{m/m}'$$

Poměrný ohybový moment: $\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{81,1 \cdot 10^3}{1 \cdot 199^2 \cdot 20} = 0,089$

Poměrná výška tláčené oblasti: $\zeta = 0,117$ (z tabulek) $\sim \zeta_{opt} = 0,1$

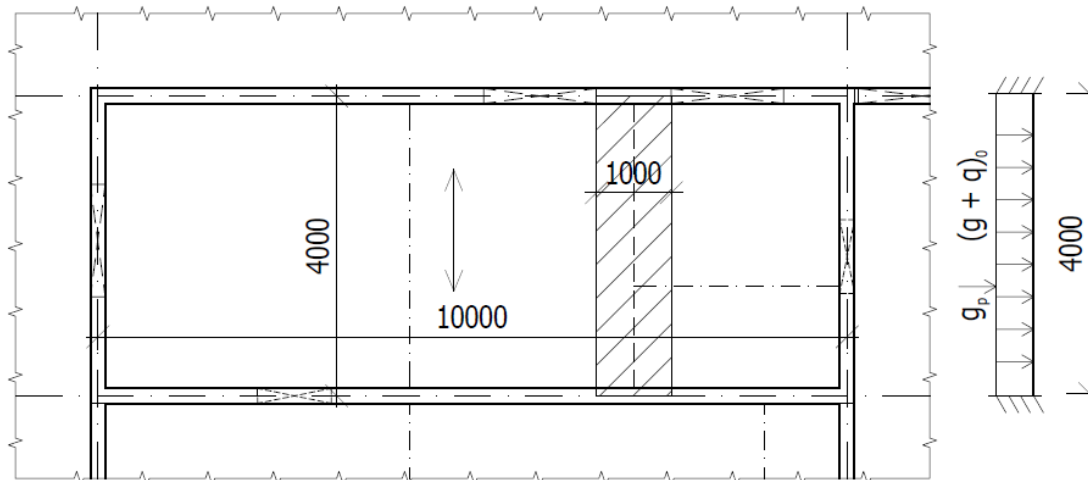
Potřebná plocha výztuže: $a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 1000 \cdot 199 \cdot 0,117 \cdot 20}{434,8} = 857 \text{ mm}^2$

Orientační stupeň vyztužení: $\rho = \frac{a_{s,req}}{b \cdot d} = \frac{857 \cdot 100}{1000 \cdot 199} = 0,43 \% \leq 0,5 \%$

Navržený rozměr desky vyhovuje



Deska nad 1.NP – osa A-B x 1-2



Jednosměrně pnutá deska

Rozměry: 10000 x 4000 mm

Rozpětí: 4000 mm

Empirický návrh tloušťky desky: $h_d = \frac{L}{30} \sim \frac{L}{25} = \frac{4000}{30} \sim \frac{4000}{25} = 133 \text{ mm} \sim 160 \text{ mm}$

Návrh na základě splnění podmínky ohybové štíhlosti desky:

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 26,7 = 29,37$$

$\kappa_{c1} = 1$... obdélníkový průřez

$\kappa_{c2} = 1$... rozhodující rozpětí < 7,0 m

$\kappa_{c3} = 1,1$... odhad součinitele napětí tahové výztuže

$\lambda_{d,tab} = 26,7$... $\rho \leq 0,5 \%$

$$d \geq L/\lambda_d = \frac{4000}{29,37} = 136 \text{ mm}$$

předpokládaný profil výztuže: $\varnothing = 12 \text{ mm}$

$$h_d = d + c + \frac{\varnothing}{2} = 136 + 25 + \frac{12}{2} = 167 \text{ mm}$$

Návrh: $h_d = 230 \text{ mm}$

Účinná výška průřezu: $d = h_d - c - \frac{\varnothing}{2} = 230 - 25 - \frac{12}{2} = 199 \text{ mm}$



Zatížení

Zatížení	f_k [kN/m ²]	γ_F	f_d [kN/m ²]
ŽB deska	$0,23 \cdot 25 = 5,75$	1,35	7,76
Podlaha	2,1	1,35	2,84
Příčka – tl. 190 mm	$6,27 \cdot 4 / (4 \cdot 1) = 6,27$	1,35	8,46
Příčky – sádkartonové	0,50	1,35	0,68
Užitné zatížení – C2	4,00	1,50	6,00
Celkem $(g + q)_d$			25,74

Maximální návrhový moment:

$$m_{Ed} = \frac{1}{12} \cdot (g + q)_d \cdot L^2 + \frac{1}{8} \cdot (g + q)_d \cdot L = \frac{1}{12} \cdot 25,74 \cdot 4^2 + \frac{1}{8} \cdot 3,98 \cdot 4 = 36,27 \text{ kN} \cdot \text{m/m}'$$

Poměrný ohybový moment: $\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{36,27 \cdot 10^3}{1 \cdot 199^2 \cdot 20} = 0,046$

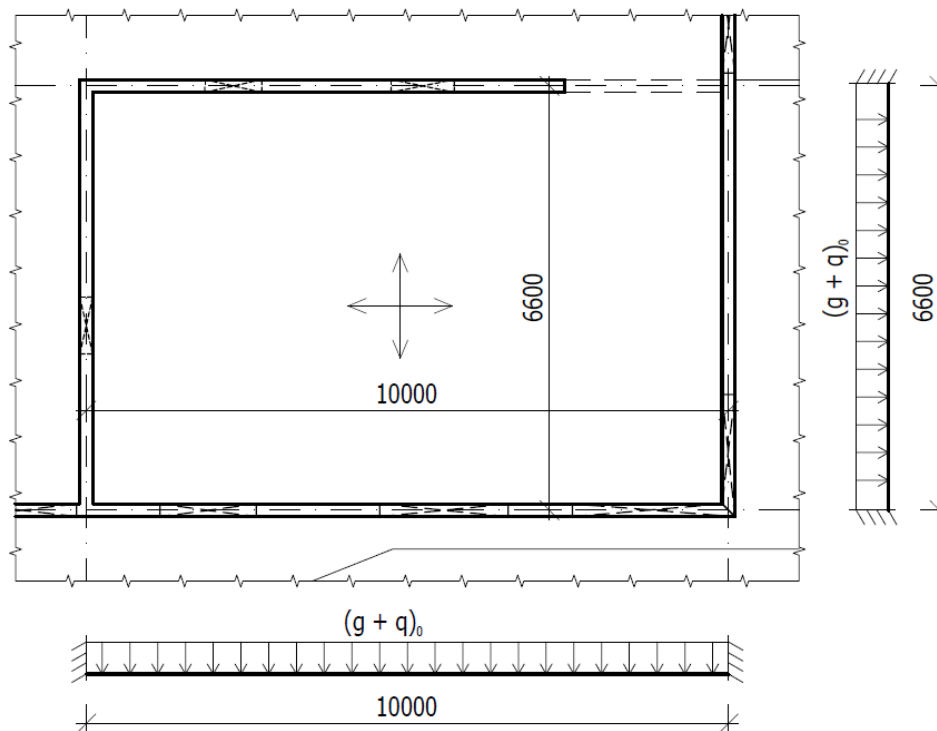
Poměrná výška tlačené oblasti: $\xi = 0,059$ (z tabulek)

Potřebná plocha výztuže: $a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 1000 \cdot 199 \cdot 0,059 \cdot 20}{434,8} = 433 \text{ mm}^2$

Orientační stupeň vyztužení: $\rho = \frac{a_{s,req}}{b \cdot d} = \frac{433 \cdot 100}{1000 \cdot 199} = 0,22 \% \leq 0,5 \%$

Navržený rozměr desky vyhovuje

Deska nad 1.NP – osa D-E x 3-4



Po obvodě podepřená deska



6 Předběžný návrh nosných prvků

Rozměry: 10000 x 6600 mm

Empirický návrh tloušťky desky: $h_d = \frac{1}{75} \cdot (L_x + L_y) = \frac{1}{75} \cdot (6600 + 10000) = 222 \text{ mm}$

Návrh na základě splnění podmínky ohybové štíhlosti desky:

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d, \text{tab}} = 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 30,8 = 33,88$$

$\kappa_{c1} = 1$... obdélníkový průřez

$\kappa_{c2} = 1$... rozhodující rozpětí < 7,0 m (rozhodující kratší pole desky)

$\kappa_{c3} = 1,1$... odhad součinitele napětí tahové výztuže

$\lambda_{d, \text{tab}} = 30,8$... $\rho \leq 0,5 \%$

$$d \geq L/\lambda_d = \frac{6600}{33,88} = 195 \text{ mm}$$

předpokládaný profil výztuže: $\emptyset = 12 \text{ mm}$

$$h_d = d + c + \frac{\emptyset}{2} = 195 + 25 + \frac{12}{2} = 226 \text{ mm}$$

Návrh: $h_d = 250 \text{ mm}$

Účinná výška průřezu: $d = h_d - c - \frac{\emptyset}{2} = 250 - 25 - \frac{12}{2} = 219 \text{ mm}$

Zatížení

Zatížení	f_k [kN/m ²]	γ_F	f_d [kN/m ²]
ŽB deska	$0,25 \cdot 25 = 6,25$	1,35	8,44
Podlaha	2,0	1,35	2,70
Užitné zatížení – C4	5,00	1,50	7,50
Celkem $(g + q)_d$			18,64

Maximální návrhový moment (podle teorie pružnosti):

$$\alpha = \frac{L_x}{L_y} = \frac{6,6}{10,0} = 0,66 \rightarrow a_1 = 169,6; b_1 = 31,72; c_1 = 0,160$$

Moment v poli:

$$m_a = \frac{1}{a_1} \cdot (g + q)_d \cdot l_y^2 = \frac{1}{169,6} \cdot 18,64 \cdot 10^2 = 10,96 \text{ kN} \cdot \text{m/m}'$$

$$m_b = \frac{1}{b_1} \cdot (g + q)_d \cdot l_x^2 = \frac{1}{31,72} \cdot 18,64 \cdot 6,6^2 = 25,53 \text{ kN} \cdot \text{m/m}'$$

Rozdělení zatížení do směrů:

$$f_{a,d} = c_1 \cdot (g + q)_d = 0,16 \cdot 18,64 = 2,98 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{b,d} = (1 - c_1) \cdot (g + q)_d = (1 - 0,16) \cdot 18,64 = 15,62 \text{ kN/m}^2$$

Moment v podpoře:

$$m_a = \frac{1}{12} \cdot f_{a,d} \cdot l_y^2 = \frac{1}{12} \cdot 2,98 \cdot 10^2 = 24,83 \text{ kN} \cdot \text{m/m}'$$

$$m_b = \frac{1}{12} \cdot f_{b,d} \cdot l_x^2 = \frac{1}{12} \cdot 15,62 \cdot 6,6^2 = 56,7 \text{ kN} \cdot \text{m/m}'$$



6 Předběžný návrh nosných prvků

Poměrný ohybový moment: $\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{56,7 \cdot 10^3}{1 \cdot 219^2 \cdot 20} = 0,059$

Poměrná výška tlačené oblasti: $\xi = 0,076$ (z tabulek)

Potřebná plocha výztuže: $a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 1000 \cdot 219 \cdot 0,076 \cdot 20}{434,8} = 613 \text{ mm}^2$

Orientační stupeň vyztužení: $\rho = \frac{a_{s,req}}{b \cdot d} = \frac{613 \cdot 100}{1000 \cdot 219} = 0,30 \% \leq 0,5 \%$

Navržený rozměr desky vyhovuje

Deska nad 1.NP – osa 4-9

Jednosměrně pnutá deska

Rozpětí: $L = 7100 \text{ mm}$

Empirický návrh tloušťky desky: $h_d = \frac{L}{30} \sim \frac{L}{25} = \frac{7100}{30} \sim \frac{7100}{25} = 237 \text{ mm} \sim 284 \text{ mm}$

Návrh na základě splnění podmínky ohybové štíhlosti desky:

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 1 \cdot 1,02 \cdot 1,1 \cdot 26,7 = 29,95$$

$\kappa_{c1} = 1$... obdélníkový průřez

$$\kappa_{c2} = \frac{L}{7} = \frac{7,1}{7} = 1,02 \text{ ... rozhodující rozpětí } > 7,0 \text{ m}$$

$\kappa_{c3} = 1,1$... odhad součinitele napětí tahové výztuže

$\lambda_{d,tab} = 26,7$... $\rho \leq 0,5 \%$

$$d \geq L/\lambda_d = \frac{7100}{29,95} = 238 \text{ mm}$$

předpokládaný profil výztuže: $\emptyset = 12 \text{ mm}$

$$h_d = d + c + \frac{\emptyset}{2} = 238 + 25 + \frac{12}{2} = 269 \text{ mm}$$

Návrh: $h_d = 300 \text{ mm}$

Účinná výška průřezu: $d = h_d - c - \frac{\emptyset}{2} = 300 - 25 - \frac{12}{2} = 269 \text{ mm}$

Zatížení

Zatížení	f_k [kN/m ²]	γ_F	f_d [kN/m ²]
ŽB deska	$0,30 \cdot 25 = 7,50$	1,35	10,13
Podlaha	2,254	1,35	3,05
Užitné zatížení - C4	5,00	1,50	7,50
Celkem $(g + q)_d$			20,68

Maximální návrhový moment:

$$m_{Ed} = \frac{1}{12} \cdot (g + q)_d \cdot L^2 = \frac{1}{12} \cdot 20,68 \cdot 7,1^2 = 86,88 \text{ kN} \cdot \text{m/m}'$$

Poměrný ohybový moment: $\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{86,88 \cdot 10^3}{1 \cdot 269^2 \cdot 20} = 0,06$



6 Předběžný návrh nosných prvků

Poměrná výška tlačené oblasti: $\xi = 0,077$ (z tabulek)

$$\text{Potřebná plocha výztuže: } a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 1000 \cdot 269 \cdot 0,077 \cdot 20}{434,8} = 571,7 \text{ mm}^2$$

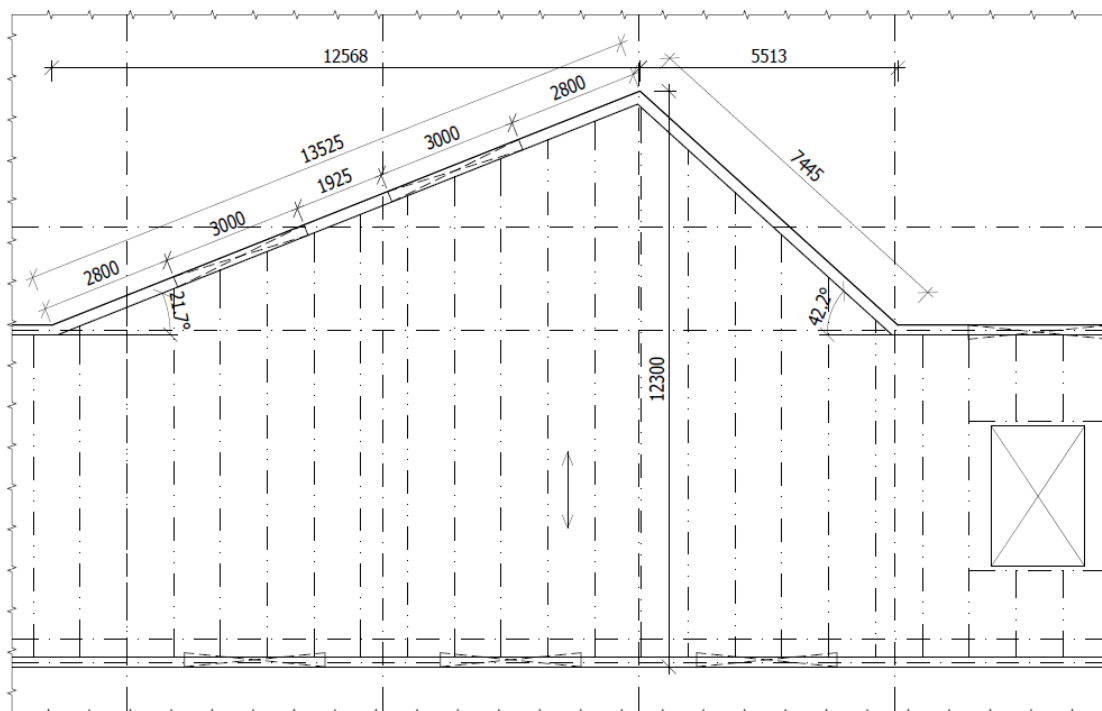
$$\text{Orientační stupeň vyztužení: } \rho = \frac{a_{s,req}}{b \cdot d} = \frac{571,7 \cdot 100}{1000 \cdot 269} = 0,21 \% \leq 0,5 \%$$

Navržený rozměr desky vyhovuje

Deska nad 2.NP – nad zázemím

Deska je navržena tl. 230 mm - viz. desky nad 1.NP

Deska nad 2.NP – nad atletickou dráhou



Žebrový monolitický strop

Maximální rozpětí: $L = 12300$ mm

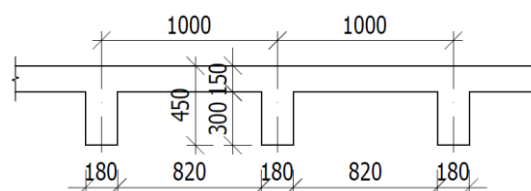
Osová vzdálenost žeber: $a = 1000$ mm

Tloušťka desky: $h_d = 150$ mm

Výška žebra: $h_z = 450$ mm

Šířka žebra: $b_z = 180$ mm

Předpokládaný profil výztuže: $\varnothing = 12$ mm





Zatížení

Zatížení	f_k [kN/m']	γ_F	f_d [kN/m']
ŽB deska	$0,15 \cdot 25 \cdot 1 = 3,75$	1,35	5,06
Žebro	$(0,45 - 0,15) \cdot 0,18 \cdot 25 = 1,35$	1,35	1,82
Střešní plášť	$2,5 \cdot 1 = 2,50$	1,35	3,38
Užitné zatížení – H	$1 \cdot 1 = 1,00$	1,50	1,50
Celkem $(g + q)_d$			11,76

Maximální návrhový moment:

$$m_{Ed} = \frac{1}{12} \cdot (g + q)_d \cdot L^2 = \frac{1}{12} \cdot 11,76 \cdot 12,3^2 = 148,26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Účinná výška průřezu: $d = h_p - c - \frac{\varnothing}{2} = 450 - 25 - \frac{12}{2} = 419 \text{ mm}$

Poměrný ohybový moment: $\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{148,26 \cdot 10^3}{0,18 \cdot 419^2 \cdot 20} = 0,235$

Poměrná výška tlačené oblasti: $\xi = 0,34$ (z tabulek) $< \xi_{opt} = 0,4$

Potřebná plocha výztuže: $a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 180 \cdot 419 \cdot 0,34 \cdot 20}{434,8} = 944 \text{ mm}^2$

Orientační stupeň vyztužení: $\rho = \frac{a_{s,req}}{b \cdot d} = \frac{944 \cdot 100}{180 \cdot 419} = 1,25 \% \approx 1,0 \%$

Přibližně stanovená posouvající síla:

$$V_{Ed,max} = 0,6 \cdot (g + q)_d \cdot L = 0,6 \cdot 11,76 \cdot 12,3 = 86,72 \text{ kN}$$

Únosnost tlačené diagonály:

$$V_{Rd,max} = v \cdot f_{cd} \cdot b \cdot z \cdot \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) \cdot 20 \cdot 180 \cdot 0,9 \cdot 419 \cdot \frac{1,5}{1 + 1,5^2} = 330,83 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 330,83 \text{ kN} > V_{Ed,max} = 86,72 \text{ kN}$$

... Vyhovuje

Ověření ohybové štíhlosti průvlaku:

$$\lambda = L/d = 12300/419 = 29,36 \leq \lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 1 \cdot 1 \cdot 1,76 \cdot 21 = 36,96$$

$$\kappa_{c1} = 1 \text{ ... obdélníkový průřez}$$

$$\kappa_{c2} = \frac{L}{7} = \frac{12,3}{7} = 1,76 \text{ ... rozhodující rozpětí} > 7,0 \text{ m}$$

$$\kappa_{c3} = 1 \text{ ... odhad součinitele napětí tahové výztuže}$$

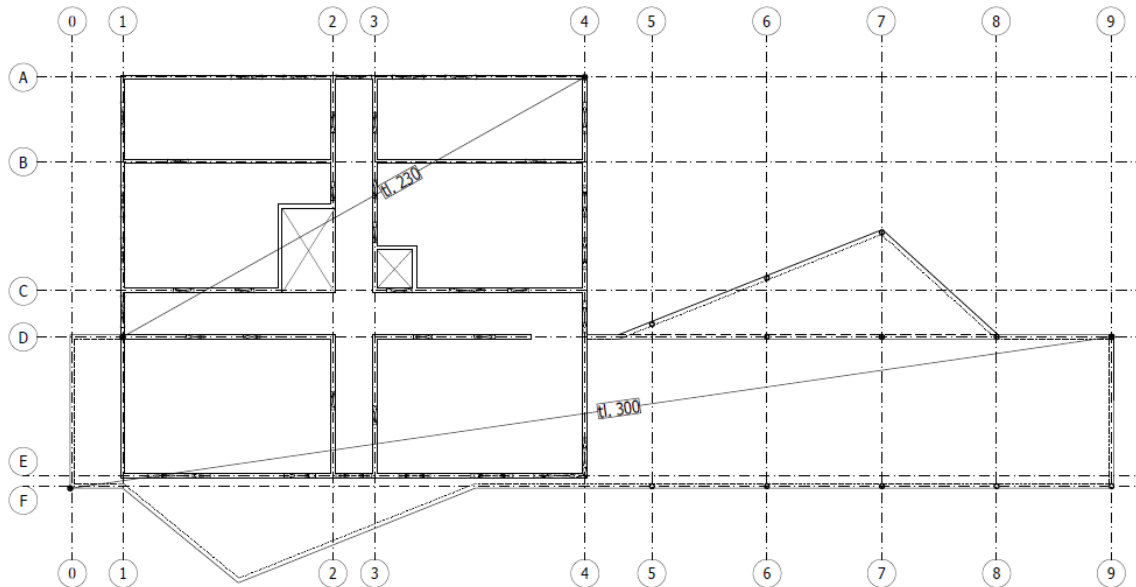
$$\lambda_{d,tab} = 21 \text{ ... } \rho \approx 1,5 \%$$

Navržené rozměry žebrového stropu vyhovují



Shrnutí tlouštěk desek nad 1.NP

Deska nad 1.NP v oblasti zázemí je navržena tl. 230 mm a deska nad 1.NP v oblasti atletické dráhy je navržena tl. 300 mm



Shrnutí tlouštěk desek nad 2.NP

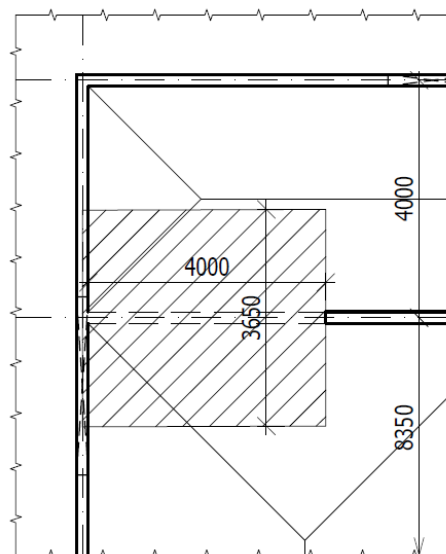
Deska nad 2.NP v oblasti zázemí je navržena tl. 230 mm a deska nad 2.NP v oblasti atletické dráhy je navržena jako žebírkový strop - tl. desky 150 mm, rozměr žeber: 180 x 450 mm.

6.1.2 Průvlaky

Beton: C30/37 – XC1 – Cl0,2 – D_{max}16 – S4

Krytí: 25 mm

Průvlak nad 2.NP – osa B



A – Statický výpočet



6 Předběžný návrh nosných prvků

Rozpětí: $L = 4000$ mm

Počet polí: 1

Empirický návrh výšky průvlaku: $h_p = \frac{L}{12} \sim \frac{L}{10} = \frac{4000}{12} \sim \frac{4000}{10} = 333 \sim 400 = 350$ mm

Návrh šířky průvlaku: $b_p = 200$ mm

Návrh: 200 x 350 mm

Náhradní zatěžovací šířka: 3,65 m

Zatížení

Zatížení	f_k [kN/m']	γ_F	f_d [kN/m']
ŽB deska	$0,23 \cdot 25 \cdot 3,65 = 20,99$	1,35	28,34
Průvlak	$(0,35 - 0,23) \cdot 0,2 \cdot 25 = 0,6$	1,35	0,81
Střecha	$2,5 \cdot 3,65 = 9,13$	1,35	12,33
Užitné zatížení - H	$1 \cdot 3,65 = 3,65$	1,50	5,48
Celkem $(g + q)_d$			46,96

Maximální návrhový moment: $m_{Ed} = \frac{1}{12} \cdot (g + q)_d \cdot L^2 = \frac{1}{12} \cdot 46,96 \cdot 4^2 = 62,62$ kN·m

Účinná výška průřezu: $d = h_p - c - \frac{\varnothing}{2} = 350 - 25 - \frac{12}{2} = 319$ mm

Poměrný ohybový moment: $\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{62,62 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 319^2 \cdot 20} = 0,154$

Poměrná výška tlačené oblasti: $\xi = 0,210$ (z tabulek) $< \xi_{opt} = 0,4$

Potřebná plocha výztuže: $a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 200 \cdot 319 \cdot 0,21 \cdot 20}{434,8} = 493$ mm²

Orientační stupeň vyztužení: $\rho = \frac{a_{s,req}}{b \cdot d} = \frac{493 \cdot 100}{200 \cdot 319} = 0,77$ % $\approx 1,0$ %

Přibližně stanovená posouvající síla:

$$V_{Ed,max} = 0,6 \cdot (g + q)_d \cdot L = 0,6 \cdot 46,96 \cdot 4 = 112,70 \text{ kN}$$

Únosnost tlačené diagonály:

$$V_{Rd,max} = v \cdot f_{cd} \cdot b \cdot z \cdot \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} = 0,6 \cdot (1 - \frac{30}{250}) \cdot 20 \cdot 200 \cdot 0,9 \cdot 319 \cdot \frac{1,5}{1 + 1,5^2} = 279,86 \text{ kN}$$

$V_{Rd,max} = 279,86$ kN $> V_{Ed,max} = 112,70$ kN

... Vyhovuje

Ověření ohybové štíhlosti průvlaku:

$$\lambda = L/d = 4000/319 = 12,54 \leq \lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 21 = 21,0$$

$\kappa_{c1} = 1$... obdélníkový průřez

$\kappa_{c2} = 1$... rozhodující rozpětí $< 7,0$ m

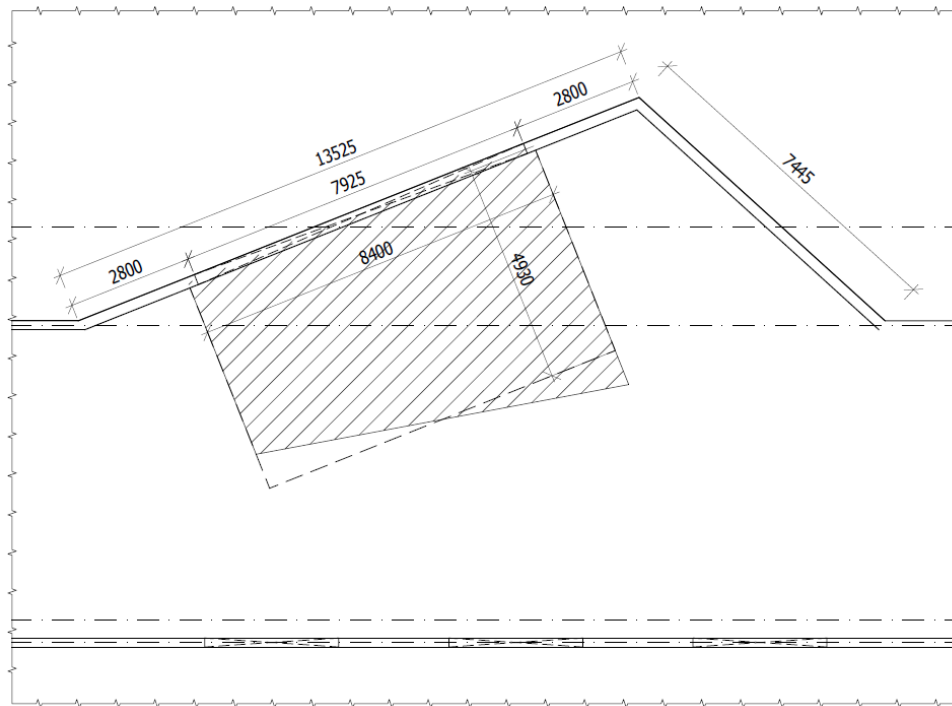
$\kappa_{c3} = 1$... odhad součinitele napětí tahové výztuže



$$\lambda_{d,tab} = 21 \dots \rho \approx 1,5 \%$$

Navržený rozměr průvlaku vyhovuje

Průvlak nad okenním otvorem v atletické hale



Rozpětí: $L = 8400 \text{ mm}$

Empirický návrh výšky průvlaku: $h_p = \frac{L}{12} \sim \frac{L}{10} = \frac{8400}{12} \sim \frac{8400}{10} = 700 \sim 840 = 700 \text{ mm}$

Návrh šířky průvlaku: $b_p = 200 \text{ mm}$

Návrh: 200 x 700 mm

Zatěžovací plocha: 41,4 m

Náhradní zatěžovací šířka: 4,93 m

Zatížení

Zatížení	$f_k \text{ [kN/m']}$	γ_F	$f_d \text{ [kN/m']}$
ŽB deska	$0,15 \cdot 25 \cdot 4,93 = 18,5$	1,35	24,98
Žebra	$7 \cdot (0,45 - 0,15) \cdot 0,18 \cdot 25 = 9,45$	1,35	12,75
Průvlak	$(0,7 - 0,15) \cdot 0,2 \cdot 25 = 2,75$	1,35	3,71
Střešní plášť	$2,5 \cdot 4,93 = 12,33$	1,35	16,65
Užitné zatížení – H	$1 \cdot 4,93 = 4,93$	1,50	7,40
Celkem $(g + q)_d$			65,49

Maximální návrhový moment:

$$m_{Ed} = \frac{1}{12} \cdot (g + q)_d \cdot L^2 = \frac{1}{12} \cdot 65,49 \cdot 8,4^2 = 385,1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



6 Předběžný návrh nosných prvků

$$\text{Účinná výška průřezu: } d = h_p - c - \frac{\varnothing}{2} = 700 - 25 - \frac{14}{2} = 668 \text{ mm}$$

$$\text{Poměrný ohybový moment: } \mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{385,1}{200 \cdot 668^2 \cdot 20} = 0,214$$

$$\text{Poměrná výška tlačené oblasti: } \zeta = 0,305 \text{ (z tabulek)} < \zeta_{opt} = 0,4$$

$$\text{Potřebná plocha výztuže: } a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \zeta \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 200 \cdot 668 \cdot 0,305 \cdot 20}{434,8} = 1500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Orientační stupeň vyztužení: } \rho = \frac{a_{s,req}}{b \cdot d} = \frac{1500 \cdot 100}{200 \cdot 668} = 1,12 \% \approx 1,0 \%$$

Přibližně stanovená posouvající síla:

$$V_{Ed,max} = 0,5 \cdot (g + q)_d \cdot L = 0,5 \cdot 65,49 \cdot 8,4 = 275,1 \text{ kN}$$

Únosnost tlačené diagonály:

$$V_{Rd,max} = v \cdot f_{cd} \cdot b \cdot z \cdot \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) \cdot 20 \cdot 200 \cdot 0,9 \cdot 668 \cdot \frac{1,5}{1 + 1,5^2} = 586 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 586 \text{ kN} > V_{Ed,max} = 275,1 \text{ kN}$$

... Vyhovuje

Ověření ohybové štíhlosti průvlaku:

$$\lambda = L/d = 8400/668 = 12,57 \leq \lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 21 = 25,2$$

$$\kappa_{c1} = 1 \text{ ... obdélníkový průřez}$$

$$\kappa_{c2} = \frac{L}{7} = \frac{8,4}{7} = 1,2 \text{ ... rozhodující rozpětí } > 7,0 \text{ m}$$

$$\kappa_{c3} = 1 \text{ ... odhad součinitele napětí tahové výztuže}$$

$$\lambda_{d,tab} = 21 \text{ ... } \rho \approx 1,5 \%$$

Navržený rozměr průvlaku vyhovuje

Průvlak na rozhraní atletické dráhy a skokanského doskočiště

$$\text{Rozpětí: } L = 5470 \text{ mm}$$

Návrh výšky průvlaku: $h_p = 560 \text{ mm} \rightarrow$ vychází z potřebné výšky úskoku

Návrh šířky průvlaku: $b_p = 300 \text{ mm} \rightarrow$ vychází z tloušťky navazujících stěn

Návrh: 300 x 560 mm

6.2 Svislé nosné konstrukce

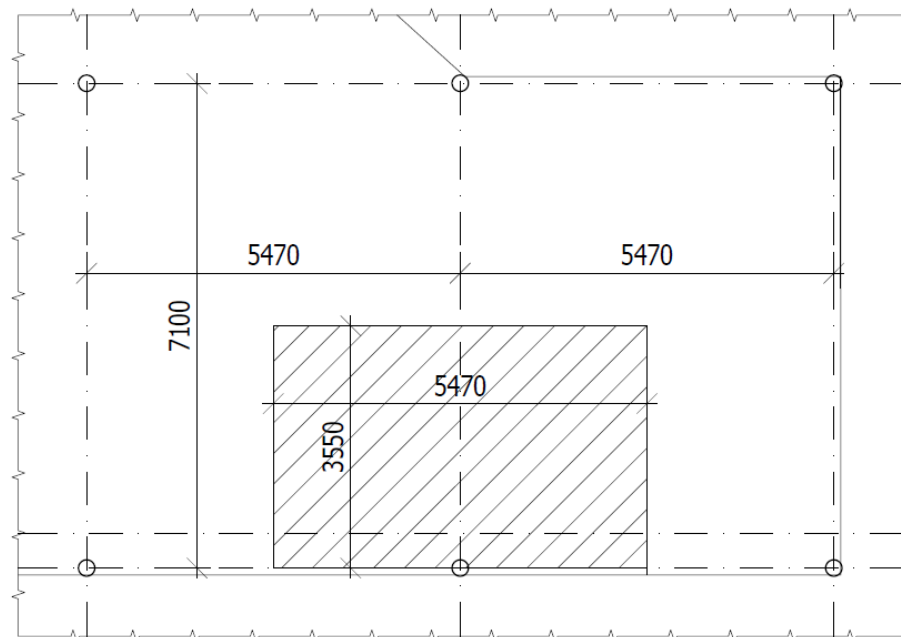
6.2.1 Stěny

Nosné stěny jsou navrženy ze železobetonu tloušťky 200 mm. V předběžném návrhu nebyly ověřovány (objekt má pouze dvě nadzemní podlaží, standartní rozpětí stropů i zatížení).

Stěnové nosníky v 2.NP budou ověřeny až v podrobném návrhu.



6.2.2 Sloupy



Návrh: Ø300 mm

Výška sloupu: 4,2 m

Zatěžovací plocha: $A = 5,47 \cdot 3,55 = 19,42 \text{ m}^2$

Normálová síla v hlavě sloupu

Zatížení	f_k [kN]	γ_F	f_d [kN]
ŽB deska nad 1.NP	$0,3 \cdot 25 \cdot 19,42 = 145,65$	1,35	196,63
Podlaha	$2,254 \cdot 19,42 = 43,77$	1,35	59,09
ŽB deska nad 2.NP	$0,32 \cdot 25 \cdot 19,42 = 155,36$	1,35	209,74
Střešní plášť	$2,5 \cdot 19,42 = 48,55$	1,35	65,54
Stěna	$25 \cdot 0,2 \cdot 5,45 \cdot 5,8 = 185,05$	1,35	213,37
Užitné zatížení – C4	$5 \cdot 19,42 = 97,25$	1,50	145,88
Užitné zatížení – H	$1 \cdot 19,42 = 19,42$	1,50	29,18
Celkem $N_{Ed,max}$			909,43

Orientační normálová únosnost sloupu:

$$N_{Rd} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot \sigma_s = 0,8 \cdot \pi \cdot 0,15^2 \cdot 20 + \pi \cdot 0,15^2 \cdot 0,02 \cdot 400 = 1696,5 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 1696,5 \text{ kN} > N_{Ed,max} = 909,43 \text{ kN}$$

... Vyhovuje

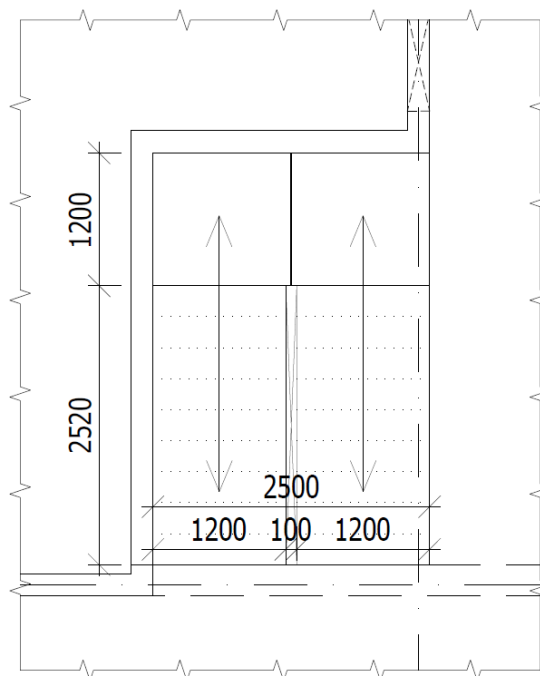
Vliv momentu je zanedbám, jelikož většinu momentu převezme stěna nad sloupy.

Navržený rozměr sloupu vyhovuje



6.3 Schodiště

Schodiště uvnitř budovy



Prefabrikované, železobetonové, dvouramenné

Oddílatování schodiště je provedeno pomocí Schöck tronsolí

Konstrukční výška podlaží: 3,5 m

Šířka mezipodesty a ramen: 1200 mm

Délka mezipodesty: 2500 mm

Půdorysná délka ramene: 2520 mm

Počet stupňů v podlaží: 20

Počet stupňů v rameni: 10

Výška schodišťového stupně: 175 mm

Šířka schodišťového stupně: 280 mm

Úhel stoupání: 32°

Empirický návrh tloušťky ramene:

$$h_r = \frac{L}{30} \sim \frac{L}{25} = \frac{2520+0,5 \cdot 280+1200+100}{30} \sim \frac{2520+0,5 \cdot 280+1200+100}{25} = 132 \sim 159 =$$

$$= 150 \text{ mm}$$

6.4 Základové konstrukce

Objekt bude založen na základových pasech a patkách

Typ zeminy: Typ zeminy: F4-CS

A – Statický výpočet



6 Předběžný návrh nosných prvků

Základové poměry: jednoduché	}	1. geotechnická kategorie
Složitost konstrukce: náročná stavba		
Bez výskytu spodní vody		

Rozměry základů byly optimalizovány v rámci podrobného výpočtu (kapitola 7.2)



7 Podrobný návrh nosných prvků

Varianta B povede, díky více podporám 2.NP, k menší tloušťce stěnových nosníků a tím k úspoře materiálu. Z hlediska cíle diplomové práce se ve variantě A nachází více složitějších stěnových nosníků, proto bude podrobný návrh proveden pouze pro tuto variantu.

7.1 Model konstrukce

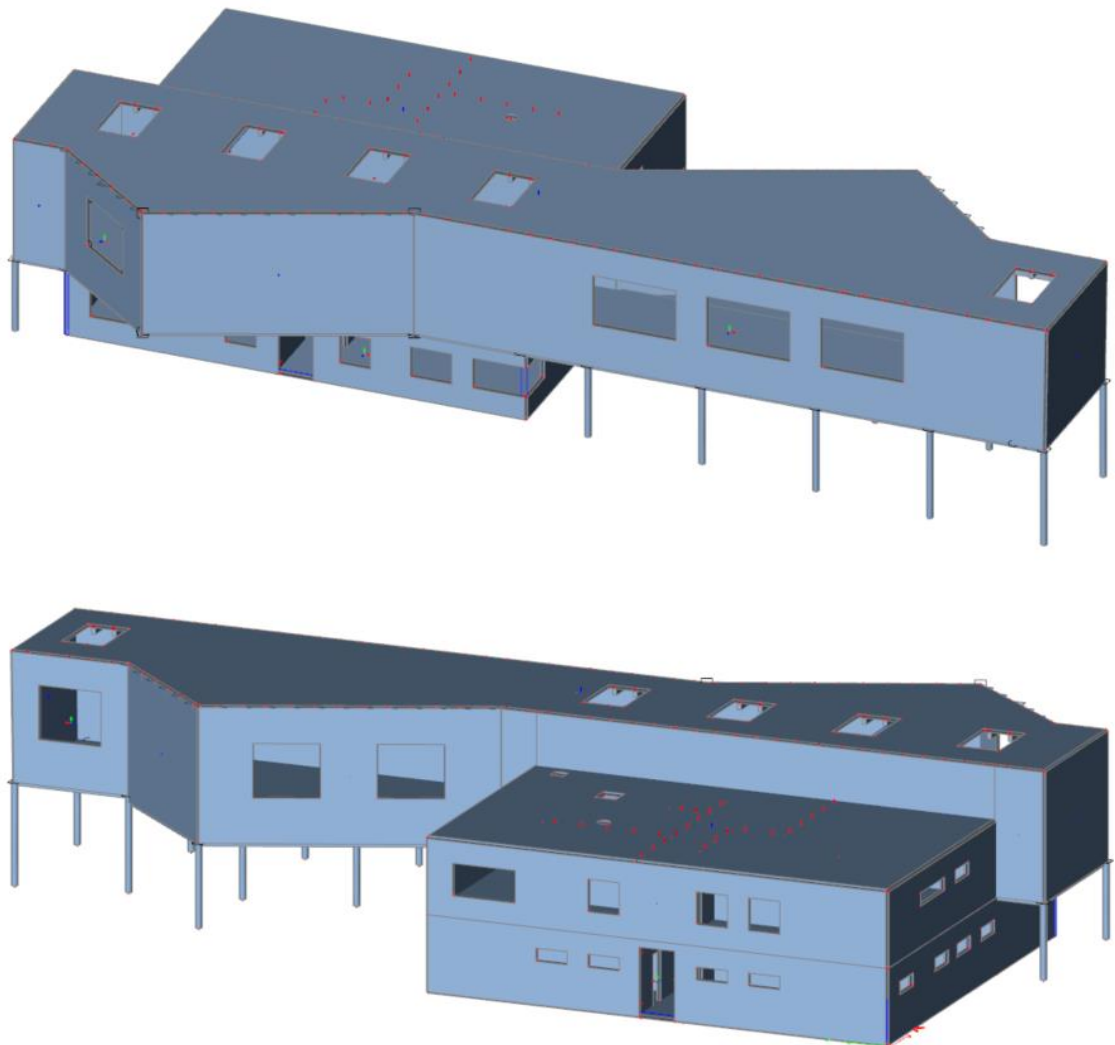
K podrobnému návrhu konstrukce atletického centra byl vytvořen 3D výpočetní model v programu SCIA Engineer, pomocí kterého bylo analyzováno pržné zobrazení vnitřních sil v prvcích. Na základě toho bylo provedeno dimenzování a posouzení stropních prvků 1.NP a 2.NP. K návrhu pro návrh stěnových nosníků diagonálního běžeckého tunelu byly použity rovinné modely v programu IDEA StatiCa.

Objekt je založen v zemině F4, přičemž HPV není zjištěna. Založení objektu je na základových pasech a patkách, které jsou v programu modelovány formou vetknutí. Deska nad 1.NP i nad 2.NP v oblasti zázemí centra je plná železobetonová a má tloušťku 230 mm. Deska nad 1.NP pod atletickou dráhou je plná železobetonová a má tloušťku 300 mm a deska nad 2.NP v téže oblasti je žebrová monolitická s tloušťkou desky 150 mm a rozměry žeber 180x450 mm. Železobetonové stěny byly v první fázi výpočtu uvažovány tl. 200 mm. Z důvodu nevyhovujících výsledků při podrobném posouzení musely mít stěnové nosníky v konečné fázi tloušťku 300 mm. Venkovní železobetonové sloupy pod atletickou dráhou jsou kruhového průřezu o průměru 300 mm.

Aplikace zatížení je provedena dle schémat uvedených v kapitole 4 - Přehled zatížení.



3D model konstrukce





7.2 Geotechnický výpočet

7.2.1 Základový pas

Posouzení plošného základu

Vstupní data

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
 Součinitele EN 1992-1-1 : standardní

Sedání

Metoda výpočtu : ČSN 73 1001 (Výpočet pomocí edometrického modulu)
 Omezení deformační zóny : pomocí strukturální pevnosti

Patky

Výpočet pro neodvodněné podmínky : EC 7-1 (EN 1997-1:2003)
 Posouzení tažené patky : standardní postup
 Dovolená excentricita : 0,333
 Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
 Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce svislé únosnosti :	$\gamma_{Rvs} =$	1,40 [-]	
Součinitel redukce vodorovné únosnosti :	$\gamma_{Rhs} =$	1,10 [-]	

Parametry zemín

Třída F4, konzistence tuhá

Objemová tíha : $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$
 Soudržnost zeminy : $c_u = 50,00 \text{ kPa}$
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,35$
 Edometrický modul : $E_{oed} = 8,00 \text{ MPa}$
 Koef. strukturální pevnosti : $m = 0,20$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,50 \text{ kN/m}^3$

Navážka

Objemová tíha : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Soudržnost zeminy : $c_u = 60,00 \text{ kPa}$
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,40$
 Edometrický modul : $E_{oed} = 8,50 \text{ MPa}$
 Koef. strukturální pevnosti : $m = 0,20$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Založení

Typ základu: základový pas

Hloubka od původního terénu $h_z = 2,20 \text{ m}$
 Hloubka základové spáry $d = 2,20 \text{ m}$
 Tloušťka základu $t = 1,80 \text{ m}$

A – Statický výpočet



7 Podrobný návrh nosných prvků

Nadloží

Typ: zadat objemovou tíhu

Objemová tíha zeminy nad základem = 20,00 kN/m³

Geometrie konstrukce

Typ základu: základový pas

Čelková délka pasu = 22,00 m

Šířka pasu (x) = 2,00 m

Šířka sloupu ve směru x = 0,20 m

Zadané zatížení je uvažováno na 1bm délky pasu.

Objem pasu = 3,60 m³/m

Objem výkopu = 4,40 m³/m

Objem zásypu = 0,72 m³/m

Materiál konstrukce

Objemová tíha γ = 23,00 kN/m³

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton: C 25/30

Válcová pevnost v tlaku f_{ck} = 25,00 MPa

Pevnost v tahu f_{ctm} = 2,60 MPa

Modul pružnosti E_{cm} = 31000,00 MPa

Ocel podélná: B500B

Mez kluzu f_{yk} = 500,00 MPa

Ocel příčná: B500B

Mez kluzu f_{yk} = 500,00 MPa

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	2,00	0,00 .. 2,00	Navážka	
2	-	2,00 .. ∞	Třída F4, konzistence tuhá	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN/m]	M _y [kNm/m]	H _x [kN/m]
	nové	změna					
1	Ano		Návrhové	Návrhové	260,00	18,70	11,00
2	Ano		Charakteristické	Užitné	188,00	11,90	7,30

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : výpočet pro neodvodněné podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Posouzení čís. 1

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	Vl. tíha příznivě	e _x [m]	e _y [m]	σ [kPa]	R _d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Návrhové	Ano	0,00	0,00	179,15	212,86	84,16	Ano
Návrhové	Ne	0,00	0,00	196,16	212,87	92,15	Ano

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Spočtená vlastní tíha pasu G = 111,78 kN/m

A – Statický výpočet



7 Podrobný návrh nosných prvků

Spočtená tíha nadloží $Z = 19,44 \text{ kN/m}$

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník
Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Návrhové)

Parametry smykové plochy pod základem:
Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 1,42 \text{ m}$
Dosah smykové plochy $l_{sp} = 3,00 \text{ m}$

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 212,87 \text{ kPa}$
Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 196,16 \text{ kPa}$

Svislá únosnost VYHOVUJE Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,002 < 0,333$
Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,000 < 0,333$
Max. prostorová excentricita $e_t = 0,002 < 0,333$

Excentricita zatížení základu VYHOVUJE Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Návrhové)
Zemní odpor: klidový
Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 30,11 \text{ kN}$

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 118,00 \text{ kN}$
Extrémní horizontální síla $H = 11,00 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE Posouzení čís. 1

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.
Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha pasu $G = 82,80 \text{ kN/m}$
Spočtená tíha nadloží $Z = 14,40 \text{ kN/m}$

Sednutí středu délkové hrany = 5,1 mm
Sednutí středu šířkové hrany 1 = 9,3 mm
Sednutí středu šířkové hrany 2 = 9,1 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{def} = 4,98 \text{ MPa}$
Základ je ve směru délky tuhý ($k=4533,75$)
Základ je ve směru šířky tuhý ($k=36270,00$)

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,002 < 0,333$
Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,000 < 0,333$
Max. prostorová excentricita $e_t = 0,002 < 0,333$

Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

A – Statický výpočet



7 Podrobný návrh nosných prvků

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 11,9 mm

Hloubka deformační zóny = 3,45 m

Natočení ve směru šířky = 0,088 (tan*1000); (5,0E-03 °)

Dimenzace čís. 1

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru x

$0,90 \text{ m} \leq 0,90 \text{ m}$

Maximální vyložení patky je menší než $0,50 \cdot$ tloušťka patky, výztuž není nutná.

Posouzení základu na protlačení

Normálová síla v sloupu = 260,00 kN

Maximální únosnost na obvodu sloupu

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy = 26,00 kN

Síla přenášená smykovou pevností patky = 234,00 kN

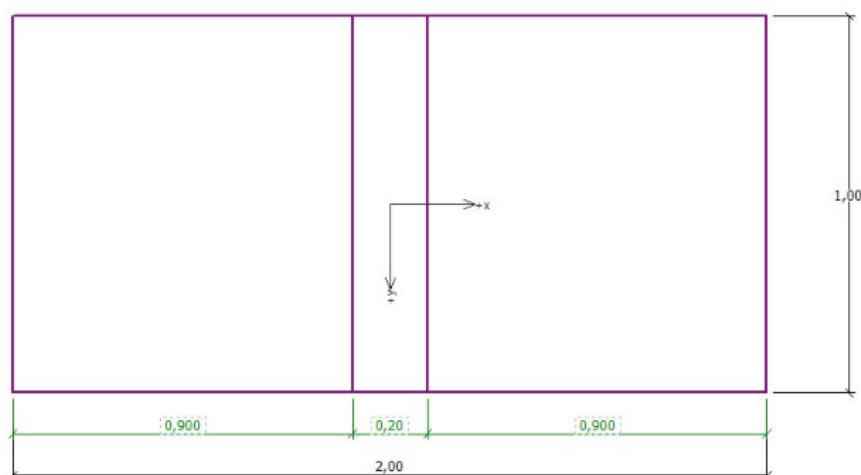
Uvažovaný obvod sloupu u_0 = 2,00 m

Smykové napětí na obvodu sloupu $V_{Ed,max}$ = 0,09 MPa

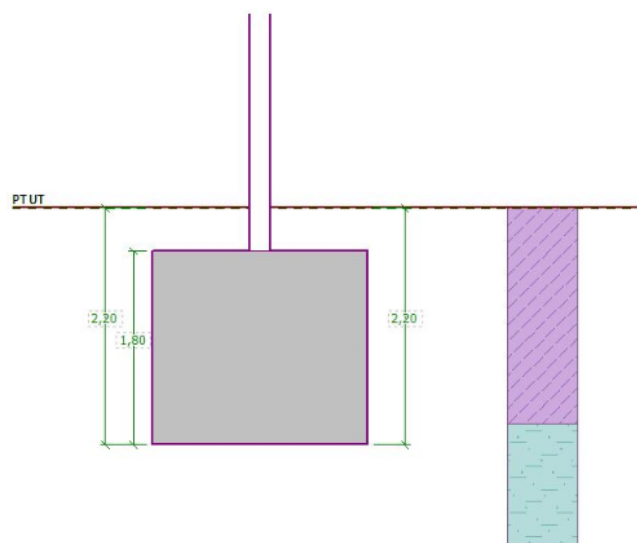
Únosnost na obvodu sloupu $V_{Rd,max}$ = 3,60 MPa

Základ na protlačení VYHOVUJE

Půdorys základového pasu



Řez základovým pasem





7.2.2 Základová patka

Posouzení plošného základu

Vstupní data

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)
 Součinitele EN 1992-1-1 : standardní

Sedání

Metoda výpočtu : ČSN 73 1001 (Výpočet pomocí edometrického modulu)
 Omezení deformační zóny : pomocí strukturální pevnosti

Patky

Výpočet pro neodvodněné podmínky : EC 7-1 (EN 1997-1:2003)
 Posouzení tažené patky : standardní postup
 Dovolená excentricita : 0,333
 Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
 Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce svislé únosnosti :		$\gamma_{Rvs} =$	1,40 [-]
Součinitel redukce vodorovné únosnosti :		$\gamma_{Rhs} =$	1,10 [-]

Parametry zemín

Třída F4, konzistence tuhá

Objemová tíha : $\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$
 Soudržnost zeminy : $c_u = 50,00 \text{ kPa}$
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,35$
 Edometrický modul : $E_{oed} = 8,00 \text{ MPa}$
 Koef. strukturální pevnosti : $m = 0,20$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,50 \text{ kN/m}^3$

Navážka

Objemová tíha : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 Soudržnost zeminy : $c_u = 60,00 \text{ kPa}$
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,40$
 Edometrický modul : $E_{oed} = 8,50 \text{ MPa}$
 Koef. strukturální pevnosti : $m = 0,20$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 20,00 \text{ kN/m}^3$

Založení

Typ základu: centrická patka

Hloubka od původního terénu $h_z = 2,20 \text{ m}$
 Hloubka základové spáry $d = 2,20 \text{ m}$
 Tloušťka základu $t = 1,85 \text{ m}$

A – Statický výpočet



7 Podrobný návrh nosných prvků

Nadloží

Typ: zadat objemovou tíhu

Objemová tíha zeminy nad základem = 20,00 kN/m³

Geometrie konstrukce

Typ základu: centrická patka

Délka patky $x = 2,15$ m

Šířka patky $y = 2,15$ m

Šířka sloupu ve směru x $c_x = 0,30$ m

Šířka sloupu ve směru y $c_y = 0,30$ m

Objem patky = 8,55 m³

Objem výkopu = 10,17 m³

Objem zásyvu = 1,59 m³

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23,00$ kN/m³

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton: C 25/30

Válcová pevnost v tlaku

$f_{ck} = 25,00$ MPa

Pevnost v tahu

$f_{ctm} = 2,60$ MPa

Modul pružnosti

$E_{cm} = 31000,00$ MPa

Ocel podélná: B500B

Mez kluzu

$f_{yk} = 500,00$ MPa

Ocel příčná: B500B

Mez kluzu

$f_{yk} = 500,00$ MPa

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	2,00	0,00 .. 2,00	Navážka	
2	-	2,00 .. ∞	Třída F4, konzistence tuhá	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Stálé	Návrhové	831,00	1,00	7,00	4,00	1,00
2	Ano		Užitné	Užitné	624,00	0,70	5,20	3,40	0,70

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : výpočet pro neodvodněné podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Posouzení čís. 1

Posouzení zatěžovacích stavů

Název	VI. tíha příznivě	e_x [m]	e_y [m]	σ [kPa]	R_d [kPa]	Využití [%]	Vyhovuje
Stálé	Ano	0,00	0,00	229,84	250,50	91,75	Ano
Stálé	Ne	0,00	0,00	247,14	250,51	98,66	Ano

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

A – Statický výpočet



7 Podrobný návrh nosných prvků

Spočtená vlastní tíha patky $G = 265,53$ kN
Spočtená tíha nadloží $Z = 42,83$ kN

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník
Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Stálé)

Parametry smykové plochy pod základem:
Hloubka smykové plochy $z_{sp} = 1,52$ m
Dosah smykové plochy $l_{sp} = 3,23$ m

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 250,51$ kPa
Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 247,14$ kPa

Svislá únosnost VYHOVUJE

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,000 < 0,333$
Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,001 < 0,333$
Max. prostorová excentricita $e_t = 0,001 < 0,333$

Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Stálé)
Zemní odpor: klidový
Výpočtová velikost zemního odporu $S_{pd} = 65,27$ kN

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 268,85$ kN
Extrémní horizontální síla $H = 4,12$ kN

Vodorovná únosnost VYHOVUJE

Únosnost základu VYHOVUJE

Posouzení čís. 1

Sednutí a natočení základu - vstupní data

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.
Výpočet proveden s uvažováním koeficientu κ_1 (vliv hloubky založení).

Napětí v základové spáře uvažováno od upraveného terénu.

Spočtená vlastní tíha patky $G = 196,69$ kN
Spočtená tíha nadloží $Z = 31,73$ kN

Sednutí středu hrany x - 1 = 9,4 mm
Sednutí středu hrany x - 2 = 9,3 mm
Sednutí středu hrany y - 1 = 9,4 mm
Sednutí středu hrany y - 2 = 9,3 mm
Sednutí středu základu = 18,5 mm
Sednutí charakterist. bodu = 11,7 mm

(1-hrana max.tlačená; 2-hrana min.tlačená)

Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Spočtený vážený průměrný modul přetvárnosti $E_{def} = 4,98$ MPa

Základ je ve směru délky tuhý ($k=3962,14$)

Základ je ve směru šířky tuhý ($k=3962,14$)

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,001 < 0,333$
Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,001 < 0,333$
Max. prostorová excentricita $e_t = 0,001 < 0,333$

Excentricita zatížení základu VYHOVUJE

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 11,7 mm
Hloubka deformační zóny = 2,63 m

Natočení ve směru x = 0,029 (\tan^*1000); (1,7E-03 °)

Natočení ve směru y = 0,053 (\tan^*1000); (3,0E-03 °)



7 Podrobný návrh nosných prvků

Dimenzace čís. 1

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru x

$$0,93 \text{ m} \leq 0,93 \text{ m}$$

Maximální vyložení patky je menší než $0,50 \cdot$ tloušťka patky, výztuž není nutná.

Posouzení podélné výztuže základu ve směru y

$$0,93 \text{ m} \leq 0,93 \text{ m}$$

Maximální vyložení patky je menší než $0,50 \cdot$ tloušťka patky, výztuž není nutná.

Posouzení základu na protlačení

Normálová síla v sloupu = 831,00 kN

Maximální únosnost na obvodu sloupu

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy	=	16,18 kN
Síla přenášená smykovou pevností patky	=	814,82 kN
Uvažovaný obvod sloupu	u_0	= 1,20 m
Smykové napětí na obvodu sloupu	$V_{Ed,max}$	= 0,39 MPa
Únosnost na obvodu sloupu	$V_{Rd,max}$	= 3,60 MPa

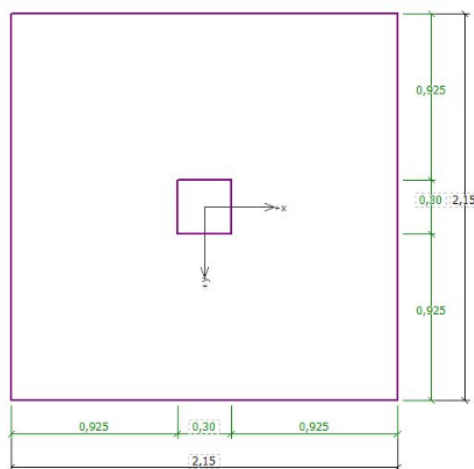
Kritický průřez bez smykové výztuže

Síla přenesená roznášením do zákl. půdy	=	668,83 kN
Síla přenášená smykovou pevností patky	=	162,17 kN
Vzdálenost průřezu od sloupu	=	0,90 m
Délka průřezu	u	= 6,86 m
Smykové napětí na průřezu	V_{Ed}	= 0,01 MPa
Únosnost nevztuženého průřezu	$V_{Rd,c}$	= 1,08 MPa

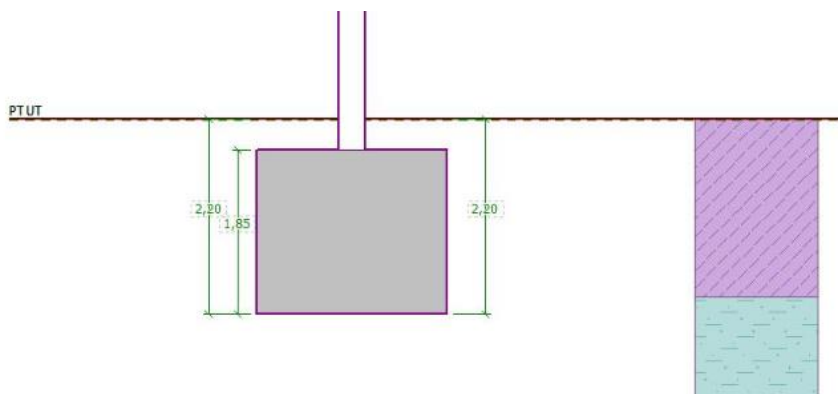
$V_{Ed} < V_{Rd,c} \Rightarrow$ Výztuž není nutná

Základ na protlačení VYHOVUJE

Půdorys základové patky



Řez základovou patkou

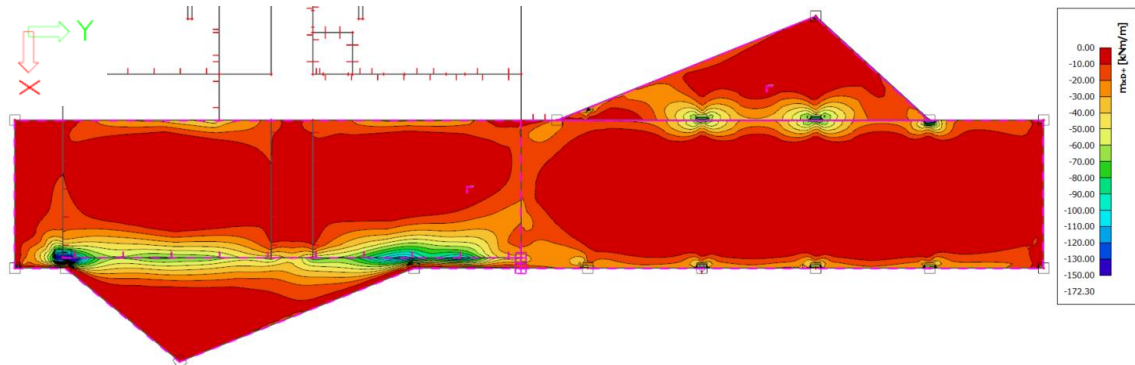




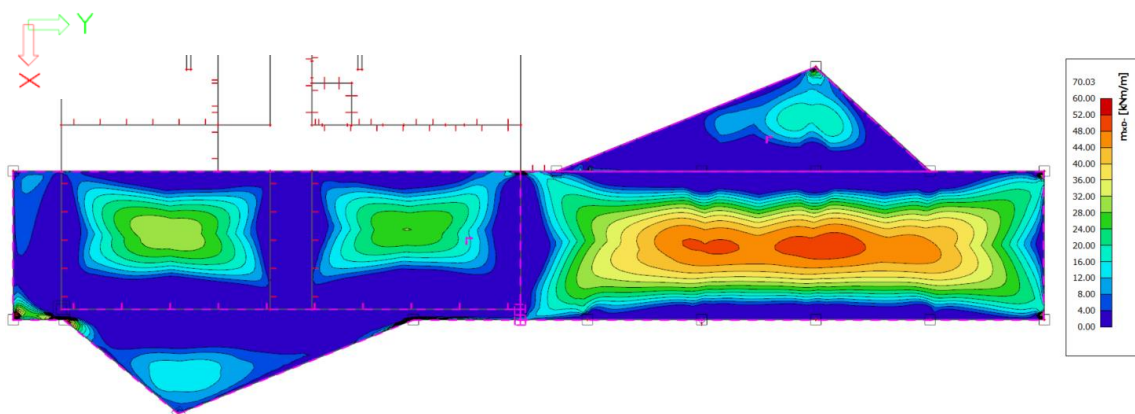
7.3 Návrh stropní desky nad 1.NP – v oblasti atletické dráhy

7.3.1 Vnitřní síly desky

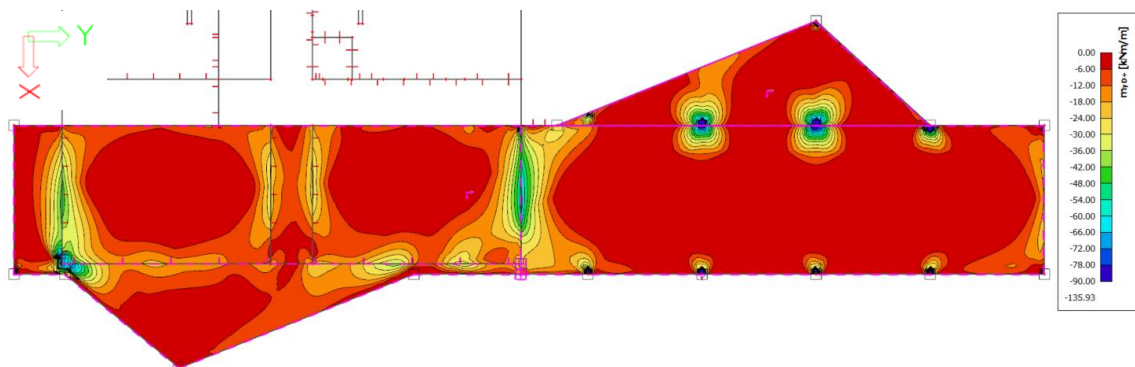
Dimenzační moment ve směru x u horního povrchu desky – kombinace MSÚ



Dimenzační moment ve směru x u spodního povrchu desky – kombinace MSÚ

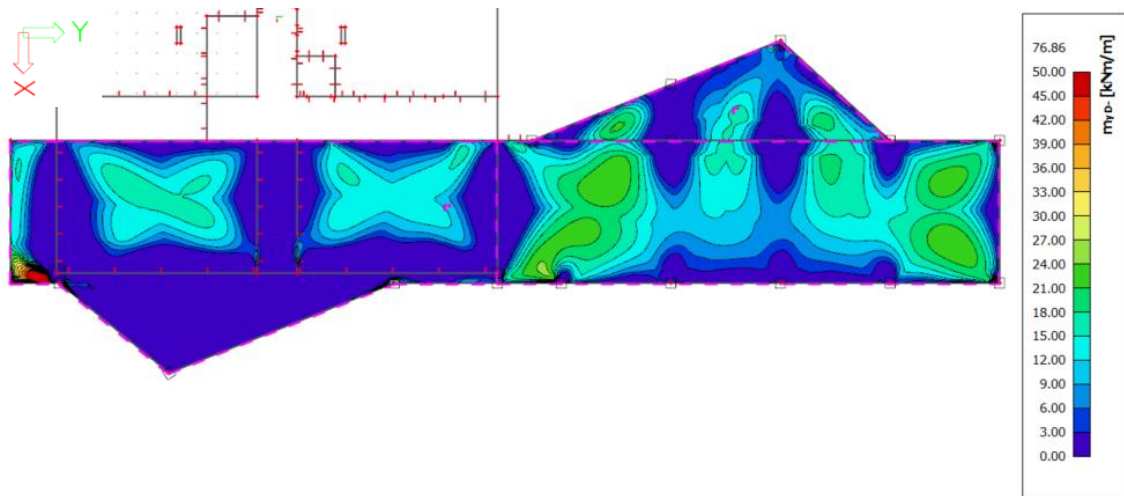


Dimenzační moment ve směru y u horního povrchu desky – kombinace MSÚ

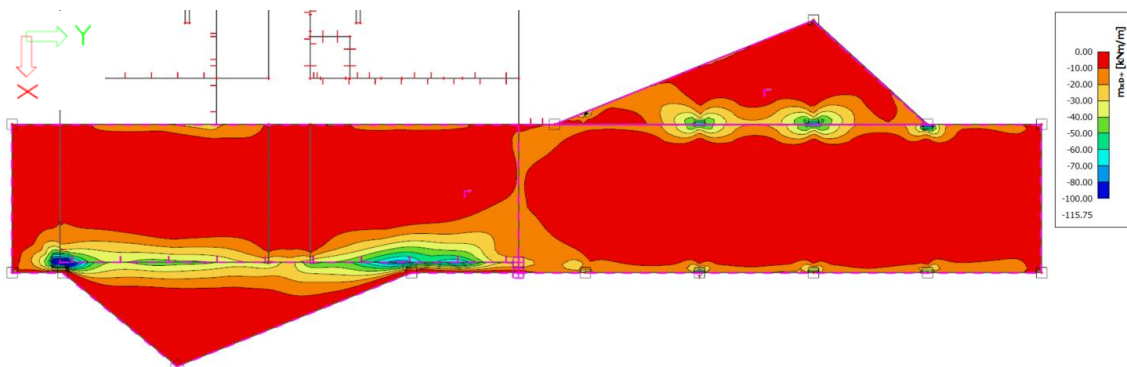




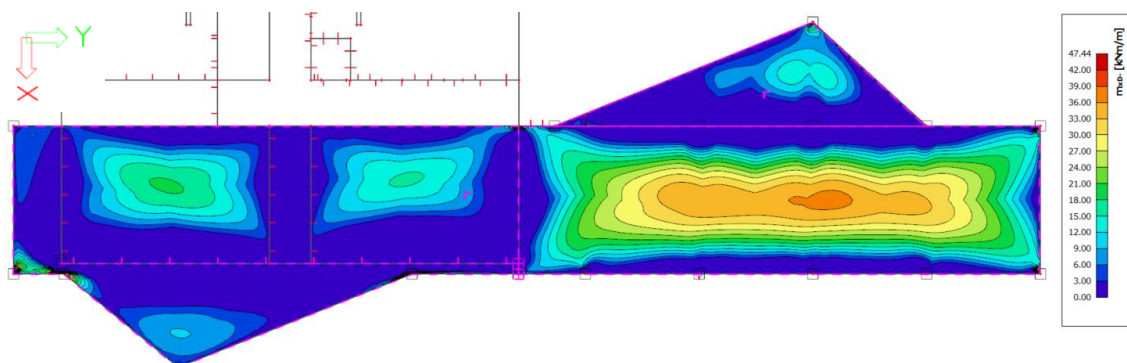
Dimenzační moment ve směru y u spodního povrchu desky – kombinace MSÚ



Dimenzační moment ve směru x u horního povrchu desky – kombinace kvazistálá MSP

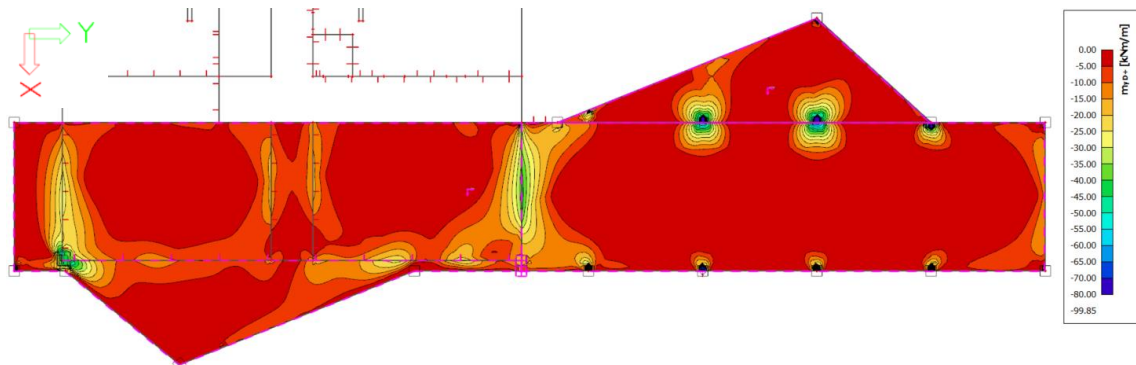


Dimenzační moment ve směru x u spodního povrchu desky – kombinace kvazistálá MSP

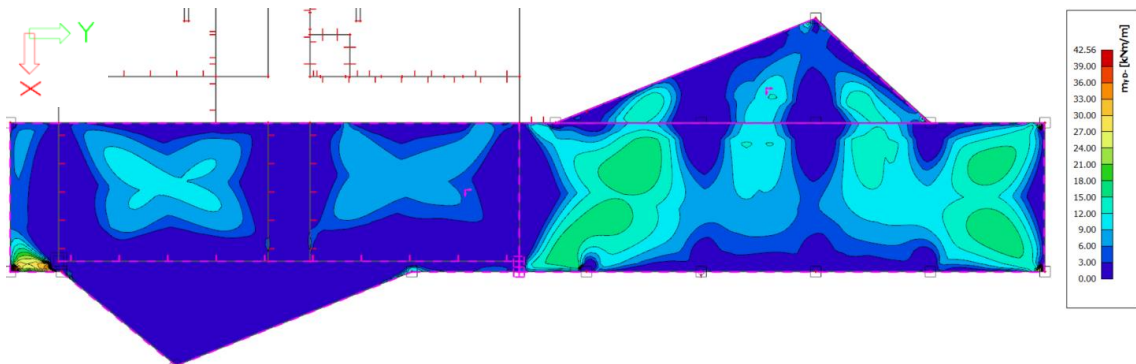




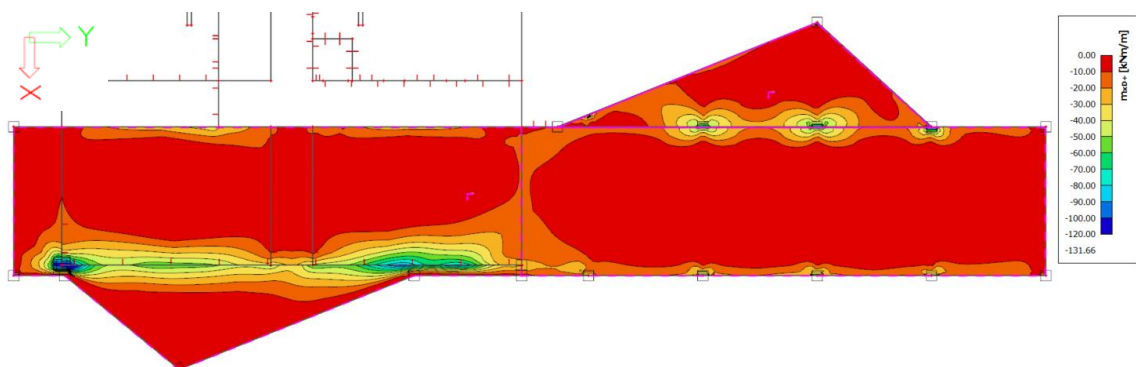
Dimenzační moment ve směru y u horního povrchu desky – kombinace kvazistálá MSP



Dimenzační moment ve směru y u spodního povrchu desky – kombinace kvazistálá MSP

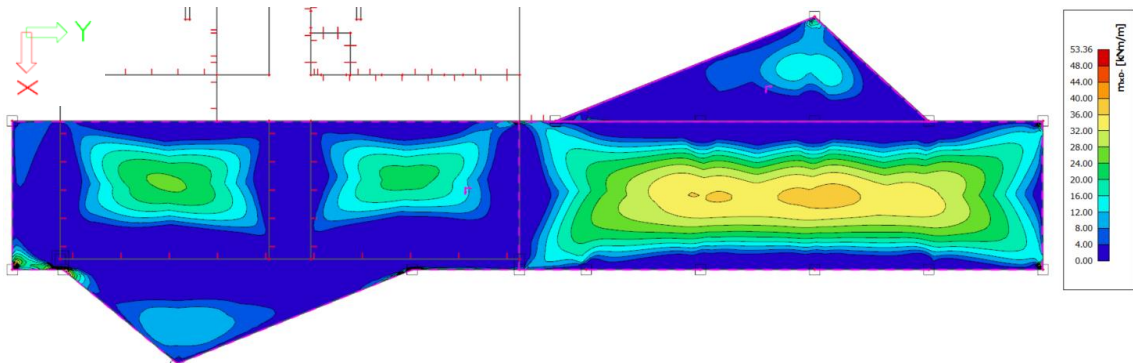


Dimenzační moment ve směru x u horního povrchu desky – kombinace charakteristická MSP

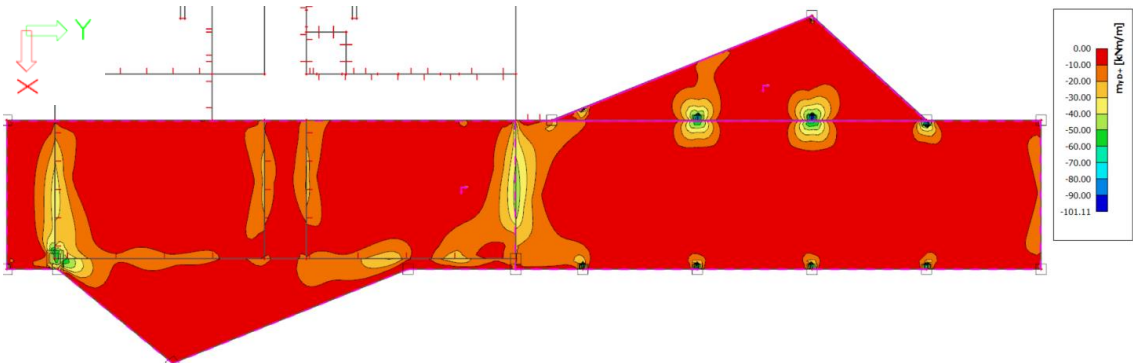




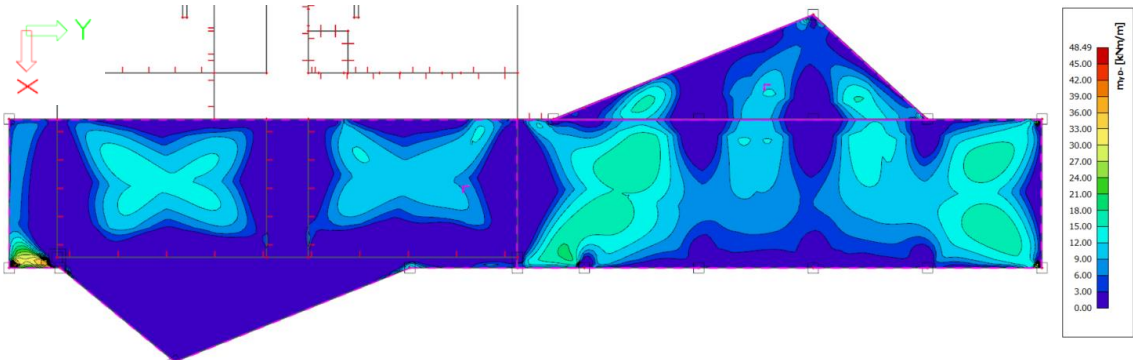
Dimenzační moment ve směru y u horního povrchu desky – kombinace charakteristická MSP



Dimenzační moment ve směru x u spodního povrchu desky – kombinace charakteristická MSP



Dimenzační moment ve směru y u spodního povrchu desky – kombinace charakteristická MSP



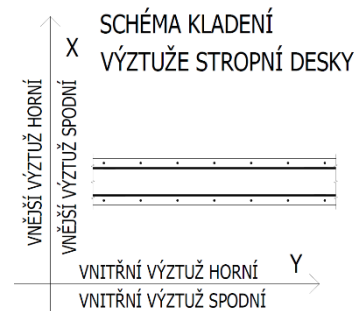
7.3.2 Návrh a posouzení ohybové výztuže desky

Tloušťka desky: $h = 300 \text{ mm}$

Návrh výztuže

$$\text{Poměrný ohybový moment: } \mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

$$\text{Potřebná plocha výztuže: } a_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$$



A – Statický výpočet



7 Podrobný návrh nosných prvků

Výztuž	Směr	Místo	M_{Ed} [kNm/m']	d [mm]	μ [-]	ζ [-]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,req,př}$ [mm ²]	$A_{s,prov,př}$ [mm ²]	$A_{s,prov}$ [mm ²]	Návrh
HORNÍ	X	základní rastr	25	270	0,017	0,991	215	/	/	524	Ø10á150mm
		příložky - kraje desky	55	270	0,038	0,981	478	/	/	524	Ø10á150mm
		příložky - nad zázemím	116	270	0,080	0,957	1033	509	524	1048	Ø10á150mm+Ø10á150mm
		příložky - roh	150	268	0,104	0,945	1362	838	1026	1550	Ø10á150mm+Ø14á150mm
	Y	základní rastr	30	260	0,022	0,989	268	/	/	524	Ø10á150mm
		příložky - kraje desky	66	260	0,049	0,975	599	75	262	786	Ø10á150mm+Ø10á300mm
příložky - sloupy		110	260	0,081	0,958	1016	492	524	1048	Ø10á150mm+Ø10á150mm	
DOLNÍ	X	základní rastr	36	270	0,025	0,987	311	/	/	524	Ø10á150mm
		příložky - střed desky	52	270	0,036	0,982	451	/	/	524	Ø10á150mm
		příložky - roh	70	270	0,048	0,975	612	88	262	786	Ø10á150mm+Ø10á300mm
	Y	základní rastr	27	260	0,020	0,990	241	/	/	524	Ø10á150mm
		příložky - roh	70	260	0,052	0,973	636	112	262	786	Ø10á150mm+Ø10á300mm

Posouzení výztuže

$$\text{Výška tlačené oblasti: } x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}}$$

$$\text{Velikost ramene vnitřních sil: } z = d - 0,4 \cdot x$$

$$\text{Moment únosnosti průřezu: } m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z$$

$$\text{Podmínka pro vyhovující konstrukci: } m_{Rd} > m_{Ed}$$

Výztuž	Směr	Místo	x [mm]	z [mm]	M_{Rd} [kNm/m']	M_{Ed}/M_{Rd}	Vyhovuje ?	Návrh
HORNÍ	X	základní rastr	14	264	60,22	0,415	ANO	Ø10á150mm
		příložky - kraje desky	14	264	60,22	0,913	ANO	Ø10á150mm
		příložky - nad zázemím	28	259	117,84	0,984	ANO	Ø10á150mm+Ø10á150mm
		příložky - roh	42	251	169,25	0,886	ANO	Ø10á150mm+Ø14á150mm
	Y	základní rastr	14	254	57,94	0,518	ANO	Ø10á150mm
		příložky - kraje desky	21	251	85,93	0,768	ANO	Ø10á150mm+Ø10á300mm
příložky - sloupy		28	249	113,28	0,971	ANO	Ø10á150mm+Ø10á150mm	
DOLNÍ	X	základní rastr	14	264	60,22	0,598	ANO	Ø10á150mm
		příložky - střed desky	14	264	60,22	0,864	ANO	Ø10á150mm
		příložky - roh	21	261	89,35	0,783	ANO	Ø10á150mm+Ø10á300mm
	Y	základní rastr	14	254	57,94	0,466	ANO	Ø10á150mm
		příložky - roh	21	251	85,93	0,815	ANO	Ø10á150mm+Ø10á300mm

Konstrukční zásady

$$\text{Minimální plocha výztuže: } a_{s,min} = \max \left(0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d \right)$$

$$\text{Minimální světlá vzdálenost výztuže: } s_1 = \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \varnothing_s; D_{max} + 5 \text{ mm})$$

$$\text{Maximální osová vzdálenost výztuže: } s = \min (2 \cdot h; 250 \text{ mm})$$

Výztuž	Směr	Místo	$A_{s,prov}$ [mm ² /m]	$A_{s,min}$ [mm ² /m]	$A_{s,prov} >$ $A_{s,min}$	s [mm]	s_1 [mm]	$s > s_1$	s [mm]	s_{max} [mm]	$s_{max} > s$	Návrh
HORNÍ	X	základní rastr	524	407	ANO	140	21	ANO	150	250	ANO	Ø10á150mm
		příložky - kraje desky	524	407	ANO	140	21	ANO	150	250	ANO	Ø10á150mm
		příložky - nad zázemím	1048	407	ANO	65	21	ANO	75	250	ANO	Ø10á150mm+Ø10á150mm
		příložky - roh	1550	407	ANO	63	21	ANO	75	250	ANO	Ø10á150mm+Ø14á150mm
	Y	základní rastr	524	407	ANO	140	21	ANO	150	250	ANO	Ø10á150mm
		příložky - kraje desky	786	407	ANO	65	21	ANO	150	250	ANO	Ø10á150mm+Ø10á300mm
příložky - sloupy		1048	407	ANO	65	21	ANO	75	250	ANO	Ø10á150mm+Ø10á150mm	
DOLNÍ	X	základní rastr	524	407	ANO	140	21	ANO	150	250	ANO	Ø10á150mm
		příložky - střed desky	524	407	ANO	140	21	ANO	150	250	ANO	Ø10á150mm
		příložky - roh	786	407	ANO	65	21	ANO	150	250	ANO	Ø10á150mm+Ø10á300mm
	Y	základní rastr	524	407	ANO	140	21	ANO	150	250	ANO	Ø10á150mm
		příložky - roh	786	407	ANO	65	21	ANO	150	250	ANO	Ø10á150mm+Ø10á300mm

A – Statický výpočet

7 Podrobný návrh nosných prvků



7.3.3 Posouzení desky na protlačení – metodika ETA 12/0454 - roh stěny

Tloušťka stěny: $b = 200$ mm

Součinitel polohy sloupu: $\beta = 1,2$

Účinné výšky průřezu: $d_x = 268$ mm

$$d_y = 258$$
 mm

$$d = 0,5 \cdot (d_x + d_y) = 263$$
 mm

Kontrolované obvody:

v líci sloupu: $u_0 = 400$ mm

$2 \cdot d$ za lícem sloupu: $u_1 = 2 \cdot 200 + 314 = 714$ mm

Maximální posouvající síla: $V_{Ed} = 391$ kN

Účinek zatížení v kontrolovaných obvodech:

$$v_{Ed,0} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_0 \cdot d} = \frac{1,2 \cdot 318 \cdot 10^3}{400 \cdot 263} = 3,63 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Ed,1} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d} = \frac{1,2 \cdot 355 \cdot 10^3}{714 \cdot 263} = 2,02 \text{ N/mm}^2$$

Únosnost tlakové diagonály: $v_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,4 \cdot 0,6 \cdot (1 - \frac{30}{250}) \cdot 20 = 4,22$ MPa

$$v_{Rd,max} = 4,22 \text{ MPa} > v_{Ed,0} = 3,63 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Plocha výztuže nad sloupem: $a_{s,x} = 2336$ mm²

$$a_{s,y} = 1834$$
 mm²

Průměrný stupeň vyztužení: $\rho_{lx} = \frac{a_{s,x}}{d_x \cdot 1000} = \frac{2336}{268 \cdot 1000} = 8,72 \cdot 10^{-3}$

$$\rho_{ly} = \frac{a_{s,y}}{d_y \cdot 1000} = \frac{1048}{258 \cdot 1000} = 7,11 \cdot 10^{-3}$$

Stupeň vyztužení podélnou tahovou výztuží:

$$\begin{aligned} \rho_1 &= \min(\sqrt{\rho_{lx} \cdot \rho_{ly}}; 0,02; 0,5 \cdot f_{cd}/f_{yd}) = \\ &= \min(\sqrt{8,72 \cdot 10^{-3} \cdot 7,11 \cdot 10^{-3}}; 0,02; 0,5 \cdot 20/434,8) = \\ &= \min(0,0079; 0,02; 0,023) = 0,0079 \end{aligned}$$

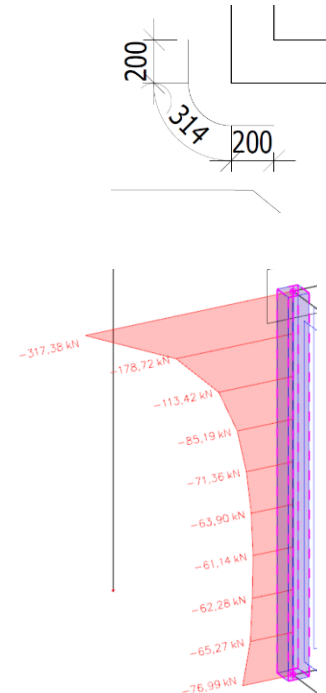
Smyková únosnost desky bez smykové výztuže:

$$v_{Rd,c} = \max(C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}; 0,035 \cdot \sqrt{k^3 \cdot f_{ck}})$$

$$C_{Rd,c} = 0,12$$

$$k = \min(1 + \sqrt{\frac{200}{a}}; 2) = \min(1 + \sqrt{\frac{200}{263}}; 2) = \min(1,87; 2) = 1,87$$

$$v_{Rd,c} = \max(0,12 \cdot 1,87 \cdot (100 \cdot 0,0079 \cdot 30)^{1/3}; 0,035 \cdot \sqrt{1,87^3 \cdot 30}) =$$



A – Statický výpočet



7 Podrobný návrh nosných prvků

$$= \max(0,64; 0,49) = 0,64$$

$$v_{Rd,c} = 0,64 \text{ MPa} < v_{Ed,1} = 2,02 \text{ MPa}$$

... Nevyhovuje, je potřeba navrhnout smykové trny na protlačení

Maximální smyková únosnost:

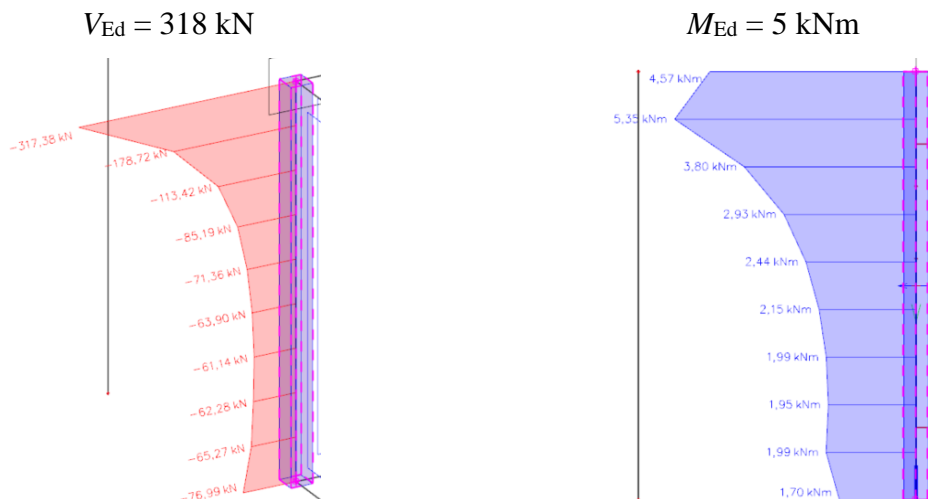
$$v_{Ed,1} = 2,02 \text{ MPa} \geq 1,96 \cdot v_{Rd,c} = 1,96 \cdot 0,64 = 1,26$$

... **Nevyhovuje**, nelze navrhnout smykové trny

Opatření: návrh ocelového profilu HEB200

$$\text{Únosnost v ohybu: } M_{Rd} = W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 642 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1} = 150,9 \text{ kNm}$$

$$\text{Únosnost ve smyku: } V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3}} = \frac{2,48 \cdot 235}{\sqrt{3}} = 336,5 \text{ kN}$$

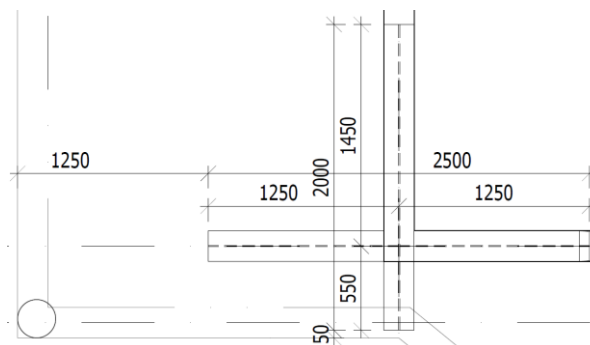


$$V_{Ed} = 318 \text{ kN} < V_{Rd} = 336,5 \text{ kN}$$

... Vyhovuje

$$M_{Ed} = 5 \text{ kNm} < M_{Rd} = 150,9 \text{ kNm}$$

... Vyhovuje



7.3.4 Posouzení MSP – omezení šířky trhlin

Posouzení trhlin bylo provedeno pomocí výpočetního programu pro návrh výztuže na šířku trhlin.

A – Statický výpočet

7 Podrobný návrh nosných prvků



Trhliny byly posouzeny pro různá místa v konstrukci, uvedené výsledky jsou pouze pro místa s maximálními momenty.

$$\alpha_e = E_s/E_{cm}$$

Parametry průřezu bez trhlin

Plocha ideálního průřezu: $A_i = A_c + \alpha_e \cdot (A_s + A'_s)$

Vzdálenost těžiště ideálního průřezu od horního okraje:

$$a_{gi} = [A_c \cdot a_c + \alpha_e \cdot (A_s \cdot d + A'_s \cdot d')] / A_i$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu k jeho těžišti:

$$I_i = I_c + A_c \cdot (a_{gi} - a_c)^2 + \alpha_e \cdot [A_s \cdot (d - a_{gi})^2 + A'_s \cdot (a_{gi} - d')^2]$$

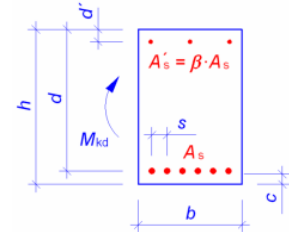
Ohybový moment při vzniku trhlin: $M_{cr} = f_{ct,eff} \cdot \frac{I_i}{h - a_{gi}}$

Napětí v tahové výztuži: $\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (d - a_{gi})}{I_i}$

Napětí v tlakové výztuži: $\sigma'_s = -\alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (a_{gi} - d')}{I_i}$

Tahové napětí v betonu: $\sigma_c = \frac{M_{kd} \cdot (h - a_{gi})}{I_i}$

Tlakové napětí v betonu: $\sigma'_c = -\frac{M_{kd} \cdot a_{gi}}{I_i}$



Parametry průřezu s trhlinami

Vzdálenost neutrální osy od tlačného okraje u průřezu s trhlinami:

$$x = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_s + A'_s) \cdot [-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot (A_s \cdot d + A'_s \cdot d')}{\alpha_e \cdot (A_s + A'_s)^2}}]$$

Moment setrvačnosti průřezu s trhlinami: $I_{ir} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot x^3 + \alpha_e \cdot [A_s \cdot (d - x)^2 + A'_s \cdot (x - d')^2]$

Napětí v tahové výztuži: $\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (d - x)}{I_{ir}}$

Napětí v tlakové výztuži: $\sigma'_s = -\alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (x - d')}{I_{ir}}$

Tlakové napětí v betonu: $\sigma'_c = -\frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}}$

Osová síla v tahové výztuži: $F_s = A_s \cdot \sigma_s$

Osová síla v tlakové výztuži: $F'_s = A'_s \cdot \sigma'_s$

Síla v těžišti obrazce napětí v betonu v tlačné části průřezu: $F'_c = 0,5 \cdot b \cdot x \cdot \sigma'_c$

Výška účinné plochy taženého betonu: $h_{c,eff} = \min[2,5 \cdot (h - d); h/2; (h - x_{cr})/3]$

Účinná tažená plocha: $A_{c,eff} = 2 \cdot h_{c,eff} \cdot b$

Účinný stupeň vyztužení: $\rho_{eff} = A_{s,prov} / A_{c,eff}$

A – Statický výpočet

7 Podrobný návrh nosných prvků



$$\text{Rozdíl poměrných přetvoření: } \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\text{Maximální vzdálenost trhlín: } s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_4 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \varnothing / \rho_{eff}$$

$$\text{Šířka trhlíny: } w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Směr x – horní povrch

Ohybový moment M_{kd} [kNm] <input type="text" value="115"/>	Tahová výztuž A_s [mm ²] <input type="text" value="1005"/> ϕ [mm] <input type="text" value="14"/> c [mm] <input type="text" value="25"/> d [mm] <input type="text" value="268"/> s [mm] <input type="text" value="75"/>	α_e [-] <input type="text" value="6.25"/> β [-] <input type="text" value="0.78209"/>	Parametry průřezu s trhlínami x [mm] <input type="text" value="50.3432"/> I_{ir} [mm ³] <input type="text" value="342134556"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="457.249"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="-42.7367"/> σ'_c [MPa] <input type="text" value="-16.9216"/> F_s [N] <input type="text" value="459536"/> F'_s [N] <input type="text" value="-33591"/> F'_c [N] <input type="text" value="-425945"/> $h_{c,eff}$ [mm] <input type="text" value="80"/> $A_{c,eff}$ [mm ²] <input type="text" value="80000"/> $\rho_{p,eff}$ [-] <input type="text" value="0.0125625"/> $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$ [‰] <input type="text" value="2.0373"/>
Rozměry průřezu b [mm] <input type="text" value="1000"/> h [mm] <input type="text" value="300"/>	Tahová výztuž A'_s [mm ²] <input type="text" value="786"/> d' [mm] <input type="text" value="30"/>	Parametry průřezu bez trhlín A_i [mm ²] <input type="text" value="311194"/> a_{gi} [mm] <input type="text" value="150.487"/> I_i [mm ³] <input type="text" value="2408126187"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="35.0738"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="-35.9617"/> σ_c [MPa] <input type="text" value="7.13997"/> σ'_c [MPa] <input type="text" value="-7.18652"/>	Moment při vzniku trhlin M_{Cr} [kNm] <input type="text" value="23.3544"/>
Parametry materiálů E_s [MPa] <input type="text" value="200000"/> E_{cm} [MPa] <input type="text" value="32000"/> $f_{ct,eff}$ [MPa] <input type="text" value="1,45"/>	Koeficienty k_t <input type="text" value="0.4"/> k_1 <input type="text" value="0.8"/>	Moment od zatížení M_{kd} [kNm] <input type="text" value="115"/>	w_k [mm] <input type="text" value="0.559136"/>
<input type="button" value="VÝPOČET"/>		Trhliny vzniknou!	Trhliny vzniknou!

$$w_k = 0,56 \text{ mm} > w_{klim} = 0,30 \text{ mm}$$

... Nevyhovuje limitní šířka trhlín, potřeba přidat příložky v místě rohu

Návrh horní výztuže: základní rastr: Ø10 á 150 mm ($A_{s,prov} = 524 \text{ mm}^2$)

: příložky: Ø12 á 100 mm ($A_{s,prov} = 1131 \text{ mm}^2$)

Ohybový moment M_{kd} [kNm] <input type="text" value="115"/>	Tahová výztuž A_s [mm ²] <input type="text" value="1665"/> ϕ [mm] <input type="text" value="12"/> c [mm] <input type="text" value="25"/> d [mm] <input type="text" value="269"/> s [mm] <input type="text" value="50"/>	α_e [-] <input type="text" value="6.25"/> β [-] <input type="text" value="0.474924"/>	Parametry průřezu s trhlínami x [mm] <input type="text" value="62.7978"/> I_{ir} [mm ³] <input type="text" value="527642895"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="280.887"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="-44.6769"/> σ'_c [MPa] <input type="text" value="-13.6868"/> F_s [N] <input type="text" value="464867"/> F'_s [N] <input type="text" value="-35116"/> F'_c [N] <input type="text" value="-429751"/> $h_{c,eff}$ [mm] <input type="text" value="77.5"/> $A_{c,eff}$ [mm ²] <input type="text" value="77500"/> $\rho_{p,eff}$ [-] <input type="text" value="0.0213548"/> $(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$ [‰] <input type="text" value="1.2505"/>
Rozměry průřezu b [mm] <input type="text" value="1000"/> h [mm] <input type="text" value="300"/>	Tahová výztuž A'_s [mm ²] <input type="text" value="786"/> d' [mm] <input type="text" value="30"/>	Parametry průřezu bez trhlín A_i [mm ²] <input type="text" value="315256"/> a_{gi} [mm] <input type="text" value="152.035"/> I_i [mm ³] <input type="text" value="2465912867"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="34.0924"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="-35.5699"/> σ_c [MPa] <input type="text" value="6.9005"/> σ'_c [MPa] <input type="text" value="-7.09026"/>	Moment při vzniku trhlin M_{Cr} [kNm] <input type="text" value="24.1649"/>
Parametry materiálů E_s [MPa] <input type="text" value="200000"/> E_{cm} [MPa] <input type="text" value="32000"/> $f_{ct,eff}$ [MPa] <input type="text" value="1,45"/>	Koeficienty k_t <input type="text" value="0.4"/> k_1 <input type="text" value="0.8"/>	Moment od zatížení M_{kd} [kNm] <input type="text" value="115"/>	w_k [mm] <input type="text" value="0.225752"/>
<input type="button" value="VÝPOČET"/>		Trhliny vzniknou!	Trhliny vzniknou!

A – Statický výpočet



7 Podrobný návrh nosných prvků

$$w_k = 0,23 \text{ mm} < w_{\text{klim}} = 0,30 \text{ mm}$$

...Vyhovuje

Směr x – spodní povrch

Ohybový moment M_{kd} [kNm] <input type="text" value="48"/>	Tahová výztuž A_s [mm ²] <input type="text" value="786"/> ϕ [mm] <input type="text" value="10"/> c [mm] <input type="text" value="25"/> d [mm] <input type="text" value="270"/> s [mm] <input type="text" value="150"/>	α_e [-] <input type="text" value="6.25"/> β [-] <input type="text" value="0.666667"/>	Parametry průřezu s trhlínami x [mm] <input type="text" value="45.8151"/> I_{ir} [mm ³] <input type="text" value="279771486"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="240.394"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="-16.9586"/> σ'_c [MPa] <input type="text" value="-7.86044"/> F_s [N] <input type="text" value="188950"/> F'_s [N] <input type="text" value="-8886.32"/> F'_c [N] <input type="text" value="-180064"/> $h_{c,eff}$ [mm] <input type="text" value="75"/> $A_{c,eff}$ [mm ²] <input type="text" value="75000"/> $\rho_{p,eff}$ [-] <input type="text" value="0.01048"/> $(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ [%] <input type="text" value="0.90713"/> $s_{r,max}$ [mm] <input type="text" value="247.214"/> w_k [mm] <input type="text" value="0.224255"/>
Rozměry průřezu b [mm] <input type="text" value="1000"/> h [mm] <input type="text" value="300"/>	Tlaková výztuž A'_s [mm ²] <input type="text" value="524"/> d' [mm] <input type="text" value="30"/>	Parametry průřezu bez trhlín A_i [mm ²] <input type="text" value="308188"/> a_{gi} [mm] <input type="text" value="150.638"/> I_i [mm ³] <input type="text" value="2367774712"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="15.1234"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="-15.2849"/> σ_c [MPa] <input type="text" value="3.0279"/> σ'_c [MPa] <input type="text" value="-3.05376"/>	
Parametry materiálů E_s [MPa] <input type="text" value="200000"/> E_{cm} [MPa] <input type="text" value="32000"/> $f_{ct,eff}$ [MPa] <input type="text" value="1,45"/>		Moment při vzniku trhlín M_{cr} [kNm] <input type="text" value="22.9862"/>	
Koeficienty k_t <input type="text" value="0.4"/> k_1 <input type="text" value="0.8"/>		Moment od zatížení M_{kd} [kNm] <input type="text" value="48"/>	
VÝPOČET		Trhliny vzniknou!	
Trhliny vzniknou ($M_{cr} = 23 \text{ kNm}$). Šířka trhlín $w_k = 0.2243 \text{ mm}$.			

$$w_k = 0,22 \text{ mm} < w_{\text{klim}} = 0,30 \text{ mm}$$

...Vyhovuje

Směr y – horní povrch

Ohybový moment M_{kd} [kNm] <input type="text" value="81"/>	Tahová výztuž A_s [mm ²] <input type="text" value="1048"/> ϕ [mm] <input type="text" value="10"/> c [mm] <input type="text" value="25"/> d [mm] <input type="text" value="260"/> s [mm] <input type="text" value="75"/>	α_e [-] <input type="text" value="6.25"/> β [-] <input type="text" value="0.5"/>	Parametry průřezu s trhlínami x [mm] <input type="text" value="51.5308"/> I_{ir} [mm ³] <input type="text" value="330706590"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="319.127"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="-17.6515"/> σ'_c [MPa] <input type="text" value="-12.6214"/> F_s [N] <input type="text" value="334446"/> F'_s [N] <input type="text" value="-9249.36"/> F'_c [N] <input type="text" value="-325196"/> $h_{c,eff}$ [mm] <input type="text" value="82.8231"/> $A_{c,eff}$ [mm ²] <input type="text" value="82823.1"/> $\rho_{p,eff}$ [-] <input type="text" value="0.0126535"/> $(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ [%] <input type="text" value="1.3483"/> $s_{r,max}$ [mm] <input type="text" value="219.35"/> w_k [mm] <input type="text" value="0.295756"/>
Rozměry průřezu b [mm] <input type="text" value="1000"/> h [mm] <input type="text" value="300"/>	Tlaková výztuž A'_s [mm ²] <input type="text" value="524"/> d' [mm] <input type="text" value="40"/>	Parametry průřezu bez trhlín A_i [mm ²] <input type="text" value="309825"/> a_{gi} [mm] <input type="text" value="151.163"/> I_i [mm ³] <input type="text" value="2368463618"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="23.2635"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="-23.7606"/> σ_c [MPa] <input type="text" value="5.09014"/> σ'_c [MPa] <input type="text" value="-5.16967"/>	
Parametry materiálů E_s [MPa] <input type="text" value="200000"/> E_{cm} [MPa] <input type="text" value="32000"/> $f_{ct,eff}$ [MPa] <input type="text" value="1,45"/>		Moment při vzniku trhlín M_{cr} [kNm] <input type="text" value="23.074"/>	
Koeficienty k_t <input type="text" value="0.4"/> k_1 <input type="text" value="0.8"/>		Moment od zatížení M_{kd} [kNm] <input type="text" value="81"/>	
VÝPOČET		Trhliny vzniknou!	
Trhliny vzniknou ($M_{cr} = 23.1 \text{ kNm}$). Šířka trhlín $w_k = 0.2958 \text{ mm}$.			

$$w_k = 0,296 \text{ mm} < w_{\text{klim}} = 0,30 \text{ mm}$$

...Vyhovuje



Směr y – spodní povrch

Ohybový moment M_{kd} [kNm] <input type="text" value="43"/>	Tahová výztuž A_s [mm ²] <input type="text" value="786"/> ϕ [mm] <input type="text" value="10"/> c [mm] <input type="text" value="35"/> d [mm] <input type="text" value="260"/> s [mm] <input type="text" value="150"/>	α_e [-] <input type="text" value="6.25"/> β [-] <input type="text" value="1"/>	Parametry průřezu s trhlami x [mm] <input type="text" value="45.3477"/> I_{ir} [mm ³] <input type="text" value="257571468"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="223.968"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="-5.57982"/> σ'_c [MPa] <input type="text" value="-7.57053"/> F_s [N] <input type="text" value="176039"/> F'_s [N] <input type="text" value="-4385.74"/> F'_c [N] <input type="text" value="-171653"/> $h_{c,eff}$ [mm] <input type="text" value="84.8841"/> $A_{c,eff}$ [mm ²] <input type="text" value="84884.1"/> $\rho_{p,eff}$ [-] <input type="text" value="0.00925969"/> $(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ [%] <input type="text" value="0.78853"/> $s_{r,max}$ [mm] <input type="text" value="302.592"/> w_k [mm] <input type="text" value="0.238603"/>
Rozměry průřezu b [mm] <input type="text" value="1000"/> h [mm] <input type="text" value="300"/>	Tlaková výztuž A'_s [mm ²] <input type="text" value="786"/> d' [mm] <input type="text" value="40"/>	Parametry průřezu bez trhlín A_i [mm ²] <input type="text" value="309825"/> a_{gi} [mm] <input type="text" value="150"/> I_i [mm ³] <input type="text" value="2368882500"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="12.4795"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="-12.4795"/> σ_c [MPa] <input type="text" value="2.7228"/> σ'_c [MPa] <input type="text" value="-2.7228"/>	
Parametry materiálů E_s [MPa] <input type="text" value="200000"/> E_{cm} [MPa] <input type="text" value="32000"/> $f_{ct,eff}$ [MPa] <input type="text" value="1.45"/>		Moment při vzniku trhlin M_{Cr} [kNm] <input type="text" value="22.8992"/>	
Koeficienty k_t <input type="text" value="0.4"/> k_1 <input type="text" value="0.8"/>	VÝPOČET	Moment od zatížení M_{kd} [kNm] <input type="text" value="43"/>	
Trhliny vzniknou ($M_{cr} = 22.9$ kNm). Šířka trhlin $w_k = 0.2386$ mm.		Trhliny vzniknou!	

$$w_k = 0,24 \text{ mm} < w_{klim} = 0,30 \text{ mm}$$

... Vyhovuje

7.3.5 Posouzení MSP – omezení napětí

Směr x – horní povrch

Posouzení napětí v betonu – kvazistálá kombinace:

$$\text{Tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}} = 13,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 13,7 \text{ MPa} \geq 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ MPa}$$

... Nelineární dotvarování betonu

Posouzení napětí v betonu – charakteristická kombinace:

$$\text{Tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}} = \frac{132 \cdot 62,8}{527642895} = 15,71 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 15,71 \text{ MPa} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí ve výztuži – charakteristická kombinace:

$$\text{Napětí v tahové výztuži: } \sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (d-x)}{I_{ir}} = 6,25 \cdot \frac{132 \cdot (269-62,8)}{527642895} = 322,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 322,4 \text{ MPa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje



Směr x – spodní povrch

Posouzení napětí v betonu – kvazistálá kombinace:

$$\text{tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}} = 7,86 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 7,86 \text{ MPa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí v betonu – charakteristická kombinace:

$$\text{tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}} = \frac{54 \cdot 45,82}{279771486} = 8,84 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 8,84 \text{ MPa} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí ve výztuži – charakteristická kombinace:

$$\text{napětí v tahové výztuži: } \sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (d-x)}{I_{ir}} = 6,25 \cdot \frac{54 \cdot (270-45,82)}{279771486} = 270,44 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 270,44 \text{ MPa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Směr y – horní povrch

Posouzení napětí v betonu – kvazistálá kombinace:

$$\text{tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}} = 12,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 12,6 \text{ MPa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí v betonu – charakteristická kombinace:

$$\text{tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}} = \frac{92 \cdot 51,53}{330706590} = 14,35 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 14,35 \text{ MPa} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí ve výztuži – charakteristická kombinace:

$$\text{napětí v tahové výztuži: } \sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (d-x)}{I_{ir}} = 6,25 \cdot \frac{92 \cdot (260-51,53)}{330706590} = 362,25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 362,25 \text{ MPa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Směr y – spodní povrch

Posouzení napětí v betonu – kvazistálá kombinace:

$$\text{tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}} = 7,57 \text{ MPa}$$



$$\sigma'_c = 7,57 \text{ MPa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí v betonu – charakteristická kombinace:

$$\text{Tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}} = \frac{49 \cdot 45,35}{257571468} = 8,63 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 8,63 \text{ MPa} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí ve výztuži – charakteristická kombinace:

$$\text{Napětí v tahové výztuži: } \sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (d-x)}{I_{ir}} = 6,25 \cdot \frac{49 \cdot (260-45,35)}{257571468} = 255,22 \text{ MPa}$$

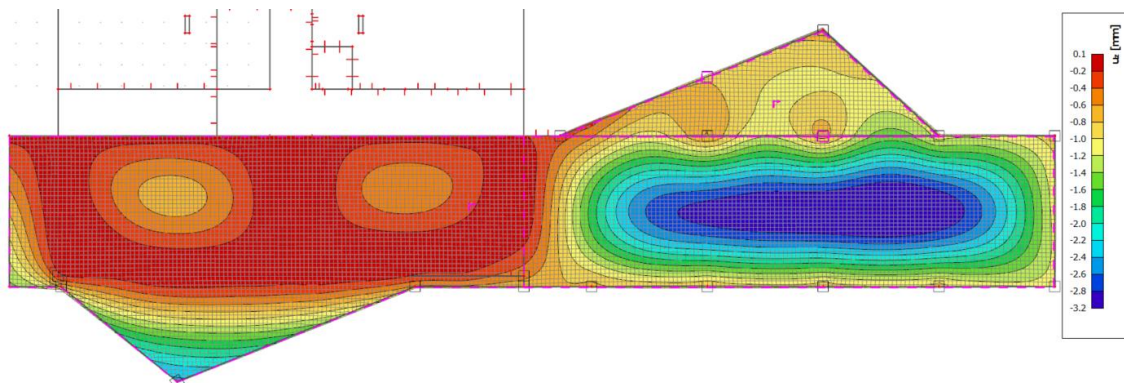
$$\sigma_s = 255,22 \text{ MPa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

7.3.6 Posouzení MSP – omezení průhybu

$$\text{Limitní průhyb: } \delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{7100}{250} = 28,4 \text{ mm}$$

Kombinace MSP – kvazistálá – průhyb desky



Program SCIA Engineer nezohledňuje vliv smršťování betonu. V tomto případě to nevadí, jelikož je velká rezerva mezi limitním průhybem a průhybem desky.

$$\delta_{lim} = 28,4 \text{ mm} > \delta = 3,2 \text{ mm}$$

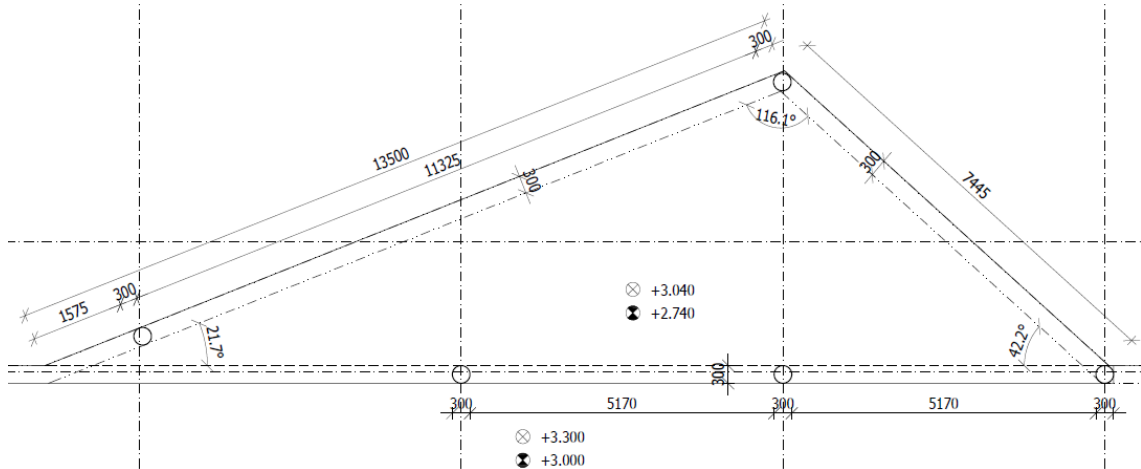
... Vyhovuje

Návrh desky vyhovuje.

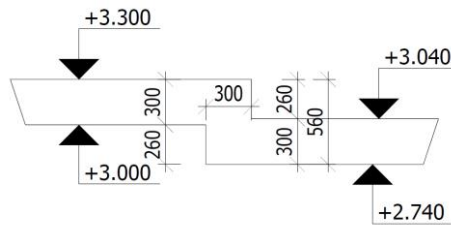


7.4 Návrh výškového přechodu v desce nad 1.NP

Půdorysné schéma výškovým přechodem v desce

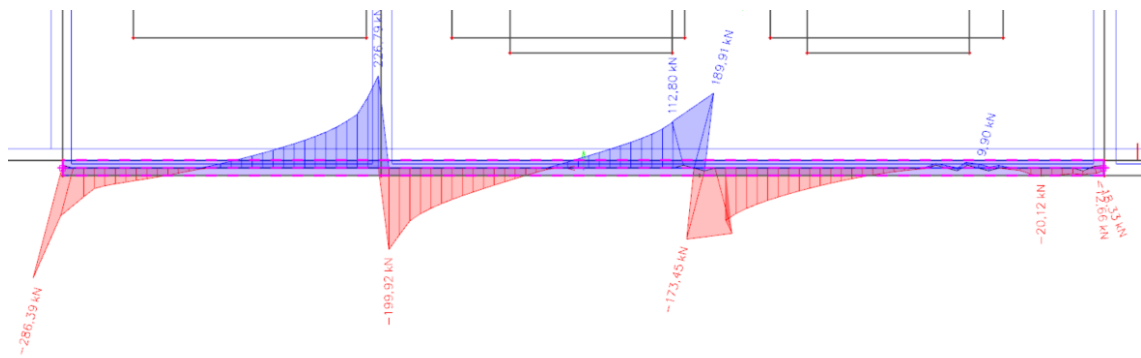


Řez výškovým přechodem v desce nad 1.NP

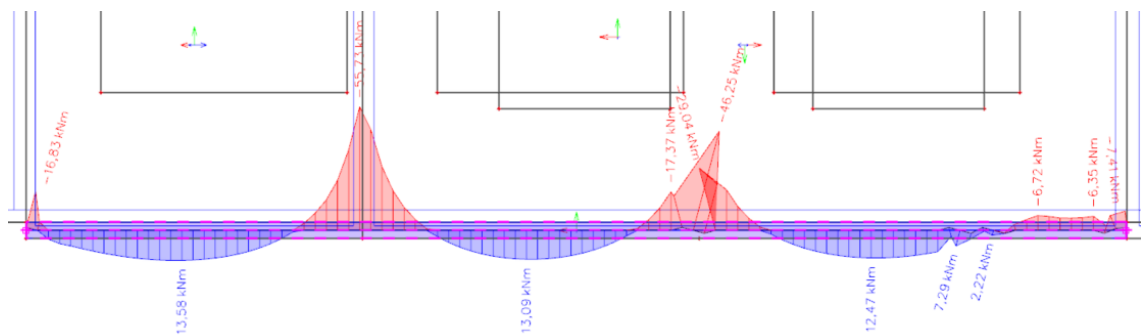


7.4.1 Vnitřní síly úskoku v desce

Maximální posouvající síla – kombinace MSÚ

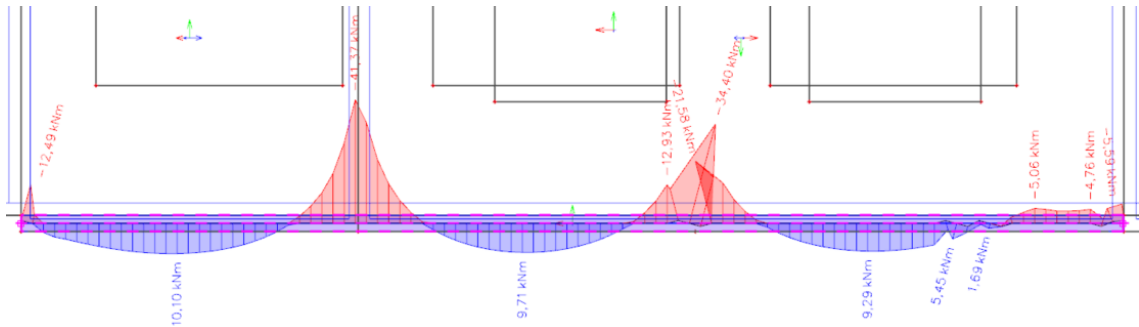


Maximální ohybový moment – kombinace MSÚ

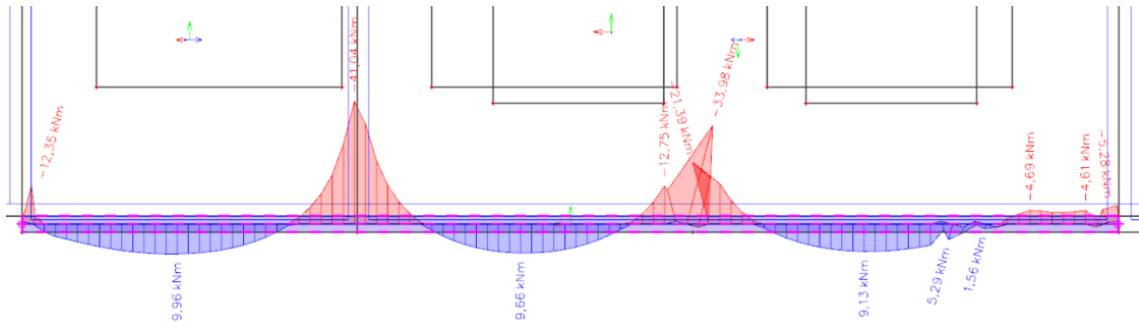




Maximální ohybový moment – kombinace charakteristická MSP



Maximální ohybový moment – kombinace kvazistálá MSP



7.4.2 Návrh a posouzení úskoku v desce – ohybová výztuž

Geometrie

Šířka úskoku: $b = 300 \text{ mm}$

Výška úskoku: $h = 560 \text{ mm}$

Rozpětí úskoku: $L = 5,47 \text{ m}$

Účinná výška průřezu: $d = h - c - \frac{\varnothing}{2} = 450 - 25 - \frac{16}{2} = 417 \text{ mm}$

Poměrný ohybový moment: $\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}$

Potřebná plocha výztuže: $a_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$

Minimální plocha výztuže: $a_{s,min} = \max\left(\frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b \cdot d\right)$

Maximální plocha výztuže: $a_{s,max} = 0,04 \cdot a_c$

Výztuž	Místo	M_{ed} [kNm]	d [mm]	μ [-]	ζ [-]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,prov}$ [mm ²]	$A_{s,min}$ [mm ²]	$A_{s,max}$ [mm ²]	Návrh
HORNÍ	základní rastr	20	518	0,011	0,944	94	308	235	6720	2014
	maximální hodnota	56	518	0,031	0,984	253	308	235	6720	2014
DOLNÍ	základní rastr	14	518	0,008	0,996	62	308	235	6720	2014

Výška tlačené oblasti: $x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}}$

Velikost ramene vnitřních sil: $z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x$

A – Statický výpočet



7 Podrobný návrh nosných prvků

Moment únosnosti průřezu: $m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z$

Výztuž	Místo	x [mm]	z [mm]	M_{Rd} [kNm]	M_{ed}/M_{Rd}	Vyhovuje ?	Návrh
HORNÍ	základní rastr	24,69	508,12	68,044	0,294	ANO	2014
	maximální hodnota	24,69	508,12	68,044	0,823	ANO	2014
DOLNÍ	základní rastr	24,69	508,12	68,044	0,206	ANO	2014

7.4.3 Návrh a posouzení úskoku v desce – smyková výztuž

Únosnost tlačené diagonály: $V_{Rd,max} = v \cdot f_{cd} \cdot b \cdot z \cdot \frac{\cot\theta}{1+\cot^2\theta}$

Plocha jednoho třmínku: $a_{s,w} = \frac{n \cdot \pi \cdot \varnothing_{tr}^2}{4}$

Potřebná osová vzdálenost třmínků: $s_l = \frac{a_{s,w} \cdot f_{yd}}{V_{Ed}} \cdot z \cdot \cot\theta$

Maximální vzdálenost třmínků: $s_{max} = \min(0,75 \cdot d; 400)$

Únosnost třmínků: $V_{Rd} = \frac{a_{s,w} \cdot f_{yd}}{s_{l,m}} \cdot z \cdot \cot\theta$

Místo	V_{ed} [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{ed}/V_{Rd,max}$	Vyhovuje ?	$A_{s,w}$ [mm ²]	s_l [mm]	s_{max} [mm]	V_{Rd} [kN]	V_{ed}/V_{Rd}	Vyhovuje ?	Návrh
základní rastr	50	683	0,073	ANO	157,1	779	387	174	0,288	ANO	Ø10/300
střední hodnota	100	683	0,146	ANO	157,1	389	387	174	0,576	ANO	Ø10/300
maximální hodnota	287	683	0,420	ANO	157,1	136	387	521	0,551	ANO	Ø10/100

Stupeň vyztužení: $\rho_{sw} = \frac{a_{s,w}}{s_l \cdot b}$

Minimální smykové vyztužení: $\rho_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$

Maximální smykové vyztužení: $\rho_{sw,max} = \frac{0,5 \cdot v \cdot f_{cd}}{f_{ywd}}$

Vzdálenost mezi jednotlivými větvemi třmínků: $s = b - 2 \cdot c - \varnothing_{tr}$

Limitní vzdálenost mezi jednotlivými větvemi třmínků: $s_t = \min(0,75 \cdot d; 600)$

Místo	ρ_{sw}	ρ_{swmin}	$\rho_{sw} > \rho_{swmin}$	ρ_{swmax}	$\rho_{sw} < \rho_{swmax}$	s [mm]	s_t [mm]	$s < s_t$	Návrh
základní rastr	0,0017	0,0009	ANO	0,0121	ANO	240	389	ANO	Ø10/300
střední hodnota	0,0017	0,0009	ANO	0,0121	ANO	240	389	ANO	Ø10/300
maximální hodnota	0,0052	0,0009	ANO	0,0121	ANO	240	389	ANO	Ø10/100

7.4.4 Posouzení MSP – omezení šířky trhlín

Posouzení trhlín bylo provedeno pomocí výpočetního programu pro návrh výztuže na šířku trhlín.

$$\alpha_e = E_s/E_{cm}$$



Parametry průřezu bez trhlin

Plocha ideálního průřezu: $A_i = A_c + \alpha_e \cdot (A_s + A'_s)$

Vzdálenost těžiště ideálního průřezu od horního okraje:

$$a_{gi} = [A_c \cdot a_c + \alpha_e \cdot (A_s \cdot d + A'_s \cdot d')] / A_i$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu k jeho těžišti:

$$I_i = I_c + A_c \cdot (a_{gi} - a_c)^2 + \alpha_e \cdot [A_s \cdot (d - a_{gi})^2 + A'_s \cdot (a_{gi} - d')^2]$$

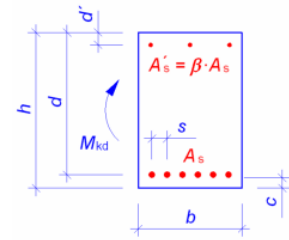
Ohybový moment při vzniku trhlin: $M_{cr} = f_{ct,eff} \cdot \frac{I_i}{h - a_{gi}}$

Napětí v tahové výztuži: $\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (d - a_{gi})}{I_i}$

Napětí v tlakové výztuži: $\sigma'_s = -\alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (a_{gi} - d')}{I_i}$

Tahové napětí v betonu: $\sigma_c = \frac{M_{kd} \cdot (h - a_{gi})}{I_i}$

Tlakové napětí v betonu: $\sigma'_c = -\frac{M_{kd} \cdot a_{gi}}{I_i}$



Parametry průřezu s trhlinami

Vzdálenost neutrální osy od tláčeného okraje u průřezu s trhlinami:

$$x = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_s + A'_s) \cdot [-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot (A_s \cdot d + A'_s \cdot d')}{\alpha_e \cdot (A_s + A'_s)^2}}]$$

Moment setrvačnosti průřezu s trhlinami: $I_{ir} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot x^3 + \alpha_e \cdot [A_s \cdot (d - x)^2 + A'_s \cdot (x - d')^2]$

Napětí v tahové výztuži: $\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (d - x)}{I_{ir}}$

Napětí v tlakové výztuži: $\sigma'_s = -\alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (x - d')}{I_{ir}}$

Tlakové napětí v betonu: $\sigma'_c = -\frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}}$

Osová síla v tahové výztuži: $F_s = A_s \cdot \sigma_s$

Osová síla v tlakové výztuži: $F'_s = A'_s \cdot \sigma'_s$

Síla v těžišti obrazce napětí v betonu v tláčené části průřezu: $F'_c = 0,5 \cdot b \cdot x \cdot \sigma'_c$

Výška účinné plochy taženého betonu: $h_{c,eff} = \min[2,5 \cdot (h - d); h/2; (h - x_{cr})/3]$

Účinná tažená plocha: $A_{c,eff} = 2 \cdot h_{c,eff} \cdot b$

Účinný stupeň vyztužení: $\rho_{eff} = A_{s,prov} / A_{c,eff}$

Rozdíl poměrných přetvoření: $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$

Maximální vzdálenost trhlin: $s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_4 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \sigma / \rho_{eff}$

Šířka trhliny: $w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$

A – Statický výpočet



7 Podrobný návrh nosných prvků

Horní výztuž

Ohybový moment M_{kd} [kNm] <input type="text" value="41"/>	Tahová výztuž A_s [mm ²] <input type="text" value="308"/> ϕ [mm] <input type="text" value="14"/> c [mm] <input type="text" value="35"/> d [mm] <input type="text" value="519"/> s [mm] <input type="text" value="220"/>	α_e [-] <input type="text" value="6.25"/> β [-] <input type="text" value="1"/>	Parametry průřezu s trhlínami x [mm] <input type="text" value="72.9816"/> I_{ir} [mm ³] <input type="text" value="423664916"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="269.77"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="-18.7389"/> σ'_c [MPa] <input type="text" value="-7.06276"/> F_s [N] <input type="text" value="83089.3"/> F'_s [N] <input type="text" value="-5771.59"/> F'_c [N] <input type="text" value="-77317.7"/> $h_{c,eff}$ [mm] <input type="text" value="102.5"/> $A_{c,eff}$ [mm ²] <input type="text" value="30750"/> $\rho_{p,eff}$ [-] <input type="text" value="0.0100163"/> $(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ [%] <input type="text" value="1.0412"/> $s_{r,max}$ [mm] <input type="text" value="633.124"/> w_k [mm] <input type="text" value="0.659207"/>
Rozměry průřezu b [mm] <input type="text" value="300"/> h [mm] <input type="text" value="560"/>	Tahová výztuž A'_s [mm ²] <input type="text" value="308"/> d' [mm] <input type="text" value="42"/>	Parametry průřezu bez trhlín A_i [mm ²] <input type="text" value="171850"/> a_{gi} [mm] <input type="text" value="280.011"/> I_i [mm ³] <input type="text" value="4609397603"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="13.2861"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="-13.2317"/> σ_c [MPa] <input type="text" value="2.49046"/> σ'_c [MPa] <input type="text" value="-2.49066"/>	
Parametry materiálů E_s [MPa] <input type="text" value="200000"/> E_{cm} [MPa] <input type="text" value="32000"/> $f_{ct,eff}$ [MPa] <input type="text" value="1.45"/>	Tahová výztuž A'_s [mm ²] <input type="text" value="308"/> d' [mm] <input type="text" value="42"/>	Moment při vzniku trhlin M_{Cr} [kNm] <input type="text" value="23.871"/>	
Koeficienty k_t <input type="text" value="0.4"/> k_1 <input type="text" value="0.8"/>	VÝPOČET	Moment od zatížení M_{kd} [kNm] <input type="text" value="41"/>	
Trhlíny vzniknou ($M_{Cr} = 23.9$ kNm). Šířka trhlín $w_k = 0.6592$ mm.		Trhlíny vzniknou!	

$$w_k = 0,66 \text{ mm} > w_{klim} = 0,30 \text{ mm}$$

... Nevyhovuje limitní šířka trhlín, potřeba přidat příložky nad podpory

Návrh horní výztuže: 3Ø14 ($A_{s,prov} = 462 \text{ mm}^2$), (2Ø14 - základní rastr; 1Ø14 - přílož)

Ohybový moment M_{kd} [kNm] <input type="text" value="41"/>	Tahová výztuž A_s [mm ²] <input type="text" value="462"/> ϕ [mm] <input type="text" value="14"/> c [mm] <input type="text" value="35"/> d [mm] <input type="text" value="519"/> s [mm] <input type="text" value="110"/>	α_e [-] <input type="text" value="6.25"/> β [-] <input type="text" value="0.666667"/>	Parametry průřezu s trhlínami x [mm] <input type="text" value="87.8192"/> I_{ir} [mm ³] <input type="text" value="608604369"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="181.547"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="-19.292"/> σ'_c [MPa] <input type="text" value="-5.91614"/> F_s [N] <input type="text" value="83874.5"/> F'_s [N] <input type="text" value="-5941.93"/> F'_c [N] <input type="text" value="-77932.6"/> $h_{c,eff}$ [mm] <input type="text" value="102.5"/> $A_{c,eff}$ [mm ²] <input type="text" value="30750"/> $\rho_{p,eff}$ [-] <input type="text" value="0.0150244"/> $(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ [%] <input type="text" value="0.69659"/> $s_{r,max}$ [mm] <input type="text" value="277.409"/> w_k [mm] <input type="text" value="0.19324"/>
Rozměry průřezu b [mm] <input type="text" value="300"/> h [mm] <input type="text" value="560"/>	Tahová výztuž A'_s [mm ²] <input type="text" value="308"/> d' [mm] <input type="text" value="42"/>	Parametry průřezu bez trhlín A_i [mm ²] <input type="text" value="172813"/> a_{gi} [mm] <input type="text" value="281.342"/> I_i [mm ³] <input type="text" value="4664065229"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="13.0572"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="-13.1498"/> σ_c [MPa] <input type="text" value="2.44957"/> σ'_c [MPa] <input type="text" value="-2.47317"/>	
Parametry materiálů E_s [MPa] <input type="text" value="200000"/> E_{cm} [MPa] <input type="text" value="32000"/> $f_{ct,eff}$ [MPa] <input type="text" value="1.45"/>	Tahová výztuž A'_s [mm ²] <input type="text" value="308"/> d' [mm] <input type="text" value="42"/>	Moment při vzniku trhlin M_{Cr} [kNm] <input type="text" value="24.2695"/>	
Koeficienty k_t <input type="text" value="0.4"/> k_1 <input type="text" value="0.8"/>	VÝPOČET	Moment od zatížení M_{kd} [kNm] <input type="text" value="41"/>	
Trhlíny vzniknou ($M_{Cr} = 24.3$ kNm). Šířka trhlín $w_k = 0.1932$ mm.		Trhlíny vzniknou!	

$$w_k = 0,19 \text{ mm} < w_{klim} = 0,30 \text{ mm}$$

...Vyhovuje



Spodní výztuž

Ohybový moment		Tahová výztuž		α_e [-]	6.25
M_{kd} [kNm]	10	A_s [mm ²]	308	β [-]	1
Rozměry průřezu		ϕ [mm]	14	Parametry průřezu bez trhlin	
b [mm]	300	c [mm]	35	A_i [mm ²]	171850
h [mm]	560	d [mm]	519	a_{gi} [mm]	280.011
Parametry materiálů		s [mm]	220	I_i [mm ³]	4609397603
E_s [MPa]	200000	Tlaková výztuž		σ_s [MPa]	3.24051
E_{cm} [MPa]	32000	A_s' [mm ²]	308	σ_s' [MPa]	-3.22725
$f_{ct,eff}$ [MPa]	1.45	d' [mm]	42	σ_c [MPa]	0.60743
Koeficienty				σ_c' [MPa]	-0.607479
k_t	0.4			Moment při vzniku trhlin	
k_1	0.8			M_{Cr} [kNm]	23.871
		VÝPOČET		Moment od zatížení	
				M_{kd} [kNm]	10
				Trhliny nevzniknou!	
Trhliny nevzniknou ($M_{cr} = 23.9$ kNm).					

Trhliny při této kombinaci nevzniknou.

7.4.5 Posouzení MSP – omezení napětí

Horní výztuž

Posouzení napětí v betonu – kvazistálá kombinace:

$$\text{Tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{Ed,kvazi} \cdot x}{I_{ir}} = 5,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 5,9 \text{ MPa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí v betonu – charakteristická kombinace:

$$\text{Tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{Ed,char} \cdot x}{I_{ir}} = \frac{41,3 \cdot 87,8}{608604369} = 5,96 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 5,96 \text{ MPa} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí ve výztuži – charakteristická kombinace:

Napětí v tahové výztuži:

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{Ed,char} \cdot (d-x)}{I_{ir}} = 6,25 \cdot \frac{41,3 \cdot (519-87,8)}{608604369} = 182,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 182,9 \text{ MPa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje



Spodní výztuž

Posouzení napětí v betonu – kvazistálá kombinace:

$$\text{Tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot (h - a_{gi})}{I_i} = 0,61 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 0,61 \text{ MPa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí v betonu – charakteristická kombinace:

$$\text{Tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot (h - a_{gi})}{I_i} = \frac{10,1 \cdot (560 - 280)}{4609397603} = 6,13 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 6,13 \text{ MPa} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí ve výztuži – charakteristická kombinace:

Napětí v tahové výztuži:

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (d - a_{gi})}{I_i} = 6,25 \cdot \frac{10,1 \cdot (519 - 280)}{4609397603} = 3,27 \text{ MPa}$$

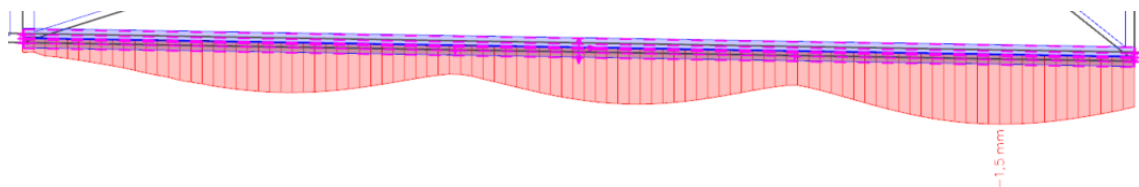
$$\sigma_s = 3,27 \text{ MPa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

7.4.6 Posouzení MSP – omezení průhybu

$$\text{Limitní průhyb: } \delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{5470}{250} = 21,9 \text{ mm}$$

Kombinace MSP – kvazistálá – průhyb úskoku v desce



Program SCIA Engineer nezohledňuje vliv smršťování betonu. V tomto případě to nevádí, jelikož je velká rezerva mezi limitním průhybem a průhybem desky.

$$\delta_{lim} = 21,9 \text{ mm} > \delta = 1,5 \text{ mm}$$

... Vyhovuje

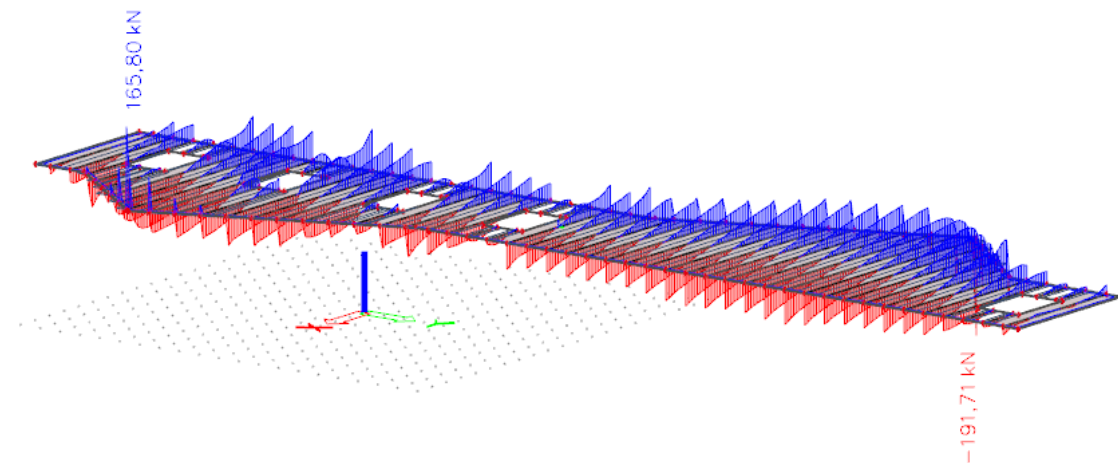
Návrh výškového přechodu v desce vyhovuje.



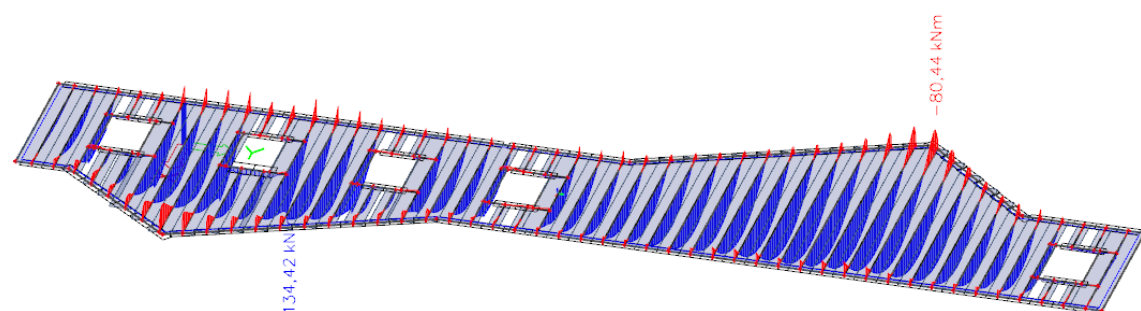
7.5 Návrh desky nad 2.NP – v oblasti atletické dráhy – žebra

7.5.1 Vnitřní síly žeber

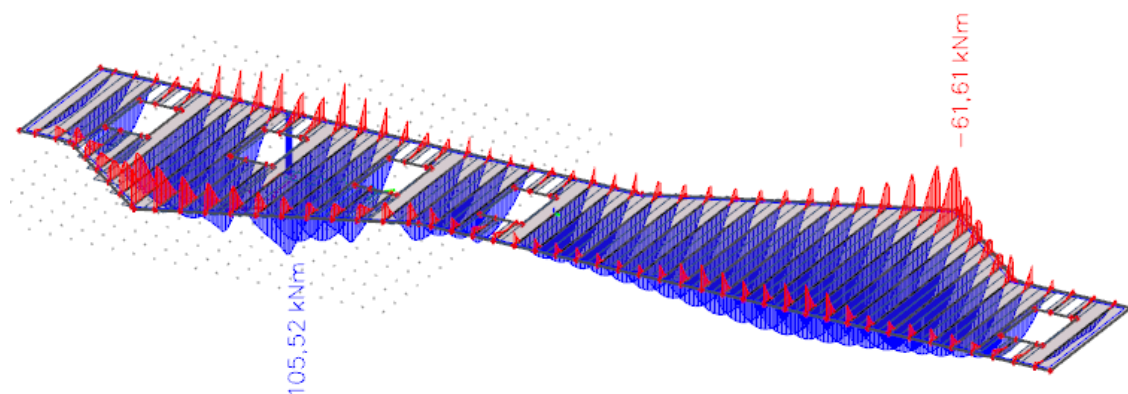
Maximální posouvající síla – kombinace MSÚ



Maximální ohybový moment – kombinace MSÚ

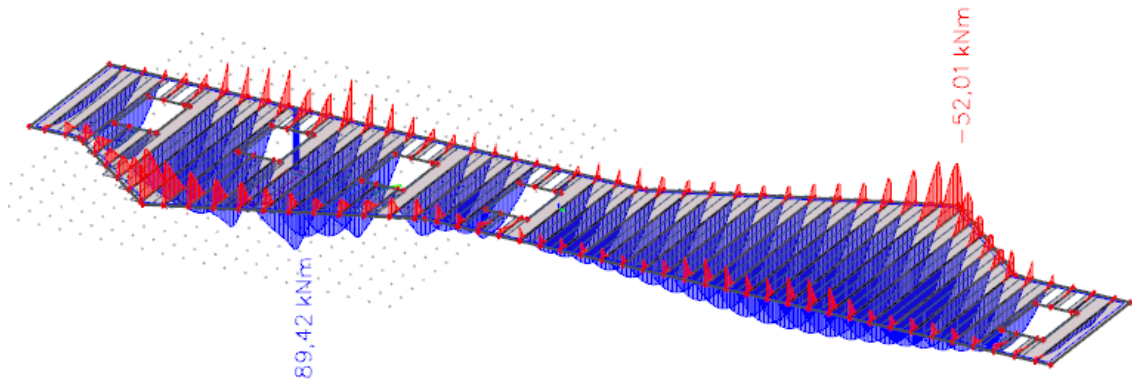


Maximální ohybový moment – kombinace charakteristická MSP





Maximální ohybový moment – kombinace kvazistálá MSP



7.5.2 Návrh a posouzení žeber – ohybová výztuž

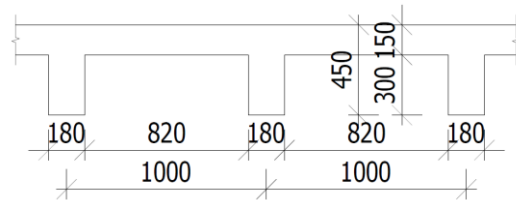
Geometrie

Šířka úskoku: $b = 180 \text{ mm}$

Výška úskoku: $h = 300 \text{ mm}$

Rozpětí úskoku: $L = 7,10 \text{ m} \sim 11,81 \text{ m}$

Osová vzdálenost žeber: $a = 1000 \text{ mm}$



Spolupůsobící šířka: $b_{\text{eff}} = 2 \cdot b_{\text{eff},1} + b_w \leq b$

$$b_{\text{eff},1} = \min(0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_0; 0,2 \cdot l_0; b_1) = \min(0,2 \cdot 410 + 0,1 \cdot 7100; 0,2 \cdot 7100; 410) = \\ = \min(792; 1420; 410) = 410 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = 2 \cdot b_{\text{eff},1} + b_w = 2 \cdot 410 + 180 = 1000 \text{ mm} \leq b = 1000 \text{ mm}$$

Účinná výška průřezu: $d = h - c - \frac{\varnothing}{2} = 450 - 25 - \frac{16}{2} = 417 \text{ mm}$

Poměrný ohybový moment: $\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}$

Potřebná plocha výztuže: $a_{s,\text{req}} = \frac{m_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$

Minimální plocha výztuže: $a_{s,\text{min}} = \max\left(\frac{0,26 \cdot f_{ctm} \cdot b \cdot d}{f_{yk}}; 0,0013 \cdot b \cdot d\right)$

Maximální plocha výztuže: $a_{s,\text{max}} = 0,04 \cdot a_c$

Výztuž	Místo	M_{Ed} [kNm]	d [mm]	b [mm]	μ [-]	ζ [-]	$A_{s,\text{req}}$ [mm ²]	$A_{s,\text{prov}}$ [mm ²]	$A_{s,\text{min}}$ [mm ²]	$A_{s,\text{max}}$ [mm ²]	Návrh
HORNÍ	základní rastr	20	418	1000	0,005	0,997	110	308	115	3240	2Ø14
	střední hodnota	50	418	1000	0,013	0,993	277	308	115	3240	2Ø14
	maximální hodnota	80	418	1000	0,020	0,990	445	462	115	3240	3Ø14
DOLNÍ	základní rastr	50	417	180	0,071	0,963	286	308	115	3240	2Ø14
	střední hodnota	90	417	180	0,127	0,932	533	603	115	3240	3Ø16
	maximální hodnota	135	417	180	0,191	0,892	835	1005	115	3240	5Ø16

Výška tlačené oblasti: $x = \frac{a_{s,\text{prov}} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}}$

Velikost ramene vnitřních sil: $z = d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x$

A – Statický výpočet

7 Podrobný návrh nosných prvků



Moment únosnosti průřezu: $m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z$

Výztuž	Místo	x [mm]	z [mm]	M_{Rd} [kNm]	M_{ed}/M_{Rd}	Vyhovuje ?	Návrh
HORNÍ	základní rastr	7,41	415,04	55,579	0,360	ANO	2014
	střední hodnota	7,41	415,04	55,579	0,900	ANO	2014
	maximální hodnota	11,11	413,56	83,071	0,960	ANO	3014
DOLNÍ	základní rastr	41,15	400,54	53,638	0,932	ANO	2014
	střední hodnota	80,56	384,78	100,878	0,892	ANO	3016
	maximální hodnota	134,27	363,29	158,743	0,862	ANO	5016

7.5.3 Návrh a posouzení žeber – smyková výztuž

Únosnost tlačené diagonály: $V_{Rd,max} = v \cdot f_{cd} \cdot b \cdot z \cdot \frac{\cot\theta}{1 + \cot^2\theta}$

Plocha jednoho třmínku: $a_{s,w} = \frac{n \cdot \pi \cdot \varnothing_{tr}^2}{4}$

Potřebná osová vzdálenost třmínků: $s_l = \frac{a_{s,w} \cdot f_{yd}}{V_{Ed}} \cdot z \cdot \cot\theta$

Maximální vzdálenost třmínků: $s_{max} = \min(0,75 \cdot d; 400)$

Únosnost třmínků: $V_{Rd} = \frac{a_{s,w} \cdot f_{yd}}{s_{l,m}} \cdot z \cdot \cot\theta$

Místo	V_{ed} [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{ed}/V_{Rd,max}$	Vyhovuje ?	$A_{s,w}$ [mm ²]	s_l [mm]	s_{max} [mm]	V_{Rd} [kN]	V_{ed}/V_{Rd}	Vyhovuje ?	Návrh
základní rastr	50	232,5	0,215	ANO	157,1	779	313	130	0,385	ANO	Ø10/300
střední hodnota	100	232,5	0,430	ANO	157,1	389	313	130	0,771	ANO	Ø10/300
střední hodnota	140	232,5	0,602	ANO	157,1	278	313	156	0,899	ANO	Ø10/250
maximální hodnota	192	232,5	0,826	ANO	157,1	203	313	195	0,986	ANO	Ø10/200

Stupeň vyztužení: $\rho_{sw} = \frac{a_{s,w}}{s_l \cdot b}$

Minimální smykové vyztužení: $\rho_{sw,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$

Maximální smykové vyztužení: $\rho_{sw,max} = \frac{0,5 \cdot v \cdot f_{cd}}{f_{ywd}}$

Vzdálenost mezi jednotlivými větvemi třmínků: $s = b - 2 \cdot c - \varnothing_{tr}$

Limitní vzdálenost mezi jednotlivými větvemi třmínků: $s_t = \min(0,75 \cdot d; 600)$

Místo	ρ_{sw}	ρ_{swmin}	$\rho_{sw} > \rho_{swmin}$	ρ_{swmax}	$\rho_{sw} < \rho_{swmax}$	s [mm]	s_t [mm]	$s < s_t$	Návrh
základní rastr	0,0029	0,0009	ANO	0,0121	ANO	120	313	ANO	Ø10/300
střední hodnota	0,0029	0,0009	ANO	0,0121	ANO	120	313	ANO	Ø10/300
střední hodnota	0,0035	0,0009	ANO	0,0121	ANO	120	313	ANO	Ø10/250
maximální hodnota	0,0044	0,0009	ANO	0,0121	ANO	120	313	ANO	Ø10/200

7.5.4 Posouzení MSP – omezení napětí

$\alpha_e = E_s/E_{cm} = 200/32 = 6,25$

A – Statický výpočet



7 Podrobný návrh nosných prvků

Plocha ideálního průřezu: $A_I = A_c + \alpha_e \cdot (A_{s1} + A_{s2}) =$
 $= 0,18 \cdot 0,45 + 6,25 \cdot (308 \cdot 10^{-6} + 533 \cdot 10^{-6}) = 0,087 \text{ m}^2$

Vzdálenost těžiště ideálního průřezu od horního okraje:

$$a_I = [A_c \cdot a_c + \alpha_e \cdot (A_{s1} \cdot d + A_{s2} \cdot d_2)] / A_I =$$
$$= [0,18 \cdot 0,45 \cdot 0,225 + 6,25 \cdot (533 \cdot 10^{-6} \cdot 0,418 + 308 \cdot 10^{-6} \cdot 0,032)] / 0,087 = 0,226 \text{ m}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu k jeho těžišti:

$$I_I = I_c + A_c \cdot (a_I - a_c)^2 + \alpha_e \cdot [A_{s1} \cdot (d - a_I)^2 + A_{s2} \cdot (a_I - d_2)^2] =$$
$$= 0,18 \cdot 0,45^3 / 12 + 0,45 \cdot 0,18 \cdot (0,226 - 0,225)^2 + 6,25 \cdot [533 \cdot 10^{-6} \cdot (0,418 - 0,226)^2 +$$
$$308 \cdot 10^{-6} \cdot (0,226 - 0,032)^2] = 1,49 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

Ohybový moment při vzniku trhlin: $M_{cr} = f_{ct,eff} \cdot \frac{I_I}{h - a_I} = 2,9 \cdot \frac{1,49 \cdot 10^{-3}}{0,45 - 0,226} = 19,3 \text{ kNm}$

$$M_{cr} = 19,5 \text{ kNm} < M_{E,kvazi} = 89,42 \text{ kNm}$$

... Trhliny se očekávají

Vzdálenost neutrální osy od tlačeneho okraje u průřezu s trhlinami:

$$x_{cr} = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot (A_{s1} \cdot d + A_{s2} \cdot d_2)}{\alpha_e \cdot (A_{s1} + A_{s2})^2}} \right] =$$
$$= \frac{6,25}{0,18} \cdot (308 \cdot 10^{-6} + 533 \cdot 10^{-6}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 0,18 \cdot (533 \cdot 10^{-6} \cdot 0,418 + 308 \cdot 10^{-6} \cdot 0,032)}{6,25 \cdot (533 \cdot 10^{-6} + 308 \cdot 10^{-6})^2}} \right] =$$
$$= 0,011 \text{ m}$$

Moment setrvačnosti průřezu s trhlinami:

$$I_{II} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot x_{cr}^3 + \alpha_e \cdot [A_{s1} \cdot (d - x_{cr})^2 + A_{s2} \cdot (x_{cr} - d_2)^2] =$$
$$= \frac{1}{3} \cdot 0,18 \cdot 0,011^3 + 6,25 \cdot [533 \cdot 10^{-6} \cdot (0,418 - 0,011)^2 + 308 \cdot 10^{-6} \cdot (0,011 - 0,032)^2] =$$
$$= 5,53 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

Napětí v betonu: $\sigma_c = \frac{M_{E,kvazi}}{I_{II}} \cdot x_{cr} = \frac{89,42}{5,53 \cdot 10^{-4}} \cdot 0,011 = 1,78 \text{ MPa}$

$$\sigma_c = 1,78 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Napětí ve výztuži: $\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{E,char}}{I_{II}} \cdot (d - x_{cr}) = 6,25 \cdot \frac{105,52}{5,53 \cdot 10^{-4}} \cdot (0,418 - 0,011) = 485,4 \text{ MPa}$

$$\sigma_s = 485,4 \text{ MPa} > 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa}$$

... Nevyhovuje, potřeba přidat výztuž

Návrh spodní výztuže: 4Ø16 ($A_{s,prov} = 804 \text{ mm}^2$)



Vzdálenost neutrální osy od tlačného okraje u průřezu s trhlinami:

$$x_{cr} = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_{s1} + A_{s2}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot (A_{s1} \cdot d + A_{s2} \cdot d_2)}{\alpha_e \cdot (A_{s1} + A_{s2})^2}} \right] =$$

$$= \frac{6,25}{0,18} \cdot (308 \cdot 10^{-6} + 804 \cdot 10^{-6}) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 0,18 \cdot (804 \cdot 10^{-6} \cdot 0,418 + 308 \cdot 10^{-6} \cdot 0,032)}{6,25 \cdot (804 \cdot 10^{-6} + 308 \cdot 10^{-6})^2}} \right] =$$

$$= 0,035 \text{ m}$$

Moment setrvačnosti průřezu s trhlinami:

$$I_{II} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot x_{cr}^3 + \alpha_e \cdot [A_{s1} \cdot (d - x_{cr})^2 + A_{s2} \cdot (x_{cr} - d_2)^2] =$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 0,18 \cdot 0,035^3 + 6,25 \cdot [804 \cdot 10^{-6} \cdot (0,418 - 0,035)^2 + 308 \cdot 10^{-6} \cdot (0,035 - 0,032)^2] =$$

$$= 7,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

Napětí v betonu: $\sigma_c = \frac{M_{E,kvazi}}{I_{II}} \cdot x_{cr} = \frac{89,42}{7,4 \cdot 10^{-4}} \cdot 0,035 = 4,23 \text{ MPa}$

$$\sigma_c = 4,23 \text{ MPa} < 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Napětí ve výztuži: $\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{E,char}}{I_{II}} \cdot (d - x_{cr}) = 6,25 \cdot \frac{105,52}{7,4 \cdot 10^{-4}} \cdot (0,418 - 0,035) = 341,3 \text{ MPa}$

$$\sigma_s = 341,3 \text{ MPa} > 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

7.5.5 Posouzení MSP – omezení šířky trhlin

Napětí ve výztuži: $\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{E,kvazi}}{I_{II}} \cdot (d - x_{cr}) = 6,25 \cdot \frac{89,42}{7,4 \cdot 10^{-4}} \cdot (0,418 - 0,035) = 289,3 \text{ MPa}$

Výška účinné plochy taženého betonu:

$$h_{c,eff} = \min[2,5 \cdot (h - d); h/2; (h - x_{cr})/3] = \min[2,5 \cdot (450 - 418); 450/2; (450 - 35)/3] =$$

$$= \min[80; 225; 138] = 80 \text{ mm}$$

Účinná tažená plocha: $A_{c,eff} = 2 \cdot h_{c,eff} \cdot b = 2 \cdot 80 \cdot 180 = 28800 \text{ mm}^2/\text{bm}$

Účinný stupeň vyztužení: $\rho_{eff} = A_{s,prov}/A_{c,eff} = 804/28800 = 0,028$

Maximální vzdálenost trhlin: $s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_4 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \sigma / \rho_{eff}$

Součinitel zohledňující vlastnosti soudržné výztuže:

pruty s velkou soudržností: $k_1 = 0,8$

Součinitel zohledňující rozdělení poměrného přetvoření: $k_2 = 0,5$

Součinitel vyjadřující vliv poškozené soudržnosti betonu a výztuže v bezprostřední blízkosti trhliny: dle doporučení ČSN EN 1992-1-1: $k_3 = 3,4$

Součinitel vyjadřující vztah mezi soudržností a pevností betonu v tahu:

dle doporučení ČSN EN 1992-1-1: $k_4 = 0,425$



7 Podrobný návrh nosných prvků

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 25 + 0,425 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 14 / 0,028 = 170 \text{ mm}$$

$$\text{Rozdíl poměrných přetvoření: } \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$k_t = 0,4 \text{ (dlouhodobé zatížení)}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{289,3 - 0,4 \cdot \frac{1,45}{0,028} \cdot (1 + 6,25 \cdot 0,028)}{200 \cdot 10^3} = 1,33 \cdot 10^{-3} \geq 0,6 \cdot \frac{289,3}{200 \cdot 10^3} = 8,7 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{Šířka trhliny: } w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 170 \cdot 1,33 \cdot 10^{-3} = 0,23 \text{ mm}$$

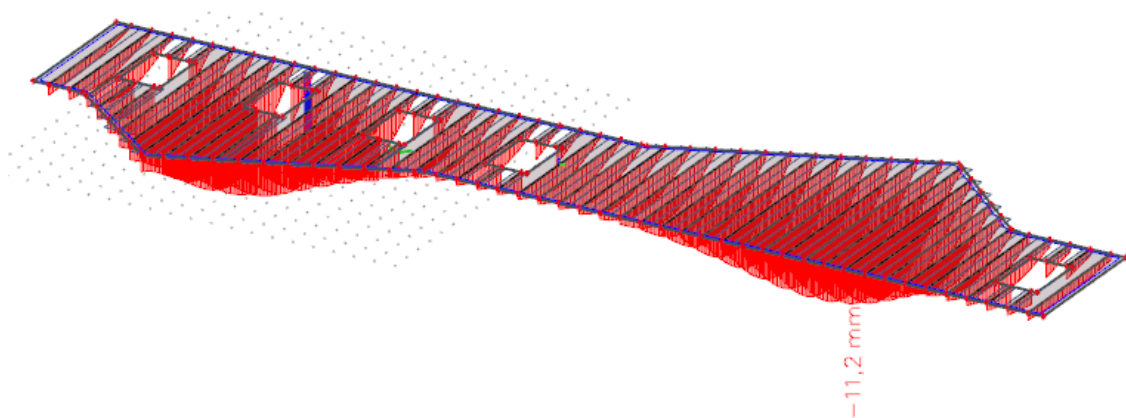
$$w_{kx} = 0,23 \text{ mm} < w_{klim} = 0,30 \text{ mm}$$

... Vyhovuje

7.5.6 Posouzení MSP – omezení průhybu

$$\text{Limitní průhyb: } \delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{7100}{250} = 28,4 \text{ mm}$$

Průhyb úskoku v desce – kombinace kvazistálá MSP



Program SCIA Engineer nezohledňuje vliv smršťování betonu. V tomto případě to nevádí, jelikož je velká rezerva mezi limitním průhybem a průhybem desky.

$$\delta_{lim} = 28,4 \text{ mm} > \delta = 11,2 \text{ mm}$$

... Vyhovuje

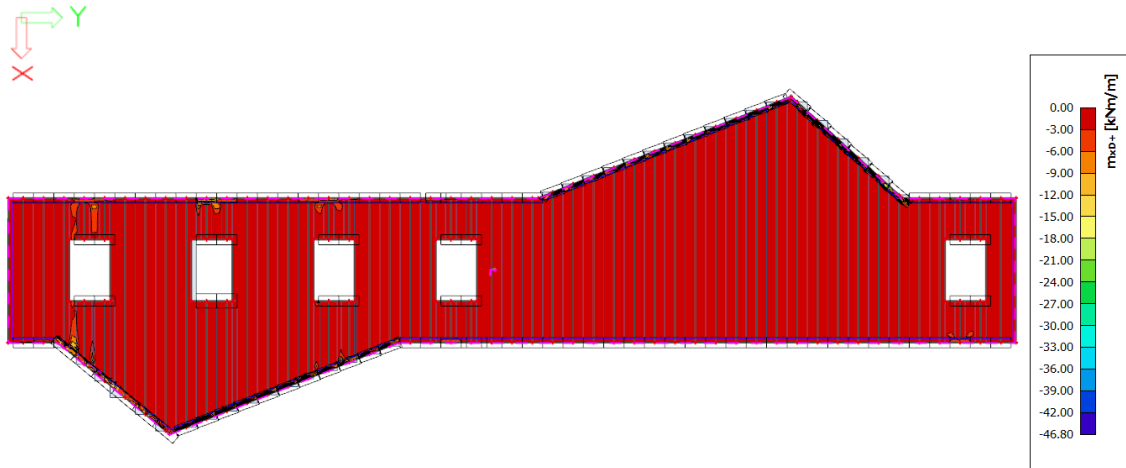
Návrh žeber vyhovuje.



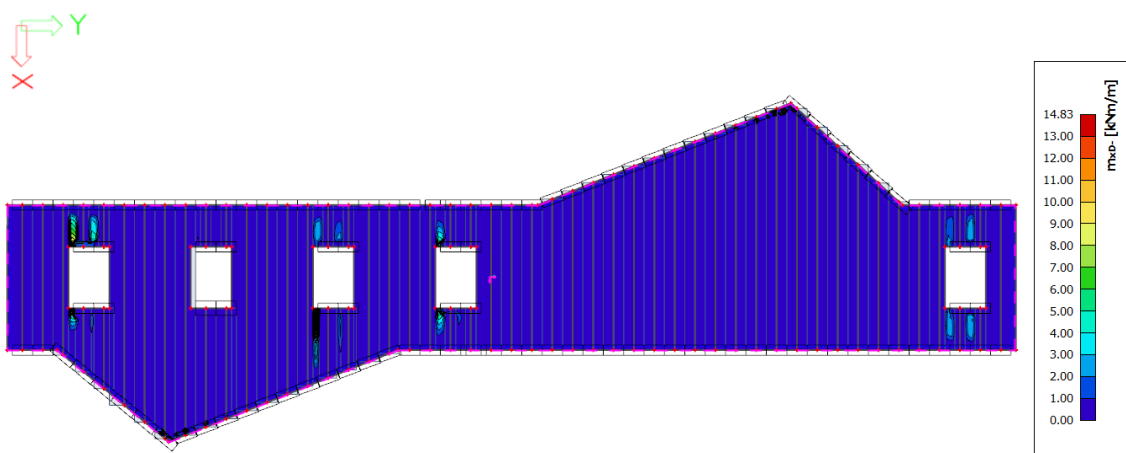
7.6 Návrh stropní desky nad 2.NP – nad žebry

7.6.1 Vnitřní síly desky

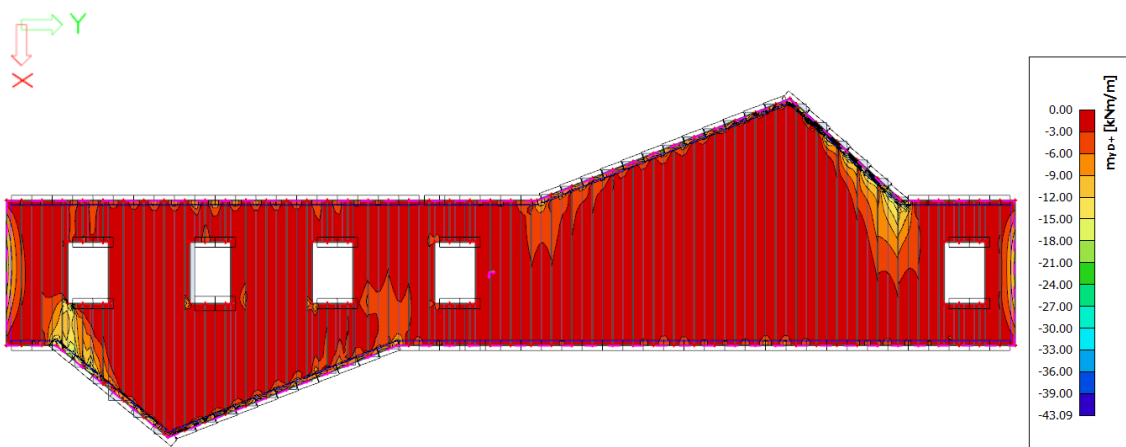
Dimenzační moment ve směru x u horního povrchu desky – kombinace MSÚ



Dimenzační moment ve směru x u spodního povrchu desky – kombinace MSÚ



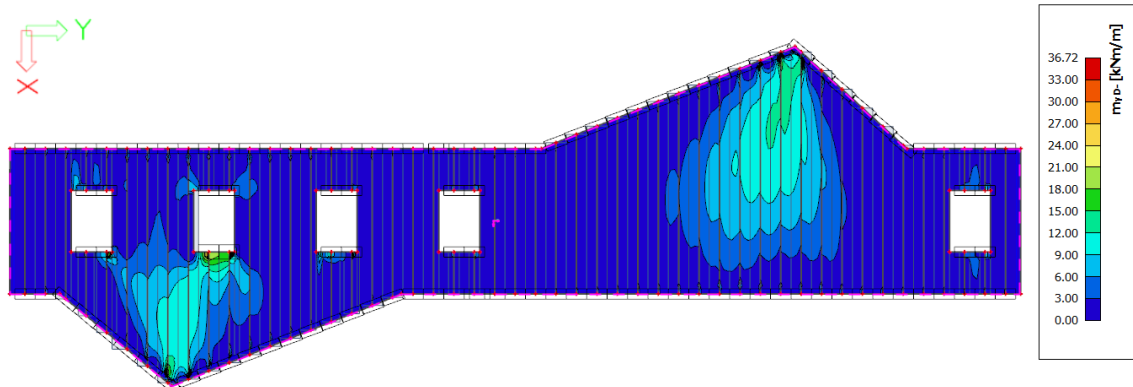
Dimenzační moment ve směru y u horního povrchu desky – kombinace MSÚ



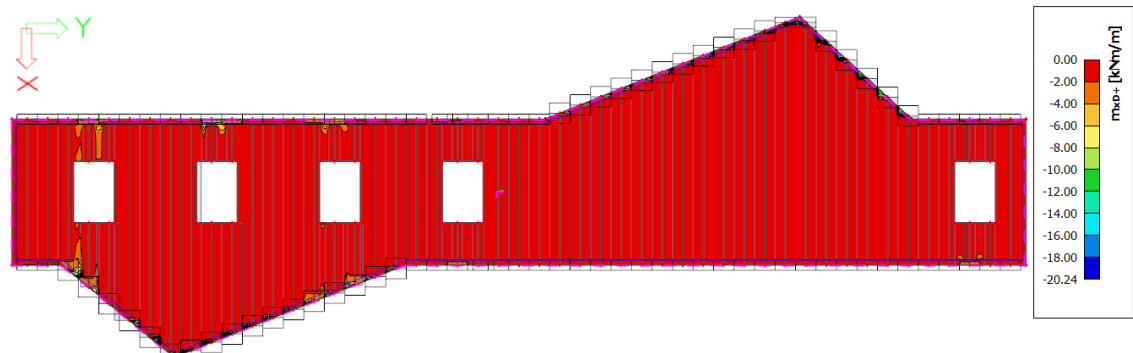


7 Podrobný návrh nosných prvků

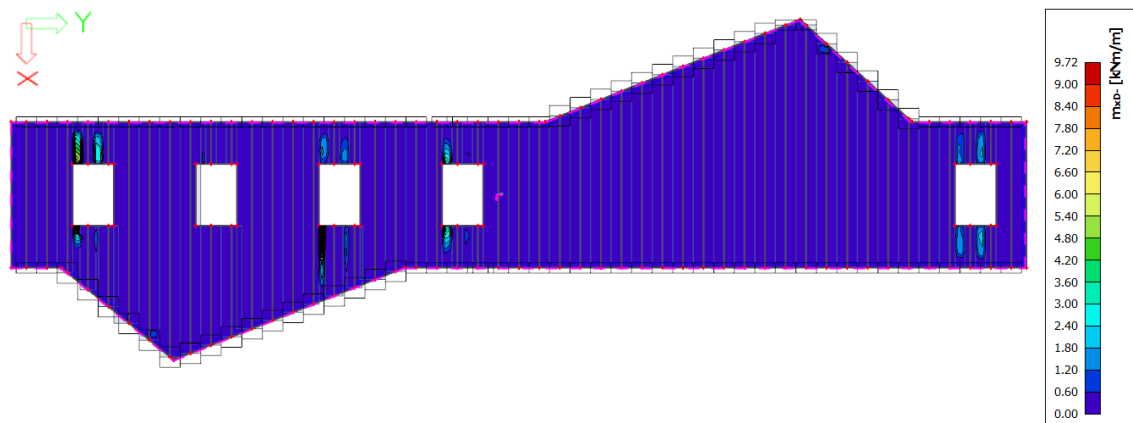
Dimenzační moment ve směru y u spodního povrchu desky – kombinace MSÚ



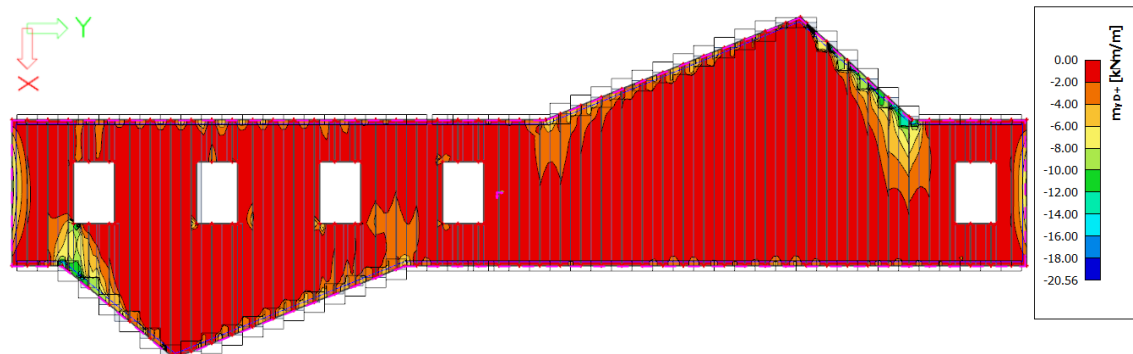
Dimenzační moment ve směru x u horního povrchu desky – kombinace kvazistálá MSP



Dimenzační moment ve směru x u spodního povrchu desky – kombinace kvazistálá MSP

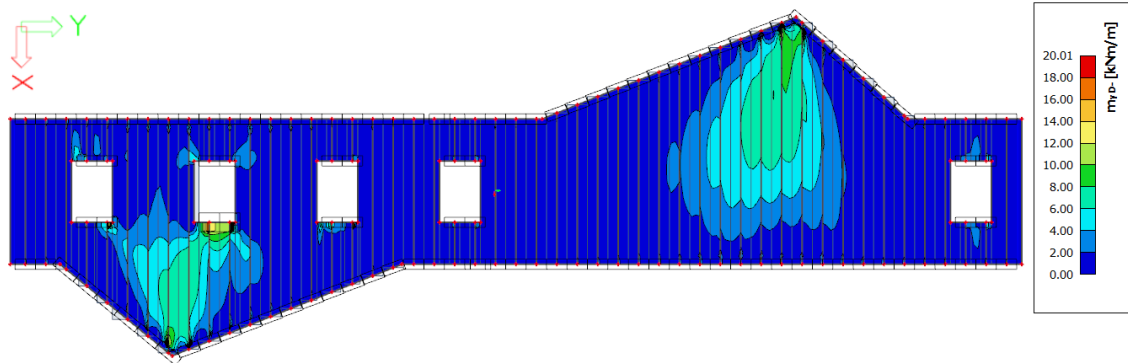


Dimenzační moment ve směru y u horního povrchu desky – kombinace kvazistálá MSP

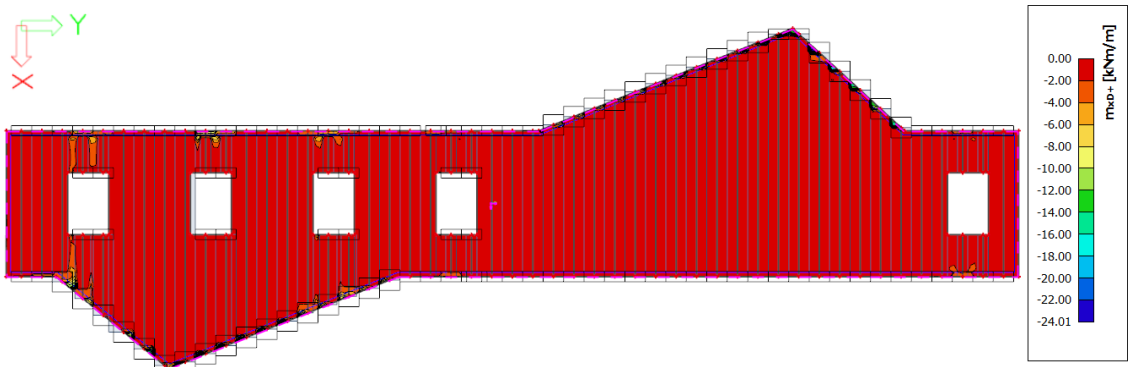




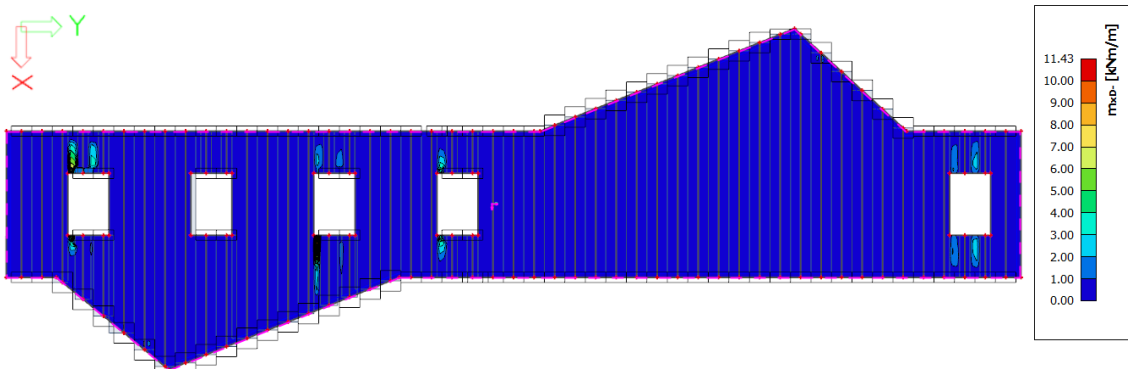
Dimenzační moment ve směru y u spodního povrchu desky – kombinace kvazistálá MSP



Dimenzační moment ve směru x u horního povrchu desky – kombinace charakteristická MSP



Dimenzační moment ve směru x u spodního povrchu desky – kombinace charakteristická MSP

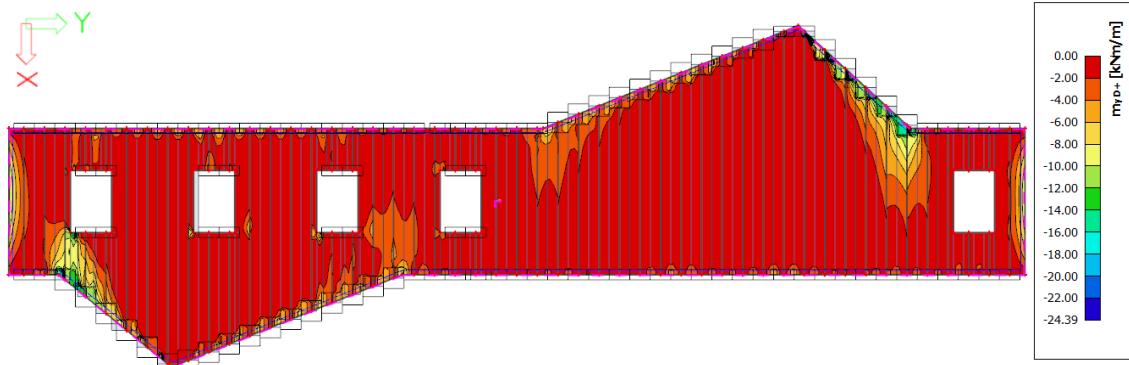


A – Statický výpočet

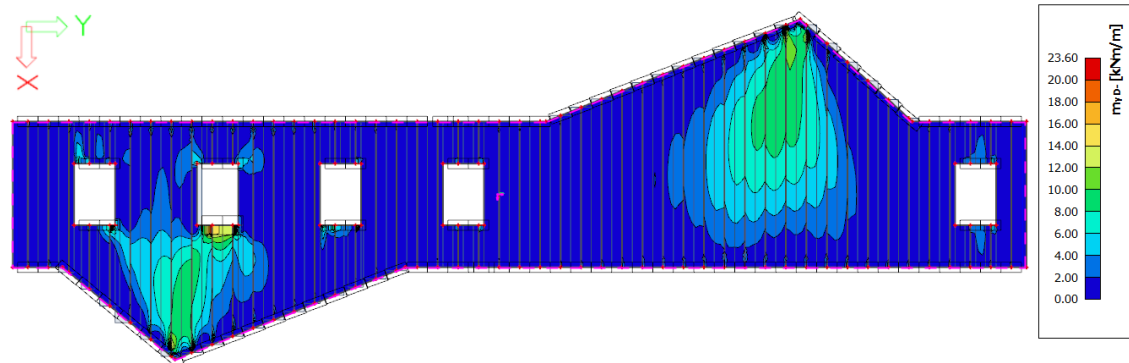


7 Podrobný návrh nosných prvků

Dimenzační moment ve směru y u horního povrchu desky – kombinace charakteristická MSP



Dimenzační moment ve směru y u spodního povrchu desky – kombinace charakteristická MSP



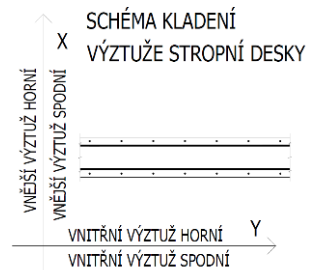
7.6.2 Návrh a posouzení ohybové výztuže desky

Tloušťka desky: $h = 150 \text{ mm}$

Návrh výztuže

$$\text{Poměrný ohybový moment: } \mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

$$\text{Potřebná plocha výztuže: } a_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$$



Výztuž	Směr	Místo	M_{Ed} [kNm/m ²]	d [mm]	μ [-]	ζ [-]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,req,př}$ [mm ²]	$A_{s,prov,př}$ [mm ²]	$A_{s,prov}$ [mm ²]	Návrh
HORNÍ	X	základní rastr	20	120	0,069	0,964	398			524	$\text{Ø}10\text{á}150\text{mm}$
		příložky - kraje desky	47	120	0,163	0,909	991	467	524	1048	$\text{Ø}10\text{á}150\text{mm} + \text{Ø}10\text{á}150\text{mm}$
	Y	základní rastr	20	110	0,083	0,957	437			524	$\text{Ø}10\text{á}150\text{mm}$
		příložky - kraje desky	43	110	0,178	0,901	998	474	524	1048	$\text{Ø}10\text{á}150\text{mm} + \text{Ø}10\text{á}150\text{mm}$
DOLNÍ	X	základní rastr	15	120	0,052	0,973	295			524	$\text{Ø}10\text{á}150\text{mm}$
	Y	základní rastr	20	110	0,083	0,957	437			524	$\text{Ø}10\text{á}150\text{mm}$
		příložky - otvor	37	110	0,153	0,973	795	271	524	1048	$\text{Ø}10\text{á}150\text{mm} + \text{Ø}10\text{á}150\text{mm}$

Posouzení výztuže

$$\text{Výška tlačené oblasti: } x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}}$$

$$\text{Velikost ramene vnitřních sil: } z = d - 0,4 \cdot x$$

A – Statický výpočet

7 Podrobný návrh nosných prvků



Moment únosnosti průřezu: $m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z$

Podmínka pro vyhovující konstrukci: $m_{Rd} > m_{Ed}$

Výztuž	Směr	Místo	x [mm]	z [mm]	M_{Rd} [kNm/m']	M_{Ed}/M_{Rd}	Vyhovuje ?	Návrh
HORNÍ	X	základní rastr	14	114	26,04	0,768	ANO	$\emptyset 10 \dot{a} 150 mm$
		příložky - kraje desky	28	109	49,49	0,950	ANO	$\emptyset 10 \dot{a} 150 mm + \emptyset 10 \dot{a} 150 mm$
	Y	základní rastr	14	104	23,76	0,842	ANO	$\emptyset 10 \dot{a} 150 mm$
		příložky - kraje desky	28	99	44,93	0,957	ANO	$\emptyset 10 \dot{a} 150 mm + \emptyset 10 \dot{a} 150 mm$
DOLNÍ	X	základní rastr	14	114	26,04	0,576	ANO	$\emptyset 10 \dot{a} 150 mm$
	Y	základní rastr	14	104	23,76	0,842	ANO	$\emptyset 10 \dot{a} 150 mm$
		příložky - otvor	28	99	44,93	0,823	ANO	$\emptyset 10 \dot{a} 150 mm + \emptyset 10 \dot{a} 150 mm$

Konstrukční zásady

Minimální plocha výztuže: $a_{s,min} = \max(0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d) =$

Minimální světlá vzdálenost výztuže: $s_1 = \max(20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \emptyset_s; D_{max} + 5 \text{ mm}) =$

Maximální osová vzdálenost výztuže: $s = \min(2 \cdot h; 250 \text{ mm})$

Výztuž	Směr	Místo	$A_{s,prov}$ [mm ² /m]	$A_{s,min}$ [mm ² /m]	$A_{s,prov} >$ $A_{s,min}$	s [mm]	s_1 [mm]	s > s_1	s [mm]	s_{max} [mm]	$s_{max} >$ s	Návrh
HORNÍ	X	základní rastr	524	143	ANO	140	21	ANO	150	250	ANO	$\emptyset 10 \dot{a} 150 mm$
		příložky - kraje desky	1048	143	ANO	65	21	ANO	75	250	ANO	$\emptyset 10 \dot{a} 150 mm + \emptyset 10 \dot{a} 150 mm$
	Y	základní rastr	524	143	ANO	140	21	ANO	150	250	ANO	$\emptyset 10 \dot{a} 150 mm$
		příložky - kraje desky	1048	143	ANO	65	21	ANO	75	250	ANO	$\emptyset 10 \dot{a} 150 mm + \emptyset 10 \dot{a} 150 mm$
DOLNÍ	X	základní rastr	524	143	ANO	140	21	ANO	150	250	ANO	$\emptyset 10 \dot{a} 150 mm$
	Y	základní rastr	524	143	ANO	140	21	ANO	150	250	ANO	$\emptyset 10 \dot{a} 150 mm$
		příložky - otvor	1048	143	ANO	75	21	ANO	75	250	ANO	$\emptyset 10 \dot{a} 150 mm + \emptyset 10 \dot{a} 150 mm$

7.6.3 Posouzení MSP – omezení šířky trhlin

Posouzení trhlin bylo provedeno pomocí výpočetního programu pro návrh výztuže na šířku trhlin.

Trhliny byly posouzeny pro různá místa v konstrukci, uvedené výsledky jsou pouze pro místa s maximálními momenty.

$$\alpha_e = E_s / E_{cm}$$

Parametry průřezu bez trhlin

Plocha ideálního průřezu: $A_i = A_c + \alpha_e \cdot (A_s + A'_s)$

Vzdálenost těžiště ideálního průřezu od horního okraje:

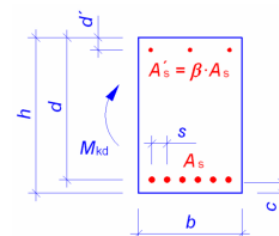
$$a_{gi} = [A_c \cdot a_c + \alpha_e \cdot (A_s \cdot d + A'_s \cdot d')] / A_i$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu k jeho těžišti:

$$I_i = I_c + A_c \cdot (a_{gi} - a_c)^2 + \alpha_e \cdot [A_s \cdot (d - a_{gi})^2 + A'_s \cdot (a_{gi} - d')^2]$$

Ohybový moment při vzniku trhlin: $M_{cr} = f_{ct,eff} \cdot \frac{I_i}{h - a_{gi}}$

Napětí v tahové výztuži: $\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (d - a_{gi})}{I_i}$





Napětí v tlakové výztuži: $\sigma'_s = -\alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (a_{gi} - d')}{I_i}$

Tahové napětí v betonu: $\sigma_c = \frac{M_{kd} \cdot (h - a_{gi})}{I_i}$

Tlakové napětí v betonu: $\sigma'_c = -\frac{M_{kd} \cdot a_{gi}}{I_i}$

Parametry průřezu s trhlinami

Vzdálenost neutrální osy od tlačeneho okraje u průřezu s trhlinami:

$$x = \frac{\alpha_e}{b} \cdot (A_s + A'_s) \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot (A_s \cdot d + A'_s \cdot d')}{\alpha_e \cdot (A_s + A'_s)^2}} \right]$$

Moment setrvačnosti průřezu s trhlinami: $I_{ir} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot x^3 + \alpha_e \cdot [A_s \cdot (d - x)^2 + A'_s \cdot (x - d')^2]$

Napětí v tahové výztuži: $\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (d - x)}{I_{ir}}$

Napětí v tlakové výztuži: $\sigma'_s = -\alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (x - d')}{I_{ir}}$

Tlakové napětí v betonu: $\sigma'_c = -\frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}}$

Osová síla v tahové výztuži: $F_s = A_s \cdot \sigma_s$

Osová síla v tlakové výztuži: $F'_s = A'_s \cdot \sigma'_s$

Síla v těžišti obrazce napětí v betonu v tlačené části průřezu: $F'_c = 0,5 \cdot b \cdot x \cdot \sigma'_c$

Výška účinné plochy taženého betonu: $h_{c,eff} = \min[2,5 \cdot (h - d); h/2; (h - x_{cr})/3]$

Účinná tažená plocha: $A_{c,eff} = 2 \cdot h_{c,eff} \cdot b$

Účinný stupeň vyztužení: $\rho_{eff} = A_{s,prov} / A_{c,eff}$

Rozdíl poměrných přetvoření: $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$

Maximální vzdálenost trhlin: $s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_4 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \sigma / \rho_{eff}$

Šířka trhliny: $w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$

A – Statický výpočet

7 Podrobný návrh nosných prvků



Směr x – horní povrch

Ohybový moment M_{kd} [kNm] <input type="text" value="20"/>	Tahová výztuž A_s [mm ²] <input type="text" value="1048"/> ϕ [mm] <input type="text" value="10"/> c [mm] <input type="text" value="25"/> d [mm] <input type="text" value="120"/> s [mm] <input type="text" value="75"/>	α_e [-] <input type="text" value="6.25"/> β [-] <input type="text" value="0.5"/>	Parametry průřezu s trhlínami x [mm] <input type="text" value="33.361"/> I_{ir} [mm ³] <input type="text" value="61579813"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="175.867"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="-6.82245"/> σ_c [MPa] <input type="text" value="-10.835"/> F_s [N] <input type="text" value="184309"/> F'_s [N] <input type="text" value="-3574.96"/> F_c [N] <input type="text" value="-180734"/> $h_{c,eff}$ [mm] <input type="text" value="38.8797"/> $A_{c,eff}$ [mm ²] <input type="text" value="38879.7"/> $\rho_{p,eff}$ [-] <input type="text" value="0.026955"/> $(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ [‰] <input type="text" value="0.75362"/> $s_{r,max}$ [mm] <input type="text" value="148.068"/> w_k [mm] <input type="text" value="0.111588"/>
Rozměry průřezu b [mm] <input type="text" value="1000"/> h [mm] <input type="text" value="150"/>	Tahová výztuž A'_s [mm ²] <input type="text" value="524"/> d' [mm] <input type="text" value="30"/>	Parametry průřezu bez trhlín A_i [mm ²] <input type="text" value="159825"/> a_{gi} [mm] <input type="text" value="75.9221"/> I_i [mm ³] <input type="text" value="301009730"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="18.3042"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="-19.07"/> σ_c [MPa] <input type="text" value="4.92196"/> σ'_c [MPa] <input type="text" value="-5.04449"/>	
Parametry materiálů E_s [MPa] <input type="text" value="200000"/> E_{cm} [MPa] <input type="text" value="32000"/> $f_{ct,eff}$ [MPa] <input type="text" value="1.45"/>	Koeficienty k_t <input type="text" value="0.4"/> k_1 <input type="text" value="0.8"/>	Moment při vzniku trhlin M_{cr} [kNm] <input type="text" value="5.89196"/>	
VÝPOČET		Moment od zatížení M_{kd} [kNm] <input type="text" value="20"/>	
Trhlíny vzniknou ($M_{cr} = 5.9$ kNm). Šířka trhlin $w_k = 0.1116$ mm.		Trhlíny vzniknou!	

$$w_k = 0,11 \text{ mm} < w_{klim} = 0,30 \text{ mm}$$

...Vyhovuje

Směr x – spodní povrch

Ohybový moment M_{kd} [kNm] <input type="text" value="10"/>	Tahová výztuž A_s [mm ²] <input type="text" value="524"/> ϕ [mm] <input type="text" value="10"/> c [mm] <input type="text" value="25"/> d [mm] <input type="text" value="120"/> s [mm] <input type="text" value="150"/>	α_e [-] <input type="text" value="6.25"/> β [-] <input type="text" value="1"/>	Parametry průřezu s trhlínami x [mm] <input type="text" value="25.4719"/> I_{ir} [mm ³] <input type="text" value="34839987"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="169.575"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="8.12302"/> σ_c [MPa] <input type="text" value="-7.31111"/> F_s [N] <input type="text" value="88857.5"/> F'_s [N] <input type="text" value="4256.46"/> F_c [N] <input type="text" value="-93114"/> $h_{c,eff}$ [mm] <input type="text" value="41.5094"/> $A_{c,eff}$ [mm ²] <input type="text" value="41509.4"/> $\rho_{p,eff}$ [-] <input type="text" value="0.0126237"/> $(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ [‰] <input type="text" value="0.60002"/> $s_{r,max}$ [mm] <input type="text" value="219.668"/> w_k [mm] <input type="text" value="0.131806"/>
Rozměry průřezu b [mm] <input type="text" value="1000"/> h [mm] <input type="text" value="150"/>	Tahová výztuž A'_s [mm ²] <input type="text" value="524"/> d' [mm] <input type="text" value="30"/>	Parametry průřezu bez trhlín A_i [mm ²] <input type="text" value="156550"/> a_{gi} [mm] <input type="text" value="75"/> I_i [mm ³] <input type="text" value="294513750"/> σ_s [MPa] <input type="text" value="9.54964"/> σ'_s [MPa] <input type="text" value="-9.54964"/> σ_c [MPa] <input type="text" value="2.54657"/> σ'_c [MPa] <input type="text" value="-2.54657"/>	
Parametry materiálů E_s [MPa] <input type="text" value="200000"/> E_{cm} [MPa] <input type="text" value="32000"/> $f_{ct,eff}$ [MPa] <input type="text" value="1.45"/>	Koeficienty k_t <input type="text" value="0.4"/> k_1 <input type="text" value="0.8"/>	Moment při vzniku trhlin M_{cr} [kNm] <input type="text" value="5.69393"/>	
VÝPOČET		Moment od zatížení M_{kd} [kNm] <input type="text" value="10"/>	
Trhlíny vzniknou ($M_{cr} = 5.7$ kNm). Šířka trhlin $w_k = 0.1318$ mm.		Trhlíny vzniknou!	

$$w_k = 0,13 \text{ mm} < w_{klim} = 0,30 \text{ mm}$$

...Vyhovuje

A – Statický výpočet

7 Podrobný návrh nosných prvků



Směr y – horní povrch

Ohybový moment		Tahová výztuž		α_e [-]	6.25	Parametry průřezu s trhlínami	
M_{kd} [kNm]	21	A_s [mm ²]	1048	β [-]	0.5	x [mm]	32.5959
Rozměry průřezu		ϕ [mm]	10	Parametry průřezu bez trhlín		I_{ir} [mm ³]	50967475
b [mm]	1000	c [mm]	35	A_i [mm ²]	159825	σ_s [MPa]	199.329
h [mm]	150	d [mm]	110	a_{gi} [mm]	75.7172	σ'_s [MPa]	19.0669
Parametry materiálů		s [mm]	75	I_i [mm ³]	293203417	σ'_c [MPa]	-13.4304
E_s [MPa]	200000	Tlaková výztuž		σ_s [MPa]	15.3464	F_s [N]	208897
E_{cm} [MPa]	32000	A'_s [mm ²]	524	σ'_s [MPa]	-15.9885	F'_s [N]	9991.05
$f_{ct,eff}$ [MPa]	1.45	d' [mm]	40	σ_c [MPa]	5.32033	F'_c [N]	-218888
Koeficienty				σ'_c [MPa]	-5.42306	$h_{c,eff}$ [mm]	39.1347
k_t	0.4	k_1	0.8	Moment při vzniku trhlin		$A_{c,eff}$ [mm ²]	39134.7
				M_{cr} [kNm]	5.72333	$\rho_{p,eff}$ [-]	0.0267793
				Moment od zatížení		$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ [‰]	0.87023
				M_{kd} [kNm]	21	$s_{r,max}$ [mm]	182.482
				Trhliny vzniknou!		w_k [mm]	0.158801

VÝPOČET

Trhliny vzniknou ($M_{cr} = 5.7$ kNm).
Šířka trhlin $w_k = 0.1588$ mm.

$$w_k = 0,16 \text{ mm} < w_{klim} = 0,30 \text{ mm}$$

...Vyhovuje

Směr y – spodní povrch

Ohybový moment		Tahová výztuž		α_e [-]	6.25	Parametry průřezu s trhlínami	
M_{kd} [kNm]	20	A_s [mm ²]	1048	β [-]	0.5	x [mm]	32.5959
Rozměry průřezu		ϕ [mm]	10	Parametry průřezu bez trhlín		I_{ir} [mm ³]	50967475
b [mm]	1000	c [mm]	35	A_i [mm ²]	159825	σ_s [MPa]	189.837
h [mm]	150	d [mm]	110	a_{gi} [mm]	75.7172	σ'_s [MPa]	18.1589
Parametry materiálů		s [mm]	75	I_i [mm ³]	293203417	σ'_c [MPa]	-12.7909
E_s [MPa]	200000	Tlaková výztuž		σ_s [MPa]	14.6156	F_s [N]	198949
E_{cm} [MPa]	32000	A'_s [mm ²]	524	σ'_s [MPa]	-15.2271	F'_s [N]	9515.29
$f_{ct,eff}$ [MPa]	1.45	d' [mm]	40	σ_c [MPa]	5.06698	F'_c [N]	-208465
Koeficienty				σ'_c [MPa]	-5.16482	$h_{c,eff}$ [mm]	39.1347
k_t	0.4	k_1	0.8	Moment při vzniku trhlin		$A_{c,eff}$ [mm ²]	39134.7
				M_{cr} [kNm]	5.72333	$\rho_{p,eff}$ [-]	0.0267793
				Moment od zatížení		$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$ [‰]	0.82277
				M_{kd} [kNm]	20	$s_{r,max}$ [mm]	182.482
				Trhliny vzniknou!		w_k [mm]	0.15014

VÝPOČET

Trhliny vzniknou ($M_{cr} = 5.7$ kNm).
Šířka trhlin $w_k = 0.1501$ mm.

$$w_k = 0,15 \text{ mm} < w_{klim} = 0,30 \text{ mm}$$

...Vyhovuje



7.6.4 Posouzení MSP – omezení napětí

Směr x – horní povrch

Posouzení napětí v betonu – kvazistálá kombinace:

$$\text{tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}} = 10,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 10,8 \text{ MPa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí v betonu – charakteristická kombinace:

$$\text{tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}} = \frac{24 \cdot 33,4}{61579813} = 13,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 13,0 \text{ MPa} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí ve výztuži – charakteristická kombinace:

$$\text{napětí v tahové výztuži: } \sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (d-x)}{I_{ir}} = 6,25 \cdot \frac{24 \cdot (120-33,4)}{61579813} = 210,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 210,9 \text{ MPa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Směr x – spodní povrch

Posouzení napětí v betonu – kvazistálá kombinace:

$$\text{tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}} = 7,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 7,3 \text{ MPa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí v betonu – charakteristická kombinace:

$$\text{tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}} = \frac{12 \cdot 25,47}{34839987} = 8,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 8,8 \text{ MPa} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí ve výztuži – charakteristická kombinace:

$$\text{napětí v tahové výztuži: } \sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (d-x)}{I_{ir}} = 6,25 \cdot \frac{12 \cdot (120-25,47)}{34839987} = 203,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 203,5 \text{ MPa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Směr y – horní povrch

Posouzení napětí v betonu – kvazistálá kombinace:

$$\text{tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}} = 13,4 \text{ MPa}$$



$$\sigma'_c = 13,4 \text{ MPa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí v betonu – charakteristická kombinace:

$$\text{Tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}} = \frac{25 \cdot 32,6}{50967475} = 16,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 16,0 \text{ MPa} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí ve výztuži – charakteristická kombinace:

$$\text{Napětí v tahové výztuži: } \sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (d-x)}{I_{ir}} = 6,25 \cdot \frac{25 \cdot (110-32,6)}{50967475} = 237,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 237,3 \text{ MPa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Směr y – spodní povrch

Posouzení napětí v betonu – kvazistálá kombinace:

$$\text{Tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}} = 12,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 12,8 \text{ MPa} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí v betonu – charakteristická kombinace:

$$\text{Tlakové napětí v betonu: } \sigma'_c = \frac{M_{kd} \cdot x}{I_{ir}} = \frac{24 \cdot 32,6}{50967475} = 15,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_c = 15,4 \text{ MPa} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

Posouzení napětí ve výztuži – charakteristická kombinace:

$$\text{Napětí v tahové výztuži: } \sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M_{kd} \cdot (d-x)}{I_{ir}} = 6,25 \cdot \frac{25 \cdot (110-32,6)}{50967475} = 227,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 227,8 \text{ MPa} \leq 0,8 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400 \text{ MPa}$$

... Vyhovuje

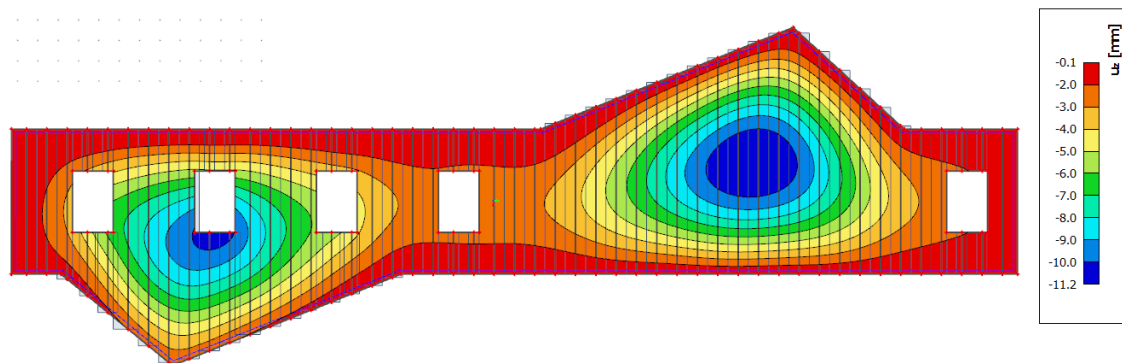


7 Podrobný návrh nosných prvků

7.6.5 Posouzení MSP – omezení průhybu

Limitní průhyb: $\delta_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{7100}{250} = 28,4 \text{ mm}$

Kombinace MSP – kvazistálá – průhyb desky



Program SCIA Engineer nezohledňuje vliv smršťování betonu. V tomto případě to nevadí, jelikož je velká rezerva mezi limitním průhybem a průhybem desky.

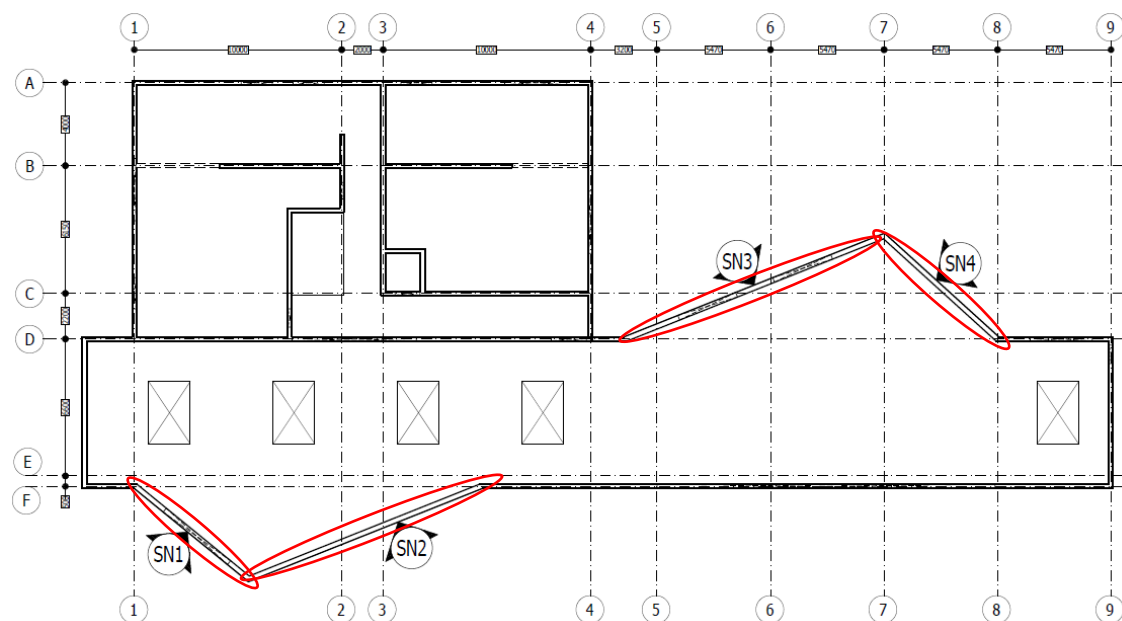
$\delta_{lim} = 28,4 \text{ mm} > \delta = 11,2 \text{ mm}$

... Vyhovuje

Návrh desky vyhovuje.

7.7 Postup návrhu stěnových nosníků

Schéma navržených stěnových nosníků





7 Podrobný návrh nosných prvků

Pro návrh stěnových nosníků byly využity programy SCIA Engineer a IDEA StatiCa Detail. Vnitřní síly na okraji stěnového nosníku získané pružným řešením 3D modelu konstrukce v programu SCIA Engineer byly použity jako vstupní hodnoty zatížení stěnových nosníků pro 2D modely v programu IDEA StatiCa Detail. Pro návrh byly použity tři kombinace zatížení (jedna pro MSÚ a dvě pro MSP):

- 1) MSÚ: $1,35 \cdot \sum G_k + 1,5 \cdot \sum Q_k$
- 2) kvazistálá MSP: $1,0 \cdot \sum G_k + 0,3 \cdot \sum Q_k$
- 3) charakteristická MSP: $1,0 \cdot \sum G_k + 1,0 \cdot \sum Q_k$

7.8 Návrh stěnového nosníku – SN1

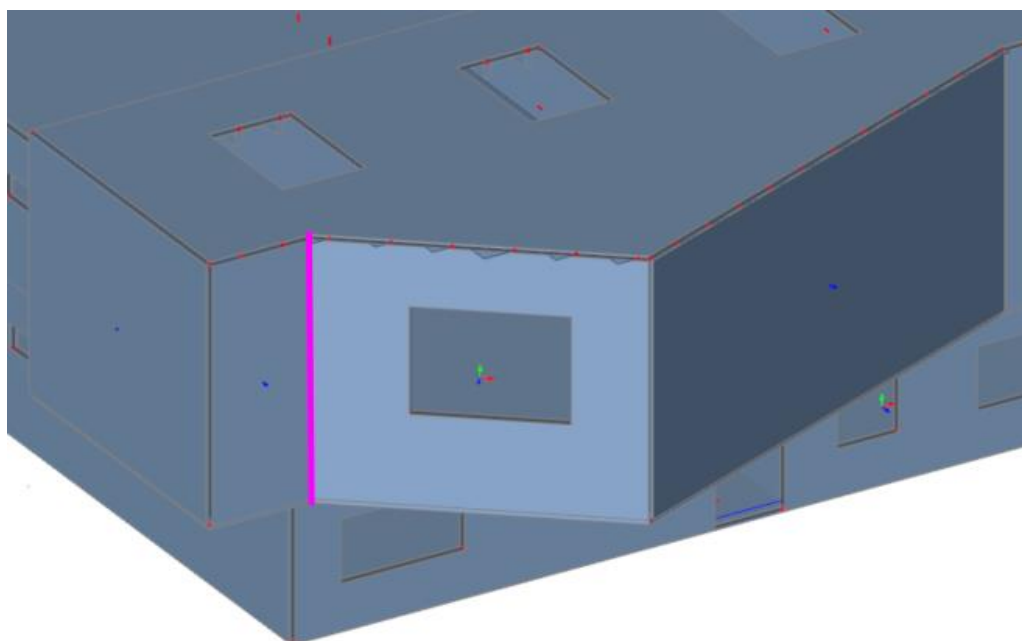
7.8.1 Geometrie konstrukce

Tloušťka konstrukce: $t = 300$ mm

Výška konstrukce: $h = 6,0$ m

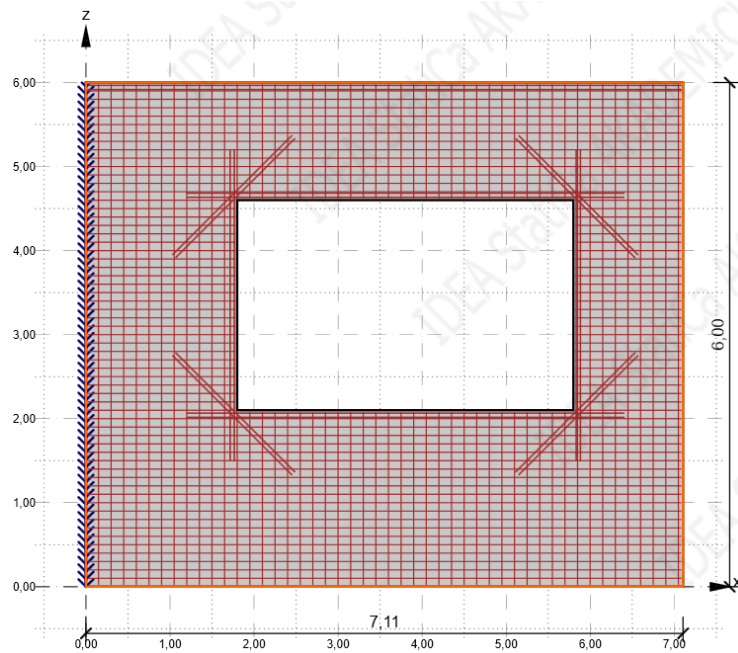
Rozpětí konstrukce: $L = 7,11$ m

Podél růžově označené hrany byla do programu IDEA StatiCa vložena liniová podpora.



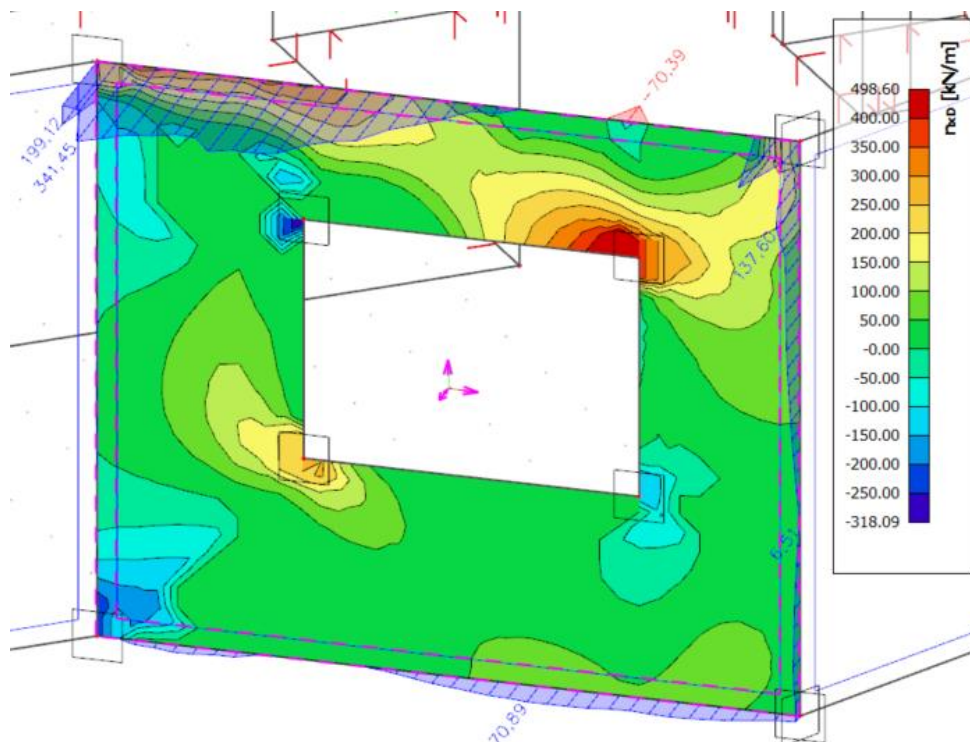


IDEA StatiCa



7.8.2 Vnitřní síly stěnového nosníku

Kombinace pro stálé zatížení – základní návrhová síla ve směru osy x

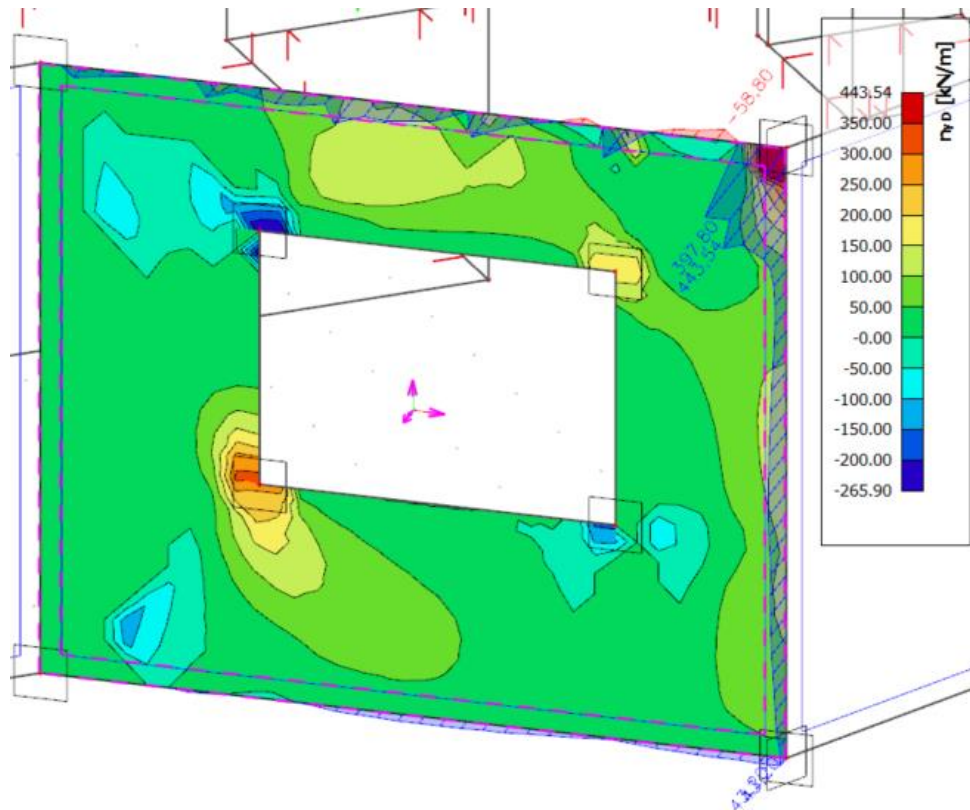


A – Statický výpočet

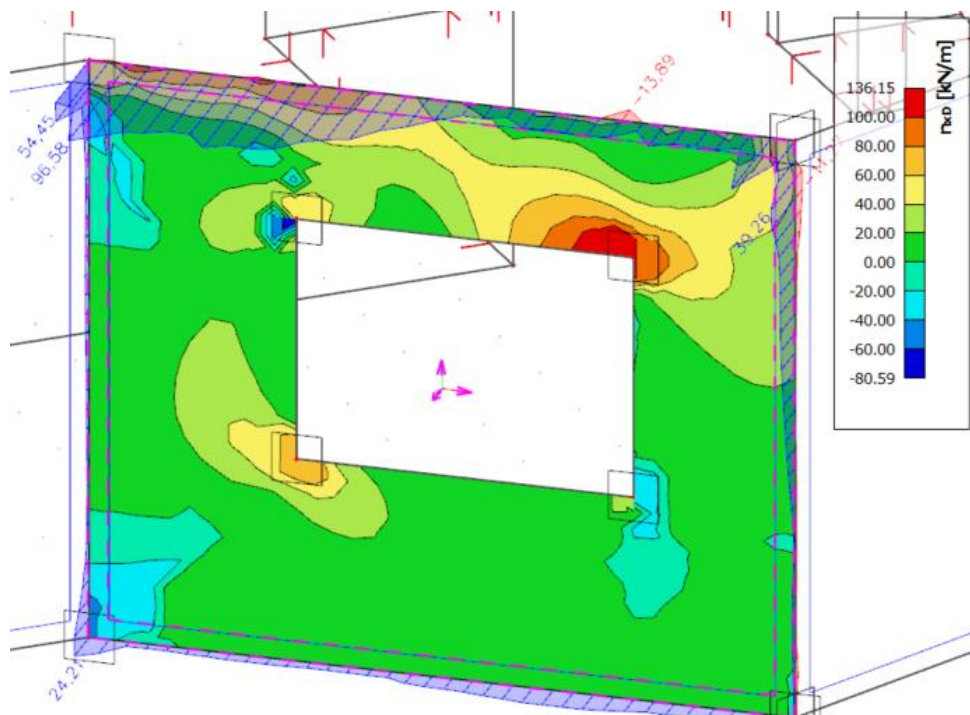
7 Podrobný návrh nosných prvků



Kombinace pro stálé zatížení – základní návrhová síla ve směru osy y

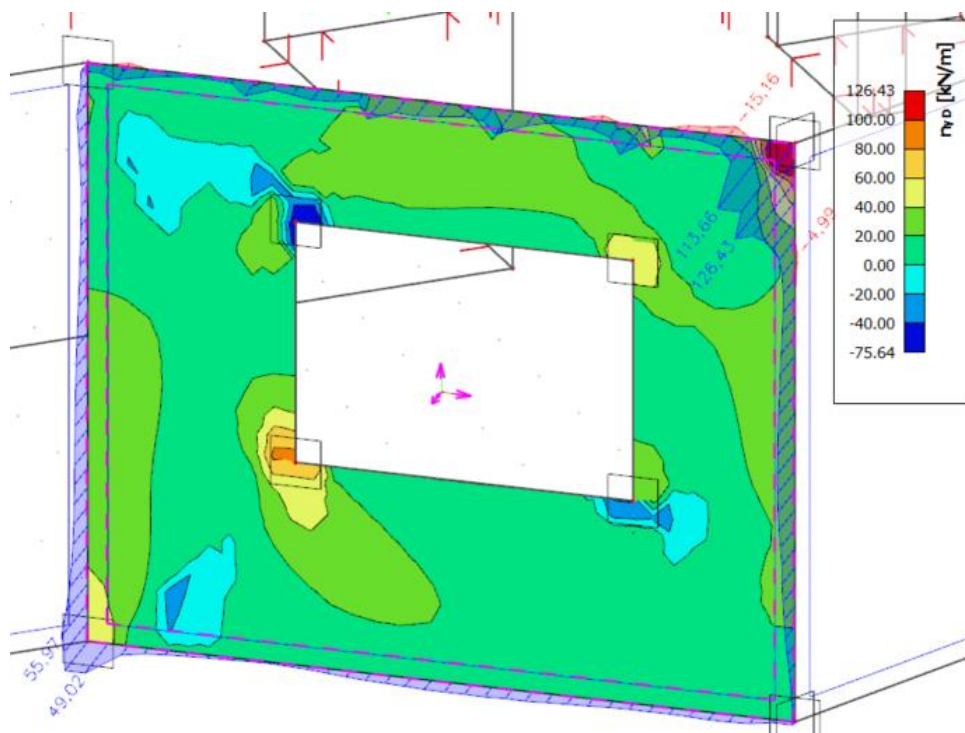


Kombinace pro proměnné zatížení – základní návrhová síla ve směru osy x





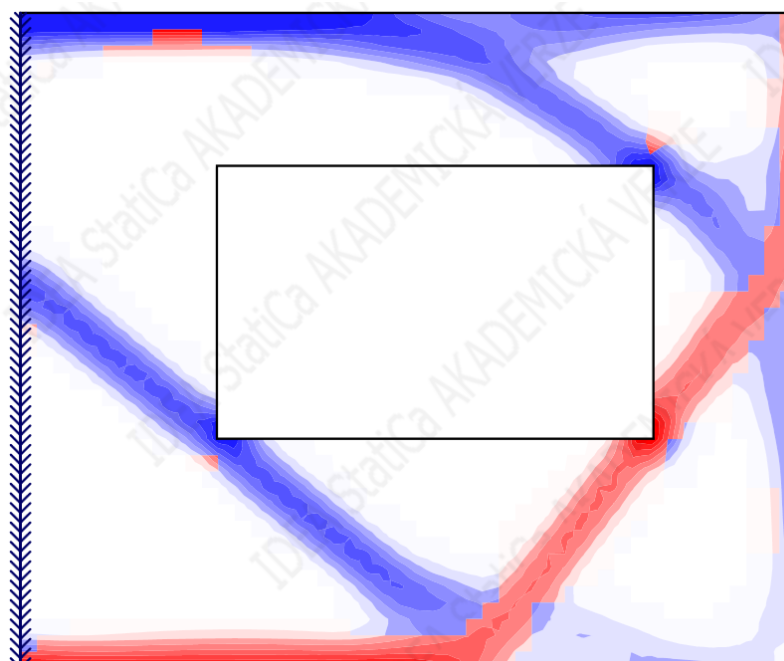
Kombinace pro proměnné zatížení – základní návrhová síla ve směru osy y



7.8.3 Posouzení konstrukce

Pro vyztužení stěnového nosníku byla provedena topologická optimalizace, která pomáhá s návrhem a umístěním výztuže. Topologická optimalizace je nástroj, který vygeneruje model náhradní příhradoviny. Modré oblasti reprezentují tah a červené oblasti reprezentují tlak.

Topologická optimalizace





Návrh základního rastru

Svislá výztuž při obou površích: $\varnothing = 14$ mm, $s = 150$ mm, $A_{s,prov} = 1026$ mm²

Vodorovná výztuž při obou površích: $\varnothing = 14$ mm, $s = 100$ mm, $A_{s,prov} = 1539$ mm²

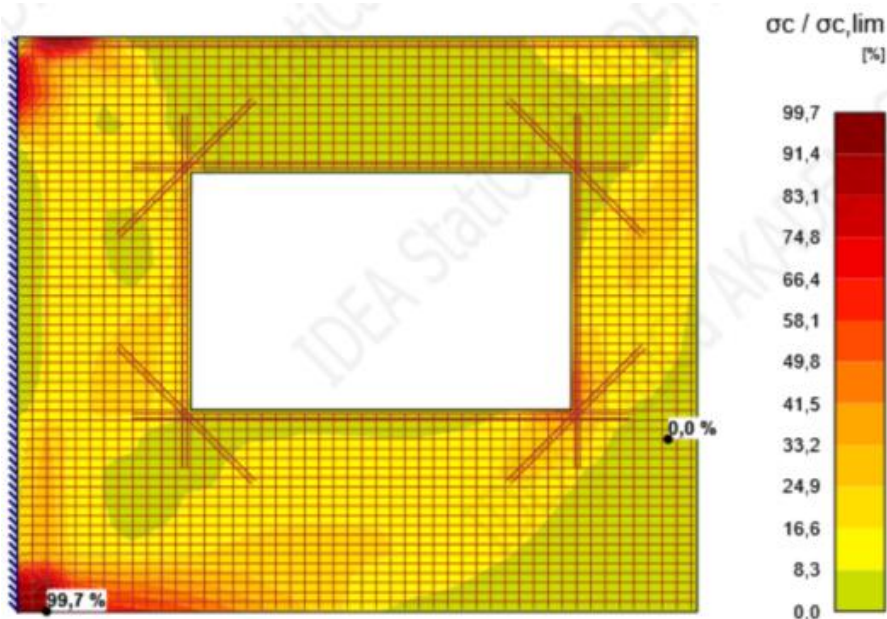
Návrh příložek

Návrh lemovací výztuže okolo otvoru (vodorovně, svisle): 2x2 \varnothing 18

Návrh lemovací výztuže okolo otvoru (diagonálně): 2x2 \varnothing 14

Návrh výztuže u horní hrany: 2x4 \varnothing 18

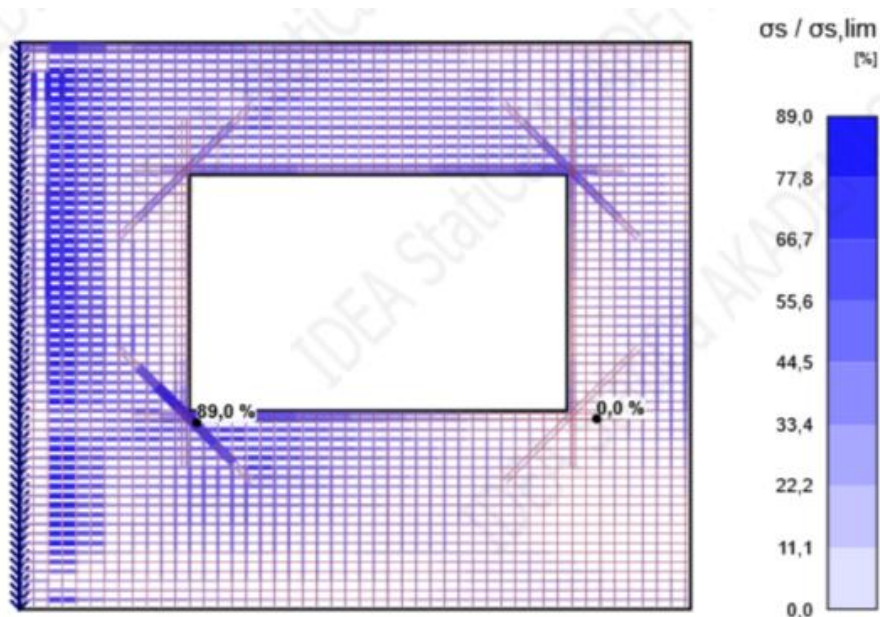
Pevnost betonu



Na výše uvedeném obrázku lze vidět poměr napětí betonu k pevnosti betonu. Pevnost betonu vychází z bilineárního pracovního diagramu betonu. Tento obrázek se týká mezního stavu únosnosti. Z obrázku jsou patrná místa s největším tlakovým namáháním. Maximální napětí v betonu v tlaku se nachází v dolním rohu u vetknutí a dosahuje hodnoty $\sigma_c = 19,9$ MPa. Také lze vidět, že pevnost betonu v tlaku vyhoví.

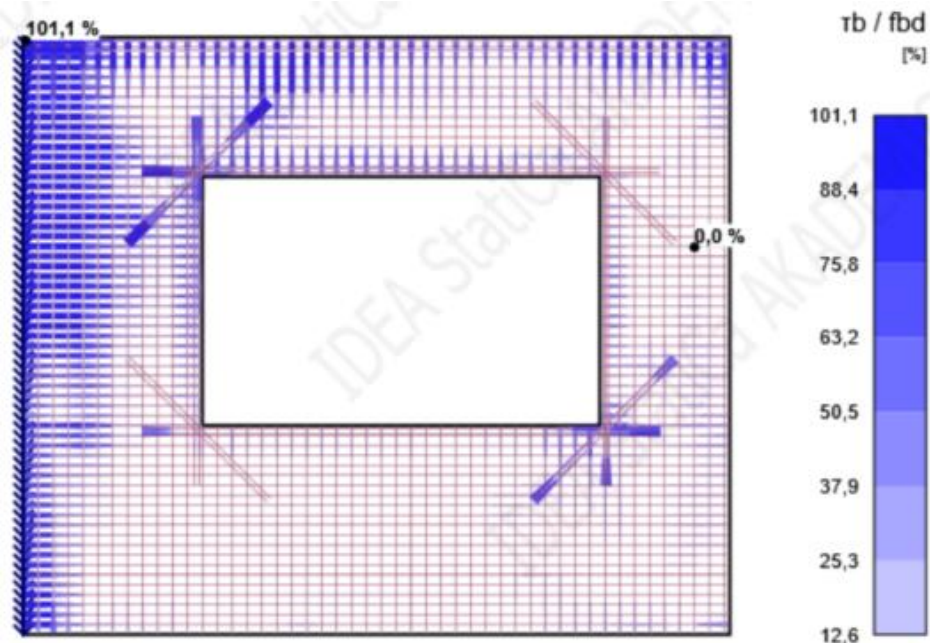


Pevnost výztuže



Zde lze vidět posouzení pevnosti výztuže pro MSÚ. Na obrázku je vidět poměr napětí ve výztuži vzhledem k pevnosti výztuže. Z obrázku je patrné, že výztuž pro mezní stav únosnosti vyhoví.

Kotvení výztuže



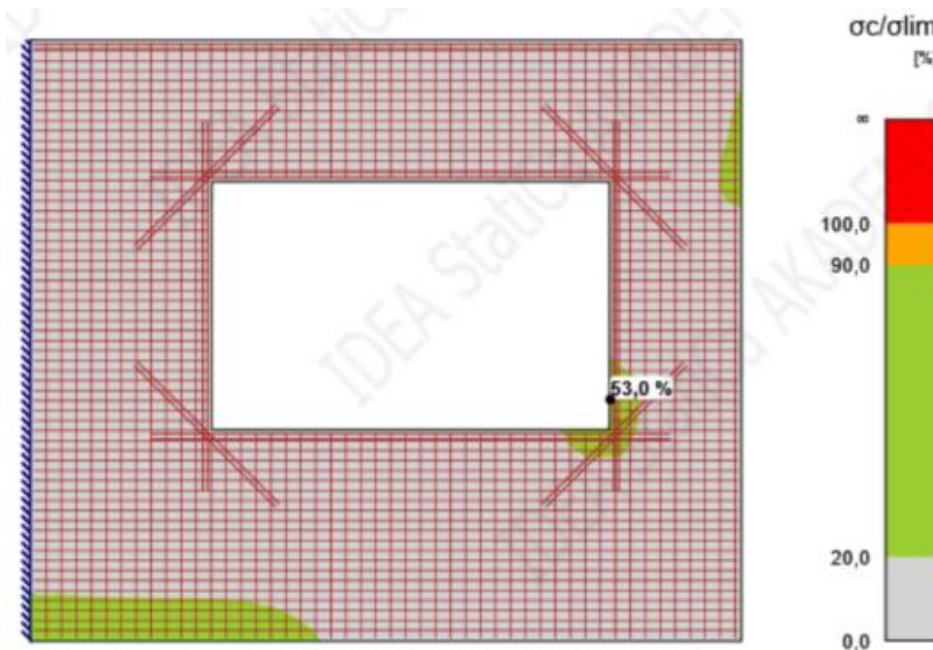
Na obrázku výše lze vidět poměr napětí v soudržnosti v oblasti kotvení a mezní pevnosti v soudržnosti pro MSÚ s aplikovaným veškerým zatížením. Kotvení nevyhovělo pouze v jednom místě, ve spodní části u levého okraje. V tomto případě lze přesah o 1,1 %



prohlásit za vyhovující, jelikož výztuž v tomto místě nebude zakotvena, ale bude přesahovat do následující stěny, která není již v modelu uvažována.

Omezení napětí v betonu

Omezení napětí proběhlo dle normy ČSN 1992-1-1. Pro charakteristickou kombinaci byl součinitel $k_1 = 0,6$. Pro kvazistálou kombinaci byl součinitel $k_2 = 0,45$.

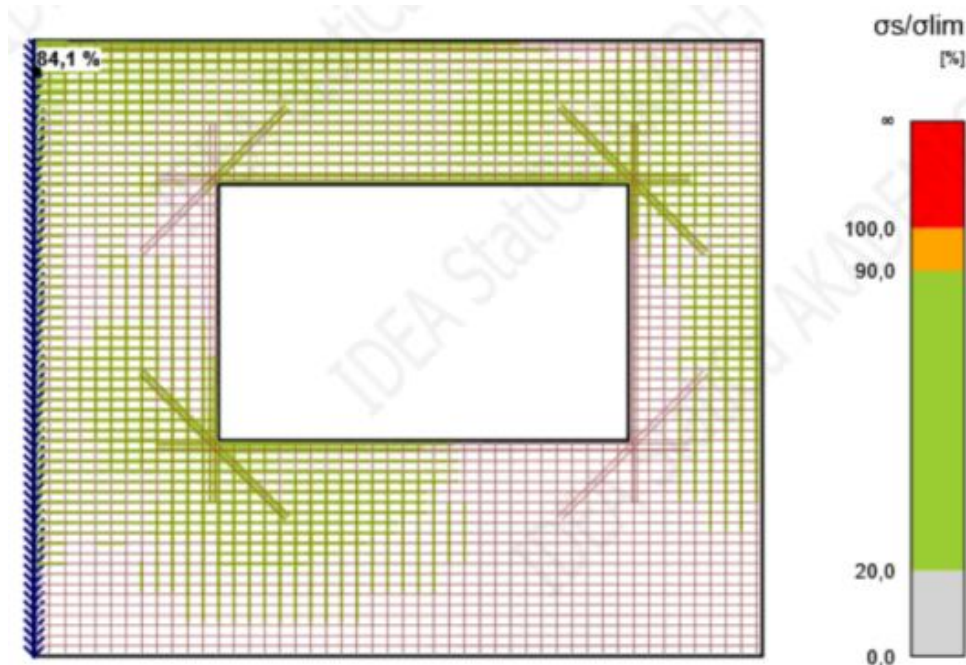


Zde lze vidět poměr napětí a mezního napětí betonu pro posudek mezního stavu použitelnosti pro kvazistálou kombinaci. Maximální napětí betonu v tlaku pro tuto kombinaci je $\sigma_c = 7,2$ MPa, což je menší než limitní hodnota $k_2 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5$ MPa. Proto lze předpokládat lineární dotvarování betonu. A maximální napětí betonu v tlaku pro charakteristickou kombinaci je $\sigma_c = 9,3$ MPa, což je menší než limitní hodnota $k_1 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18,0$ MPa.



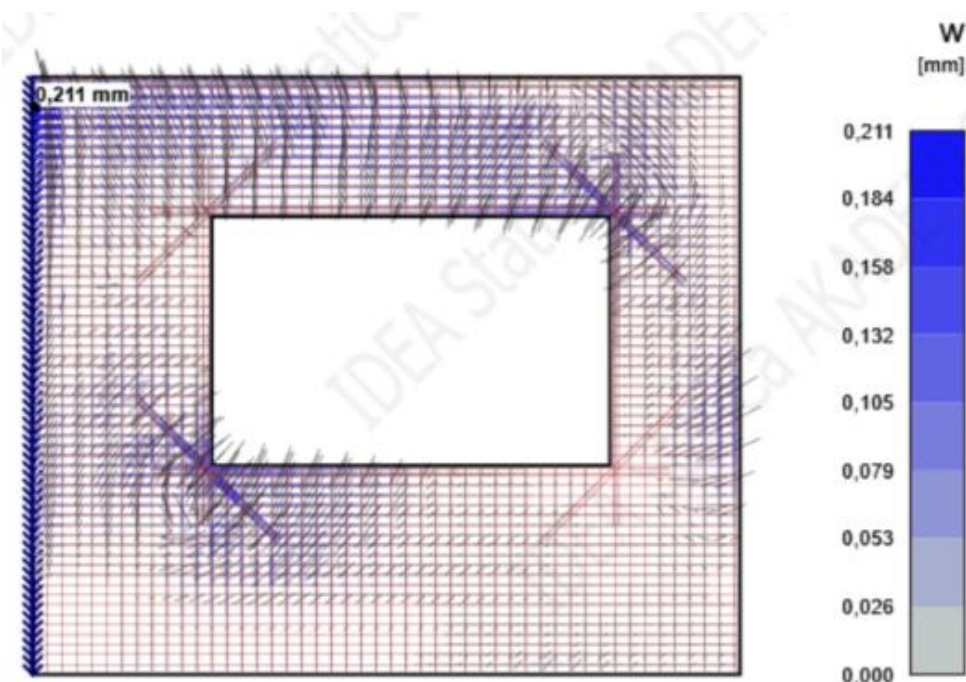
Omezení napětí ve výztuži

Omezení napětí proběhlo dle normy ČSN 1992-1-1. Pro charakteristickou kombinaci byl součinitel $k_3 = 0,8$.



Zde lze vidět poměr napětí a mezního napětí oceli pro posudek mezního stavu použitelnosti pro charakteristickou kombinaci. Maximální napětí ve výztuži je $\sigma_s = 336,4$ MPa, což je menší než limitní hodnota $k_3 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400$ MPa. Proto lze předpokládat, že bude zabráněno vzniku nepřijatelných trhlin a deformací.

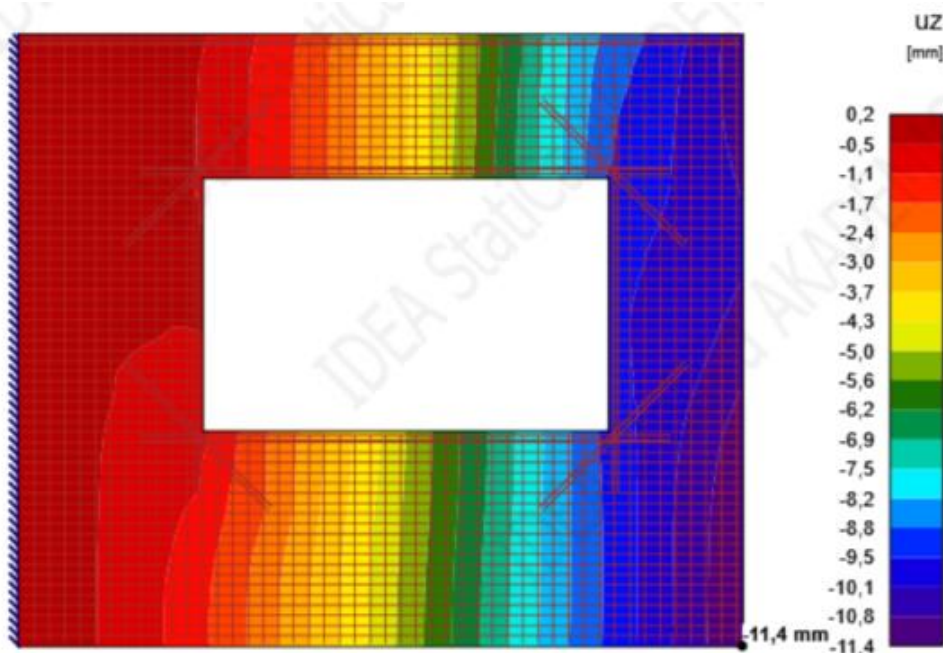
Omezení šířky trhlin





Na obrázku lze vidět vykreslené šířky trhlin pro MSP – kvazistálou kombinaci. Maximální trhlina dle výpočtu dosahuje šířky 0,211 mm. Doporučená hodnota maximální šířky trhlin dle normy ČSN 1992-1-1 je 0,3 mm. Z toho důvodu lze prohlásit posouzení omezení šířky trhlin za vyhovující.

Průhyb



Maximální hodnota průhybu je 11,4 mm, což je menší než spočtená limitní hodnota $L/250 = 7100/250 = 28,4$ mm.

7.8.4 Konstrukční zásady

Minimální plocha výztuže:

$$a_{s,\min} = \max(150; 0,001 \cdot a_c) = \max(150; 0,001 \cdot 300 \cdot 1000) = \\ = \max(150; 300) = 300 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,\min} = 300 \text{ mm}^2 > a_{s,\text{prov}} = 1026 \text{ mm}^2$$

...Vyhovuje

Maximální plocha výztuže:

$$a_{s,\max} = 0,04 \cdot b \cdot t = 0,04 \cdot 1000 \cdot 300 = 12000 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,\max} = 12000 \text{ mm}^2 > a_{s,\text{prov}} = 1539 \text{ mm}^2$$

...Vyhovuje

Minimální světlá vzdálenost výztuže:

$$s_1 = \max(20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \varnothing_s; D_{\max} + 5 \text{ mm}) =$$

$$= \max(20 \text{ mm}; 1,2 \cdot 14; 16 + 5) = \max(20; 16,8; 21) = 21 \text{ mm}$$



7 Podrobný návrh nosných prvků

$$s_1 = 21 \text{ mm} < s_y = 32 \text{ mm}$$

...Vyhovuje

Maximální osová vzdálenost výztuže:

$$s = \min(2 \cdot t; 300 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 300; 300) = \min(600; 300) = 300 \text{ mm}$$

$$s = 300 \text{ mm} > s_x = 150 \text{ mm}$$

...Vyhovuje

Návrh stěnového nosníku SN1 vyhovuje.

7.9 Návrh stěnového nosníku – SN2

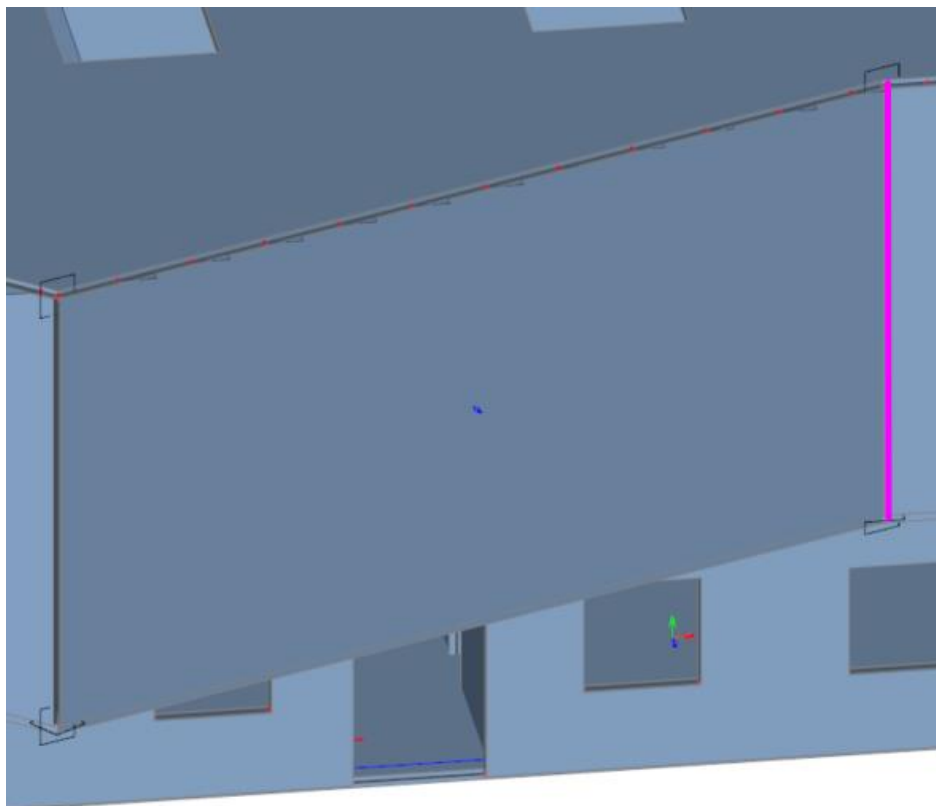
7.9.1 Geometrie konstrukce

Tloušťka konstrukce: $t = 300 \text{ mm}$

Výška konstrukce: $h = 6,0 \text{ m}$

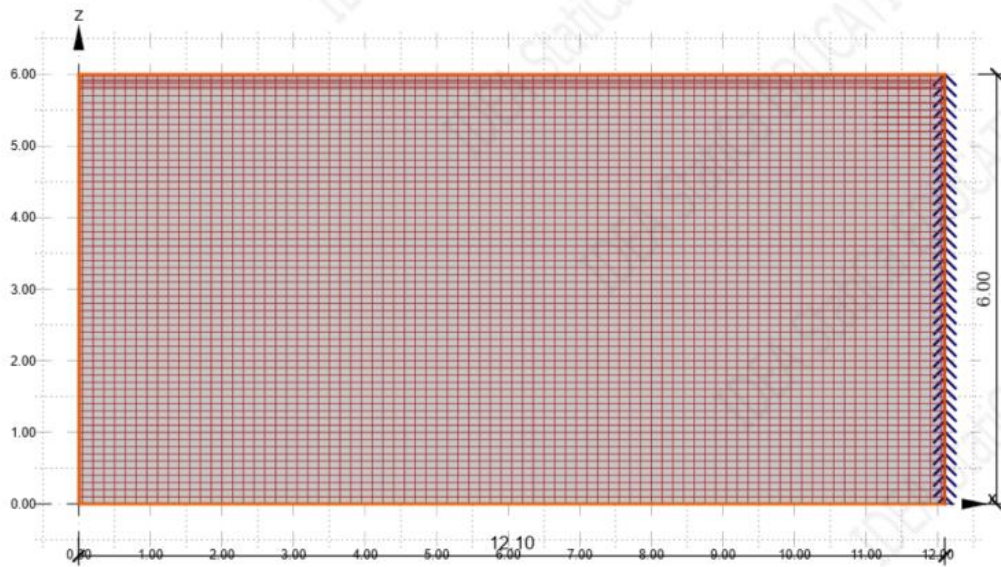
Rozpětí konstrukce: $L = 12,1 \text{ m}$

Podél růžově označené hrany byla do programu IDEA StatiCa vložena liniová podpora.



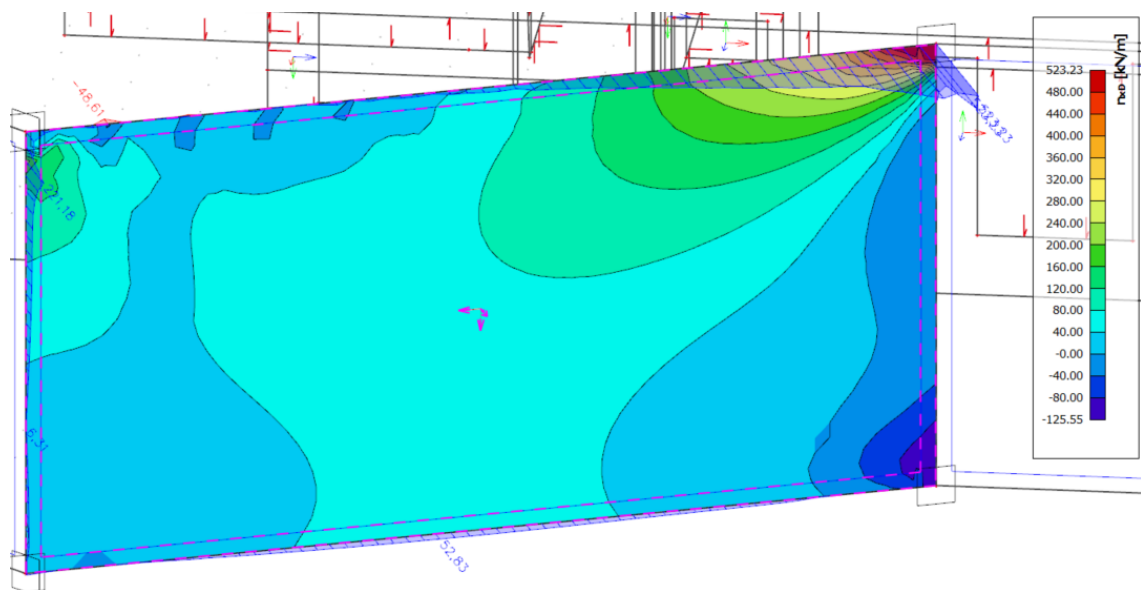


IDEA StatiCa



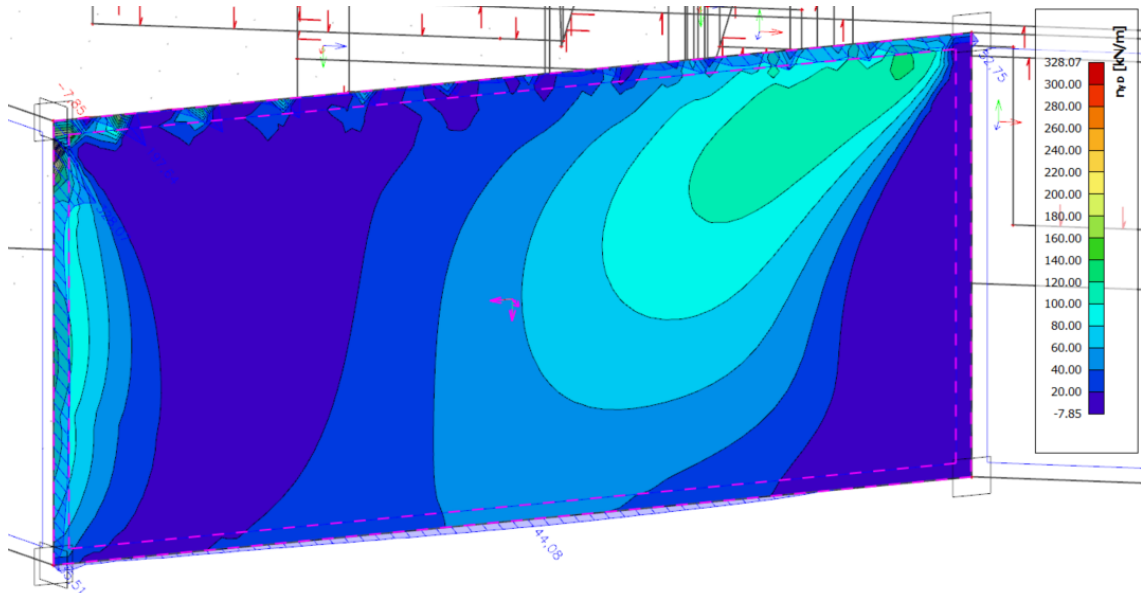
7.9.2 Vnitřní síly stěnového nosníku

Kombinace pro stálé zatížení – základní návrhová síla ve směru osy x

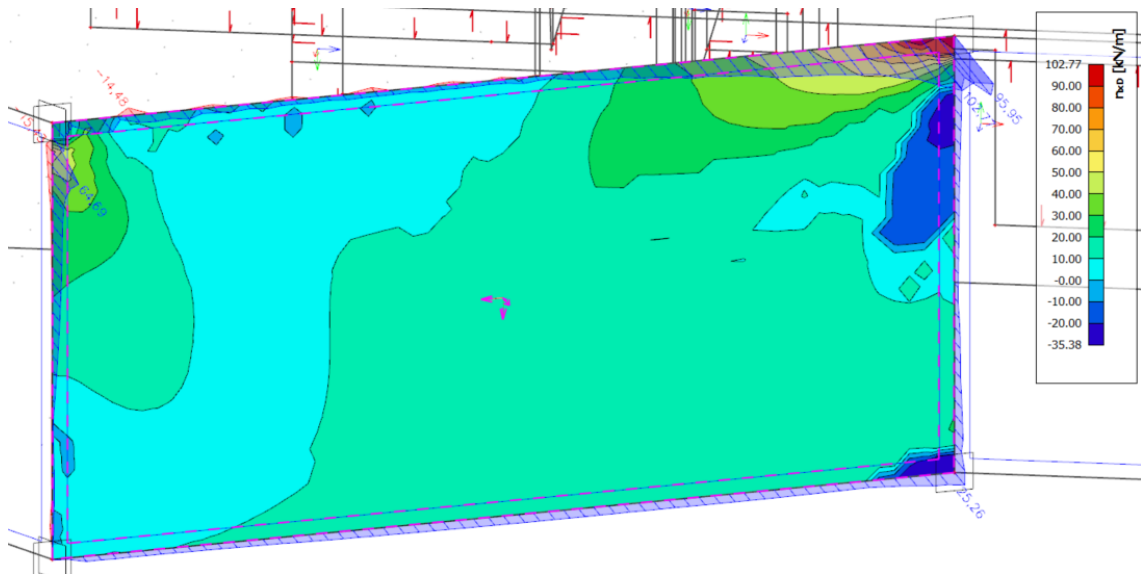




Kombinace pro stálé zatížení – základní návrhová síla ve směru osy y

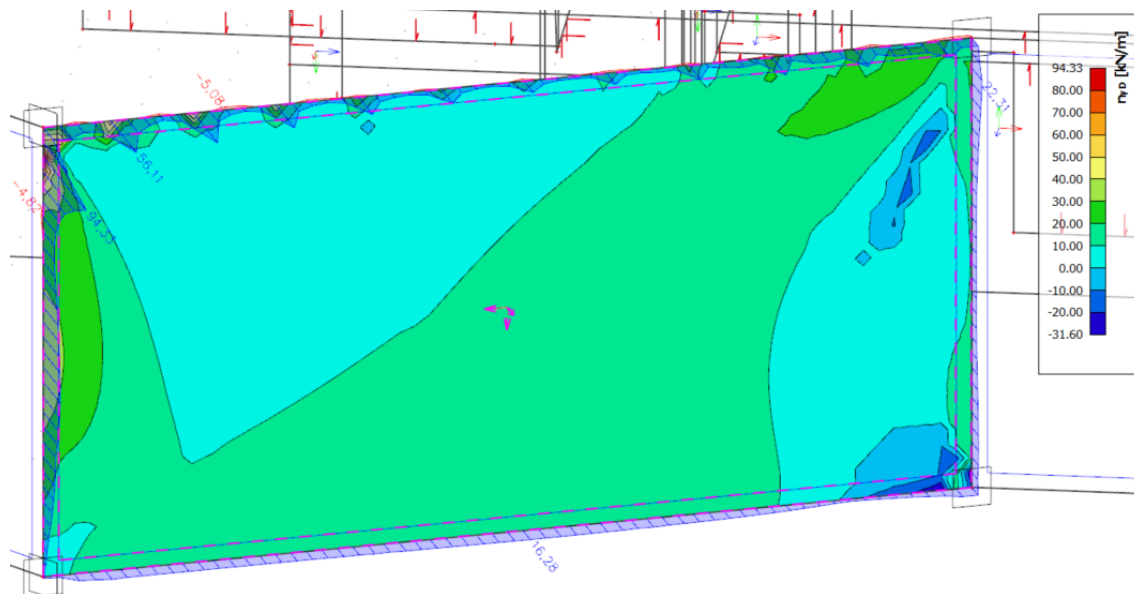


Kombinace pro proměnné zatížení – základní návrhová síla ve směru osy x





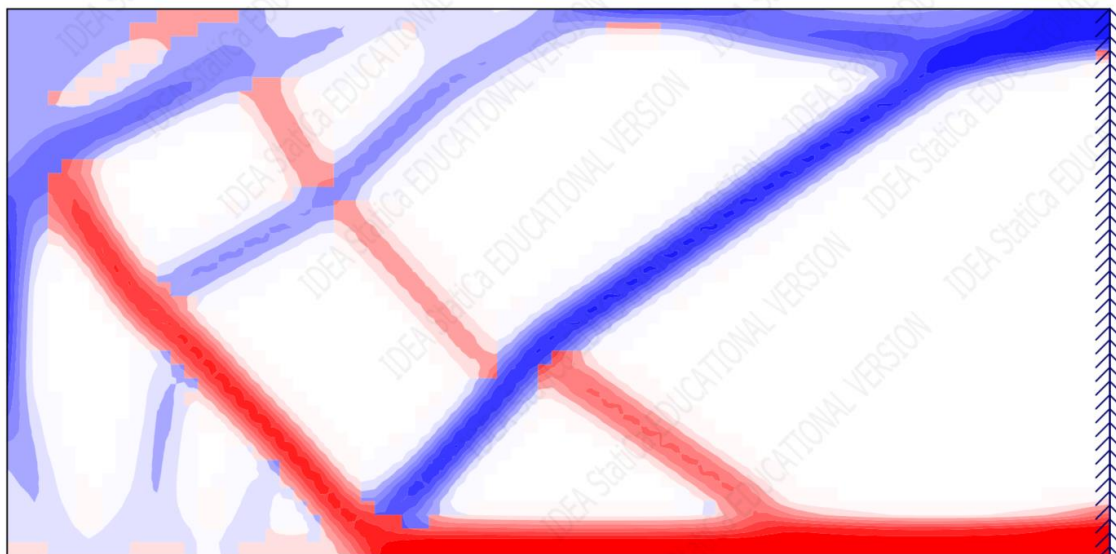
Kombinace pro proměnné zatížení – základní návrhová síla ve směru osy y



7.9.3 Posouzení konstrukce

Pro vyztužení stěnového nosníku byla provedena topologická optimalizace, která pomáhá s návrhem a umístěním výztuže. Topologická optimalizace je nástroj, který vygeneruje model náhradní příhradoviny. Modré oblasti reprezentují tah a červené oblasti reprezentují tlak.

Topologická optimalizace



Návrh základního rastru

Svislá výztuž při obou površích: $\varnothing = 14 \text{ mm}$, $s = 150 \text{ mm}$, $A_{s,prov} = 1026 \text{ mm}^2$

Vodorovná výztuž při obou površích: $\varnothing = 14 \text{ mm}$, $s = 100 \text{ mm}$, $A_{s,prov} = 1539 \text{ mm}^2$



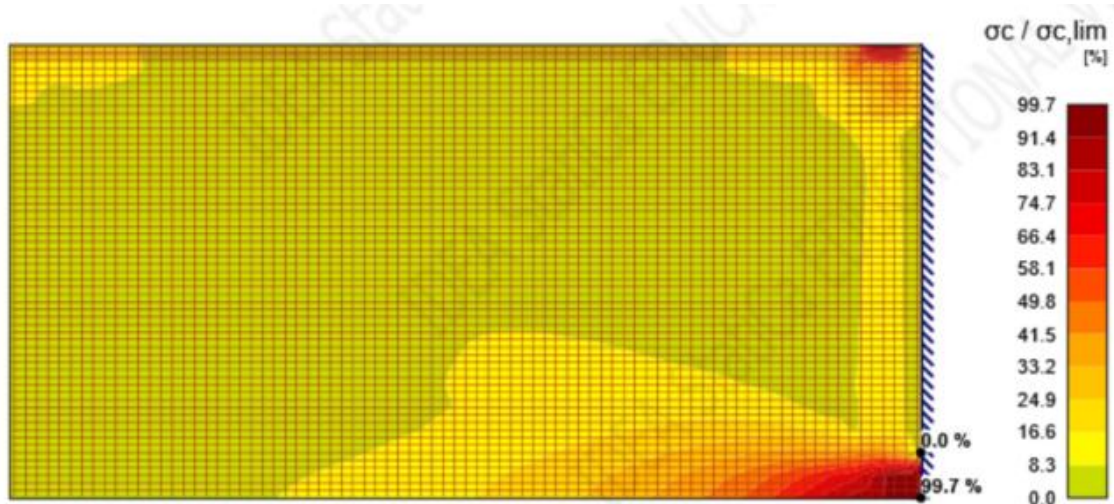
Návrh příložek

Návrh zhuštění u horní hrany u vetknutí při obou površích:

$\varnothing = 14 \text{ mm}$, $s = 100 \text{ mm}$, délka 1 m, po výšce 1 m

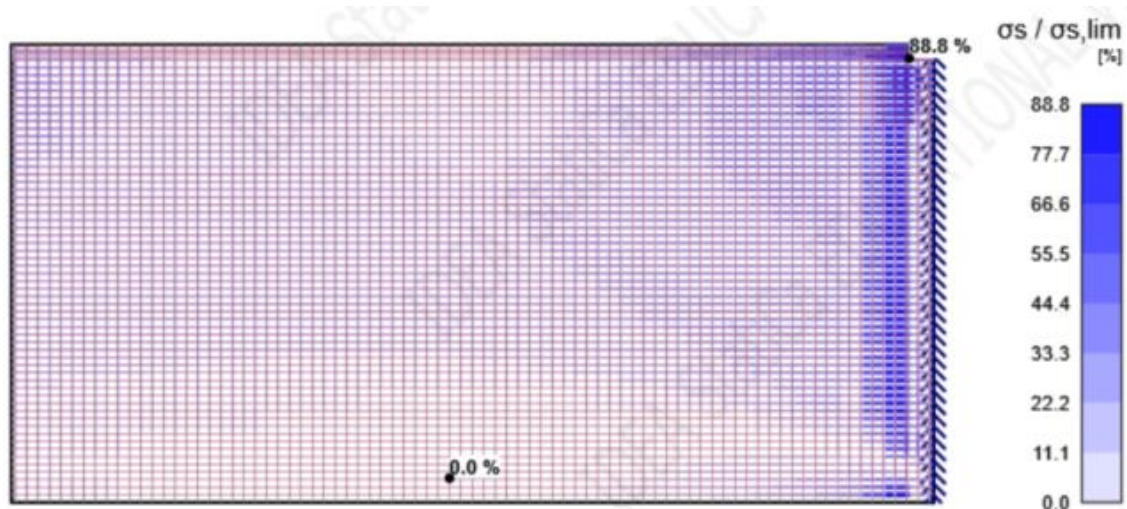
Návrh výztuže u horní hrany: 2x $\varnothing 18$

Pevnost betonu



Na výše uvedeném obrázku lze vidět poměr napětí betonu k pevnosti betonu. Pevnost betonu vychází z bilineárního pracovního diagramu betonu. Tento obrázek se týká mezního stavu únosnosti. Z obrázku je vidět nejvíce namáhané místo, největší napětí v betonu v tlaku je v pravém dolním rohu a dosahuje hodnoty $\sigma_c = 19,9 \text{ MPa}$. Také lze vidět že pevnost betonu v tlaku vyhoví.

Pevnost výztuže

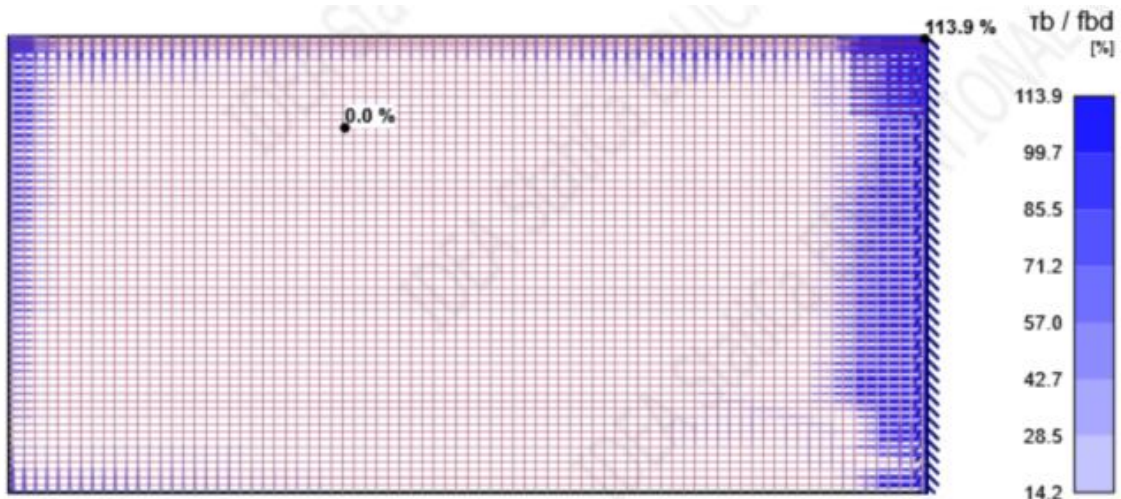


Zde lze vidět posouzení pevnosti výztuže pro MSÚ. Na obrázku je vidět poměr napětí ve výztuži vzhledem k pevnosti výztuže. Nejvíce namáhanou částí je pravý horní roh,



kde napětí ve výztuži dosahuje hodnoty $\sigma_s = 398,4$ MPa. Z obrázku je patrné, že výztuž pro mezní stav únosnosti vyhoví.

Kotvení výztuže



Na obrázku výše lze vidět poměr napětí v soudržnosti v oblasti kotvení a mezní pevnosti v soudržnosti pro MSÚ s aplikovaným veškerým zatížením. Kotvení nevyhovělo pouze v jednom místě vetknutí. V tomto případě lze výsledek prohlásit za vyhovující, jelikož výztuž v tomto místě nebude zakotvena, ale bude přesahovat do následující stěny, která není již v modelu uvažována.

Omezení napětí v betonu

Omezení napětí proběhlo dle normy ČSN 1992-1-1. Pro charakteristickou kombinaci byl součinitel $k_1 = 0,6$. Pro kvazistálou kombinaci byl součinitel $k_2 = 0,45$.



Zde lze vidět poměr napětí a mezního napětí betonu pro posudek mezního stavu použitelnosti pro charakteristickou kombinaci. Maximální napětí betonu v tlaku je $\sigma_c = 8,0$ MPa, což je menší než limitní hodnota $k_1 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18,0$ MPa. Maximální

A – Statický výpočet

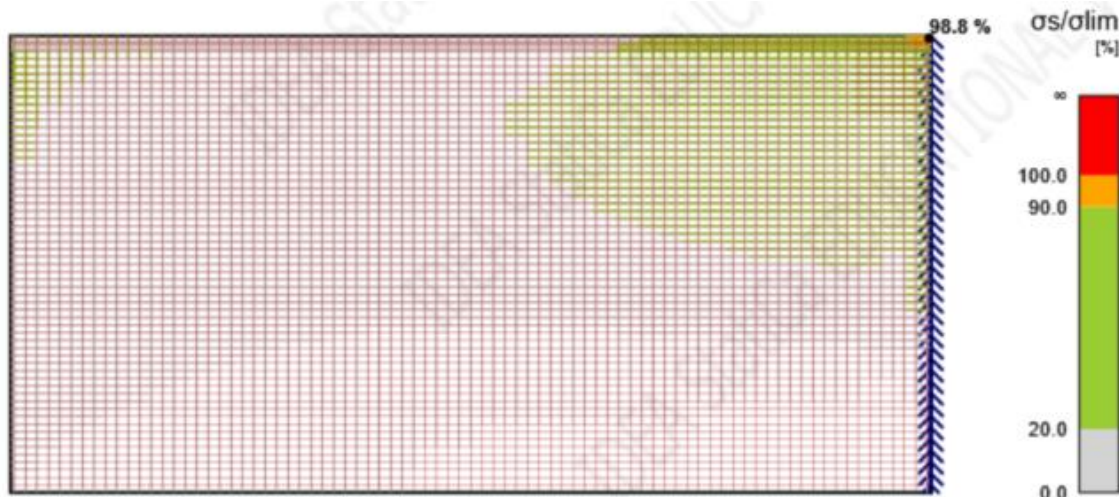


7 Podrobný návrh nosných prvků

napětí v betonu v tlaku pro kvazistálou kombinaci je $\sigma_c = 5,5$ MPa, což je také menší než limitní hodnota $k_2 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5$ MPa. Proto lze předpokládat lineární dotvarování betonu.

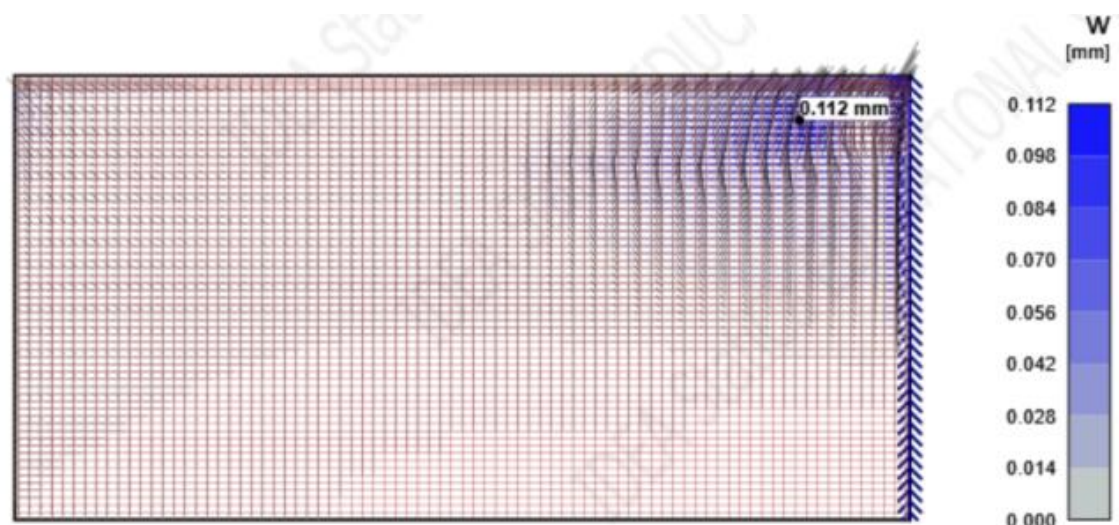
Omezení napětí ve výztuži

Omezení napětí proběhlo dle normy ČSN 1992-1-1. Pro charakteristickou kombinaci byl součinitel $k_3 = 0,8$.



Zde lze vidět poměr napětí a mezního napětí oceli pro posudek mezního stavu použitelnosti pro charakteristickou kombinaci. Maximální napětí ve výztuži se nachází v pravém horním rohu a je $\sigma_s = 395,2$ MPa, což je menší než limitní hodnota $k_3 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400$ MPa. Proto lze předpokládat, že bude zabráněno vzniku nepříjemných trhlin a deformací.

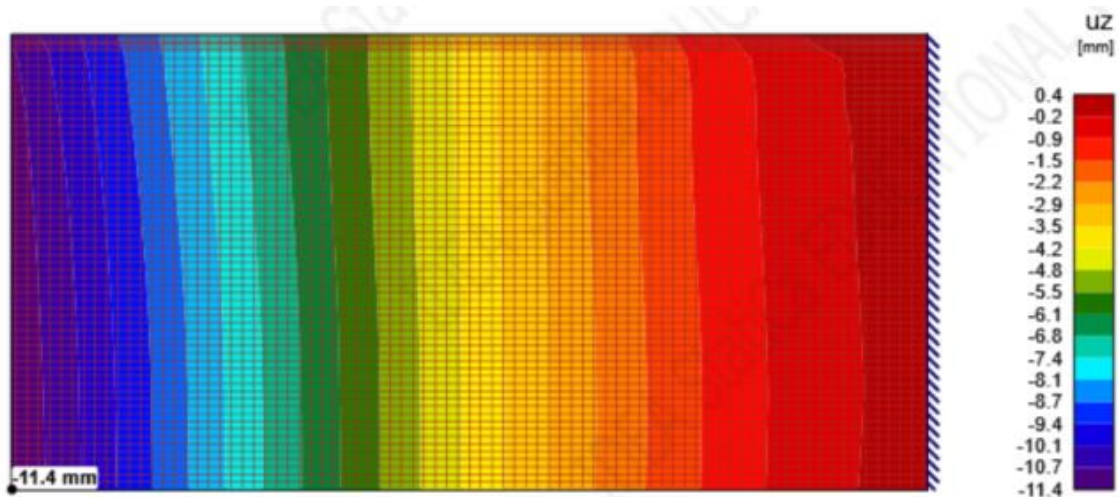
Omezení šířky trhlin





Na obrázku lze vidět vykreslené šířky trhlin pro MSP – kvazistálou kombinaci. Maximální trhlina dle výpočtu dosahuje šířky 0,112 mm. Doporučená hodnota maximální šířky trhlin dle normy ČSN 1992-1-1 je 0,3 mm. Z toho důvodu lze prohlásit posouzení omezení šířky trhlin za vyhovující.

Průhyb



Maximální hodnota průhybu je 11,4 mm, což je menší než spočtená limitní hodnota $L/250 = 12100/250 = 48,4$ mm. Lze vidět, že průhyb stěnového nosníku SN2 je rovna průhybu stěnového nosníku SN1.

7.9.4 Konstrukční zásady

Minimální plocha výztuže:

$$\begin{aligned} a_{s,\min} &= \max(150; 0,001 \cdot a_c) = \max(150; 0,001 \cdot 300 \cdot 1000) = \\ &= \max(150; 300) = 300 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$a_{s,\min} = 300 \text{ mm}^2 > a_{s,\text{prov}} = 1026 \text{ mm}^2$$

...Vyhovuje

Maximální plocha výztuže:

$$a_{s,\max} = 0,04 \cdot b \cdot t = 0,04 \cdot 1000 \cdot 300 = 12000 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,\max} = 12000 \text{ mm}^2 > a_{s,\text{prov}} = 1539 \text{ mm}^2$$

...Vyhovuje

Minimální světlá vzdálenost výztuže:

$$s_1 = \max(20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \varnothing_s; D_{\max} + 5 \text{ mm}) =$$

$$= \max(20 \text{ mm}; 1,2 \cdot 14; 16 + 5) = \max(20; 16,8; 21) = 21 \text{ mm}$$

$$s_1 = 21 \text{ mm} < s_y = 32 \text{ mm}$$

...Vyhovuje



7 Podrobný návrh nosných prvků

Maximální osová vzdálenost výztuže:

$$s = \min(2 \cdot t; 300 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 300; 300) = \min(600; 300) = 300 \text{ mm}$$

$$s = 300 \text{ mm} > s_x = 150 \text{ mm}$$

...Vyhovuje

Návrh stěnového nosníku SN2 vyhovuje.

7.10 Návrh stěnového nosníku – SN3

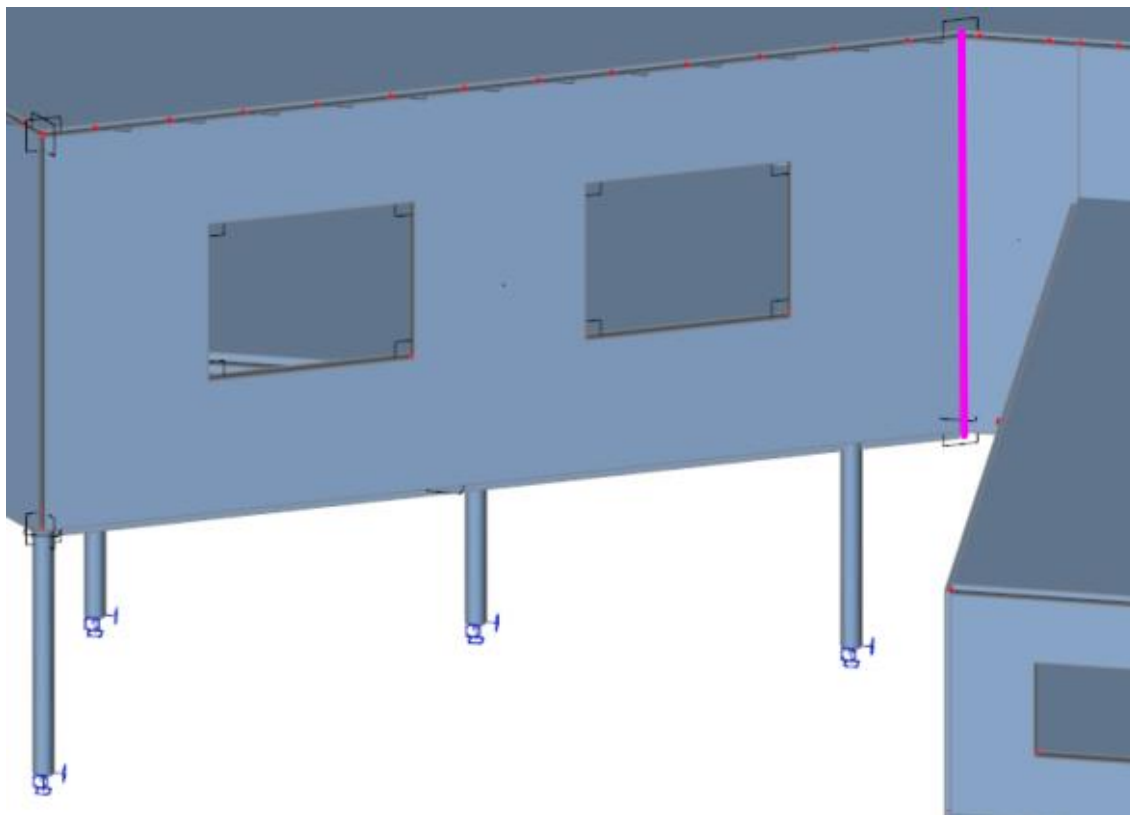
7.10.1 Geometrie konstrukce

Tloušťka konstrukce: $t = 300 \text{ mm}$

Výška konstrukce: $h = 6,26 \text{ m}$

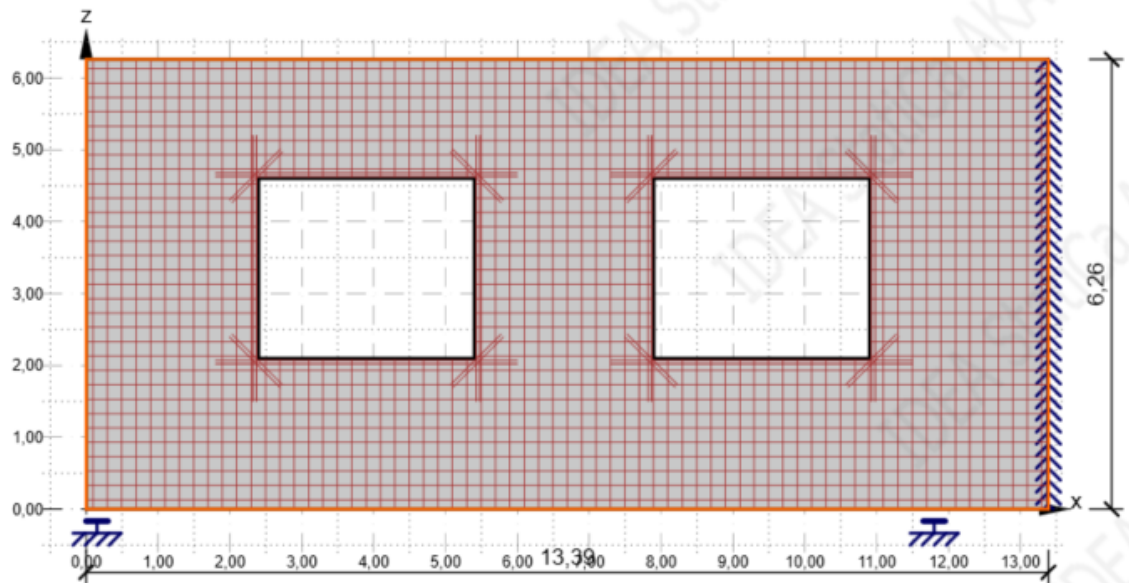
Rozpětí konstrukce: $L = 11,80 \text{ m}$

V místě sloupů byly do programu IDEA StatiCa vloženy bodové rozložené podpory, příslušné šířky. A podél růžově označené hrany byla do programu IDEA StatiCa vložena liniová podpora.



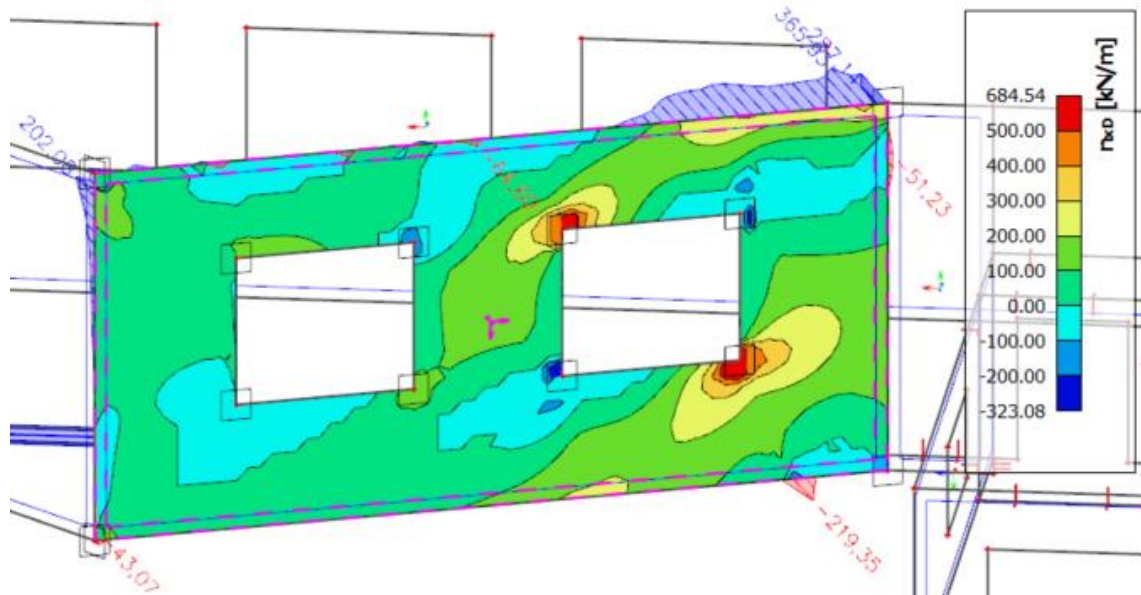


IDEA StatiCa



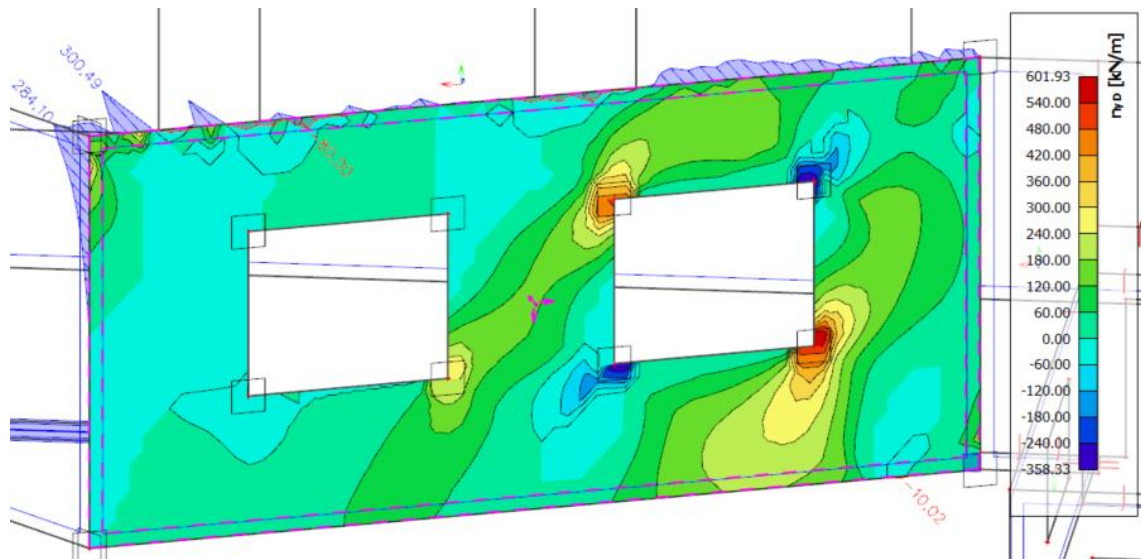
7.10.2 Vnitřní síly stěnového nosníku

Kombinace pro stálé zatížení – základní návrhová síla ve směru osy x

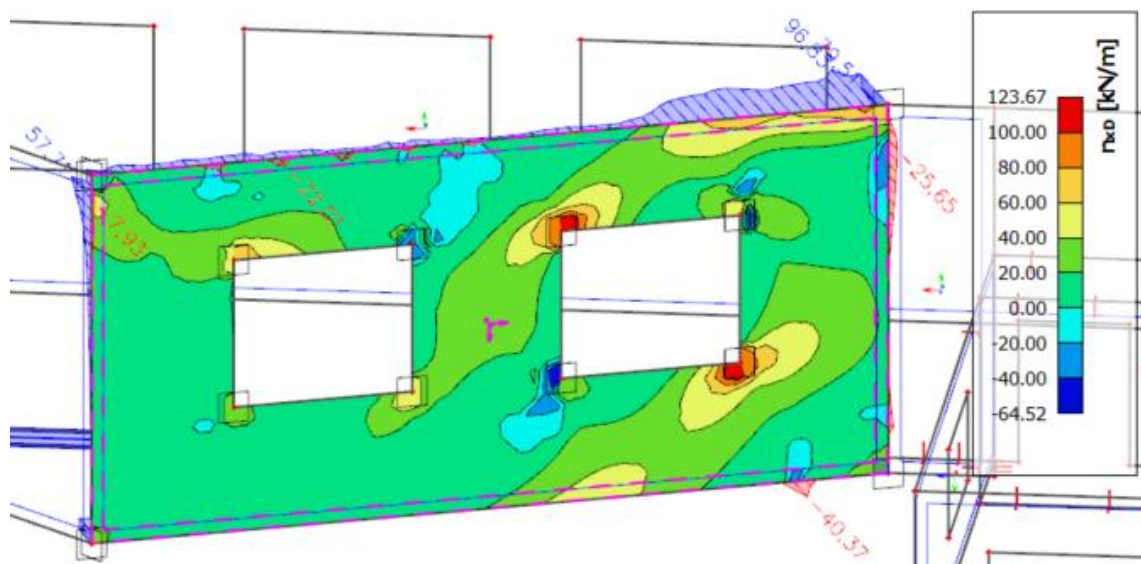




Kombinace pro stálé zatížení – základní návrhová síla ve směru osy y

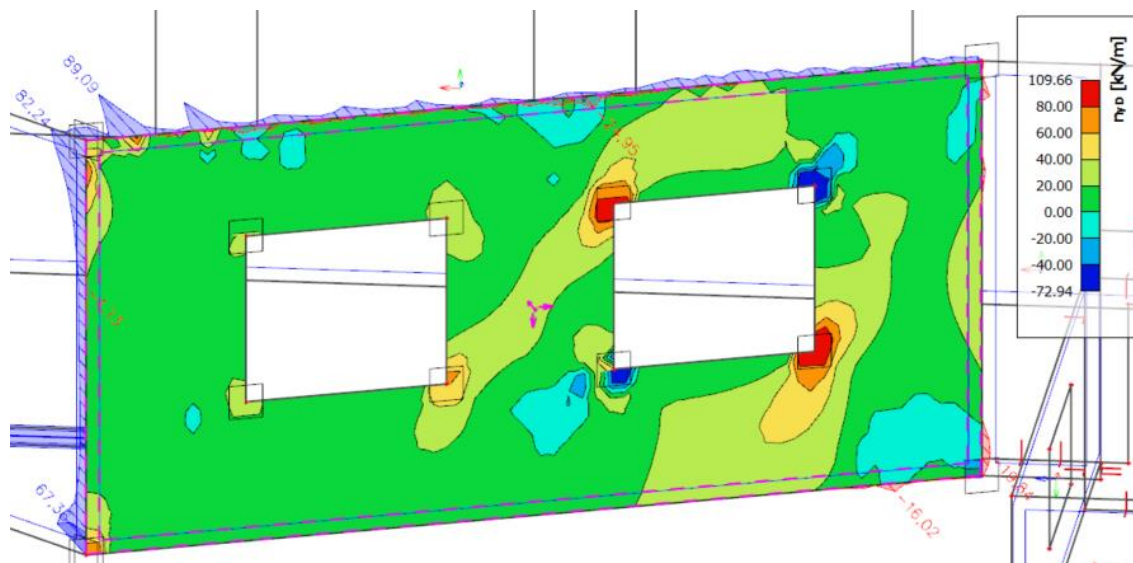


Kombinace pro proměnné zatížení – základní návrhová síla ve směru osy x





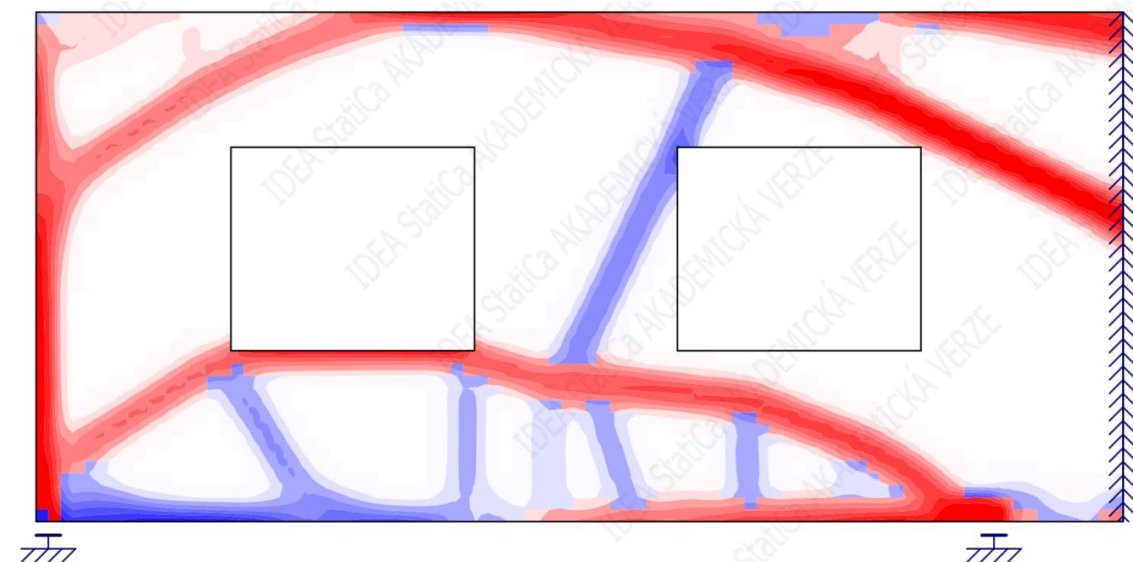
Kombinace pro proměnné zatížení – základní návrhová síla ve směru osy y



7.10.3 Posouzení konstrukce

Pro vyztužení stěnového nosníku byla provedena topologická optimalizace, která pomáhá s návrhem a umístěním výztuže. Topologická optimalizace je nástroj, který vygeneruje model náhradní příhradoviny. Modré oblasti reprezentují tah a červené oblasti reprezentují tlak.

Topologická optimalizace



Návrh základního rastru

Svislá výztuž při obou površích: $\varnothing = 14 \text{ mm}$, $s = 200 \text{ mm}$, $A_{s,prov} = 770 \text{ mm}^2$

Vodorovná výztuž při obou površích: $\varnothing = 14 \text{ mm}$, $s = 200 \text{ mm}$, $A_{s,prov} = 770 \text{ mm}^2$

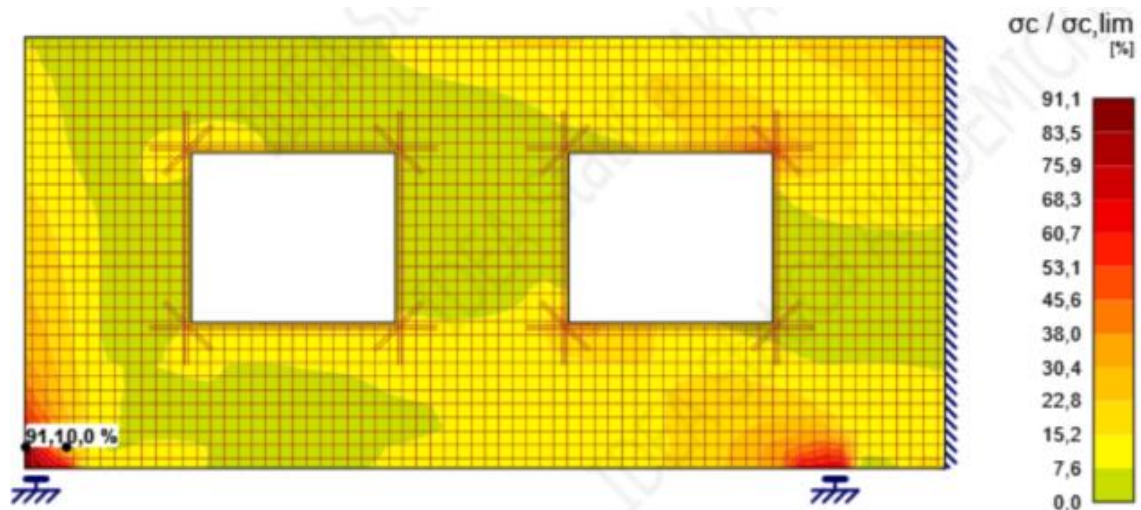


Návrh příložek

Návrh lemovací výztuže okolo otvoru (vodorovně, svisle): 2x2Ø18

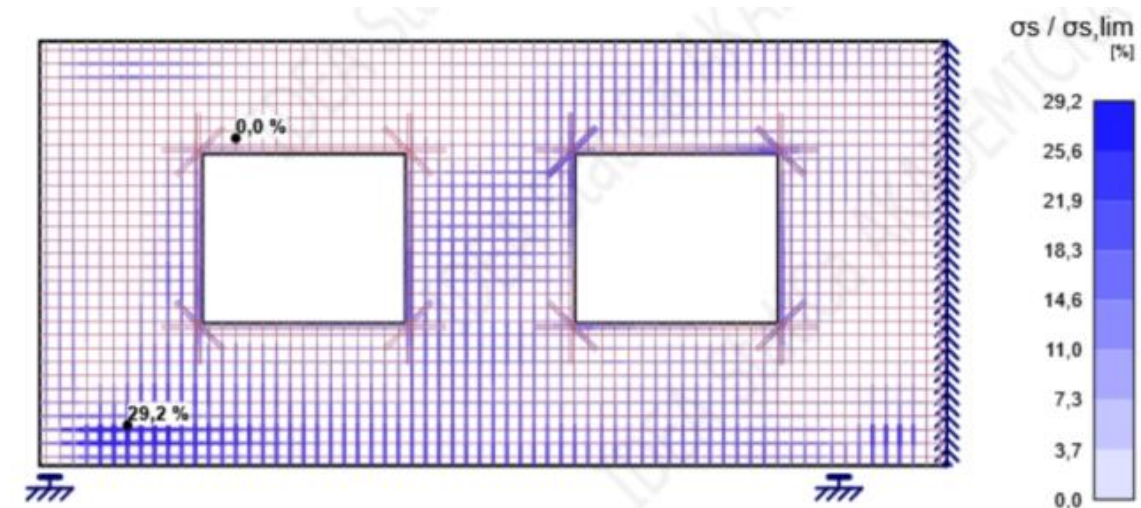
Návrh lemovací výztuže okolo otvoru (diagonálně): 2x2Ø14

Pevnost betonu



Na výše uvedeném obrázku lze vidět poměr napětí betonu k pevnosti betonu. Tento obrázek se týká mezního stavu únosnosti. Z obrázku je vidět nejvíce namáhané místo, které se nachází u levé podpory. Napětí betonu v tlaku v tomto místě dosahuje hodnoty $\sigma_c = 18,2$ MPa. Také lze vidět že pevnost betonu v tlaku vyhoví.

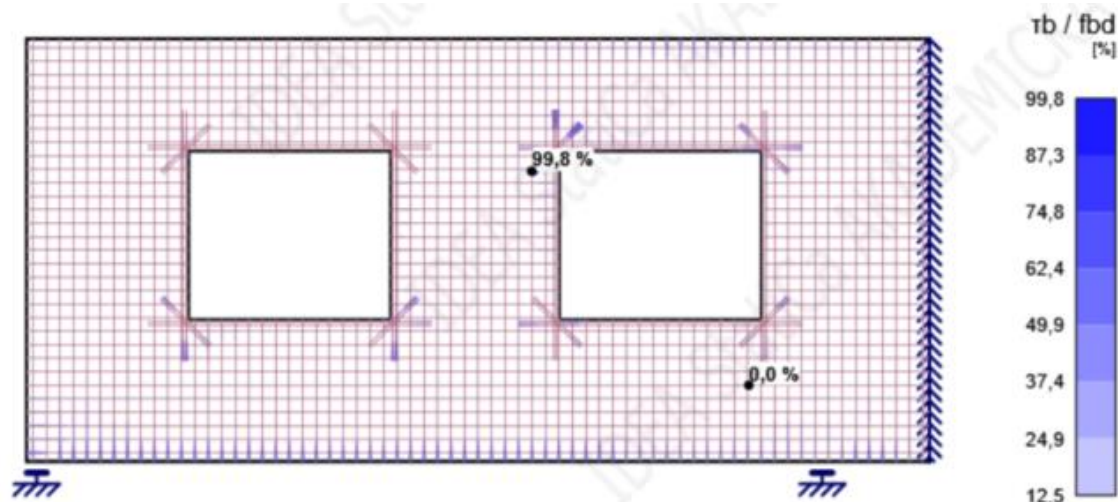
Pevnost výztuže



Zde lze vidět posouzení pevnosti výztuže pro MSÚ. Na obrázku je vidět poměr napětí ve výztuži vzhledem k pevnosti výztuže. Nejvíce namáhaná část je spodní. Z obrázku je patrné, že výztuž pro mezní stav únosnosti vyhoví.



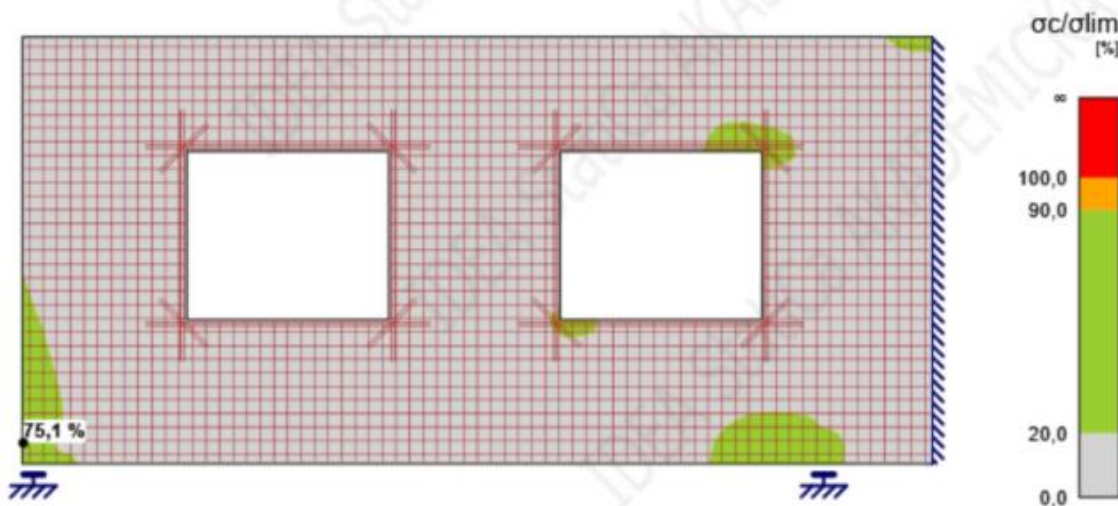
Kotvení výztuže



Na obrázku výše lze vidět poměr napětí v soudržnosti v oblasti kotvení a mezní pevnosti v soudržnosti pro MSÚ s aplikovaným veškerým zatížením. Kotvení v celém stěnovém nosníku vyhovělo.

Omezení napětí v betonu

Omezení napětí proběhlo dle normy ČSN 1992-1-1. Pro charakteristickou kombinaci byl součinitel $k_1 = 0,6$. Pro kvazistálou kombinaci byl součinitel $k_2 = 0,45$.

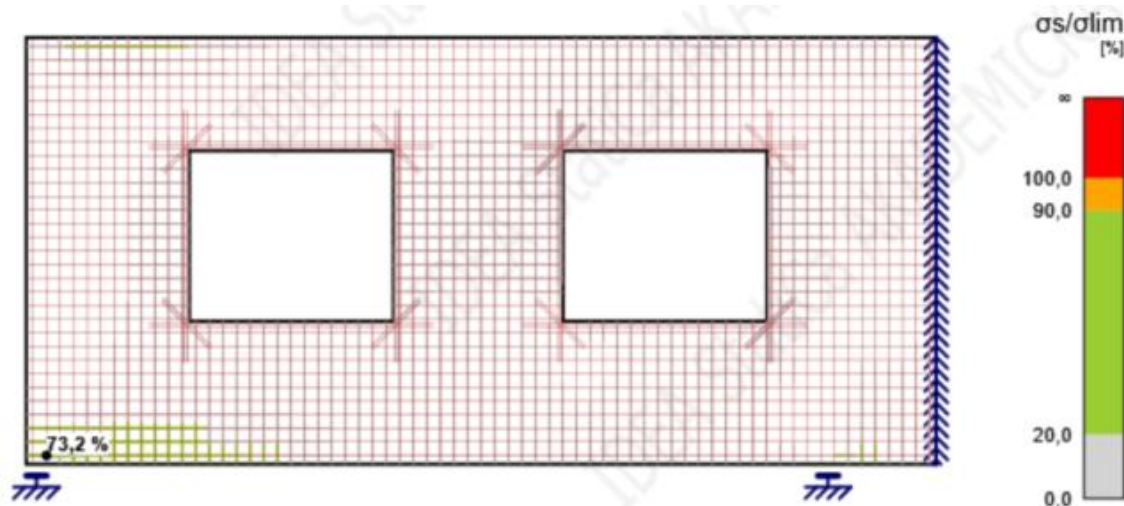


Zde lze vidět poměr napětí a mezního napětí betonu pro posudek mezního stavu použitelnosti pro kvazistálou kombinaci. Maximální napětí betonu v tlaku je $\sigma_c = 10,1$ MPa, což je menší než limitní hodnota $k_2 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5$ MPa. Proto lze předpokládat lineární dotvarování betonu. Maximální napětí v betonu v tlaku pro charakteristickou kombinaci je $\sigma_c = 13,1$ MPa, což je také menší než limitní hodnota $k_1 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18,0$ MPa.



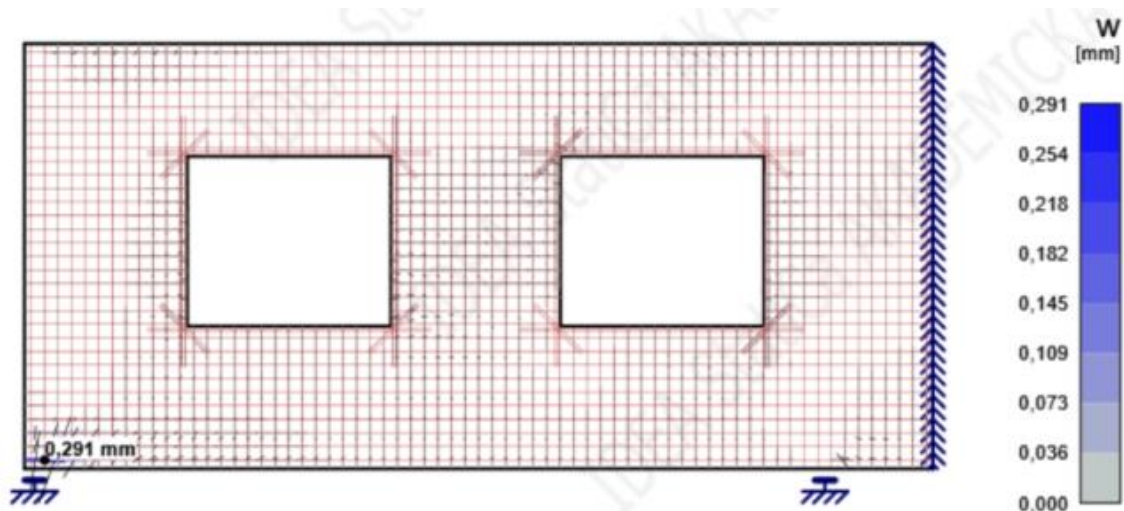
Omezení napětí ve výztuži

Omezení napětí proběhlo dle normy ČSN 1992-1-1. Pro charakteristickou kombinaci byl součinitel $k_3 = 0,8$.



Zde lze vidět poměr napětí a mezního napětí oceli pro posudek mezního stavu použitelnosti pro charakteristickou kombinaci. Maximální napětí ve výztuži se nachází v oblasti levé podpory a je $\sigma_s = 293$ MPa, což je menší než limitní hodnota $k_3 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400$ MPa. Proto lze předpokládat, že bude zabráněno vzniku nepřijatelných trhlin a deformací.

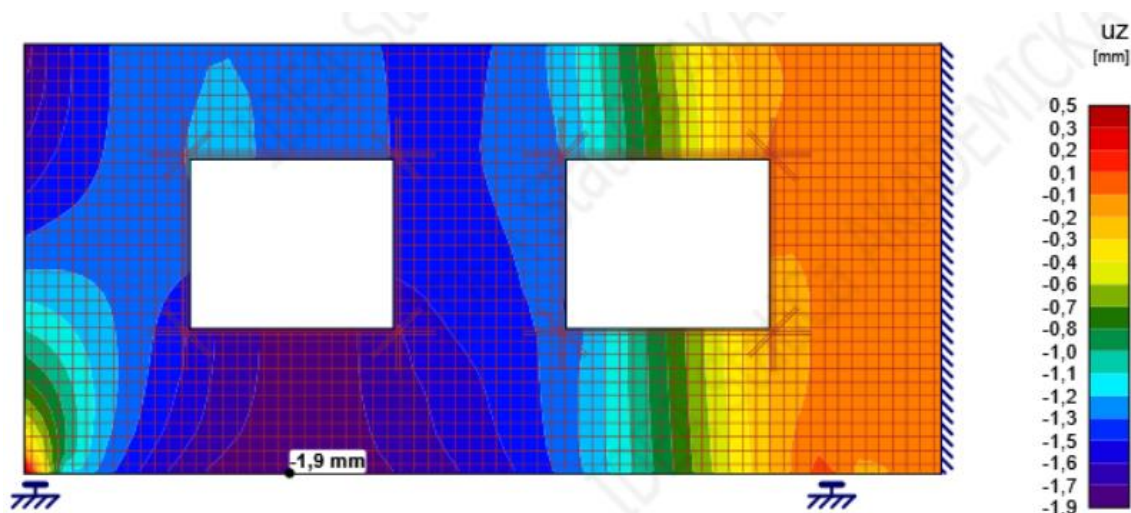
Omezení šířky trhlin



Na obrázku lze vidět vykreslené šířky trhlin pro MSP – kvazistálou kombinaci. Maximální trhлина dle výpočtu dosahuje šířky 0,291 mm. Doporučená hodnota maximální šířky trhlin dle normy ČSN 1992-1-1 je 0,3 mm. Z toho důvodu lze prohlásit posouzení omezení šířky trhlin za vyhovující.



Průhyb



Maximální hodnota průhybu je 1,9 mm, což je menší než spočtená limitní hodnota $L/250 = 11800/250 = 47,2$ mm.

7.10.4 Konstrukční zásady

Minimální plocha výztuže:

$$a_{s,\min} = \max(150; 0,001 \cdot a_c) = \max(150; 0,001 \cdot 300 \cdot 1000) = \\ = \max(150; 300) = 300 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,\min} = 300 \text{ mm}^2 > a_{s,\text{prov}} = 770 \text{ mm}^2$$

...Vyhovuje

Maximální plocha výztuže:

$$a_{s,\max} = 0,04 \cdot b \cdot t = 0,04 \cdot 1000 \cdot 300 = 12000 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,\max} = 12000 \text{ mm}^2 > a_{s,\text{prov}} = 770 \text{ mm}^2$$

...Vyhovuje

Minimální světlá vzdálenost výztuže:

$$s_1 = \max(20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \varnothing_s; D_{\max} + 5 \text{ mm}) =$$

$$= \max(20 \text{ mm}; 1,2 \cdot 14; 16 + 5) = \max(20; 16,8; 21) = 21 \text{ mm}$$

$$s_1 = 21 \text{ mm} < s_{x;y} = 32 \text{ mm}$$

...Vyhovuje

Maximální osová vzdálenost výztuže:

$$s = \min(2 \cdot t; 300 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 300; 300) = \min(600; 300) = 300 \text{ mm}$$



$$s = 300 \text{ mm} > s_{x,y} = 200 \text{ mm}$$

...Vyhovuje

Návrh stěnového nosníku SN3 vyhovuje.

7.11 Návrh stěnového nosníku – SN4

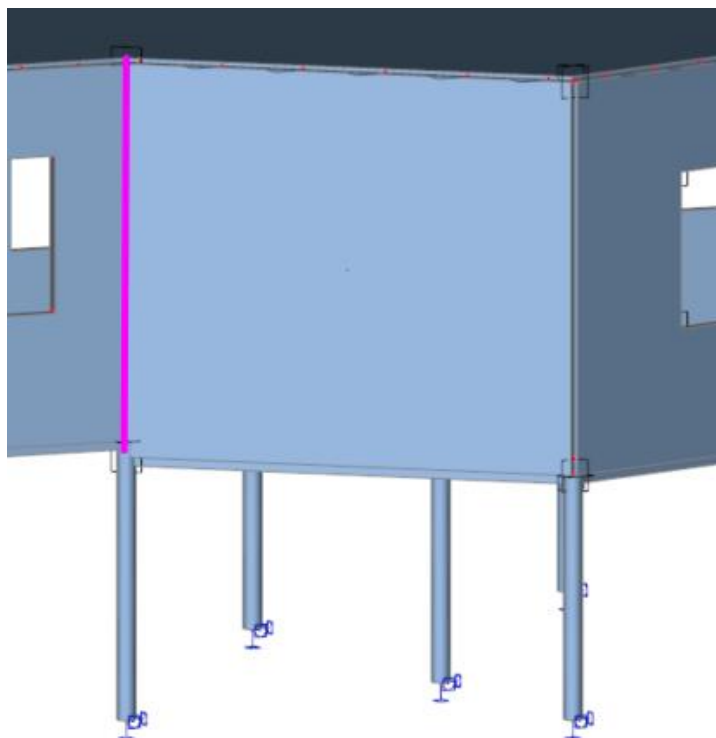
7.11.1 Geometrie konstrukce

Tloušťka konstrukce: $t = 300 \text{ mm}$

Výška konstrukce: $h = 6,26 \text{ m}$

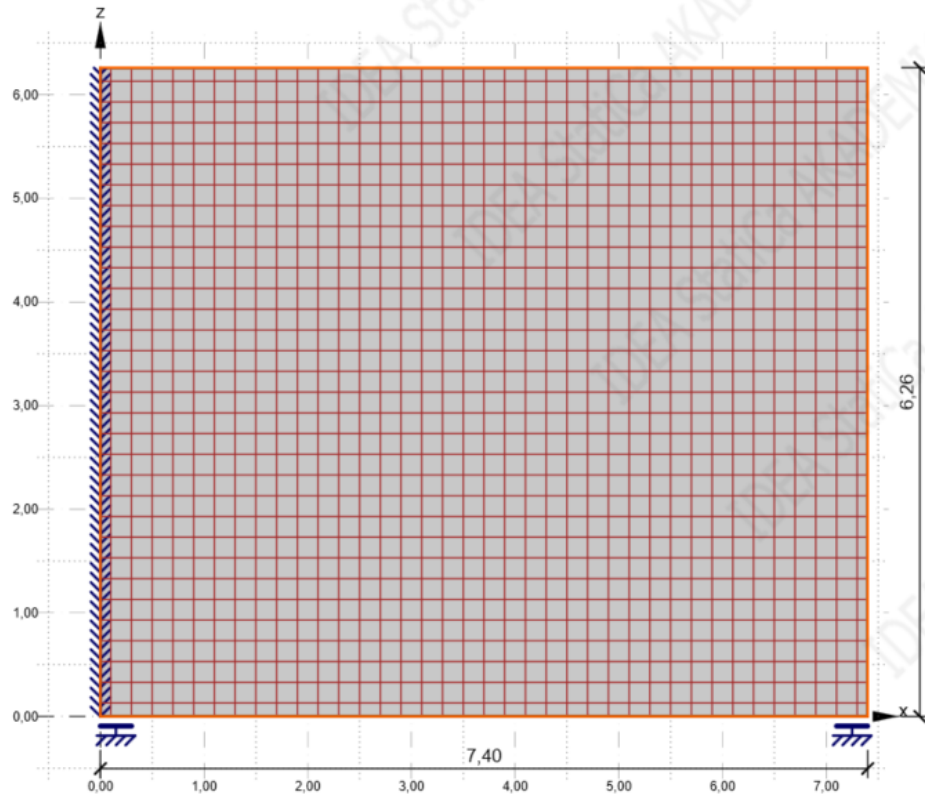
Rozpětí konstrukce: $L = 7,4 \text{ m}$

V místě sloupů byly do programu IDEA StatiCa vloženy bodové rozložené podpory, příslušné šířky. A podél růžově označené hrany byla do programu IDEA StatiCa vložena liniová podpora s omezenou tuhostí ve směru x a ve směru z.



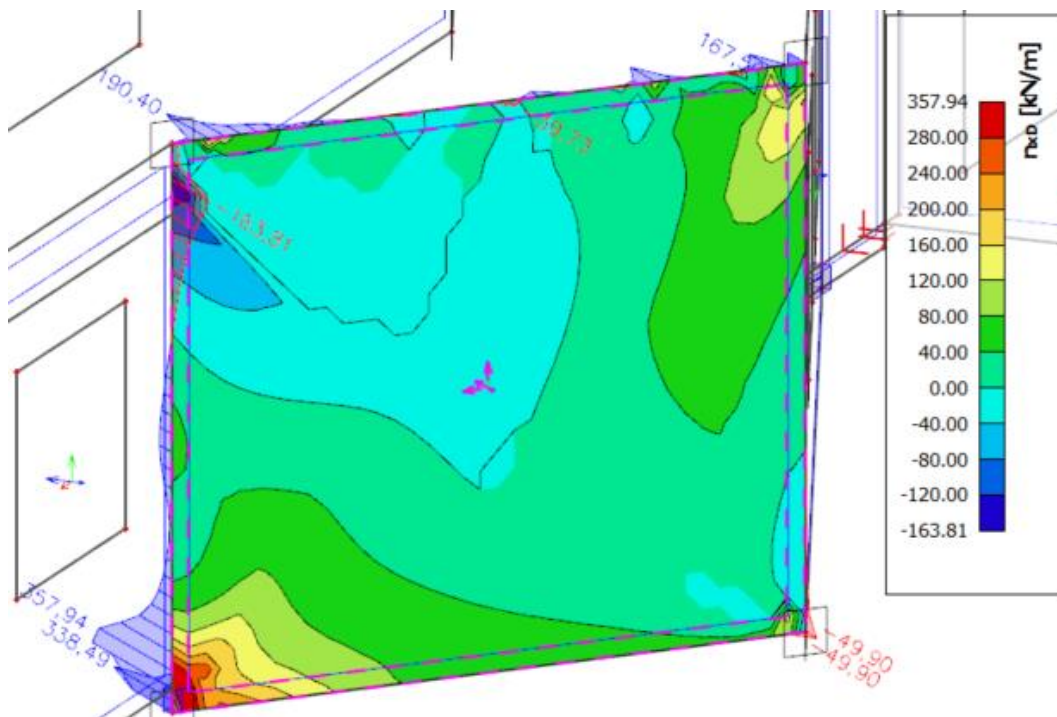


IDEA StatiCa



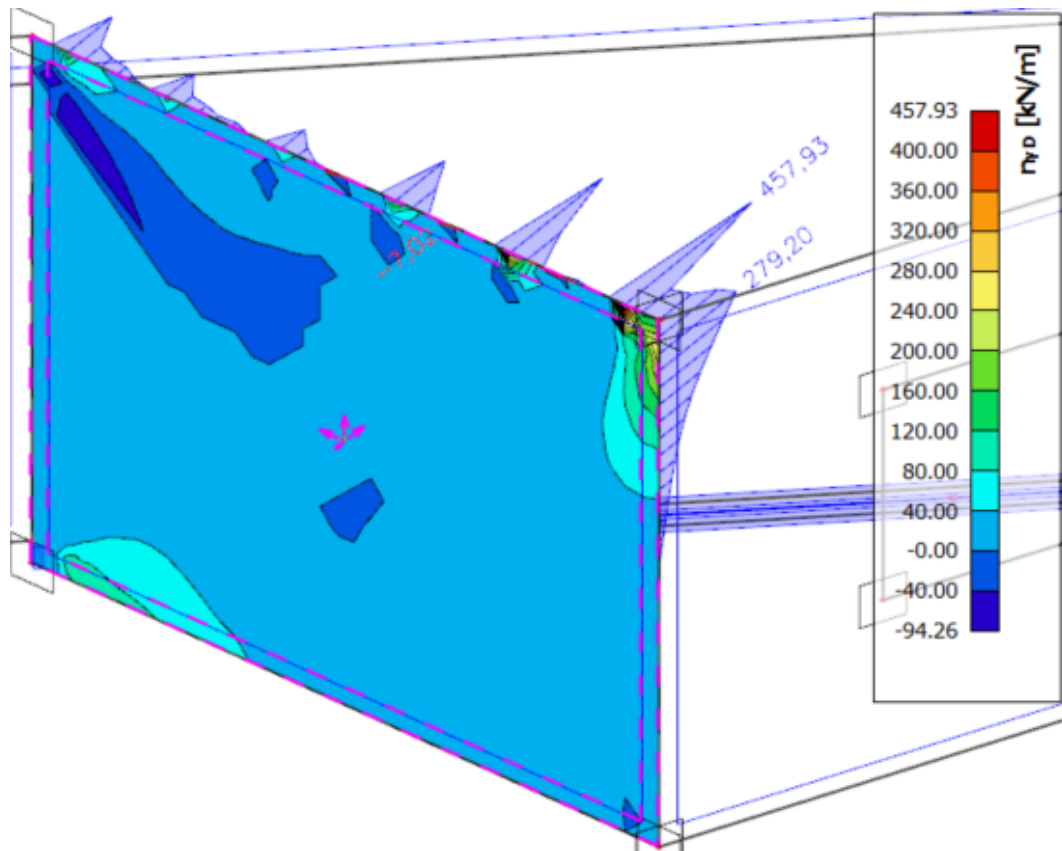
7.11.2 Vnitřní síly stěnového nosníku

Kombinace pro stálé zatížení – základní návrhová síla ve směru osy x

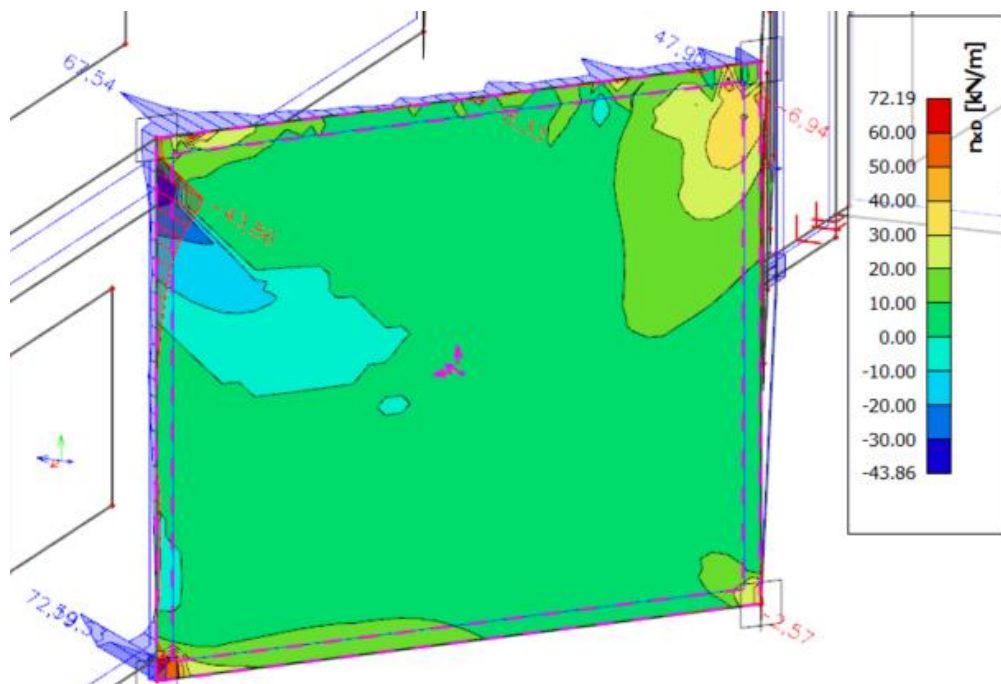




Kombinace pro stálé zatížení – základní návrhová síla ve směru osy y

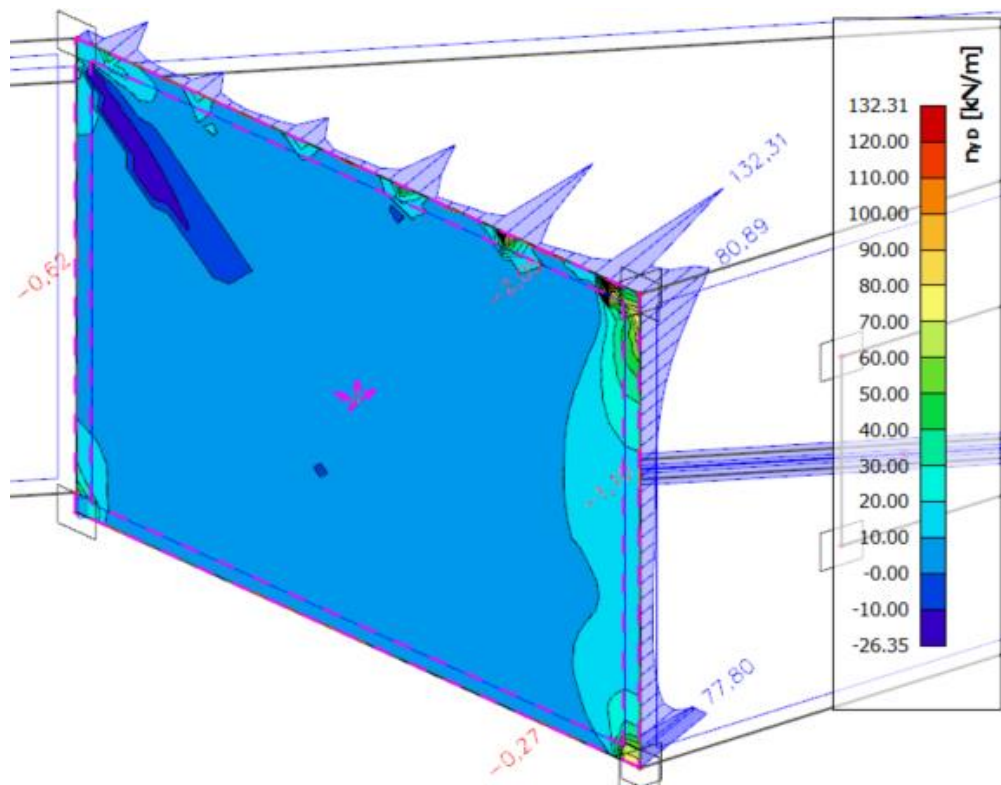


Kombinace pro proměnné zatížení – základní návrhová síla ve směru osy x





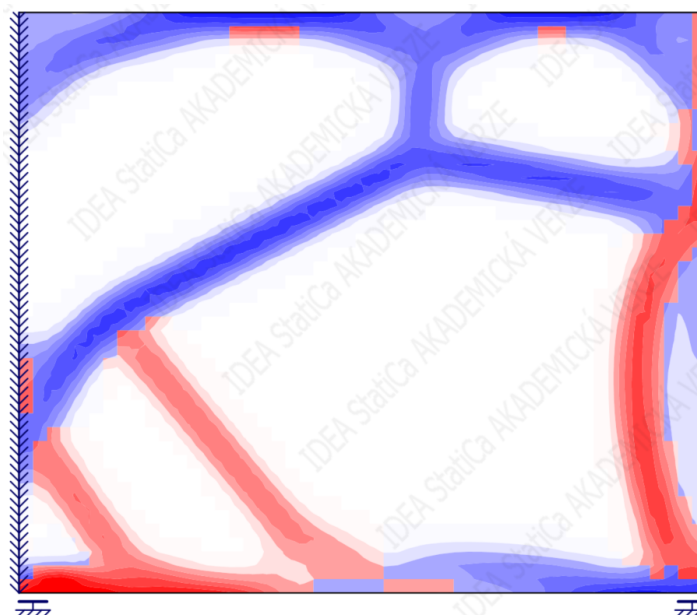
Kombinace pro proměnné zatížení – základní návrhová síla ve směru osy y



7.11.3 Posouzení konstrukce

Pro vyztužení stěnového nosníku byla provedena topologická optimalizace, která pomáhá s návrhem a umístěním výztuže. Topologická optimalizace je nástroj, který vygeneruje model náhradní příhradoviny. Modré oblasti reprezentují tah a červené oblasti reprezentují tlak.

Topologická optimalizace



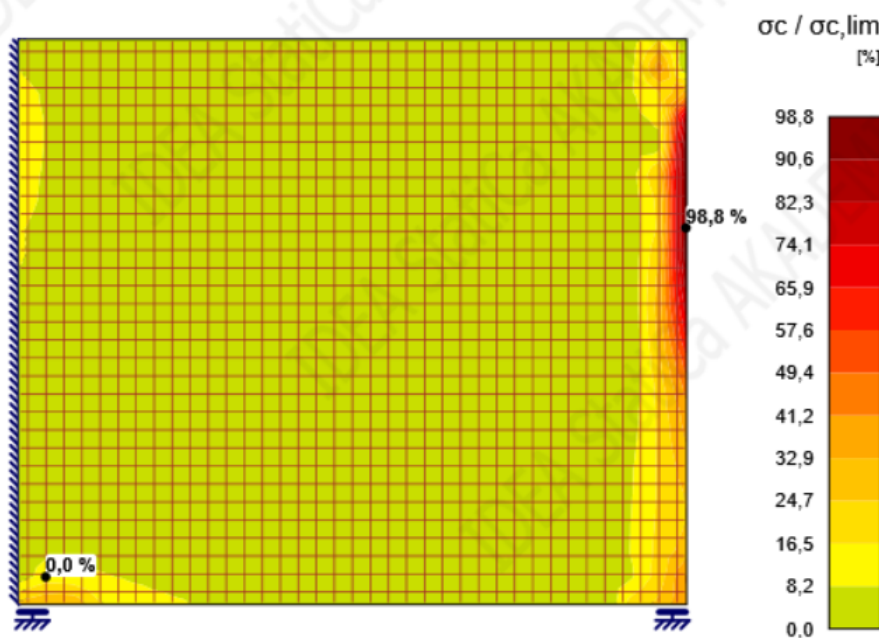


Návrh základního rastru

Svislá výztuž při obou površích: $\varnothing = 14 \text{ mm}$, $s = 200 \text{ mm}$, $A_{s,prov} = 770 \text{ mm}^2$

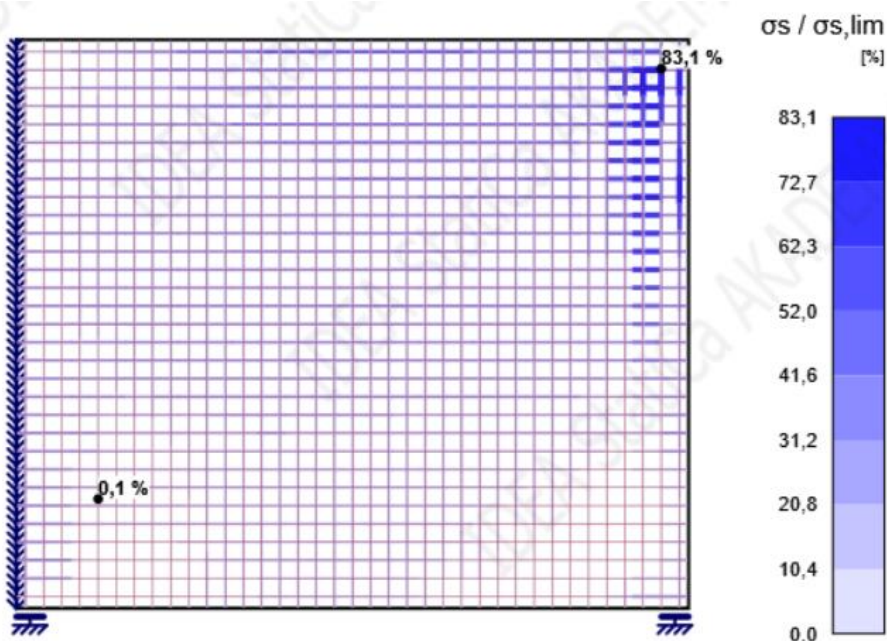
Vodorovná výztuž při obou površích: $\varnothing = 14 \text{ mm}$, $s = 200 \text{ mm}$, $A_{s,prov} = 770 \text{ mm}^2$

Pevnost betonu



Na výše uvedeném obrázku lze vidět poměr napětí betonu k pevnosti betonu. Tento obrázek se týká mezního stavu únosnosti. Z obrázku je vidět nejvíce namáhané místo, které se nachází u pravé svislé stěny. Také lze vidět že pevnost betonu v tlaku vyhoví.

Pevnost výztuže

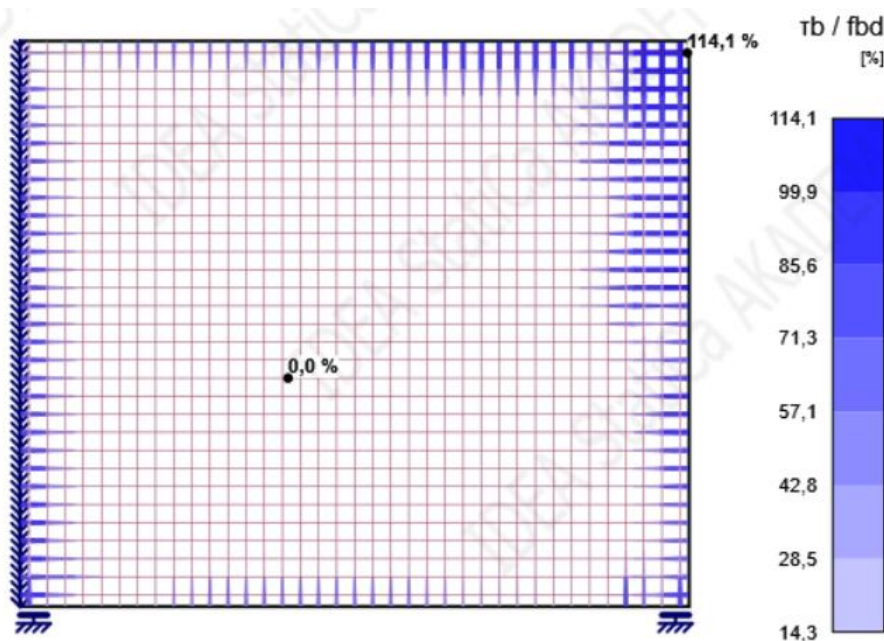




7 Podrobný návrh nosných prvků

Zde lze vidět posouzení pevnosti výztuže pro MSÚ. Na obrázku je vidět poměr napětí ve výztuži vzhledem k pevnosti výztuže. Nejvíce namáhanou částí je pravý horní roh, kde napětí ve výztuži dosahuje hodnoty $\sigma_s = 390,3$ MPa. Z obrázku je patrné, že výztuž pro mezní stav únosnosti vyhoví.

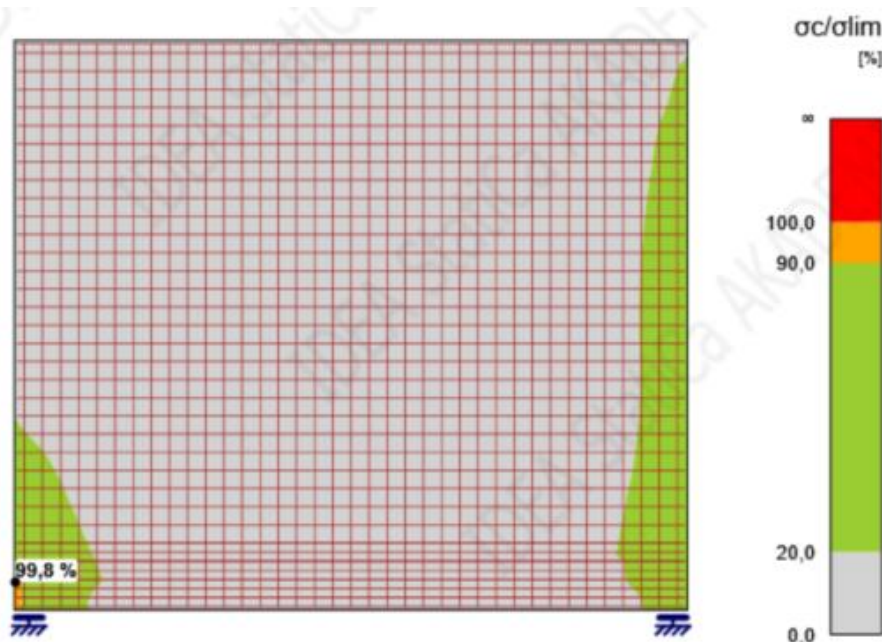
Kotvení výztuže



Na obrázku výše lze vidět poměr napětí v soudržnosti v oblasti kotvení a mezní pevnosti v soudržnosti pro MSÚ s aplikovaným veškerým zatížením. Kotvení nevyhovělo pouze v jednom místě vetknutí. V tomto případě lze výsledek prohlásit za vyhovující, jelikož výztuž v tomto místě nebude zakotvena, ale bude přesahovat do následující stěny, která není již v modelu uvažována.

Omezení napětí v betonu

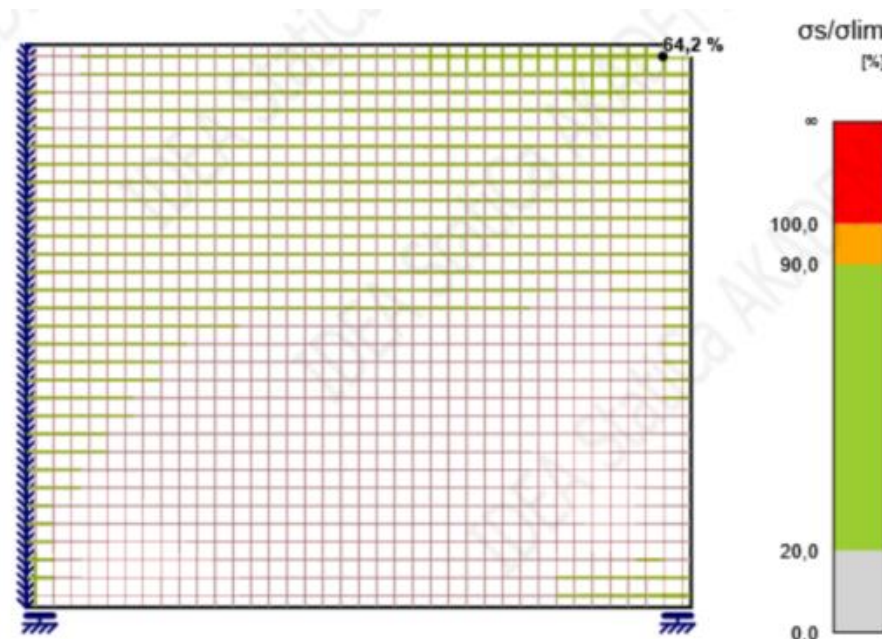
Omezení napětí proběhlo dle normy ČSN 1992-1-1. Pro charakteristickou kombinaci byl součinitel $k_1 = 0,6$. Pro kvazistálou kombinaci byl součinitel $k_2 = 0,45$.



Zde lze vidět poměr napětí a mezního napětí betonu pro posudek mezního stavu použitelnosti pro kvazistálou kombinaci. Maximální napětí betonu v tlaku je $\sigma_c = 5,7$ MPa, což je menší než limitní hodnota $k_2 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5$ MPa. Maximální napětí v betonu v tlaku pro charakteristickou kombinaci je $\sigma_c = 6,4$ MPa, což je také menší než limitní hodnota $k_1 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18,0$ MPa. Proto lze předpokládat lineární dotvarování betonu.

Omezení napětí ve výztuži

Omezení napětí proběhlo dle normy ČSN 1992-1-1. Pro charakteristickou kombinaci byl součinitel $k_3 = 0,8$.

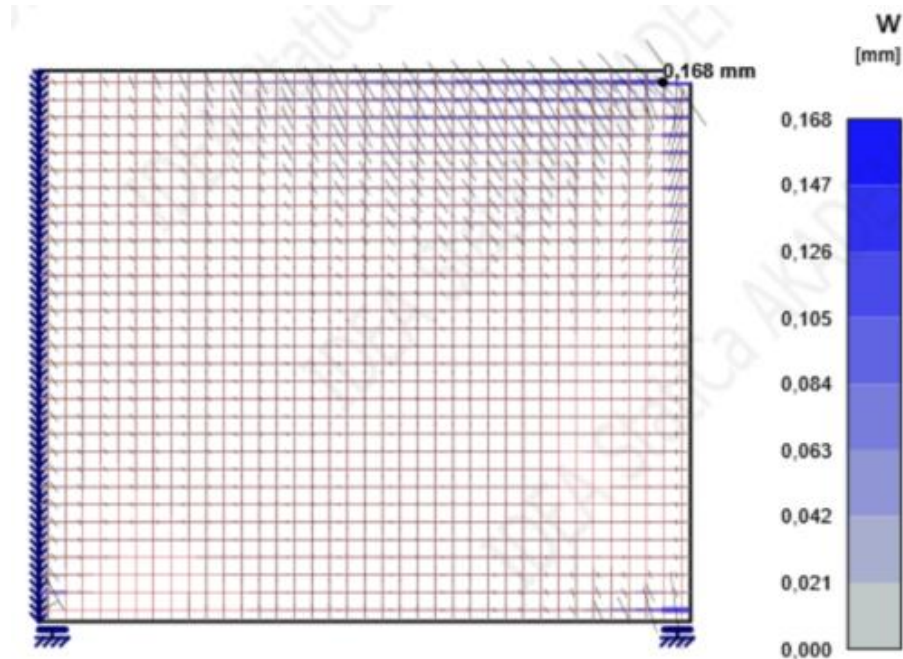




7 Podrobný návrh nosných prvků

Zde lze vidět poměr napětí a mezního napětí oceli pro posudek mezního stavu použitelnosti pro charakteristickou kombinaci. Maximální napětí ve výztuži se nachází v pravém horním rohu a je $\sigma_s = 257$ MPa, což je menší než limitní hodnota $k_3 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 500 = 400$ MPa. Proto lze předpokládat, že bude zabráněno vzniku nepřijatelných trhlin a deformací.

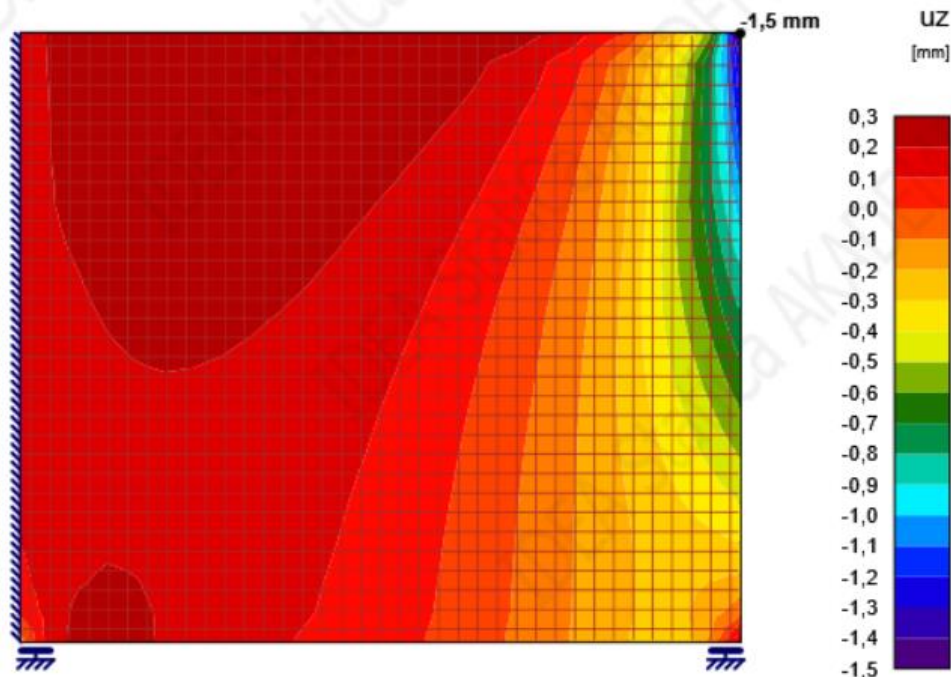
Omezení šířky trhlin



Na obrázku lze vidět vykreslené šířky trhlin pro MSP – kvazistálou kombinaci. Maximální trhlina dle výpočtu dosahuje šířky 0,168 mm. Doporučená hodnota maximální šířky trhlin dle normy ČSN 1992-1-1 je 0,3 mm. Z toho důvodu lze prohlásit posouzení omezení šířky trhlin za vyhovující.



Průhyb



Maximální hodnota průhybu je 1,5 mm, což je menší než spočtená limitní hodnota $L/250 = 7400/250 = 29,6$ mm. Při porovnání průhybu SN3 – levý okraj a SN4 – pravý okraj lze vidět že průhyby v horním a spodním rohu dosahují stejných hodnot. Nulového průhybu na daném okraji dosáhnou přibližně ve stejném místě, mírná odchylka je dána zadaným přibližným, nikoli přesným, zatížením působícím na konstrukci.

7.11.4 Konstrukční zásady

Minimální plocha výztuže:

$$\begin{aligned} a_{s,\min} &= \max(150; 0,001 \cdot a_c) = \max(150; 0,001 \cdot 300 \cdot 1000) = \\ &= \max(150; 300) = 300 \text{ mm}^2 \\ a_{s,\min} &= 300 \text{ mm}^2 > a_{s,\text{prov}} = 770 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

...Vyhovuje

Maximální plocha výztuže:

$$\begin{aligned} a_{s,\max} &= 0,04 \cdot b \cdot t = 0,04 \cdot 1000 \cdot 300 = 12000 \text{ mm}^2 \\ a_{s,\max} &= 12000 \text{ mm}^2 > a_{s,\text{prov}} = 770 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

...Vyhovuje

Minimální světlá vzdálenost výztuže:

$$\begin{aligned} s_1 &= \max(20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \varnothing_s; D_{\max} + 5 \text{ mm}) = \\ &= \max(20 \text{ mm}; 1,2 \cdot 14; 16 + 5) = \max(20; 16,8; 21) = 21 \text{ mm} \end{aligned}$$

A – Statický výpočet



7 Podrobný návrh nosných prvků

$$s_l = 21 \text{ mm} < s_y = 186 \text{ mm}$$

...Vyhovuje

Maximální osová vzdálenost výztuže:

$$s = \min(2 \cdot t; 300 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 300; 300) = \min(600; 300) = 300 \text{ mm}$$

$$s = 300 \text{ mm} > s_x = 200 \text{ mm}$$

...Vyhovuje

Návrh stěnového nosníku SN4 vyhovuje.



8 Kotevní a přesahové délky

8.1 Kotevní délka

Základní kotevní délka

$$l_{b,rqd} = \frac{\sigma_s}{4 \cdot f_{bd}}$$

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

Součinitel zohledňující kvalitu soudržnosti – dobré podmínky: $\eta_1 = 1,0$

Součinitel zohledňující průměr prutu $\varnothing \leq 32$ mm: $\eta_2 = 1,0$

Návrhová pevnost betonu v tahu: $f_{ctd} = f_{ctk,0,05}/1,5 = 2,0/1,5 = 1,33$ MPa

$$f_{bd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,33 = 3,0 \text{ MPa}$$

Návrhová kotevní délka

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

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1,0$$

Tažené pruty: $l_{b,min,tah} > \max(0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10 \cdot \varnothing; 100 \text{ mm})$

$$l_{bd} \geq l_{b,min,tah}$$

Tlačené pruty: $l_{b,min,tlak} > \max(0,6 \cdot l_{b,rqd}; 10 \cdot \varnothing; 100 \text{ mm})$

$$l_{bd} \geq l_{b,min,tlak}$$

Výztuž	$l_{b,rqd}$ [mm]	$l_{b,min,tah}$ [mm]	$l_{b,min,tlak}$ [mm]	l_{bd} [mm]	Návrh [mm]
Ø10	362	109	218	362	370
Ø12	435	131	261	435	440
Ø14	507	152	304	507	510
Ø16	575	174	348	575	580



8.2 Přesahová délka

Návrhová délka přesahu

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

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

$$l_0 \geq l_{0,min}$$

Výztuž	$l_{b,rqd}$ [mm]	l_0 [mm]	$l_{0,min}$ [mm]	Návrh [mm]
Ø10	362	540	200	540
Ø12	435	650	200	650
Ø14	507	760	228	760
Ø16	575	860	261	860



Použitý software

- AutoCAD 2018
- GEO5
- IDEA StatiCa Detail
- MS Office 2016 - Word
- MS Office 2016 - Excel
- RECOC BETON R2018
- SCIA Engineer 19.1
- Výpočetní program pro návrh výztuže při předepsané šířce trhlin, Ing. Radek Štefan Ph.D., CSc., 2009



Podklady, ČSN

- Rozpracovaná stavební část uvedené akce poskytnutá hlavním projektantem firmou PROVOD, inženýrská spol. s r. o.
- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla
- ČSN EN 13670 Provádění betonových konstrukcí
- ČSN EN 206 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- ČSN P 73 2404 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda – Doplnující informace
- TP51 Statické tabulky