



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

P3. STATICKÝ VÝPOČET

STROPNÍ DESKA RD

CONCRETE SLAB OF FAMILY HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jozef Sivčák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ STRNAD, Ph.D.

BRNO 2018

Obsah

1	ÚVOD	1
1.1	Geometria dosky D1.....	Chyba! Záložka nie je definovaná.
1.2	Geometria krovu	Chyba! Záložka nie je definovaná.
1.3	Materiálové charakteristiky	1
2	ZAŤAŽENIE	2
2.1	STÁLE	2
2.1.1	Od krovu	2
2.1.2	Od stropu nad 2.NP	5
2.1.3	Podlaha a vlastná tiaž dosky D1	7
2.2	PREMENNÉ	8
2.2.1	Sneh.....	8
2.2.2	Vietor.....	11
2.2.3	Úžitkové od stropu nad 2.NP	17
2.2.4	Úžitkové na dosku D1.....	18
2.2.5	Od priečok	18
2.3	ZAŤAŽOVACIE STAVY	19
2.4	KOMBINÁCIE	22
3	VÝPOČET VNÚTORNÝCH SÍL	23
3.1	RUČNÝ VÝPOČET	23
3.1.1	Zjednodušený model.....	23
3.1.2	Výpočet ohybových momentov	24
3.2	VÝPOČET METODOU KONEČNÝCH PRVKOV	26
3.2.1	Zaťažovacie stavy	26
3.2.2	Priebeh vnútorných síl.....	30
3.3	Porovnanie momentov	34
4	DIMENZOVANIE NA OHYB	35
4.1	MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY:.....	35
4.2	VŠEOBECNÉ VZORCE A PODMIENKY	35
4.3	DOSKA D1	36
4.3.1	Dolná výstuž	36
4.3.2	Horná výstuž.....	37
4.4	DOSKA D2	38
4.4.1	Dolná výstuž	38
4.4.2	Horná výstuž.....	40
4.5	DOSKA D3	43
4.5.1	Dolná výstuž	43
4.6	DOSKA D4	43
4.7	ZHRNUTIE VÝSTUŽE NA OHYB	44
4.8	KOTEVNÁ DĹŽKA VÝSTUŽE	45
4.9	STYKOVACIA DĹŽKA VÝSTUŽE.....	46

1 ÚVOD

Predmetom tejto práce je novostavba dvojpodlažného rodinného domu v Moravských Budějoviciach. Zvislé nosné konštrukcie sú murované z keramických tehlových blokov na maltu pre tenkú škáru. Vodorovné konštrukcie – stropná doska a stužujúce vence sú zo železobetónu. Trieda betónu C20/25, výstuž z ocele B500B. Stropná konštrukcia druhého podlažia je z ľahkého dreveného roštu vyplneného tepelnou izoláciou z minerálnej vlny. Zdola je opláštená sadrokartónovým podhlľadom a zhora záklopom z OSB dosiek. Strecha je sedlová so sklonom 30°. Zaťaženie od nej sa cez stĺpiky prenáša aj do stropnej dosky D1 a ďalej do obvodových múrov. Do týchto stĺpikov pôsobí aj zaťaženie od stropu druhého podlažia. Statický výpočet rieši návrh a posúdenie železobetónovej stropnej dosky D1.

1.1 Materiálové charakteristiky

- **Betón C20/25**

$$f_{ck} = 20 \text{ Mpa}$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 20 / 1,5 = 13,33 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$f_{ctm} = 2,2 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 30 \text{ GPa}$$

- **Oceľ B500B**

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434,78 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 434,78 / 200 \cdot 10^3 = 2,174 \text{ ‰}$$

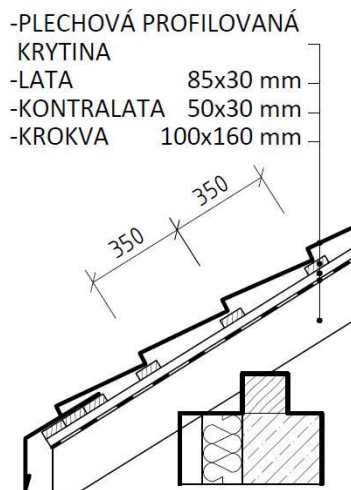
2 ZAŤAŽENIE

2.1 STÁLE

Pre návrhové hodnoty uvažujeme dielčí súčiniteľ stálego zaťaženia $\gamma_{G,j} = 1,35$

2.1.1 Od krovu

Cieľom je zistiť charakteristické hodnoty síl v jednotlivých stĺpikoch podporujúcich konštrukciu krovu, ktoré bodovo zaťažujú stropnú dosku D1. Preto najprv spočítame reakcie od krokiev, ktorými zaťažíme stredové väznice. Tie sú podporované stĺpikmi. Výsledkom budú reakcie v podporách stredových väzníc, ku ktorým pričítame vlastnú tiaž stĺpikov.



Vlastná tiaž krokvy – 100x160 mm,
 $0,1 \cdot 0,16 \cdot 4,2 = 0,067 \text{ kN/m}$

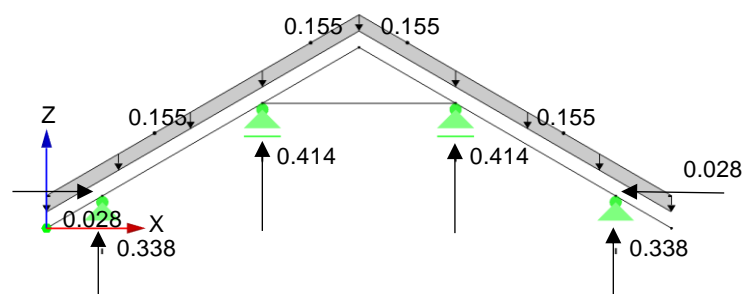
Ostatné stálego:

- kontralata: $0,03 \cdot 0,05 \cdot 4,2 = 0,006 \text{ kN/m}$
- laty – osovo po 0,35 m $\rightarrow 1/0,35 = 3 \text{ laty/m}$,
z.š. 1 m: $0,03 \cdot 0,085 \cdot 4,2 \cdot 1 \cdot 3 = 0,032 \text{ kN/m}$
- plechová krytina – 5 kg/m^2 , z.š. 1 m:
 $0,05 \cdot 1 = 0,05 \text{ kN/m}$

$$\Sigma = 0,155 \text{ kN/m}$$

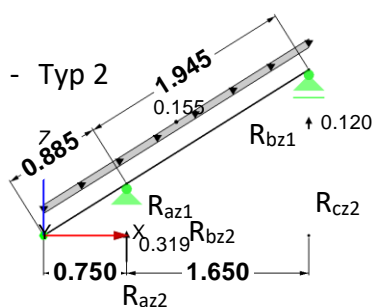
a) Výpočet reakcií v typických väzbách

- Reakcie sú vypočítané v programe RFEM
- Hodnoty síl sú uvádzané v kN
- Výpočtové modely sú kótované v metroch
- Väzba „A“:

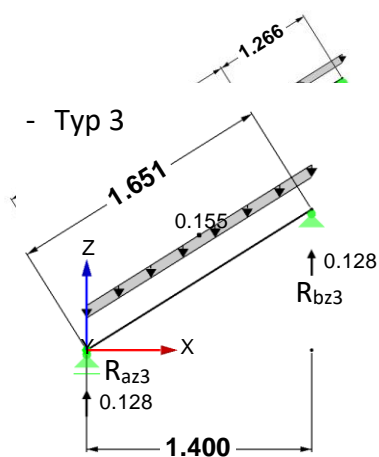


- Typ 1

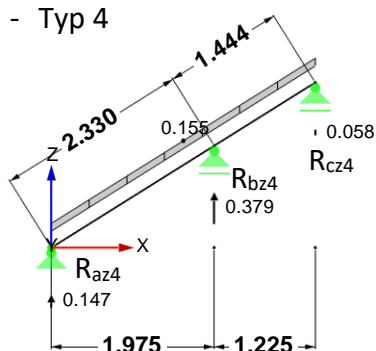
- Typ 2



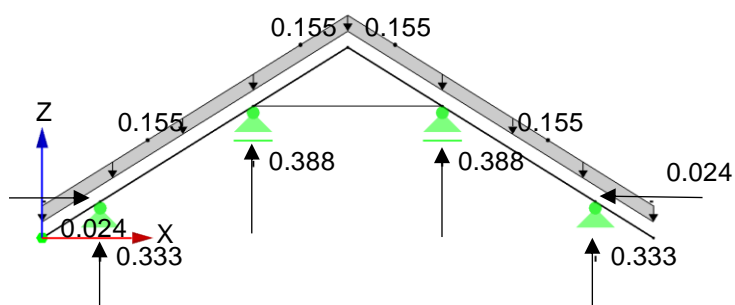
- Typ 3



- Typ 4



- Vázba „B“:



- Vázba „C“ – nárožná a úžľabová krokva:

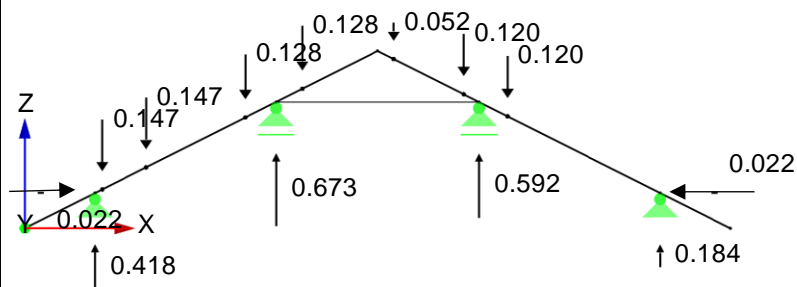
Táto väzba je zaťažená len vlastnou tiažou a reakciami od atypických krokiev, ktoré sú do úžľabovej a nárožnej krokvy napojené. Preto sme vybrali 4 typy vystihujúce atypické kroky a vypočítali reakcie, ktorými zaťažíme väzbu „C“. Tieto reakcie následne použijeme aj do zaťaženia modelu stredových väzníc, z ktorých vypočítame sily v stípkoch.

Reakcie od atypických krokiev:

Typ	Reakcia	Hodnota [kN]
1	R_{az1}	0,319
	R_{bz1}	0,120
2	R_{az2}	0,319
	R_{bz2}	0,323
	R_{cz2}	0,052
3	R_{az3}	0,128
	R_{bz3}	0,128
4	R_{az4}	0,147
	R_{bz4}	0,379
	R_{cz4}	0,058

Výpočet reakcií väzby „C“:

*Vlastná tiaž je započítaná programom automaticky

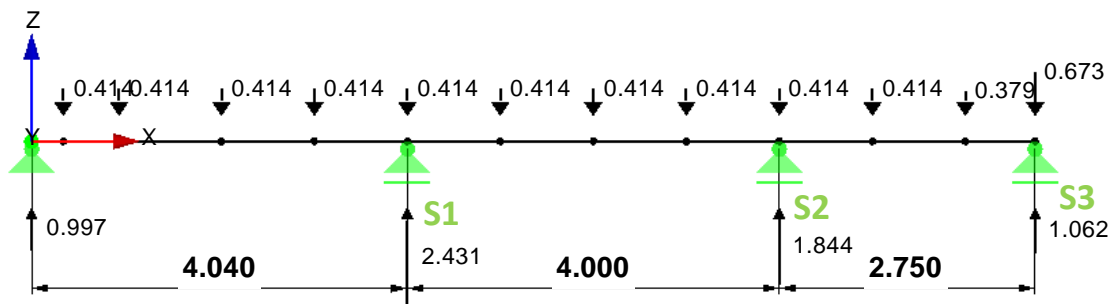


b) Výpočet reakcí od stredových väzníc

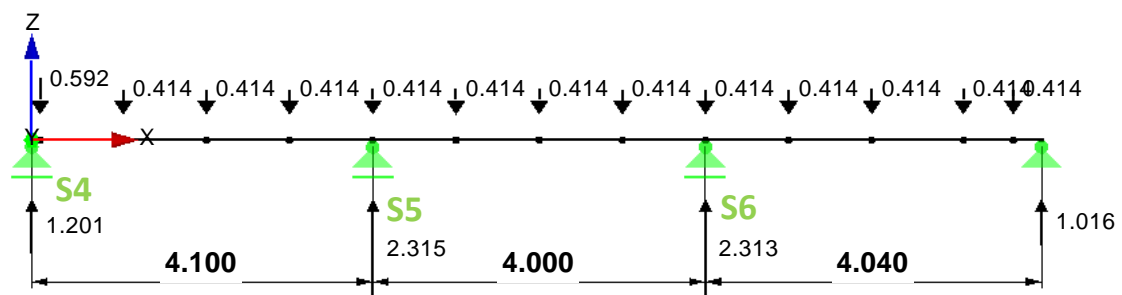
Vlastná tiaž väznice – v programe započítaná automaticky:

$$0,14 \cdot 0,18 \cdot 4,2 = 0,106 \text{ kN/m}$$

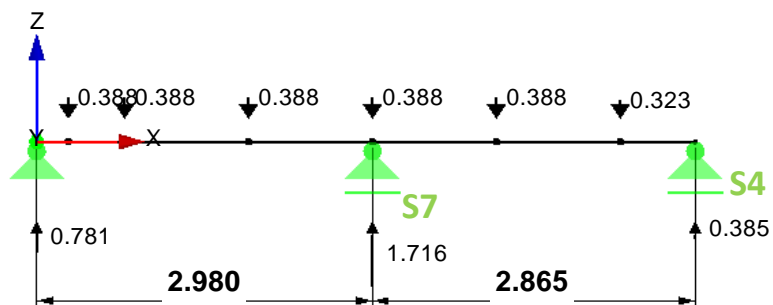
- Väznica V1:



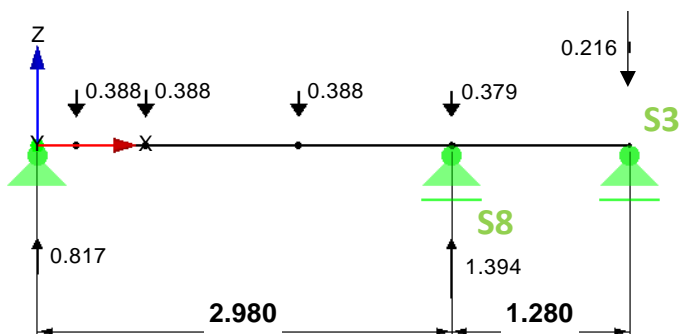
- Väznica V2:



- Väznica V3:



- Väznica V4:



c) Výpočet síl v stĺpikoch

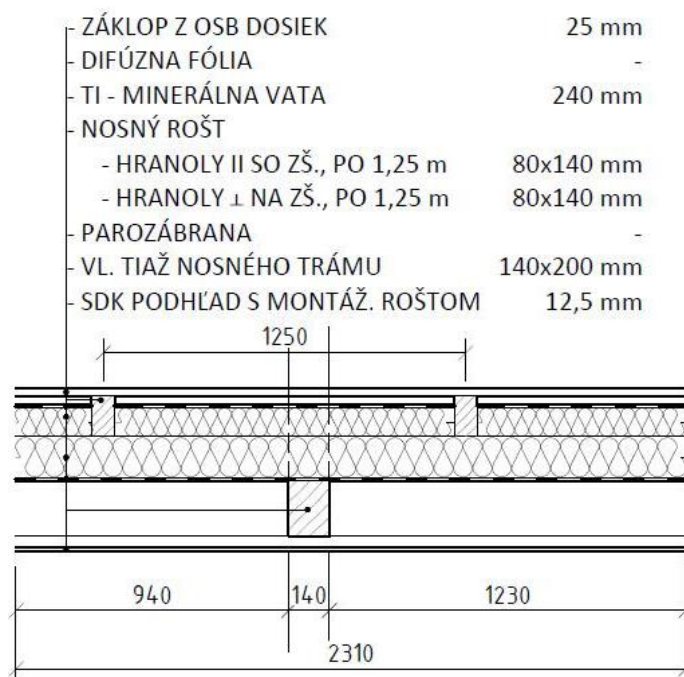
Vlastná tiaž stĺpika:

S1, S2, S5 – S8: $0,14 \cdot 0,14 \cdot 3,75 \cdot 4,2 = 0,31 \text{ kN}$

S3, S4: $0,19 \cdot 0,14 \cdot 3,75 \cdot 4,2 = 0,42 \text{ kN}$

Stĺpik	VL. Tiaž [kN]	Reakcia [kN]	Spolu [kN]
S1	0,31	2,431	2,741
S2	0,31	2,844	3,154
S3	0,42	1,062 – 0,216	1,266
S4	0,42	1,201 + 0,385	2,006
S5	0,31	2,315	2,625
S6	0,31	2,313	2,623
S7	0,31	1,716	2,026
S8	0,31	1,394	1,704

2.1.2 Od stropu nad 2.NP



- Podlaha z OSB hr. 25 mm (záklop):

$$0,025 \cdot 2,310 \cdot 6 = 0,347 \text{ kN/m}$$

- Tepelná izolácia z minerálnej vaty hr. 240 mm:

$$0,24 \cdot 2,310 \cdot 0,13 = 0,071 \text{ kN/m} \cdot 90\% = 0,072 \text{ kN/m}$$

- Nosný rošt záklopu a izolácie:

○ Hranoly roštu v smere zaťažovacej šírky, osovo po 1,25 m → 2 ks:

$$2 \cdot 0,08 \cdot 0,14 \cdot 4,2 = 0,094 \text{ kN}$$

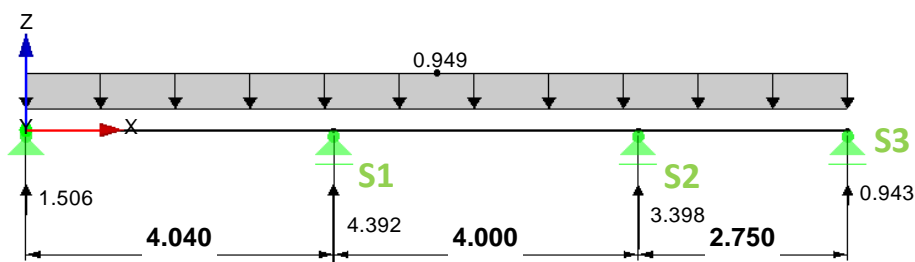
○ Hranoly roštu kolmo na zaťažovaciu šírku:

$$0,08 \cdot 0,14 \cdot 2,31 \cdot 4,2 / 1,25 = 0,087 \text{ kN}$$

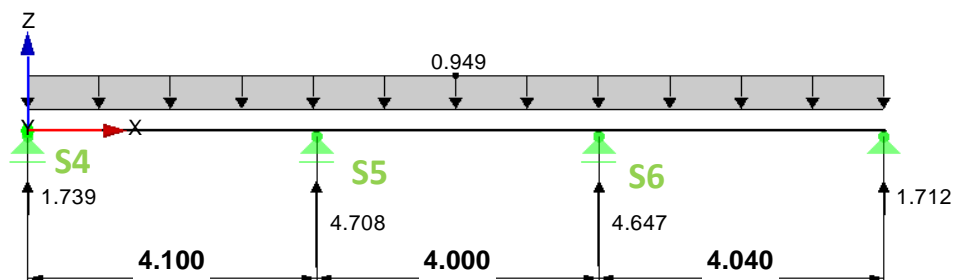
- Celkové zaťaženie od roštu:
 $0,094 + 0,087 = 0,181 \text{ kN/m}$
- SDK podhľad s montážnym roštom: $0,0125 \cdot 2,310 \cdot 8 = 0,231 \text{ kN/m}$
- Nosný trám: $0,14 \cdot 0,2 \cdot 4,2 = 0,118 \text{ kN/m}$

$$\Sigma g_k = 0,949 \text{ kN/m}$$

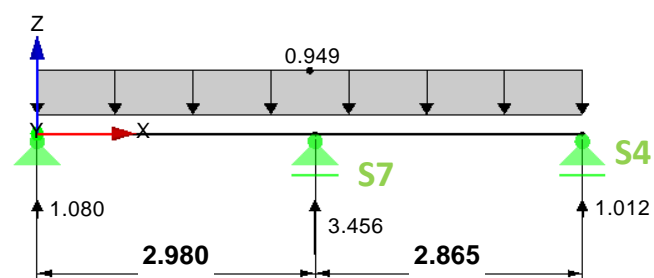
- Nosný trám T1:



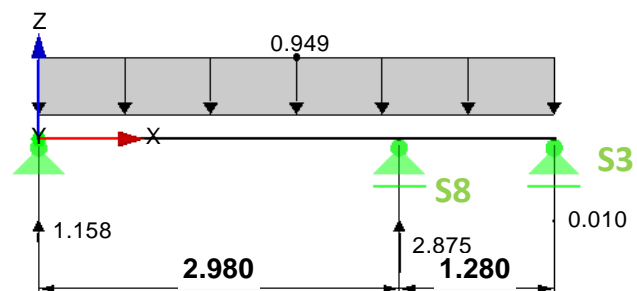
- Nosný trám T2:



- Nosný trám T3:



- Nosný trám T4:

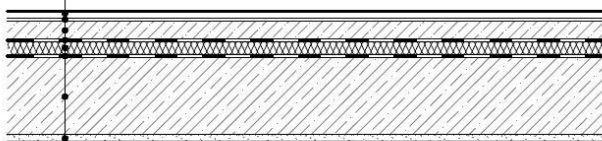


Reakcie do stĺpikov od stropu nad 2.NP

Stĺpik	Reakcia [kN]	Spolu [kN]
S1	4,392	4,392
S2	3,398	3,398
S3	0,943 + 0,010	0,953
S4	1,739 + 1,012	2,751
S5	4,708	4,708
S6	4,674	4,647
S7	3,456	3,456
S8	2,875	2,875

2.1.3 Podlaha a vlastná tiaž dosky D1

- NÁŠĽAPNÁ VRSTVA (DLAŽBA)	10 mm
- SAMONIVELAČNÁ STIERKA	5 mm
- BETÓNOVÁ MAZANINA	55 mm
- PE FÓLIA	0,8 mm
- EPS FLOOR 4000	30 mm
- PE FÓLIA	0,8 mm
- ŽB. STROPNÁ DOSKA	240 mm
- OMIETKA MVC	25 mm



Vrstva	Hrúbka [m]	Objem. Tiaž [kN/m³]	Zaťaženie [kN/m²]
Nášľapná vrstva	0,010	22	0,22
Samo nivelačná stierka	0,005	20	0,10
Betónová mazanina	0,055	24	1,32
PE fólia	0,0008	-	0,004*
EPS floor 4000	0,030	0,15	0,005
PE fólia	0,0008	-	0,004*
ŽB. stropná doska	0,240	25	6,00
Omietka MVC	0,025	20	0,50
Stále celkom g_k			8,153

*hodnota z technického listu materiálu

2.2 PREMENNÉ

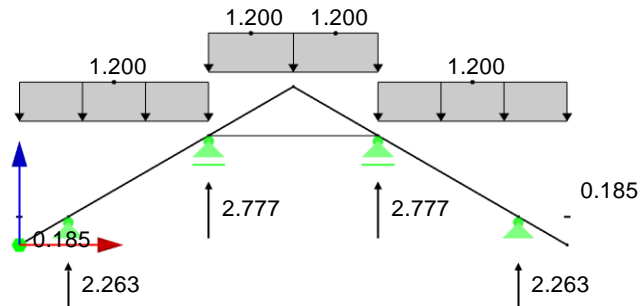
Pre návrhové hodnoty uvažujeme dielčí
súčiniteľ stáleho zaťaženia $\gamma_{G,j} = 1,5$

2.2.1 Sneh

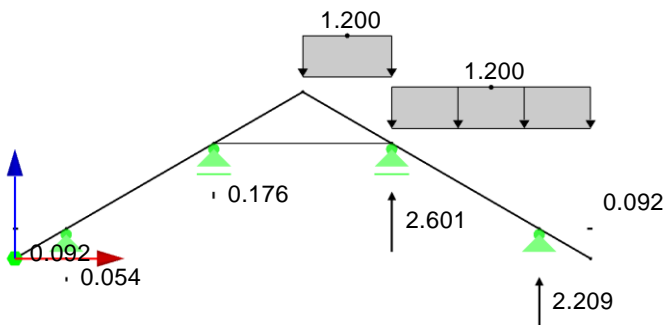
- Charakteristická hodnota zaťaženia snehom na zemi pre Moravské Budějovice → snehová oblasť III → $s_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$
- Tvarový súčiniteľ pre sklon strechy 30° $\mu_1 = 0,8$
- Súčiniteľ expozície, typ krajiny normálny $C_e = 1$
- Tepelný súčiniteľ $C_t = 1$
- Charakteristické zaťaženie snehom: $s = \mu_1 * C_e * C_t * s_k$
 $s = 0,8 * 1 * 1 * 1,5 = 1,2 \text{ kN/m}^2 * 1 \text{ m} = 1,2 \text{ kN/m}$

a) Výpočet reakcií v typických väzbách

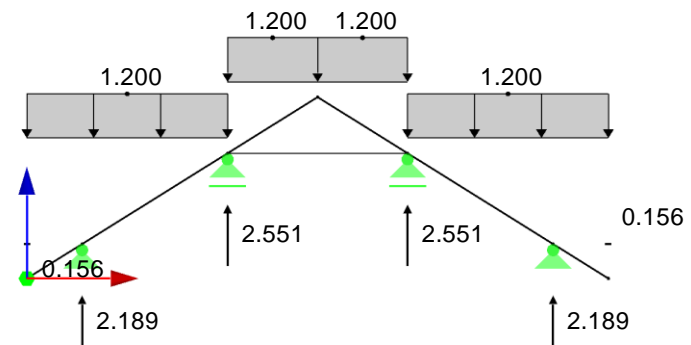
- Väzba „A“ – sneh plný



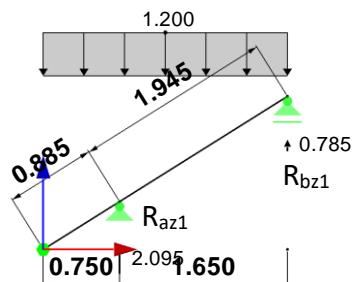
- Väzba „A“ – sneh pravý / ľavý



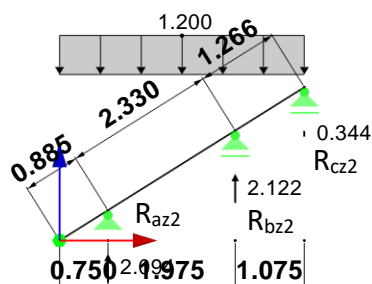
- Väzba „B“ – sneh plný



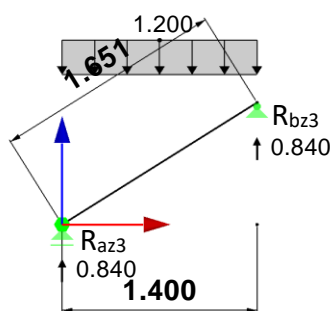
- Typ 1



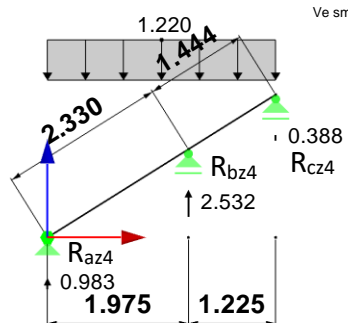
- Typ 2



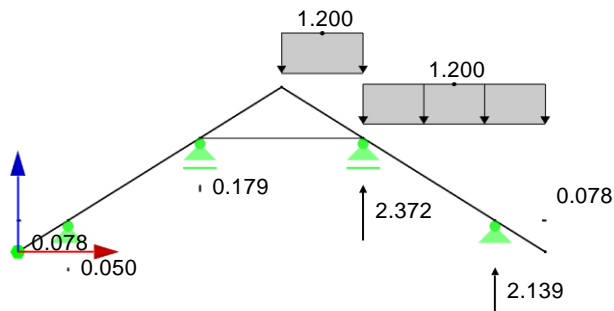
- Typ 3



- Typ 4



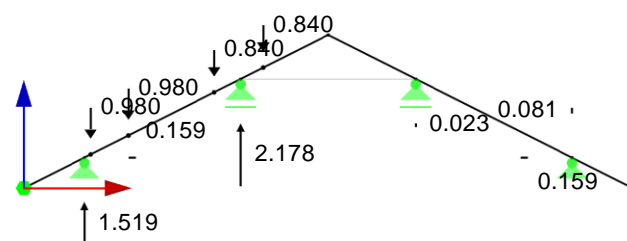
Väzba „B“ – sneh pravý / ľavý



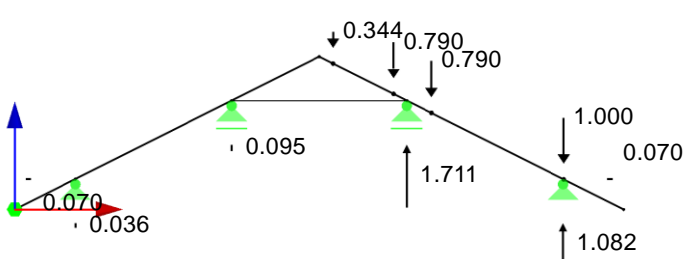
- Reakcie od atypických krokiev:

Typ	Reakcia	Hodnota [kN]
1	R _{az1}	2,095
	R _{bz1}	0,785
2	R _{az2}	2,094
	R _{bz2}	2,122
	R _{cz2}	0,344
3	R _{az3}	0,840
	R _{bz3}	0,840
4	R _{az4}	0,983
	R _{bz4}	2,532
	R _{cz4}	0,388

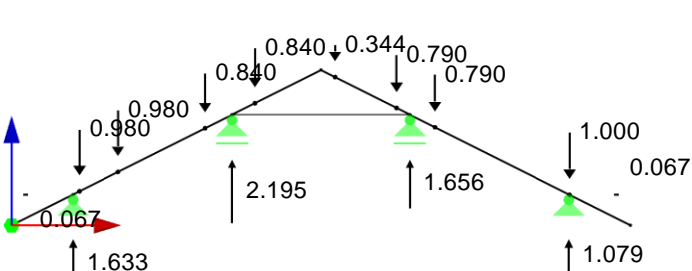
- Väzba „C“ – sneh plný



- Väzba „C“ – sneh pravý



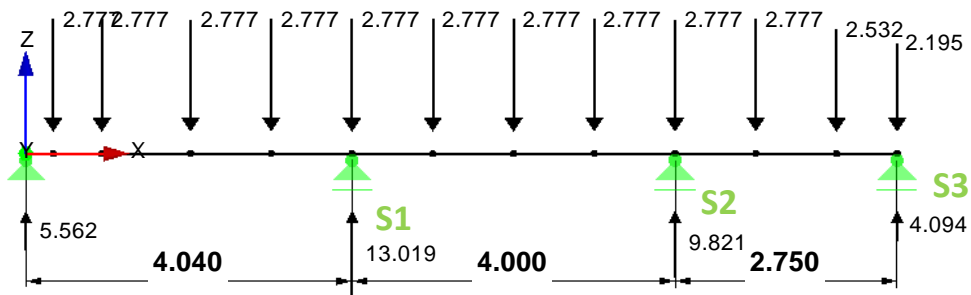
- Väzba „C“ – sneh ľavý



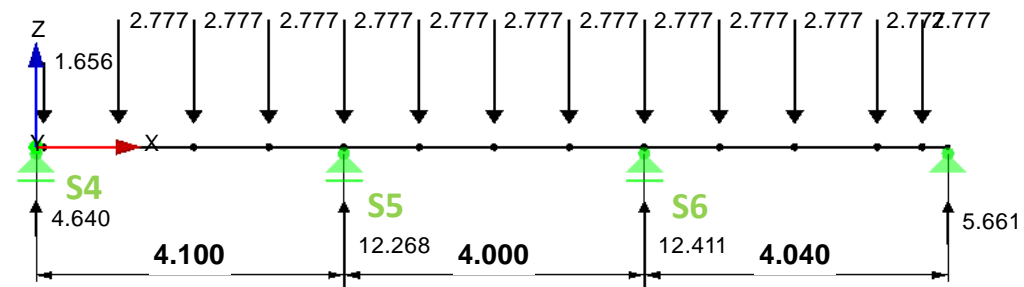
b) Výpočet reakcií od stredových väzníc

Pre výpočet reakcií od väzníc použijeme nepriaznivejšie reakcie od krokiev

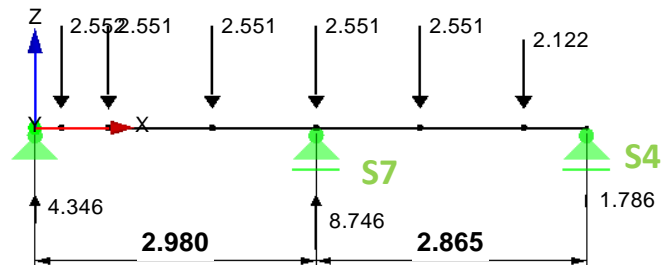
- Väznica V1



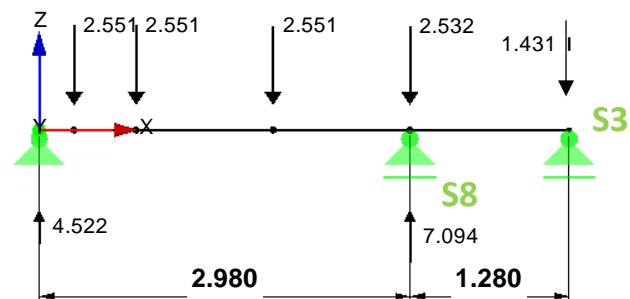
- Väznica V2



- Väznica V3



- Väznica V4



c) Výpočet síl v stĺpikoch

Stĺpik	Reakcia [kN]	Spolu [kN]
S1	13,019	13,019
S2	9,821	9,821
S3	4,094 – 1,431	2,663
S4	4,640 + 1,786	6,426
S5	12,268	12,268
S6	12,411	12,411
S7	8,746	8,764
S8	7,094	7,094

2.2.2 Vietor

- Moravské Budějovice oblast II → $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$
- Základná rýchlosť vetra v_b :

$$v_b = c_{dur} * c_{season} * v_{b,0} = 1 * 1 * 25 = 25$$

- Charakteristická stredná rýchlosť vetra $v_m(z)$ vo výške z nad terénom:

$$v_m(z) = c_r(z) * c_0(z) * v_b = 0,72 * 1 * 25 = 18 \text{ m/s}$$

- $c_0(z) = 1$
- $z_{min} = 5 \text{ m} < z = 8,5 \text{ m} < z_{max} = 200 \text{ m} \rightarrow$
- $c_r(z) = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,2154 * \ln\left(\frac{8,5}{0,3}\right) = 0,72$
- $k_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 * \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,2154$
- Maximálny dynamický tlak $q_p(z)$

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

$$q_p(z) = [1 + 7 * 0,3] * \frac{1}{2} * 1,25 * 18^2 = \mathbf{0,628 \text{ kN/m}^2}$$

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1 * \ln\left(\frac{8,5}{0,3}\right)} = 0,3$$

- Súčiniteľ tlakov a síl $c_{pe,10}$

Uhol sklonu	Oblasť			
	F, G	H	I	J
30°	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	+0,7	+0,4	+0,0	+0,0

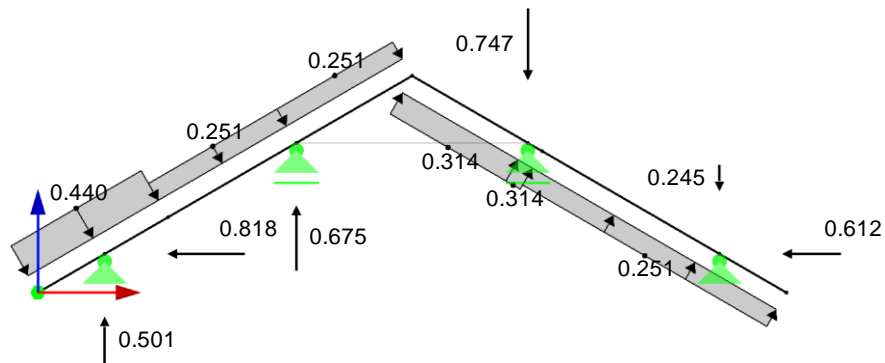
- Výsledný tlak vetra $w_e = q_p(z) * c_{pe,10}$

Oblasť	F, G	H	I	J
w_e	-0,314	-0,126	-0,251	-0,314
	+0,440	+0,251	0,0	0,0

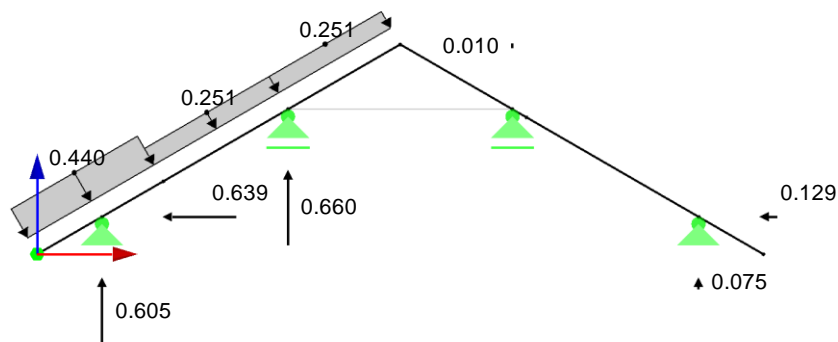
Uvažujeme 4 prípady pôsobenia tlaku vetra, v ktorých najväčšie a najmenšie hodnoty zo všetkých oblastí F, G a H sú kombinované s najväčšími a najmenšími hodnotami v oblastiach I a J. Pritom na rovnakej strane nemôžeme použiť súčasne kladné aj záporné (tlak a satie) hodnoty. V dvoch kombináciách tak vznikne priaznivý účinok satia. Keďže sa nezoberáme dimenzovaním prvkov krovu, s týmito kombináciami neuvažujeme.

Väzba „A“:

a) K1

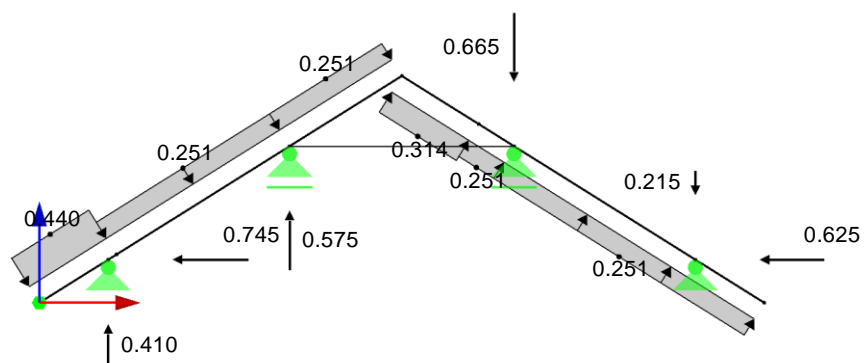


b) K2

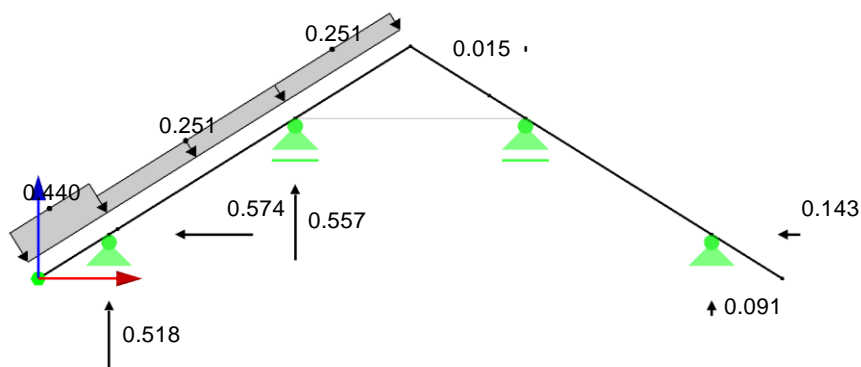


Väzba „B“:

a) K1



b) K2

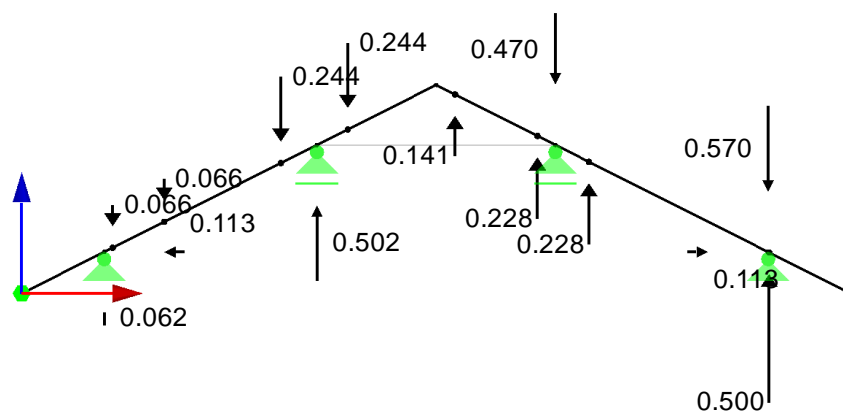


Väzba „C“:

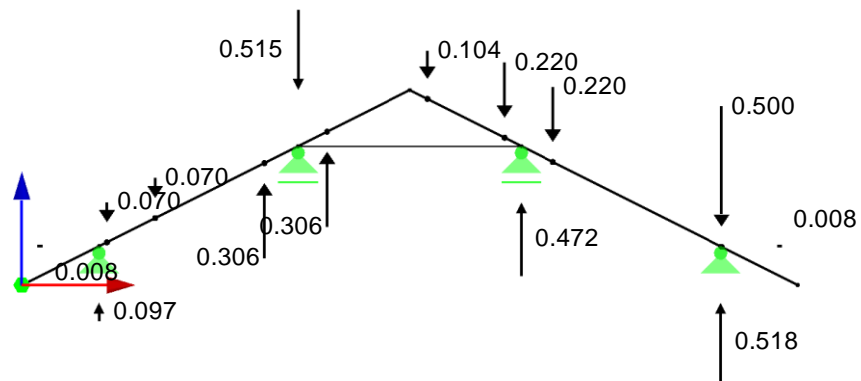
- Reakcie od atypických krokiev

Typ	Reakcia	Účinok	
		Tlak	Satie
1	R_{az1}	0,652	-0,374
	R_{bz1}	0,220	-0,228
2	R_{az2}	0,516	-0,201
	R_{bz2}	0,604	-0,702
	R_{cz2}	0,104	-0,141
3	R_{az3}	0,244	-0,306
	R_{bz3}	0,107	-0,134
4	R_{az4}	0,066	0,070
	R_{bz4}	0,802	-0,804
	R_{cz4}	0,091	-0,159

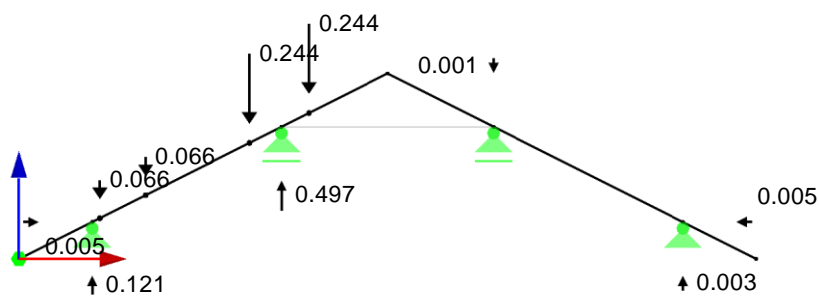
a) K1 vietor zľava



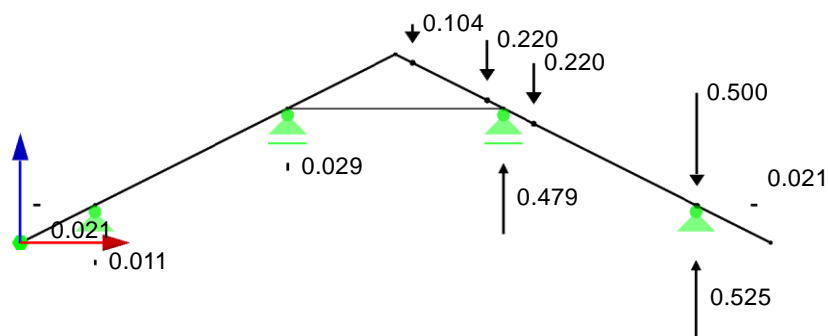
b) K1 vietor sprava



c) K2 vietor zľava



d) K2 vietor sprava

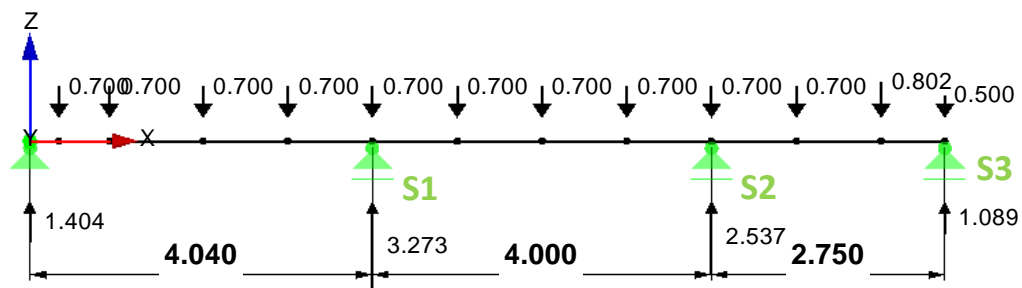


So zaťažením od vetra budeme uvažovať v dvoch zaťažovacích stavoch – a to s reakciami do stĺpikov od nepriaznivejšej kombinácie K2, pričom v prvom zaťažovacom stave uvažujeme vietor pôsobiaci zľava, v druhom zaťažovacom stave vietor sprava.

Výpočet reakcií do stĺpikov:

a) Vietor zľava:

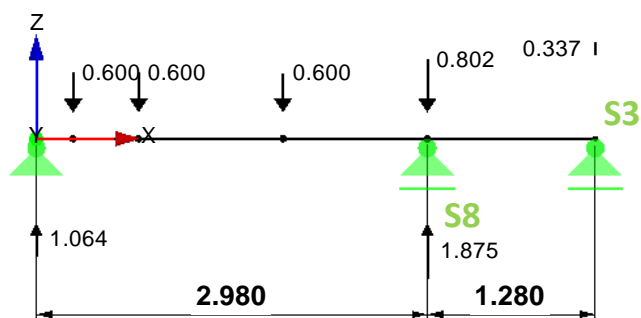
- Vážnica V1:



- Vážnica V2: \emptyset

- Vážnica V3: \emptyset

- Vážnica V4:

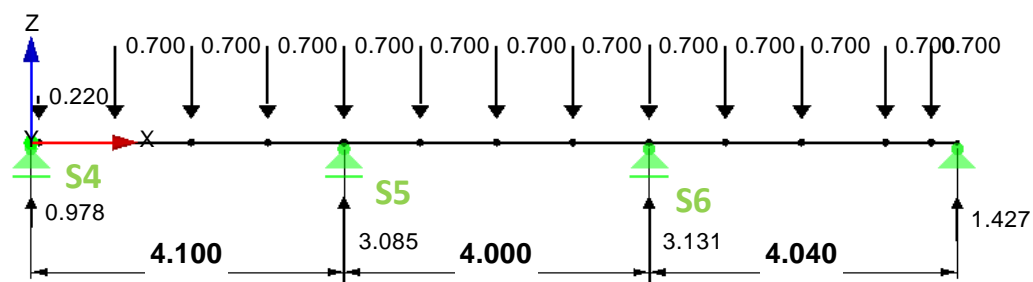


- Reakcie do stĺpikov:

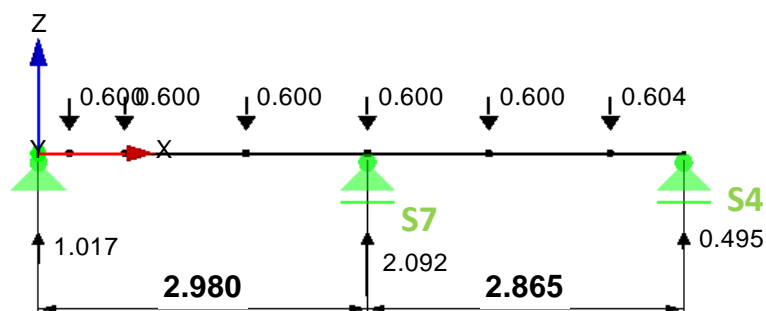
Stĺpik	Reakcia [kN]	Spolu [kN]
S1	3,273	3,273
S2	2,537	2,537
S3	1,089 - 0,337	0,752
S4	0	0
S5	0	0
S6	0	0
S7	0	0
S8	1,875	1,875

b) Vietor sprava:

- Vážnica V1: \emptyset
- Vážnica V2:



- Vážnica V3:



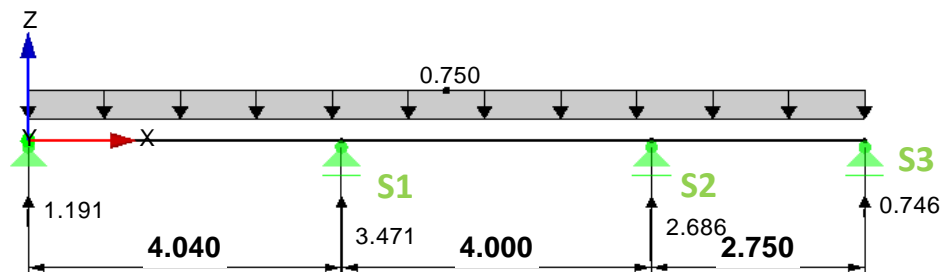
- Vážnica V4: \emptyset
- Reakcie do stĺpikov:

Stĺpik	Reakcia [kN]	Spolu [kN]
S1	0	0
S2	0	0
S3	0	0
S4	0,978 + 0,495	1,473
S5	3,085	3,085
S6	3,131	3,131
S7	2,092	2,092
S8	0	0

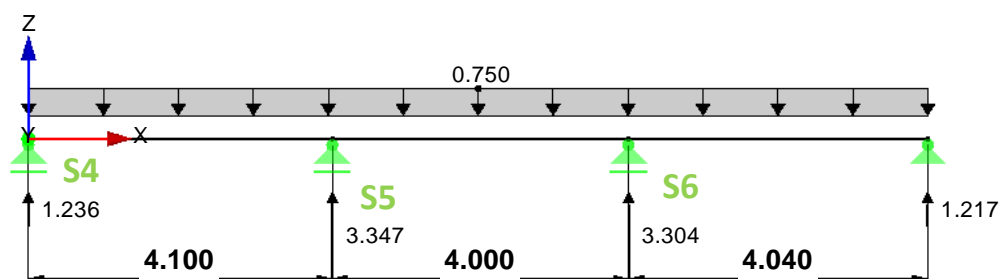
2.2.3 Úžitkové od stropu nad 2.NP

Priestor bude využitý ako nevykurovaný pôjd – hodnota úžitkového zaťaženia $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$

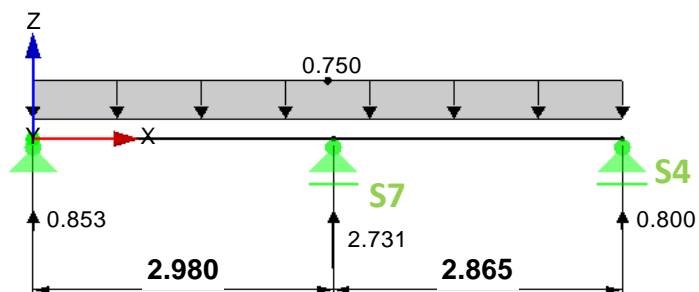
- Nosný trám T1:



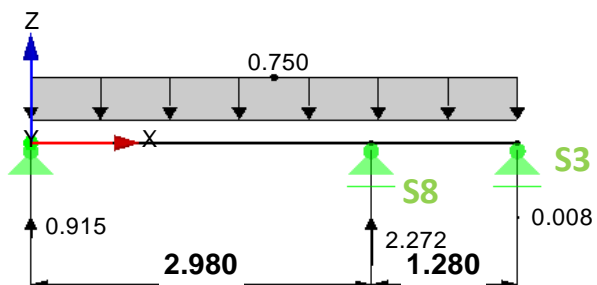
- Nosný trám T2:



- Nosný trám T3:



- Nosný trám T4:



- Reakcie od úžitkového zaťaženie stropu 2.NP

Stípič	Reakcia [kN]	Spolu [kN]
S1	3,471	3,471
S2	2,686	2,686
S3	0,746 + 0,008	0,754
S4	1,236 + 0,800	2,036
S5	3,347	3,347
S6	3,304	3,304
S7	2,731	2,731
S8	2,272	2,272

2.2.4 Úžitkové na dosku D1

Kategória zaťažovacích plôch A → úžitkové zaťaženie na stropné konštrukcie $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$

2.2.5 Od priečok

- Hmotnosť priečok vrátane omietok uvádzaná výrobcom: $141 \text{ kg/m}^2 = 1,41 \text{ kN/m}^2$
- Výška priečok: 2,75 m
- Celková dĺžka priečok: D1 → 16,4 m, D2 → 7,1 m, D3 → 3,1 m
- Rezerva v prípade zmien: 25%
- Plocha dosky D1: $46,9 \text{ m}^2$
- Plocha dosky D2: $23,9 \text{ m}^2$
- Plocha dosky D3: $20,3 \text{ m}^2$
- Plošné zaťaženie priečkami:

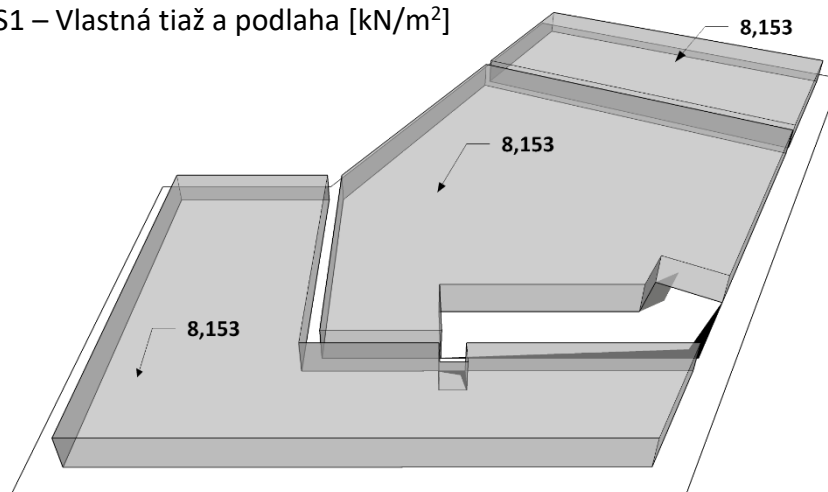
$$q_{k,D1} = 1,41 \times 2,75 \times 16,4 \times 1,25 / 46,9 = 1,7 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{k,D2} = 1,41 \times 2,75 \times 7,1 \times 1,25 / 23,9 = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

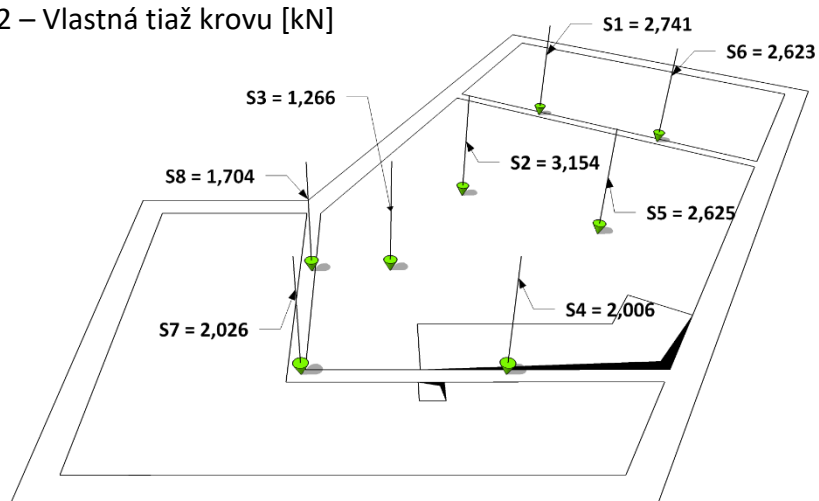
$$q_{k,D3} = 1,41 \times 2,75 \times 3,1 \times 1,25 / 20,3 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

2.3 ZAŤAŽOVACIE STAVY

- ZS1 – Vlastná tiaž a podlaha [kN/m²]

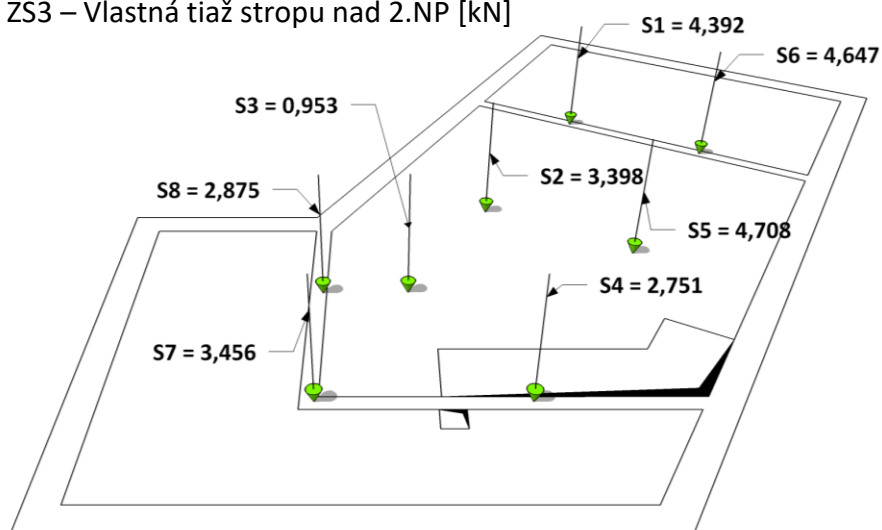


- ZS2 – Vlastná tiaž krovu [kN]



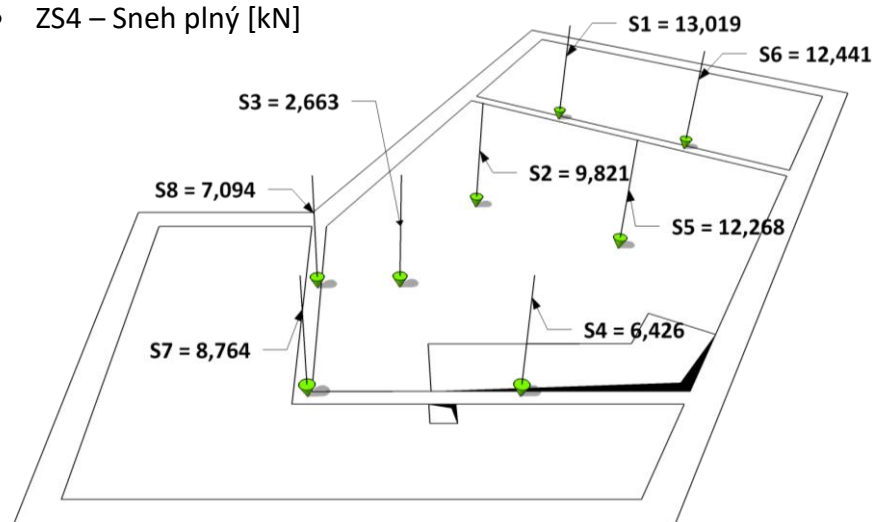
Prepočet na plošné zaťaženie: $q_{k2} = (3,154 + 1,266 + 2,625) / 46,9 = 0,150 \text{ kNm}^2$

- ZS3 – Vlastná tiaž stropu nad 2.NP [kN]



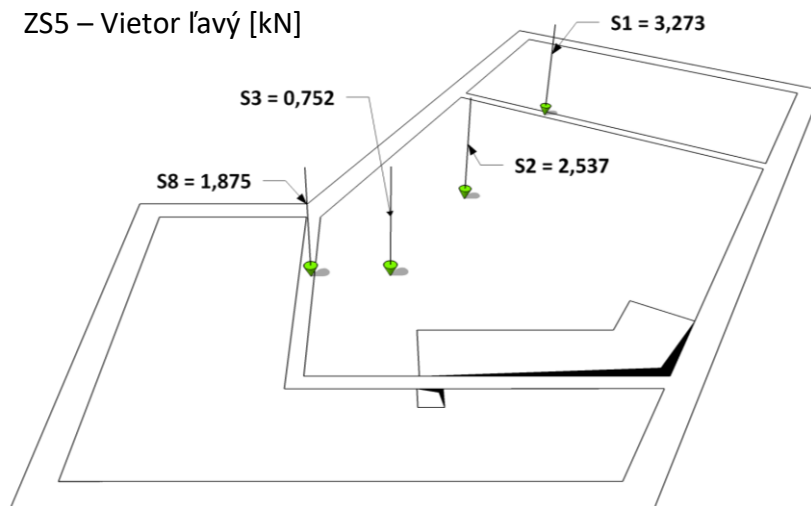
Prepočet na plošné zaťaženie: $q_{k3} = (3,398 + 0,953 + 4,708) / 46,9 = 0,193 \text{ kNm}^2$

- ZS4 – Sneh plný [kN]



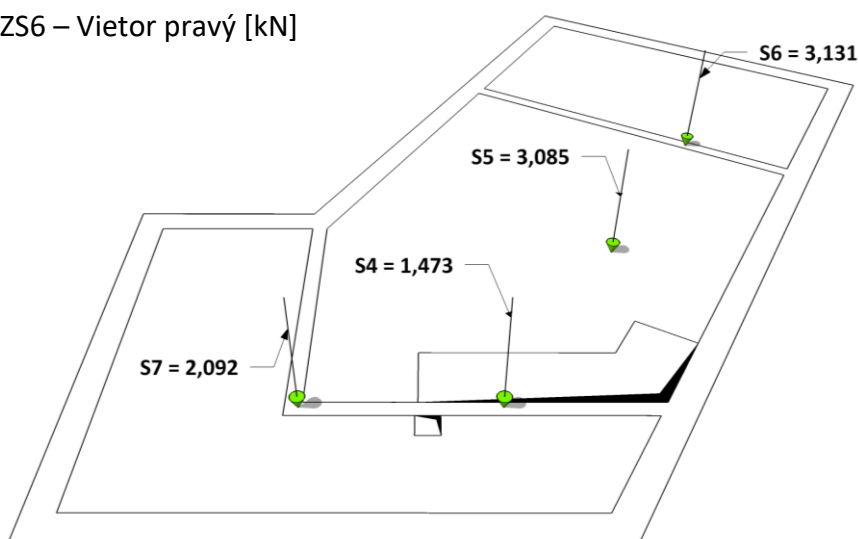
Prepočet na plošné zaťaženie: $q_{k4} = (9,821 + 2,663 + 12,268) / 46,9 = \mathbf{0,528 \text{ kNm}^2}$

- ZS5 – Vietor ľavý [kN]



Prepočet na plošné zaťaženie: $q_{k5} = (2,537 + 0,752) / 46,9 = \mathbf{0,070 \text{ kNm}^2}$

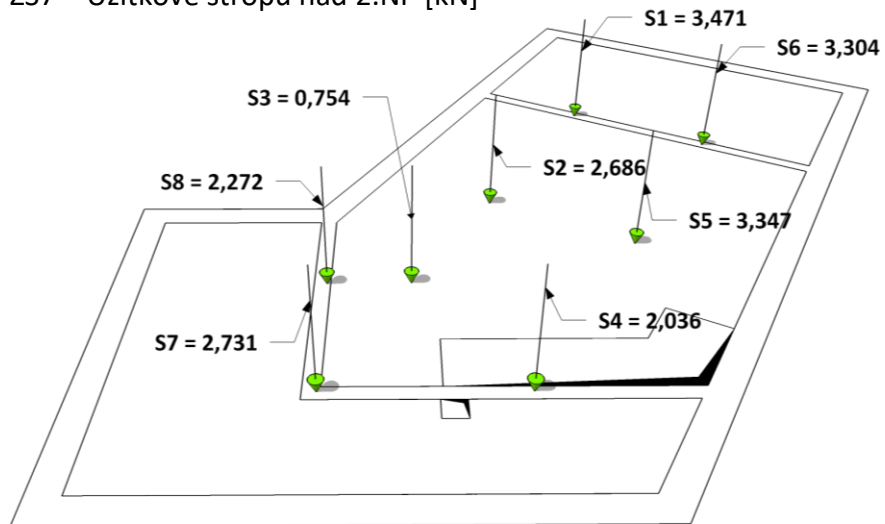
- ZS6 – Vietor pravý [kN]



Prepočet na plošné zaťaženie: $q_{k6} = 3,085 / 46,9 = \mathbf{0,066 \text{ kNm}^2}$

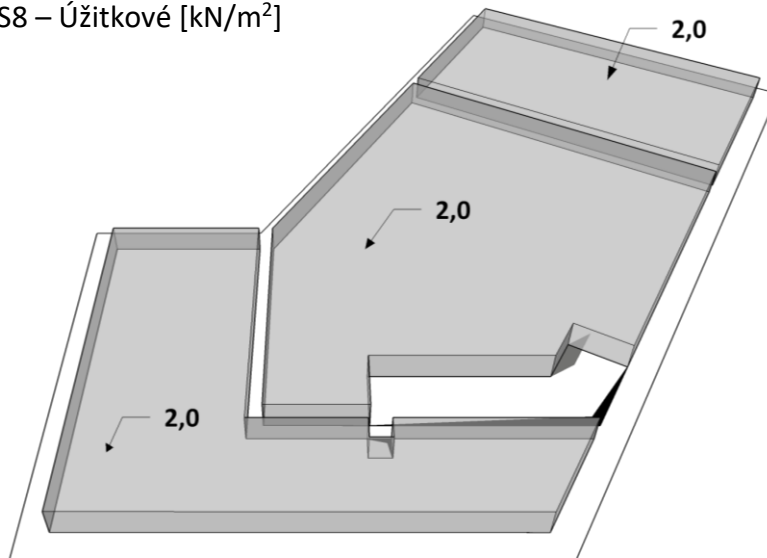
Tento zaťažovací stav v ručných výpočtoch neuvažujeme, keďže je menší ako ZS5 a vietor môže pôsobiť na konštrukciu len z jednej strany súčasne.

- ZS7 – Úžitkové stropu nad 2.NP [kN]

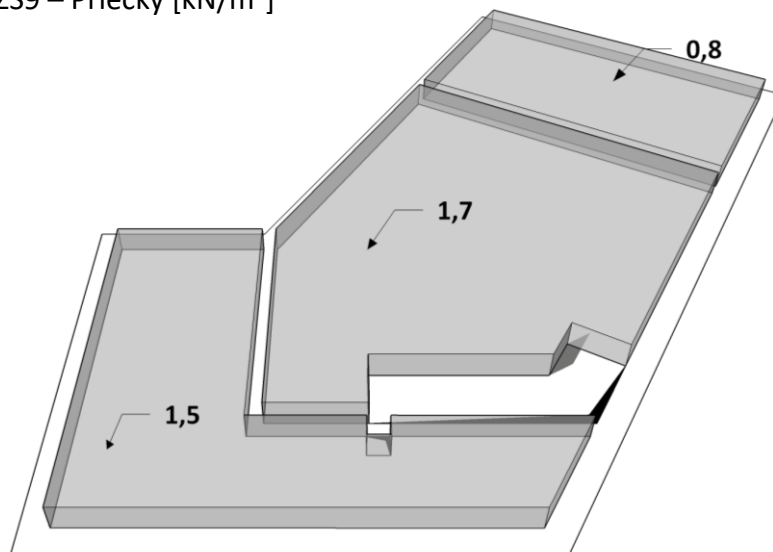


Prepočet na plošné zaťaženie: $q_{k7} = (2,686 + 0,754 + 3,347) / 46,9 = 0,145 \text{ kNm}^2$

- ZS8 – Úžitkové [kN/m²]



- ZS9 – Priečky [kN/m²]



Zaťaženie na dosku D1:

Zaťaž. stav	Hodnota [kN/m ²]
ZS1	8,153
ZS2	0,150
ZS3	0,193
ZS4	0,528
ZS5	0,070
ZS7	0,145
ZS8	2,0
ZS9	1,7

2.4 KOMBINÁCIE

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10)$$

$$1,35 \times (8,153 + 0,15 + 0,193) + 1,5 \times (2,0 + 0,5 \times 0,528 + 0,6 \times 0,070 + 0,7 \times 0,145 + 0,7 \times 1,7) = \mathbf{16,87 \text{ kN/m}^2}$$

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10a)$$

$$1,35 \times (8,153 + 0,15 + 0,193) + 1,5 \times (0,7 \times 2,0 + 0,5 \times 0,528 + 0,6 \times 0,070 + 0,7 \times 0,145 + 0,7 \times 1,7) = 15,97 \text{ kN/m}^2$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10b)$$

$$1,35 \times 0,85 \times (8,153 + 0,15 + 0,193) + 1,5 \times (2,0 + 0,5 \times 0,528 + 0,6 \times 0,070 + 0,7 \times 0,145 + 0,7 \times 1,7) = 14,57 \text{ kN/m}^2$$

Návrhová hodnota zaťaženia pre ručný výpočet

$f_d = 16,87 \text{ kN/m}^2$

3.1.2 Výpočet ohybových momentov

1) Návrh hrúbky dosky h_s

Proste podopretá doska:

$$\left(\frac{1}{35} \sim \frac{1}{25}\right) L_{n,y} = (186 \sim 260) \text{ mm}$$

$$\left(\frac{1}{75} \sim \frac{1}{55}\right) (L_{n,x} + L_{n,y}) = (197 \sim 269) \text{ mm}$$

Minimálne:

$$\frac{1}{75} (L_{n,x} + L_{n,y}) = 197 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow h_s = 240 \text{ mm}$$

2) Teoretické rozpätie

- Rozmery vid'. pôdorys modelu
- Teoretické rozpätie:
 $l_{eff,x} = 1,785 + 6,500 + 0,125 = 8,410 \text{ m}$
 $l_{eff,y} = 0,120 + 6,500 + 0,120 = 6,740 \text{ m}$
- Zaťaženie: $f_d = 16,87 \text{ kN/m}^2$

3) Metóda náhradných nosníkov – rozdelenie zaťaž.

- Rozdelenie zaťaženia: $f_d = f_{dx} + f_{dy}$
- Rozdeľovací súčiniteľ C_x
 $f_{dx} = f_d \times C_x$ a $f_{dy} = f_d - f_{dx} = f_d \times (1 - C_x)$
- Pri výpočte C_x vychádzame z rovnosti priehybov v rovnakom bode v oboch smeroch: $f_{m,x} = f_{m,y}$
- Výpočet:

$$\frac{2}{384} \frac{f_{dx} \times l_{eff,x}^4}{EI} = \frac{5}{384} \frac{f_{dy} \times l_{eff,y}^4}{EI}$$

$$2f_d \times C_x \times l_{eff,x}^4 = 5f_d \times (1 - C_x) \times l_{eff,y}^4$$

$$2C_x \times 8,41^4 = 5 \times 6,74^4 - 5C_x \times 6,74^4$$

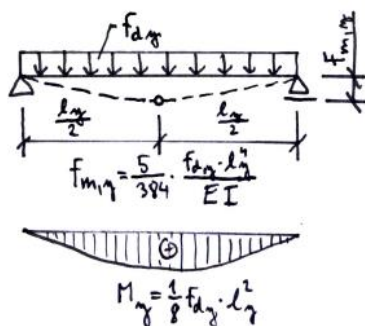
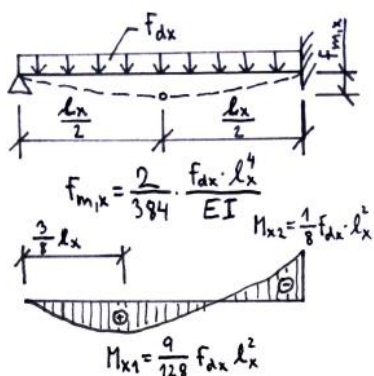
$$10004,928C_x = 10318,334 - 10318,334C_x$$

$$20323,262C_x = 10318,334$$

$$C_x = 0,508$$

$$f_{dx} = 16,87 \times 0,508 = 8,57 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{dy} = 16,87 \times (1 - 0,508) = 8,30 \text{ kN/m}^2$$



4) Výpočet dimenzačných momentov

- Medzipodporové momenty budeme vďaka vplyvu krútiaceho momentu redukovať experimentálne zisteným súčiniteľom χ podľa Hrubana:

$$\chi = \frac{5 l_{eff,x}^2 \times l_{eff,y}^2}{6 l_{eff,x}^4 + l_{eff,y}^4} = \frac{5 \cdot 8,41^2 \times 6,74^2}{6 \cdot 8,41^4 + 6,74^4} = 0,379$$

Redukujeme podľa typu podopretia náhradného nosníka:

- proste podopretý na oboch okrajoch bude vypočítaný moment redukovaný hodnotou $(1 - \chi) = 0,62$
- na jednej strane proste a na druhej votknutý bude vypočítaný moment redukovaný hodnotou $\left(1 - \frac{2}{3}\chi\right) = 0,75$

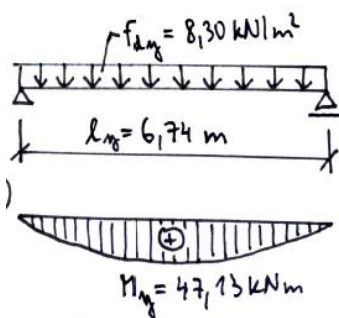
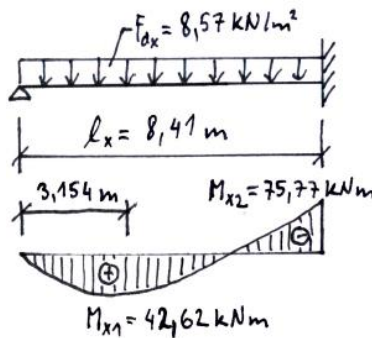
$$M_{x1} = 9/128 \times 8,57 \times 8,41^2 = 42,62 \text{ kNm}$$

$$M_{x1,red} = 0,75 \times 42,62 = \mathbf{31,97 \text{ kNm}}$$

$$M_{x2} = 1/8 \times 8,57 \times 8,41^2 = \mathbf{75,77 \text{ kNm}}$$

$$M_y = 1/8 \times 8,30 \times 6,74^2 = 47,13 \text{ kNm}$$

$$M_{y,red} = 0,62 \times 47,13 = \mathbf{29,22 \text{ kNm}}$$



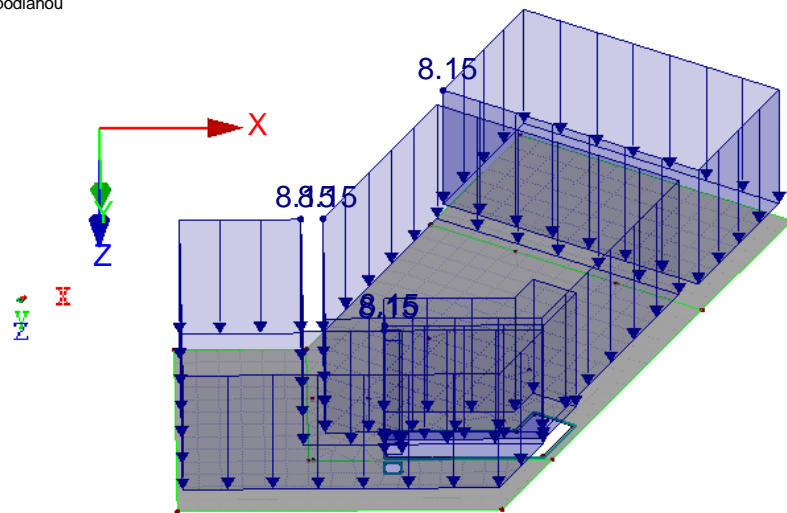
3.2 VÝPOČET METODOU KONEČNÝCH PRVKOV

Pre tento výpočet sme použili program RFEM ktorý počíta vnútorné sily metódou konečných prvkov.

3.2.1 Zatažovacie stavy

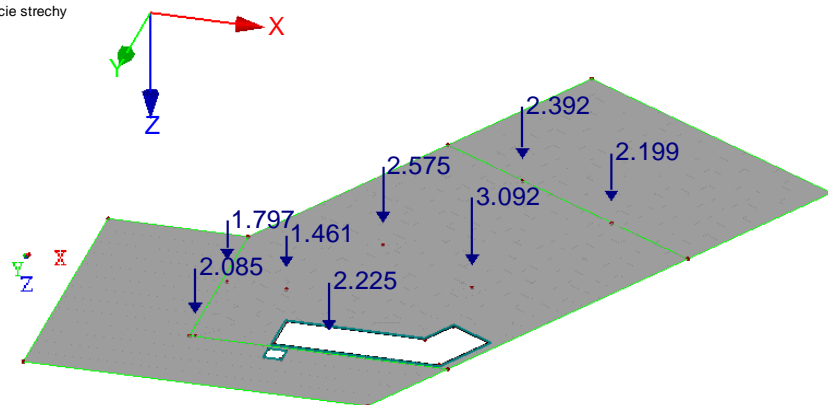
- ZS1 – Vlastná tiaž s podlahou [kN/m²]

ZS 1: Vlastná tiaž s podlahou
Zatížení [kN/m²]



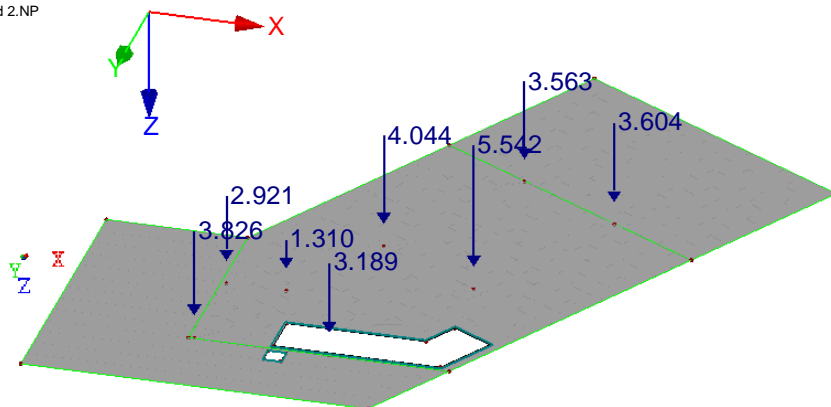
- ZS2 – Vlastná tiaž krovy [kN]

ZS 2: Tiaž konštrukcie strechy
Zatížení [kN]



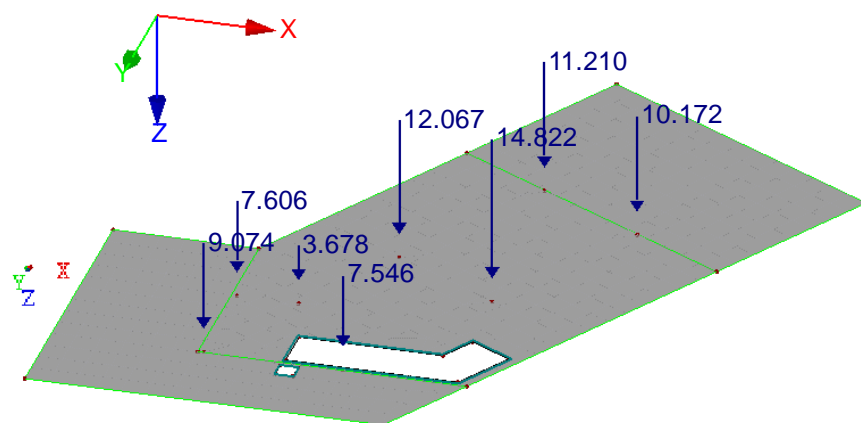
- ZS3 – Vlastná tiaž stropu nad 2.NP [kN]

ZS 3: Tiaž stropu nad 2.NP
Zatížení [kN]



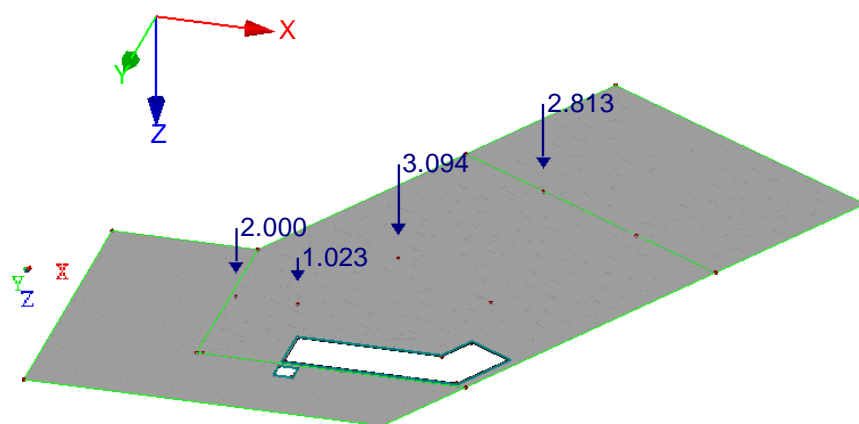
- ZS4 – Sneh plný [kN]

ZS 4: Sneh
Zatížení [kN]



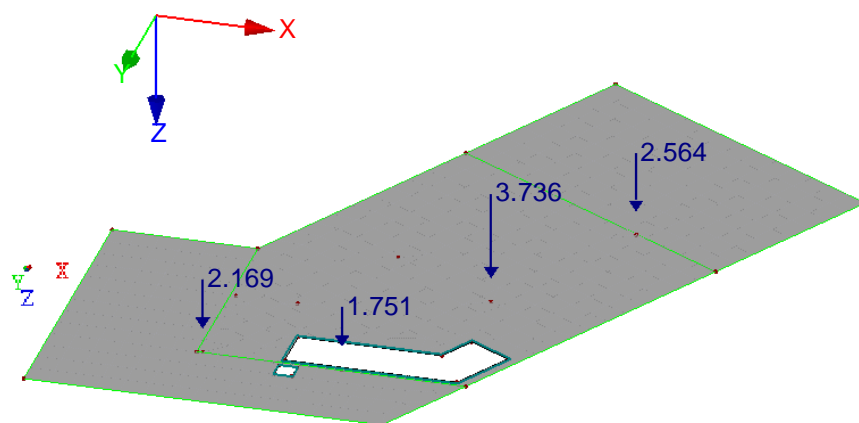
- ZS5 – Vietor ľavý [kN]

ZS 5: Vietor ľavý
Zatížení [kN]



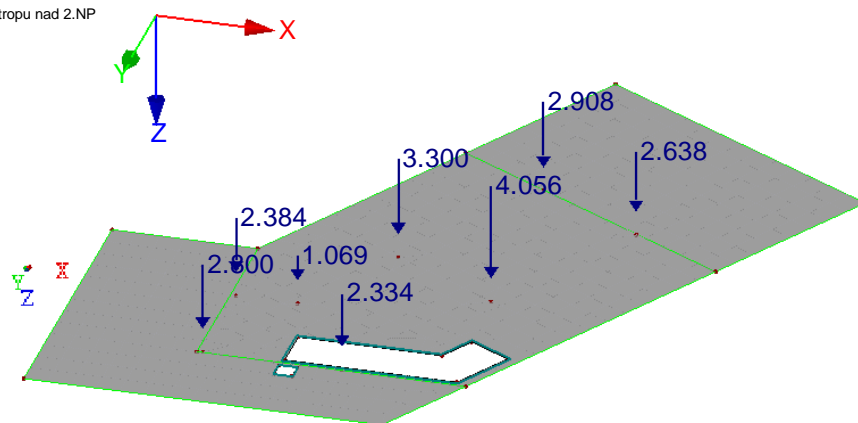
- ZS6 – Vietor pravý [kN]

ZS 6: Vietor pravý
Zatížení [kN]



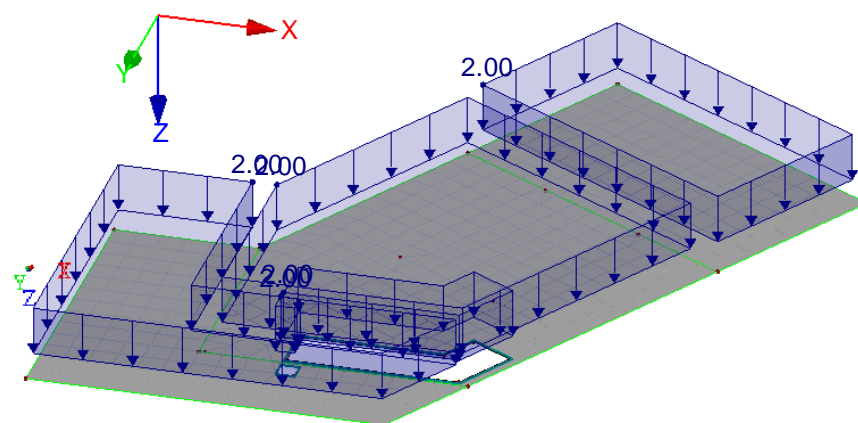
- ZS7 – Úžitkové od stropu 2.NP [kN]

ZS 7: Úžitkové od stropu nad 2.NP
Zatížení [kN]



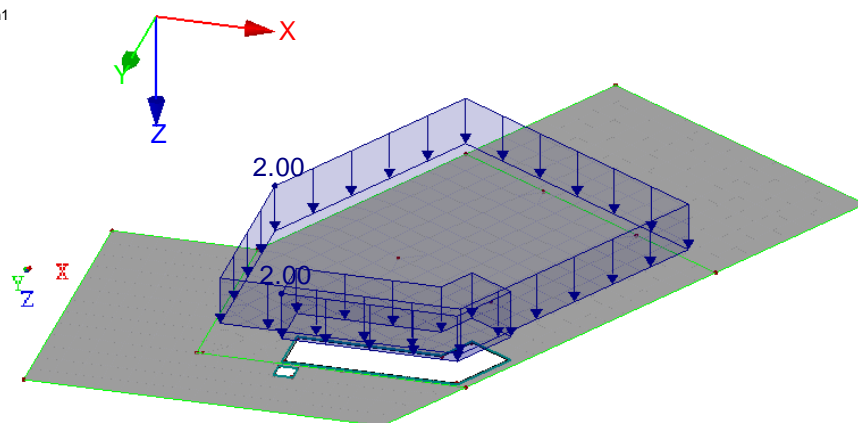
- ZS8 – Úžitkové [kN/m²]

ZS 8: Úžitkové
Zatížení [kN/m²]



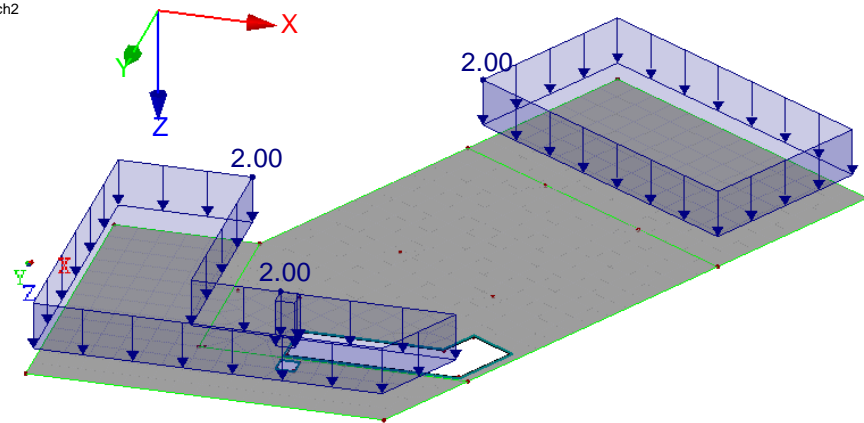
- ZS9 – Úžitkové šach 1 [kN/m²]

ZS 9: Úžitkové šach1
Zatížení [kN/m²]



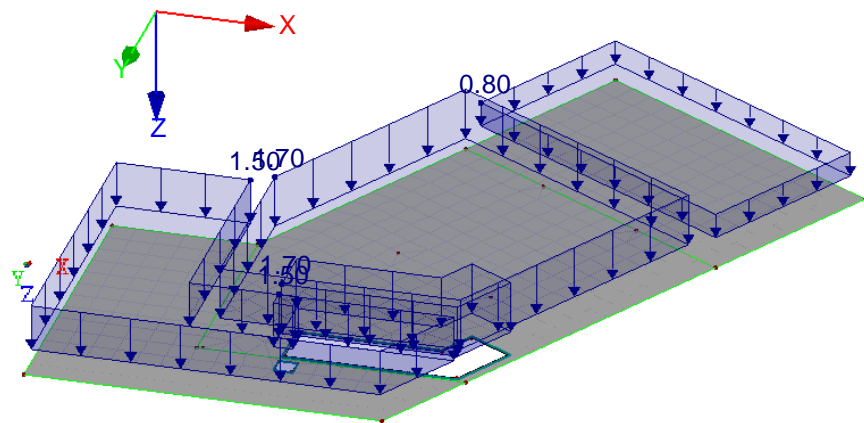
- ZS10 – Úžitkové šach 2 [kN/m²]

ZS 10: Úžitkové šach2
Zatížení [kN/m²]



- ZS11 – Priečky [kN/m²]

ZS 11: Priečky
Zatížení [kN/m²]



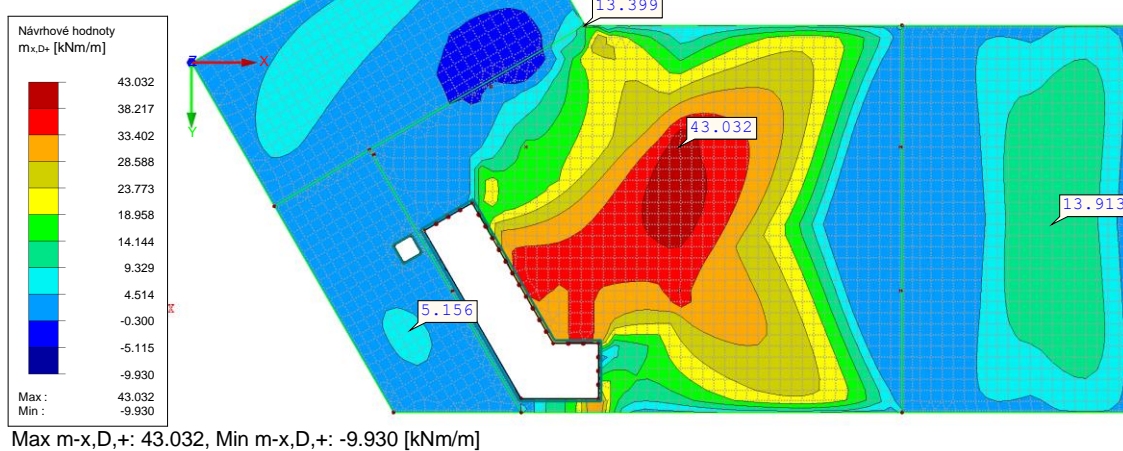
3.2.2 Priebeh vnútorných síl

Lokálne súradnicové systémy dosiek D1 a D2 sú pootočené o uhol 60° oproti lokálnym súradnicovým systémom dosiek D3 a D4. Preto sme vnútorné sily zisťovali z dvoch rôzne natočených modelov:

1. Globálny súradnicový systém zhodný s lokálnymi súradnicovými systémami dosiek D1 a D2:

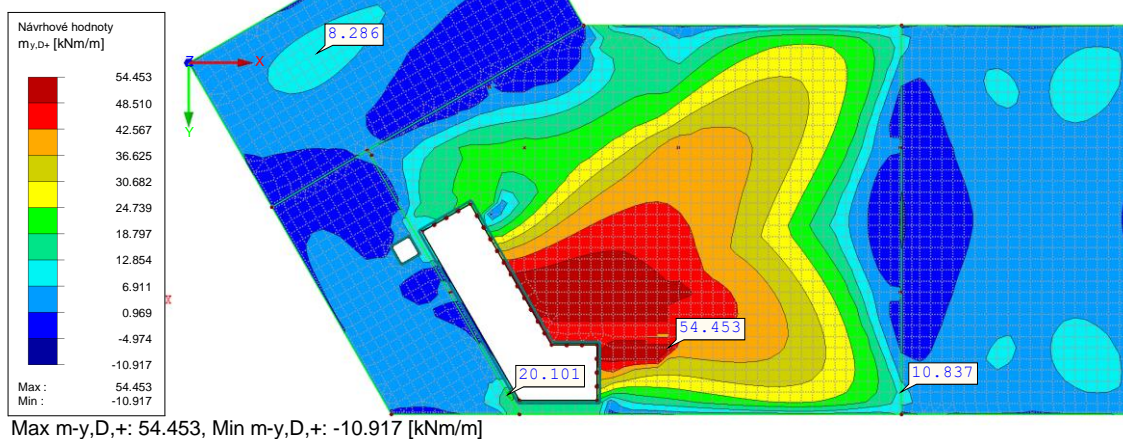
- $m_{x,D,+}$

KV 27: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10
Návrhové vnútorné sily $m_{x,D,+}$
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty
Hodnoty: $m_{x,D,+}$ [kNm/m]



- $m_{y,D,+}$

KV 27: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10
Návrhové vnútorné sily $m_{y,D,+}$
Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty
Hodnoty: $m_{y,D,+}$ [kNm/m]



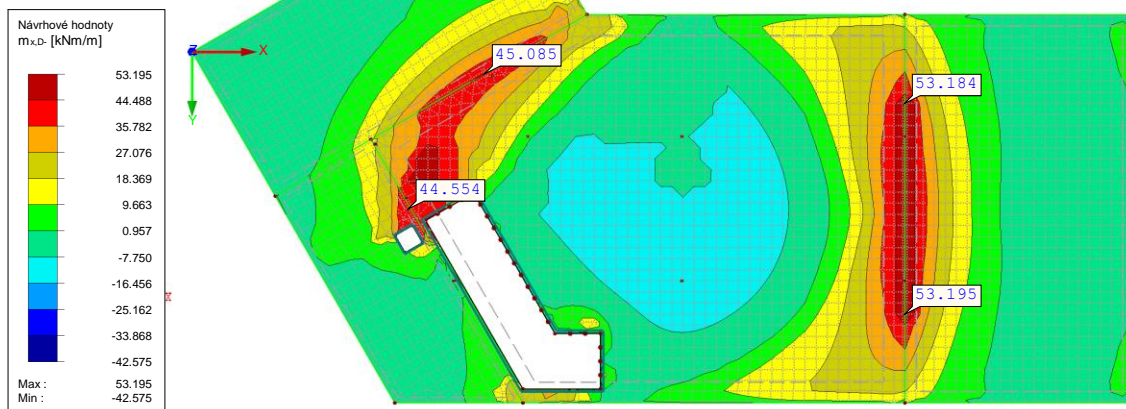
- $m_{x,D,-}$

KV 27: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/doěasná - rovn. 6.10

Návrhové vnitřní síly $m_{x,D,-}$

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Hodnoty: $m_{x,D,-}$ [kNm/m]



Max $m_{x,D,-}$: 53.195, Min $m_{x,D,-}$: -42.575 [kNm/m]

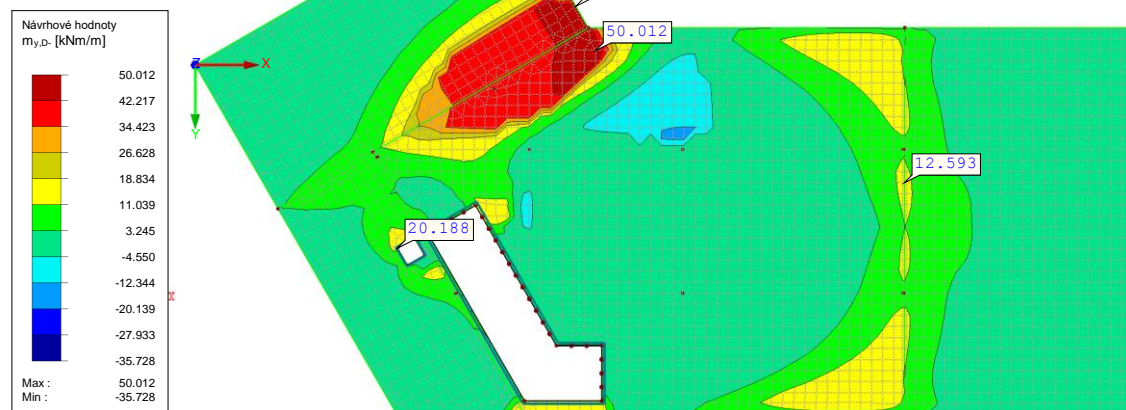
- $m_{y,D,-}$

KV 27: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/doěasná - rovn. 6.10

Návrhové vnitřní síly $m_{y,D,-}$

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Hodnoty: $m_{y,D,-}$ [kNm/m]



Max $m_{y,D,-}$: 50.012, Min $m_{y,D,-}$: -35.728 [kNm/m]

2. Globálny súradnicový systém zhodný s lokálnymi súradnicovými systémami dosiek D3 a D4:

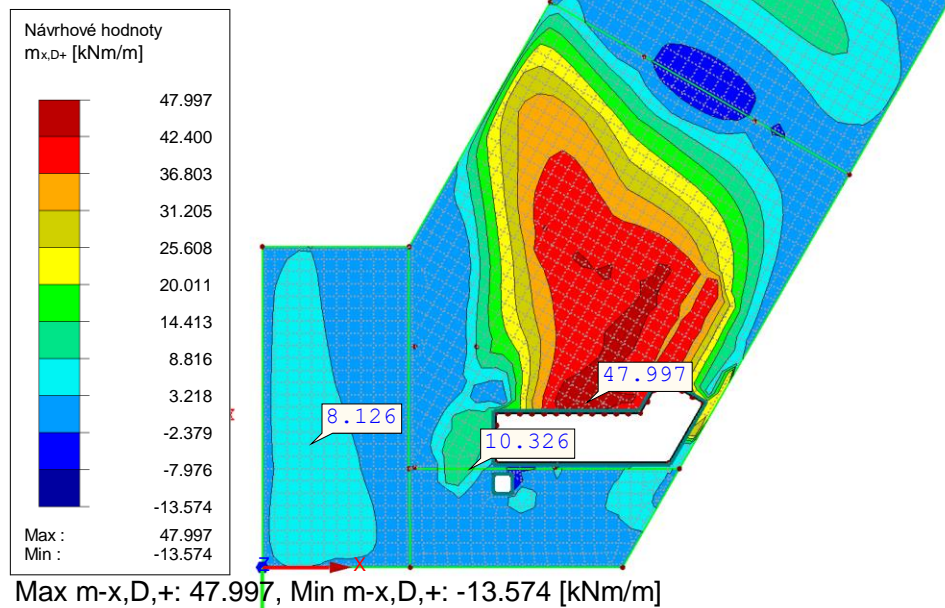
• $m_{x,D,+}$

KV 27: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10

Návrhové vnútorné sily $m_{x,D,+}$

Kombinácia výsledkov: Max. a min. hodnoty

Hodnoty: $m_{x,D,+}$ [kNm/m]



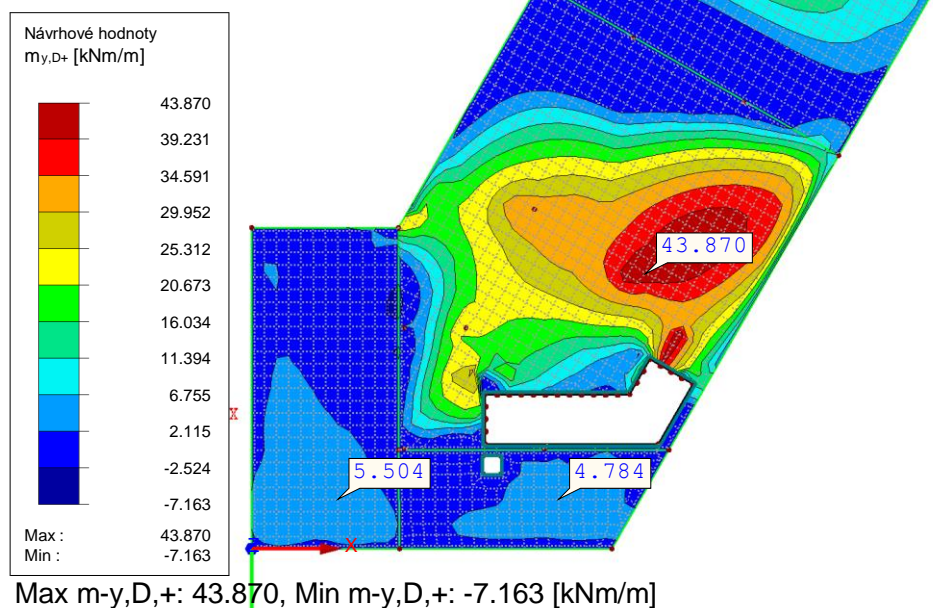
• $m_{y,D,+}$

KV 27: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10

Návrhové vnútorné sily $m_{y,D,+}$

Kombinácia výsledkov: Max. a min. hodnoty

Hodnoty: $m_{y,D,+}$ [kNm/m]



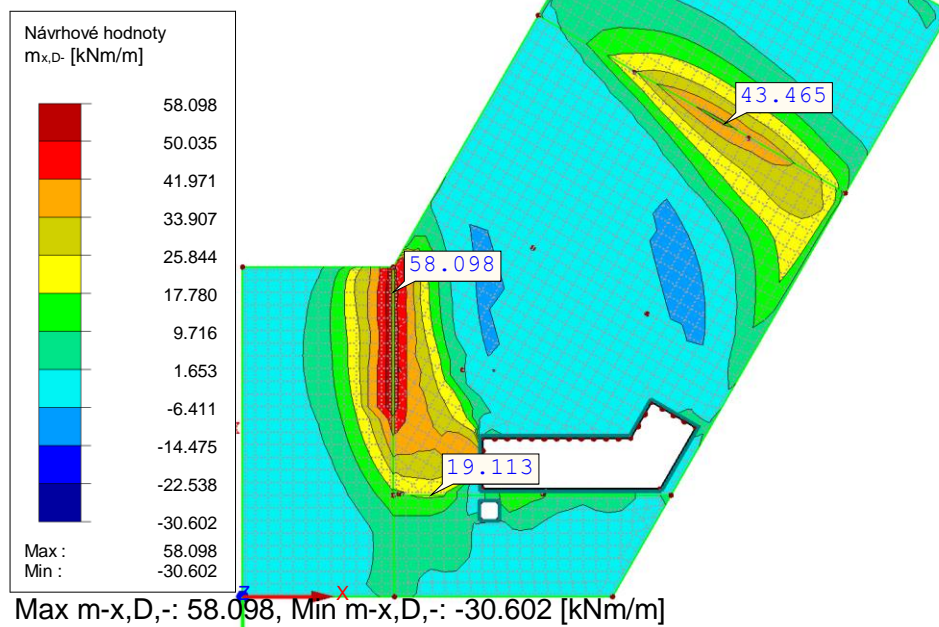
- $m_{x,D,-}$

KV 27: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10

Návrhové vnitřní síly $m_{x,D,-}$

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Hodnoty: $m_{x,D,-}$ [kNm/m]



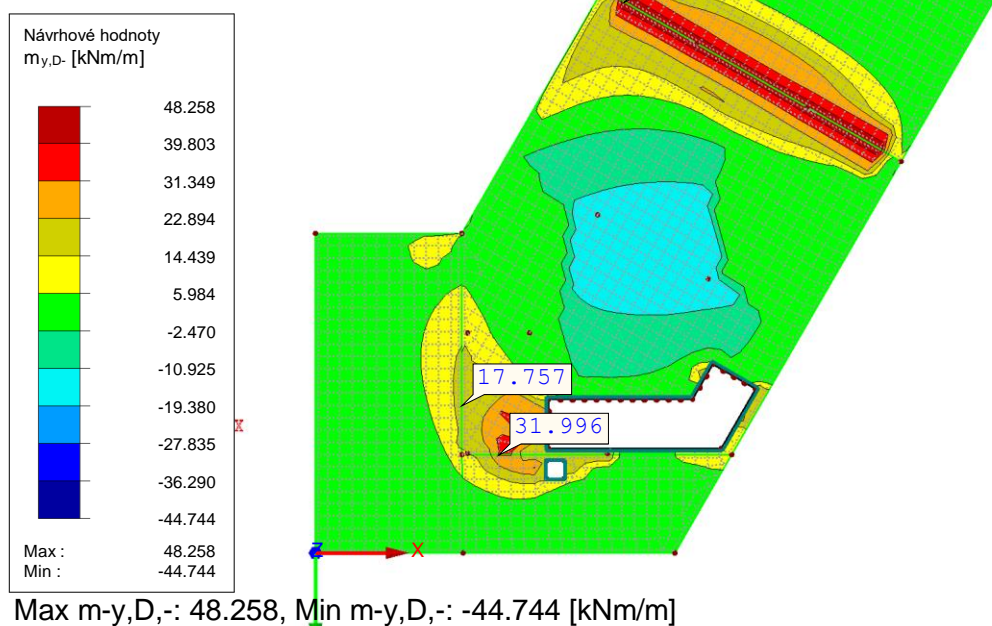
- $m_{y,D,-}$

KV 27: MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10

Návrhové vnitřní síly $m_{y,D,-}$

Kombinace výsledků: Max. a min. hodnoty

Hodnoty: $m_{y,D,-}$ [kNm/m]



3.3 Porovnanie momentov

Doska	Moment	Ručne [kNm]	MKP (RFEM) [kNm]	
			1.	2.
D1	$M_{x, \text{pole}}$		13,85	15,58
	$M_{x, \text{podpora}}$		53,20	48,26
D2	$M_{x, \text{pole}}$	42,62	43,03	43,87
	$M_{x, \text{podpora}}$	75,77	53,20	48,26
	$M_{y, \text{pole}}$	47,13	54,45	48,00
	$M_{y, \text{podpora}}$	-	17,50	-
D3	$M_{x, \text{pole}}$		8,29	8,13
	$M_{x, \text{podpora}}$		50,10	58,10
D4	$M_{y, \text{pole}}$		5,16	4,78
	$M_{y, \text{podpora}}$		44,55	32,00

Ručný výpočet momentov sa takmer zhoduje s výpočtom metódou konečných prvkov. Väčší rozdiel je len pri momente nad podporou. Ďalej sa ukázalo, že vo výpočte momentov ručne nie je potrebné redukovat súčiniteľom χ momenty v poli. Takmer celá jedna strana a časť ďalšej nie sú priťažené stenami druhého podlažia, keďže je hneď pri stenách umiestnený otvor pre schodisko. Táto skutočnosť minimalizuje krútiace momenty a preto sa viac približujú metóde konečných prvkov neredukované momenty.

Rôznym natočením modelu sme si overili správnosť výsledkov z programu. Maximálne hodnoty návrhových momentov sú takmer zhodné. Dospeli sme k záveru, že v častiach ktoré sú pootočené vzhľadom na globálny súradnicový systém sa prehodia smery oproti druhému modelu. To znamená napríklad, že v doske D1 m_{xD+} z prvého modelu odpovedá m_{yD+} z druhého modelu. Preto sú aj hodnoty v tabuľke vypísané a porovnávané podľa tohto zistenia. Tieto hodnoty a grafické znázornenie si viac odpovedajú.

Výstuž bude navrhnutá na zvýraznené momenty z metódy konečných prvkov v tabuľke.

4 DIMENZOVANIE NA OHYB

4.1 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY:

Betón C20/25	Oceľ B500B
$f_{ck} = 20 \text{ Mpa}$	$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$
$f_{cd} = 13,33 \text{ Mpa}$	$f_{yd} = 434,78 \text{ Mpa}$
$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$	$E_s = 200 \text{ Gpa}$
$f_{ctm} = 2,2 \text{ Mpa}$	$\epsilon_{yd} = 2,174 \text{ ‰}$
$E_{cm} = 30 \text{ Gpa}$	

4.2 VŠEOBECNÉ VZORCE A PODMIENKY

Stupeň vplyvu prostredia: XC1

Kategória návrhovej životnosti: 4

Konštrukčná trieda: S3

- Odporučená konštrukčná trieda pre návrhovú životnosť 50 rokov je S4
- Konštrukčná trieda znížená o 1 triedu z dôvodu doskovej konštrukcie

Krytie výstuže: $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$,

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$

$c_{min,b} = \emptyset$

$c_{min,dur} = 10 \text{ mm (S3, XC1)}$

$\Delta c_{dur,y}$ – prídavná hodnota z hľadiska spoľahlivosti

$\Delta c_{dur,st}$ – redukcia minimálnej krycej vrstvy pri použití nerezovej ocele

$\Delta c_{dur,add}$ – redukcia minimálnej krycej vrstvy pri použití dodatočnej ochrany

$\Delta c_{dur,y} = \Delta c_{dur,st} = \Delta c_{dur,add} = 0$

Δc_{dev} – prídavok na návrhovú odchýlku = 10 mm

Účinná výška: $d = h - d_1$,

$$d_1^1 = c_{nom} + \frac{\emptyset}{2},$$

$$d_1^2 = c_{nom} + \emptyset^1 + \frac{\emptyset}{2}$$

Odhad ramena vnútorných síl: $z = 0,95 \times d$

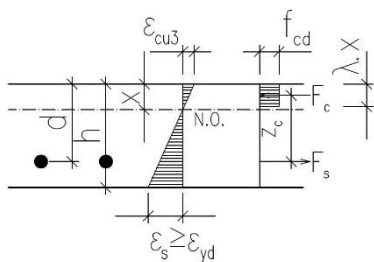
Požadovaná plocha výstuže: $A_{s,req} = \frac{M_{Ed}}{z \times f_{yd}}$

Minimálna plocha výstuže: $A_{s,min} = \frac{0,26 \times f_{ctm} \times b_t \times d}{f_{yd}}$

$$A_{s,min} = 0,0013 \times b_t \times d$$

Maximálna plocha výstuže: $A_{s,max} = 0,04 \times A_c$

Tlačená oblasť: $F_s = F_c \rightarrow x = \frac{A_{s,skut} \times f_{yd}}{b \times \lambda \times f_{cd}}$



Sila vo výstuži: $F_s = A_{s,skut} \times f_{yd}$

Sila v tlačenej betóne: $F_c = b \times \lambda \times x \times f_{cd}$

Rameno síl: $z = z_c + z_s$

$$z_c = \frac{h}{2} - \frac{\lambda x}{2}$$

$$z_s = d - \frac{h}{2}$$

Moment na medzi únosnosti $M_{Rd} = F_s \times z$

Pretvorenie výstuže: $\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3} \times (d - x)}{x}$ [‰]

4.3 DOSKA D1

4.3.1 Dolná výstuž

• Hlavná nosná výstuž – smer x, 1. vrstva

odhad \emptyset : 10 mm $M_{ed} = 13,85$ kNm

$c_{nom} = 25$ mm odhad z: 0,1995 m

\emptyset v 2. 0 mm $A_{s,req} = 1,60E-04$ m²

smere:

$d_1 = 0,030$ m

$h = 0,240$ m

$b = 1,0$ m

$d = 0,210$ m

Návrh: $\emptyset 10/250$ mm

$A_{s,skut} = 3,14E-04$ m²

$x = 0,0128$ m

$a_c = 0,0051$ m

$z_c = 0,1149$ m

$z_s = 0,0900$ m

$z = 0,2049$ m

$A_{s,min} = 2,40E-04$ m²

$A_{s,min} = 2,73E-04$ m²

$A_{s,max} = 9,60E-03$ m²

$M_{Rd} = 27,97$ kNm

• Hlavná nosná výstuž – smer y, 2. vrstva

Moment v poli je menší ako v smere x

Navrhujem $\emptyset 10/250$ mm, $A_s = 3,14E-04$ m²

Kontrola plochy výstuže:

$A_{s,min} \leq A_s \leq A_{s,max}$

$2,73E-04 \leq 3,14E-04 \leq 9,60E-03$

✓ VYHOVUJE

Kontrola vzdialenosti výstuže

$s_{max,slabs} \leq 2h; 300$ mm

$250 \leq (480; 300)$

✓ VYHOVUJE

$s_{min} \geq (1,2 \times \emptyset s_{max}; dg+5$ mm; 20 mm)

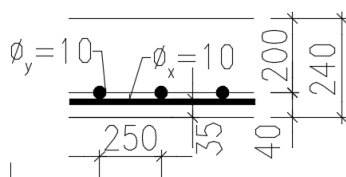
$240 \geq (12; 21; 20$ mm)

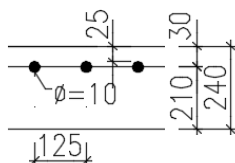
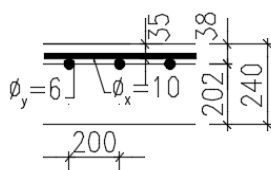
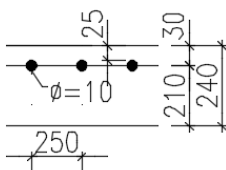
✓ VYHOVUJE

Kontrola pretvorenia výstuže:

$\varepsilon_s = 53,93 \geq \varepsilon_{yd} = 2,17$

✓ VYHOVUJE





Únosnosť prierezu:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ [kNm]}$$

$$13,85 \leq 27,97$$

✓ VYHOVUJE

4.3.2 Horná výstuž

- Výstuž na čiastoč. votknutie nad obvod. stenami

$$A_{s,sup} = 0,25 \times A_{sl} = 0,25 \times 3,14E-04 = 0,79E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = 2,73E-04 \text{ m}^2$$

$$\text{Navrhujem } \varnothing 10/250 \text{ mm, } A_s = 3,14E-04 \text{ m}^2$$

Rozdeľovacia výstuž – smer y

$$A_{ss} > 0,2 \times A_{sl}$$

$$A_{ss} > 0,2 \times 3,14E-04 = 0,63E-04 \text{ m}^2$$

$$\text{Rozdeľovacia výstuž: } \varnothing 6/200 \text{ mm, } A_{ss} = 1,41E-04 \text{ m}^2$$

- Výstuž nad strednou podporou – smer x

$$\text{odhad } \varnothing: 10 \text{ mm} \quad M_{ed} = 53,20 \text{ kNm}$$

$$c_{nom} = 25 \text{ mm} \quad \text{odhad } z: 0,1995 \text{ m}$$

$$\varnothing \text{ v 2. } 0 \text{ mm} \quad A_{s,req} = 6,13E-04 \text{ m}^2$$

smere:

$$d_1 = 0,030 \text{ m}$$

$$h = 0,240 \text{ m}$$

$$b = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 0,210 \text{ m}$$

$$\text{Návrh: } \varnothing 10/125 \text{ mm}$$

$$A_{s,skut} = 6,28E-04 \text{ m}^2$$

$$x = 0,0256 \text{ m}$$

$$a_c = 0,0102 \text{ m}$$

$$z_c = 0,1098 \text{ m}$$

$$z_s = 0,0900 \text{ m}$$

$$z = 0,1998 \text{ m}$$

$$A_{s,min} = 2,40E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = 2,73E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 9,60E-03 \text{ m}^2$$

$$M_{Rd} = 54,54 \text{ kNm}$$

Kontrola plochy výstuže:

$$A_{s,min} \leq A_s \leq A_{s,max}$$

$$2,73E-04 \leq 6,28E-04 \leq 9,60E-03$$

✓ VYHOVUJE

Kontrola vzdialenosti výstuže:

$$s_{max,slabs} \leq 2h; 250 \text{ mm}$$

$$125 \leq (480; 250)$$

✓ VYHOVUJE

$$s_{min} \geq (1,2 \times \varnothing s_{max}; dg+5 \text{ mm}; 20 \text{ mm})$$

$$115 \geq (12; 21; 20 \text{ mm})$$

✓ VYHOVUJE

Kontrola pretvorenia výstuže:

$$\varepsilon_s = 25,21 \geq \varepsilon_{yd} = 2,17$$

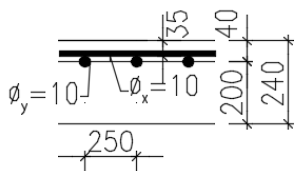
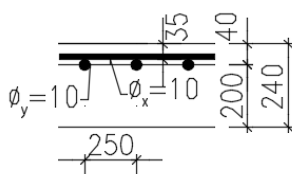
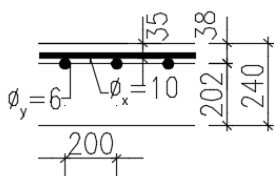
✓ VYHOVUJE

Únosnosť prierezu:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \text{ [kNm]}$$

$$53,20 \leq 54,54$$

✓ VYHOVUJE



Rozdeľovacia výstuž – smer y

$$A_{ss} > 0,2 \times A_{sl}$$

$$A_{ss} > 0,2 \times 6,28E-04 = 1,25E-04 \text{ m}^2$$

Navrhujem $\varnothing 6/200 \text{ mm}$, $A_{ss} = 1,41E-04 \text{ m}^2$

Kontrola vzdialenosti výstuže:

$$s_{\max, \text{slabs}} \leq 3h; 400 \text{ mm}$$

$$200 \leq (720; 400)$$

✓ VYHOVUJE

• Výstuž rohov na krútiace momenty pri votknutí

$$A_s = \frac{1}{2} \max (A_{sx}, A_{sy})_{\text{pole}}$$

$$A_s = \frac{1}{2} \max (3,14E-04; 3,14E-04) = 3,14E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s, \min} = 2,73E-04 \text{ m}^2, s_{\max, \text{slabs}} \leq 300 \text{ mm}$$

Navrhujem $\varnothing 10/250$, $A_s = 3,14E-04 \text{ m}^2$

• Výstuž rohov na krútiace momenty nad prostými podporami

$$A_s = \max (A_{sx}, A_{sy})_{\text{pole}}$$

$$A_s = \max (3,14E-04; 3,14E-04) = 3,14E-04 \text{ m}^2$$

Navrhujem $\varnothing 10/250$, $A_s = 3,14E-04 \text{ m}^2$

Kontrola plochy výstuže:

$$A_{s, \min} \leq A_s \leq A_{s, \max}$$

$$2,73E-04 \leq 6,28E-04 \leq 9,60E-03$$

✓ VYHOVUJE

Kontrola vzdialenosti výstuže:

$$s_{\max, \text{slabs}} \leq 2h; 300 \text{ mm}$$

$$125 \leq (480; 300)$$

✓ VYHOVUJE

$$s_{\min} \geq (1,2 \times \varnothing s, \max; dg+5 \text{ mm}; 20 \text{ mm})$$

$$115 \geq (12; 21; 20 \text{ mm})$$

✓ VYHOVUJE

4.4 DOSKA D2

4.4.1 Dolná výstuž

• Hlavná nosná výstuž – smer x, 1. vrstva

odhad \varnothing : 10 mm $M_{ed} = 43,03 \text{ kNm}$

$c_{nom} = 25 \text{ mm}$ odhad z: 0,1995 m

\varnothing v 2. 0 mm $A_{s, req} = 4,96E-04 \text{ m}^2$

smere:

$d_1 = 0,032 \text{ m}$

$h = 0,240 \text{ m}$

$b = 1,0 \text{ m}$

$d = 0,208 \text{ m}$

Návrh: $\varnothing 14/250 \text{ mm}$

$A_{s, skut} = 6,16E-04 \text{ m}^2$

$x = 0,0251 \text{ m}$

$a_c = 0,010 \text{ m}$

$z_c = 0,110 \text{ m}$

$z_s = 0,090 \text{ m}$

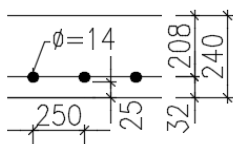
$z = 0,200 \text{ m}$

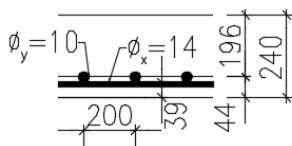
$M_{Rd} = 53,55 \text{ kNm}$

$A_{s, \min} = 2,40E-04 \text{ m}^2$

$A_{s, \min} = 2,73E-04 \text{ m}^2$

$A_{s, \max} = 9,60E-03 \text{ m}^2$





Kontrola plochy výstuže:

$$A_{s,min} \leq A_s \leq A_{s,max}$$

$$2,73E-04 \leq 3,14E-04 \leq 9,60E-03$$

✓ VYHOVUJE

Kontrola vzdialenosti výstuže:

$$s_{max,slabs} \leq 2h; 250 \text{ mm}$$

$$250 \leq (480; 250)$$

✓ VYHOVUJE

$$s_{min} \geq (1,2 \times \phi_{s,max}; dg+5 \text{ mm}; 20 \text{ mm})$$

$$240 \geq (12; 21; 20 \text{ mm})$$

✓ VYHOVUJE

Kontrola pretvorenia výstuže:

$$\epsilon_s = 53,93 \geq \epsilon_{yd} = 2,17$$

✓ VYHOVUJE

• Hlavná nosná výstuž – smer y – základná sieť

$$\text{odhad } \phi: 10 \text{ mm} \quad M_{ed} = 54,45 \text{ kNm}$$

$$c_{nom} = 25 \text{ mm} \quad \text{odhad } z: 0,1862 \text{ m}$$

$$\phi \text{ v 2.} 14 \text{ mm} \quad A_{s,req} = 6,73E-04 \text{ m}^2$$

smere:

$$d_1 = 0,044 \text{ m}$$

$$h = 0,240 \text{ m}$$

$$b = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 0,196 \text{ m}$$

$$\text{Návrh: } \phi 10/200 \text{ mm}$$

$$A_{s,skut} = 3,93E-04 \text{ m}^2$$

$$x = 0,0160 \text{ m}$$

$$a_c = 0,0064 \text{ m}$$

$$z_c = 0,1136 \text{ m}$$

$$z_s = 0,0760 \text{ m}$$

$$z = 0,1896 \text{ m}$$

$$A_{s,min} = 2,24E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = 2,55E-04 \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} = 9,60E-03 \text{ m}^2$$

$$M_{Rd} = 32,40 \text{ kNm}$$

Kontrola plochy výstuže:

$$A_{s,min} \leq A_s \leq A_{s,max}$$

$$2,55E-04 \leq 3,93E-04 \leq 9,60E-03$$

✓ VYHOVUJE

Kontrola vzdialenosti výstuže:

$$s_{max,slabs} \leq 2h; 250 \text{ mm}$$

$$200 \leq (480; 250)$$

✓ VYHOVUJE

$$s_{min} \geq (1,2 \times \phi_{s,max}; dg+5 \text{ mm}; 20 \text{ mm})$$

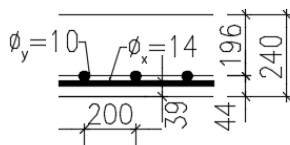
$$190 \geq (12; 21; 20 \text{ mm})$$

✓ VYHOVUJE

Kontrola pretvorenia výstuže:

$$\epsilon_s = 39,32 \geq \epsilon_{yd} = 2,17$$

✓ VYHOVUJE



• Hlavná nosná výstuž – smer y – príložky

odhad ϕ :	10 mm	$M_{ed} =$	22,05 kNm
$c_{nom} =$	25 mm	odhad z :	0,1862 m
ϕ v 2.	10 mm	$A_{s,req} =$	2,53E-04 m ²
smere:			

$d_1 =$	0,044 m
$h =$	0,240 m
$b =$	1,0 m
$d =$	0,196 m

Návrh:	$\phi 10/200$ mm
$A_{s,skut} =$	3,93E-04 m²

$x =$	0,0160 m
$a_c =$	0,0064 m
$z_c =$	0,1136 m

$$A_{s,min} = 2,24E-04 \text{ m}^2$$

$$z_s = 0,0760 \text{ m}$$

$$A_{s,min} = 2,55E-04 \text{ m}^2$$

$$z = 0,1896 \text{ m}$$

$$A_{s,max} = 9,60E-03 \text{ m}^2$$

$$\underline{\underline{M_{Rd} = 32,40 \text{ kNm}}}$$

Kontrola plochy výstuže:

$$A_{s,min} \leq A_s \leq A_{s,max}$$

$$2,55E-04 \leq 3,93E-04 \leq 9,60E-03 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Kontrola vzdialenosti výstuže:

$$s_{max,slabs} \leq 2h; 250 \text{ mm}$$

$$100 \leq (480; 250) \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$s_{min} \geq (1,2 \times \phi_{s,max}; dg+5 \text{ mm}; 20 \text{ mm})$$

$$90 \geq (12; 21; 20 \text{ mm}) \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Kontrola pretvorenia výstuže:

$$\epsilon_s = 39,32 \geq \epsilon_{yd} = 2,17 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Únosnosť prierezu:

$$M_{ed} \leq M_{Rd} [\text{kNm}]$$

$$\underline{\underline{20,52 \leq 32,40}} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

4.4.2 Horná výstuž

• Výstuž rohov na krútiace momenty

$$A_s = \frac{1}{2} \max (A_{sx}, A_{sy})_{pole}$$

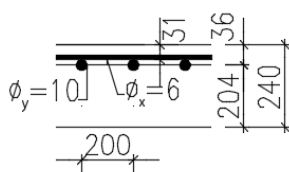
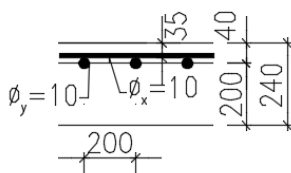
$$A_s = \frac{1}{2} \max (5,24E-04; 7,85E-04) = 3,93E-04 \text{ m}^2$$

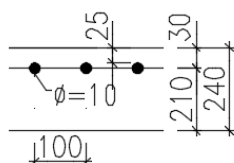
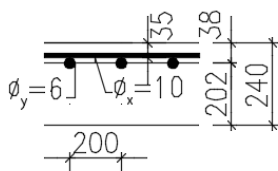
$$\underline{\underline{\text{Navrhujem } \phi 10/200 \text{ mm}, A_s = 3,93E-04 \text{ m}^2}}$$

• Výstuž na čiastočné votknutie nad obvod. stenou

$$A_{s,sup} = 0,25 \times A_{sl} = 0,25 \times 7,85E-04 = 1,96E-04 \text{ m}^2$$

$$\underline{\underline{\text{Navrhujem } \phi 10/200 \text{ mm}, A_s = 3,93E-04 \text{ m}^2}}$$





Kontrola vzdialenosti výstuže:

$$s_{\max, \text{slabs}} \leq 2h; 250 \text{ mm}$$

$$200 \leq (480; 250)$$

✓ VYHOVUJE

Rozdeľovacia výstuž:

$$A_{ss} > 0,2 \times A_{sl}$$

$$A_{ss} > 0,2 \times 3,14E-04 = 0,63E-04 \text{ m}^2$$

Navrhujem $\emptyset 6/200 \text{ mm}$, $A_{ss} = 1,41E-04 \text{ m}^2$

Kontrola vzdialenosti výstuže:

$$s_{\max, \text{slabs}} \leq 3h; 400 \text{ mm}$$

$$200 \leq (720; 400)$$

✓ VYHOVUJE

• Výstuž nad strednou podporou D2, D3– smer x

odhad \emptyset : 10 mm $M_{ed} = 53,20 \text{ kNm}$

$c_{nom} = 25 \text{ mm}$ odhad z: 0,20425 m

$\emptyset \text{ v } 2.$ 0 mm $A_{s, req} = 6,70E-04 \text{ m}^2$

smere:

$d_1 = 0,030 \text{ m}$

$h = 0,240 \text{ m}$

$b = 1,0 \text{ m}$

$d = 0,210 \text{ m}$

Návrh:	$\emptyset 10/100 \text{ mm}$
$A_{s, skut} =$	$7,85E-04 \text{ m}^2$

$x = 0,0320 \text{ m}$

$a_c = 0,0128 \text{ m}$

$z_c = 0,1072 \text{ m}$

$z_s = 0,0900 \text{ m}$

$z = 0,1972 \text{ m}$

$A_{s, min} = 2,40E-04 \text{ m}^2$

$A_{s, min} = 2,73E-04 \text{ m}^2$

$A_{s, max} = 9,60E-03 \text{ m}^2$

$M_{Rd} = 67,31 \text{ kNm}$

Kontrola plochy výstuže:

$$A_{s, min} \leq A_s \leq A_{s, max}$$

$$2,73E-04 \leq 7,85E-04 \leq 9,60E-03$$

✓ VYHOVUJE

Kontrola vzdialenosti výstuže:

$$s_{\max, \text{slabs}} \leq 2h; 250 \text{ mm}$$

$$100 \leq (480; 250)$$

✓ VYHOVUJE

$$s_{min} \geq (1,2 \times \emptyset s_{max}; dg+5 \text{ mm}; 20 \text{ mm})$$

$$90 \geq (12; 21; 20 \text{ mm})$$

✓ VYHOVUJE

Kontrola pretvorenia výstuže:

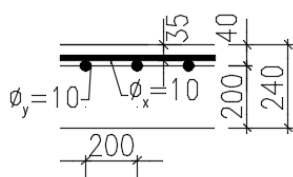
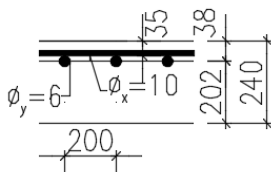
$$\epsilon_s = 19,47 \geq \epsilon_{yd} = 2,17 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Únosnosť prierezu:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} [\text{kNm}]$$

$$58,10 \leq 67,31$$

✓ VYHOVUJE



Rozdeľovacia výstuž – smer y

$$A_{ss} > 0,2 \times A_{sl}$$

$$A_{ss} > 0,2 \times 7,85E-04 = 1,40E-04 \text{ m}^2$$

Navrhujem $\emptyset 6/200 \text{ mm}$, $A_{ss} = 1,41E-04 \text{ m}^2$

Kontrola vzdialenosti výstuže:

$$s_{\max, \text{slabs}} \leq 3h; 400 \text{ mm}$$

$$200 \leq (720; 400)$$

✓ VYHOVUJE

• Výstuž nad strednou podporou D2, D4– smer y

$$\text{odhad } \emptyset: 10 \text{ mm} \quad M_{\text{ed}} = 32,00 \text{ kNm}$$

$$c_{\text{nom}} = 25 \text{ mm} \quad \text{odhad } z: 0,190 \text{ m}$$

$$\emptyset \text{ v 2.} 10 \text{ mm} \quad A_{s, \text{req}} = 3,87E-04 \text{ m}^2$$

smere:

$$d_1 = 0,040 \text{ m}$$

$$h = 0,240 \text{ m}$$

$$b = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 0,200 \text{ m}$$

$$\text{Návrh: } \emptyset 10/200 \text{ mm}$$

$$A_{s, \text{skut}} = 3,93E-04 \text{ m}^2$$

$$x = 0,0160 \text{ m}$$

$$a_c = 0,0064 \text{ m}$$

$$z_c = 0,1136 \text{ m}$$

$$A_{s, \text{min}} = 2,29E-04 \text{ m}^2$$

$$z_s = 0,0800 \text{ m}$$

$$A_{s, \text{min}} = 2,60E-04 \text{ m}^2$$

$$z = 0,1936 \text{ m}$$

$$A_{s, \text{max}} = 9,60E-03 \text{ m}^2$$

$$M_{\text{Rd}} = 33,08 \text{ kNm}$$

Kontrola plochy výstuže:

$$A_{s, \text{min}} \leq A_s \leq A_{s, \text{max}}$$

$$2,60E-04 \leq 3,93E-04 \leq 9,60E-03$$

✓ VYHOVUJE

Kontrola vzdialenosti výstuže:

$$s_{\max, \text{slabs}} \leq 2h; 250 \text{ mm}$$

$$200 \leq (480; 250)$$

✓ VYHOVUJE

$$s_{\min} \geq (1,2 \times \emptyset_{s, \text{max}}; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm})$$

$$190 \geq (12; 21; 20 \text{ mm})$$

✓ VYHOVUJE

Kontrola pretvorenia výstuže:

$$\epsilon_s = 40,20 \geq \epsilon_{yd} = 2,17$$

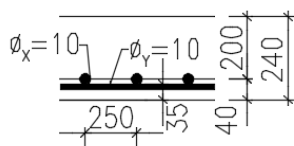
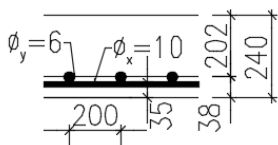
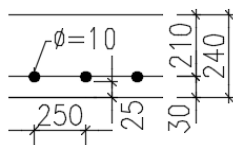
✓ VYHOVUJE

Únosnosť prierezu:

$$M_{\text{ed}} \leq M_{\text{Rd}} [\text{kNm}]$$

$$32,00 \leq 33,08$$

✓ VYHOVUJE



4.5 DOSKA D3

4.5.1 Dolná výstuž

• Hlavná nosná výstuž – smer x, 1. vrstva

odhad Ø:	10 mm	M _{ed} =	8,13 kNm				
c _{nom} =	25 mm	odhad z:	0,1995 m				
Ø v 2.	0 mm	A _{s,req} =	0,94E-04 m ²				
smere:							
d ₁ =	0,030 m	<table><tr><td>Návrh:</td><td>Ø10/250 mm</td></tr><tr><td>A_{s,skut} =</td><td>3,14E-04 m²</td></tr></table>		Návrh:	Ø10/250 mm	A _{s,skut} =	3,14E-04 m ²
Návrh:	Ø10/250 mm						
A _{s,skut} =	3,14E-04 m ²						
h =	0,240 m						
b =	1,0 m	x =	0,0128 m				
d =	0,210 m	a _c =	0,0051 m				
		z _c =	0,1149 m				
A _{s,min} =	2,40E-04 m ²	z _s =	0,0900 m				
A _{s,min} =	2,73E-04 m ²	z =	0,2049 m				
A _{s,max} =	9,60E-03 m ²	M _{Rd} =	27,97 kNm				

Kontrola plochy výstuže:

$$A_{s,min} \leq A_s \leq A_{s,max}$$

$$2,73E-04 \leq 3,14E-04 \leq 9,60E-03 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Kontrola vzdialenosti výstuže

$$s_{max,slabs} \leq 2h; 300 \text{ mm}$$

$$250 \leq (480; 300) \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$s_{min} \geq (1,2 \times \emptyset s, max; dg+5 \text{ mm}; 20 \text{ mm})$$

$$240 \geq (12; 21; 20 \text{ mm}) \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Kontrola pretvorenia výstuže:

$$\epsilon_s = 55,29 \geq \epsilon_{yd} = 2,17 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Rozdeľovacia výstuž – smer y, 2. vrstva

$$A_{ss} > 0,2 \times A_{sl}$$

$$A_{ss} > 0,2 \times 6,28E-04 = 1,25E-04 \text{ m}^2$$

$$\text{Navrhujem } \emptyset 6/200 \text{ mm, } A_{ss} = 1,41E-04 \text{ m}^2$$

Kontrola vzdialenosti výstuže:

$$s_{max,slabs} \leq 3h; 400 \text{ mm}$$

$$200 \leq (720; 400) \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

4.6 DOSKA D4

Doska vystužená tak isto ako doska D1. Hlavná nosná výstuž v smere y.

4.7 ZHRNUTIE VÝSTUŽE NA OHYB

Doska	Výstuž		\emptyset/s_i [mm]	A_s [m ²]
D1	Dolná	Hlavná x+	$\emptyset 10/250$	3,14E-04
		Hlavná y+	$\emptyset 10/250$	3,14E-04
	Horná	Výstuž na čiast. votk. y-	$\emptyset 10/250$	3,14E-04
		Rozdeľovacia na čiast. votk.	$\emptyset 6/200$	1,41E-04
		Rohy pri votknutí y-	$\emptyset 10/250$	3,14E-04
		Rohy nad prostými podporami x- a y-	$\emptyset 10/250$	3,14E-04
D1, D2	Horná	Hlavná x-	$\emptyset 10/125$	6,28E-04
		Rozdeľovacia	$\emptyset 6/200$	1,41E-04
		Konštrukčná x, y	$\emptyset 6/200$	1,41E-04
D2	Dolná	Hlavná x+	$\emptyset 14/250$	6,16E-04
		Hlavná y+	$\emptyset 10/200$	3,93E-04
		Príložky y+	$\emptyset 10/200$	3,93E-04
	Horná	Výstuž rohov y-	$\emptyset 10/200$	3,93E-04
		Výstuž na čiast. votk. y-	$\emptyset 10/200$	3,93E-04
		Rozdeľovacia na čiast. votk.	$\emptyset 6/200$	1,41E-04
D2, D3	Horná	Hlavná x-	$\emptyset 10/100$	7,85E-04
		Rozdeľovacia	$\emptyset 6/200$	1,41E-04
D2, D4	Horná	Hlavná y-	$\emptyset 10/200$	3,93E-04
D3	Dolná	Hlavná x+	$\emptyset 10/250$	3,14E-04
		Rozdeľovacia	$\emptyset 6/200$	1,41E-04
	Horná	Na čiastočné votknutie	$\emptyset 10/250$	3,14E-04
D4	Dolná	Hlavná y+	$\emptyset 10/250$	3,14E-04
		Rozdeľovacia	$\emptyset 6/200$	1,41E-04
	Horná	Konštrukčná x, y	$\emptyset 6/200$	1,41E-04

4.8 KOTEVNÁ DÍŽKA VÝSTUŽE

• VÝSTUŽ – Ø10

Medzné napätie v súdržnosti: $f_{bd}=2,25 \times \eta_1 \times \eta_2 \times f_{ctd}$

$\eta_1 = 1,0$ pre dobré podmienky

$\eta_1 = 0,7$ pre horšie podmienky súdržnosti a pri použití posuvného debnenia

$\eta_2 = 1,0$ pre $\phi \leq 32$ mm

f_{ctd} – návrhová pevnosť betónu v ťahu

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \times f_{ctk,0,05} / \gamma_c = 1,0 \times 1,5 / 1,5 = 1,0 \text{ MPa}$$

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

$$f_{bd} = 2,25 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 2,25 \text{ MPa}$$

Základná kotevná dĺžka

$$l_{b,rqd} = \phi / 4 \times \sigma_{sd} / f_{bd}$$

$$l_{b,rqd} = 10 / 4 \times 434,78 / 2,25 = 483,1 \text{ mm}$$

Návrhová kotevná dĺžka

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

Minimálna kotevná dĺžka

$$l_{b,min} > \max (0,3 \times l_{b,rqd}; 10\phi; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,min} > \max (0,3 \times 483,1; 10 \times 10; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,min} > \max (145; 100; 100) = 145 \text{ mm}$$

Súčiniteľ α_i

α_1 – vyjadruje vplyv tvaru prútu za predpokladu odpovedajúcej krycej vrstvy betónu

α_2 – vyjadruje vplyv minimálnej bet. krycej vrstvy

α_3 – vyjadruje vplyv ovinutia priečnou výstužou

α_4 – vyjadruje vplyv jedného alebo viac priečne

privarených prútov v návrh. kotevnej dĺžke l_{bd}

α_5 – vyjadruje vplyv tlaku kolmého na rovinu

odštiepavania betónu v návrh. kotevnej dĺžke

$$C_d = \min (a/2; c_1; c) = \min (45; 25; 25) = 25 \text{ mm}$$

$\alpha_1 = 1,0$ – priamy prút

$$\alpha_2 = 1 - 0,15(c_d - \phi) / \phi = 1 - 0,15(25 - 10) / 10 = 0,775$$

$$0,7 \leq \alpha_2 = 0,775 \leq 1,0$$

$$\alpha_3 = 1,0; \alpha_4 = 1,0; \alpha_5 = 1,0$$

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

$$l_{bd} = 1,0 \times 0,775 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 483,1 \geq l_{b,min}$$

$$l_{bd} = 374,4 \text{ mm} \geq 169 \text{ mm}$$

Volím kotevnú dĺžku $l_{bd} = 400$ mm

- **VÝSTUŽ – Ø14**

$$f_{ctd} = 1,0 \times 1,5/1,5 = 1,0 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = 2,25 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 2,25 \text{ MPa}$$

Základná kotevná dĺžka

$$l_{b,rqd} = 14/4 \times 434,78/2,25 = 676,3 \text{ mm}$$

Minimálna kotevná dĺžka

$$l_{b,min} > \max (0,3 \times 676,3; 14 \times 10; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,min} > \max (203; 140; 100) = 203 \text{ mm}$$

$$C_d = \min (a/2; c_1; c) = \min (55,5; 25; 25) = 25 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 1,0 - \text{priamy prút}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15(c_d - \emptyset)/\emptyset = 1 - 0,15(25 - 14)/14 = 0,775$$

$$0,7 \leq \alpha_2 = 0,775 \leq 1,0 \rightarrow \alpha_2 = 0,7$$

$$\alpha_3 = 1,0; \alpha_4 = 1,0; \alpha_5 = 1,0$$

$$l_{bd} = 1,0 \times 0,775 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 676,3 \geq l_{b,min}$$

$$l_{bd} = 524 \text{ mm} \geq 100 \text{ mm}$$

Volím kotevnú dĺžku $l_{bd} = 550 \text{ mm}$

4.9 STYKOVACIA DĹŽKA VÝSTUŽE

- **VÝSTUŽ – Ø10**

$$\alpha_6 = \left(\frac{\rho_1}{25}\right)^{0,5} = \left(\frac{50}{25}\right)^{0,5} = 1,4 \leq 1,5 \rightarrow \alpha_6 = 1,4$$

Minimálna presahová dĺžka

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

$$l_{0,min} = \max (0,3 \times 1,4 \times 483,1; 15 \times 10; 100 \text{ mm})$$

$$l_{0,min} = \max (203; 150; 200) = 203 \text{ mm}$$

Návrhová presahová dĺžka

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

$$l_0 = 1,0 \times 0,775 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,4 \times 483,1 = 524,2 \text{ mm}$$

$$l_0 = 524,2 \text{ mm} \geq 203 \text{ mm}$$

Volím stykovaciu dĺžku $l_0 = 550 \text{ mm}$

- **VÝSTUŽ – Ø14**

Minimálna presahová dĺžka

$$l_{0,min} = \max (0,3 \times 1,4 \times 676,1; 15 \times 6; 100 \text{ mm})$$

$$l_{0,min} = \max (284; 90; 200) = 284 \text{ mm}$$

Návrhová presahová dĺžka

$$l_0 = 1,0 \times 0,775 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,4 \times 676,1 = 733,6 \text{ mm}$$

$$l_0 = 733,6 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm}$$

Volím stykovaciu dĺžku l_0