

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukční řešení viladomu

Studijní program: Stavební inženýrství

Specializace: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: doc. Ing. Iva Broukalová, Ph.D.


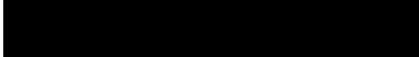
Anna Vrbatová
Praha, 2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

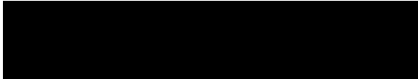
Příjmení: Anna	Jméno: Vrbatová	Osobní číslo: 495669
Zadávací katedra: K133 Katedra betonových a zděných konstrukcí		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor/specializace: Konstrukce pozemních staveb		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Konstrukční řešení viladomu	
Název bakalářské práce anglicky: Structural design of a villa house	
Pokyny pro vypracování: Návrh řešení nosné konstrukce objektu Předběžný statický výpočet Výkresy tvaru, schématické výkresy tvaru Pro vybrané prvky podrobný statický výpočet a výkres výztuže Seznam doporučené literatury:	
Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Iva Broukalová, Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2023	Termín odevzdání BP v IS KOS: 22.5.2023 <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

<u>22.2.2023</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
---	---

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně, pouze s výjimkou odborných konzultací s doc. Ing. Ivou Broukalovou Ph.D., Ing. Janem Salákem, CSC. a doc. Ing. Petrem Bílým Ph.D. a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem a dodržováním etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne _____

Anna Vrbatová _____

Poděkování:

Ráda bych poděkovala paní doc. Ing. Ivě Broukalové, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce a pravidelné přínosné konzultace. Dále panu Ing. Janu Salákovi, CSC. za možnost konzultací zakládání stavby a panu doc. Ing. Petrovi Bílému Ph.D. za pomoc s prací v programu SCIA Engineer.

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá předběžným návrhem železobetonové konstrukce viladomu s pěti bytovými jednotkami. Dále podrobným návrhem a výpočtem vyztužení monolitického železobetonového schodiště a monolitické železobetonové stropní desky. Součástí práce je technická zpráva ke statické části, výkresy tvaru a výkresy vyztuže vybraných prvků.

Klíčová slova:

Železobeton, beton, vyztuž, 3D model, schodiště, deska, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti

Abstract:

The bachelor thesis deals with the preliminary design of a reinforced concrete structure of a villa with five residential units. Furthermore, a detailed design and calculation of the reinforcement of the monolithic reinforced concrete staircase and the monolithic reinforced concrete ceiling slab was developed. The work includes a technical report on the structural part, structural drawings and reinforcement drawings of selected elements.

Key words:

Reinforced concrete, concrete, reinforcement, 3D model, staircase, slab, ultimate limit state, serviceability limit state

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí



STATICKÝ VÝPOČET

Studijní program: Stavební inženýrství

Specializace: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: doc. Ing. Iva Broukalová, Ph.D.

Anna Vrbatová
Praha, 2023

Obsah

1. Úvod.....	3
2. Schéma a popis konstrukce	3
2.1. Konstrukční schémata	3
2.2. Použité materiály	5
3. Zatížení.....	6
3.1. Stálé zatížení.....	6
3.1.1. Nosné konstrukce	6
3.1.2. Podlahy	6
3.1.3. Střešní plášť	7
3.1.4. Svislé konstrukce.....	7
3.1.5. Podhledy.....	8
3.2. Proměnné zatížení	9
3.2.1. Užité zatížení	9
3.2.2. Zatížení sněhem.....	9
3.2.3. Zatížení větrem.....	9
4. Předběžný návrh a posouzení nosných prvků	11
4.1. Stropní deska	11
4.1.1. Materiály	11
4.1.2. Krytí vnitřní stropní desky.....	11
4.1.3. Krytí vnější stropní desky.....	12
4.1.4. Vnitřní deska	12
4.1.5. Vnější deska – stropní deska 3. NP	14
4.2. Svislé nosné konstrukce	16
4.3. Schodiště	16
4.4. Základové konstrukce.....	17
4.4.1. Návrh a posouzení vnitřního pasu	17
5. Podrobný návrh výztuže schodiště	19
5.1. Geometrie schodiště	19
5.2. Materiálové řešení	19
5.3. Výpočet zatížení ramene	20
5.4. Výpočet zatížení mezipodesty	21
5.5. Výpočet momentu v rameni	21
5.6. Krytí schodišťového ramene	22
5.7. Konstrukční zásady	23
5.8. Návrh spodní výztuže schodišťového ramene.....	24
5.9. Posouzení navržené spodní výztuže schodišťového ramene	24

5.10. Posouzení nutnosti smykové výztuže	25
5.11. Přesahové a kotevní délky	26
5.12. Návrh počtu a ověření Tronsolí	30
6. Statický výpočetní model	33
6.1. Materiálové řešení	33
6.2. Konstrukční zásady pro vnitřní desku	34
6.3. Ověření průhybů desek	35
6.4. Návrh výztuže stropních desek na ohyb	35
6.4.1. Postup návrhu v programu SCIA	35
6.4.2. Návrh příložek	38
6.5. Návrh výztuže stropních desek na smyk	44
7. Závěr	46
8. Použité zdroje	47
9. Seznam příloh	48
10. Seznam výkresů	48

1. Úvod

Ve své bakalářské práci jsem se zabývala předběžným statickým výpočtem konstrukce viladomu Vrchbělá v obci Bělá pod Bezdězem. Jedná se o třípodlažní nepodsklepený objekt, ve kterém se nachází pět bytových jednotek.

Konkrétně jsem se věnovala předběžnému návrhu konstrukčních prvků, následně návrhu a vyztužení železobetonového monolitického schodiště a železobetonové monolitické desky.

Podklady pro svou bakalářskou práci jsem našla v architektonické studii Bělské investiční s.r.o., vypracované projekční kanceláří CR Project s.r.o., odkud jsem jako inspiraci použila půdorysy a řezy. Dispozice všech podlaží jsem zachovala. Upravila jsem půdorysné rozměry a konstrukční výšku, aby dopovídaly modulu a mému materiálovému a konstrukčnímu řešení.

2. Schéma a popis konstrukce

2.1. Konstrukční schémata

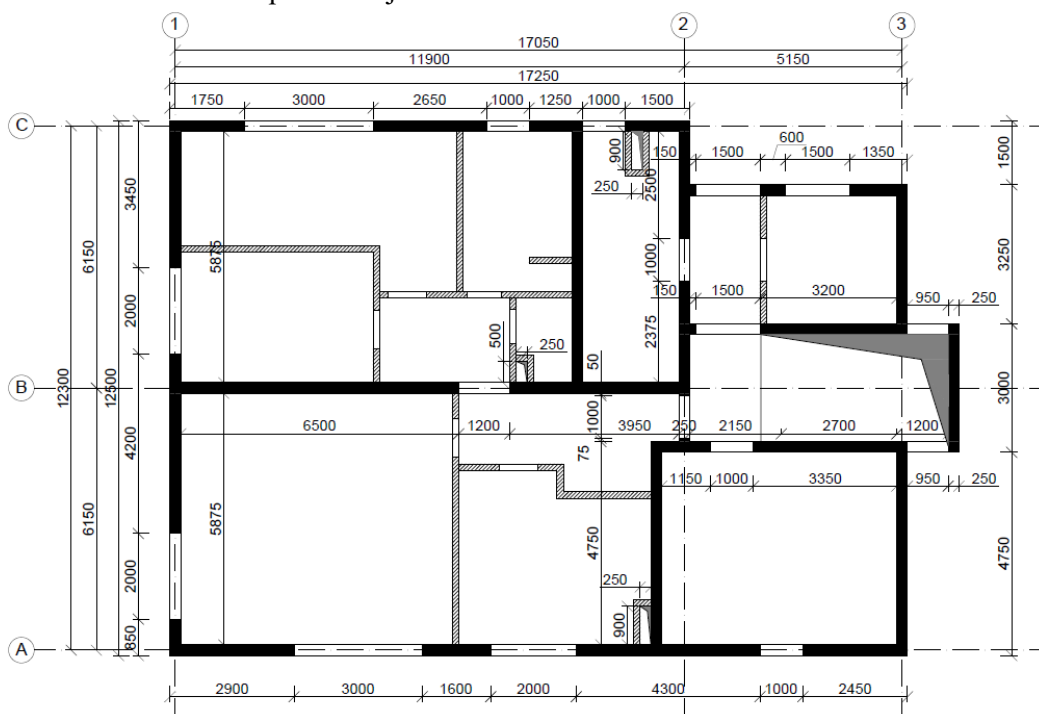
Jedná se o třípodlažní nepodsklepený objekt, založený plošně na základových pasech.

Konstrukční výška všech podlaží je 3,25 m. Schodiště je řešené jako železobetonové monolitické dvouramenné. Střecha je plochá s atikou výšky 1,5 m.

Schémat obsahují svislé nosné konstrukce podlaží a vodorovné konstrukce nad daným podlažím. Nosné konstrukce jsou šrafovány plnou šrafou, příčky poté čárkovaně.

1.NP

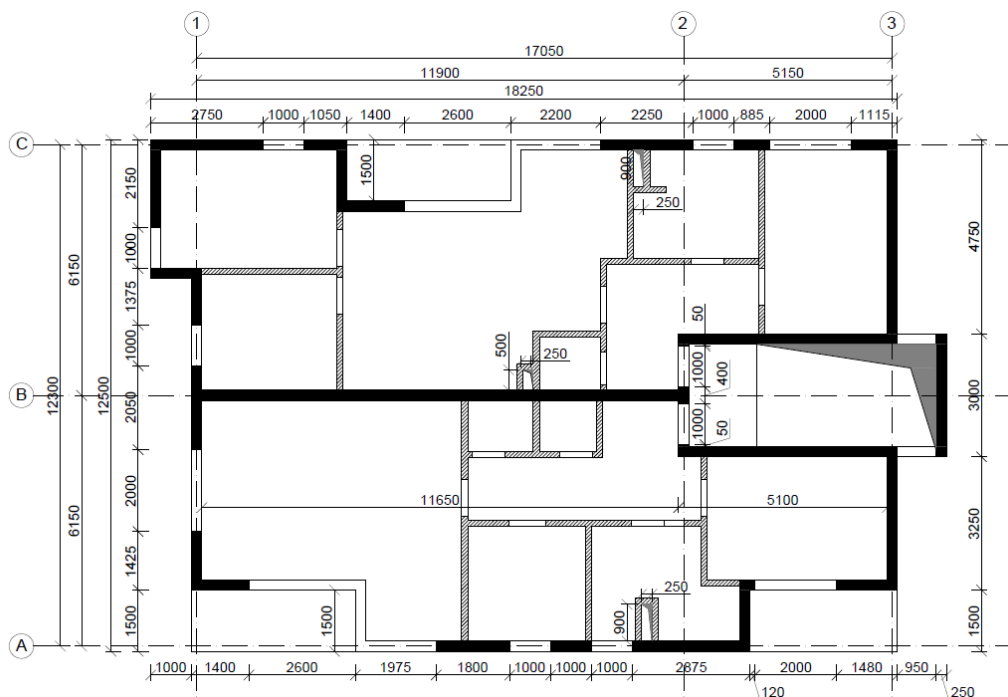
V prvním nadzemním podlaží se nachází vstup do objektu, dále místnost se sklepními kójemi, kolárna, technická místnost a jedna bytová jednotka. Svislé nosné konstrukce jsou řešeny jako železobetonové stěny tl. 200 mm, příčky jsou vyztuženy ze zdiva Porotherm 14 Profi. Stropní deska je železobetonová monolitická tl. 200 mm.



Obrázek 1: Schéma výkresu tvaru 1.NP

2.NP

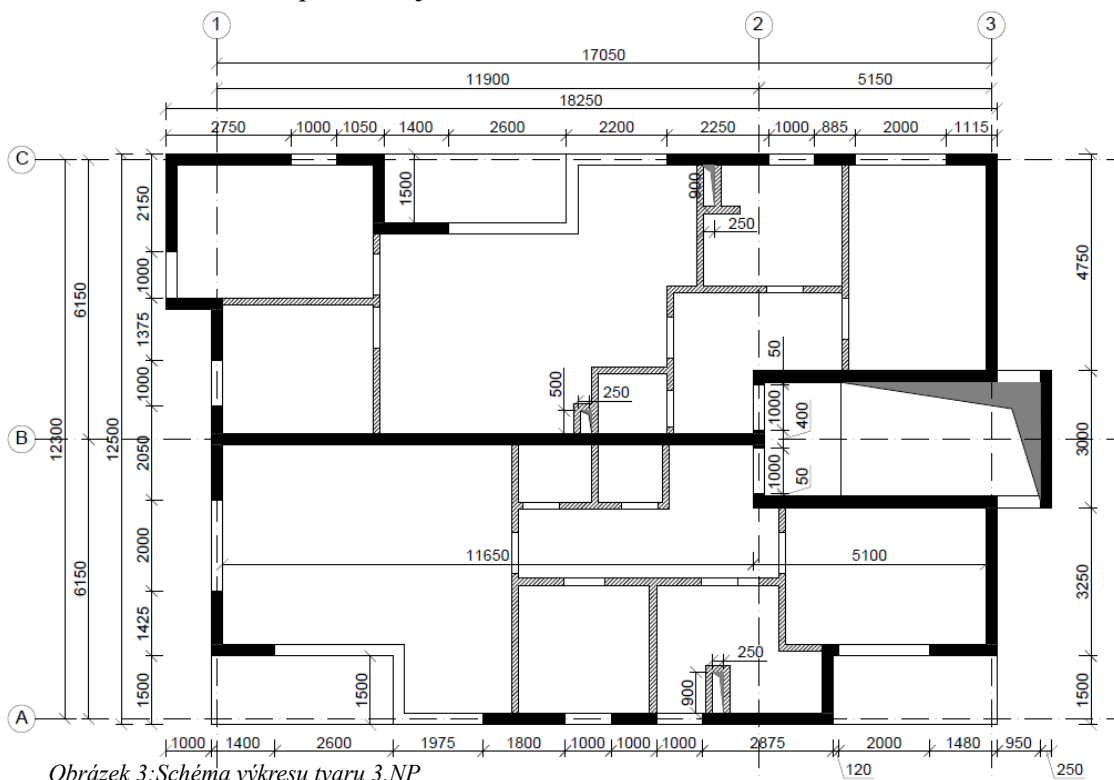
V druhém nadzemním podlaží se nachází dvě bytové jednotky. Svislé nosné konstrukce jsou řešeny jako železobetonové stěny tl. 200 mm, příčky jsou vyzděné ze zdiva Porotherm 14 Profi. Stropní deska je železobetonová monolitická tl. 200 mm.



Obrázek 2: Schéma výkresu tvaru 2.NP

3.NP

V třetím nadzemním podlaží se nachází dvě bytové jednotky. Svislé nosné konstrukce jsou řešeny jako železobetonové stěny tl. 200 mm, příčky jsou vyzděné ze zdiva Porotherm 14 Profi. Stropní deska je železobetonová monolitická tl. 200 mm.



Obrázek 3: Schéma výkresu tvaru 3.NP

Řez

Objekt je třípodlažní a nepodsklepený. Založený je na základových pasech hloubky 1 m, krajní pasy jsou šířky 0,8 m a pasy uvnitř objektu jsou široké 1,2 m. Atika je výšky 1,5 m a nejvyšší bod objektu se nachází ve výšce 11,25 m.



Obrázek 4: Schéma řezu objektem

2.2. Použité materiály

BETON:	Stěny vnitřní, schodiště, stropní desky vnitřní	C30/37 XC1 D _{max} 22 C1 0,2
	Obvodové stěny, stropní deska 3.NP	C30/37 XC3 D _{max} 22 C1 0,2
	Základové pasy	C30/37 XC2 XF1 D _{max} 22 C1 0,2

Vlastnosti: $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_m = 1,5$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk,0,05} = 2,0 \text{ MPa}$$

OCEL: Betonářská výztuž - B 500 B

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

$$\gamma_m = 1,15$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_m} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

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

3. Zatížení

3.1. Stálé zatížení

3.1.1. Nosné konstrukce

Vlastní tíha nosných konstrukcí viz Kapitola 4. Předběžný návrh a posouzení nosných prvků.

3.1.2. Podlahy

Tabulka 1: Podlaha P1 - obytné prostory

Název vrstvy	tloušťka	obj. tíha	hmotnost	g_k	γ	g_d
	[mm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kN/m ²]	-	[kN/m ²]
Laminátová podlaha	10	-	7,88	0,079	1,35	0,106
Mirelon	5	-	-	-		-
Betonová vrstva s kari sítí	75	2400	180	1,800		2,430
Separáčnická polyethylenová folie	-	-	-	-		-
Kročejová izolace	60	150	9	0,090		0,122
Σ	150			1,97		2,7

Tabulka 2: Podlaha P2 - společné prostory, chodba

Název vrstvy	tloušťka	obj. tíha	hmotnost	g_k	γ	g_d
	[mm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kN/m ²]	-	[kN/m ²]
Keramická dlažba	10	2600	26	0,260	1,35	0,351
Cementová lepicí hmota	5	2400	12	0,120		0,162
Betonová vrstva s kari sítí	75	2400	180	1,800		2,430
Separáčnická polyethylenová folie	-	-	-	-		-
Kročejová izolace	60	150	9	0,090		0,122
Σ	150			2,3		3,1

Tabulka 3: Podlaha P3 - Kuchyně, koupelny, WC

Název vrstvy	tloušťka	obj. tíha	hmotnost	g_k	γ	g_d
	[mm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kN/m ²]	-	[kN/m ²]
Keramická dlažba	10	2600	26	0,260	1,35	0,351
Cementová lepicí hmota	5	2400	12	0,120		0,162
Hydroizolační stěrka	-	-	-	-		-
Betonová vrstva s kari sítí	75	2400	180	1,800		2,430
Separáčnická polyethylenová folie	-	-	-	-		-
Kročejová izolace	60	150	9	0,090		0,122
Σ	150			2,3	3,1	

Tabulka 4: Podlaha P4 - Schodiště, mezipodesty

Název vrstvy	tloušťka	obj. tíha	hmotnost	g_k	γ	g_d
	[mm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kN/m ²]	-	[kN/m ²]
Keramická dlažba	10	-	45	0,450	1,35	0,608
Cementová lepicí hmota	5	2400	45	0,450		0,608
Σ	15			0,900		1,215

Pro výpočet byla pro vnitřní podlahy uvažována jednotná hodnota 2,3 kN/m², kvůli možnosti dodatečné změny dispozice.

3.1.3. Střešní plášť

Tabulka 5: Střešní plášť S1 - Pochozí střecha, terasa

Název vrstvy	tloušťka	obj. tíha	hmotnost	g_k	γ	g_d
	[mm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kN/m ²]	-	[kN/m ²]
Keramická dlažba	20	-	45	0,450	1,35	0,608
Rektifikační terče	18	-	-	-		-
Asfaltový pás	4	1200	4,8	0,048		0,065
Pěnový polystyren	100	30	3	0,030		0,041
Asfaltový hydroizola pás 2x	8	1200	9,6	0,096		0,130
Σ	150			0,624		0,842

Tabulka 6: Střešní plášť S2 - nepochozí střecha

Název vrstvy	tloušťka	obj. tíha	hmotnost	g_k	γ	g_d
	[mm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kN/m ²]	-	[kN/m ²]
Asfaltový hydroizola pás 2x	8	1200	9,6	0,096	1,35	0,130
Pěnový polystyren ve spádu	250	30	7,5	0,075		0,101
Parozábrana s Al vložkou	4	1000	4	0,040		0,054
Σ	262			0,211		0,285

3.1.4. Svislé konstrukce

Tabulka 7: Svislé konstrukce SK1 - Venkovní nosná konstrukce

Název vrstvy	tloušťka	obj. tíha	hmotnost	g_k	γ	g_d
	[mm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kN/m ²]	-	[kN/m ²]
Exteriérová omítka	3	1800	5,4	0,054	1,35	0,073
Exteriérová stěrka	3	1800	5,4	0,054		0,073
Pěnový polystyren	200	30	6	0,060		0,081
Cementové lepidlo	4	2400	9,6	0,096		0,130
Interiérová omítka	10	1650	16,5	0,165		0,223
Σ	220			0,429		0,579

Tabulka 8: Svislé konstrukce SK2 - Vnitřní nosná konstrukce

Název vrstvy	tloušťka	obj. tíha	hmotnost	g_k	γ	g_d
	[mm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kN/m ²]	-	[kN/m ²]
Interiérová omítka	10	1650	16,5	0,165	1,35	0,223
Interiérová omítka	10	1650	16,5	0,165		0,223
Σ	20			0,330	0,446	

Tabulka 9: Svislé konstrukce SK3 - Vnitřní příčka

Název vrstvy	tloušťka	obj. tíha	hmotnost	g_k	γ	g_d
	[mm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kN/m ²]	-	[kN/m ²]
Interiérová omítka	10	1650	16,5	0,165	1,35	0,223
Porotherm 14 Profi	140	850	119	1,190		1,607
Interiérová omítka	10	1650	16,5	0,165		0,223
Σ	160			1,520	2,052	

Tabulka 10: Svislé konstrukce SK4 - Atika

Název vrstvy	tloušťka	obj. tíha	hmotnost	g_k	γ	g_d
	[mm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kN/m ²]	-	[kN/m ²]
Exteriérová omítka	3	1800	5,4	0,054	1,35	0,073
Exteriérová stěrka	3	1800	5,4	0,054		0,073
Pěnový polystyren	200	30	6	0,060		0,081
Cementové lepidlo	4	2400	9,6	0,096		0,130
Cementové lepidlo	4	2400	9,6	0,096		0,130
Pěnový polystyren	200	30	6	0,060		0,081
Exteriérová stěrka	3	1800	5,4	0,054		0,073
Exteriérová omítka	3	1800	5,4	0,054		0,073
Σ	420			0,528		

3.1.5. Podhledy

Tabulka 11: Podhledy PD1

Název vrstvy	tloušťka	obj. tíha	hmotnost	g_k	γ	g_d
	[mm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kN/m ²]	-	[kN/m ²]
Lamelový podhled	-	-	10,5	0,105	1,35	0,142
Σ	200			0,105		0,142

3.2. Proměnné zatížení

3.2.1. Užiténé zatížení

Kategorie A podle ČSN EN 1991-1-1:	Schodiště	$q_k = 3 \text{ kN/m}^2$
	Stropní konstrukce v bytech	$q_k = 2 \text{ kN/m}^2$
	Balkony, terasy	$q_k = 3 \text{ kN/m}^2$
Kategorie H podle ČSN EN 1991-1-1:	Nepochozí střecha	$q_k = 1 \text{ kN/m}^2$

3.2.2. Zatížení sněhem

Plochá střecha:	$\alpha < 30^\circ$
Tvarový součinitel:	$\mu = 0,8$
Součinitel expozice:	$c_e = 0,8$
Součinitel tepla:	$c_t = 1$
Sněhová oblast:	$II \rightarrow s_k = 1 \text{ kN/m}^2$
Průměrné zatížení sněhem:	$s = \mu * c_e * c_t * s_k = 0,8 * 0,8 * 1 * 1 = 0,64 \text{ kN/m}^2$
Užitečné zatížení střechy:	$q = 0,75 \text{ kN/m}^2$

Hodnota proměnného zatížení bude uvažována jako větší z hodnot užiténého zatížení střechy $0,75 \text{ kN/m}^2$ a průměrného zatížení sněhem $0,64 \text{ kN/m}^2$.

→ Proměnné zatížení uvažují **$0,75 \text{ kN/m}$**

3.2.3. Zatížení větrem

Větrná oblast: I → základní rychlost větru: $v_b = 25 \text{ m/s}$

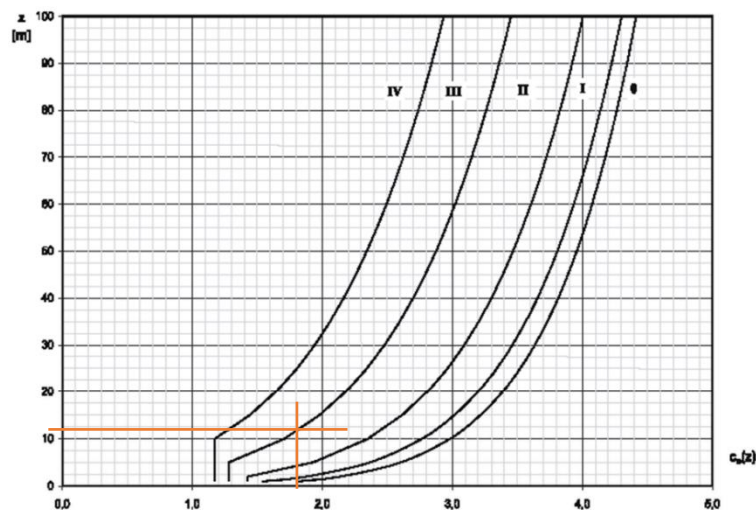
Kategorie terénu: III (plocha rovnoměrně pokrytá vegetací, budovami a překážkami)

Měrná hmotnost vzduchu: $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

Základní tlak větru: $q_b = \frac{\rho * v_b^2}{2} = \frac{1,25 * 25^2}{2} = 0,39 \text{ kPa}$

Výška atiky nad terénem: $h = z = 3 * 3,25 + 1,5 = 11,25 \text{ m}$

Součinitel expozice: $C_e(z) = 1,8$ (viz obr. č. 4)



Obrázek 5: Graf - součinitel expozice

Max. dynamický tlak: $q_p = q_b * c_e(z) = 0,39 * 1,8 = 0,703 \text{ kPa}$

Příčný vítr: $h = 11,25 \text{ m}$ $D = 0,748$
 $b = 18,45 \text{ m}$ $E = 0,396$
 $\frac{h}{b} = \frac{11,25}{18,45} = 0,61$ $C_{pe} = D + E = 0,748 + 0,396 = 1,144$

Podélný vítr: $h = 11,25 \text{ m}$ $D = 0,787$
 $b = 12,5 \text{ m}$ $E = 0,473$
 $\frac{h}{b} = \frac{11,25}{12,5} = 0,9$ $C_{pe} = D + E = 0,787 + 0,473 = 1,26$

Tlak větru na návětrné straně (oblast D) a na závětrné straně (oblast E) mají rozhodující účinek. Z tohoto důvodu uvažují použitý součinitel větru C_{pe} jako součet těchto hodnot. Hodnoty pro oblast D i E byly určeny pomocí interpolace z tabulky 7.1. v normě ČSN EN 1991-1-4 ed. 2.

Charakteristická hodnota zatížení větrem:

$$w_{k;\text{příčný}} = q_p + c_{pe} = 0,703 + 1,144 = 0,804 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{k;\text{podélný}} = q_p + c_{pe} = 0,703 + 1,26 = 0,886 \text{ kN/m}^2$$

4. Předběžný návrh a posouzení nosných prvků

4.1. Stropní deska

4.1.1. Materiály

BETON: C30/37 XC1 D_{max} 22 Cl 0,2

C30/37 XC3 D_{max} 22 Cl 0,2

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$\gamma_m = 1,5$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

OCEL: B 500 B

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

$$\gamma_m = 1,15$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_m} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

4.1.2. Krytí vnitřní stropní desky

Minimální krytí: $c_{min} = \max(c_{min;b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10)$

Třída konstrukce a vliv prostředí: $c_{min,dur} = 10 \text{ mm}$

(B 30/37; životnost 50 let; konstrukční třída S3; prostředí XC1)

Vyztužení (průměr prutu navržené výztuže): $c_{min;b} = 10 \text{ mm}$

Přídavná bezpečnostní složka: $\Delta c_{dur,\gamma} = 0 \text{ mm}$

Redukce min. vrstvy při použití nerezové oceli: $\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$

Redukce min. vrstvy při použití přídavné ochrany: $\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$

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

$$c_{min} = \max(10; 10 + 0 - 0 - 0; 10)$$

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

Nominální krycí vrstva: $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$

Přídavek na návrhovou odchylku: $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{nom} = 10 + 10$$

$$c_{nom} = 20 \text{ mm}$$

4.1.3. Krytí vnější stropní desky

$$\text{Minimální krytí: } c_{min} = \max(c_{min;b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10)$$

$$\text{Třída konstrukce a vliv prostředí: } c_{min,dur} = 20 \text{ mm}$$

(B 30/37; životnost 50 let; konstrukční třída S3; prostředí XC3)

$$\text{Vyztužení (průměr prutu navržené výztuže): } c_{min;b} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Přídavná bezpečnostní složka: } \Delta c_{dur,\gamma} = 0 \text{ mm}$$

$$\text{Redukce min. vrstvy při použití nerezové oceli: } \Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$$

$$\text{Redukce min. vrstvy při použití přídavné ochrany: } \Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$$

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

$$c_{min} = \max(10; 20 + 0 - 0 - 0; 10)$$

$$c_{min} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Nominální krycí vrstva: } c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$\text{Přídavek na návrhovou odchylku: } \Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{nom} = 20 + 10$$

$$c_{nom} = 30 \text{ mm}$$

4.1.4. Vnitřní deska

$$\text{Rozpon: } l = 6,150 \text{ m}$$

$$\text{Empirický návrh: } h_d = \frac{l}{30} - \frac{l}{25} \rightarrow \frac{6150}{30} - \frac{6150}{20} \rightarrow 205 - 246 \text{ mm}$$

$$h_d = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Ohybová štíhlost: } \lambda_d = \kappa_{c1} * \kappa_{c2} * \kappa_{c3} * \lambda_{d,tab}$$

$$\kappa_{c1} = 1 \quad \dots \text{ obdélníkový průřez}$$

$$\kappa_{c2} = 1 \quad \dots l < 7 \text{ m}$$

$$\kappa_{c3} = 1,2 \quad \dots \text{ odhad}$$

$$\lambda_{d,tab} = 26,7 \quad \dots \text{ krajní pole spojitého nosníku}$$

... $\rho < 0,5 \%$; beton C 30/37

$$\lambda_d = 1 * 1 * 1,2 * 26,7 = 32,04$$

$$d \geq \frac{L_{min}}{\lambda_d} = \frac{6150}{32,04} = 191,95 \text{ mm}$$

$$\emptyset = 10 \text{ mm} \quad \dots \text{ odhad}$$

$$h_d = d + \frac{\emptyset}{2} + c = 191,95 + \frac{10}{2} + 20 h_d = 216,9 \text{ mm}$$

$$h_d = 200 \text{ mm}$$

Maximální návrhový moment:

Tabulka 12: Zatížení na desce

Stálé zatížení	tloušťka	obj. tíha	g_k	γ	g_d
Název	[mm]	[kg/m ³]	[kN/m ²]	-	[kN/m ²]
Podlaha P3	-	-	2,3	1,35	3,0645
ŽB nosná deska	200	2500	5		6,75
Podhled	-	-	0,105		0,14175
Celkem			7,4		10,0
Proměnné zatížení	tloušťka	obj. tíha	q_k	γ	q_d
Název	[mm]	[kg/m ³]	[kN/m ²]	-	[kN/m ²]
Užitné - kategorie A (strop)	-	-	2	1,5	3
Celkem			2		3
Σ			9,4		13,0

$$M_{ed;pole} = \frac{1}{24} * (g_d + q_d) * l^2$$

$$M_{ed;pole} = \frac{1}{24} * 13,0 * 6,150^2$$

$$M_{ed;pole} = 20,4 \text{ kNm}$$

$$M_{ed;podpora} = \frac{1}{12} * (g_d + q_d) * l^2$$

$$M_{ed;podpora} = \frac{1}{12} * 13,0 * 6,150^2$$

$$M_{ed;podpora} = 40,8 \text{ kNm}$$

$$M_{ed;max} = \max(M_{ed;pole}; M_{ed;podpora}) = \max(20,3; 40,8) = 40,8 \text{ kNm}$$

Ověření výšky tlačené oblasti, únosnosti v ohybu a stupně vyztužení:

$$d = h - \frac{\emptyset}{2} - c_{nom}$$

$$\mu = \frac{M_{ed;max}}{b * d^2 * f_{cd}}$$

$$\zeta = 0,966 \quad \dots \text{ viz tabulka součinitelů pro návrh ŽB prvků}$$

$$A_{s,rqd} = \frac{M_{ed;max}}{d * \zeta * f_{yd}}$$

$$\rho = \frac{A_{s,rqd}}{d}$$

Tabulka 13: Ověření vnitřní desky

	h_d	d	$M_{ed,max}$	μ	ζ	$A_{s,rqd}$	ρ
	[mm]	[mm]	[kNm/m]	-	-	[mm ²]	[%]
D1	200	175	40,8	0,07	0,965	555,902	0,318

$$\rho = 0,318 < 0,5 \quad \dots \text{ odpovídá předpokladu}$$

4.1.5. Vnější deska – stropní deska 3. NP

Rozpon: $l = 6,150 \text{ m}$

Empirický návrh: $h_d = \frac{l}{30} - \frac{l}{25} \rightarrow \frac{6150}{30} - \frac{6150}{20} \rightarrow 205 - 246 \text{ mm}$

$h_d = 200 \text{ mm}$

Ohybová štíhlost:

$\lambda_d = \kappa_{c1} * \kappa_{c2} * \kappa_{c3} * \lambda_{d,tab}$

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

$\kappa_{c2} = 1$... $l < 7 \text{ m}$

$\kappa_{c3} = 1,2$... odhad

$\lambda_{d,tab} = 26,7$... krajní pole spojitého nosníku

... $\rho < 0,5 \%$; beton C 30/37

$\lambda_d = 1 * 1 * 1,2 * 26,7 = 32,04$

$d \geq \frac{L_{min}}{\lambda_d} = \frac{6150}{32,04} = 191,95 \text{ mm}$

$\emptyset = 10 \text{ mm}$... odhad

$h_d = d + \frac{\emptyset}{2} + c = 191,95 + \frac{10}{2} + 20 = 216,9 \text{ mm}$

$h_d = 200 \text{ mm}$

Maximální návrhový moment

Tabulka 14: Zatížení na deku - stropní deska 3. NP

Stálé zatížení	tloušťka	obj. tíha	g_k	γ	g_d
Název	[mm]	[kg/m ³]	[kN/m ²]	-	[kN/m ²]
Střecha S1	-	-	0,2	1,35	0,28485
ŽB nosná deska	200	2500	5		6,75
Podhled	-	-	0,105		0,14175
Celkem			5,3		7,2
Proměnné zatížení	tloušťka	obj. tíha	q_k	γ	q_d
Název	[mm]	[kg/m ³]	[kN/m ²]	-	[kN/m ²]
Užitné - kategorie H (střecha)	-	-	1	1,5	1,5
Celkem			1		1,5
Σ			6,3		8,7

$$M_{ed;pole} = \frac{1}{24} * (g_d + q_d) * l^2$$

$$M_{ed;pole} = \frac{1}{24} * 8,7 * 6,150^2$$

$$M_{ed;pole} = 13,7 \text{ kNm}$$

$$M_{ed,podpora} = \frac{1}{12} * (g_d + q_d) * l^2$$

$$M_{ed,podpora} = \frac{1}{12} * 8,7 * 6,150^2$$

$$M_{ed,podpora} = 27,3 \text{ kNm}$$

$$M_{ed,max} = \max(M_{ed,pole}; M_{ed,podpora}) = \max(13,7; 27,3) = 27,3 \text{ kNm}$$

Ověření výšky tlačené oblasti, únosnosti v ohybu a stupně vyztužení:

$$d = h - \frac{\phi}{2} - c_{nom}$$

$$\mu = \frac{M_{ed,max}}{b * d^2 * f_{cd}}$$

$$\zeta = 0,966 \quad \dots \text{ viz tabulka součinitelů pro návrh ŽB prvků}$$

$$A_{s,rqd} = \frac{M_{ed,max}}{d * \zeta * f_{yd}}$$

$$\rho = \frac{A_{s,rqd}}{d}$$

Tabulka 15: Ověření vnější desky - stropní deska 3. NP

	hd	d	$M_{ed,max}$	μ	ζ	$A_{s,rqd}$	ρ
	[mm]	[mm]	[kNm/m]	-	-	[mm ²]	[%]
D2	200,000	175,000	27,348	0,045	0,977	367,829	0,210

$$\rho = 0,210 < 0,5 \quad \dots \text{ odpovídá předpokladu}$$

4.2.Svislé nosné konstrukce

Svislé nosné konstrukce jsou v celém objektu řešené jako železobetonové stěny tloušťky 200 mm.

Únosnost není potřeba dokazovat.

4.3.Schodiště

Schodiště v objektu je řešené jako dvouramenné železobetonové monolitické. Bude betonováno jako jednosměrně pnuté dvě jednou zalomené desky. Tloušťka schodišťového ramene je z geometrie volená 180 mm, mezipodesta je také tloušťky 180 mm. Jednotlivé schodišťové stupně jsou výšky 163 mm a šířky 310 mm a budou betonovány současně s deskou.

Napojení schodiště na desky je řešeno pomocí Tronsole typ T-V6-H200-L1200. V nosných obvodových stěnách budou schodišťové desky uloženy v boxech Tronsole typ Z-V. Podél celé délky bude vedena Tronsole typ L. Tyto opatření slouží zároveň k akustickému oddělení schodišťových ramen od zbytku konstrukce.

Konstrukční výška:	$K.V = 3,250 \text{ mm}$
Výška stupně (návrh):	$h_{\text{návrh}} = 180 \text{ mm}$
Počet stupňů:	$n = \frac{K.V.}{h} = \frac{3250}{180} = 18,056 \rightarrow \mathbf{20}$
Počet stupňů v jednom rameni:	$n_1 = 10$
Výška stupně:	$h_s = \frac{K.V.}{n} = \frac{3250}{20} = 162,5 \text{ mm}$
Šířka stupně:	$b = 630 - 2h = 630 - 2 * 162,52 = 310 \text{ mm}$
Délka ramene:	$l = (n_1 - 1) * b = (10 - 1) * 310 = 2790 \text{ mm}$
Šířka mezipodesty:	$b_{\text{mezp}} = 1200 \text{ mm}$
Délka mezipodesty:	$l_{\text{mezp}} = 2500 \text{ mm}$
Sklon schodiště:	$tg \alpha = \frac{h}{b} = \frac{180}{310} = 0,524 \rightarrow \alpha = 27^\circ$

Náhradní spojité zatížení od schodišťového stupně:

$$g_k = \frac{1}{2} * h_s * \frac{25}{1000} = \frac{1}{2} * 162,5 * \frac{25}{1000} = 2,031 \text{ kN/m}^2$$

$$g_d = g_k * 1,35 = 2,031 * 1,35 = 2,742 \text{ kN/m}^2$$

Empirický návrh: $h_{\text{mezipodesta}} = \frac{l}{30} - \frac{l}{25} \rightarrow \frac{2500}{30} - \frac{2500}{20} \rightarrow 83 - 100 \text{ mm}$

$$h_{\text{mezipodesta}} = 180 \text{ mm} \rightarrow \text{navrženo z geometrie}$$

$$h_{\text{rameno}} = \frac{l}{30} - \frac{l}{25} \rightarrow \frac{2790}{30} - \frac{2790}{20} \rightarrow 93 - 112 \text{ mm}$$

$$h_{\text{rameno}} = 180 \text{ mm} \rightarrow \text{navrženo z geometrie}$$

4.4. Základové konstrukce

Celý objekt je založen v písčitohlinité zemině S4-SM. Spodní voda v místě zakládání nebyla zjištěna. Viz příloha č. 8.

Vlastnosti zeminy: $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

$$\nu = 0,3$$

$$\beta = 0,74$$

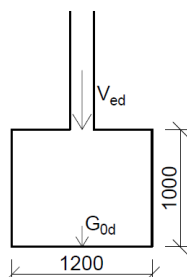
$$E_{DEF} = 10 \text{ MPa}$$

$$\varphi_{EF} = 30^\circ \rightarrow \varphi_d = \arctg \frac{\text{tg } \varphi_{EF}}{\gamma_c} = \arctg \frac{\text{tg } 30}{1,25} = 24,79^\circ$$

$$c_{DEF} = 5 \text{ kPa} \rightarrow c_d = \frac{c_k}{\gamma_c} = \frac{5}{1,25} = 4 \text{ kPa}$$

4.4.1. Návrh a posouzení vnitřního pasu

Návrh rozměrů



Obrázek 6: Návrh rozměrů pasu

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

$$D = 1 \text{ m}$$

Tabulka 16: Zatížení na vnitřní pas

Stálé zatížení	zatížení		Rozměry			počet	V_{gk} [kN]	γ	V_{gd} [kN]
	Název	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[m]					
Nosná stěna - ŽB	25	-	0,2	1	3,05	3	45,75	1,35	61,76
Vnitřní omítka - SK2	-	0,33	-	1	3,05	3	3,02		4,08
Stropní deska - ŽB	25	-	0,2	1	6,15*1,2	2	73,80		99,63
Podlaha - P3	-	2,3	-	1	6,15*1,2	2	33,95		45,83
Střecha - S2	-	2,11	-	1	6,15*1,2	1	15,57		21,02
Příčky - SK3	-	1,52	3,05	1	6,15*1,2*0,5	3	55,17		74,48
Podhled - PD1	-	0,105	-	1	6,15*1,2	3	2,32		3,14
Celkem							229,58		
Proměnné zatížení	zatížení		Rozměry			počet	V_{gk} [kN]	γ	V_{gd} [kN]
Název	[kN/m ²]		[m]						
Užitné - kategorie A (obytné)	2	-	-	1	6,15*1,2	2	29,52	1,5	44,28
Užitné - kategorie H (střecha)	1	-	-	1	6,15*1,2	1	7,38		11,07
Celkem							36,90		55,35
Σ						$V_{ek} =$	266,48	$V_{ed} =$	365,29

Koeficient 1,2 použitý u zatěžovací šířky desek zohledňuje rozdělení zatížení od spojitě nosné desky (střední podpora spojitého nosníku). Koeficient 0,5 použitý u zatížení od příček zohledňuje zaplnění zatěžovaného prostoru příčkami (uvažují maximálně 50 %).

Zatížení od konstrukce:	$V_{ed} = 365,29 \text{ kN}$
Zatížení od vlastní tíhy:	$G_{0d} = 1,2 * 1 * 25 * 1,35 = 40,5 \text{ kN}$
Celkové zatížení:	$V_{ed} + G_{0d} = 365,29 + 40,5 = 405,79 \text{ kN}$

Napětí v základové spáře

$$\sigma = \frac{N_{ed} + G_{0d}}{A_{eff}} = \frac{405,79}{1 * 1,2} = 338,157 \text{ kPa}$$

Únosnost

Součinitel únosnosti:	$N_c = (N_q - 1) * \cotg \varphi$
	$N_c = (10,43 - 1) * \cotg 24,79 = \mathbf{20,42}$
	$N_q = tg^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) * e^{\pi * tg \varphi}$
	$N_q = tg^2 \left(45 + \frac{24,79}{2} \right) * e^{\pi * tg 24,79} = \mathbf{10,43}$
	$N_\gamma = 1,5 * (N_q - 1) * tg \varphi$
	$N_\gamma = 1,5 * (10,43 - 1) * tg 24,79 = \mathbf{6,53}$

Součinitel tvaru základu:	$s_c = s_q = s_\gamma = \mathbf{1}$
---------------------------	-------------------------------------

Součinitel hloubky založení:	$d_c = 1 + 0,1 * \sqrt{\frac{D}{B}}$
	$d_c = 1 + 0,1 * \sqrt{\frac{1}{1,2}} = \mathbf{1,091}$
	$d_q = 1 + 0,1 * \sqrt{\frac{D}{B} * \sin \varphi}$
	$d_q = 1 + 0,1 * \sqrt{\frac{1}{1,2} * \sin 24,79} = \mathbf{1,059}$
	$d_\gamma = \mathbf{1}$

Součinitel vlivu šikmé síly:	$i_c = i_q = i_\gamma = \mathbf{1}$
------------------------------	-------------------------------------

$$R/A' = c_d * N_c * s_c * d_c * i_c + \gamma_1 * D * N_q * s_q * d_q * i_q + \frac{1}{2} * \gamma_1 * B * N_\gamma * s_\gamma * d_\gamma * i_\gamma$$

$$R/A' = 4 * 20,42 * 1 * 1,091 * 1 + 17,5 * 1 * 10,43 * 1 * 1,059 * 1 + \frac{1}{2} * 17,5 * 1,2 * 6,53 * 1 * 1 * 1$$

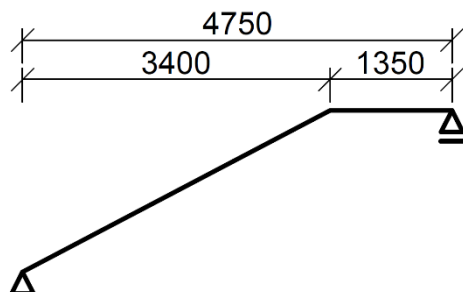
$$R/A' = 89,120 + 193,302 + 68,591 = \mathbf{351,013 \text{ kPa}}$$

$$R/A' = 351,013 \text{ kPa} > \sigma = 338,157 \text{ kPa} \quad \dots \text{ VYHOVUJE}$$

Návrh byl proveden pro nejzatíženější pas, tento návrh použijí pro všechny vnitřní pasy objektu. Jedná se o pas pod středovou vnitřní nosnou stěnou, která tvoří mezilehlou podporu pro spojitou stropní desku. Zbytek základových pasů po obvodu objektu bude odhadem, vzhledem k přibližně polovičnímu zatížení od stropních desek, šířky 0,8 m. Podrobný výpočet pro vnější základový pas nebyl proveden.

5. Podrobný návrh výztuže schodiště

Pro podrobný ruční výpočet návrhu výztuže bylo vybráno železobetonové monolitické schodiště. Schodiště je řešeno jako dvouramenné, sestávající z dvou jednostranně pnutých jednou zalomených desek.



Obrázek 7: Schéma schodišťové desky

5.1. Geometrie schodiště

Konstrukční výška:	$K.V = 3,250 \text{ mm}$
Výška stupně (návrh):	$h_{\text{návrh}} = 180 \text{ mm}$
Počet stupňů:	$n = \frac{K.V.}{h} = \frac{3250}{180} = 18,056 \rightarrow \mathbf{20}$
Počet stupňů v jednom rameni:	$n_1 = 10$
Výška stupně:	$h_s = \frac{K.V.}{n} = \frac{3250}{20} = 162,5 \text{ mm}$
Šířka stupně:	$b = 630 - 2h = 630 - 2 * 162,52 = 310 \text{ mm}$
Délka ramene z geometrie:	$l = 3400 \text{ mm}$
Šířka ramene:	$b_{\text{ram}} = 1200 \text{ mm}$
Šířka mezipodesty z geometrie:	$b_{\text{mezp}} = 1350 \text{ mm}$
Délka mezipodesty:	$l_{\text{mezp}} = 1300 \text{ mm}$
Sklon schodiště:	$tg \alpha = \frac{h}{b} = \frac{180}{310} = 0,524 \rightarrow \alpha = 27^\circ$

5.2. Materiálové řešení

BETON: C30/37 XC1 D_{max} 22 Cl 0,2

Vlastnosti: $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
 $\gamma_m = 1,5$
 $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$
 $f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$

OCEL: Betonářská výztuž - B 500 B

Vlastnosti: $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
 $\gamma_m = 1,15$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_m} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

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

5.3. Výpočet zatížení ramene

Užitné zatížení

Kategorie A podle ČSN EN 1991-1-1:

Schodiště: $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$

Stálé zatížení od skladby podlahy

Tabulka 17: Zatížení od skladby na schodišťovém rameni – P4

Název vrstvy	tloušťka	obj. tíha	hmotnost	g_k	γ	g_d
	[mm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kN/m ²]		-
Keramická dlažba	10	-	45	0,450	1,35	0,608
Cementová lepicí hmota	5	2400	45	0,450		0,608
	Σ 15			0,900		1,215

$$g_{k1} = 1,215 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení od schodišťového stupně

$$g_{k2} = \frac{h_s}{2} * \frac{25}{1000} = \frac{180 * 25}{2 * 1000} = 2,031 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení od vlastní tíhy železobetonové desky

Tloušťka desky: $h_d = 180 \text{ mm}$

Sklon schodiště: $tg \alpha = \frac{h}{b} = \frac{180}{310} = 0,524 \rightarrow \alpha = 27^\circ$

Svislá tloušťka desky: $h_{ds} = \frac{h_d}{\cos \alpha} = \frac{180}{\cos 27} = 203,23 \text{ mm}$

$$g_{k3} = h_{ds} * \frac{25}{1000} = 203,23 * \frac{25}{1000} = 5,081 \text{ kN/m}^2$$

Celkové zatížení

Stálé zatížení: $g_{k1} = 1,215 \text{ kN/m}^2$

$$g_{k2} = 2,031 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{k3} = 5,081 \text{ kN/m}^2$$

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

$$f_{d0} = 1,35 * (g_{k1} + g_{k2} + g_{k3}) + 1,5 * q_k$$

$$f_{d0} = 1,35 * (1,215 + 2,031 + 5,081) + 1,5 * 3$$

$$f_{d0ram} = 15,316 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{dram} = f_{d0} * b_{ram} = 15,316 * 1,2 = 18,38 \text{ kN/m}$$

5.4. Výpočet zatížení mezipodesty

Užitné zatížení

Kategorie A podle ČSN EN 1991-1-1:

Schodiště: $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$

Stálé zatížení od skladby podlahy

Tabulka 18: Zatížení od skladby mezipodesty – P4

Název vrstvy	tloušťka	obj. tíha	hmotnost	g_k	γ	g_d
	[mm]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[kN/m ²]	-	[kN/m ²]
Keramická dlažba	10	-	45	0,450	1,35	0,608
Cementová lepicí hmota	5	2400	45	0,450		0,608
	Σ	15		0,900		1,215

$$g_{k1} = 1,215 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení od vlastní tíhy železobetonové desky

Tloušťka desky: $h_d = 180 \text{ mm}$

$$g_{k2} = h_s * \frac{25}{1000} = 180 * \frac{25}{1000} = 4,5 \text{ kN/m}^2$$

Celkové zatížení

Stálé zatížení: $g_{k1} = 1,215 \text{ kN/m}^2$

$$g_{k2} = 4,5 \text{ kN/m}^2$$

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

$$f_{d0} = 1,35 * (g_{k1} + g_{k2} + g_{k3}) + 1,5 * q_k$$

$$f_{d0} = 1,35 * (1,215 + 4,5) + 1,5 * 3$$

$$f_{d0mezp} = 11,79 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{dmezp} = f_{d0} * l_{mezp} = 11,79 * 1,3 = 15,327 \text{ kN/m}$$

5.5. Výpočet momentu v rameni

Zatížení na rameni: $f_{dram} = 18,38 \text{ kN/m}$

Zatížení na mezipodestě: $f_{dmezp} = 15,327 \text{ kN/m}$

Výška stupně: $h_s = 162,5 \text{ mm}$

Šířka stupně: $b = 310 \text{ mm}$

Délka ramene z geometrie: $l_{ram} = 3,4 \text{ m}$

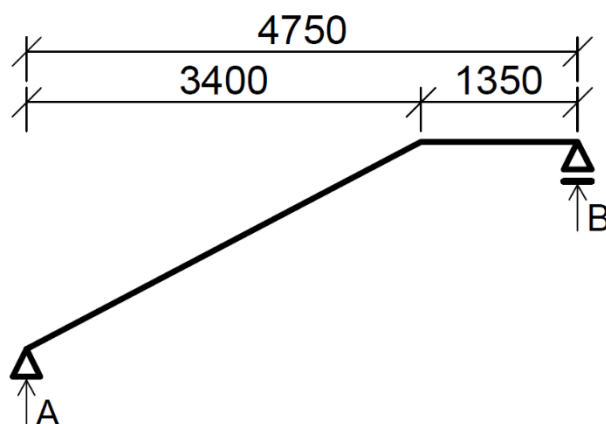
Šířka ramene: $b_{ram} = 1200 \text{ mm}$

Šířka mezipodesty z geometrie: $b_{mezp} = 1,35 \text{ m}$

Délka mezipodesty: $l_{mezp} = 1300 \text{ mm}$

Délka desky: $l = l_{ram} + b_{mezp} = 3,4 + 1,35 = 4,75 \text{ m}$

Výpočet reakcí v podporách



Obrázek 8: Schéma reakcí působících na rameni schodiště

$$\text{Reakce A: } 0 = -A * (l_{ram} + b_{mezp}) + f_{dmezp} * \frac{b_{mezp}^2}{2} + f_{dram} * l_{ram} * (b_{mezp} + \frac{l_{ram}}{2})$$

$$A = \frac{f_{dmezp} * \frac{b_{mezp}^2}{2} + f_{dram} * l_{ram} * (b_{mezp} + \frac{l_{ram}}{2})}{(l_{ram} + b_{mezp})}$$

$$A = \frac{15,327 * \frac{1,35^2}{2} + 18,38 * 3,4 * (1,35 + \frac{3,4}{2})}{(3,4 + 1,35)} = 43,1 \text{ kN}$$

$$\text{Reakce B: } B = f_{dram} * l_{ram} + f_{dmezp} * b_{mezp} - A$$

$$B = 18,38 * 3,4 + 15,327 * 1,35 - 43,1 = 40,116 \text{ kN}$$

Moment v poli ramene schodiště

$$\text{Rameno maximálního momentu: } x = \frac{A}{f_{dram}} = \frac{43,1}{18,38} = 2,34 \text{ m}$$

$$\text{Moment v poli: } M_{pole(x)} = A * x - f_{dram} * \frac{x^2}{2}$$

$$M_{pole(x)} = 43,1 * 2,34 - 18,38 * \frac{2,34^2}{2}$$

$$M_{pole(x)} = 50,454 \text{ kNm}$$

5.6. Krytí schodišťového ramene

$$\text{Minimální krytí: } c_{min} = \max(c_{min;b}; c_{min;dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10)$$

$$\text{Třída konstrukce a vliv prostředí: } c_{min;dur} = 10 \text{ mm}$$

B 30/37; životnost 50 let; konstrukční třída S3; prostředí XC1)

$$\text{Vyztužení (průměr prutu navržené výztuže): } c_{min;b} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Přídavná bezpečnostní složka: } \Delta c_{dur,\gamma} = 0 \text{ mm}$$

$$\text{Redukce min vrstvy při použití nerezové oceli: } \Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$$

$$\text{Redukce min vrstvy při použití přídavné ochrany: } \Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$$

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

$$c_{min} = \max(12; 10 + 0 - 0 - 0; 10)$$

$$c_{min} = 12 \text{ mm}$$

Nominální krycí vrstva:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Přídavek na návrhovou odchylku:

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

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{nom} = 10 + 10$$

$$c_{nom} = 22 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \text{volím } c_{nom} = 25 \text{ mm}$$

5.7. Konstrukční zásady

Účinná výška:

$$d = h - c_{nom} - \frac{\phi_v}{2} - \phi_{tr}$$

$$d = 180 - 25 - \frac{12}{2} - 8 = 144 \text{ mm}$$

Odhad ramene vnitřních sil:

$$z = 0,9 * d = 0,9 * 144 = 129,6 \text{ mm}$$

Minimální plocha výztuže

$$a_{smin} = \max(a_{smin1}; a_{smin2}) = \max(293,2; 252,7) = 293,2 \text{ mm}^2$$

$$a_{smin1} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b_{mezp} * d$$

$$a_{smin1} = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 1350 * 144 = 293,2 \text{ mm}^2$$

$$a_{smin2} = 0,0013 * b_{mezp} * d$$

$$a_{smin2} = 0,0013 * 1350 * 144 = 252,7 \text{ mm}^2$$

Maximální plocha výztuže

$$a_{smax} = 0,04 * 1000 * h = 0,04 * 1000 * 180 = 7200 \text{ mm}^2$$

Maximální osová vzdálenost výztuže

$$s_{max} = \min(s_{max1}; s_{max2}) = \max(360; 250) = 250 \text{ mm}$$

$$s_{max1} = 2 * h$$

$$s_{max1} = 2 * 180 = 360 \text{ mm}$$

$$s_{max2} = 250 \text{ mm}$$

Minimální osová vzdálenost výztuže

$$s_{min} = \max(s_{min1}; s_{min2}; s_{min3}) = \max(20; 14,4; 27) = 27 \text{ mm}$$

$$s_{min1} = 20 \text{ mm}$$

$$s_{min2} = 1,2 * \phi = 1,2 * 12 = 14,4 \text{ mm}$$

$$s_{min3} = D_{max} + 5 = 22 + 5 = 27 \text{ mm}$$

5.8. Návrh spodní výztuže schodišťového ramene

Účinná výška: $d = 144 \text{ mm}$

Odhad ramene vnitřních sil: $z = 129,6 \text{ mm}$

Návrhový moment: $M_{ed} = 50,5 \text{ kNm}$

Minimální potřebná plocha výztuže: $A_{sreq} = \frac{M_{ed}}{z * f_{yd}}$

$$A_{sreq} = \frac{50,5 * 1000000}{129,6 * 435} = 895,4 \text{ mm}^2$$

Návrh

Průměr prutů: $\varnothing = 12 \text{ mm}$

Počet prutů: $n = 8$

Osová vzdálenost prutů: $s = \frac{b_{ram} - 100}{n - 1} = \frac{1200 - 100}{8 - 1} = 157,1 \text{ mm}$

Plocha navržené výztuže: $A_{sprov} = \pi * \frac{\varnothing^2}{4} * n = \pi * \frac{12^2}{4} * 8 = 904,8 \text{ mm}^2$

5.9. Posouzení navržené spodní výztuže schodišťového ramene

Účinná výška: $d = h - c_{nom} - \frac{\varnothing_v}{2} - \varnothing_{tř}$

$$d = 180 - 25 - \frac{12}{2} - 8 = 144 \text{ mm}$$

Návrhový moment: $M_{ed} = 50,5 \text{ kNm}$

Výška tlačené oblasti: $x = \frac{A_{sprov} * f_{yd}}{0,8 * f_{cd} * b_{mezp}}$

$$x = \frac{904,8 * 435}{0,8 * 20 * 1350} = 18,2 \text{ mm}$$

Rameno vnitřních sil: $z = d - 0,4 * x$

$$z = 144 - 0,4 * 18,2 = 136,7 \text{ mm}$$

Moment únosnosti: $M_{rd} = A_{sprov} * f_{yd} * z$

$$M_{rd} = \frac{904,8 * 435 * 136,7}{1000000} = 53,8 \text{ kNm}$$

Poměrná výška tlačené oblasti: $\xi = \frac{d}{x}$

$$\xi = \frac{144}{18,2} = 0,13 < 0,45 = \xi_{max} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$M_{ed} = 50,5 \text{ kNm} < M_{rd} = 53,8 \text{ kNm} \dots \text{VYHOVUJE}$

5.10. Posouzení nutnosti smykové výztuže

Působící síla – reakce A: $V_{Ed} = 43,1 \text{ kN}$

Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže:

$$V_{Rd,c} = (c_{Rd,c} * k * \sqrt[3]{100 * \rho_1 * f_{ck}} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{144}} = 2,18 > 2 \dots \text{uvažuji hodnotu } 2$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sprov}}{b_w * d} = \frac{904,8}{1200 * 144} = 0,005$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = 0$$

$$b_w = 1200 \text{ mm}$$

$$d = 144 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,c} = (0,12 * 2 * \sqrt[3]{100 * 0,005 * 30} + 0) * 1200 * 144$$

$$V_{Rd,c} = 102279 \text{ N} \rightarrow 102,279 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 102,279 \text{ kN} > V_{Ed} = 43,1 \text{ kN}$$

... VYHOVUJE

→ **není potřeba navrhovat smykovou výztuž**

Působící síla – reakce B: $V_{Ed} = 40,116 \text{ kN}$

Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže:

$$V_{Rd,c} = (c_{Rd,c} * k * \sqrt[3]{100 * \rho_1 * f_{ck}} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{144}} = 2,18 > 2 \dots \text{uvažuji hodnotu } 2$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sprov}}{b_w * d} = \frac{904,8}{1200 * 144} = 0,005$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = 0$$

$$b_w = 1200 \text{ mm}$$

$$d = 144 \text{ mm}$$

$$V_{Rd,c} = \left(0,12 * 2 * \sqrt[3]{100 * 0,005 * 30} + 0 \right) * 1200 * 144$$

$$V_{Rd,c} = 102279 \text{ N} \rightarrow 102,279 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 102,279 \text{ kN} > V_{Ed} = 40,116 \text{ kN} \quad \dots \text{ VYHOVUJE}$$

→ není potřeba navrhovat smykovou výztuž

5.11. Přesahové a kotevní délky

Beton C30/37:

$$f_{ctk,0,05} = 2 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0,05}}{1,5} = \frac{2}{1,5} = 1,3 \text{ MPa}$$

Mezní napětí v soudržnosti:

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

$$\eta_1 = 1 \dots \text{ pro dobré podmínky soudržnosti}$$

$$\eta_2 = 1 \dots \text{ pro } \varnothing \leq 32 \text{ mm}$$

$$f_{bd} = 2,25 * 1 * 1 * 1,3 = 2,93 \text{ MPa}$$

Kotevní délka - $\varnothing = 12 \text{ mm}$

Základní kotevní délka:

$$l_{b,rqd} = \frac{\varnothing}{4} * \frac{\sigma_s}{f_{bd}} = \frac{12}{4} * \frac{435}{2,93} = 445,17 \text{ mm}$$

Minimální kotevní délka:

$$l_{b, \text{mintah}} = \max(0,3 * l_{b,rqd}; 10\varnothing; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b, \text{mintah}} = \max(0,3 * 445,17; 120; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b, \text{mintah}} = 133,55 \text{ mm}$$

$$l_{b, \text{mintlak}} = \max(0,6 * l_{b,rqd}; 10\varnothing; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b, \text{mintlak}} = \max(0,6 * 445,17; 120; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b, \text{mintlak}} = 267,10 \text{ mm}$$

Návrhová kotevní délka:

$$l_{b,d,tah} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,rqd}$$

$$l_{b,d,tlak} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,rqd}$$

$$\alpha_1 = 1,0 \dots \text{ vliv tvaru prutu}$$

$$\alpha_2 = 1,0 \dots \text{ vliv minimální krycí vrstvy (tah)}$$

$$\alpha_2 = 0,869 \dots \text{ vliv minimální krycí vrstvy (tlak)}$$

$$\alpha_3 = 1,0 \dots \text{ vliv ovinutí příčnou výztuží}$$

$$\alpha_4 = 1,0 \dots \text{ vliv příčně přivařených prutů}$$

$$\alpha_5 = 1,0 \dots \text{ vliv tlaku kolmého na rovinu}$$

odštěpování betonu

$$l_{b,d,tah} = 1 * 0,869 * 1 * 1 * 1 * 445,17$$

$$l_{b,d,tah} = 386,853 \text{ mm}$$

$$l_{b,d,tlak} = 1 * 1 * 1 * 1 * 1 * 1 * 445,17$$

$$l_{b,d,tlak} = 445,17 \text{ mm}$$

$$l_{b,d,tah} = 386,853 \text{ mm} > l_{b,mintah} = 133,55 \text{ mm} \quad \dots \text{ VYHOVUJE}$$

$$l_{b,d,tlak} = 445,17 \text{ mm} > l_{b,mintlak} = 267,10 \text{ mm} \quad \dots \text{ VYHOVUJE}$$

Návrh: $l_{tah} = 400 \text{ mm} \quad l_{tlak} = 450 \text{ mm}$

Přesahová délka - $\emptyset = 12 \text{ mm}$

Minimální přesahová délka: $l_{0,min} = \max(0,3 * \alpha_6 * l_{b,rqd}; 15\emptyset; 200 \text{ mm})$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{0,min} = \max(0,3 * 1,5 * 296,78; 180; 200 \text{ mm})$$

$$l_{0,min} = 200,327 \text{ mm}$$

Návrhová přesahová délka:

$$l_{0,tah} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * \alpha_6 * l_{b,rqd}$$

$$l_{0,tah} = 1 * 0,869 * 1 * 1 * 1 * 1,5 * 445,17$$

$$l_{0,tah} = 580,279 \text{ mm}$$

$$l_{0,tlak} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * \alpha_6 * l_{b,rqd}$$

$$l_{0,tlak} = 1 * 1 * 1 * 1 * 1 * 1,5 * 445,17$$

$$l_{0,tlak} = 667,755 \text{ mm}$$

$$l_{0,tah} = 580,279 \text{ mm} > l_{0,min} = 200,327 \text{ mm} \quad \dots \text{ VYHOVUJE}$$

$$l_{0,tlak} = 667,755 \text{ mm} > l_{0,min} = 200,327 \text{ mm} \quad \dots \text{ VYHOVUJE}$$

Návrh: $l_{0,tah} = 600 \text{ mm} \quad l_{0,tlak} = 700 \text{ mm}$

Kotevní délka - $\emptyset = 8 \text{ mm}$

Základní kotevní délka: $l_{b,rqd} = \frac{\emptyset}{4} * \frac{\sigma_s}{f_{bd}} = \frac{8}{4} * \frac{435}{2,93} = 296,78 \text{ mm}$

Minimální kotevní délka: $l_{b,mintah} = \max(0,3 * l_{b,rqd}; 10\emptyset; 100 \text{ mm})$

$$l_{b,mintah} = \max(0,3 * 296,78; 120; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,mintah} = 100 \text{ mm}$$

$$l_{b,mintlak} = \max(0,6 * l_{b,rqd}; 10\emptyset; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,mintlak} = \max(0,6 * 296,78; 120; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,mintlak} = 178,068 \text{ mm}$$

Návrhová kotevní délka: $l_{b,d,tah} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,rqd}$

$$l_{b,d,tlak} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,rqd}$$

$$\alpha_1 = 1,0 \dots \text{vliv tvaru prutu}$$

$$\alpha_2 = 1,0 \dots \text{vliv minimální krycí vrstvy (tah)}$$

$$\alpha_2 = 0,869 \dots \text{vliv minimální krycí vrstvy (tlak)}$$

$$\alpha_3 = 1,0 \dots \text{vliv ovinutí příčnou výztuží}$$

$$\alpha_4 = 1,0 \dots \text{vliv příčně přivařených prutů}$$

$$\alpha_5 = 1,0 \dots \text{vliv tlaku kolmého na rovinu}$$

odštěpování betonu

$$l_{b,d,tah} = 1 * 0,869 * 1 * 1 * 1 * 296,78$$

$$l_{b,d,tah} = 257,902 \text{ mm}$$

$$l_{b,d,tlak} = 1 * 1 * 1 * 1 * 1 * 296,78$$

$$l_{b,d,tlak} = 296,78 \text{ mm}$$

$$l_{b,d,tah} = 257,902 \text{ mm} > l_{b,shintah} = 100 \text{ mm} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$l_{b,d,tlak} = 296,78 \text{ mm} > l_{b,shintlak} = 178,068 \text{ mm} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Návrh:} \quad l_{tah} = 300 \text{ mm} \quad l_{tlak} = 300 \text{ mm}$$

Přesahová délka - $\emptyset = 8 \text{ mm}$

$$\text{Minimální přesahová délka:} \quad l_{0,min} = \max(0,3 * \alpha_6 * l_{b,rqd}; 15\emptyset; 200 \text{ mm})$$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{0,min} = \max(0,3 * 1,5 * 296,78; 180; 200 \text{ mm})$$

$$l_{0,min} = 200 \text{ mm}$$

Návrhová přesahová délka:

$$l_{0,tah} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * \alpha_6 * l_{b,rqd}$$

$$l_{0,tah} = 1 * 0,869 * 1 * 1 * 1 * 1,5 * 296,78$$

$$l_{0,tah} = 386,853 \text{ mm}$$

$$l_{0,tlak} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * \alpha_6 * l_{b,rqd}$$

$$l_{0,tlak} = 1 * 1 * 1 * 1 * 1 * 1,5 * 296,78$$

$$l_{0,tlak} = 445,17 \text{ mm}$$

$$l_{0,tah} = 386,853 \text{ mm} > l_{0,min} = 200 \text{ mm} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$l_{0,tlak} = 445,170 \text{ mm} > l_{0,min} = 200 \text{ mm} \dots \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Návrh:} \quad l_{0,tah} = 400 \text{ mm} \quad l_{0,tlak} = 300 \text{ mm}$$

Kotevní délka - $\emptyset = 6 \text{ mm}$

Základní kotevní délka: $l_{b,rqd} = \frac{\emptyset}{4} * \frac{\sigma_s}{f_{bd}} = \frac{6}{4} * \frac{435}{2,93} = 222,585 \text{ mm}$

Minimální kotevní délka: $l_{b,mintah} = \max(0,3 * l_{b,rqd}; 10\emptyset; 100 \text{ mm})$

$$l_{b,mintah} = \max(0,3 * 222,585; 120; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,mintah} = 100 \text{ mm}$$

$$l_{b,mintlak} = \max(0,6 * l_{b,rqd}; 10\emptyset; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,mintlak} = \max(0,6 * 222,585; 120; 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,mintlak} = 133,551 \text{ mm}$$

Návrhová kotevní délka: $l_{b,d,tah} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,rqd}$

$$l_{b,d,tlak} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,rqd}$$

$$\alpha_1 = 1,0 \dots \text{ vliv tvaru prutu}$$

$$\alpha_2 = 1,0 \dots \text{ vliv minimální krycí vrstvy (tah)}$$

$$\alpha_2 = 0,869 \dots \text{ vliv minimální krycí vrstvy (tlak)}$$

$$\alpha_3 = 1,0 \dots \text{ vliv ovinutí příčnou výztuží}$$

$$\alpha_4 = 1,0 \dots \text{ vliv příčně přivařených prutů}$$

$$\alpha_5 = 1,0 \dots \text{ vliv tlaku kolmého na rovinu}$$

odštěpování betonu

$$l_{b,d,tah} = 1 * 0,869 * 1 * 1 * 1 * 222,585$$

$$l_{b,d,tah} = 193,426 \text{ mm}$$

$$l_{b,d,tlak} = 1 * 1 * 1 * 1 * 1 * 222,585$$

$$l_{b,d,tlak} = 222,585 \text{ mm}$$

$$l_{b,d,tah} = 193,426 \text{ mm} > l_{b,mintah} = 100 \text{ mm} \quad \dots \text{ VYHOVUJE}$$

$$l_{b,d,tlak} = 222,585 \text{ mm} > l_{b,mintlak} = 133,551 \text{ mm} \quad \dots \text{ VYHOVUJE}$$

Návrh: $l_{tah} = 200 \text{ mm} \quad l_{tlak} = 250 \text{ mm}$

Přesahová délka - $\emptyset = 6 \text{ mm}$

Minimální přesahová délka: $l_{0,min} = \max(0,3 * \alpha_6 * l_{b,rqd}; 15\emptyset; 200 \text{ mm})$

$$\alpha_6 = 1,5$$

$$l_{0,min} = \max(0,3 * 1,5 * 296,78; 180; 200 \text{ mm})$$

$$l_{0,min} = 200 \text{ mm}$$

Návrhová přesahová délka: $l_{0,tah} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * \alpha_6 * l_{b,rqd}$

$$l_{0,tah} = 1 * 0,869 * 1 * 1 * 1 * 1,5 * 222,585$$

$$l_{0,tah} = 290,140 \text{ mm}$$

$$l_{0,tlak} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * \alpha_6 * l_{b,rqd}$$

$$l_{0,tlak} = 1 * 1 * 1 * 1 * 1 * 1,5 * 222,585$$

$$l_{0,tlak} = 333,877 \text{ mm}$$

$$l_{0,tah} = 290,140 \text{ mm} > l_{0,min} = 200 \text{ mm} \quad \dots \text{ VYHOVUJE}$$

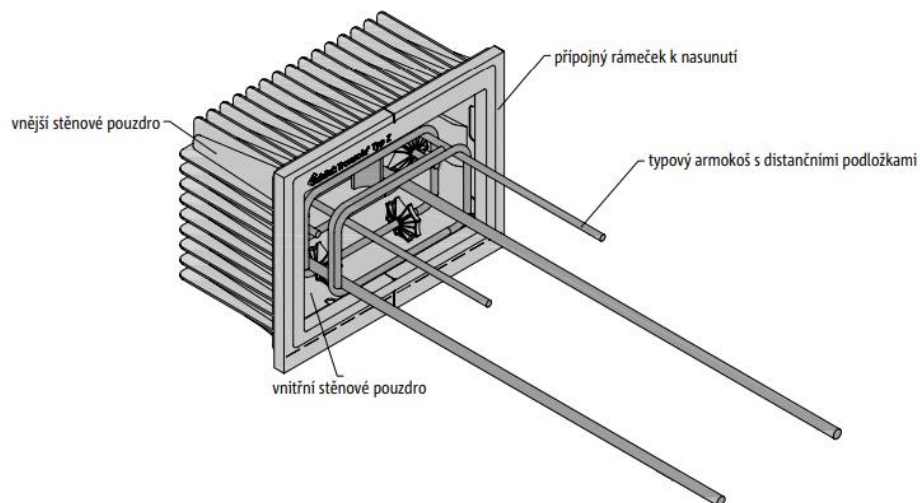
$$l_{0,tlak} = 333,877 \text{ mm} > l_{0,min} = 200 \text{ mm} \quad \dots \text{ VYHOVUJE}$$

Návrh: $l_{0,tah} = 300 \text{ mm}$

$$l_{0,tlak} = 350 \text{ mm}$$

5.12. Návrh počtu a ověření Tronsolí

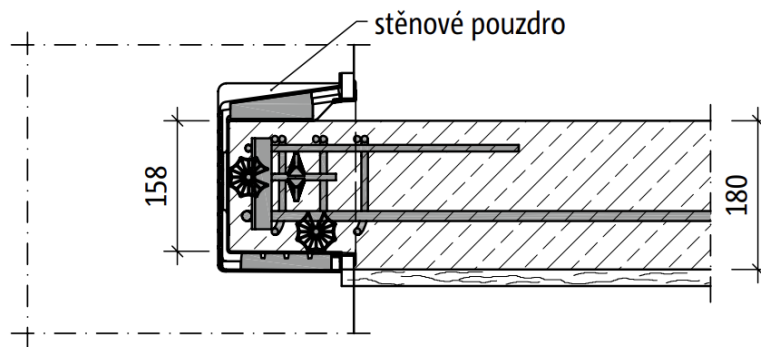
Schöck Tronsole typ Z-V



Obrázek 9: Tronsole Schöck typ Z-V

Schöck Tronsole typ Z-V je nosný prvek sloužící k napojení schodiště na nosnou stěnu a zároveň k odizolování kročejového zvuku do zbytku konstrukce. Je schopný přenášet kladnou posouvající sílu.

Vzhledem k monolitické podestě bude stěnové pouzdro prováděno jako ztracené bednění, kdy spodní hrana mezipodesty bude lícovat s přípojným rámečkem stěnového pouzdra.



Obrázek 10: Schéma provádění pro tloušťku desky 180 mm

Dimenzování

Únosnost prvku:

$$V_{Rd,z} = 75,0 \text{ kN/prvek}$$

Působící síla (reakce od schodišťové desky):

$$V_{ed} = 40,16 \text{ kN}$$

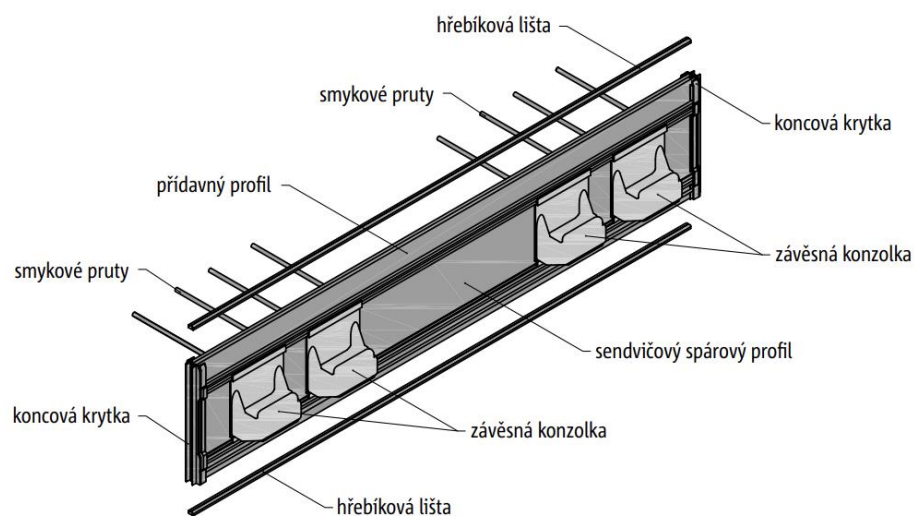
Navržený počet prvků:

$$n = 2 \dots \text{ vychází z geometrie}$$

$$V_{ed} = 40,16 \text{ kN} < n * V_{Rd,z} = 2 * 75 = 150 \text{ kN}$$

... VYHOVUJE

Schöck Tronsole typ T



Obrázek 11: Tronsole Schöck typ T

Schöck Tronsole typ T je nosný prvek sloužící k napojení schodiště na stropní desku a zároveň k odizolování kročejového zvuku do zbytku konstrukce. Je schopný přenášet kladnou posouvající sílu.

Dimenzování

Dimenzování při normálním zabudování

Schöck Tronsole® typ T		V2	V4	V6	V7	V8
vnitřní síly na mezi únosnosti		pevnostní třída betonu $\geq C20/25$				
		$V_{Rd,z}$ [kN/prvek]				
výška prvku H [mm]	160-170	14,3	28,6	42,9	50,1	57,2
	180-320	17,4	34,8	52,2	60,9	69,6
výška prvku H [mm]		$V_{Rd,y}$ [kN/prvek]				
		160-320	$\pm 1,6$	$\pm 3,3$	$\pm 5,0$	$\pm 5,8$

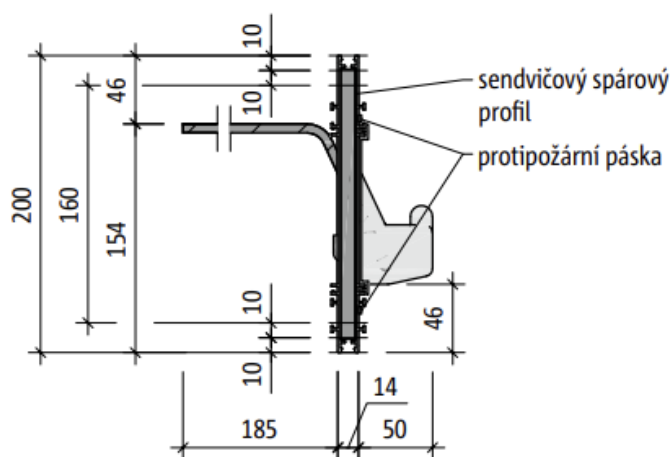
Obrázek 12: Tabulka dimenzování z technického listu výrobce

Návrh prvku: Schöck Tronsole typ T-V6-H200-L1200

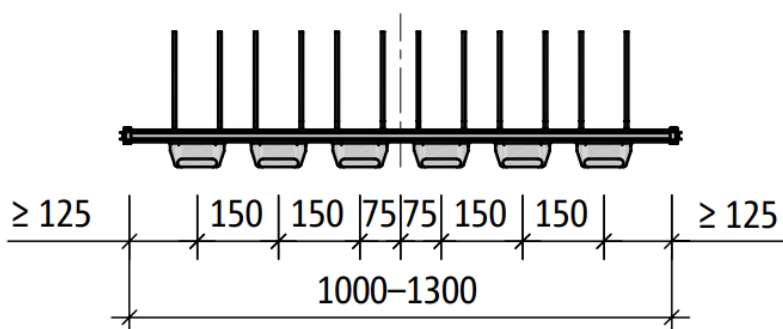
Únosnost prvku: $V_{Rd,z} = 52,20 \text{ kN/prvek}$

Působící síla (reakce od schodišťové desky): $V_{ed} = 43,1 \text{ kN}$

$V_{ed} = 43,1 \text{ kN} < V_{Rd,z} = 52,20 \text{ kN}$... VYHOVUJE



Obrázek 14: Řez prvkem Schöck Tronsole typ T-...-H200



Obrázek 13: Schéma prvku Schöck Tronsole typ T-V6-...L1000 až L1300

Konstrukční zásady pro zabudování

Otevřený třmínek nebo třmínková rohož jako závěsná výztuž na straně ramene: $\varnothing 8/150$

Otevřený třmínek nebo třmínková rohož jako lemovací výztuž na straně podesty: $\varnothing 8/150$

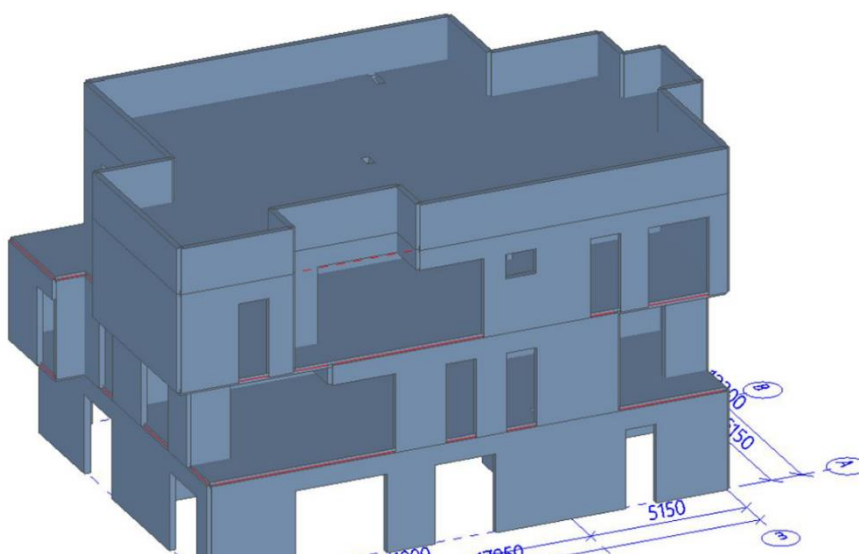
6. Statický výpočetní model

Pro účely návrhu výztuže desky byl vytvořen 3D model celého objektu v programu SCIA Engineer 22.0. Jedná se o deskostěnový model. Výpočet v programu je prováděn dle lineárně pružné teorie. Výpočet nezohledňuje vliv smršťování a dotvarování.

Model byl vytvořen na základě půdorysů a dimenze prvku byly převzaty z předběžného statického výpočtu. Vzhledem k tomu, že objekt je celý prováděn jako železobetonový monolitický, jsou všechny vazby uvažovány jako vetknutí.

Modelovány jsou pouze nosné konstrukce. Příčky jsou v modelu generovány pomocí liniového zatížení odpovídající hodnoty.

Podrobný popis modelu včetně zatěžovacích stavů, kombinací a všech uvažovaných parametrů je detailněji uveden v Příloze č. 1.



Obrázek 15: 3D model objektu

6.1. Materiálové řešení

BETON: Desky 1.NP a 2.NP C30/37 XC1 D_{max} 22 Cl 0,2

Deska 3.NP C30/37 XC3 D_{max} 22 Cl 0,2

Vlastnosti: $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$$\gamma_m = 1,5$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

OCEL: Betonářská výztuž - B 500 B

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

$$\gamma_m = 1,15$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_m} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

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

6.2. Konstrukční zásady pro vnitřní desku

$$\varnothing = 8 \text{ mm}$$

Účinná výška:

$$d = h - c_{nom} - \frac{\varnothing_v}{2}$$

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

Odhad ramene vnitřních sil:

$$z = 0,9 * d = 0,9 * 176 = 158,4 \text{ mm}$$

Minimální plocha výztuže

$$a_{smin} = \max(a_{smin1}; a_{smin2}) = \max(265; 229) = 229 \text{ mm}^2$$

$$a_{smin1} = 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d$$

$$a_{smin1} = 0,26 * \frac{2,9}{500} * 1000 * 176 = 265 \text{ mm}^2$$

$$a_{smin2} = 0,0013 * b * d$$

$$a_{smin2} = 0,0013 * 1000 * 176 = 229 \text{ mm}^2$$

Maximální plocha výztuže

$$a_{smax} = 0,04 * 1000 * h = 0,04 * 1000 * 200 = 8000 \text{ mm}^2$$

Minimální osová vzdálenost výztuže

$$s_{min} = \max(s_{min1}; s_{min2}; s_{min3}) = \max(20; 9,4; 27) = 27 \text{ mm}$$

$$s_{min1} = 20 \text{ mm}$$

$$s_{min2} = 1,2 * \varnothing = 1,2 * 8 = 9,4 \text{ mm}$$

$$s_{min3} = D_{max} + 5 = 22 + 5 = 27 \text{ mm}$$

Maximální osová vzdálenost výztuže

$$s_{max} = \min(s_{max1}; s_{max2};) = \max(400; 300) = 360 \text{ mm}$$

$$s_{max1} = 2 * h$$

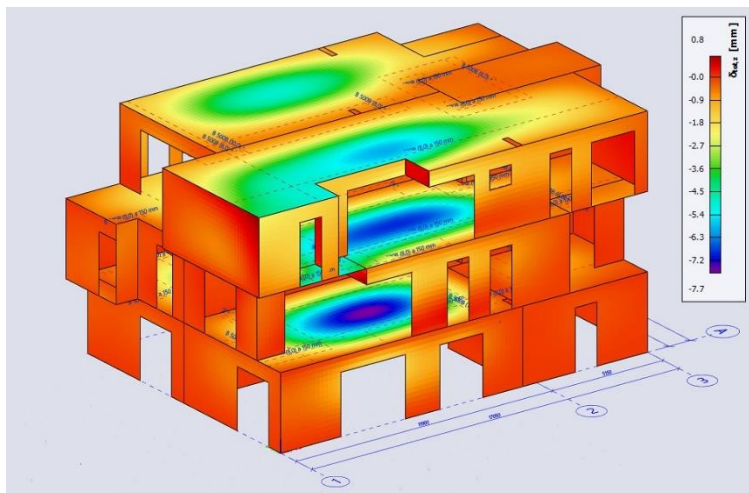
$$s_{max1} = 2 * 200 = 400 \text{ mm}$$

$$s_{max2} = 300 \text{ mm}$$

6.3. Ověření průhybů desek

Průhyby byly ověřovány při kvazistálé kombinaci zatížení. Stálé zatížení je v této kombinaci násobeno koeficientem 1, proměnné zatížení je násobeno koeficientem 0,3.

Prostřednictvím programu SCIA byl proveden fyzikálně nelineární výpočet normově závislých průhybů na deskách se zadanou výztuží. Tento výpočet zohledňuje deformace od dotvarování



Obrázek 16: Průhyb desek od kvazistálé kombinace

Limitní průhyb:

$$f_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{6150}{250} = 24,6 \text{ mm}$$

Maximální průhyb:

$$f_{max} = 7,7 \text{ mm}$$

$$f_{max} = 7,7 \text{ mm} < f_{lim} = 24,6 \text{ mm}$$

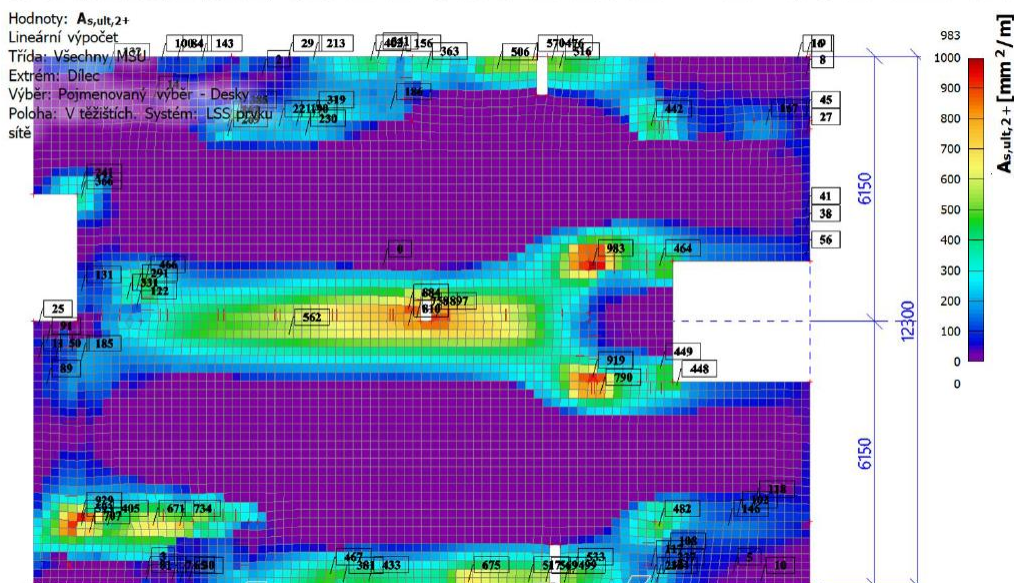
... VYHOVUJE

6.4. Návrh výztuže stropních desek na ohyb

6.4.1. Postup návrhu v programu SCIA

Na hotovém modelu jsem nechala provést lineární výpočet. Následně jsem provedla vykreslení nutné plochy výztuže pro horní i spodní povrch v obou směrech všech desek.

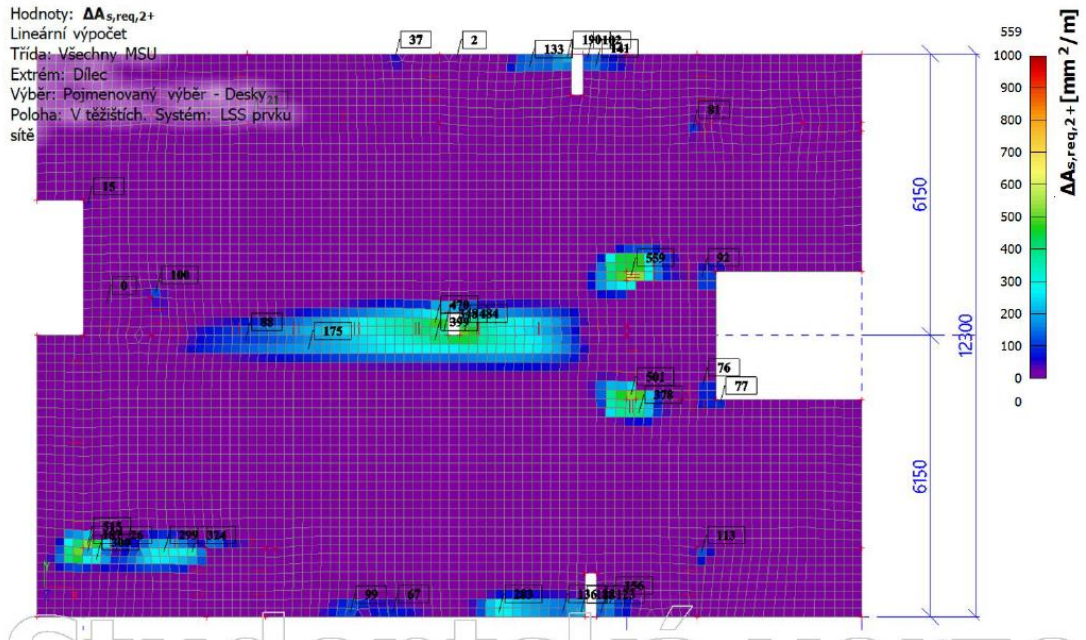
8. Strop 2. NP; $A_{s,req,y}$ - horní



Obrázek 17: Vykreslení nutné plochy výztuže ve SCIA

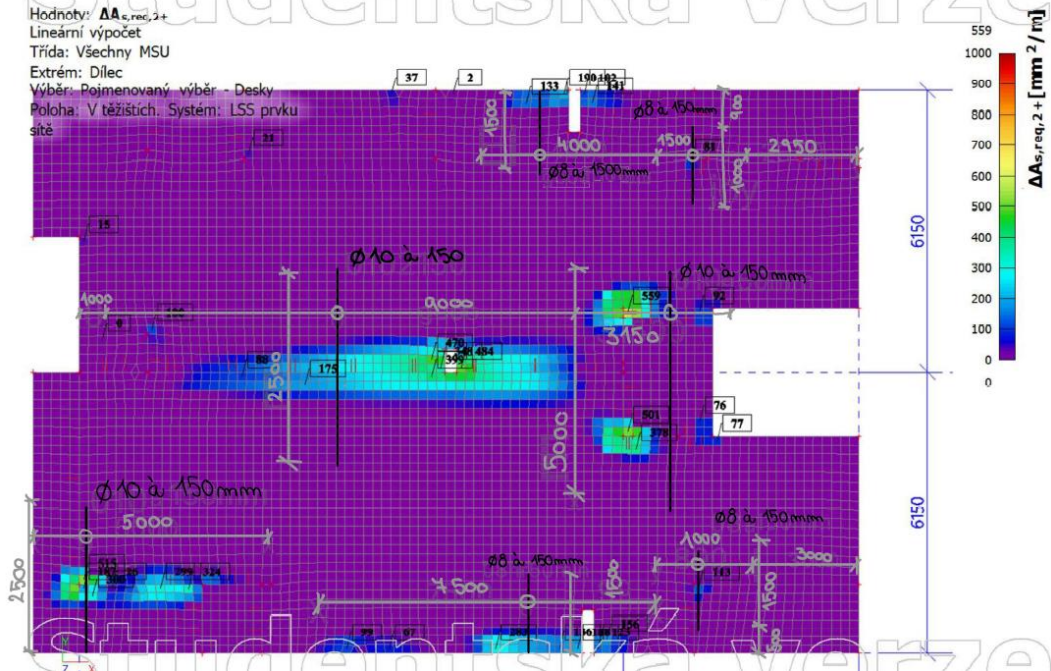
Poté jsem na základě konstrukčních zásad a po prostudování jednotlivých výsledků vykreslení zvolila jednotný rastr pro všechny povrchy, směry i desky a to profil 8 po 150 mm ($A_s = 335,1 \text{ mm}^2/\text{m}$). Tuto výztuž jsem v programu zadala a znovu provedla výpočet s vykreslením nutné plochy výztuže. Na základě tohoto vykreslení jsem byla schopna navrhnout příložky k základnímu rastru výztuže.

8. Strop 2. NP příložky; $A_{s,req,y}$ - horní



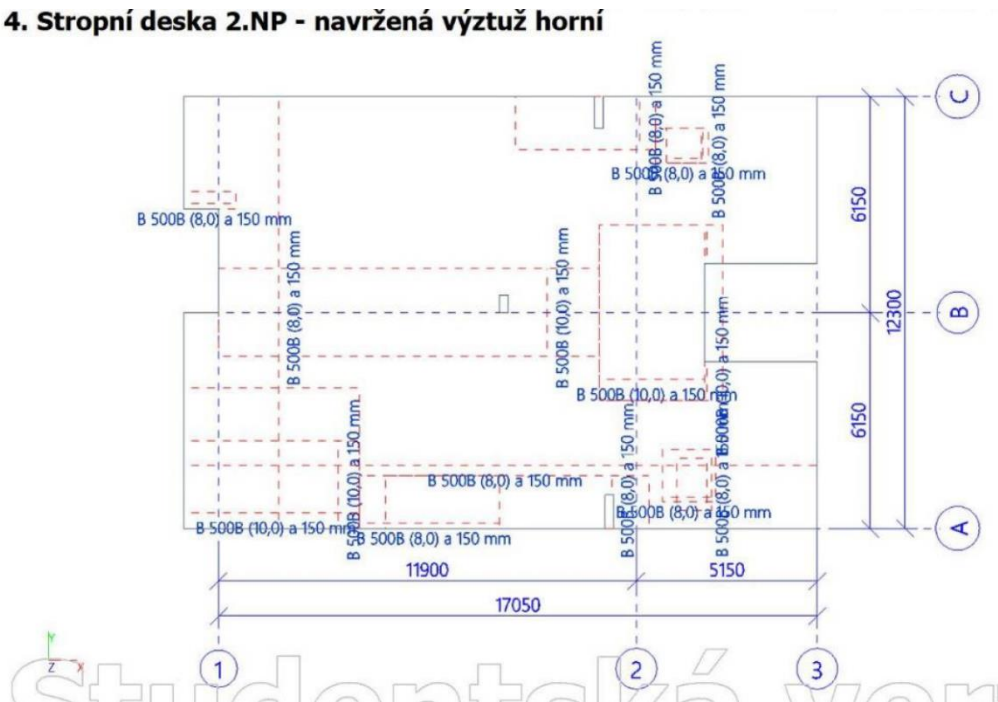
Obrázek 17: Vykreslení nutné plochy příložek ve SCIA

8. Strop 2. NP příložky; $A_{s,req,y}$ - horní



Obrázek 18: Návrh příložek

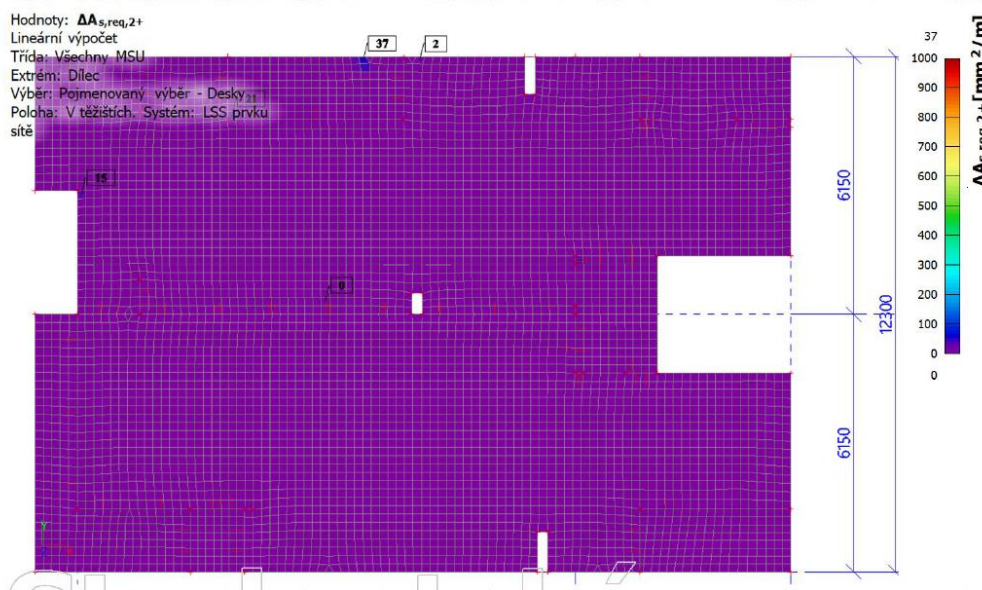
4. Stropní deska 2.NP - navržená výztuž horní



Obrázek 19: Vykreslení navržené výztuže ve SCIA

Po přidání mnou navržených příložek do modelu v programu jsem celý postup opakovala, abych si ověřila, zda jsou navržené příložky dostatečné.

8. Strop 2. NP příložky; $A_{s,req,y}$ - horní



Obrázek 20: Vykreslení nutné plochy výztuže po přidání příložek ve SCIA

Tento postup jsem aplikovala na spodní i horní povrch a oba směry výztuže všech stropních desek v objektu. Vykreslení nutné plochy výztuže pro nevyztuženou desku, vykreslení nutné plochy výztuže pro desku se základním rastrem profil 8 po 150 mm, ruční návrhy příložek, vykreslení navržených výztuží a vykreslení nutné plochy výztuže po přidání příložek viz Přílohy č.3, 4, 5, 6, 7.

6.4.2. Návrh příložek

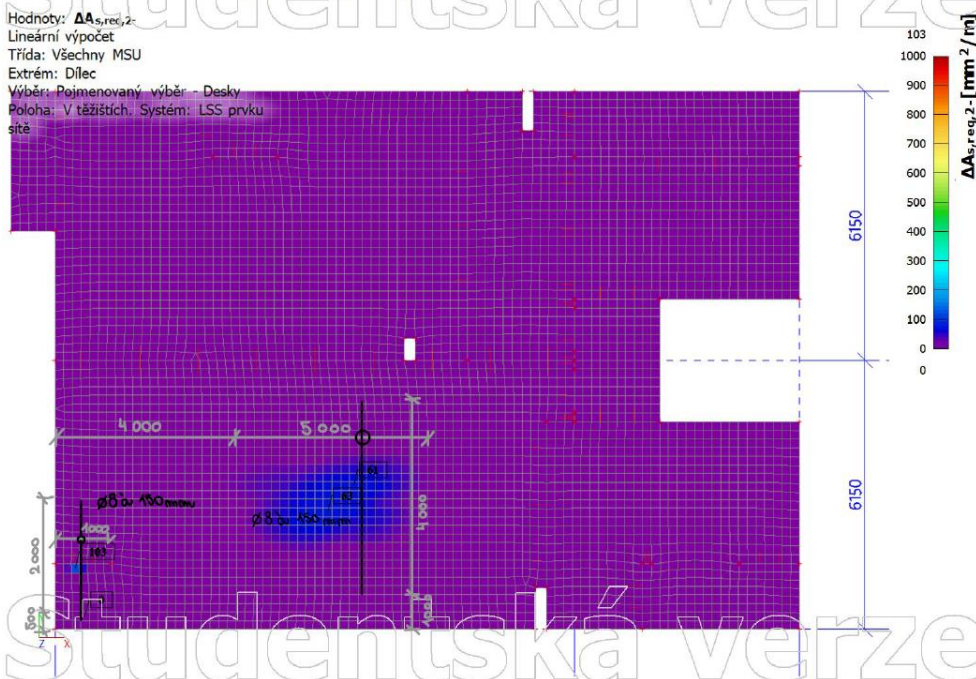
Přes snahu pokrýt všechna místa dostatečnou plochou výztuže se na deskách po finálním posouzení stále vyskytují jednotlivé prvky (zpravidla na hranách desek), kde je dle výpočtu nutné doplnit další výztuž. Tyto místa vznikají z důvodu nepřesnosti lineárního výpočtu metodou konečných prvků, který program používá. Špiček momentů v těchto bodech nebude reálně dosaženo, bylo by tedy zbytečné přidávat další výztuž.

1. Strop 1. NP příložky; $A_{s,req,x}$ - spodní



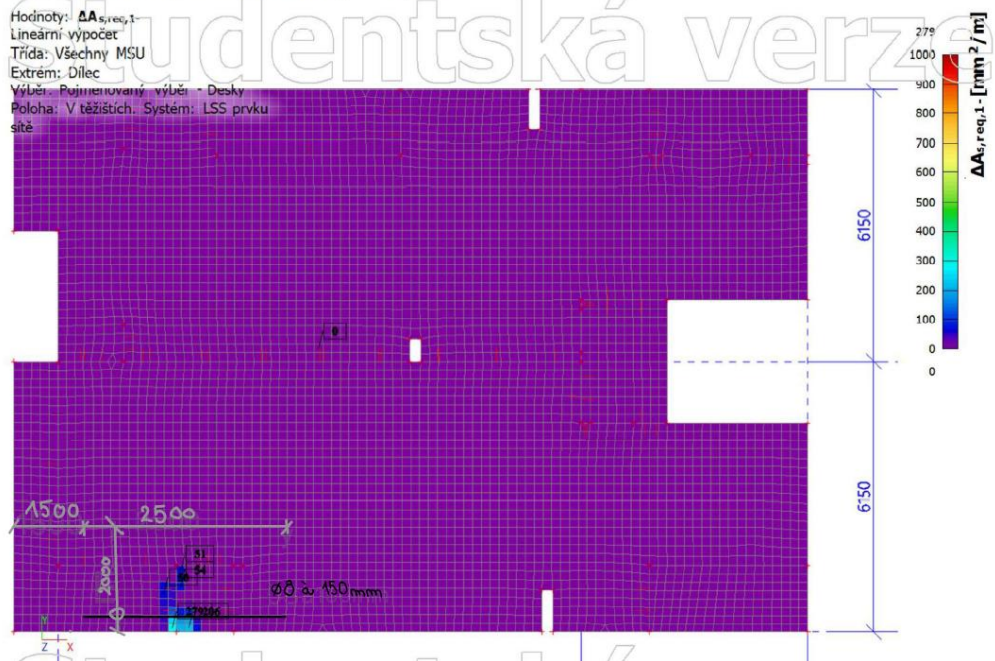
Obrázek 21: Schéma příložek

2. Strop 1. NP příložky; $A_{s,req,y}$ - spodní



Obrázek 22: Schéma příložek

5. Strop 2. NP příložky; $A_{s,req,x}$ - spodní



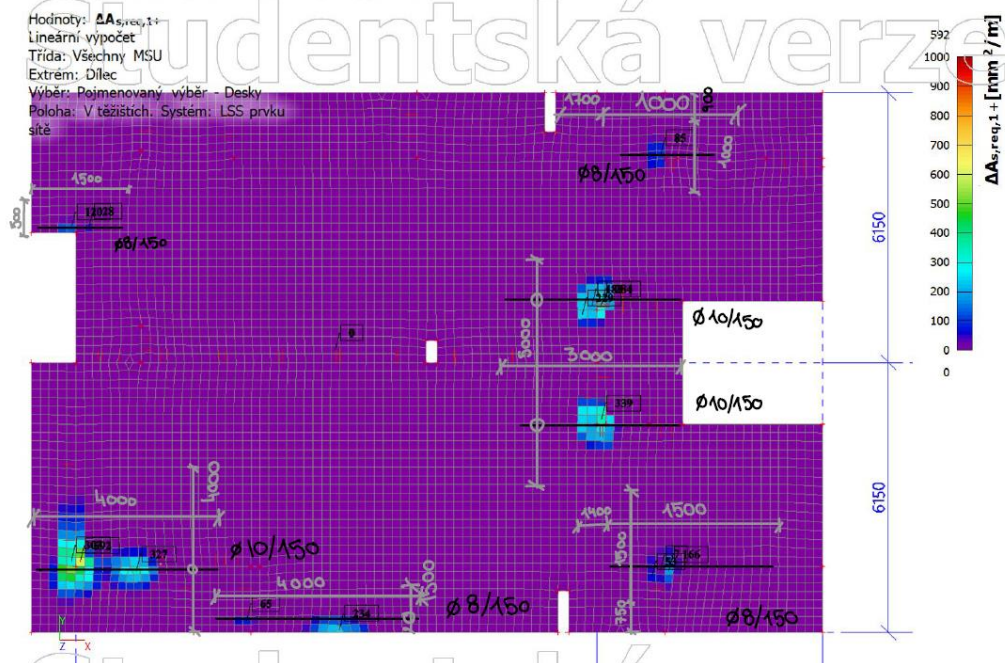
Obrázek 25: Schéma příložek

6. Strop 2. NP příložky; $A_{s,req,y}$ - spodní



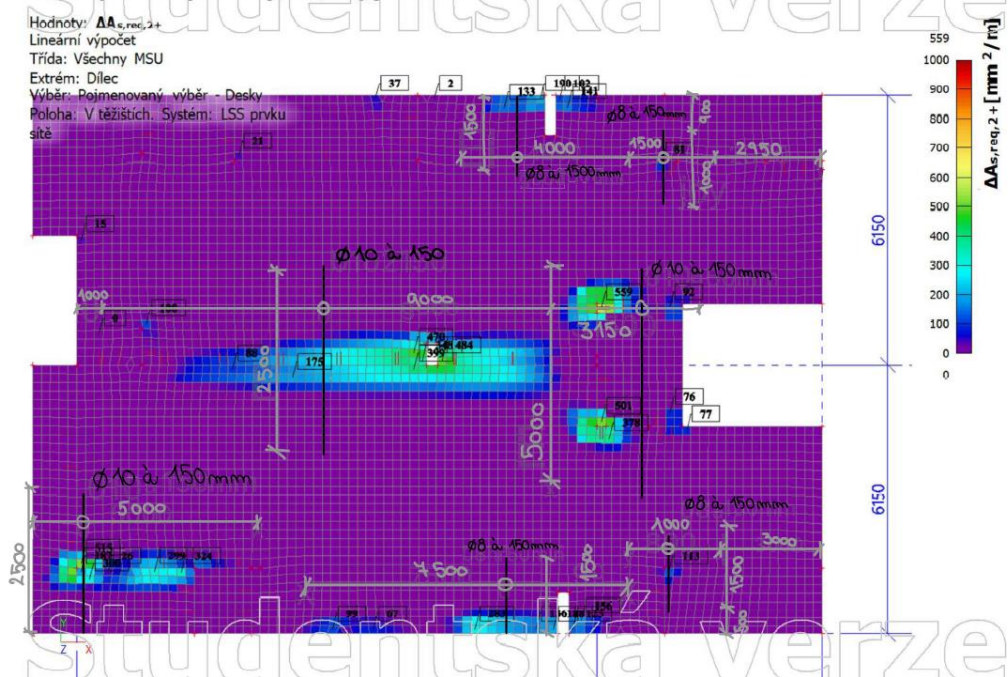
Obrázek 2618: Schéma příložek

7. Strop 2. NP příložky; $A_{s,req,x}$ - horní



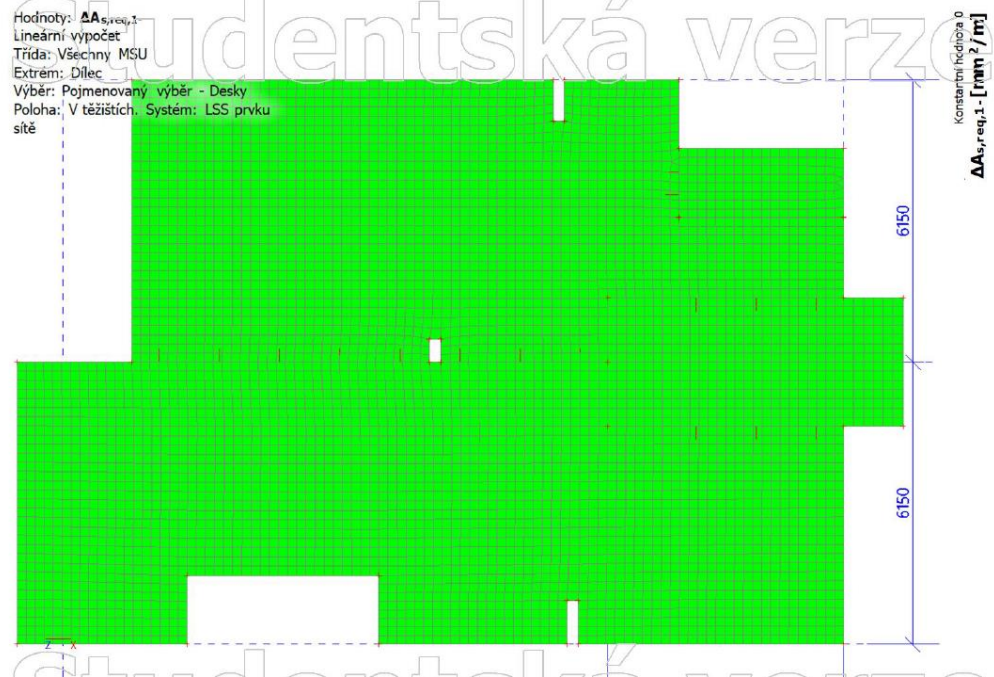
Obrázek 2719: Schéma příložek

8. Strop 2. NP příložky; $A_{s,req,y}$ - horní



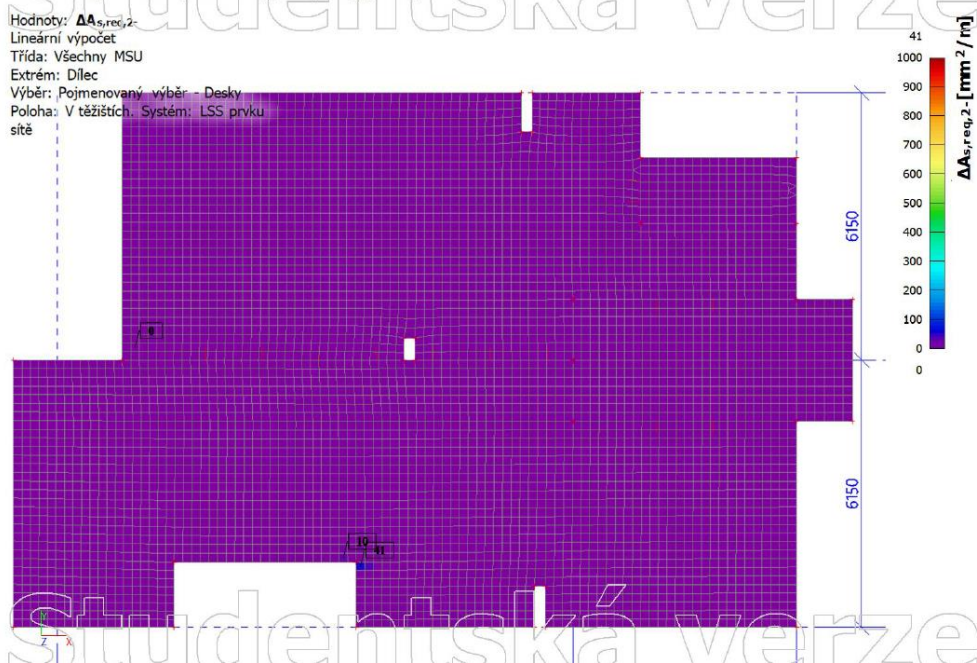
Obrázek 208: Schéma příložek

9. Strop 3. NP příložky; $A_{s,req,x}$ - spodní



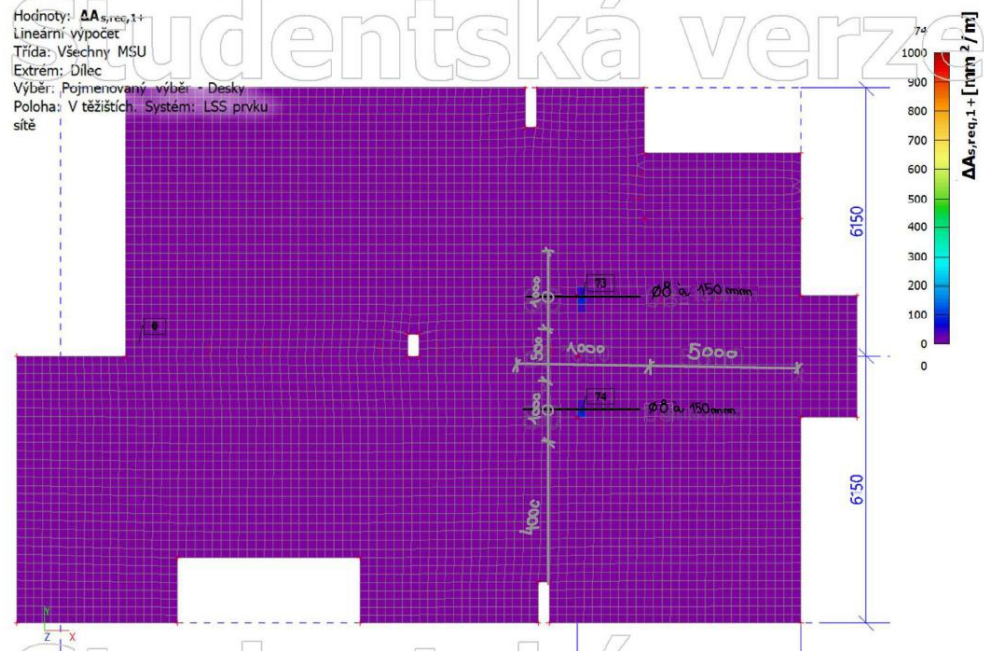
Obrázek 219: Schéma příložek

10. Strop 3. NP příložky; $A_{s,req,y}$ - spodní



Obrázek 30: Schéma příložek

11. Strop 3. NP příložky; $A_{s,req,x}$ - horní



Obrázek 31: Schéma příložek

12. Strop 3. NP; $A_{s,req,y}$ - horní



Obrázek 32: Schéma příložek

6.5. Návrh výztuže stropních desek na smyk

Návrhová únosnost ve smyku bez smykové výztuže:

$$V_{Rd,c} = (c_{Rd,c} * k * \sqrt[3]{100 * \rho_1 * f_{ck}} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d$$

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

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{176}} = 2,07 > 2 \dots \text{uvažují hodnotu } 2$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sprov}}{b_w * d} = \frac{335,1}{1000 * 176} = 0,0019$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = 0$$

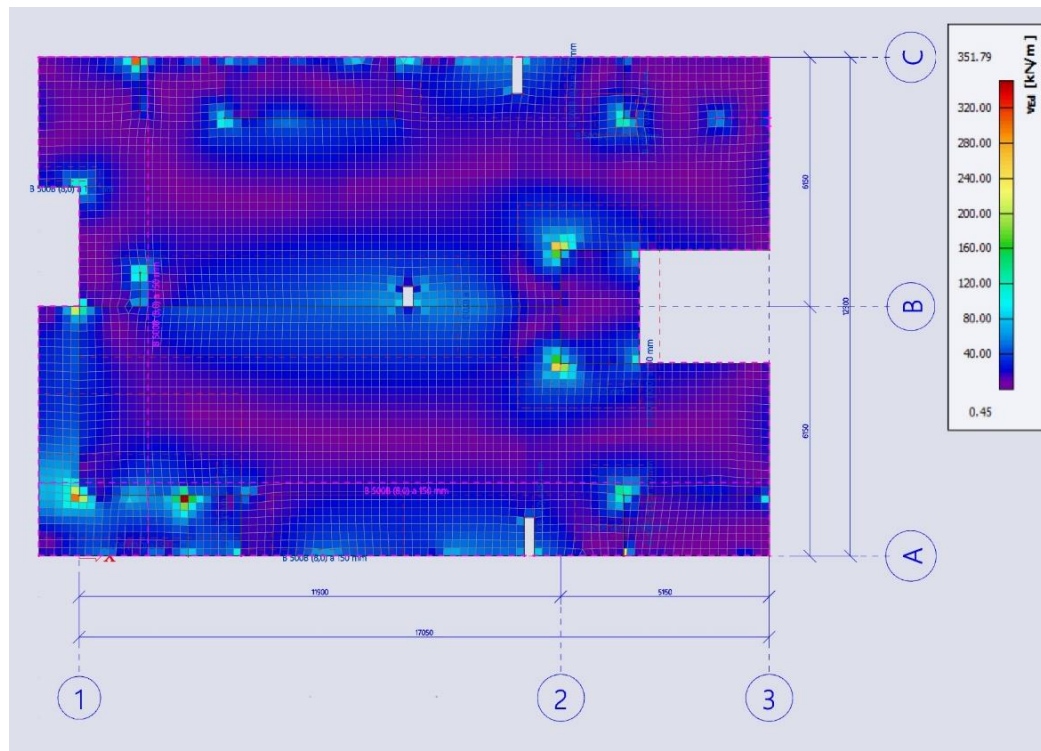
$$b_w = 1000 \text{ mm}$$

$$d = 176 \text{ mm}$$

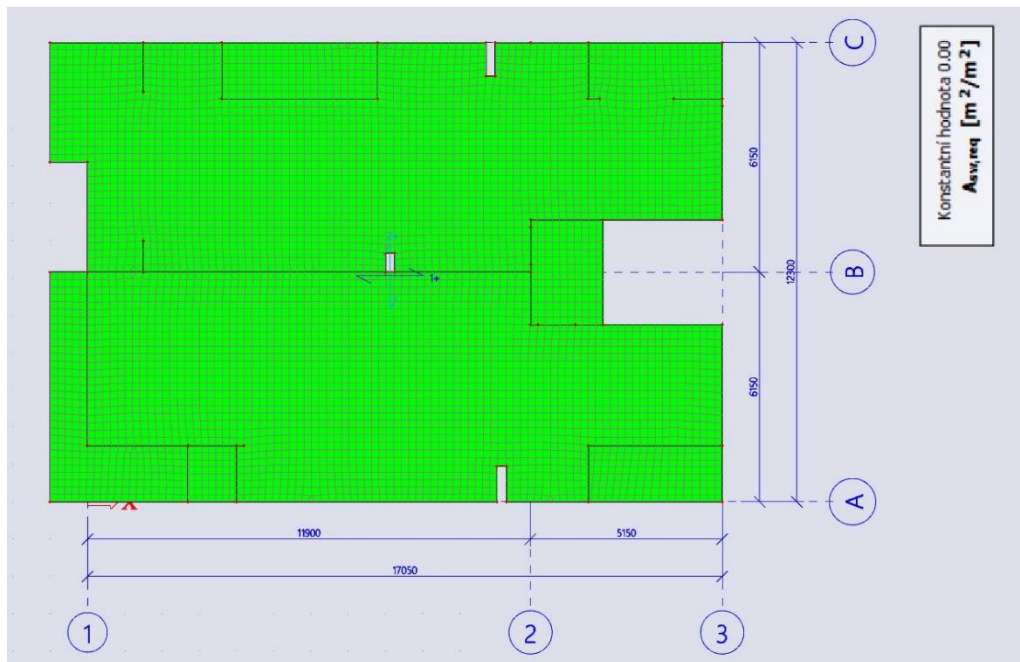
$$V_{Rd,c} = (0,12 * 2 * \sqrt[3]{100 * 0,0019 * 30} + 0) * 1000 * 176$$

$$V_{Rd,c} = 75453,99 \text{ N} \rightarrow 75,45 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 75,45 \text{ kN}$$



Obrázek 22: Výkreslení síly V_{Ed} působící na stropní desce 2. NP



Obrázek 23: Plocha nutné smykové výztuže pro desku 2. NP

Bez smykové výztuže zvládne deska přenést zatížení 75,45 kN/m, dle vykreslení působící síly V_{Ed} v programu SCIA jsou hodnoty na celé desce menší, než tato hodnota. Jediná kritická místa se vyskytují bezprostředně u svislých podpor (stěn) v maximální vzdálenosti 400 mm od podpory (sít' je modelovaná prvky 200 mm x 200 mm). Veškeré prvky v 3D modelu jsou modelovány střednicí, pokud by byly zohledněny tloušťky stěn a kontrolovaný průřez by byl ve vzdálenosti $2d$ ($100+2*176 = 452$ mm) od lince podpory, byla by tato kritická místa mimo posuzovaný obvod (blíže k podpoře). Z tohoto důvodu není nutné pro tato kritická místa navrhnout smykovou výztuž.

7. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vypracování předběžného statického výpočtu a následný návrh konkrétních prvků a to železobetonového monolitického schodiště a železobetonové monolitické stropní desky.

Návrh schodiště byl proveden ručním výpočtem. Bylo navrženo železobetonové monolitické dvouramenné schodiště tvořené dvěma deskami jednou zalomenými. Deska schodišťového ramene byla navržena tloušťky 180 mm, stejně tak mezipodesta. Schodišťové rameno tvoří 10 stupňů šířky 310 mm a výšky 163 mm. Schodiště je se stropní deskou spojeno pomocí Tronsolí typ T-V6-H200-L1200, s nosnou železobetonovou stěnou pak pomocí Tronsolí typ Z-V. Podél celého schodiště je umístěna Tronsole typ L pro akustické oddělení od zbytku konstrukce.

Návrh stropních desek byl proveden pomocí programu SCIA Engineer. Nejprve byl vytvořen 3D model objektu s tloušťkou železobetonových nosných stěn 200 mm a tloušťkou stropní desky 200 mm, tento návrh vycházel z předběžného statického výpočtu. Následně se na modelu vykreslila nutná plocha výztuže na každé ze tří stropních desek, které se v objektu nachází. Na základě těchto výsledků byl navržen konstantní rastr výztuže průměru 8 mm po 150 mm. Po přidání rastru do modelu bylo znovu provedeno vykreslení nutné plochy výztuže a navrženy příložky pro pokrytí této plochy. Po návrhu výztuže byl proveden výpočet normově závislých průhybů stropních desek pro ověření mezního stavu použitelnosti.

Ručním výpočtem, respektive výpočtem pomocí programu SCIA Engineer bylo prokázáno, že všechny posuzované prvky splňují podmínky mezního stavu únosnosti a mezního stavu použitelnosti. Konstrukce je navržena bezpečně.

Na závěr byly vypracovány výkresy tvaru všech tří podlaží objektu a výkresy výztuže pro schodiště a horní a spodní výztuž stropní desky ve 2.NP.

8. Použité zdroje

- [1] O projektu - Bělská investiční s.r.o.. Homepage - Bělská investiční s.r.o. [online]. Copyright © 2021 Bělská investiční s.r.o. Všechna práva vyhrazena. [cit. 07.05.2023]. Dostupné z: <https://bydlenivrchbela.cz/o-projektu/>
- [2] Geologická mapa 1 : 50 000 - indexy, Geologická mapa 1 : 50 000 - doplňky, Geologická mapa 1 : 50 000, Klad listů ZM50. In: Geovědní mapy 1 : 50 000 [online]. Praha: Česká geologická služba [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/#>
- [3] ČSN EN 1990 ed.2, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [4] ČSN EN 1991-1-1, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Český normalizační institut, 2004.
- [5] ČSN EN 1991-1-3 ed. 2, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Český normalizační institut, 2022
- [6] ČSN EN 1991-1-4 ed. 2, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Český normalizační institut, 2020.
- [7] ČSN EN 1992-1-1 ed. 2, Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Český normalizační institut, 2019.
- [8] ČSN 73 1001: Zakládání staveb, Základová půda pod plošnými základy. Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1988.
- [9] ČSN EN 206+A2: Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Český normalizační úřad, 2021.
- [10] BÍLÝ, Petr. Podklad pro předmět Navrhování betonových konstrukcí na počítači (133YBKC) – Návrh stropní desky v programu SCIA Engineer [online]. Dostupné na: <https://people.fsv.cvut.cz/~holanjak/vyuka/YBKC/manualy/YBKC-deska.pdf>
- [11] FOGLAR, Marek, FRANTOVÁ, Michaela, JIŘÍČEK, Pavel. *Betonové konstrukce 3. Navrhování betonových konstrukcí na MSP, úvod do předpjatého betonu*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2011
- [12] Schöck-Witek s.r.o. Technické informace Schöck Tronsole typ T [online]. 2023 Dostupné na: https://www.schoeck.com/view/3747/Technicke_informace_Schoeck_Tronsole_typ_T_3747.pdf/cs
- [13] Schöck-Witek s.r.o. Technické informace Schöck Tronsole typ L [online]. 2023 Dostupné na: https://www.schoeck.com/view/3746/Technicke_informace_Schoeck_Tronsole_typ_L_3746.pdf/cs
- [14] Schöck-Witek s.r.o. Technické informace Schöck Tronsole typ Z [online]. 2023 Dostupné na: https://www.schoeck.com/view/3740/Technicke_informace_Schoeck_Tronsole_typ_Z_3740.pdf/cs

- [15] Wienwerberger s.r.o. Technický list-cihla Porotherm 14 Profi [oline] Dostupné na:
https://www.wienerberger.cz/content/dam/wienerberger/czech-republic/marketing/documents-magazines/technical/technical-product-info-sheet/wall/CZ_POR_TEC_Pth_14_Profi.pdf

9. Seznam příloh

- Příloha č. 1 – Technická zpráva ke statické části
- Příloha č. 2 – Základní údaje o 3D modelu
- Příloha č. 3 – Vykreslení potřebné plochy výztuže
- Příloha č. 4 – Vykreslení potřebné plochy příložek
- Příloha č. 5 – Schéma návrhu příložek
- Příloha č. 6 – Vykreslení potřebné plochy výztuže po přidání příložek
- Příloha č. 7 – Navržené příložky a posouzení nejhorsího místa programem SCIA
- Příloha č. 8 – Geologické poměry
- Příloha č. 9 – Architektonická studie (zadání)

10. Seznam výkresů

- Výkres č. 1 – Výkres tvaru 1. NP
- Výkres č. 2 – Výkres tvaru 2. NP
- Výkres č. 3 – Výkres tvaru 3. NP
- Výkres č. 4 – Výkres výztuže schodiště
- Výkres č. 5 – Výkres spodní výztuže stropní desky 2. NP
- Výkres č. 6 – Výkres horní výztuže stropní desky 2. NP