



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

Návrh a posouzení nosné konstrukce bytového domu

Design and assessment of the structural system of an apartment house

Bakalářská práce

Kseniia Shkolnaia

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: Ing. Radek Štefan, Ph.D.

Praha, 2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Shkolnaia Jméno: Kseniia Osobní číslo: 469812
Zadávající katedra: Katedra betonových a zděných konstrukcí
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor/specializace: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh a posouzení nosné konstrukce bytového domu
Název bakalářské práce anglicky: Design and assessment of the structural system of an apartment house

Pokyny pro vypracování:
Konstrukční schémata všech podlaží.
Řez konstrukcí.
Předběžný návrh všech nosných prvků.
Výpočetní model.
Podrobný návrh vybraných prvků.
Výkresy výztuže vybraných prvků.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČNI, 2006.
PROCHÁZKA, Jaroslav a kol. Navrhování betonových konstrukcí 1. 2., upr. vyd. Praha: ČBS Servis, 2006. ISBN 80-903807-1-9.
KOHOUTKOVÁ, Alena, Jaroslav PROCHÁZKA a Jitka VAŠKOVÁ. Navrhování železobetonových konstrukcí: Příklady a postupy. Praha: ČVUT, 2014. ISBN 978-80-01-05587-8.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Radek ŠTEFAN, Ph.D., FEng.

Datum zadání bakalářské práce: 23.9.2022

Termín odevzdání BP v IS KOS: 9.1.2023
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

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“.

23.9.2022
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 9. ledna 2023

Kseniia Shkolnaia

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych ráda velice poděkovala Ing. Radku Štefanovi, Ph.D. za odborné vedení, poskytnutí cenných rad při konzultacích, věnovaný čas a chápavý přístup.

ABSTRAKT

V této bakalářské práci se zabývá statickým návrhem bytového domu. Byl proveden předběžný návrh rozměru železobetonových nosných prvků, pak byl udělán podrobný ruční návrh výztuže pro vybrané prvky a pro něj navržená výztuž. Dále byl udělán 3D model řešeného objektu v softwaru, kde se taky počítají vnitřní síly a potřebné plochy výztuže. Nakonec výsledky ručních výpočtu se porovnávají s výstupy z programu. Součástí bakalářské práce jsou také výkresy výztuže vybraných prvků, výkres tvaru 1. NP a konstrukční schémata všech podlaží.

ABSTRACT

In this bachelor thesis is carried out preliminary design of an apartment building and its load-bearing elements made of reinforced concrete. Reinforcement is designed as well. In the next step, in a software is made a 3D model of the building, where the internal forces and the necessary reinforcement are calculated too. Then the results of my manual calculations are compared to the output from the program.

OBSAH

1. Úvod.....	18
2. Konstrukční schéma konstrukce	19
2.1. 1. NP.....	19
2.2. 2. – 4. NP	19
2.3. 5. NP.....	20
3. Přehled zatížení	21
3.1. Stálé zatížení	21
3.1.1. Nosné konstrukce	21
3.1.2. Skladby konstrukcí	21
3.1.3. Příčky.....	22
3.2. Proměnné zatížení.....	22
3.2.1. Užité zatížení	22
3.2.2. Zatížení sněhem.....	22
3.2.3. Celkové proměnné zatížení střechy	23
3.2.4. Zatížení větrem	23
4. Výpočet krycí vrstvy	27
5. Předběžný návrh a ověření vodorovných nosných prvků	29
5.1. Stropní deska.....	29
5.1.1. Popis.....	29
5.1.2. Schémata desky	29
5.1.3. Návrh tloušťky desky.....	29
5.1.4. Konečný návrh tloušťky desky	30
5.1.5. Zatížení desky	31
5.1.6. Ověření desky z hlediska únosnosti v ohybu.....	31
5.2. ŽB průvlaky.....	33
5.2.1. Popis.....	33
5.2.2. Schémata konstrukcí.....	34

5.2.3.	Návrh průvlaku P1.....	34
5.2.4.	Návrh průvlaku P2.....	37
6.	Předběžný návrh a ověření svislých nosných prvků.....	42
6.1.	ŽB sloupy.....	42
6.1.1.	Popis.....	42
6.1.2.	Schémata konstrukcí.....	42
6.1.3.	Zatížení sloupu.....	43
6.1.4.	Ověření rozměrů sloupu.....	43
6.2.	ŽB stěny.....	44
6.2.1.	Popis.....	44
6.2.2.	Schémata konstrukcí.....	44
6.2.3.	Zatížení stěny.....	44
6.2.4.	Ověření stěny.....	45
7.	Předběžný návrh a ověření dalších konstrukcí	46
7.1.	Schodiště.....	46
7.1.1.	Popis.....	46
7.1.2.	Schémata konstrukcí.....	46
7.1.3.	Parametry schodiště	46
7.1.4.	Empirický návrh tloušťky desky podesty, mezipodesty	47
7.1.5.	Empirický návrh tloušťky desky ramene	47
7.2.	Předsazené konstrukce	47
7.2.1.	Popis.....	47
7.2.2.	Schémata konstrukcí.....	47
7.2.3.	Návrh tloušťky balkonové desky.....	48
7.2.4.	Zatížení desky	49
7.2.5.	Ověření desky z hlediska únosnosti v ohybu.....	49
7.3.	Základové konstrukce	50
8.	Podrobný návrh a posouzení stropní desky	51

8.1.	Materiály.....	51
8.2.	Definování geometrie průřezu	51
8.3.	Ohybové momenty v desce.....	51
8.4.	Návrh horní výztuže desky ve směru x:	51
8.4.1.	Konstrukční zásady	52
8.4.2.	Posouzení navržené výztuže desky	53
8.4.3.	Ověření dostatečného protažení výztuže	53
8.5.	Návrh dolní výztuže desky ve směru x:.....	54
8.5.1.	Konstrukční zásady	54
8.5.2.	Posouzení navržené výztuže desky	55
8.5.3.	Ověření dostatečného protažení výztuže	55
8.6.	Návrh horní výztuže desky ve směru y:	56
8.6.1.	Konstrukční zásady	56
8.6.2.	Posouzení navržené výztuže desky	57
8.6.3.	Ověření dostatečného protažení výztuže	58
8.7.	Návrh dolní výztuže desky ve směru y:.....	58
8.7.1.	Konstrukční zásady	58
8.7.2.	Posouzení navržené výztuže desky	59
8.7.3.	Ověření dostatečného protažení výztuže	60
8.8.	Shrnutí návrhu výztuže	60
9.	Podrobný návrh a posouzení průvlaku	61
9.1.	Materiály.....	61
9.2.	Definování geometrie průřezu	61
9.3.	Návrh ohybové výztuže trámu – průřez nad podporou.....	61
9.3.1.	Konstrukční zásady	62
9.3.2.	Posouzení navržené výztuže trámu	63
9.3.3.	Ověření dostatečného protažení výztuže	64
9.4.	Návrh ohybové výztuže trámu – průřez v poli	64

9.4.1.	Konstrukční zásady	65
9.4.2.	Posouzení navržené výztuže trámu	66
9.4.3.	Ověření dostatečného protažení výztuže	67
9.5.	Návrh smykové výztuže trámu	67
9.5.1.	Únosnost tlačené diagonály	67
9.5.2.	Návrh třmínků.....	67
9.6.	Shrnutí návrhu výztuže	69
10.	Podrobný návrh a posouzení sloupu	70
10.1.	Materiály.....	70
10.2.	Definování geometrie průřezu	70
10.3.	Geometrické imperfekce	70
10.4.	Ohybový moment sloupu.....	71
10.5.	Ověření štíhlosti sloupu	71
10.6.	Návrh výztuže sloupu.....	72
10.6.1.	Konstrukční zásady	73
10.7.	Návrh konstrukční výztuže (třmínky).....	73
10.8.	Interakční diagram.....	74
10.8.1.	Výpočet bodů interakčního diagramu.....	74
10.8.2.	Sestrojení interakčního diagramu a posouzení průřezu	81
10.8.3.	Porovnání s programem.....	81
11.	Podrobný návrh a posouzení stěny	83
11.1.	Materiály.....	83
11.2.	Definování geometrie průřezu	83
11.3.	Geometrické imperfekce	83
11.4.	Ohybový moment stěny.....	84
11.5.	Ověření štíhlosti stěny	84
11.6.	Návrh výztuže stěny.....	85
11.6.1.	Konstrukční zásady	86

11.7.	Interakční diagram.....	86
12.	Podrobný návrh a posouzení schodiště.....	88
12.1.	Materiály.....	88
12.2.	Definování geometrie	88
12.3.	Výpočet zatížení	89
12.3.1.	Výpočet zatížení ramene.....	89
12.3.2.	Výpočet zatížení podesty a mezipodesty	90
12.4.	Výpočet vnitřních sil	91
12.5.1.	Vnitřní síly na rameni	91
12.5.2.	Vnitřní síly na podestě	92
12.5.3.	Vnitřní síly na mezipodestě	92
12.6.	Návrh plochy výztuže a posouzení	93
12.6.1.	Návrh výztuže ramena	93
12.6.2.	Návrh výztuže podesty, pas I.....	95
12.6.3.	Návrh výztuže mezipodesty, pas I.....	97
12.6.4.	Návrh výztuže podesty a mezipodesty, pas II.....	100
12.7.	Shrnutí návrhu výztuže	102
13.	Podrobný návrh a posouzení prvků pomoci softwaru	103
13.1.	Popis konstrukce	103
13.2.	Zatížení.....	103
13.3.	Vnitřní síly	104
13.3.1.	Vnitřní síly v desce	104
13.3.2.	Vnitřní síly na průvlacích	106
13.3.3.	Vnitřní síly na sloupu.....	107
13.3.4.	Vnitřní síly ve stěně.....	108
13.4.	Návrh výztuže desky	108
13.4.1.	Potřebné plochy výztuže ze SCII	108
13.4.2.	Výztuž spodního povrchu	111

13.4.3.	Výztuž horního povrchu	112
13.4.4.	Návrh příložek.....	113
13.4.5.	Závěr	114
13.5.	Návrh výztuže průvlastu P2.....	114
13.5.1.	Podélná výztuž.....	114
13.5.2.	Smyková výztuž.....	115
13.5.3.	Porovnání výztuže.....	115
13.5.4.	Nový návrh ohybové výztuže trámu – průřez v poli	115
13.5.5.	Závěr	118
13.6.	Návrh výztuže sloupu.....	118
13.6.1.	Podélná výztuž.....	118
13.6.2.	Konstrukční výztuž	118
13.6.3.	Závěr	119
13.7.	Návrh výztuže stěny.....	119
13.7.1.	Potřebné plochy výztuže	120
13.7.2.	Závěr	121
14.	Závěr.....	122
15.	Použité zdroje	123
16.	Seznám příloh	124

1. ÚVOD

Předmětem bakalářské práce je bytový dům, který se nachází v Praze. Jedná se o budovu s pěti nadzemními podlažími pravidelného tvaru o půdorysných rozměrech 30 x 15,5 m a výšce 15 m, kde konstrukční výška jednoho podlaží je 3 m. V 1. NP se nachází recepce a technické prostory, ve vyšších podlažích jsou situované bytové jednotky.

Objekt je založen na plošných základech (patky, pasy). Nosný systém budovy je kombinovaný – stěnový doplněný o sloupy a průvlaky. Svislé i vodorovné nosné konstrukce jsou monolitické železobetonové. Schodiště je řešeno jako železobetonové deskové monolitické dvouramenné. Ztužení objektu je zajištěno železobetonovým jádrem v kombinaci s obvodovými stěnami. V objektu se taky nachází výtah, který vede z 1. NP až na střechu.

V rámci této bakalářské práce se věnují statickému návrhu tohoto bytového domu. Na začátku byly vypsané zatížení stálé i proměnné a pro následující návrh výztuže byla stanovena tloušťka krycí vrstvy.

V první části se zabývám ručním návrhem rozměrů prvků. To pomocí empirických vztahů a podmínky ohybové štíhlosti u vodorovných prvků. U svislých za předpokladu, že působí pouze dostředná normálová síla. Pak navržené rozměry všech prvků jsou ověřeny z hlediska únosnosti.

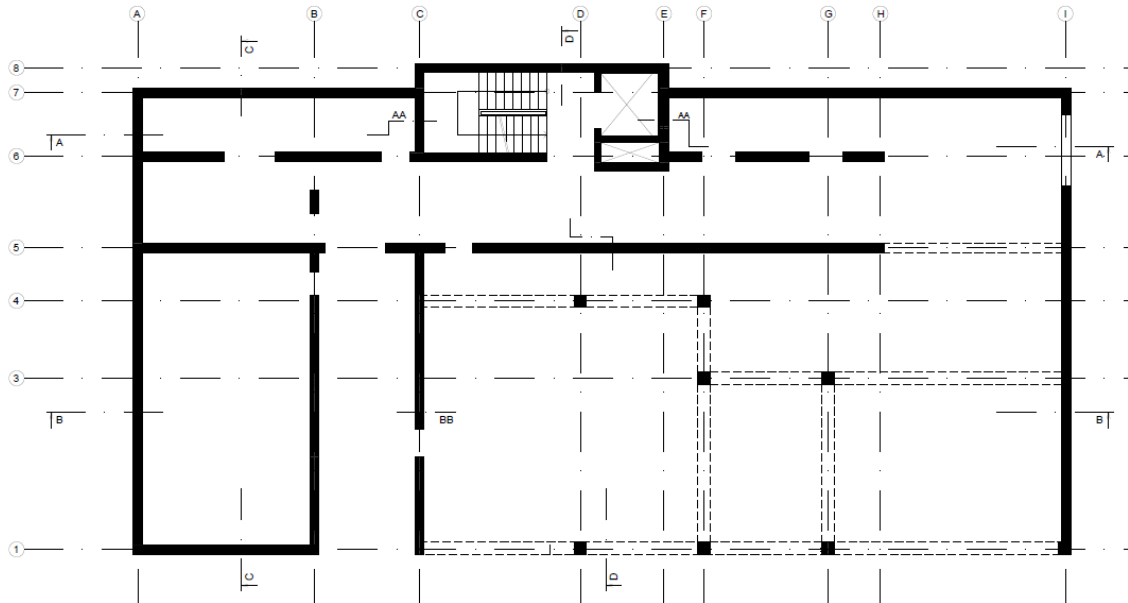
Na předběžný návrh se navazuje návrh podrobný, v rámci kterého navrhuji výztuž prvků. Následně tu výztuž ověřuji na splnění konstrukčních zásad.

V druhé části je použit software – v programu SCIA ENGINEER byl vytvořen 3D model řešeného objektu. Pomocí programu byly spočítány vnitřní síly vybraných prvků a potřebné plochy výztuže. Následně výstupy ze softwaru byly porovnané s výsledky ručních výpočtů.

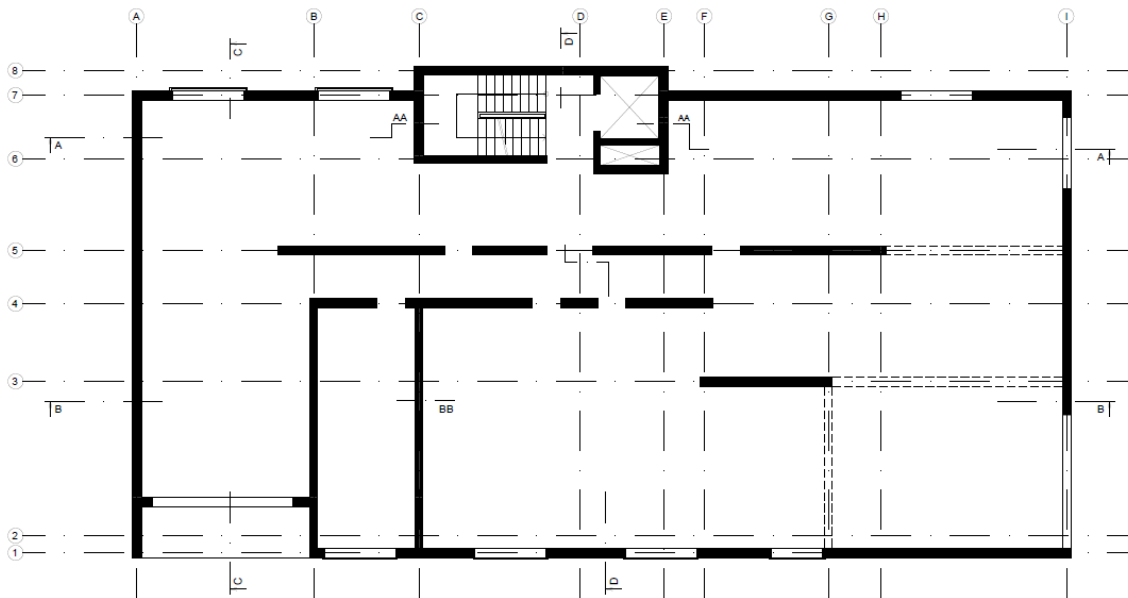
2. KONSTRUKČNÍ SCHÉMA KONSTRUKCE

V 1. NP jsou navrženy vnitřní ŽB sloupy, vnitřní a obvodové ŽB stěny a vnitřní zděné stěny. V 2. NP – 5. NP jsou navrženy vnitřní a obvodové ŽB stěny a vnitřní zděné stěny. Stropní konstrukce jsou monolitické železobetonové.

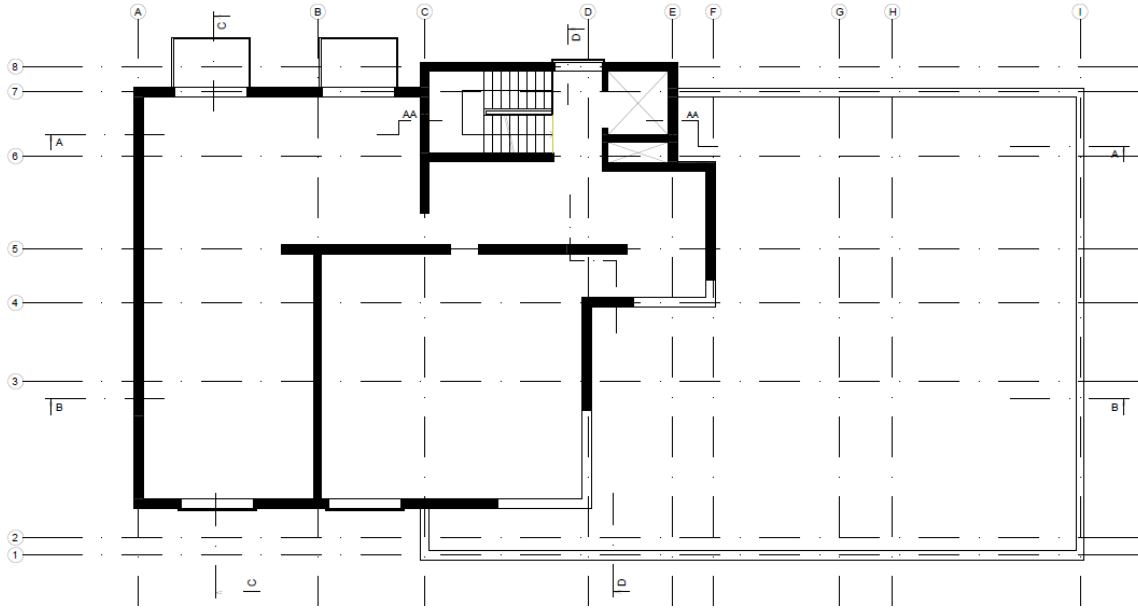
2.1. 1. NP



2.2. 2. – 4. NP



2.3. 5. NP



3. PŘEHLED ZATÍŽENÍ

3.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ

3.1.1. NOSNÉ KONSTRUKCE

Vlastní tíha nosných prvků závisí na jejich rozměrech, které jsou navrženy v předběžném návrhu prvků. Objemovou tíhu železobetonu uvažují 25 kN/m³.

3.1.2. SKLADBY KONSTRUKCÍ

V řešeném objektu jsou 3 různé skladby o různých zatíženích, viz tabulky níž.

TABULKA 1 - SKLADBA STROPNÍ KONSTRUKCE

Název	Tloušťka d [m]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Charakteristické zatížení [kN/m ²]	Návrhové zatížení [kN/m ²]
Nášlapná vrstva – keramická dlažba RAKO	0,010	-	0,18	0,243
Lepidlo Knauř Flexkleber	0,005	-	-	-
Anhydritový potěr Anhyment	0,050	2000	1	1,35
Separáční vrstva – PE fólie	0,0001	-	-	-
Kročejová izolace – Isover N	0,020	40	0,008	0,0108
Tepelná izolace – EPS 100 S	0,160	40	0,064	0,0864
Hydroizolace – modifikovaný asfaltový pás Glastek 40 Special Mineral	0,004	-	-	-
CELKEM	0,250		1,252	1,69

TABULKA 2 - SKLADBA STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ

Název	Tloušťka d [m]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Charakteristické zatížení [kN/m ²]	Návrhové zatížení [kN/m ²]
Nášlapná vrstva – betonová dlažba na výškově stavitelných podložkách	0,040	-	0,18	0,243
Ochranná vrstva – PE fólie	0,0008	-	-	-
Hydroizolační fólie	0,0015	-	-	-
Separáční textilie	-	-	-	-
Tepelně izolační a spádová vrstva – EPS 100 S ve spádu min 1,5 %	0,160-0,250	40	0,1	0,135
Modifikovaný asfaltový pás Glastek 40 Special Mineral	0,004	-	-	-
CELKEM	0,297		0,28	0,378

TABULKA 3 - SKLADBA OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ

Název	Tloušťka d [m]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Charakteristické zatížení [kN/m ²]	Návrhové zatížení [kN/m ²]
Vnější silikonová omítka Baumit Duotop	0,002	1,8	-	-
Penetrace Baumit Uniprimer	0,001	1,6	-	-
Lepící tmel – Baumit Duocontact	0,002	-	-	-
Tepelná izolace – Isover TF Profi	0,150	40	0,06	0,081
Lepící tmel – Baumit Duocontact	0,002	-	-	-
CELKEM	0,155		0,06	0,081

3.1.3. PŘÍČKY

Z důvodu neznámého konkrétního rozmístění příček bude zatížení od jejich vlastní tíhy započítáno pomocí náhradního rovnoměrného plošného zatížení.

Odhad: $g_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$

3.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

3.2.1. UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Jednotlivá nadzemní podlaží jsou různě využívána – způsob využití a zatížení jsou uvedeny níže.

- 1. NP: technické prostory, sklípky, recepce – kategorie A

$$q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

- 2. NP – 5. NP: bytová část objektu – kategorie A

stropní konstrukce: $q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

schodiště: $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$

balkony: $q_k = 3 \text{ kN/m}^2$, $Q_k = 2 \text{ kN}$

- 5. NP: přístupná střecha – kategorie A

$$q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

3.2.2. ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Zatížení sněhem je vypočítáno na ploché střeše, řešený objekt se nachází v Praze.

- Plochá střecha: $\alpha < 30^\circ \Rightarrow$ tvarový součinitel : $\mu_1 = 0,8$
- Součinitel expozice: $C_e = 1$
- Součinitel tepla: $C_t = 1$
- Praha – I. sněhová oblast \Rightarrow charakteristické zatížení sněhem: $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

⇒ Průměrné zatížení sněhem: $s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$

3.2.3. CELKOVÉ PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ STŘECHY

Hodnota proměnného zatížení střechy bude uvažována jako větší z hodnot:

- Užité zatížení střechy: $1,5 \text{ kN/m}^2$
- Zatížení sněhem: $0,56 \text{ kN/m}^2$

Proměnné zatížení střechy: $q_{stř,k} = 1,5 \text{ kN/m}^2$

3.2.4. ZATÍŽENÍ VĚTREM

Výpočet zatížení větrem byl proveden v programu FIN. Budova se nachází v Praze, což je I větrná oblast. Kategorie terénu jsem zvolila III jako oblast rovnoměrně pokrytou vegetací a budovami. Nejprve jsem v programu spočítala zatížení větrem na střechu. Výsledky jsou na obrázcích níže.

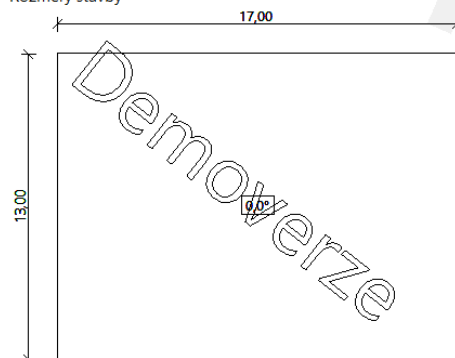
PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:	I
Rychlost větru $v_{b,0}$	= 22,50 m/s
Kategorie terénu:	III
Referenční výška budovy z_e	= 15,00 m
Součinitel směru větru c_{dir}	= 1,00
Součinitel ročního období c_{season}	= 1,00
Měrná hmotnost vzduchu ρ	= 1,250 kg/m ³
Součinitel orografie c_o	= 1,00
Maximální dynamický tlak q_p	= 0,63 kN/m ²
Součinitel zatížení γ_f	= 1,50
Plocha pro stanovení c_{pe} A	= 225,00 m ²

Střecha

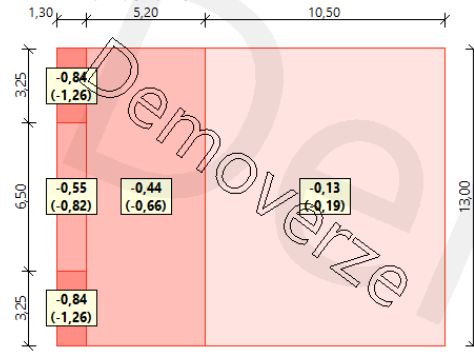
Rozměry stavby



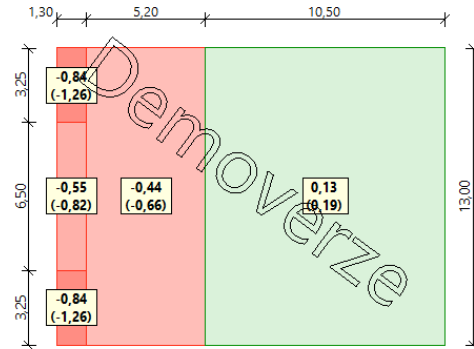
OBRÁZEK 1 - ZATÍŽENÍ, PŮDORYS STŘECHY

Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Vítr zleva 1 (sání) [kN/m²]

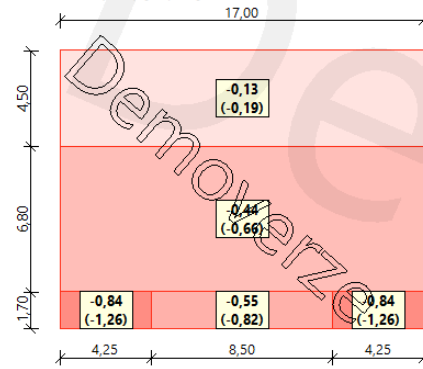


Vítr zleva 2 (tlak a sání) [kN/m²]

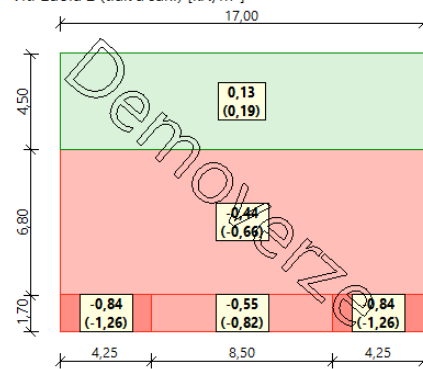


OBRÁZEK 2 - VÍTR ZLEVA

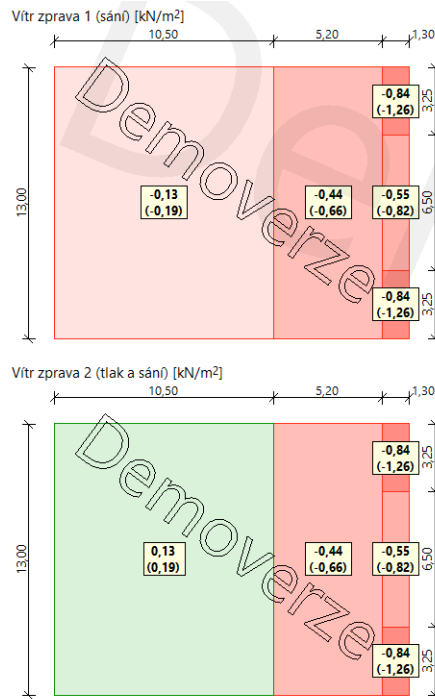
Vítr zdola 1 (sání) [kN/m²]



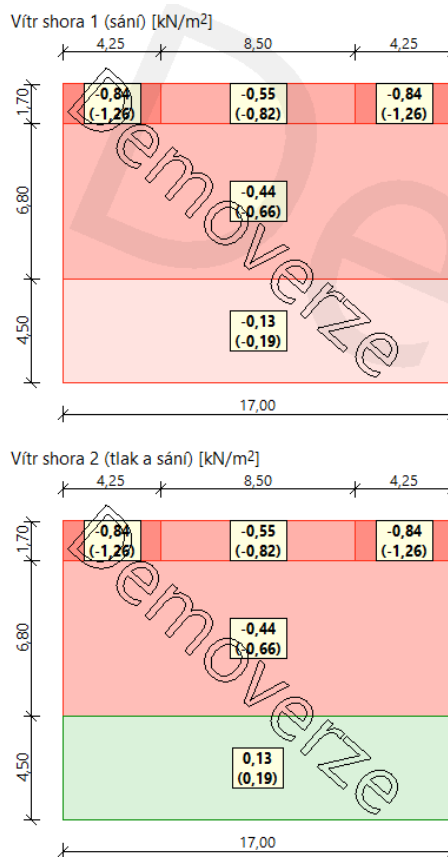
Vítr zdola 2 (tlak a sání) [kN/m²]



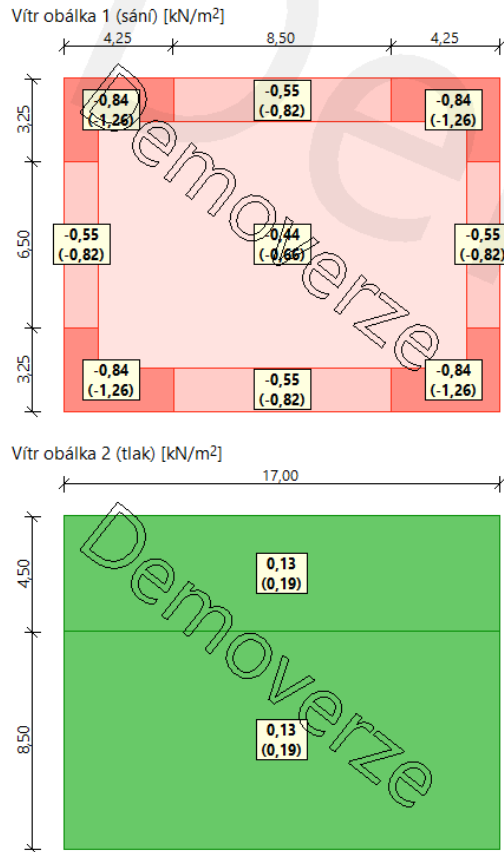
OBRÁZEK 3 - VÍTR ZDOLA



OBRÁZEK 4 - VÍTR ZPRAVA



OBRÁZEK 5 - VÍTR SHORA



OBRÁZEK 6 - VÍTR OBÁLKA

Dále jsem počítala zatížení větrem na stěny. Charakteristické a návrhové hodnoty zatížení jsou v tabulkách na obrázcích níže.

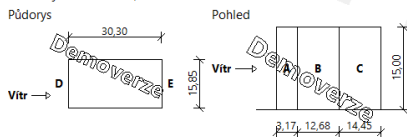
PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM 1

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

- Větrná oblast: I
- Rychlost větru $v_{b,0} = 22,50$ m/s
- Kategorie terénu: III
- Referenční výška budovy $z_e = 15,00$ m
- Součinitel směru větru $c_{dir} = 1,00$
- Součinitel ročního období $c_{season} = 1,00$
- Měrná hmotnost vzduchu $\rho = 1,250$ kg/m³
- Součinitel orografie $c_o = 1,00$
- Maximální dynamický tlak $q_p = 0,63$ kN/m²
- Součinitel zatížení $\gamma_f = 1,50$
- Plocha pro stanovení $c_{pe} A = 10,00$ m²

Stěny pravouhého objektu - směr 1

Výška objektu $h = 15,00$ m
 Délka objektu $d = 30,30$ m
 Šířka objektu $b = 15,85$ m



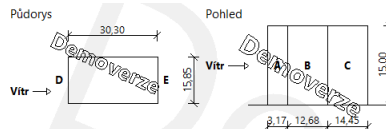
Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Výška nad terénem [m]	Tlak větru v oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
15,00	-0,75 (-1,13)	-0,50 (-0,75)	-0,31 (-0,47)	0,39 (0,59)	-0,19 (-0,29)

Nedostatečná korelace tlaků uvažována koeficientem 0,85.

Stěny pravouhého objektu - směr 2

Výška objektu $h = 15,00$ m
 Délka objektu $d = 15,85$ m
 Šířka objektu $b = 30,30$ m



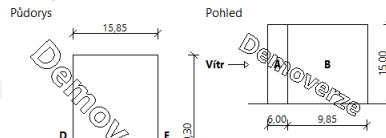
Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Výška nad terénem [m]	Tlak větru v oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
15,00	-0,75 (-1,13)	-0,50 (-0,75)	-0,31 (-0,47)	0,39 (0,59)	-0,19 (-0,29)

Nedostatečná korelace tlaků uvažována koeficientem 0,85.

Stěny pravouhého objektu - směr 2

Výška objektu $h = 15,00$ m
 Délka objektu $d = 15,85$ m
 Šířka objektu $b = 30,30$ m



Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Výška nad terénem [m]	Tlak větru v oblastech [kN/m ²]				
	A	B	D	E	
15,00	-0,75 (-1,13)	-0,50 (-0,75)	0,42 (0,63)	-0,26 (-0,39)	

Nedostatečná korelace tlaků uvažována koeficientem 0,85.

OBRÁZEK 7 – ZATÍŽENÍ PRO SMĚRY 1,2

4. VÝPOČET KRYCÍ VRSTVY

Pro návrh výztuže je potřeba stanovit tloušťku krycí vrstvy. Nominální krycí vrstva se počítá podle vztahu:

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

Nejprve stanovím minimální hodnotu krycí:

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

Kde:

$\Delta c_{dur,\gamma}$ přídatná bezpečnostní složka (uvažuji 0 mm)

$\Delta c_{dur,st}$ redukce minimální krycí vrstvy při použití nerezové oceli (uvažuji 0 mm)

$\Delta c_{dur,add}$ redukce minimální krycí vrstvy při použití přídatné ochrany (uvažuji 0 mm)

$c_{min,b}$ minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti – odpovídá profilu použitých prutů

Předpokládaný průměr profilu výztuže: 10 mm $\rightarrow c_{min,b} = 10$ mm

$c_{min,dur}$ minimální krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí

Uvažuji konstrukční třídu S4, což odpovídá konstrukci s návrhovou životností 50 let, a stupeň prostředí XC1

Kritérium	Třída konstrukce						
	Stupeň vlivu prostředí podle tabulky 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1	XD2 / XS1	XD3 / XS2 / XS3
návrhová životnost 100 let	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2
pevnostní třída ^{1) 2)}	≥ C30/37 zmenšit třídu o 1	≥ C30/37 zmenšit třídu o 1	≥ C35/45 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C45/55 zmenšit třídu o 1
deskové konstrukce (poloha výztuže není ovlivněna výrobním postupem)	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	Zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1
zajištěna zvláštní kontrola kvality výroby betonu	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	Zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1

OBRÁZEK 8 - TABULKA KLASIFIKACE KONSTRUKCE

Používám beton C30/37, což znamená že dle tabulky klasifikace konstrukce můžu zmenšit třídu řešené konstrukce o 1. Nakonec mám třídu S3 a stupeň prostředí XC1. Z toho mi vyplývá, že

$$\rightarrow c_{min,dur} = 10 \text{ mm}$$

Minimální hodnoty krycí vrstvy $c_{min,dur}$ požadované z hlediska trvanlivosti pro betonářskou výztuž

Požadavek prostředí pro $c_{min,dur}$ (mm)							
Třída konstrukce	Stupeň vlivu prostředí						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XD2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

OBRÁZEK 9 - MINIMÁLNÍ KRYCÍ VRSTVA Z HLEDISKA PODMÍNEK PROSTŘEDÍ

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

$$c_{min} = 10 mm$$

Přídavek na návrhovou odchylku Δc_{dev} je 0–10 mm dle technologie a kvality provádění. Já budu uvažovat $\Delta c_{dev} = 10 mm$.

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

$$c_{nom} = 20 mm$$

5. PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH A OVĚŘENÍ VODOROVNÝCH NOSNÝCH PRVKŮ

V této kapitole bude udělán předběžný návrh a ověření rozměrů následujících prvků: stropní deska, průvlaky P1 a P2. Návrhy budou provedeny pomocí empirických vztahů a podmínky ohybové štíhlosti, následně bude deska ověřena z hlediska únosnosti v ohybu, průvlaky budou ověřeny z hlediska únosnosti v ohybu, z hlediska smyku a průhybu.

5.1. STROPNÍ DESKA

5.1.1. POPIS

Stropní desky budou provedeny v celém objektu jako monolitické, železobetonové. Vzhledem k podobnému rozpětí i zatížení jednotlivých částí budou navrženy v jednotné tloušťce.

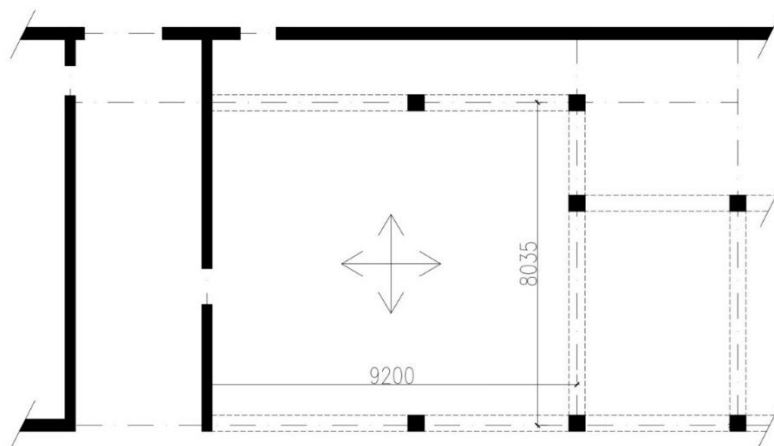
Návrh tloušťky desky a návrh a posouzení výztuže bude proveden pro nejvíce zatíženou desku s největšími rozpony.

- beton: C30/37

- $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ Mpa}$

5.1.2. SCHÉMATA DESKY

Na obrázku níže je zobrazen výřez z půdorysu s označením rozměrů a pnutí desky, kterou budu dál navrhovat.



OBRÁZEK 10 – SCHÉMATA DESKY

5.1.3. NÁVRH TLOUŠTKY DESKY

Návrh provedu pomocí dvou metod – pomocí empirie a pomocí podmínky ohybové štíhlosti.

5.1.3.1. NÁVRH POMOCI EMPIRICKÉHO VZTAHU

První návrh je udělán pomocí empirického vztahu.

$$h_{d1} \geq \frac{1}{75} \cdot (L_{1,x} + L_{1,y}) = \frac{1}{75} \cdot (9200 + 8035) = 229,8 \text{ mm}$$

5.1.3.2. NÁVRH NA ZÁKLADĚ SPLNĚNÍ PODMÍNKY OHYBOVÉ ŠTÍHLOSTI DESKY

Druhý návrh je udělán pomocí podmínky ohybové štíhlosti. Z podmínky ohybové štíhlosti desky určíme nutnou účinnou výšku:

$$\lambda = \frac{L}{d} \leq \lambda_d$$

$$\lambda = \frac{L}{d} \leq \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}$$

$$d \geq \frac{L}{\kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab}}$$

- $\kappa_{c1} = 1$ je součinitel tvaru průřezu, obdélníkový průřez
- $\kappa_{c2} = 0,89$ je součinitel rozpětí, $L > 7,0 \text{ m} \rightarrow \kappa_{c2} = \frac{7}{L} = \frac{7}{8,035}$
- $\kappa_{c3} = 1,3$ odhad součinitele napětí tahové výztuže
- $\lambda_{d,tab} = 30,8$ je tabulková hodnota vymežující ohybové štíhlosti,
- předpokládaný stupeň vyztužení desek: $\rho \leq 0,5 \%$
- předpokládaný profil výztuže: 12 mm
- předpokládaný krytí výztuže: 20 mm

typ podepření	L [m]	$\lambda_{d,tab}$	λ_d	d [mm]
po obvodě podepřená deska	8,035	30,8	35,64	223,63

Z nutné účinné výšky určíme nutnou výšku desky:

$$h_{d2} = d + \frac{\emptyset}{2} + C_{nom}$$

$$h_{d2} = 224 + \frac{12}{2} + 20$$

$$h_{d2} = 250 \text{ mm}$$

5.1.4. KONEČNÝ NÁVRH TLOUŠŤKY DESKY

S ohledem na empirický návrh a návrh dle ohybové štíhlosti volím tloušťku stropní desky 250 mm.

Návrh: $h_d = 250 \text{ mm}$

5.1.5. ZATÍŽENÍ DESKY

Vlastní tíha ŽB desky je uvažována 25 kN/m³, hodnoty ostatního stálého a užitého zatížení jsou odkázány v tabulce níž.

		f_k [kN/m ²]	γ_F	f_d [kN/m ²]
ŽB deska tl. 250 mm	0,25 · 25	6,5	1,35	8,44
podlaha	viz kapitola 3.1.2	1,252	1,35	1,69
příčky	viz kapitola 3.1.3	1,2	1,35	1,62
užité	viz kapitola 3.2.1	1,5	1,5	2,25

$$(g+q)_d = 14 \text{ kN/m}^2$$

5.1.6. OVĚŘENÍ DESKY Z HLEDISKA ÚNOSNOSTI V OHYBU

Pro výpočet ohybového momentu na desce s největším rozponem (po obvodě podepřené deska) byla použita proužková metoda. Předpokládám konstantní tuhost desky, nepoddajné podepření po obvodě, nezabráněné zvedání rohů desky.

Středový průhyb v daném směru lze stanovit ze vztahu:

$$\omega = k \cdot \frac{f \cdot l^2}{EI}$$

Součinitel podle typu uložení:

$$k_x = \frac{1}{384} \text{ pro vetknutí – vetknutí}; k_y = \frac{2}{384} \text{ pro vetknutí – kloub}$$

Rovnost průhybu:

$$w_x \cdot \frac{l_x}{2} = w_y \cdot \frac{l_y}{2}$$
$$k_x \cdot \frac{f_{d,x} \cdot l_x^4}{EI} = k_y \cdot \frac{f_{d,y} \cdot l_y^4}{EI}$$

Pro celkové zatížení platí:

$$f_d = f_{d,x} + f_{d,y}$$

Z rovnosti průhybu vyjádřím $f_{d,y}$ a dosadím do rovnici celkového zatížení:

$$f_{d,y} = f_{d,x} \cdot \frac{k_x \cdot l_x^4}{k_y \cdot l_y^4}$$
$$f_d = f_{d,x} + f_{d,x} \cdot \frac{k_x \cdot l_x^4}{k_y \cdot l_y^4}$$

Odvodím a spočítám zatížená pro směr x:

$$f_{d,x} = \frac{f_d}{1 + \frac{k_x \cdot l_x^4}{k_y \cdot l_y^4}}$$

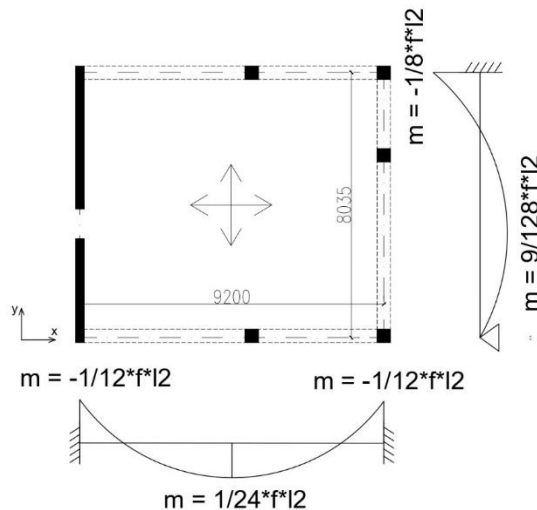
$$f_{d,x} = \frac{14}{1 + \frac{\frac{1}{384} \cdot 9,2^4}{\frac{2}{384} \cdot 8,1^4}} = 7,64 \text{ kN/m}$$

Dopočítám zatížení ve směru y:

$$f_{d,y} = f_d - f_{d,x} = 14 - 7,64 = 6,36 \text{ kN/m}$$

Momenty vypočítám pomocí vztahu:

$$m = k_m \cdot f \cdot l^2$$



Ve směru x typ uložení je V-V:

$$m_{x,podp} = -\frac{1}{12} \cdot f \cdot l^2 = -\frac{1}{12} \cdot 7,64 \cdot 9,2^2 = -53,89 \text{ kNm/m}$$

$$m_{x,pole} = \frac{1}{24} \cdot f \cdot l^2 = \frac{1}{24} \cdot 7,64 \cdot 9,2^2 = 26,94 \text{ kNm}$$

Ve směru y typ uložení je K-V:

$$m_{y,podp} = -\frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2 = -\frac{1}{8} \cdot 6,36 \cdot 8,1^2 = -52,2 \text{ kNm}$$

$$m_{y,pole} = \frac{9}{128} \cdot f \cdot l^2 = \frac{9}{128} \cdot 6,36 \cdot 8,1^2 = 29,34 \text{ kNm}$$

Ověřím poměrnou výšku tlačené oblasti ξ a stupeň vyztužení ohybovou výztuží ρ . Spočítám poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{53,89 \cdot 10^6}{1000 \cdot 224^2 \cdot 20} = 0,053$$

Z tabulky pro spočtenou hodnotu poměrného ohybového momentu zjistím hodnotu součinitele ξ , který vyjadřuje poměrné rameno vnitřních sil:

$$\rightarrow \xi = 0,068 \text{ (z tab.)}$$

Pak tuto hodnotu dosadím do vzorce pro výpočet potřebné plochy výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 1000 \cdot 224 \cdot 0,068 \cdot 20}{435}$$

$$\rightarrow a_{s,req} = 560,26 \text{ mm}^2$$

Nakonec dopočítám stupeň vyztužení:

$$\rho = \frac{a_{s,req}}{b \cdot d} = \frac{560,29}{1000 \cdot 224} = 0,0025$$

$$\rightarrow \text{hodnota } \xi = 0,068 \text{ vyhovuje: } \xi < \xi_{opt} = (0,1 \div 0,15)$$

\rightarrow předpoklad $\rho \leq 0,005$, použitý při výpočtu vymezuující ohybové štíhlosti desek, je splněn.

Navržený rozměr desky vyhovuje.

5.2. ŽB PRŮVLAKY

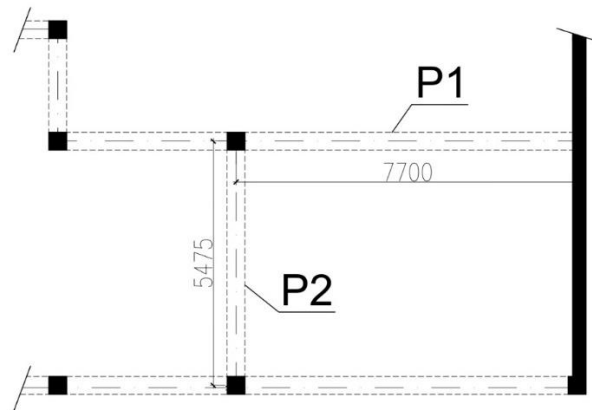
5.2.1. POPIS

Návrh je proveden pro 2 nejvíce namáhané stropní průvlaky:

- průvlak P1: ŽB průvlak o 1 poli nad 1. NP, monoliticky spojen s ŽB sloupem a ŽB stěnou, rozpětí 7,7 m
- průvlak P2: ŽB průvlak o 1 poli nad 1. NP, monoliticky spojen s ŽB sloupy, rozpětí 5,075 m, z 2. NP – 4. NP přitížen zděnou akustickou příčkou (Liapor M 240 Plus)

5.2.2. SCHÉMATA KONSTRUKCÍ

Na obrázku níže je zobrazen výřez z půdorysu s označením průvlaků, které budu dále navrhovat, a jejich délek.



OBRÁZEK 11 – SCHÉMA PRŮVLAKŮ

5.2.3. NÁVRH PRŮVLAKU P1

Návrh provedu pomocí empirického vztahu.

5.2.3.1. EMPIRICKÝ NÁVRH ROZMĚRŮ PRŮVLAKU P1

$$h_{p,1} = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{10}\right) \cdot L_{p,1} = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{10}\right) \cdot 7700 = 641,66 \div 770 \text{ mm} = 700 \text{ mm}$$

$$b_{p,1} = \left(\frac{1}{3} \div \frac{2}{3}\right) \cdot h_{p,1} = \left(\frac{1}{3} \div \frac{2}{3}\right) \cdot 700 = 233,33 \div 466,66 = 400 \text{ mm}$$

Návrh P1: $h_p = 700 \text{ mm}$, $b_p = 400 \text{ mm}$

5.2.3.2. ZATÍŽENÍ PRŮVLAKU P1

Nejprve spočítám plošné zatížení, působící na průvlak P1 – viz tabulka níže.

TABULKA 4 – PLOŠNÉ ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAK P1

	výpočet	f_k [kN/m ²]	γ_F	f_d [kN/m ²]
ŽB deska tl. 250 mm	0,25 · 25	6,25	1,35	8,44
podlaha	viz kapitola 3.1.2	1,252	1,35	1,69
užitné	viz kapitola 3.2.1	1,5	1,5	2,25

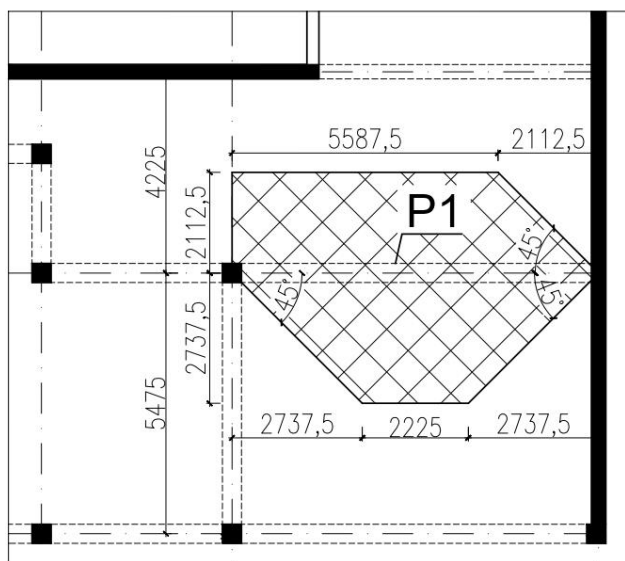
$$(g+q)_d = 12,38 \text{ kN/m}^2$$

Ted dopočítám vlastní tíhu průvlaku:

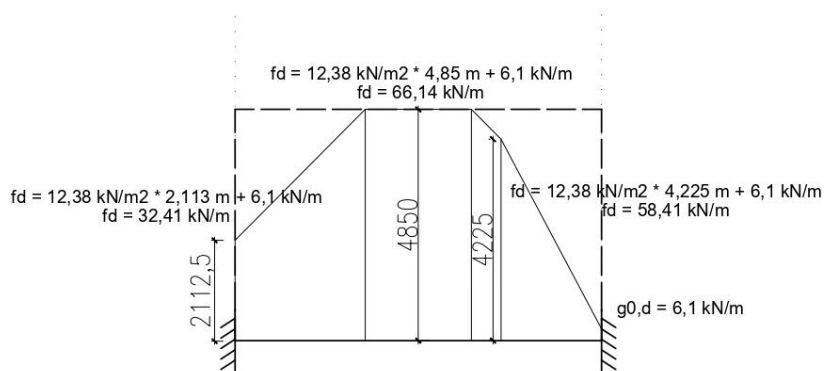
- vlastní tíha průvlaku P1: $g_{0,k} = 25 \cdot (0,7 - 0,25) \cdot 0,4 = 4,5 \text{ kN/m}$

$$g_{0,d} = 4,5 \cdot 1,35 = 6,1 \text{ kN/m}$$

Dále je potřeba stanovit zatěžovací plochu průvlastku s ohledem na typ jednotlivých podpor:



Vynásobením plošného zatížení na zatěžovací šířkou v daném bodě získám hodnotu liniového zatížení průvlastku od desky. K tomu pak připočítám vlastní tíhu průvlastku. Průběh liniového zatížení na trámu včetně hodnot zatížení je na obrázku níže:



OBRÁZEK 12 – LINOVÉ ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAK P1

Z obrázku je vidět, že maximální hodnota působícího liniového zatížení je 66,14 kN/m.

5.2.3.3. OVĚŘENÍ PRŮVLAKU P1 Z HLEDISKA ÚNOSNOSTI V OHYBU

Pro zjednodušení (a na straně bezpečné) je uvažováno spojité zatížení o maximální hodnotě 66,14 kN/m po celé délce průvlastku. Spočítám maximální návrhový moment:

$$M_{Ed} = \frac{1}{12} \cdot (g + q)_d \cdot L_p^2 = \frac{1}{12} \cdot 66,14 \cdot 7,7^2 = 326,79 \text{ kNm}$$

Dále počítám poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{326,79 \cdot 10^6}{400 \cdot 666^2 \cdot 20} = 0,09$$

Z tabulky pro spočtenou hodnotu poměrného ohybového momentu zjistím hodnotu součinitele ξ , který vyjadřuje poměrné rameno vnitřních sil:

$$\rightarrow \xi = 0,118 \text{ (z tab.)}$$

Pak tuto hodnotu dosadím do vzorce pro výpočet potřebné plochy výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 400 \cdot 666 \cdot 0,118 \cdot 20}{435} = 1156,24 \text{ mm}^2$$

Nakonec dopočítám stupeň vyztužení:

$$\rho = \frac{a_{s,req}}{b \cdot d} = \frac{1156,24}{400 \cdot 666} \cdot 100 = 0,43 \%$$

	h_p [mm]	L_p [mm]	$(g + q)_d$ [kN/m]	M_{Ed} [kNm]	d [mm]	μ [-]	ξ [-]	$A_{s,req}$ [mm ²]	ρ [%]
P1	700	7700	66,14	326,79	666	0,09	0,118	1156,24	0,43

\rightarrow hodnoty ξ vyhovují, pokud $\xi < \xi_{max} = 0,45$

$$0,118 < 0,45$$

\rightarrow hodnoty $\rho \leq$ vyhovují, pokud $\rho \cong 1 \%$

$$0,43 \% < 1 \%$$

Ověření vyhovuje \rightarrow průvlak bude možné vyztužit na působící vnitřní síly.

5.2.3.4. OVĚŘENÍ PRŮVLAKU P1 Z HLEDISKA SMYKU

Je potřeba ověřit únosnost tlačené diagonály. Pro všechny průřezy průvlaků musí platit podmínka spolehlivosti

$$V_{Rd,max} \geq |V_{Ed,max}|$$

Spočítám hodnotu posouvající síly od návrhového zatížení:

$$V_{Ed,max} = 0,5 \cdot (g + q)_d \cdot L_p = 0,5 \cdot 66,14 \cdot 7,7 = 254,64 \text{ kN}$$

Dále dopočítám únosnost tlačené diagonály:

$$V_{Rd,max} = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} \geq V_{Ed,max}$$

$$V_{Rd,max} = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) \cdot 20 \cdot 400 \cdot 599,4 \cdot \frac{1,5}{1 + 1,5^2} = 1168,55 \text{ kN}$$

	h_p [mm]	L_p [mm]	$V_{Ed,max}$ [kN]	$z = 0,9d$ [mm]	volba $\cot\theta$ [-]	$V_{Rd,max}$ [kN]
P1	700	7700	254,64	599,4	1,5	1168,55

$$V_{Rd,max} \geq V_{Ed,max}$$

$$1168,55 \text{ kN} \geq 254,64 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Ověření vyhovuje → beton přenesse tlakové namáhání.

5.2.3.5. OVĚŘENÍ PRŮVLAKU P1 Z HLEDISKA PRŮHYBU

Pomoci zjednodušené podmínky ohybové štíhlosti posoudím průhyb. Musí platit:

$$\lambda \leq \lambda_d$$

Spočítám ohybovou štíhlost průvlaku P1:

$$\lambda = \frac{L_p}{d_p}$$

- $\kappa_{c1} = 0,8$ je součinitel tvaru průřezu pro trám v poli (T-průřez)
- $\kappa_{c2} = 0,89$ je součinitel rozpětí, $L > 7,0 \text{ m} \rightarrow \kappa_{c2} = \frac{7}{L} = \frac{7}{7,97} = 0,89$
- $\kappa_{c3} = 1,2$ odhad součinitele napětí tahové výztuže
- $\lambda_{d,tab} = 14$ je tabulková hodnota vymežující ohybové štíhlosti

$$\lambda = \frac{L_p}{d_p} = \frac{7700}{666} = 11,6$$

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 0,8 \cdot 0,89 \cdot 1,2 \cdot 14 = 11,96$$

$$\lambda \leq \lambda_d$$

$11,6 \leq 11,96 \rightarrow \text{vyhovuje} \rightarrow \text{není dle normy nutno posuzovat průhyb podrobným výpočtem}$

Navržené rozměry průvlaku P1 vyhovují.

5.2.4. NÁVRH PRŮVLAKU P2

Návrh provedu pomocí dvou metod – pomocí empirického návrhu a pomocí podmínky ohybové štíhlosti.

5.2.4.1. EMPIRICKÝ NÁVRH ROZMĚRŮ PRŮVLAKU P2

$$h_{p,1} = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{10}\right) \cdot L_{p,1} = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{10}\right) \cdot 5075 = 422,92 \div 507,5 \text{ mm} = 450 \text{ mm}$$

$$b_{p,1} = \left(\frac{1}{3} \div \frac{2}{3}\right) \cdot h_{p,1} = \left(\frac{1}{3} \div \frac{2}{3}\right) \cdot 450 = 150 \div 300 = 300 \text{ mm}$$

Návrh P2*: $h_p = 700 \text{ mm}$, $b_p = 400 \text{ mm}$

**) Pozn.: Rozměry průvlastku P2 jsou navrženy s ohledem na větší hodnotu zatížení.*

5.2.4.2. ZATÍŽENÍ PRŮVLAKU P2

Nejprve spočítám plošné zatížení, působící na průvlak P2 – viz tabulka níže.

TABULKA 5 – PLOŠNÉ ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAK P2

	výpočet	f_k [kN/m ²]	γ_F	f_d [kN/m ²]
ŽB deska tl. 250 mm	$0,25 \cdot 25 \cdot 1$	6,25	1,35	8,44
podlaha	viz kapitola 3.1.2	1,252	1,35	1,69
užitné	viz kapitola 3.2.1	1,5	1,5	2,25

$$(g+q)_d = 12,38 \text{ kN/m}^2$$

Ted dopočítám vlastní tíhu průvlastku:

- vlastní tíha průvlastku P2: $g_{0,k} = 25 \cdot (0,7 - 0,25) \cdot 0,4 = 4,5 \text{ kN/m}$

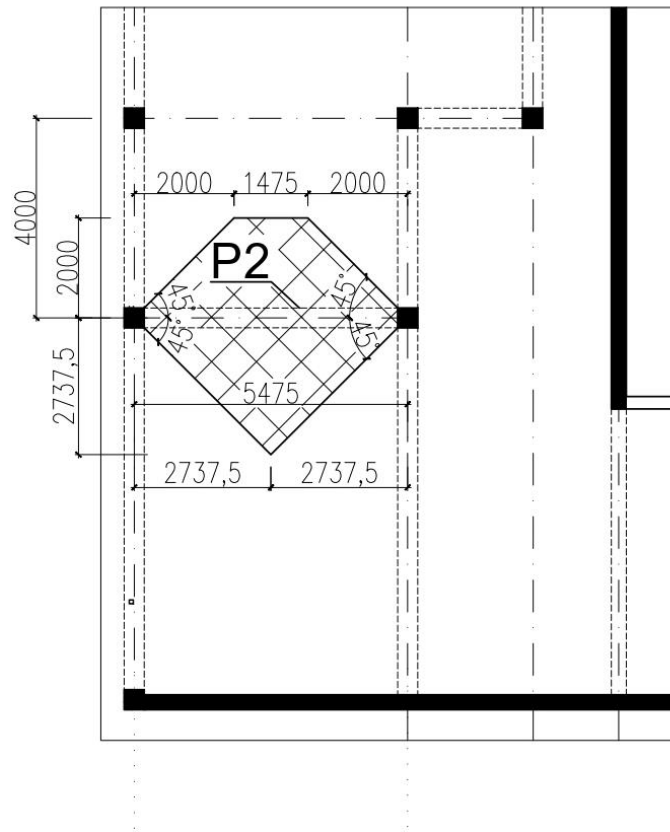
$$g_{0,d} = 4,5 \cdot 1,35 = 6,1 \text{ kN/m}$$

Na průvlak P2 taky působí zatížení od těžké zděné příčky – spočítám i její vlastní tíhu:

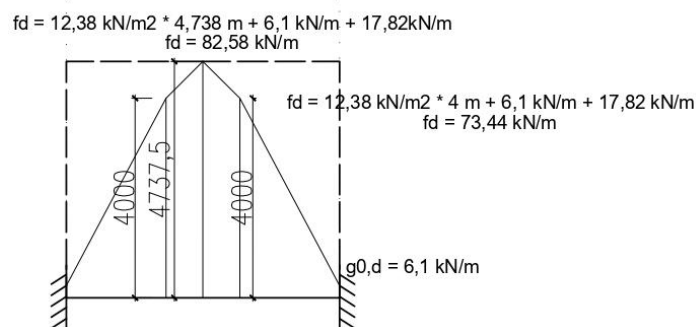
- zděná AKU příčka Liapor M 240, objemová hmotnost 1760 kg/m³, tl. 250 mm, h = 3 m.
- vlastní tíha zděné stěny: $g_{0,k} = 17,6 \cdot 3 \cdot 0,25 = 13,2 \text{ kN/m}$

$$g_{0,d} = 13,2 \cdot 1,35 = 17,82 \text{ kN/m}$$

Dále je potřeba stanovit zatěžovací plochu průvlastku s ohledem na typ jednotlivých podpor:



Vynásobením plošného zatížení na zatěžovací šířkou v daném bodě získám hodnotu liniového zatížení průvlastku od desky. K tomu pak připočítám vlastní tíhu průvlastku. Průběh liniového zatížení na trámu včetně hodnot zatížení je na obrázku níže:



OBRÁZEK 13 – LINIOVÉ ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAK P2

Z obrázku je vidět, že maximální hodnota působícího liniového zatížení je 82,58 kN/m.

5.2.4.3. OVĚŘENÍ PRŮVLAKU P2 Z HLEDISKA ÚNOSNOSTI V OHYBU

Pro zjednodušení (a na straně bezpečné) je uvažováno spojité zatížení o maximální hodnotě 82,58 kN/m po celé délce průvlastku. Spočítám maximální návrhový moment:

$$M_{Ed} = \frac{1}{12} \cdot (g + q)_d \cdot L_p^2 = \frac{1}{12} \cdot 82,58 \cdot 5,475^2 = 206,28 \text{ kNm}$$

Dále počítám poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{206,28 \cdot 10^6}{400 \cdot 662^2 \cdot 20} = 0,06$$

Z tabulky pro spočtenou hodnotu poměrného ohybového momentu zjistím hodnotu součinitele ξ , který vyjadřuje poměrné rameno vnitřních sil:

$$\rightarrow \xi = 0,077 \text{ (z tab.)}$$

Pak tuto hodnotu dosadím do vzorce pro výpočet potřebné plochy výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 400 \cdot 662 \cdot 0,077 \cdot 20}{435} = 749,96 \text{ mm}^2$$

Nakonec dopočítám stupeň vyztužení:

$$\rho = \frac{a_{s,req}}{b \cdot d} = \frac{749,96}{400 \cdot 662} \cdot 100 = 0,28$$

	h_p [mm]	L_p [mm]	$(g + q)_d$ [kN/m]	M_{Ed} [kNm]	d [mm]	μ [-]	ξ [-]	$A_{s,req}$ [mm ²]	ρ [%]
P2	700	5475	82,58	284,27	666	0,08	0,104	1020	0,28

\rightarrow hodnoty ξ vyhovují: $\xi < \xi_{max} = 0,45$

\rightarrow hodnoty $\rho \leq$ vyhovují: $\rho \cong 1 \%$

Ověření vyhovuje \rightarrow průvlak bude možné vyztužit na působící vnitřní síly.

5.2.4.4. OVĚŘENÍ PRŮVLAKU P2 Z HLEDISKA SMYKU

Je potřeba ověřit únosnost tlačené diagonály. Pro všechny průřezy průvlaku musí platit podmínka spolehlivosti

$$V_{Rd,max} \geq |V_{Ed,max}|$$

Spočítám hodnotu posouvající síly od návrhového zatížení:

$$V_{Ed,max} = 0,5 \cdot (g + q)_d \cdot L_p = 0,5 \cdot 113,8 \cdot 5,475 = 311,53 \text{ kN}$$

Dále dopočítám únosnost tlačené diagonály:

$$V_{Rd,max} = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} \geq V_{Ed,max}$$

$$V_{Rd,max} = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) \cdot 20 \cdot 400 \cdot 599,4 \cdot \frac{1,5}{1 + 1,5^2} = 1168,55 \text{ kN}$$

	h_p [mm]	L_p [mm]	$V_{Ed,max}$ [kN]	$z = 0,9d$ [mm]	volba $\cot\theta$ [-]	$V_{Rd,max}$ [kN]
P1	700	5475	311,53	599,4	1,5	1168,55

$$V_{Rd,max} \geq V_{Ed,max}$$

$$1168,55 \text{ kN} \geq 311,53 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Ověření vyhovuje → beton přenesse tlakové namáhání.

5.2.4.5. OVĚŘENÍ PRŮVLAKU P2 Z HLEDISKA PRŮHYBU

Pomocí zjednodušené podmínky ohybové štíhlosti posoudím průhyb. Musí platit:

$$\lambda \leq \lambda_d$$

Spočítám ohybovou štíhlost průvlaku P2:

$$\lambda = \frac{L_p}{d_p}$$

- $\kappa_{c1} = 0,8$ je součinitel tvaru průřezu pro trám v poli (T-průřez)
- $\kappa_{c2} = 1$ je součinitel rozpětí, $L < 7,0$ m
- $\kappa_{c3} = 1,0$ odhad součinitele napětí tahové výztuže
- $\lambda_{d,tab} = 14$ je tabulková hodnota vymezující ohybové štíhlosti

$$\lambda = \frac{L_p}{d_p} = \frac{5745}{666} = 8,63$$

$$\lambda_d = \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 14 = 11,2$$

$$\lambda \leq \lambda_d$$

$$8,63 \leq 11,2 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Navržené rozměry průvlaku P2 vyhovují.

6. PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH A OVĚŘENÍ SVISLÝCH NOSNÝCH PRVKŮ

V této kapitole bude udělán předběžný návrh a ověření rozměrů následujících prvků: sloup, stěna. Návrhy budou provedeny za předpokladu, že působí pouze dostředná normálová síla (žádný moment nepůsobí).

6.1. ŽB SLOUPY

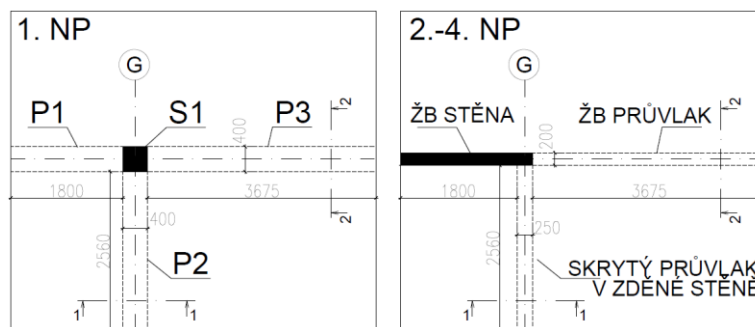
6.1.1. POPIS

Sloupy budou provedeny v celém objektu jako monolitické, železobetonové. Vnitřní ŽB sloupy jsou navrženy jednotného průřezu – návrh proveden na centrický tlak v patě sloupu 1. NP.

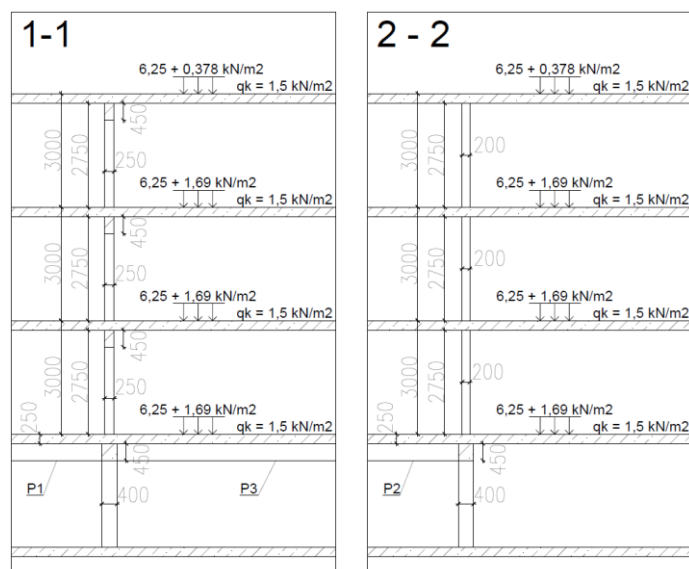
Návrh rozměrů průřezu sloupu: 400x400 mm

6.1.2. SCHÉMATA KONSTRUKCÍ

Na obrázcích níže jsou výřezy z půdorysu a řezu s označením sloupu, který budu navrhovat.



OBRÁZEK 14 – SCHÉMATA SVISLÝCH NOSNÝCH PRVKŮ: PŮDORYS



OBRÁZEK 15 – SCHÉMATA SVISLÝCH NOSNÝCH PRVKŮ: ŘEZ

6.1.3. ZATÍŽENÍ SLOUPU

V této kapitole počítám normálovou sílu, působící v patě sloupu.

- zatěžovací plocha: 28,52 m²
- výška sloupu: 3 – 0,7 = 2,3 m
- výška ŽB stěn: 3 · (3 – 0,25) = 8,25 m
- výška zděných stěn: 3 · (3 – 0,75) = 6,9 m

	počet	výpočet	char. zat. [kN]	γ_F	návrh. zat. [kN]
ŽB stropní deska	4	4 · 28,52 · 6,25	713	1,35	962,55
ŽB sloup	2,3 m	0,4 · 0,4 · 2,3 · 25	9,2	1,35	12,42
ŽB průvlak P1	1,8 m	1,8 · 4,5	8,1	1,35	10,94
ŽB stěna	1,8 m	25 · 0,3 · 8,25 · 1,8	111,375	1,35	150,36
ŽB průvlak P2	2,56 m	2,56 · 4,5	11,52	1,35	15,55
zděná AKU příčka	2,56 m	17,6 · 0,25 · 6,9 · 2,56	77,72	1,35	104,92
ŽB průvlak P3	3,68 m	3,68 · 4,5	16,43	1,35	22,17
ŽB skryté průvlaky	3 na 2,56 m	25 · 0,3 · 0,45 · 2,56 · 3	25,92	1,35	34,99
podlahy	3	3 · 1,69 · 28,52	144,6	1,35	195,2
střešní plášť	1	0,378 · 28,52	10,78	1,35	14,55
užitné	3	3 · 1,5 · 28,52	128,34	1,5	192,51
užitné střechy	1	1,5 · 28,52	42,78	1,5	64,17

$N_{Ed,max} = 1767,95 \text{ kN}$

6.1.4. OVĚŘENÍ ROZMĚRŮ SLOUPU

Je potřeba ověřit, zda navržená průřezová plocha sloupu je dostatečná pro přenesení síly $N_{Ed,max}$. Musí platit:

$$N_{Rd} > N_{Ed,max}$$

Návrhové normálové zatížení v patě sloupu bylo spočítané výše:

$$N_{Ed,max} = 1767,95 \text{ kN}$$

Ted dopočítám normálovou únosnost sloupu (z přibližného vztahu pro dostředný tlak):

$$N_{Rd} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot \sigma_s = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_c \cdot \rho \cdot \sigma_s$$

$$N_{Rd} = 0,8 \cdot 0,4 \cdot 0,4 \cdot 20 + 0,4 \cdot 0,4 \cdot 0,02 \cdot 400$$

$$N_{Rd} = 3840 \text{ kN/m}$$

$$N_{Rd} = 3840 \text{ kN} > N_{Ed,max} = 1767,95 \text{ kN}$$

Navržené rozměry průřezu sloupu 400x400 mm lze akceptovat (dostatečná rezerva na vliv ohybového momentu i štíhlosti).

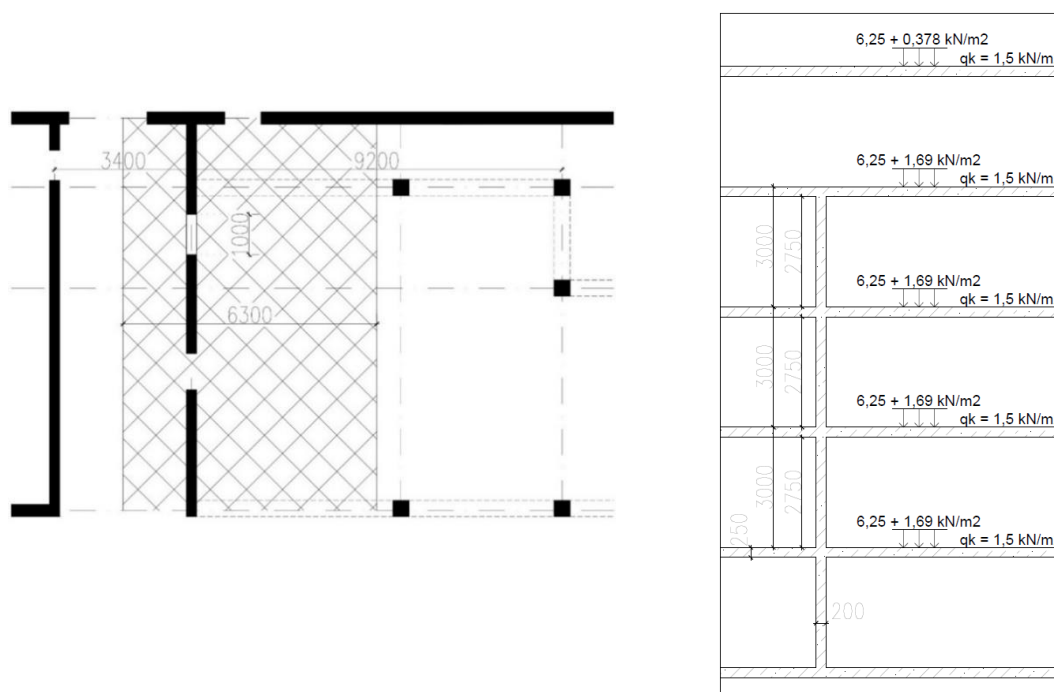
6.2. ŽB STĚNY

6.2.1. POPIS

Nosné obvodové a vnitřní ŽB stěny jsou navrženy ve tloušťce 200 mm. Ověření provedu na běžný metr nejvíce zatížené stěny.

6.2.2. SCHÉMATA KONSTRUKCÍ

Na obrázku níže jsou výřezy z půdorysu a řezu s označením stěny, kterou budu navrhovat.



OBRÁZEK 16 – SCHÉMATA STĚNY: PŮDORYS A ŘEZ

6.2.3. ZATÍŽENÍ STĚNY

V této kapitole počítám normálovou sílu, působící v patě stěny:

- zatěžovací plocha: $6,3 \text{ m}^2$

	počet	výpočet	char. zat. [kN]	γ_F	návrh. Zat. [kN]
ŽB stropní deska	4	$6,3 \cdot 6,25 \cdot 4$	157,5	1,35	212,63
ŽB stěna	3	$25 \cdot 0,2 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 3$	45	1,35	60,75
příčky (náhradní)	4	$1,2 \cdot 6,3 \cdot 4$	30,24	1,35	40,82
podlahy	4	$1,69 \cdot 6,3 \cdot 4$	42,59	1,35	57,5
užitné	4	$1,5 \cdot 6,3 \cdot 4$	37,8	1,5	56,7

$$N_{Ed,max} = 428,4 \text{ kN/m}$$

6.2.4. OVĚŘENÍ STĚNY

Je potřeba ověřit, zda navržená průřezová plocha stěny je dostatečná pro přenesení síly $N_{Ed,max}$. Musí platit:

$$N_{Rd} > N_{Ed,max}$$

Návrhové normálové zatížení v patě sloupu bylo spočítané výše:

$$N_{Ed,max} = 428,4 \text{ kN/m}$$

Ted dopočítám normálovou únosnost stěny (z přibližného vztahu pro dostředný tlak):

$$N_{Rd} = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot \sigma_s = 0,8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_c \cdot \rho \cdot \sigma_s$$

$$N_{Rd} = 0,8 \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 20 + 0,2 \cdot 1 \cdot 0,01 \cdot 400$$

$$N_{Rd} = 4000 \text{ kN/m}$$

$$N_{Rd} = 4000 \text{ kN/m} > N_{Ed,max} = 428,4 \text{ kN/m}$$

Navrženou tloušťku stěn 200 mm lze akceptovat (dostatečná rezerva na vliv ohybového momentu i štíhlosti).

7. PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH A OVĚŘENÍ DALŠÍCH KONSTRUKCÍ

V této kapitole bude udělán předběžný návrh a ověření rozměrů následujících prvků: schodiště, balkonová deska. Návrh tloušťky desky ramene, podesty a mezipodesty bude proveden pomocí empirie. Návrh balkonové desky bude proveden pomocí empirických vztahů a podmínky ohybové štíhlosti, následně bude deska ověřena z hlediska únosnosti v ohybu.

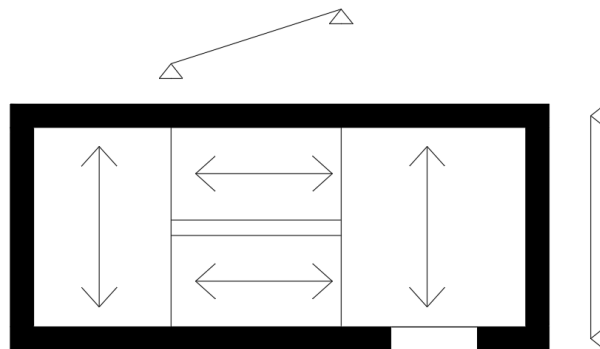
7.1. SCHODIŠTĚ

7.1.1. POPIS

Schodiště je deskové, dvouramenné, železobetonové, technologicky navrženo jako monolitické, ramena prováděná včetně betonových stupňů. Schodišťová ramena jsou oddílatována od schodišťových stěn. Mezipodesty jsou oddílatovány od podélných schodišťových stěn a pomocí izolačních boxů uloženy do příčných schodišťových stěn (kloubový spoj).

7.1.2. SCHÉMATA KONSTRUKCÍ

Na obrázku níže je zobrazena statické schéma řešeného schodiště.



OBRÁZEK 17 – STATICKÉ SCHÉMA

7.1.3. PARAMETRY SCHODIŠTĚ

- | | |
|--------------------------------|----------|
| ▪ konstrukční výška podlaží: | 3000 mm |
| ▪ šířka podesty: | 1530 mm |
| ▪ šířka mezipodesty: | 1750 mm |
| ▪ šířka ramene: | 1200 mm |
| ▪ délka podesty, mezipodesty: | 2600 mm |
| ▪ teoretické rozpětí: | 2850 mm |
| ▪ půdorysná délka ramene: | 2200 mm |
| ▪ výška schodišťového stupně : | 187,5 mm |
| ▪ šířka schodišťového stupně : | 275 mm |
| ▪ úhel stoupání: | 34,29° |
| ▪ počet stupňů v rameni: | 8 |

7.1.4. EMPIRICKÝ NÁVRH TLOUŠŤKY DESKY PODESTY, MEZIPODESTY

Tloušťku podesty a mezipodesty navrhuji jako tloušťku stropní desky.

Návrh: podesta, mezipodesta $h_{pod} = 250 \text{ mm}$

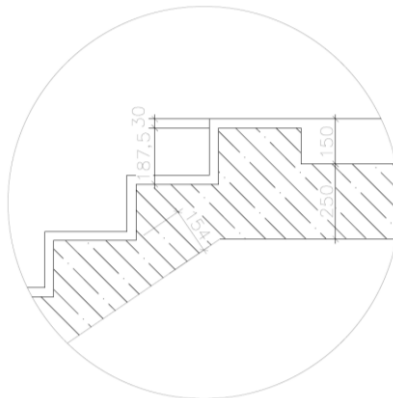
7.1.5. EMPIRICKÝ NÁVRH TLOUŠŤKY DESKY RAMENE

Návrh provedu pomocí empirického vztahu:

$$h_{ram} = \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{25} \right) \cdot L_{ram} = \left(\frac{1}{30} \div \frac{1}{25} \right) \cdot 2200 = 73,3 \div 88 \text{ mm}$$

Konečný návrh tloušťky vychází z geometrie napojení ramene na podestu, resp. mezipodestu – viz detail.

Návrh: deska ramene $h_{ram} = 154 \text{ mm}$



OBRÁZEK 18 - DETAIL NAPOJENÍ RAMENE NA PODESTU

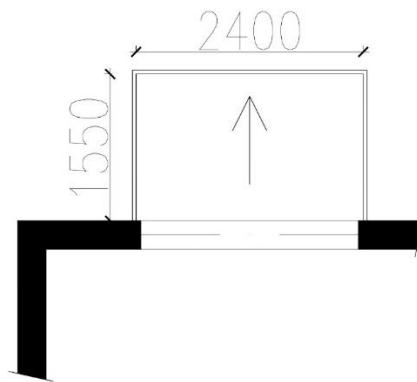
7.2. PŘEDSAZENÉ KONSTRUKCE

7.2.1. POPIS

V 5. NP jsou navrženy ŽB balkónové desky o vyložení 1550 mm, vykonzolované ze ŽB stropní desek.

7.2.2. SCHÉMATA KONSTRUKCÍ

Na obrázku níže je zobrazen výřez z půdorysu s označením rozměrů balkónové desky, kterou budu dále navrhovat.



OBRÁZEK 19 – SCHÉMA BALKONOVÉ DESKY

7.2.3. NÁVRH TLOUŠŤKY BALKONOVÉ DESKY

Návrh provedu pomocí dvou metod – pomocí empirie a pomocí podmínky ohybové štíhlosti.

7.2.3.1. NÁVRH POMOCÍ EMPIRICKÉHO VZTAHU

První návrh je udělán pomocí empirického vztahu.

$$h_{balk} = \frac{1}{10} \cdot L_k = \frac{1}{10} \cdot 1550 = 155 \text{ mm}$$

7.2.3.2. NÁVRH NA ZÁKLADĚ SPLNĚNÍ PODMÍNKY OHYBOVÉ ŠTÍHLOSTI DESKY

Druhý návrh je udělán pomocí podmínky ohybové štíhlosti. Z podmínky ohybové štíhlosti desky určíme nutnou účinnou výšku:

$$\lambda = \frac{L}{d} \leq \kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab} \rightarrow d \geq \frac{L}{\lambda_d}$$

- $\kappa_{c1} = 1$ je součinitel tvaru průřezu, obdélníkový průřez
- $\kappa_{c2} = 1$ je součinitel rozpětí, $L < 7,0 \text{ m}$
- $\kappa_{c3} = 1,3$ odhad součinitele napětí tahové výztuže
- $\lambda_{d,tab} = 8$ je tabulková hodnota vymežující ohybové štíhlosti (konzola, předpoklad $\rho \leq 0,5 \%$)
- předpokládaný profil výztuže: 12 mm
- předpokládaný krytí výztuže: 20 mm

$$h \geq d + \frac{\emptyset}{2} + C_{nom} = 155 + 6 + 20 = 181 \text{ mm}$$

Návrh: $h_{balk} = 190 \text{ mm}$

Pozn.: Napojení balkonových desek bude z důvodu přerušení tepelných mostů provedeno pomocí balkonových ISO-nosníků. Zvolený typ ISO-nosníku musí splňovat statické (dostatečná únosnost

v ohybu a smyku) i tepelně-technické požadavky konstrukce – návrh není náplní předběžného řešení objektu.

7.2.4. ZATÍŽENÍ DESKY

Vlastní tíha ŽB desky je uvažována 25 kN/m³, hodnoty ostatního stálého a užitého zatížení jsou odkázány v tabulce níž.

Nejprve spočítám plošné zatížení desky:

		f_k [kN/m ²]	γ_F	f_d [kN/m ²]
ŽB deska tl. 190 mm	0,19 · 25	4,75	1,35	6,41
podlaha	viz kapitola 3.1.2	1,252	1,35	1,69
užitné plošné	viz kapitola 3.2.1	3,0	1,35	4,05

$$(g+q)_d = 12,15 \text{ kN/m}^2$$

Pak spočítám liniové zatížení od zábradlí:

		Q_k [kN]	γ_F	Q_d [kN]
užitné liniové	viz kapitola 3.2.1	2,0	1,5	3

$$Q_d = 3 \text{ kN}$$

7.2.5. OVĚŘENÍ DESKY Z HLEDISKA ÚNOSNOSTI V OHYBU

Spočítám maximální návrhový moment:

$$m_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot (g + q)_d \cdot L_k^2 + Q_d \cdot L_k = \frac{1}{2} \cdot 12,15 \cdot 1,55^2 + 3 \cdot 1,55$$

$$m_{Ed} = 19,3 \text{ kNm/m}$$

Ověřím poměrnou výšku tlačené oblasti ξ a stupeň vyztužení ohybovou výztuží ρ . Spočítám poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{19,3 \cdot 10^6}{1000 \cdot 159^2 \cdot 20} = 0,038$$

Z tabulky pro spočtenou hodnotu poměrného ohybového momentu zjistím hodnotu součinitele ξ , který vyjadřuje poměrné rameno vnitřních sil:

$$\rightarrow \xi = 0,048 \text{ (z tab.)}$$

Pak tuto hodnotu dosadím do vzorce pro výpočet potřebné plochy výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 1000 \cdot 159 \cdot 0,048 \cdot 20}{435} \rightarrow a_{s,req} = 280,72 \text{ mm}^2$$

Nakonec dopočítám stupeň vyztužení:

$$\rho = \frac{a_{s,req}}{b \cdot d} = \frac{280,72}{1000 \cdot 159} = 0,0018$$

	h [mm]	b [mm]	d [kN/m]	m_{Ed} [kNm/m]	μ [-]	ξ [-]	$A_{s,req}$ [mm ²]	ρ [-]
balkon	190	1000	159	19,3	0,038	0,048	280,72	0,0018

→ hodnota $\xi = 0,048$ vyhovuje: $\xi < \xi_{opt} = (0,1 \div 0,15)$

→ předpoklad $\rho \leq 0,005$, použitý při výpočtu vymezení ohybové štíhlosti desek, je splněn.

Navržené rozměry balkonové desky vyhovují.

7.3. ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

Základové konstrukce budou tvořit železobetonové pasy a patky.

- pod sloupy navrhují základové patky rozměrů 2000x1000x1000 mm
- pod obvodové stěny navrhují pasy rozměrů 2000x1000 mm
- pod vnitřní stěny navrhují pasy rozměrů 1000x1000 mm

8. PODROBNÝ NÁVRH A POSOUZENÍ STROPNÍ DESKY

V této kapitole bude proveden návrh výztuže a posouzení průřezu obousměrně pnuté desky D1. Výztuž bude navržena u horního i dolního povrchů ve směrech x a y. Hlavní nosná výztuž bude posouzena, zda splňuje podmínky konstrukčních zásad. Nakonec bude ověřeno, jestli navržená výztuž vyhovuje a přenesení účinky vnitřních sil.

8.1. MATERIÁLY

Pro navrženou konstrukci budou použité následující materiály:

- beton je třídy C30/37
- výztuž je třídy B500B

8.2. DEFINOVÁNÍ GEOMETRIE PRŮŘEZU

Pro průřez řešené konstrukce platí:

- předpokládaný profil výztuže: 12 mm
- předpokládané krytí výztuže: 20 mm
- účinná výška průřezu ve směru x:

$$d_x = h - c - \frac{\phi_s}{2} = 250 - 20 - \frac{12}{2} = 224 \text{ mm}$$

- účinná výška průřezu ve směru y:

$$d_y = h - c - \frac{\phi_s}{2} - \phi_s = 250 - 20 - \frac{12}{2} - 12 = 212 \text{ mm}$$

8.3. OHYBOVÉ MOMENTY V DESCE

Výpočet momentů v desce je proveden v Kap. 5.1.5.

- Maximální ohybový moment v poli ve směru x: $m_{x,pole} = 26,94 \text{ kNm}$
- Maximální ohybový moment nad podporou ve směru x: $m_{x,podp} = -53,89 \text{ kNm/m}$
- Maximální ohybový moment v poli ve směru y: $m_{y,pole} = 29,34 \text{ kNm}$
- Maximální ohybový moment nad podporou ve směru y: $m_{y,podp} = -52,2 \text{ kNm}$

8.4. NÁVRH HORNÍ VÝZTUŽE DESKY VE SMĚRU X:

Návrh výztuže provádím na 1 metr šířky desky. Nejprve stanovím poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{53,89 \cdot 10^6}{1000 \cdot 224^2 \cdot 20} = 0,053$$

Z tabulky pro spočtenou hodnotu poměrného ohybového momentu zjistím hodnotu součinitele ξ , který vyjadřuje poměrné rameno vnitřních sil:

$$\rightarrow \xi = 0,068 \text{ (z tab.)}$$

Pak tuto hodnotu dosadím do vzorce pro výpočet potřebné plochy výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 1000 \cdot 224 \cdot 0,068 \cdot 20}{435}$$

$$\rightarrow a_{s,req} = 560,26 \text{ mm}^2/m$$

Návrh: $\varnothing_s 12$ à 190 mm , $a_{s,prov} = 595 \text{ mm}^2/m$

8.4.1. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Ted je potřeba stanovit, zda navržená výztuž splňuje konstrukční zásady:

- Výztuž musí být menší, než minimální aby nedošlo k porušení křehkým lomem:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min}$$

$$a_{s,min} = \max \left(0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d \right) = \left(0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 1000 \cdot 224; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 224 \right)$$

$$a_{s,min} = \max (337,8; 291,2) = 338 \text{ mm}^2$$

$$595 > 338 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Výztuž musí být větší, než maximální aby bylo umožněno dostatečné probetonování:

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max}$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1000 \cdot 250 = 10000 \text{ mm}^2$$

$$595 < 10000 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Nesmí být překročena maximální osová vzdálenost s :

$$s \leq \min (2 \cdot h; 250 \text{ mm}) = \min (2 \cdot 250; 250) = 250 \text{ mm}$$

$$190 < 250 [\text{mm}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Musí být dodržena i minimální světlá vzdálenost s_l :

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \varnothing; D_{max} + 5 \text{ mm}) = \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot 12; 16 + 5)$$

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 14,4 \text{ mm}; 21 \text{ mm}) = 21 \text{ mm}$$

$$178 > 21 [\text{mm}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady.

8.4.2. POSOUZENÍ NAVRŽENÉ VÝZTUŽE DESKY

Průřez posoudím tak, že porovnáím působící ohybový moment od zatížení s momentem únosnosti průřezu. Musí platit:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

V ohýbaném průřezu musí být síly v betonu a oceli stejné. Pokud budu uvažovat idealizovaná průběh napětí, dostanu, že

$$F_c = F_s$$

$$\lambda \cdot x \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd}$$

- $\lambda = 0,8$ pro betony třídy C50/60 a nižší
- $\eta = 1$ pro betony třídy C50/60 a nižší

Upravím rovnice a dostanu vztah pro výšku tlačené oblasti:

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{595 \cdot 435}{0,8 \cdot 1000 \cdot 20}$$

$$x = 16,2 \text{ mm}$$

Spočítám rameno vnitřních sil pro navrženou výztuž:

$$z = d - 0,4 \cdot x = 224 - 0,4 \cdot 16,2$$

$$z = 217,52 \text{ mm}$$

Moment únosnosti průřezu je pak:

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 595 \cdot 435 \cdot 217,52$$

$$m_{Rd} = 56,3 \text{ kNm/m}$$

Konstrukce vyhoví, pokud:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

$$56,3 > 53,89 \text{ [kNm/m]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

8.4.3. OVĚŘENÍ DOSTATEČNÉHO PROTAŽENÍ VÝZTUŽE

Nyní je ještě třeba ověřit, zda je splněn předpoklad o dostatečném poměrném přetvoření výztuže ($\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$). Ověřím, zda poměrná výška tlačené oblasti splňuje podmínku

$$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{max} = 0,45$$

$$\xi = \frac{16,2}{224} = 0,07 < 0,45 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

8.5. NÁVRH DOLNÍ VÝZTUŽE DESKY VE SMĚRU X:

Návrh výztuže provádím na 1 běžný metr šířky desky. Nejprve stanovím poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{26,94 \cdot 10^6}{1000 \cdot 224^2 \cdot 20} = 0,027$$

Z tabulky pro spočtenou hodnotu poměrného ohybového momentu zjistím hodnotu součinitele ξ , který vyjadřuje poměrné rameno vnitřních sil:

$$\rightarrow \xi = 0,034 \text{ (z tab.)}$$

Pak tuto hodnotu dosadím do vzorce pro výpočet potřebné plochy výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 1000 \cdot 224 \cdot 0,034 \cdot 20}{435}$$

$$\rightarrow a_{s,req} = 280,13 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Návrh: $\emptyset_s 12$ à 250 mm, $a_{s,prov} = 452 \text{ mm}^2/\text{m}$

8.5.1. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Ted je potřeba stanovit, zda navržená výztuž splňuje konstrukční zásady:

- Výztuž musí být menší, než minimální aby nedošlo k porušení křehkým lomem:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min}$$

$$a_{s,min} = \max \left(0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d \right) = \left(0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 1000 \cdot 224; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 224 \right)$$

$$a_{s,min} = \max (337,8; 291,2) = 338 \text{ mm}^2$$

$$452 > 338 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Výztuž musí být větší, než maximální aby bylo umožněno dostatečné probetonování:

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max}$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1000 \cdot 250 = 10000 \text{ mm}^2$$

$$452 < 10000 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Nesmí být překročena maximální osová vzdálenost s :

$$s \leq \min (2 \cdot h; 250 \text{ mm}) = \min (2 \cdot 250; 250) = 250 \text{ mm}$$

$$250 = 250 [\text{mm}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Musí být dodržena i minimální světlá vzdálenost s_l :

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \emptyset; D_{max} + 5 \text{ mm}) = \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot 12; 16 + 5)$$

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 14,4 \text{ mm}; 21 \text{ mm}) = 21 \text{ mm}$$

$$238 > 21 [\text{mm}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady.

8.5.2. POSOUZENÍ NAVRŽENÉ VÝZTUŽE DESKY

Průřez posoudím tak, že porovnam působící ohybový moment od zatížení s momentem únosnosti průřezu. Musí platit:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

V ohýbaném průřezu musí být síly v betonu a oceli stejné. Pokud budu uvažovat idealizovaná průběh napětí, dostanu, že

$$F_c = F_s$$

$$\lambda \cdot x \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd}$$

- $\lambda = 0,8$ pro betony třídy C50/60 a nižší
- $\eta = 1$ pro betony třídy C50/60 a nižší

Upravím rovnice a dostanu vztah pro výšku tlačené oblasti:

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{452 \cdot 435}{0,8 \cdot 1000 \cdot 20}$$

$$x = 12,3 \text{ mm}$$

Spočítám rameno vnitřních sil pro navrženou výztuž:

$$z = d - 0,4 \cdot x = 224 - 0,4 \cdot 12,3$$

$$z = 219,08 \text{ mm}$$

Moment únosnosti průřezu je pak:

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 452 \cdot 435 \cdot 219,08$$

$$m_{Rd} = 43,1 \text{ kNm/m}$$

Konstrukce vyhoví, pokud:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

$$43,1 > 26,94 [\text{kNm/m}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

8.5.3. OVĚŘENÍ DOSTATEČNÉHO PROTAŽENÍ VÝZTUŽE

Nyní je ještě třeba ověřit, zda je splněn předpoklad o dostatečném poměrném přetvoření výztuže ($\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$). Ověřím, zda poměrná výška tlačené oblasti splňuje podmínku

$$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{max} = 0,45$$

$$\xi = \frac{12,3}{224} = 0,06 < 0,45 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

8.6. NÁVRH HORNÍ VÝZTUŽE DESKY VE SMĚRU Y:

Návrh výztuže provádím na 1 běžný metr šířky desky. Nejprve stanovím poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{52,2 \cdot 10^6}{1000 \cdot 212^2 \cdot 20} = 0,058$$

Z tabulky pro spočtenou hodnotu poměrného ohybového momentu zjistím hodnotu součinitele ξ , který vyjadřuje poměrné rameno vnitřních sil:

$$\rightarrow \xi = 0,075 \text{ (z tab.)}$$

Pak tuto hodnotu dosadím do vzorce pro výpočet potřebné plochy výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 1000 \cdot 212 \cdot 0,075 \cdot 20}{435}$$

$$\rightarrow a_{s,req} = 584,8 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Návrh: $\emptyset_s 12$ à 190 mm , $a_{s,prov} = 595 \text{ mm}^2/\text{m}$

8.6.1. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Ted je potřeba stanovit, zda navržená výztuž splňuje konstrukční zásady:

- Výztuž musí být menší, než minimální aby nedošlo k porušení křehkým lomem:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min}$$

$$a_{s,min} = \max \left(0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d \right) = \left(0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 1000 \cdot 212; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 212 \right)$$

$$a_{s,min} = \max(319,7; 275,6) = 320 \text{ mm}^2$$

$$595 > 320 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Výztuž musí být větší, než maximální aby bylo umožněno dostatečné probetonování:

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max}$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1000 \cdot 250 = 10000 \text{ mm}^2$$

$$595 < 10000 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Nesmí být překročena maximální osová vzdálenost s :

$$s \leq \min (2 \cdot h; 250 \text{ mm}) = \min (2 \cdot 250; 250) = 250 \text{ mm}$$

$$190 < 250 \text{ [mm]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Musí být dodržena i minimální světlá vzdálenost s_l :

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \phi; D_{max} + 5 \text{ mm}) = \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot 12; 16 + 5)$$

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 14,4 \text{ mm}; 21 \text{ mm}) = 21 \text{ mm}$$

$$178 > 21 \text{ [mm]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady.

8.6.2. POSOUZENÍ NAVRŽENÉ VÝZTUŽE DESKY

Průřez posoudím tak, že porovnáím působící ohybový moment od zatížení s momentem únosnosti průřezu. Musí platit:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

V ohýbaném průřezu musí být síly v betonu a oceli stejné. Pokud budu uvažovat idealizovaná průběh napětí, dostanu, že

$$F_c = F_s$$

$$\lambda \cdot x \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd}$$

- $\lambda = 0,8$ pro betony třídy C50/60 a nižší
- $\eta = 1$ pro betony třídy C50/60 a nižší

Upravím rovnice a dostanu vztah pro výšku tlačené oblasti:

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{595 \cdot 435}{0,8 \cdot 1000 \cdot 20}$$

$$x = 16,2 \text{ mm}$$

Spočítám rameno vnitřních sil pro navrženou výztuž:

$$z = d - 0,4 \cdot x = 212 - 0,4 \cdot 16,2$$

$$z = 205,52 \text{ mm}$$

Moment únosnosti průřezu je pak:

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 595 \cdot 435 \cdot 205,52$$

$$m_{Rd} = 53,2 \text{ kNm/m}$$

Konstrukce vyhoví, pokud:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

$$53,2 > 52,2 \text{ [kNm/m]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

8.6.3. OVĚŘENÍ DOSTATEČNÉHO PROTAŽENÍ VÝZTUŽE

Nyní je ještě třeba ověřit, zda je splněn předpoklad o dostatečném poměrném přetvoření výztuže ($\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$). Ověřím, zda poměrná výška tlačené oblasti splňuje podmínku

$$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{max} = 0,45$$

$$\xi = \frac{16,2}{212} = 0,076 < 0,45 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

8.7. NÁVRH DOLNÍ VÝZTUŽE DESKY VE SMĚRU Y:

Návrh výztuže provádím na 1 běžný metr šířky desky. Nejprve stanovím poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{29,34 \cdot 10^6}{1000 \cdot 212^2 \cdot 20} = 0,033$$

Z tabulky pro spočtenou hodnotu poměrného ohybového momentu zjistím hodnotu součinitele ξ , který vyjadřuje poměrné rameno vnitřních sil:

$$\rightarrow \xi = 0,042 \text{ (z tab.)}$$

Pak tuto hodnotu dosadím do vzorce pro výpočet potřebné plochy výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 1000 \cdot 212 \cdot 0,042 \cdot 20}{435}$$

$$\rightarrow a_{s,req} = 327,5 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Návrh: $\emptyset_s 12$ à 250 mm, $a_{s,prov} = 452 \text{ mm}^2/\text{m}$

8.7.1. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Ted je potřeba stanovit, zda navržená výztuž splňuje konstrukční zásady:

- Výztuž musí být menší, než minimální aby nedošlo k porušení křehkým lomem:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min}$$

$$a_{s,min} = \max \left(0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d \right) = \left(0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 1000 \cdot 212; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 212 \right)$$

$$a_{s,min} = \max(319,7; 275,6) = 320 \text{ mm}^2$$

$$452 > 320 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Výztuž musí být větší, než maximální aby bylo umožněno dostatečné probetonování:

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max}$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1000 \cdot 250 = 10000 \text{ mm}^2$$

$$452 < 10000 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Nesmí být překročena maximální osová vzdálenost s :

$$s \leq \min (2 \cdot h; 250 \text{ mm}) = \min (2 \cdot 250; 250) = 250 \text{ mm}$$

$$250 = 250 \text{ [mm]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Musí být dodržena i minimální světlá vzdálenost s_l :

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \emptyset; D_{max} + 5 \text{ mm}) = \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot 12; 16 + 5)$$

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 14,4 \text{ mm}; 21 \text{ mm}) = 21 \text{ mm}$$

$$238 > 21 \text{ [mm]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady.

8.7.2. POSOUZENÍ NAVRŽENÉ VÝZTUŽE DESKY

Průřez posoudím tak, že porovnáím působící ohybový moment od zatížení s momentem únosnosti průřezu. Musí platit:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

V ohýbaném průřezu musí být síly v betonu a oceli stejné. Pokud budu uvažovat idealizovaná průběh napětí, dostanu, že

$$F_c = F_s$$

$$\lambda \cdot x \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd}$$

- $\lambda = 0,8$ pro betony třídy C50/60 a nižší
- $\eta = 1$ pro betony třídy C50/60 a nižší

Upravím rovnice a dostanu vztah pro výšku tlačené oblasti:

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{452 \cdot 435}{0,8 \cdot 1000 \cdot 20}$$

$$x = 12,3 \text{ mm}$$

Spočítám rameno vnitřních sil pro navrženou výztuž:

$$z = d - 0,4 \cdot x = 212 - 0,4 \cdot 16,2$$

$$z = 207,08 \text{ mm}$$

Moment únosnosti průřezu je pak:

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 452 \cdot 435 \cdot 205,52$$

$$m_{Rd} = 40,13 \text{ kNm/m}$$

Konstrukce vyhoví, pokud:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

$$40,13 > 29,34 [kNm/m] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

8.7.3. OVĚŘENÍ DOSTATEČNÉHO PROTAŽENÍ VÝZTUŽE

Nyní je ještě třeba ověřit, zda je splněn předpoklad o dostatečném poměrném přetvoření výztuže ($\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$). Ověřím, zda poměrná výška tlačené oblasti splňuje podmínku

$$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{max} = 0,45$$

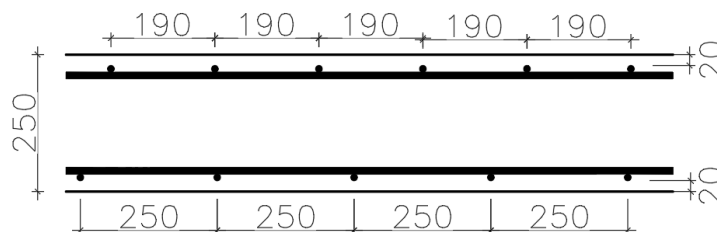
$$\xi = \frac{12,3}{212} = 0,058 < 0,45 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

8.8. SHRUTÍ NÁVRHU VÝZTUŽE

V předchozích kapitolách byla navržena a posouzena výztuž u obou povrchů a v obou směrech. Shrnutí návrhu je v tabulce níže.

TABULKA 6 - HLAVNÍ NOSNÁ VÝZTUŽ DESKY

	Průměr a rozteč		Plocha výztuže	
	Směr x	Směr y	Směr x	Směr y
Horní	Ø12 po 190 mm	Ø12 po 190 mm	595 mm ²	595 mm ²
Dolní	Ø12 po 250 mm	Ø12 po 250 mm	452 mm ²	452 mm ²



OBRÁZEK 20 – SCHÉMA VÝZTUŽE DESKY

9. PODROBNÝ NÁVRH A POSOUZENÍ PRŮVLAKU

V této kapitole bude proveden návrh ohybové a smykové výztuže a posouzení průvlaku P2. Vyztuž navrhnu na extrémní hodnotu momentu nad podporou a v poli. Hlavní nosná výztuž bude posouzena, zda splňuje podmínky konstrukčních zásad. Nakonec bude ověřeno, jestli navržená výztuž vyhovuje a přenesení účinky vnitřních sil.

9.1. MATERIÁLY

Pro navrženou konstrukci budou použité následující materiály:

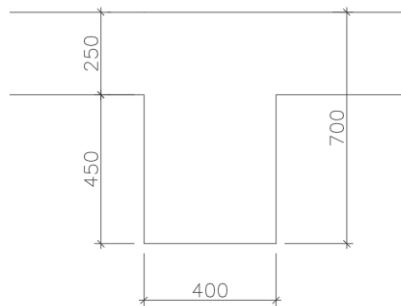
- beton je třídy C30/37
- výztuž je třídy B50B

9.2. DEFINOVÁNÍ GEOMETRIE PRŮŘEZU

Pro průřez řešené konstrukce platí:

- předpokládaný profil výztuže: 16 mm
- předpokládaný profil třmínku: 10 mm
- předpokládané krytí výztuže: 20 mm
- účinná výška průřezu:

$$d = h - c - \frac{\phi_s}{2} - \phi_{tř} = 700 - 20 - \frac{16}{2} - 10 = 662 \text{ mm}$$



OBRÁZEK 21 - PRŮŘEZ PRŮVLAKU

9.3. NÁVRH OHYBOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU – PRŮŘEZ NAD PODPOROU

Maximální návrhový moment

$$M_{Ed} = \frac{1}{12} \cdot (g + q)_d \cdot L_p^2 = \frac{1}{12} \cdot 82,58 \cdot 5,475^2 = 206,3 \text{ kNm}$$

Nejprve stanovím poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{206,3 \cdot 10^6}{400 \cdot 662^2 \cdot 20} = 0,06$$

Z tabulky pro spočtenou hodnotu poměrného ohybového momentu zjistím hodnotu součinitele ζ , který vyjadřuje poměrné rameno vnitřních sil:

$$\rightarrow \zeta = 0,969 \text{ (z tab.)}$$

Pak tuto hodnotu dosadím do vzorce pro výpočet potřebné plochy výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{206,3 \cdot 10^6}{0,969 \cdot 662 \cdot 435} = 739,3 \text{ mm}^2$$

Návrh: 4xØ16mm, $a_{s,prov} = 804 \text{ mm}^2$

9.3.1. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Ted je potřeba stanovit, zda navržená výztuž splňuje konstrukční zásady:

- Výztuž musí být menší než minimální, aby nedošlo k porušení křehkým lomem:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min}$$

$$a_{s,min} = \max \left(0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d \right) = \left(0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 400 \cdot 662; 0,0013 \cdot 400 \cdot 662 \right)$$

$$a_{s,min} = \max(399,3; 344,2) = 399,3 \text{ mm}^2$$

$$804 > 399,3 \text{ [mm}^2\text{]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Výztuž musí být větší než maximální, aby bylo umožněno dostatečné probetonování:

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max}$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 400 \cdot 700 = 11200 \text{ mm}^2$$

$$804 < 11200 \text{ [mm}^2\text{]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Světlá vzdálenost prutů:

$$s_l = \frac{b_T - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_{tř} - n \cdot \phi_s}{n - 1} = \frac{400 - 2 \cdot 20 - 2 \cdot 10 - 4 \cdot 16}{4 - 1} = 92 \text{ mm}$$

- Nesmí být překročena maximální osová vzdálenost s :

$$s \leq \min (2 \cdot h; 250 \text{ mm}) = \min (2 \cdot 700; 250) = 1400 \text{ mm}$$

$$102 < 1400 \text{ [mm]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Musí být dodržena i minimální světlá vzdálenost s_l :

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \phi; D_{max} + 5 \text{ mm}) = \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot 16; 16 + 5)$$

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 19,2 \text{ mm}; 21 \text{ mm}) = 21 \text{ mm}$$

$$92 > 21 [\text{mm}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady.

9.3.2. POSOUZENÍ NAVRŽENÉ VÝZTUŽE TRÁMU

Průřez posoudím tak, že porovnáím působící ohybový moment od zatížení s momentem únosnosti průřezu. Musí platit:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

V ohýbaném průřezu musí být síly v betonu a oceli stejné. Pokud budu uvažovat idealizovaná průběh napětí, dostanu, že

$$F_c = F_s$$

$$\lambda \cdot x \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd}$$

- $\lambda = 0,8$ pro betony třídy C50/60 a nižší
- $\eta = 1$ pro betony třídy C50/60 a nižší

Upravím rovnice a dostanu vztah pro výšku tlačené oblasti

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{804 \cdot 435}{0,8 \cdot 400 \cdot 20}$$

$$x = 54,7 \text{ mm}$$

Spočítám rameno vnitřních sil pro navrženou výztuž

$$z = d - 0,4 \cdot x = 662 - 0,4 \cdot 54,7$$

$$z = 640,12 \text{ mm}$$

Moment únosnosti průřezu je pak

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 804 \cdot 435 \cdot 640,12$$

$$m_{Rd} = 223,88 \text{ kNm}$$

Konstrukce vyhoví, pokud:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

$$223,88 > 206,3 [\text{kNm}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

9.3.3. OVĚŘENÍ DOSTATEČNÉHO PROTAŽENÍ VÝZTUŽE

Nyní je ještě třeba ověřit, zda je splněn předpoklad o dostatečném poměrném přetvoření výztuže ($\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$). Ověřím, zda poměrná výška tláčené oblasti splňuje podmínku

$$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{max} = 0,45$$

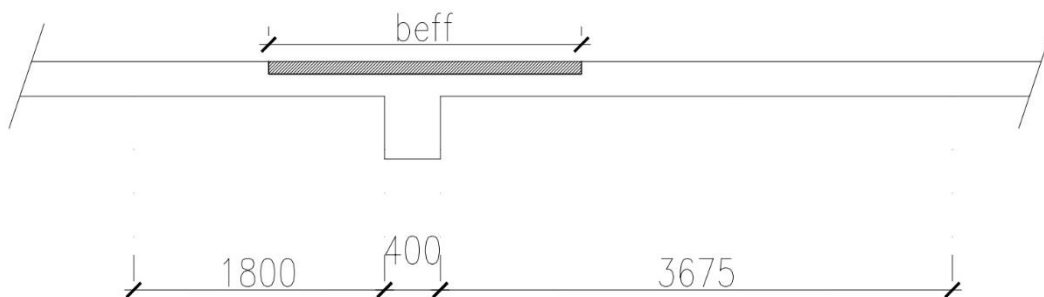
$$\xi = \frac{54,7}{662} = 0,08 < 0,45 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

9.4. NÁVRH OHYBOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU – PRŮŘEZ V POLI

Maximální návrhový moment:

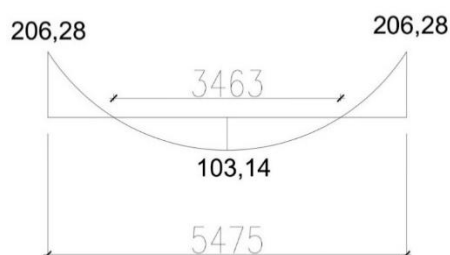
$$M_{Ed} = \frac{1}{24} \cdot (g + q)_d \cdot L_p^2 = \frac{1}{24} \cdot 82,58 \cdot 5,475^2 = 103,14 \text{ kNm}$$

V tláčené oblasti trám spolupůsobí s deskou – je nutné jej počítat jako tzv. T-průřez. Spočítám efektivní šířku b_{eff} kterou použiju při návrhu a posouzení výztuže $b = b_{eff}$.



$$b_{eff} = b_T + b_{eff,1} + b_{eff,2}$$

$$b_{eff,i} = \min(0,2 \cdot b_i + 0,1 \cdot l_0; 0,2 \cdot l_0; b_i)$$



- $l_0 = 3463 \text{ mm}$
- $b_1 = 1800 \text{ mm}$
- $b_2 = 3650 \text{ mm}$

$$b_{eff,1} = \min(0,2 \cdot 1800 + 0,1 \cdot 3463; 0,2 \cdot 3463; 1800) = \min(706,3; 692,6; 1800)$$

$$b_{eff,1} = 692,6 \text{ mm}$$

$$b_{eff,2} = \min(0,2 \cdot 3650 + 0,1 \cdot 3463; 0,2 \cdot 3463; 3650) = \min(1076,3; 692,6; 3650)$$

$$b_{eff,2} = 692,6 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 400 + 692,6 + 692,6 = 1785,2 \text{ mm}$$

Ted stanovím poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{103,14 \cdot 10^6}{1785,2 \cdot 662^2 \cdot 20} = 0,007$$

Z tabulky pro spočtenou hodnotu poměrného ohybového momentu zjistím hodnotu součinitele ζ , který vyjadřuje poměrné rameno vnitřních sil:

$$\rightarrow \zeta = 0,996 \text{ (z tab.)}$$

Pak tuto hodnotu dosadím do vzorce pro výpočet potřebné plochy výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{m_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{103,14 \cdot 10^6}{0,996 \cdot 662 \cdot 435} = 359,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Návrh: } 3x\emptyset 16 \text{ mm, } a_{s,prov} = 603 \text{ mm}^2$$

9.4.1. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Ted je potřeba stanovit, zda navržená výztuž splňuje konstrukční zásady:

- Výztuž musí být menší než minimální, aby nedošlo k porušení křehkým lomem:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min}$$

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

$$= \left(0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 400 \cdot 662; 0,0013 \cdot 400 \cdot 662 \right)$$

$$a_{s,min} = \max(399,3; 344,2) = 399,3 \text{ mm}^2$$

$$603 > 399,3 \text{ [mm}^2\text{]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Výztuž musí být větší než maximální, aby bylo umožněno dostatečné probetonování:

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max}$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 400 \cdot 700 = 11200 \text{ mm}^2$$

$$603 < 11200 \text{ [mm}^2\text{]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Světlá vzdálenost prutů

$$s_l = \frac{b_T - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_{tř} - n \cdot \phi_s}{n - 1} = \frac{400 - 2 \cdot 20 - 2 \cdot 10 - 3 \cdot 16}{3 - 1} = 146 \text{ mm}$$

- Nesmí být překročena maximální osová vzdálenost s :

$$s \leq \min (2 \cdot h; 250 \text{ mm}) = \min (2 \cdot 700; 250) = 1400 \text{ mm}$$

$$162 < 1400 [\text{mm}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Musí být dodržena i minimální světlá vzdálenost s_l :

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \phi; D_{max} + 5 \text{ mm}) = \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot 14; 16 + 5)$$

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 16,8 \text{ mm}; 21 \text{ mm}) = 21 \text{ mm}$$

$$146 > 21 [\text{mm}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady.

9.4.2. POSOUZENÍ NAVRŽENÉ VÝZTUŽE TRÁMU

Průřez posoudím tak, že porovnáím působící ohybový moment od zatížení s momentem únosnosti průřezu. Musí platit:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

V ohýbaném průřezu musí být síly v betonu a oceli stejné.

$$F_c = F_s$$

$$\lambda \cdot x \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd}$$

- $\lambda = 0,8$ pro betony třídy C50/60 a nižší
- $\eta = 1$ pro betony třídy C50/60 a nižší

Upravím rovnice a dostanu vztah pro výšku tlačené oblasti

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{603 \cdot 435}{0,8 \cdot 1785,2 \cdot 20}$$

$$x = 9,2 \text{ mm}$$

Spočítám rameno vnitřních sil pro navrženou výztuž:

$$z = d - 0,4 \cdot x = 662 - 0,4 \cdot 9,2$$

$$z = 658,3 \text{ mm}$$

Moment únosnosti průřezu je pak

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 603 \cdot 435 \cdot 658,3$$

$$m_{Rd} = 172,7 \text{ kNm}$$

Konstrukce vyhoví, pokud:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

$$172,7 > 103,14 \text{ [kNm]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

9.4.3. OVĚŘENÍ DOSTATEČNÉHO PROTAŽENÍ VÝZTUŽE

Nyní je ještě třeba ověřit, zda je splněn předpoklad o dostatečném poměrném přetvoření výztuže ($\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$). Ověřím, zda poměrná výška tláčené oblasti splňuje podmínku

$$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{max} = 0,45$$

$$\xi = \frac{9,4}{663} = 0,014 < 0,45 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

9.5. NÁVRH SMYKOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU

9.5.1. ÚNOSNOST TLAČENÉ DIAGONÁLY

Podmínka spolehlivosti $V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$ již byla ověřena v předběžném návrhu a posouzení prvků (viz kapitola 5.2.4.4.), ale s ohledem na změněný profil výztuže přepočítávám pro nové hodnoty ramena vnitřních sil z

$$V_{Rd,max} = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \frac{\cot\theta}{1 + \cot^2\theta} \geq V_{Ed,max}$$

$$V_{Rd,max} = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) \cdot 20 \cdot 400 \cdot 658,3 \cdot \frac{1,5}{1 + 1,5^2} = 1283,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} \geq V_{Ed,max}$$

$$1283,4 \text{ kN} \geq 311,53 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

9.5.2. NÁVRH TŘMÍNKŮ

A. NÁVRHOVÉ TŘMÍNKY

Největší sílu pro návrh třmínek $V_{Ed,1}$ uvažujeme ve vzdálenosti d za lícem přímé podpory.

Uvažuji dvoustřížné třmínky o profilu 10 mm. Průřezová plocha jednoho třmínku:

$$A_{sw,1} = \frac{n \cdot \pi \cdot \phi_t^2}{4} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 10^2}{4} = 157,1 \text{ mm}^2$$

- osová vzdálenost s_l :

$$s_l \leq \frac{A_{sw,1} \cdot f_{yd}}{V_{Ed,1}} \cdot z \cdot \cot\theta = \frac{157,1 \cdot 435}{213,4} \cdot 640,12 \cdot 1,5 = 307,3 \text{ mm}$$

Návrh: třmínek dvoustřížný $\phi_{tr} = 10 \text{ mm}$ à 300 mm

- konstrukční zásady pro maximální vzdálenost třmíneků:

$$s \leq \min(0,75 \cdot d; 400 \text{ mm}) = \min(0,75 \cdot 662; 400 \text{ mm}) = \min(496,5 \text{ mm}; 400 \text{ mm})$$

$$s_l = 300 < s = 467 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- posouzení únosnosti třmínku:

$$V_{Rd,1} = \frac{A_{sw,1} \cdot f_{yd}}{s_l} = \frac{157,1 \cdot 435}{300} = 227,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,1} \geq V_{Ed,1}$$

$$227,8 \geq 213,4 \text{ [kN]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- kontrola stupně vyztužení:

$$\rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{b \cdot s_l} = \frac{157,1}{400 \cdot 300} = 0,0013$$

$$\rho_{sw,min} \leq \rho_{sw} \leq \rho_{sw,max}$$

$$\frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \leq \rho_{sw} \leq \frac{0,5 \cdot \nu \cdot f_{cd}}{f_{ywd}}$$

$$\frac{0,08 \cdot \sqrt{30}}{500} \leq \rho_{sw} \leq \frac{0,5 \cdot 0,528 \cdot 20}{435}$$

$$0,00088 \leq 0,0013 \leq 0,012 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Navržené třmínky vyhovují.

B. KONSTRUKČNÍ TŘMÍNKY

Ve střední části trámu použijí stejný profil a střížnost třmíneků – stejné $A_{sw} = 157,1 \text{ mm}^2$

- vzdálenost třmíneků:

$$s \leq \min(0,75 \cdot d; 400 \text{ mm}) = \min(0,75 \cdot 662; 400 \text{ mm}) = \min(496,5 \text{ mm}; 400 \text{ mm})$$

Návrh: $s = 400 \text{ mm}$

- kontrola stupně vyztužení:

$$\rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{b \cdot s_l} = \frac{157,1}{400 \cdot 400} = 0,00098$$

$$\rho_{sw,min} \leq \rho_{sw} \leq \rho_{sw,max}$$

$$\frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \leq \rho_{sw} \leq \frac{0,5 \cdot v \cdot f_{cd}}{f_{ywd}}$$

$$\frac{0,08 \cdot \sqrt{30}}{500} \leq \rho_{sw} \leq \frac{0,5 \cdot 0,528 \cdot 20}{435}$$

$$0,00088 \leq 0,0098 \leq 0,012 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- hodnota posouvající síly, pro kterou postačují konstrukční třmínky

$$V_{Rd,min} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s_{max}} \cdot z \cdot \cot\theta = \frac{157,1 \cdot 435}{400} \cdot 658,3 \cdot 1,5$$

$$V_{Rd,min} = 169,7 \text{ kN}$$

Navržené třmínky vyhovují.

9.6. SHRNUTÍ NÁVRHU VÝZTUŽE

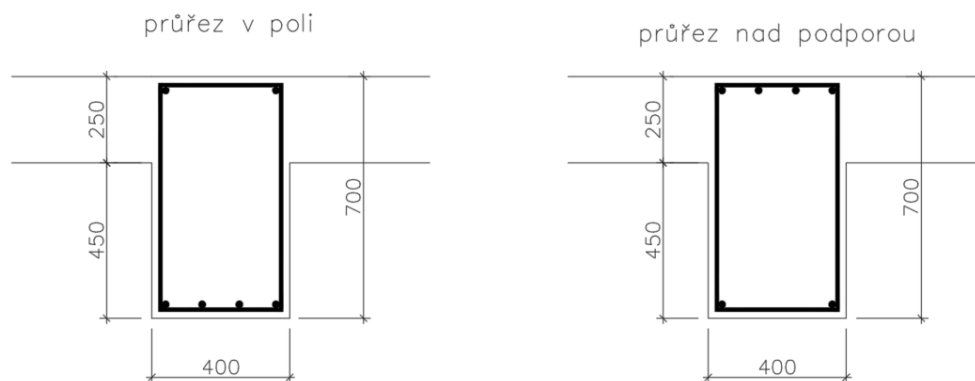
V předchozích kapitolách byla navržena a posouzena výztuž průvlaku P2. Shrnutí návrhu je v tabulkách níže.

TABULKA 7 - OHYBOVÁ VÝZTUŽ PRŮVLAKU P2

	Počet	Průměr	Plocha výztuže
Nad podporou	4	Ø16mm	804 mm ²
V poli	3	Ø16mm	603 mm ²

TABULKA 8 - SMYKOVÁ VÝZTUŽ PRŮVLAKU P2

	Průměr	Rozteč
Návrhové třmínky	Ø _{tř} = 10 mm	300 mm
Konstrikční třmínky	Ø _{tř} = 10 mm	400 mm



OBRÁZEK 22 – ŘEZ PRŮVLAKU: VÝZTUŽ

10. PODROBNÝ NÁVRH A POSOUZENÍ SLOUPU

V této kapitole bude proveden návrh výztuže a posouzení sloupu. Návrh provedu za předpokladu, že působí pouze dostředná normálová síla. Výztuž bude posouzena, zda splňuje podmínky konstrukčních zásad. Nakonec pomoci interakčního diagramu (spočítaného ručně a pomocí softwaru) bude ověřeno, že navržená výztuž vyhovuje a přenesení účinky vnitřních sil.

10.1. MATERIÁLY

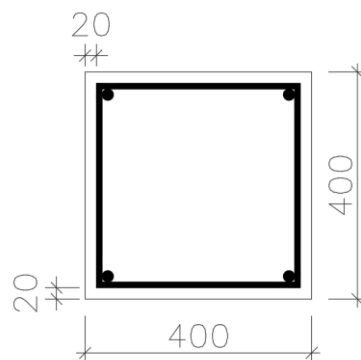
Pro navrženou konstrukci budou použité následující materiály:

- beton je třídy C30/37
- výztuž je třídy B50B

10.2. DEFINOVÁNÍ GEOMETRIE PRŮŘEZU

Pro průřez řešené konstrukce platí:

- předpokládaný profil výztuže: 12 mm
- předpokládaný profil třmínku: 10 mm
- předpokládané krytí výztuže: 20 mm



OBRÁZEK 23 – PRŮŘEZ SLOUPU

10.3. GEOMETRICKÉ IMPERFEKCE

Reálná konstrukce nikdy nemá ideální geometrii. Odchyly v geometrii konstrukce se počítají podle vztahu:

$$e_i = \theta_i \cdot \frac{l_0}{2} = \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m \cdot \frac{l_0}{2}$$

Ted spočítám jednotlivé členy rovnice:

- základní hodnota úhlu odklonu od vvislice $\theta_0 = \frac{1}{200}$
- redukční součinitel zohledňující výšku sloupu α_h :

$$\alpha_h = \min\left(\max\left(\frac{2}{3}; \frac{2}{\sqrt{h}}\right); 1\right) = \min\left(\max\left(\frac{2}{3}; \frac{2}{\sqrt{2,3}}\right); 1\right) =$$

$$= \min\left(\max\left(\frac{2}{3}; 1,32\right); 1\right) = \min(1,32; 1) = 1$$

- redukční součinitel zohledňující počet sloupů ($m = 6$) v řadě α_m :

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{6}\right)} = 0,76$$

- vzpěrná délka sloupu $l_0 = 0,7 \cdot l = 0,7 \cdot 2300 = 1610 \text{ mm}$

Dosadím do rovnice imperfekci a dostanu, že výstřednost e_i je

$$e_i = \frac{1}{200} \cdot 1 \cdot 0,76 \cdot \frac{1610}{2} = 3,1 \text{ mm}$$

Minimální výstřednost síly je

$$e_0 = \max\left(\frac{h}{30}; 20 \text{ mm}\right), \text{ kde } h \text{ je výška průřezu}$$

$$e_0 = \max\left(\frac{400}{30}; 20 \text{ mm}\right) = \max(13,3; 20 \text{ mm}) = 20 \text{ mm}$$

Skutečná výstřednost $e_i = 3,1 \text{ mm}$ je menší, než minimální výstřednost $e_0 = 20 \text{ mm}$, to znamená, že jako ohybový moment budu uvažovat hodnotu vypočtenou pomocí vztahu:

$$M_{Ed,0} = e_0 \cdot N_{Ed}$$

10.4. OHYBOVÝ MOMENT SLOUPU

Působící normálová síla v patě sloupu je $N_{Ed} = 1767,95 \text{ kN}$

Vynásobením normálové síly a minimální výstřednosti získám hodnotu minimálního ohybového momentu:

$$M_{Ed,0} = 0,02 \cdot 1767,95 = 35,36 \text{ kNm}$$

10.5. OVĚŘENÍ ŠTÍHLosti SLOUPU

Před návrhem a posouzením musíme stanovit, zda je sloup štíhlý, pomocí vztahu $\lambda \leq \lambda_{lim}$. Začnu tím, že stanovím štíhlost navrženého sloupu:

$$\lambda = \frac{l_0}{\sqrt{A_c}} = \frac{0,7 \cdot l}{\sqrt{\frac{1}{12} \cdot b^4}} = \frac{0,7 \cdot 2300}{\sqrt{\frac{1}{12} \cdot 400^4}} = 13,9$$

Pak spočítám limitní štíhlost:

$$\lambda_{lim} = \min\left(\frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}}; 75\right)$$

- poměrná normálová štíhlost $n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{1767,95 \cdot 10^3}{400 \cdot 400 \cdot 20} = 0,55$
- $A = 0,7$ (součinitel vlivu dotvarování betonu)
- $B = 1,1$ (součinitel vlivu stupně vyztužení)
- $C = 0,7$ (nejpřísnější možnost – součinitel vlivu koncových ohybových momentů)

$$\lambda_{lim} = \min\left(\frac{20 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 0,7}{\sqrt{0,55}}; 75\right) = \min(14,5; 75) = 14,5$$

Sloup není štíhlý, pokud vyhoví, že:

$$\lambda \leq \lambda_{lim}$$

$$13,9 \leq 14,5$$

→ sloup je masivní, můžu pokračovat s kombinací sil $N_{Ed} + M_{Ed,0}$

10.6. NÁVRH VÝZTUŽE SLOUPU

Návrh provedu za předpokladu, že působí pouze dostředná normálová síla (žádný moment nepůsobí). Při dosažení únosnosti je všude v průřezu dosaženo maximálního dovoleného poměrného přetvoření $\varepsilon_{c3} = 0,002$. Při poměrném přetvoření $\varepsilon_{c3} = 0,002$ je v betonu napětí $\sigma_c = f_{cd}$ a napětí ve výztuži je $\varepsilon_s = 0,002$, $E_s = 400 \text{ Mpa}$.

Síly v průřezu jsou:

$$F_c = b \cdot h \cdot f_{cd}$$

$$F_{s,i} = A_{s,i} \cdot 400 \text{ Mpa}$$

Únosnost průřezu se počítá jako suma sil ve výztuži a v betonu:

$$N_{Rd} = F_c + F_{s1} + F_{s2} = b \cdot h \cdot f_{cd} + 2 \cdot A_{s,i} \cdot 400 \text{ Mpa}$$

$$N_{Rd} = b \cdot h \cdot f_{cd} + A_s \cdot 400 \text{ Mpa}$$

Kdyby platilo, že $N_{Ed} = N_{Rd}$, to by znamenalo, že $N_{Ed} = b \cdot h \cdot f_{cd} + A_s \cdot 400 \text{ Mpa}$. Z této rovnice vyjádřím vztah pro minimální potřebnou plochu výztuže a budu uvažovat pouze 80 % únosnosti betonu pro získání určité rezervy:

$$A_{s,req} = \frac{N_{Ed} - 0,8 \cdot b \cdot h \cdot f_{cd}}{400 \text{ Mpa}} = \frac{1767,95 \cdot 10^3 - 0,8 \cdot 400 \cdot 400 \cdot 20}{400}$$

$$A_{s,req} = -1980 \text{ mm}^2$$

Záporná hodnota $A_{s,req}$ znamená, že by teoreticky z hlediska tlaku nebyla nutná výztuž. V takovém případě platí pravidlo pro minimální vyztužení $4\phi 12$.

$$\text{Návrh: } 4\phi 12, A_{s,prov} = 452 \text{ mm}^2$$

10.6.1. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Ted je potřeba stanovit, zda navržená výztuž splňuje konstrukční zásady:

- Výztuž musí být menší než minimální

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min}$$

$$\begin{aligned} A_{s,min} &= \max\left(0,1 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}; 0,002 \cdot A_c\right) \\ &= \max\left(0,1 \cdot \frac{1767,95 \cdot 10^3}{435}; 0,002 \cdot 400^2\right) \\ &= \max(407; 320) = 407 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$452 \geq 407 \text{ [mm}^2\text{]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Výztuž musí být větší než maximální

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max}$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 400^2 = 6400 \text{ mm}^2$$

$$452 \leq 6400 \text{ [mm}^2\text{]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady.

10.7. NÁVRH KONSTRUKČNÍ VÝZTUŽE (TŘMÍNKY)

- Ve střední oblasti sloupu se osová vzdálenost třmínek určí ze vztahu

$$s_1 \leq \min(15\phi_s; \min(b; h); 300 \text{ mm})$$

$$s_1 \leq \min(15 \cdot 12; \min(400; 400); 300 \text{ mm})$$

$$s_1 \leq \min(180; 400; 300 \text{ mm}) \leq 180 \text{ mm}$$

Návrh: třmínek dvoustřížný $\phi_{tr} = 10 \text{ mm}$ à 150 mm

- V oblasti stykování výztuže přesahem a v oblasti 400 mm nad a pod trámem je nutno třmínky zahustit na vzdálenost:

$$s_2 = 0,6 \cdot s_1 = 0,6 \cdot 150$$

$$s_2 = 90 \text{ mm}$$

- Kotevní délka:
 - dobré podmínky soudržnosti
 - beton C30/37

$$\Rightarrow k = 36,2$$

$$l_{bd1} = k \cdot \phi_s = 36,2 \cdot 12 = 434,4 \text{ mm}$$

- Přesahovou délku spočítám z požadované kotevní délky:

$$l_{od} = 1,5 \cdot l_{bd1} = 4,5 \cdot 434,4 = 651,6 \text{ mm}$$

$$\text{Návrh: } l_{od} = 655 \text{ mm}$$

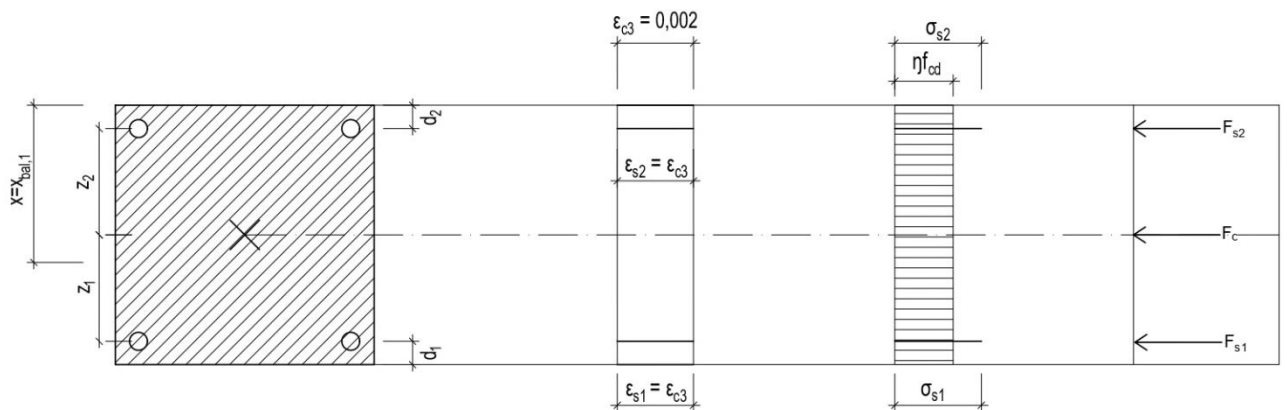
10.8. INTERAKČNÍ DIAGRAM

V této kapitole bude proveden ruční výpočet 6 bodů interakčního diagramu a následné posouzení průřezu sloupu pomocí sestaveného I.D.

10.8.1. VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU

Každý bod interakčního diagramu je definován dvojicí hodnot $[M_{Rd,i}; N_{Rd,i}]$. Výpočet těchto hodnot vychází ze silové, resp. momentové podmínky rovnováhy na průřezu.

A. BOD 0 - ROVNOMĚRNĚ ROZDĚLENÉ STLAČENÍ PO CELÉ VÝŠCE PRŮŘEZU (DOSTŘEDNÝ TLAK):



- limitující hodnotou pro napětí v oceli je přetvoření betonu $\epsilon_{s1} = \epsilon_{s2} = \epsilon_{cu} = 0,002$
- napětí ve výztuži při dostředném tlaku $\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = E_s \cdot \epsilon_s = 200 \cdot 10^3 \cdot 0,002 = 400 \text{ Mpa}$
- $\sigma_{cd} = f_{cd} = 20 \text{ Mpa}$
- $N_{Rd,0} = b \cdot h \cdot \sigma_{cd} + A_{s1} \cdot \sigma_{s1} + A_{s2} \cdot \sigma_{s2}$
- $M_{Rd,0} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} \cdot z_1 + A_{s2} \cdot \sigma_{s2} \cdot z_2$

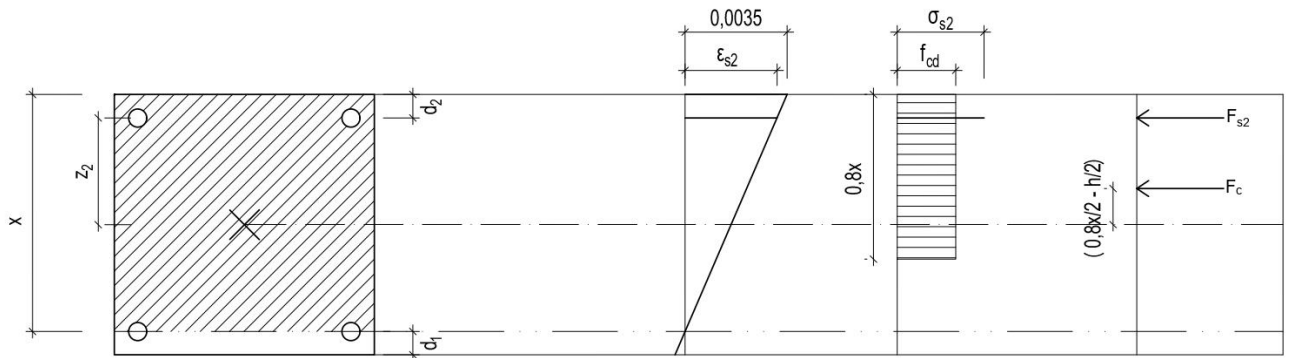
$$N_{Rd,0} = b \cdot h \cdot \sigma_s + A_{s1} \cdot \sigma_{s1} + A_{s2} \cdot \sigma_{s2} = 400 \cdot 400 \cdot 20 + 452 \cdot 400$$

$$N_{Rd,0} = 3380,8 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,0} = 0 \text{ kNm}$$

B. BOD 1 - PŘEVÁŽNĚ TLACENÝ PRŮŘEZ, NEUTRÁLNÍ OSA PROCHÁZÍ TĚŽIŠTĚM DOLNÍ VÝZTUŽE:

Platí $x = d$:



- $\varepsilon_{s1} = 0 \rightarrow \sigma_{s1} = 0 \rightarrow F_{s1} = 0$
- $\sigma_{cd} = f_{cd} = 20 \text{ Mpa}$
- mezní přetvoření betonu v krajních vláknech $\varepsilon_{cu} = 0,0035$
- $d_1 = d_2 = 36 \text{ mm}$
- $x = h - d_1 = 400 - 36 = 364 \text{ mm}$

Z podobnosti trojúhelníků nejprve ověřím přetvoření tlacené výztuže:

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x} = \frac{\varepsilon_{s2}}{x - d_2}$$

$$\frac{0,0035}{364} = \frac{\varepsilon_{s2}}{364 - 36}$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{328 \cdot 0,0035}{364} = 0,003125$$

$$\varepsilon_{s2} > \varepsilon_{yd} \rightarrow \text{platí: } \sigma_{s2} = f_{yd} = 435 \text{ Mpa}$$

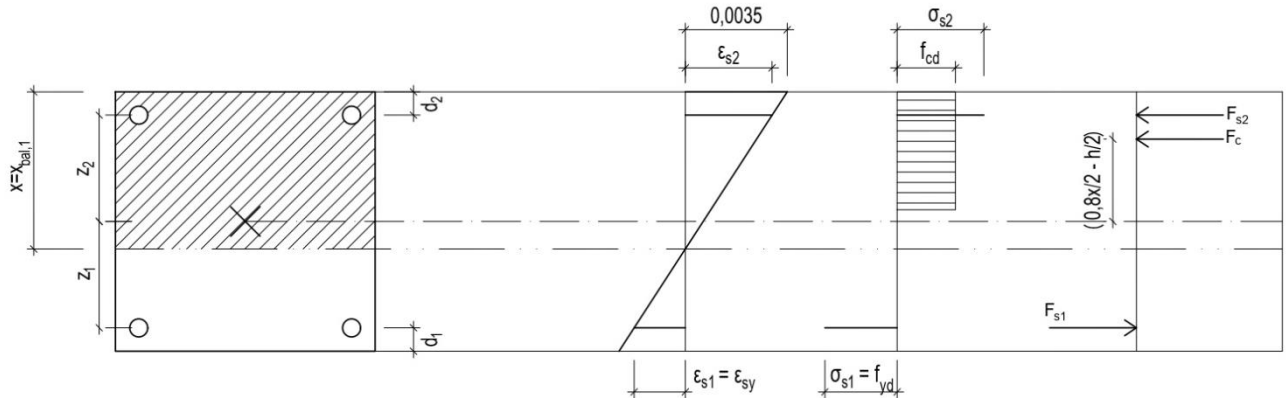
- $\sigma_{s2} = f_{yd} = 435 \text{ Mpa}$
- $F_c = 0,8 \cdot b \cdot x \cdot \sigma_{cd} = 0,8 \cdot 400 \cdot 364 \cdot 20 = 2329,6 \text{ kN}$
- $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} = 226 \cdot 435 = 98,31 \text{ kN}$
- $N_{Rd,1} = -F_c - F_{s2}$
- $M_{Rd,1} = F_c \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{0,8 \cdot x}{2} \right) + F_{s2} \cdot z_{s2}$

$$N_{Rd,1} = -2329,6 - 98,31 = -2427,91 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,1} = 2329,6 \cdot \left(\frac{0,4}{2} - \frac{0,8 \cdot 0,364}{2} \right) + 98,31 \cdot 0,164 = 142,85 \text{ kNm}$$

C. BOD 2 - ČÁSTEČNĚ TLAČENÝ PRŮŘEZ, TAŽENÁ VÝZTUŽ NA MEZI KLUZU:

Platí $x = x_{BAL,1}$:



Dosaženo meze kluzu v tažené výztuži – průřez má maximální momentovou únosnost

- přetvoření v tažené výztuži $\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{sy} = 0,00217$
- $\sigma_{s1} = f_{yd} = 435 \text{ Mpa}$
- $\varepsilon_{c,max} = -\varepsilon_{cu} = -0,0035$
- $\sigma_{cd} = f_{cd} = 20 \text{ Mpa}$
- $d_1 = d_2 = 36 \text{ mm}$
- $x = x_{bal,1}$

Z podobnosti trojúhelníků spočítám výšku tlačené oblasti:

$$x = x_{bal,1} = \frac{(h - d_1)}{0,0035 + \varepsilon_{sy}} \cdot 0,0035 = \frac{364 \cdot 0,0035}{0,0035 + 0,00217} = 224,69 \text{ mm}$$

Z podobnosti trojúhelníků ověřím přetvoření tlačené výztuže:

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x_{bal,1}} = \frac{\varepsilon_{s2}}{x_{bal,1} - d_2}$$

$$\varepsilon_{s2} = \frac{(224,69 - 36) \cdot 0,0035}{224,69} = 0,00294$$

$$\varepsilon_{s2} > \varepsilon_{yd} \rightarrow \text{platí: } \sigma_{s2} = f_{yd} = 435 \text{ Mpa}$$

- $\sigma_{s2} = f_{yd} = 435 \text{ Mpa}$
- $F_c = 0,8 \cdot b \cdot x_{bal,1} \cdot \sigma_{cd} = 0,8 \cdot 400 \cdot 224,69 \cdot 20 = 1438,01 \text{ kN}$
- $F_{s1} = F_{s2} = A_s \cdot \sigma_s = 226 \cdot 435 = 98,31 \text{ kN}$
- $N_{Rd,2} = -F_c + F_{s1} - F_{s2} = -F_c$

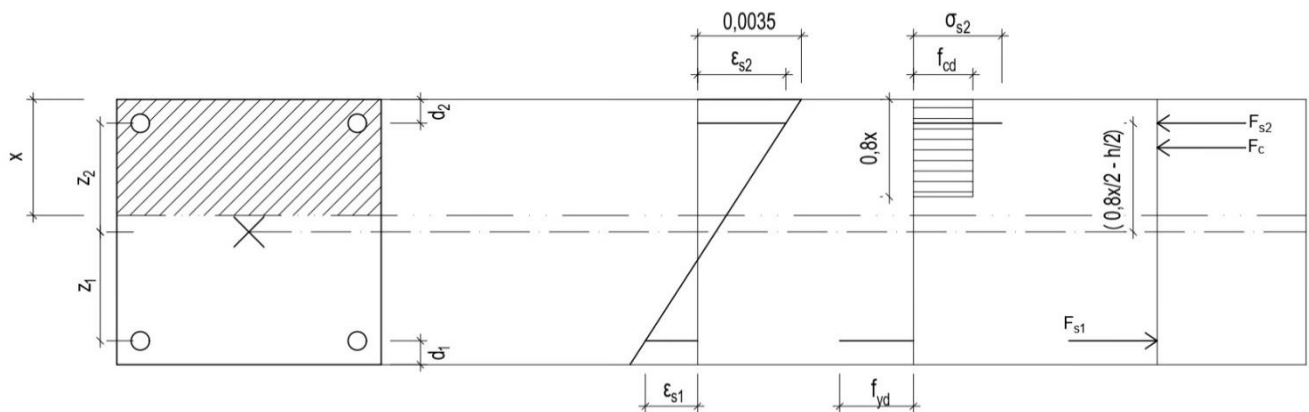
$$\blacksquare M_{Rd,2} = F_c \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{0,8 \cdot x_{bal,1}}{2} \right) + F_{s1} \cdot z_{s1} + F_{s2} \cdot z_{s2}$$

$$N_{Rd,2} = -1438,01 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,2} = 1438,01 \cdot \left(\frac{0,4}{2} - \frac{0,8 \cdot 0,225}{2} \right) + 98,31 \cdot 0,164 \cdot 2 = 190,43 \text{ kNm}$$

D. BOD 3 - PROSTĚ OHÝBANÝ PRŮŘEZ:

Platí $N_{Rd} = 0$:



Při prostém ohybu je normálová síla nulová, což znamená, že suma sil v průřezu musí být rovná nule – z této podmínky vycházíme při stanovování výšky tlačené oblasti.

$$N_{Rd,3} = F_{s1} - F_{s2} - F_c = 0$$

Vyjádřím síly v průřezu

$$A_{s1} \cdot \sigma_{s1} - 0,8 \cdot b \cdot x \cdot \sigma_{cd} - A_{s2} \cdot \sigma_{s2} = 0$$

Průřez mám rovnoměrně vyztužený, platí tedy

$$A_{s1} = A_{s2} = A_s = 0,5 \cdot A_{s,prov}$$

Zjednoduším rovnice pro normálovou sílu

$$A_s \cdot \sigma_{s1} - 0,8 \cdot b \cdot x \cdot \sigma_{cd} - A_s \cdot \sigma_{s2} = 0$$

Vyjádřím hledanou výšku tlačené oblasti a dostanu vztah

$$x = \frac{A_s \cdot \sigma_{s1} - A_s \cdot \sigma_{s2}}{0,8 \cdot b \cdot \sigma_{cd}},$$

ve kterém neznám napětí ve výztužích.

Nejprve budu předpokládat, že tažená (dolní) výztuž je za mezí kluzu ($\sigma_{s1} = f_{yd}$) a získám vztah

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd} - A_s \cdot \sigma_{s2}}{0,8 \cdot b \cdot \sigma_{cd}},$$

ve kterém neznám už pouze napětí v tlačené (horní) výztuži.

Z podobnosti trojúhelníků vyjádřím přetvoření tlačené výztuže:

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x} = \frac{\varepsilon_{s2}}{x - d_2}$$

$$x \cdot (\varepsilon_{cu} - \varepsilon_{s2}) = \varepsilon_{cu} \cdot d_2$$

Řeším soustavu 2 rovnic o 2 neznámých (x, σ_{s2})

$$1. \quad A_s \cdot f_{yd} - 0,8 \cdot b \cdot x \cdot \sigma_{cd} - A_s \cdot \sigma_{s2} = 0$$

$$2. \quad x \cdot (\varepsilon_{cu} - \varepsilon_{s2}) = \varepsilon_{cu} \cdot d_2$$

$$\sigma_{s2}^2 \cdot A_s - \sigma_{s2} \cdot (A_s \cdot f_{yd} + A_s \cdot \varepsilon_{cu} \cdot E_s) + \varepsilon_{cu} \cdot E_s \cdot (A_s \cdot f_{yd} - 0,8 \cdot b \cdot \sigma_{cd} \cdot d_2) = 0$$

$$\sigma_{s2}^2 \cdot 226 - \sigma_{s2} \cdot (226 \cdot 435 + 226 \cdot 0,0035 \cdot 200 \cdot 10^3) + 0,0035 \cdot 200 \cdot 10^3 \cdot (226 \cdot 435 - 0,8 \cdot 400 \cdot 20 \cdot 36) = 0$$

$$\sigma_{s2}^2 \cdot 226 - \sigma_{s2} \cdot 256510 - 92463000 = 0$$

Řešením kvadratické rovnici získám

$$\sigma_{s2,1} = 1422,6 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{s2,2} = -287,6 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{s2} = -287,6 \text{ Mpa}$$

Dopočítám x

$$x = \frac{226 \cdot 435 + 226 \cdot 287,6}{0,8 \cdot 400 \cdot 20} = 25,52 \text{ mm}$$

Ted' můž dopočítat reakce a vnitřní síly

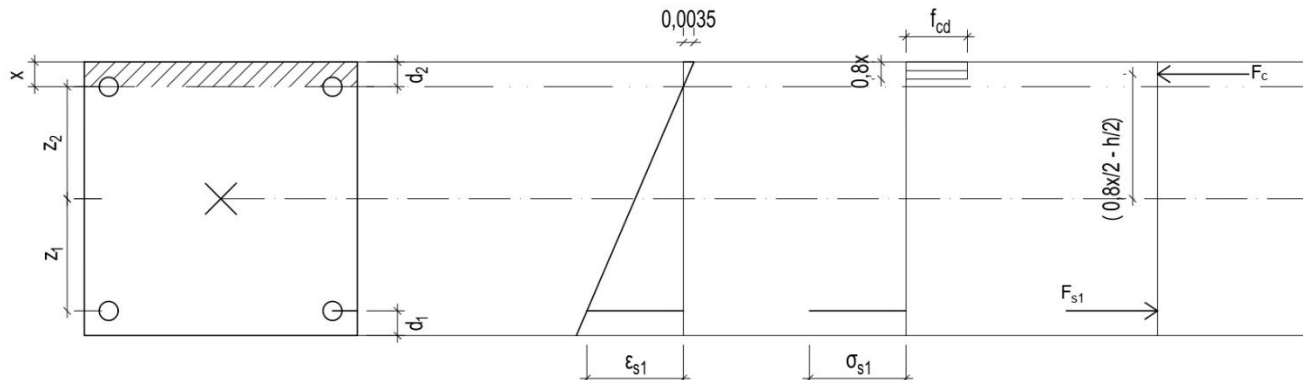
- $F_c = 0,8 \cdot b \cdot x \cdot \sigma_{cd} = 0,8 \cdot 400 \cdot 25,52 \cdot 20 = 163,328 \text{ kN}$
- $F_{s1} = A_{s1} \cdot f_{yd} = 226 \cdot 435 = 98,31 \text{ kN}$
- $F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2} = 226 \cdot (-287,6) = -64,99 \text{ kN}$
- $N_{Rd,3} = -F_c + F_{s1} - F_{s2} = -163,328 + 98,31 + 64,99 \approx 0 \text{ kN}$
- $M_{Rd,3} = F_c \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{0,8 \cdot x}{2}\right) + F_{s1} \cdot z_{s1} + F_{s2} \cdot z_{s2}$

$$N_{Rd,3} = -163,328 + 98,31 + 64,99 \approx 0 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,3} = 163,328 \cdot \left(\frac{0,4}{2} - \frac{0,8 \cdot 0,02552}{2} \right) + 98,31 \cdot 0,164 - 64,99 \cdot 0,164 = 36,46 \text{ kNm}$$

E. BOD 4 - PŘEVÁŽNĚ TAŽENÝ PRŮŘEZ, NEUTRÁLNÍ OSA PROCHÁZÍ TĚŽIŠTĚM HORNÍ VÝZTUŽE:

Platí $x = d_2$, $F_{s2} = 0$



- $\varepsilon_{s2} = 0 \rightarrow \sigma_{s2} = 0 \rightarrow F_{s2} = 0$
- $\sigma_{cd} = f_{cd} = 20 \text{ Mpa}$
- mezní přetvoření betonu v krajních vláknech $\varepsilon_{cu} = 0,0035$
- $d_1 = d_2 = 36 \text{ mm}$
- $x = d_2 = 36$

Z podobnosti trojúhelníků nejprve ověřím přetvoření tlacené výztuže:

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{d_2} = \frac{\varepsilon_{s1}}{h - d_1 - d_2}$$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{h - d_1 + d_2}{d_2} \cdot \varepsilon_{cu}$$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{400 - 36 - 36}{36} \cdot 0,0035 = 0,032$$

$$\varepsilon_{s1} > \varepsilon_{yd} \rightarrow \text{platí: } \sigma_{s1} = f_{yd} = 435 \text{ Mpa}$$

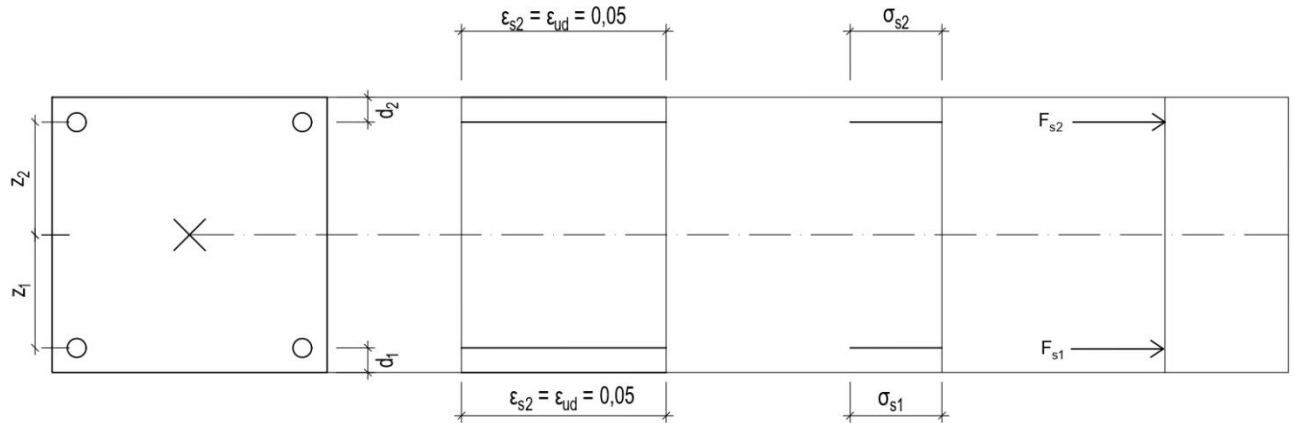
- $\sigma_{s1} = f_{yd} = 435 \text{ Mpa}$
- $F_c = 0,8 \cdot b \cdot x \cdot \sigma_{cd} = 0,8 \cdot 400 \cdot 36 \cdot 20 = 230,4 \text{ kN}$
- $F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 226 \cdot 435 = 98,31 \text{ kN}$
- $N_{Rd,4} = F_{s1} - F_c$
- $M_{Rd,4} = F_c \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{0,8 \cdot x}{2} \right) + F_{s1} \cdot z_{s1}$

$$N_{Rd,4} = 230,4 - 98,31 = 132,09 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,4} = 230,4 \cdot \left(\frac{0,4}{2} - \frac{0,8 \cdot 0,036}{2} \right) + 98,31 \cdot 0,164 = 58,89 \text{ kNm}$$

F. BOD 5 - ROVNOMĚRNĚ ROZDĚLENÉ PROTAŽENÍ PO CELÉ VÝŠCE PRŮŘEZU (DOSTŘEDNÝ TAH):

Beton v tahu nepůsobí



Při dostředném tahu uvažují, že poměrné protažení vláken je 0,05 a neutrální osa je v minus nekonečnu.

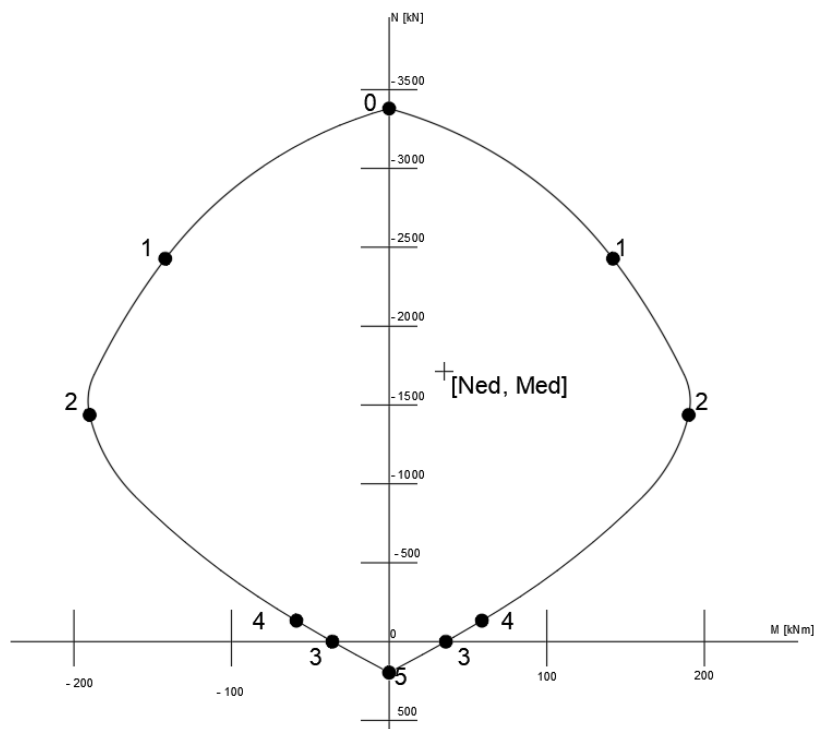
- $\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = 435 \text{ Mpa}$
- $\sigma_{cd} = f_{cd} = 20 \text{ Mpa}$
- $F_c = 0 \cdot \sigma_{cd} = 0$
- $F_{s1} = F_{s2} = A_s \cdot \sigma_s = 226 \cdot 435 = 98,3 \text{ kN}$
- $N_{Rd,5} = F_{s1} + F_{s2}$
- $M_{Rd,5} = F_{s1} \cdot z_{s1} - F_{s2} \cdot z_{s2}$

$$N_{Rd,5} = 98,3 + 98,3 = 196,6 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,5} = 98,3 \cdot 164 - 98,3 \cdot 164 = 0 \text{ kNm}$$

10.8.2. SESTROJENÍ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU A POSOUZENÍ PRŮŘEZU

Pomocí bodů 0 až 5 sestrojím ID a posoudím průřez.



OBRÁZEK 24 – INTERAKČNÍ DIAGRAM

- $N_{Ed} = -1767,95 \text{ kN}$
- $M_{Ed,0} = 35,36 \text{ kNm}$

Bod [-1767,95 kN; 35,36 kNm] leží uvnitř diagramu → průřez vyhovuje.

10.8.3. POROVNÁNÍ S PROGRAMEM

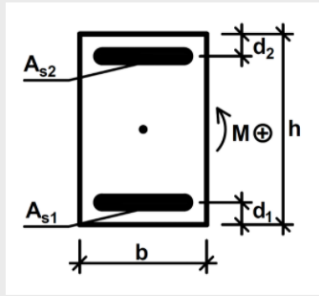
Pro kontrolu ručního výpočtu a sestrojení diagramu použiji program *InDiOn*.

Body z ručního výpočtu vyšli stejně jako body z *InDiOnu*.

- $N_{Ed} = -1767,95 \text{ kN}$
- $M_{Ed,0} = 35,36 \text{ kNm}$

Charakteristiky průřezu

$b =$ mm
 $h =$ mm
 $d_1 =$ mm
 $d_2 =$ mm
 $A_{s1} =$ mm²
 $A_{s2} =$ mm²



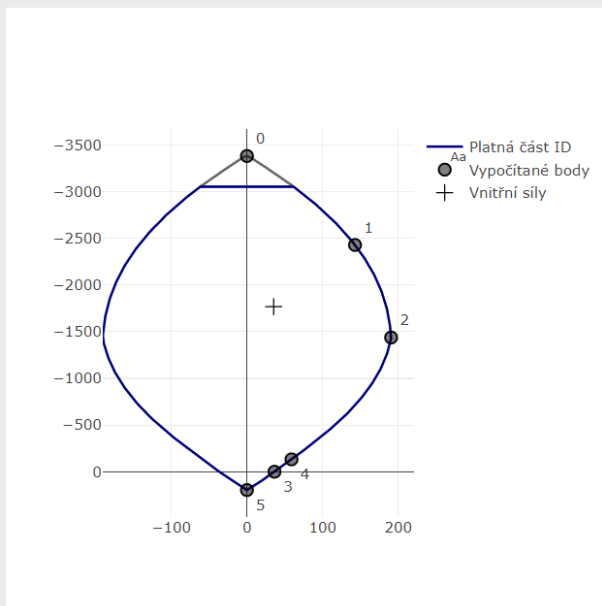
Materiály

$f_{ck} =$ MPa
 $f_{yk} =$ MPa
 $E_s =$ GPa

Působící vnitřní síly

$N_{Ed} =$ kN
 $M_{Ed} =$ kNm

Interakční diagram



Body

$N_{Rd0} =$ kN
 $M_{Rd0} =$ kNm
 $N_{Rd1} =$ kN
 $M_{Rd1} =$ kNm
 $N_{Rd2} =$ kN
 $M_{Rd2} =$ kNm
 $N_{Rd3} =$ kN
 $M_{Rd3} =$ kNm
 $N_{Rd4} =$ kN
 $M_{Rd4} =$ kNm
 $N_{Rd5} =$ kN
 $M_{Rd5} =$ kNm

OBRÁZEK 25 – VÝSLEDKY Z PROGRAMU INDION: SLOUP

Bod [-1767,95 kN; 35,36 kNm] leží uvnitř diagramu → průřez vyhovuje.

11. PODROBNÝ NÁVRH A POSOUZENÍ STĚNY

V této kapitole bude proveden návrh výztuže a posouzení stěny. Návrh provedu za předpokladu, že působí pouze dostředná normálová síla. Výztuž bude posouzena, zda splňuje podmínky konstrukčních zásad. Nakonec pomocí interakčního diagramu (spočítaného pomocí softwaru) bude ověřeno, že navržená výztuž vyhovuje a přenesení účinky vnitřních sil.

11.1. MATERIÁLY

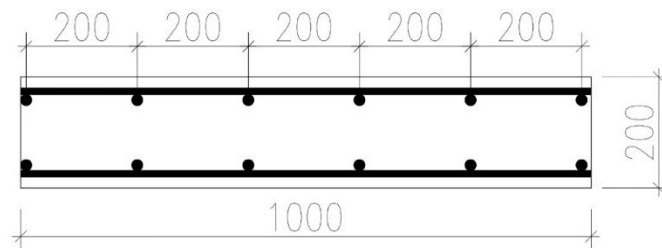
Pro navrženou konstrukci budou použité následující materiály:

- beton je třídy C30/37
- výztuž je třídy B50B

11.2. DEFINOVÁNÍ GEOMETRIE PRŮŘEZU

Pro průřez řešené konstrukce platí:

- předpokládaný profil vodorovné výztuže: 12 mm
- předpokládaný profil svislé výztuže: 12 mm
- předpokládané krytí výztuže: 20 mm



OBRÁZEK 26 – PRŮŘEZ STĚNY 1 BM

11.3. GEOMETRICKÉ IMPERFEKCE

Reálná konstrukce nikdy nemá ideální geometrii. Odchyly v geometrii konstrukce se počítají podle vztahu:

$$e_i = \theta_i \cdot \frac{l_0}{2} = \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m \cdot \frac{l_0}{2}$$

Ted spočítám jednotlivé členy rovnice:

- základní hodnota úhlu odklonu od svislice $\theta_0 = \frac{1}{200}$
- redukční součinitel zohledňující výšku stěny α_h :

$$\alpha_h = \min\left(\max\left(\frac{2}{3}; \frac{2}{\sqrt{h}}\right); 1\right) = \min\left(\max\left(\frac{2}{3}; \frac{2}{\sqrt{2,75}}\right); 1\right) =$$

$$= \min\left(\max\left(\frac{2}{3}; 1,2\right); 1\right) = \min(1,2; 1) = 1$$

- redukční součinitel zohledňující počet stěn ($m = 6$) v řadě α_m :

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{6}\right)} = 0,76$$

- vzpěrná délka stěny $l_0 = 0,5 \cdot l = 0,5 \cdot 2750 = 1375 \text{ mm}$

Dosadím do rovnice imperfekci a dostanu, že výstřednost e_i je

$$e_i = \frac{1}{200} \cdot 1 \cdot 0,76 \cdot \frac{1375}{2} = 2,6 \text{ mm}$$

Minimální výstřednost síly je

$$e_0 = \max\left(\frac{h}{30}; 20 \text{ mm}\right), \text{ kde } h \text{ je výška průřezu}$$

$$e_0 = \max\left(\frac{200}{30}; 20 \text{ mm}\right) = \max(6,7; 20 \text{ mm}) = 20 \text{ mm}$$

Skutečná výstřednost $e_i = 2,6 \text{ mm}$ je menší, než minimální výstřednost $e_0 = 20 \text{ mm}$, to znamená, že jako ohybový moment budu uvažovat hodnotu vypočtenou pomocí vztahu:

$$M_{Ed,0} = e_0 \cdot N_{Ed}$$

11.4. OHYBOVÝ MOMENT STĚNY

Působící normálová síla v patě stěny je $N_{Ed} = 428,4 \text{ kN}$

Vynásobením normálové síly a minimální výstřednosti získám hodnotu minimálního ohybového momentu:

$$M_{Ed,0} = 0,02 \cdot 428,4 = 9,57 \text{ kNm}$$

11.5. OVĚŘENÍ ŠTÍHLosti STĚNY

Před návrhem a posouzením musíme stanovit, zda je sloup štíhlý, pomocí vztahu $\lambda \leq \lambda_{lim}$. Začnu tím, že stanovím štíhlost navržené stěny:

$$\lambda = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{I}{A_c}}} = \frac{0,5 \cdot l}{\sqrt{\frac{1}{12} \cdot h^3 \cdot b}} = \frac{0,5 \cdot 2750}{\sqrt{\frac{1}{12} \cdot 200^3 \cdot 1000}} = 23,82$$

Pak spočítám limitní štíhlost:

$$\lambda_{lim} = \min\left(\frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}}; 75\right)$$

- poměrná normálová štíhlost $n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{428,4 \cdot 10^3}{200 \cdot 1000 \cdot 20} = 0,107$
- $A = 0,7$ (vliv dotvarování betonu)
- $B = 1,1$ (vliv stupně vyztužení)
- $C = 0,7$ (nejpřísnější možnost – vliv koncových ohybových momentů)

$$\lambda_{lim} = \min\left(\frac{20 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 0,7}{\sqrt{0,107}}; 75\right) = \min(32,96; 75) = 32,96$$

Stěna není štíhlá, pokud vyhoví, že:

$$\lambda \leq \lambda_{lim}$$

$$23,82 \leq 32,96$$

→ stěna je masivní, můžu pokračovat s kombinací sil $N_{Ed} + M_{Ed,0}$

11.6. NÁVRH VÝZTUŽE STĚNY

Návrh provedu za předpokladu, že působí pouze dostředná normálová síla (žádný moment nepůsobí). Při dosažení únosnosti je všude v průřezu dosaženo maximálního dovoleného poměrného přetvoření $\varepsilon_{c3} = 0,002$. Při poměrném přetvoření $\varepsilon_{c3} = 0,002$ je v betonu napětí $\sigma_c = f_{cd}$ a napětí ve výztuži je $\varepsilon_s = 0,002$, $E_s = 400 \text{ Mpa}$.

Síly v průřezu jsou:

$$F_c = b \cdot h \cdot f_{cd}$$

$$F_{s,i} = A_{s,i} \cdot 400 \text{ Mpa}$$

Únosnost průřezu se počítá jako suma sil ve výztuži a v betonu:

$$N_{Rd} = F_c + F_{s1} + F_{s2} = b \cdot h \cdot f_{cd} + 2 \cdot A_{s,i} \cdot 400 \text{ Mpa}$$

$$N_{Rd} = b \cdot h \cdot f_{cd} + A_s \cdot 400 \text{ Mpa}$$

Kdyby platilo, že $N_{Ed} = N_{Rd}$, to by znamenalo, že $N_{Ed} = b \cdot h \cdot f_{cd} + A_s \cdot 400 \text{ Mpa}$. Z této rovnici vyjádřím vztah pro minimální potřebnou plochu výztuže a budu uvažovat pouze 80 % únosnosti betonu pro získání určité rezervy:

$$A_{s,req} = \frac{N_{Ed} - 0,8 \cdot b \cdot h \cdot f_{cd}}{400 \text{ Mpa}} = \frac{428,4 \cdot 10^3 - 0,8 \cdot 1000 \cdot 200 \cdot 20}{400}$$

$$A_{s,req} = - 6929 \text{ mm}^2$$

Záporná hodnota $A_{s,req}$ znamená, že by teoreticky z hlediska tlaku nebyla nutná výztuž. V takovém případě platí pravidlo pro minimální vyztužení

$$\text{Návrh: } 2 \times 5 \emptyset 12 / m, A_{s,prov} = 1132 \text{ mm}^2 / m$$

11.6.1. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Teď je potřeba stanovit, zda navržená výztuž splňuje konstrukční zásady:

- Výztuž musí být menší než minimální

$$A_{s,prov} \geq A_{s,min}$$

$$\begin{aligned} A_{s,min} &= \max\left(0,1 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}; 0,002 \cdot A_c\right) \\ &= \max\left(0,1 \cdot \frac{428,4 \cdot 10^3}{435}; 0,002 \cdot 1000 \cdot 200\right) \\ &= \max(111; 600) = 400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$1132 \geq 400 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Výztuž musí být větší než maximální

$$A_{s,prov} \leq A_{s,max}$$

$$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1000 \cdot 200 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$1132 \leq 8000 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady.

11.7. INTERAKČNÍ DIAGRAM

Postup výpočtu a sestavení je shodný s postupem u sloupu. Pro zachování stručnosti a čitelnosti práce není postup opakován a posouzení je provedené pouze pomocí programu *InDiOn*.

Pro posouzení průřezu sestavím interakční diagram pomocí programu *InDiOn*.

- $N_{Ed} = -428,4 \text{ kN}$
- $M_{Ed,0} = 9,57 \text{ kNm}$

Charakteristiky průřezu

$b =$ mm

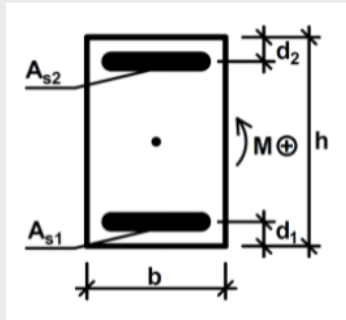
$h =$ mm

$d_1 =$ mm

$d_2 =$ mm

$A_{s1} =$ mm²

$A_{s2} =$ mm²



Materiály

$f_{ck} =$ MPa

$f_{yk} =$ MPa

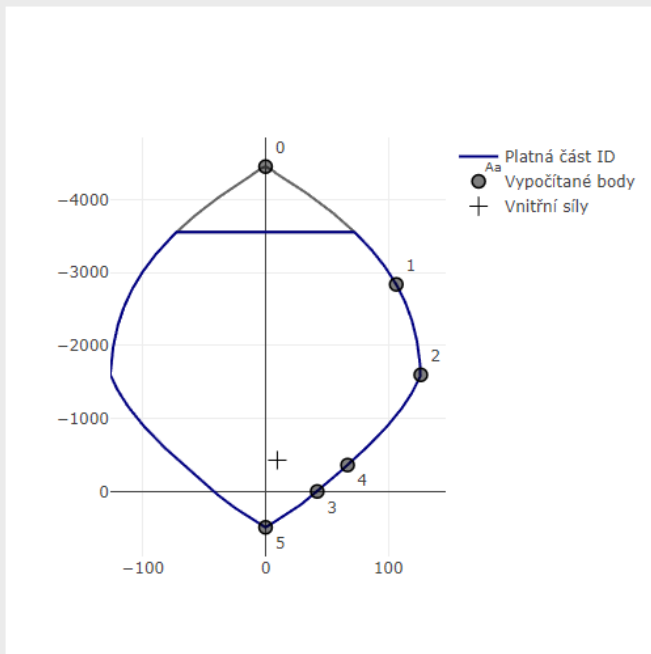
$E_s =$ GPa

Působící vnitřní síly

$N_{Ed} =$ kN

$M_{Ed} =$ kNm

Interakční diagram



Body

$N_{Rd0} =$ kN

$M_{Rd0} =$ kNm

$N_{Rd1} =$ kN

$M_{Rd1} =$ kNm

$N_{Rd2} =$ kN

$M_{Rd2} =$ kNm

$N_{Rd3} =$ kN

$M_{Rd3} =$ kNm

$N_{Rd4} =$ kN

$M_{Rd4} =$ kNm

$N_{Rd5} =$ kN

$M_{Rd5} =$ kNm

OBRÁZEK 27 - VÝSLEDKY Z PROGRAMU INDION: STĚNA

Bod [-428,4 kN; 9,57 kNm] leží uvnitř diagramu → návrh vyhovuje.

12. PODROBNÝ NÁVRH A POSOUZENÍ SCHODIŠTĚ

V této kapitole bude proveden návrh výztuže a posouzení schodiště. Výztuž bude navržena pro ramena, podestu a mezipodestu. Budou spočtené zatížení a vnitřní síly, přičemž u podesty a mezipodesty jednotlivě rozděleně na 2 pasy. Pak výztuž bude posouzena, jestli splňuje podmínky konstrukčních zásad. Nakonec bude ověřeno, jestli navržená výztuž vyhovuje a přenesení účinky vnitřních sil.

12.1. MATERIÁLY

Pro navrženou konstrukci budou použité následující materiály:

- beton je třídy C30/37
- výztuž je třídy B50B

12.2. DEFINOVÁNÍ GEOMETRIE

Pro řešené schodiště platí:

- | | |
|--------------------------------|----------|
| ▪ konstrukční výška podlaží: | 3000 mm |
| ▪ šířka podesty: | 1500 mm |
| ▪ šířka mezipodesty: | 1750 mm |
| ▪ šířka ramene: | 1200 mm |
| ▪ délka podesty, mezipodesty: | 2600 mm |
| ▪ teoretické rozpětí: | 2850 mm |
| ▪ půdorysná délka ramene: | 2200 mm |
| ▪ výška schodišťového stupně : | 187,5 mm |
| ▪ šířka schodišťového stupně : | 275 mm |
| ▪ úhel stoupání: | 34,29° |
| ▪ počet stupňů v rameni: | 8 |

12.3. VÝPOČET ZATÍŽENÍ

V této kapitole bude spočteno zatížení, působící na ramena, podesty a mezipodesty.

12.3.1. VÝPOČET ZATÍŽENÍ RAMENE

Nejprve spočítám půdorysný průmět zatížení:

$$f_{p\u00fada} = g_{0,stup} + g_0 + g_{ost} + q$$

	vl. tíha [kN/m ³]	tloušťka	char. zat. [kN/m ²]	γ_F	návrh. Zat. [kN/m ²]
vlastní tíha stupňů	25	0,094*	2,35	1,35	3,17
vlastní tíha desky	25	0,25	6,25	1,35	8,44
ostatní stálé	-	-	-	1,35	1,69
užitné	-	-	3	1,5	4,5

$$f_{p\u00fada} = 17,8 \text{ kN/m}^2$$

*) tíhu schodiškových stupňů uvažuji jako desku o tloušťce $hs/2$, kde hs je výška stupně

Půdorysné zatížení na průmětu ramene je nutné přepočítat na zatížení skutečnou skloněnou délkou ramene jako

$$f_{sik} = f_{p\u00fada} \cdot \cos\alpha = 17,8 \cdot \cos(34,29) = 14,71 \text{ kN/m}^2$$



Konstrukci budu řešit jako široký průvlak – šířka oblasti tedy bude b_r (ne 1 m') a budu navrhovat počet prutů (né rozteč). Abych získala liniové zatížení hodnoty plošného zatížení vynásobím šířkou ramene:

$$f_{sik,lin} = f_{sik} \cdot b_r = 14,71 \cdot 1,2 = 17,65 \text{ kN/m}$$

12.3.2. VÝPOČET ZATÍŽENÍ PODESTY A MEZIPODESTY

Počítám plošné zatížení působící na podestu a mezipodestu:

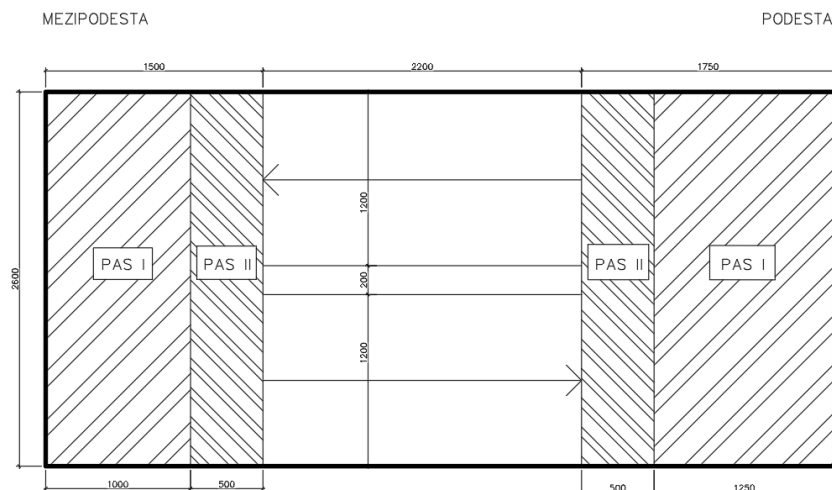
	vl. tíha [kN/m ³]	tloušťka	char. zat. [kN/m ²]	γ_F	návrh. Zat. [kN/m ²]
vlastní tíha desky	25	0,25	6,25	1,35	8,44
ostatní stálé	-	-	-	1,35	1,69
užitné	-	-	3	1,5	4,5

$$f_{d,pod} = 14,63 \text{ kN/m}^2$$

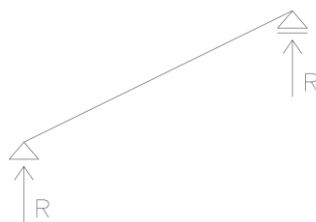
11.3.2.1. VÝPOČET ZATÍŽENÍ PODESTY A MEZIPODESTY OD RAMENE

Do výpočtu zatížení podesty mám připočítat zatížení od ramene, které je zatěžuje.

Šířka pasu II se uvažuje jako největší hodnota ($2h_d$; 500 mm) = (2·250; 500 mm) = 500 mm.



Nejprve spočítám reakci od ramene:



$$R = f_d \cdot \frac{l}{2} = 17,65 \cdot \frac{2,656}{2} = 23,44 \text{ kN}$$

Tuto hodnotu vydělím šířkou ramene a získám liniové zatížení podesty od ramene:

$$f_{d,rameno} = \frac{R}{\text{šířka ramene}} = \frac{23,44}{1,2} = 19,5 \text{ kN/m}$$

Zatížení na podestovou část ramene získáme jako plošné zatížení vynásobené šířkou ramene. Takže dostanu:

- Liniové zatížení podesty na pasu I:

$$f_{d,pod,I} = f_{pod} \cdot \text{šířka pasu} = 14,63 \cdot 1 = 14,63 \text{ kN/m}$$

- Liniové zatížení mezipodesty na pasu I:

$$f_{d,mpod,I} = f_{pod} \cdot \text{šířka pasu} = 14,63 \cdot 1,25 = 18,29 \text{ kN/m}$$

- Liniové zatížení podesty na pasu II:

$$f_{d,pod,II} = f_{d,mpod,II} = f_{pod} \cdot \text{šířka pasu} + f_{d,rameno}$$

- Liniové zatížení podesty na pasu II:

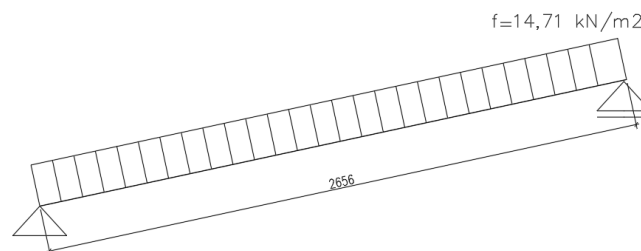
$$f_{d,pod,II} = f_{d,mpod,II} = 14,63 \cdot 0,5 + 19,5 = 26,85 \text{ kN/m}$$

12.4. VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

Vnitřní síly počítám na jednotlivých prvcích dle statických schémat – viz. Kap. 7.1.2. Pro rameno.

Podestu a mezipodestu spočítám ohybové momenty.

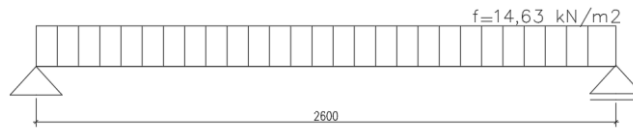
12.5.1. VNITŘNÍ SÍLY NA RAMENI



$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 14,71 \cdot 2,656^2 = 12,97 \text{ kNm}$$

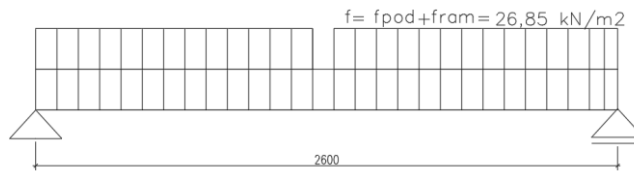
12.5.2. VNITŘNÍ SÍLY NA PODESTĚ

A. PAS I



$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 14,63 \cdot 2,6^2 = 12,34 \text{ kNm}$$

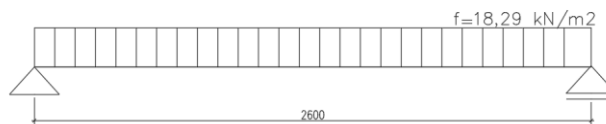
B. PAS II



$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 26,85 \cdot 2,6^2 = 22,69 \text{ kNm}$$

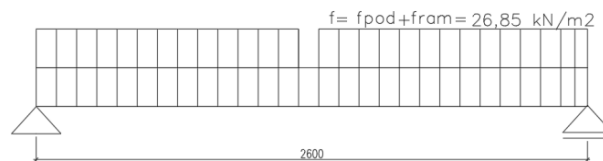
12.5.3. VNITŘNÍ SÍLY NA MEZIPODESTĚ

A. PAS I



$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 18,29 \cdot 2,6^2 = 15,46 \text{ kNm}$$

B. PAS II



$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 26,85 \cdot 2,6^2 = 22,69 \text{ kNm}$$

12.6. NÁVRH PLOCHY VÝZTUŽE A POSOUZENÍ

12.6.1. NÁVRH VÝZTUŽE RAMENA

Nejprve stanovím účinnou výšku ramene:

$$d = h - c - \frac{\emptyset_s}{2} = 154 - 25 - 5 = 124 \text{ mm}$$

Pak spočítám poměrný ohybový moment

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{12,97 \cdot 10^6}{1200 \cdot 124^2 \cdot 20} = 0,036$$

Z tabulky pro spočtenou hodnotu poměrného ohybového momentu zjistím hodnotu součinitele ξ , který vyjadřuje poměrné rameno vnitřních sil:

$$\rightarrow \xi = 0,046 \text{ (z tab.)}$$

Pak tuto hodnotu dosadím do vzorce pro výpočet potřebné plochy výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 1200 \cdot 124 \cdot 0,046 \cdot 20}{435}$$
$$\rightarrow a_{s,req} = 250 \text{ mm}^2$$

Návrh: 6x \emptyset_s 10, $a_{s,prov} = 471 \text{ mm}^2/m$

12.6.1.1. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Ted je potřeba stanovit, zda navržená výztuž splňuje konstrukční zásady:

- Výztuž musí být menší, než minimální aby nedošlo k porušení křehkým lomem:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min}$$

$$a_{s,min} = \max \left(0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d \right) = \left(0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 1200 \cdot 124; 0,0013 \cdot 1200 \cdot 124 \right)$$

$$a_{s,min} = \max (222,6; 191,88) = 223 \text{ mm}^2$$

$$471 > 223 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Výztuž musí být větší, než maximální, aby bylo umožněno dostatečné probetonování:

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max}$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1200 \cdot 154 = 1848 \text{ mm}^2$$

$$471 < 1848 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Nesmí být překročena maximální osová vzdálenost s :

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \varnothing; D_{max} + 5 \text{ mm}) = \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot 12; 16 + 5)$$

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 14,4 \text{ mm}; 21 \text{ mm}) = 21 \text{ mm}$$

$$s_l = \frac{b - 2 \cdot c - 2 \cdot \varnothing_{tř} - n \cdot \varnothing}{n - 1} = \frac{1200 - 2 \cdot 25 - 2 \cdot 10 - 6 \cdot 10}{5}$$

$$214 > 21 \text{ [mm]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Musí být dodržena i minimální světlá vzdálenost s :

$$s \leq \min (2 \cdot h; 250 \text{ mm}) = \min (2 \cdot 154; 250) = 250 \text{ mm}$$

$$s = s_l + \varnothing = 214 + 10$$

$$224 < 250 \text{ [mm]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady.

12.6.1.2. POSOUZENÍ NAVRŽENÉ VÝZTUŽE DESKY RAMENE

Průřez posoudím tak, že porovnáím působící ohybový moment od zatížení s momentem únosnosti průřezu. Musí platit:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

V ohýbaném průřezu musí být síly v betonu a oceli stejné.

$$F_c = F_s$$

$$\lambda \cdot x \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd}$$

- $\lambda = 0,8$ pro betony třídy C50/60 a nižší
- $\eta = 1$ pro betony třídy C50/60 a nižší

Upravím rovnice a dostanu vztah pro výšku tlačené oblasti

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{471 \cdot 435}{0,8 \cdot 1200 \cdot 20}$$

$$x = 10,67 \text{ mm}$$

Spočítám rameno vnitřních sil pro navrženou výztuž

$$z = d - 0,4 \cdot x = 124 - 0,4 \cdot 10,67$$

$$z = 119,7 \text{ mm}$$

Moment únosnosti průřezu je pak

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 471 \cdot 435 \cdot 119,7$$

$$m_{Rd} = 24,53 \text{ kNm/m}$$

Konstrukce vyhoví, pokud:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

$$24,53 > 12,97 \text{ [kNm/m]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

12.6.1.3. OVĚŘENÍ DOSTATEČNÉHO PROTAŽENÍ VÝZTUŽE

Nyní je ještě třeba ověřit, zda je splněn předpoklad o dostatečném poměrném přetvoření výztuže ($\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$). Ověřím, zda poměrná výška tláčené oblasti splňuje podmínku

$$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{max} = 0,45$$

$$\xi = \frac{10,67}{124} = 0,086 < 0,45 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

12.6.2. NÁVRH VÝZTUŽE PODESTY, PAS I

Nejprve stanovím účinnou výšku ramena:

$$d = h - c - \frac{\phi_s}{2} = 250 - 25 - 5 = 220 \text{ mm}$$

Pak spočítám poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{12,34 \cdot 10^6}{1250 \cdot 220^2 \cdot 20} = 0,011$$

Z tabulky pro spočtenou hodnotu poměrného ohybového momentu zjistím hodnotu součinitele ξ , který vyjadřuje poměrné rameno vnitřních sil:

$$\rightarrow \xi = 0,016 \text{ (z tab.)}$$

Pak tuto hodnotu dosadím do vzorce pro výpočet potřebné plochy výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 1250 \cdot 220 \cdot 0,016 \cdot 20}{435}$$

$$\rightarrow a_{s,req} = 162 \text{ mm}^2$$

Návrh: 6x ϕ_s 10, $a_{s,prov} = 471 \text{ mm}^2/\text{m}$

12.6.2.1. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Ted je potřeba stanovit, zda navržená výztuž splňuje konstrukční zásady:

- Výztuž musí být menší, než minimální aby nedošlo k porušení křehkým lomem:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min}$$

$$a_{s,min} = \max \left(0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d \right) = \left(0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 1250 \cdot 220; 0,0013 \cdot 1250 \cdot 220 \right)$$

$$a_{s,min} = \max (412,8; 355,9) = 413 \text{ mm}^2$$

$$471 > 413 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Výztuž musí být větší, než maximální aby bylo umožněno dostatečné probetonování:

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max}$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1250 \cdot 250 = 12500 \text{ mm}^2$$

$$471 < 12500 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Nesmí být překročena maximální osová vzdálenost s :

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \phi; D_{max} + 5 \text{ mm}) = \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot 12; 16 + 5)$$

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 14,4 \text{ mm}; 21 \text{ mm}) = 21 \text{ mm}$$

$$s_l = \frac{b - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_{tř} - n \cdot \phi}{n - 1} = \frac{1250 - 2 \cdot 25 - 2 \cdot 10 - 6 \cdot 10}{5}$$

$$224 > 21 [\text{mm}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Musí být dodržena i minimální světlá vzdálenost s_i :

$$s \leq \min (2 \cdot h; 250 \text{ mm}) = \min (2 \cdot 250; 250) = 250 \text{ mm}$$

$$s = s_l + \phi = 224 + 10$$

$$234 < 250 [\text{mm}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady.

12.6.2.2. POSOUZENÍ NAVRŽENÉ VÝZTUŽE DESKY RAMENE

Průřez posoudím tak, že porovnáím působící ohybový moment od zatížení s momentem únosnosti průřezu. Musí platit:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

V ohýbaném průřezu musí být síly v betonu a oceli stejné.

$$F_c = F_s$$

$$\lambda \cdot x \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd}$$

- $\lambda = 0,8$ pro betony třídy C50/60 a nižší
- $\eta = 1$ pro betony třídy C50/60 a nižší

Upravím rovnice a dostanu vztah pro výšku tlačené oblasti

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{471 \cdot 435}{0,8 \cdot 1250 \cdot 20}$$

$$x = 10,24 \text{ mm}$$

Spočítám rameno vnitřních sil pro navrženou výztuž

$$z = d - 0,4 \cdot x = 220 - 0,4 \cdot 10,24$$

$$z = 215,9 \text{ mm}$$

Moment únosnosti průřezu je pak

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 471 \cdot 435 \cdot 215,9$$

$$m_{Rd} = 44,2 \text{ kNm/m}$$

Konstrukce vyhoví, pokud:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

$$44,2 > 12,34 \text{ [kNm/m]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

12.6.2.3. OVĚŘENÍ DOSTATEČNÉHO PROTAŽENÍ VÝZTUŽE

Nyní je ještě třeba ověřit, zda je splněn předpoklad o dostatečném poměrném přetvoření výztuže ($\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$). Ověřím, zda poměrná výška tlačené oblasti splňuje podmínku

$$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{max} = 0,45$$

$$\xi = \frac{10,24}{220} = 0,047 < 0,45 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

12.6.3. NÁVRH VÝZTUŽE MEZIPODESTY, PAS I

Nejprve stanovím účinnou výšku ramena:

$$d = h - c - \frac{\emptyset_s}{2} = 250 - 25 - 5 = 220 \text{ mm}$$

Pak spočítám poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{15,46 \cdot 10^6}{1000 \cdot 220^2 \cdot 20} = 0,016$$

Z tabulky pro spočtenou hodnotu poměrného ohybového momentu zjistím hodnotu součinitele ξ , který vyjadřuje poměrné rameno vnitřních sil:

$$\rightarrow \xi = 0,02 \text{ (z tab.)}$$

Pak tuto hodnotu dosadím do vzorce pro výpočet potřebné plochy výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 1000 \cdot 220 \cdot 0,02 \cdot 20}{435}$$

$$\rightarrow a_{s,req} = 162 \text{ mm}^2$$

Návrh: 5x \emptyset _s10, $a_{s,prov} = 393 \text{ mm}^2/\text{m}$

12.6.3.1. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Ted je potřeba stanovit, zda navržená výztuž splňuje konstrukční zásady:

- Výztuž musí být menší, než minimální, aby nedošlo k porušení křehkým lomem:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min}$$

$$a_{s,min} = \max \left(0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d \right) = \left(0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 1000 \cdot 220; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 220 \right)$$

$$a_{s,min} = \max (330,3; 284,7) = 331 \text{ mm}^2$$

$$393 > 331 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Výztuž musí být větší, než maximální, aby bylo umožněno dostatečné probetonování:

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max}$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1000 \cdot 250 = 10000 \text{ mm}^2$$

$$393 < 10000 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Nesmí být překročena maximální osová vzdálenost s :

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \emptyset; D_{max} + 5 \text{ mm}) = \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot 12; 16 + 5)$$

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 14,4 \text{ mm}; 21 \text{ mm}) = 21 \text{ mm}$$

$$s_l = \frac{b - 2 \cdot c - 2 \cdot \emptyset_{tř} - n \cdot \emptyset}{n - 1} = \frac{1000 - 2 \cdot 25 - 2 \cdot 10 - 5 \cdot 10}{4}$$

$$220 > 21 [\text{mm}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- maximální osová vzdálenost s

$$s \leq \min(2 \cdot h; 250 \text{ mm}) = \min(2 \cdot 250; 250) = 250 \text{ mm}$$

$$s = s_l + \phi = 220 + 10$$

$$230 < 250 [\text{mm}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady.

12.6.3.2. POSOUZENÍ NAVRŽENÉ VÝZTUŽE DESKY RAMENE

Průřez posoudím tak, že porovnáím působící ohybový moment od zatížení s momentem únosnosti průřezu. Musí platit:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

V ohýbaném průřezu musí být síly v betonu a oceli stejné.

$$F_c = F_s$$

$$\lambda \cdot x \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd}$$

- $\lambda = 0,8$ pro betony třídy C50/60 a nižší
- $\eta = 1$ pro betony třídy C50/60 a nižší

Upravím rovnice a dostanu vztah pro výšku tlačené oblasti

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{393 \cdot 435}{0,8 \cdot 1000 \cdot 20}$$

$$x = 10,69 \text{ mm}$$

Spočítám rameno vnitřních sil pro navrženou výztuž

$$z = d - 0,4 \cdot x = 220 - 0,4 \cdot 10,69$$

$$z = 215,74 \text{ mm}$$

Moment únosnosti průřezu je pak

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 393 \cdot 435 \cdot 215,74$$

$$m_{Rd} = 36,88 \text{ kNm/m}$$

Konstrukce vyhoví, pokud:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

$$36,88 > 15,46 [\text{kNm/m}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

12.6.3.3. OVĚŘENÍ DOSTATEČNÉHO PROTAŽENÍ VÝZTUŽE

Nyní je ještě třeba ověřit, zda je splněn předpoklad o dostatečném poměrném přetvoření výztuže ($\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$). Ověřím, zda poměrná výška tláčené oblasti splňuje podmínku

$$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{max} = 0,45$$

$$\xi = \frac{10,69}{215,74} = 0,048 < 0,45 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

12.6.4. NÁVRH VÝZTUŽE PODESTY A MEZIPODESTY, PAS II

Nejprve stanovím účinnou výšku ramena:

$$d = h - c - \frac{\emptyset_s}{2} = 250 - 25 - 6 = 219 \text{ mm}$$

Pak spočítám poměrný ohybový moment:

$$\mu = \frac{m_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{22,69 \cdot 10^6}{500 \cdot 219^2 \cdot 20} = 0,047$$

Z tabulky pro spočtenou hodnotu poměrného ohybového momentu zjistím hodnotu součinitele ξ , který vyjadřuje poměrné rameno vnitřních sil:

$$\rightarrow \xi = 0,06 \text{ (z tab.)}$$

Pak tuto hodnotu dosadím do vzorce pro výpočet potřebné plochy výztuže:

$$a_{s,req} = \frac{0,8 \cdot b \cdot d \cdot \xi \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,8 \cdot 500 \cdot 219 \cdot 0,06 \cdot 20}{435}$$

$$\rightarrow a_{s,req} = 241 \text{ mm}^2$$

Návrh: $3x\emptyset_{s,12}$, $a_{s,prov} = 339 \text{ mm}^2/\text{m}$

12.6.4.1. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Ted je potřeba stanovit, zda navržená výztuž splňuje konstrukční zásady:

- Výztuž musí být menší, než minimální, aby nedošlo k porušení křehkým lomem:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min}$$

$$a_{s,min} = \max \left(0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d \right) = \left(0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 500 \cdot 219; 0,0013 \cdot 500 \cdot 219 \right)$$

$$a_{s,min} = \max (165,2; 142,4) = 166 \text{ mm}^2$$

$$339 > 166 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Výztuž musí být větší, než maximální, aby bylo umožněno dostatečné probetonování:

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max}$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 500 \cdot 250 = 5000 \text{ mm}^2$$

$$339 < 10000 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Nesmí být překročena maximální osová vzdálenost s :

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \phi; D_{max} + 5 \text{ mm}) = \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot 12; 16 + 5)$$

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 14,4 \text{ mm}; 21 \text{ mm}) = 21 \text{ mm}$$

$$s_l = \frac{b - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_{tř} - n \cdot \phi}{n - 1} = \frac{500 - 2 \cdot 25 - 2 \cdot 10 - 3 \cdot 12}{2}$$

$$197 > 21 [\text{mm}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Musí být dodržena i minimální světlá vzdálenost s_i :

$$s \leq \min (2 \cdot h; 250 \text{ mm}) = \min (2 \cdot 250; 250) = 250 \text{ mm}$$

$$s = s_l + \phi = 197 + 10$$

$$207 < 250 [\text{mm}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady.

12.6.4.2. POSOUZENÍ NAVRŽENÉ VÝZTUŽE DESKY RAMENE

Průřez posoudím tak, že porovnáím působící ohybový moment od zatížení s momentem únosnosti průřezu. Musí platit:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

V ohýbaném průřezu musí být síly v betonu a oceli stejné.

$$F_c = F_s$$

$$\lambda \cdot x \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd}$$

- $\lambda = 0,8$ pro betony třídy C50/60 a nižší
- $\eta = 1$ pro betony třídy C50/60 a nižší

Upravím rovnice a dostanu vztah pro výšku tlačené oblasti

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{339 \cdot 435}{0,8 \cdot 500 \cdot 20}$$

$$x = 18,43 \text{ mm}$$

Spočítám rameno vnitřních sil pro navrženou výztuž

$$z = d - 0,4 \cdot x = 219 - 0,4 \cdot 12,29$$

$$z = 211,63 \text{ mm}$$

Moment únosnosti průřezu je pak

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 339 \cdot 435 \cdot 211,63$$

$$m_{Rd} = 31,21 \text{ kNm/m}$$

Konstrukce vyhoví, pokud:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

$$31,21 > 22,69 \text{ [kNm/m]} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

12.6.4.3. OVĚŘENÍ DOSTATEČNÉHO PROTAŽENÍ VÝZTUŽE

Nyní je ještě třeba ověřit, zda je splněn předpoklad o dostatečném poměrném přetvoření výztuže ($\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$). Ověřím, zda poměrná výška tlačené oblasti splňuje podmínku

$$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{max} = 0,45$$

$$\xi = \frac{18,43}{219} = 0,08 < 0,45 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

12.7. SHRNUTÍ NÁVRHU VÝZTUŽE

V předchozích kapitolách byla navržena a posouzena výztuž schodiště. Shrnutí návrhu je v tabulce níže.

	Počet	Průměr	Plocha výztuže
Ramena	6	Ø10mm	471 mm ²
Podesta, pas I	6	Ø10mm	471 mm ²
Podesta, pas II	3	Ø12mm	339 mm ²
Mezipodesta, pas I	5	Ø10mm	393 mm ²
Mezipodesta, pas II	3	Ø12mm	339 mm ²

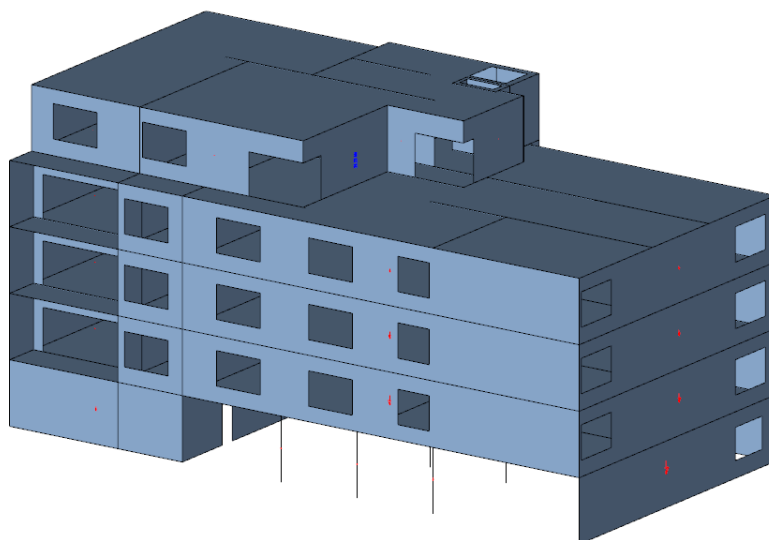
13. PODROBNÝ NÁVRH A POSOUZENÍ PRVKŮ POMOCI SOFTWARE

V této kapitole budou představeny výstupy ze softwaru – v programu SCIA ENGINEER byl mnou vytvořen 3D model řešeného objektu. Pak objekt byl zatížen hodnotami zatížení spočtenými v ručním výpočtu (viz kap. 3), na něm byly spočtené vnitřní síly těch samých prvků, které jsem posuzovala ručně, a nakonec byly zjištěné potřebné plochy výztuže. Součástí této kapitoly taky porovnání výsledků ze softwaru a ručních výpočtů.

13.1. POPIS KONSTRUKCE

V programu SCIA Engineer byl vytvořen střednicový 3D model. Všechny nosné prvky jsou z betonu třídy C30/37, použita výztuž je B500B.

Stropní deska má tloušťku 250 mm, stěny vnější a vnitřní jsou 200 mm. Sloupy jsou čtvercového průřezu 400x400 mm. Kontrakční výška podlaží je 3000 mm. Schodiště je monolitické.



OBRÁZEK 28 - 3D MODEL ŘEŠENÉHO OBJEKTU

13.2. ZATÍŽENÍ

Vytvořila jsem 3 zatěžovací stavy a jednu kombinaci (tabulka níže). Zatížení byla modelovaná jako plošná na 2D (desky) a liniové na hraně 2D, které vzniká od obvodového pláště. Hodnoty zatížení jsem považovala ty, které byly mnou spočtené ručně (viz kap. 3).

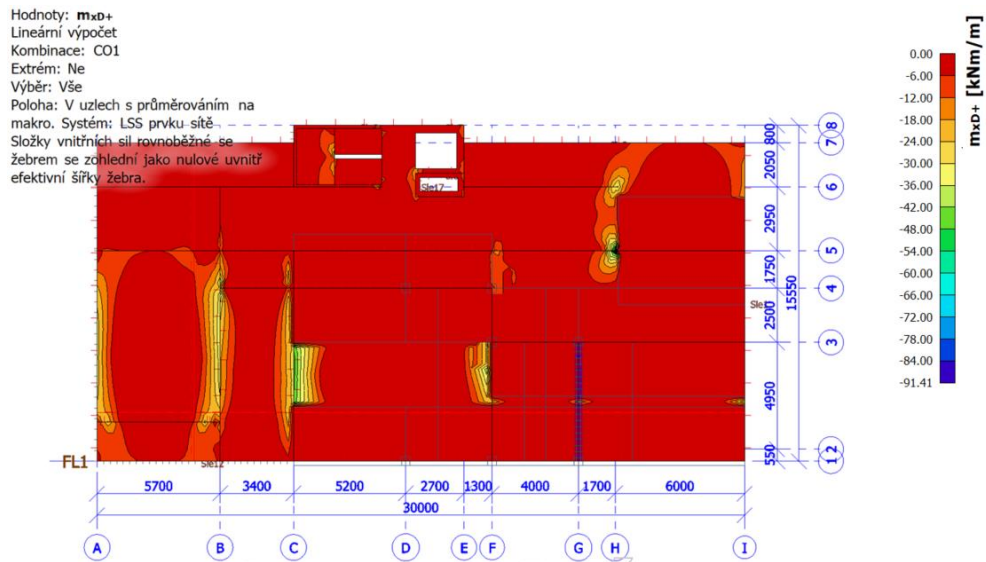
Zatěžovací stav	Typ zatížení	Hodnota
ZS1	Vlastní tíha	Spočítáno ve SCII
ZS2	Ostatní stálé	Viz. 3.1
ZS3	Proměnné	Viz. 3.2

13.3. VNITŘNÍ SÍLY

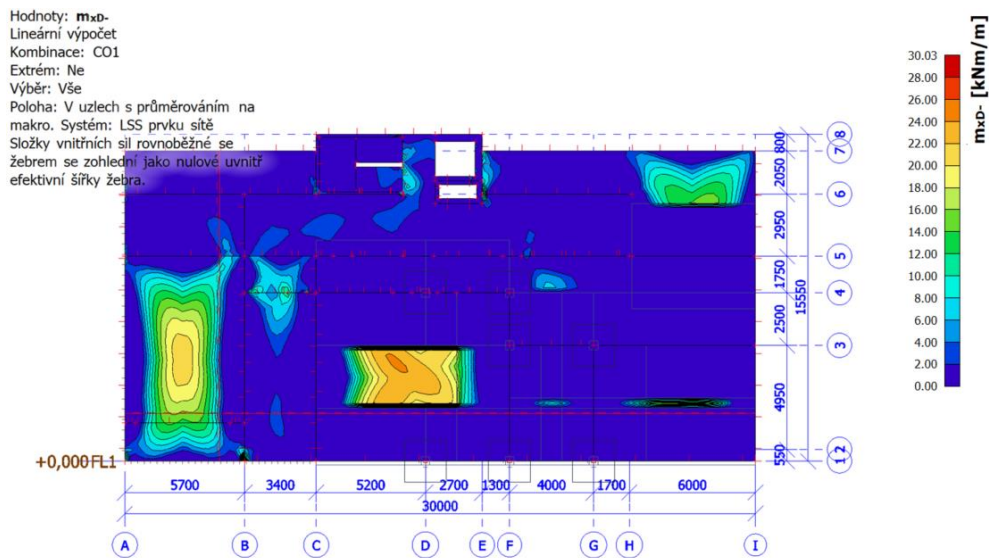
Pomocí SCII byly vypočteny vnitřní síly na desce, průvlaku, sloupu a stěně.

13.3.1. VNITŘNÍ SÍLY V DESCE

Dále budou představené obrázky ze SCII s hodnotami momentů, působících v desce.



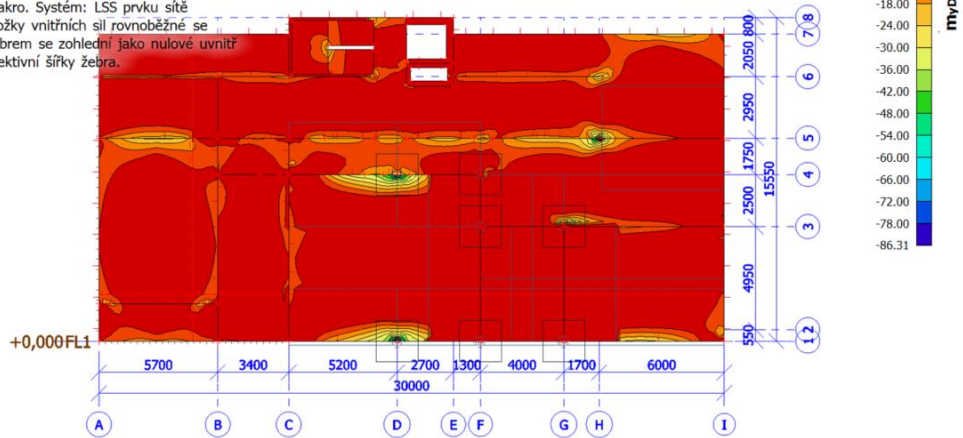
OBRÁZEK 29 - MOMENT PRO NÁVRHOVOU KOMBINACI: SMĚR X, HORNÍ POVRCH



OBRÁZEK 30 - MOMENT PRO NÁVRHOVOU KOMBINACI: SMĚR X, DOLNÍ POVRCH

Hodnoty: m_{yD+}
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO1
 Extrém: Ne
 Výběr: Vše

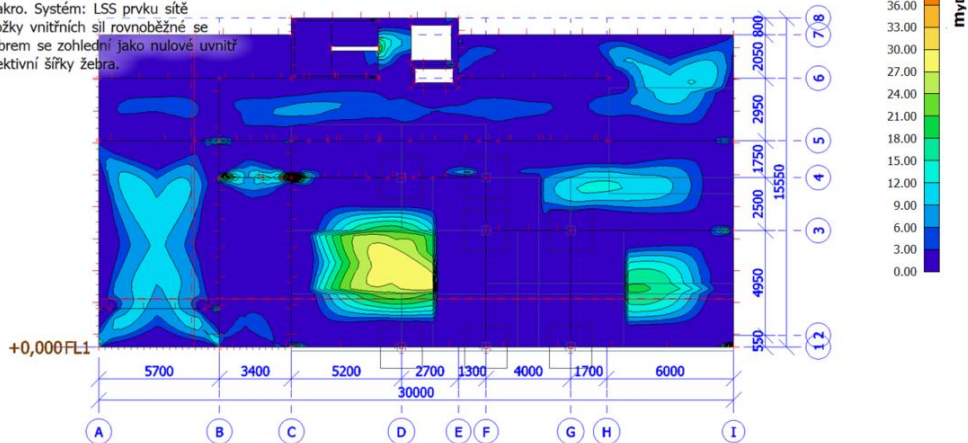
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



OBRÁZEK 31 - MOMENT PRO NÁVRHOVOU KOMBINACI: SMĚR Y, HORNÍ POVRCH

Hodnoty: m_{yD-}
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO1
 Extrém: Ne
 Výběr: Vše

Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



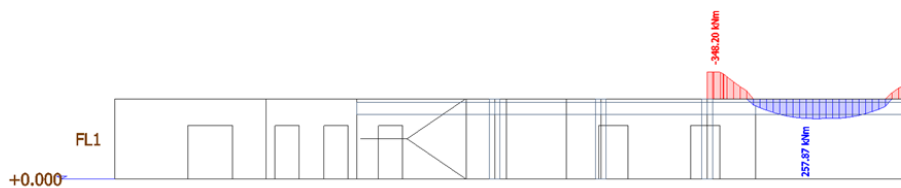
OBRÁZEK 32 - MOMENT PRO NÁVRHOVOU KOMBINACI: SMĚR Y, DOLNÍ POVRCH

13.3.2. VNITŘNÍ SÍLY NA PRŮVLACÍCH

13.3.2.1. OHYBOVÉ MOMENTY

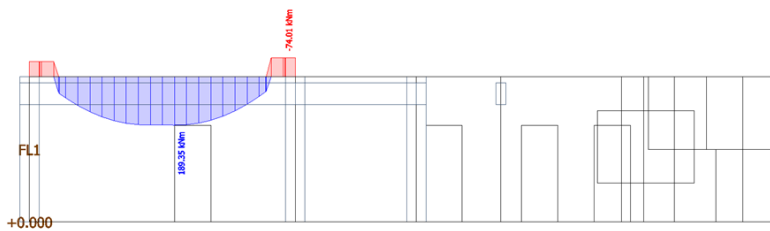
Dále budou představené obrázky ze SCII s hodnotami momentů, působících v průvlacích P1 a P2.

Hodnoty: **MEd**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: B7



OBRÁZEK 33 - OHYBOVÝ MOMENT NA PRŮVLAKU P1

Hodnoty: **MEd**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: B9

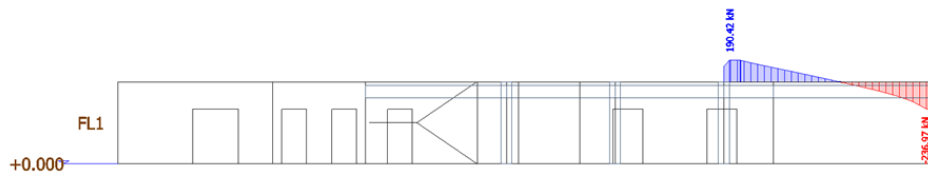


OBRÁZEK 34 - OHYBOVÝ MOMENT NA PRŮVLAKU P2

13.3.2.2. POSOUVAJÍCÍ SILY

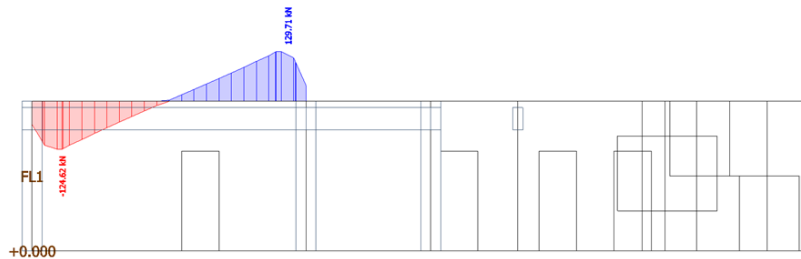
Dále budou představené obrázky ze SCII s hodnotami posouvajících sil, působících v průvlacích P1 a P2.

Hodnoty: **VEd**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: B7



OBRÁZEK 35 - POSOUVAJÍCÍ SÍLA NA PRŮVLAKU P1

Hodnoty: **VEd**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: B9

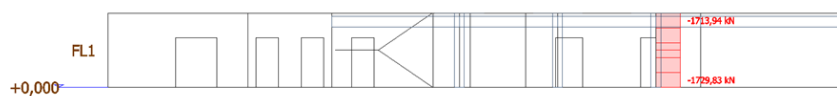


OBRÁZEK 36 - POSOUVAJÍCÍ SÍLA NA PRŮVLAKU P2

13.3.3. VNITŘNÍ SÍLY NA SLOUPU

Dále bude představen obrázek ze SCII s hodnotou normálové síly, působící na sloupu.

Hodnoty: **N**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Dílec
Výběr: B27

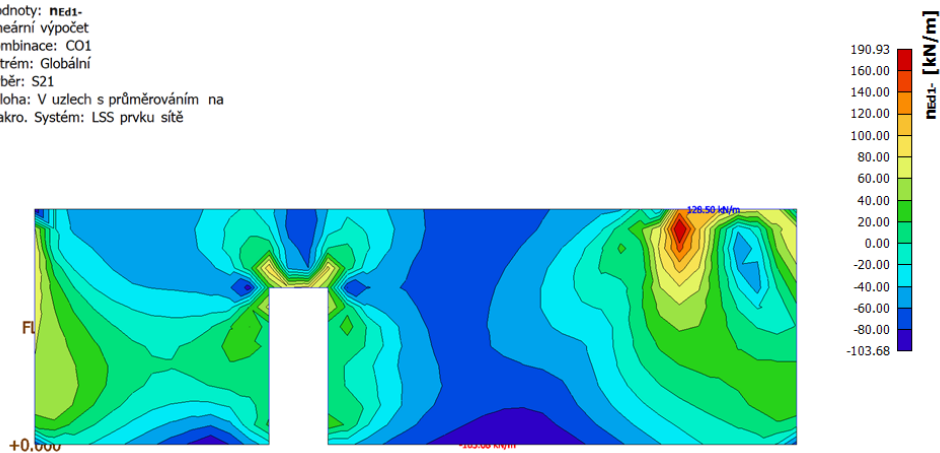


OBRÁZEK 37 - NORMÁLOVÁ SÍLA NA SLOUPU

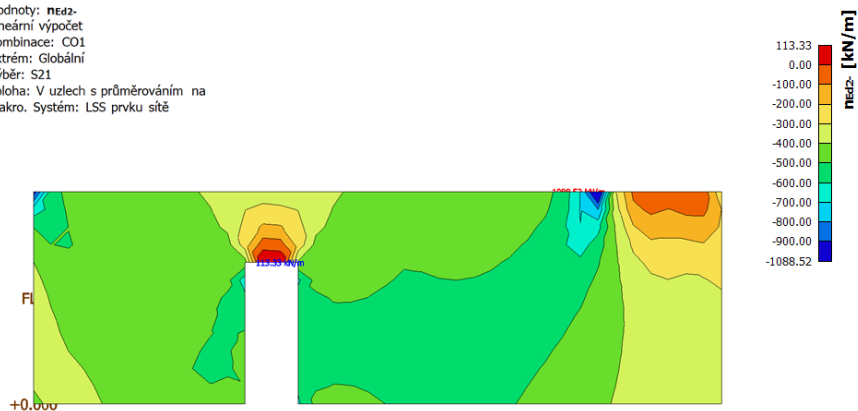
13.3.4. VNITŘNÍ SÍLY VE STĚĚ

Dále bude představen obrázek ze SCII s hodnotou normálové síly, působící v stěně.

Hodnoty: **neaz-**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1
Extrém: Globální
Výběr: S21
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



Hodnoty: **neaz-**
Lineární výpočet
Kombinace: CO1
Extrém: Globální
Výběr: S21
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



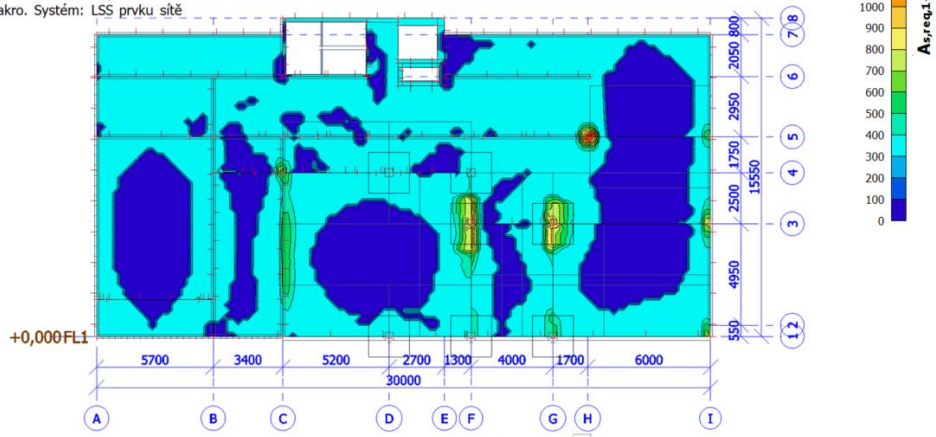
13.4. NÁVRH VÝZTUŽE DESKY

V programu stanovím potřebné plochy výztuže pro oba směry (x, y) a pro oba povrchy (horní a dolní) na momenty, uvedené v Kap. 13.3.1

13.4.1. POTŘEBNÉ PLOCHY VÝZTUŽE ZE SCII

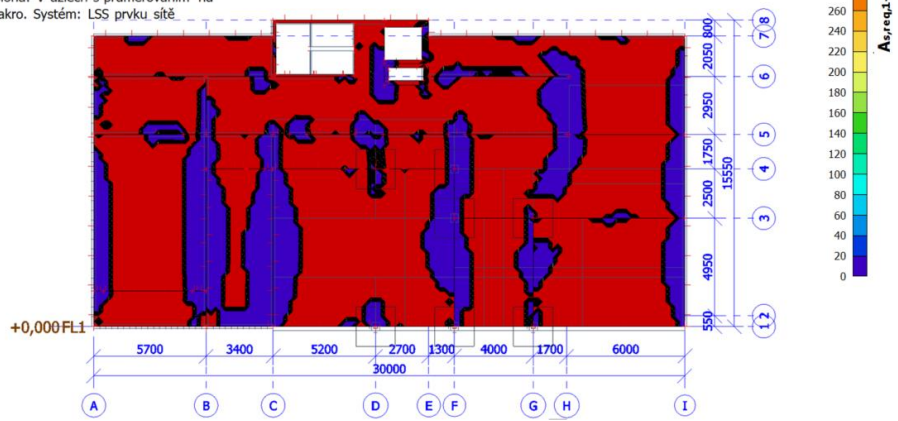
V místech podpor, kde vycházejí nereálně velké plochy výztuže, jsem vložila průměrovací pasy, tj. do míst bodových podpor (sloupů). Takhle spočtené plochy nad podporami lépe odpovídají skutečnému chování konstrukce.

Hodnoty: $A_{s,req,1+}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO1
 Extrém: Globální
 Výběr: S1
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



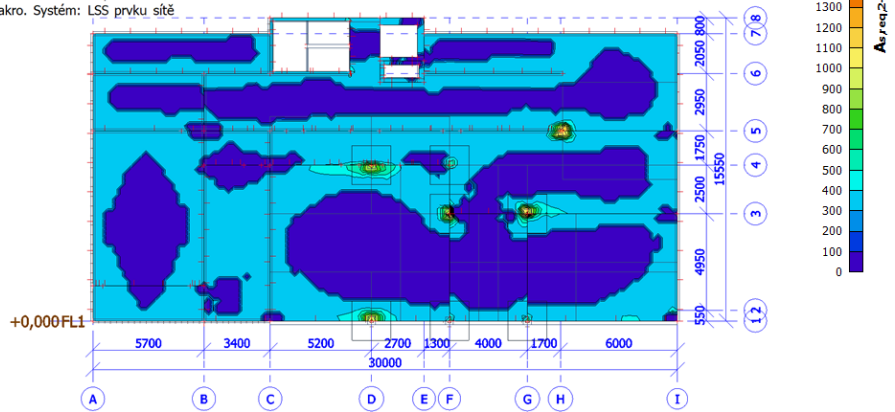
OBRÁZEK 38 - $A_{s,REQ}$: SMĚR X, HORNÍ POVRCH

Hodnoty: $A_{s,req,1-}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO1
 Extrém: Globální
 Výběr: S1
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



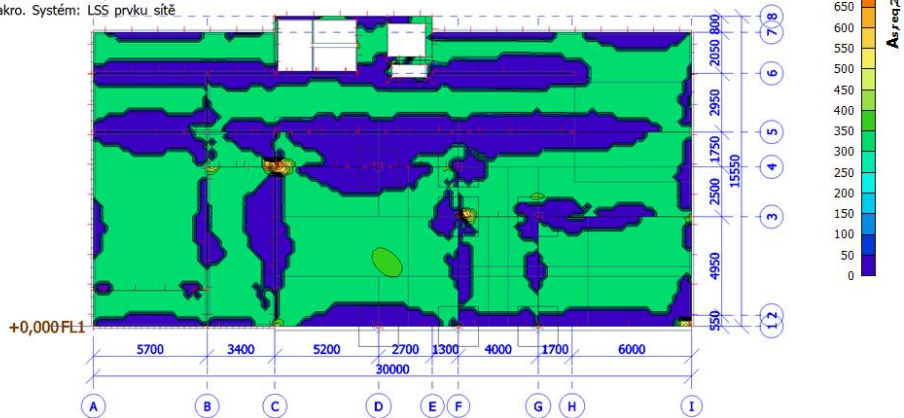
OBRÁZEK 39 - $A_{s,REQ}$: SMĚR X, DOLNÍ POVRCH

Hodnoty: $A_{s,req,2+}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO1
 Extrém: Globální
 Výběr: S1
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



OBRÁZEK 40 - $A_{s,REQ}$: SMĚR Y, HORNÍ POVRCH

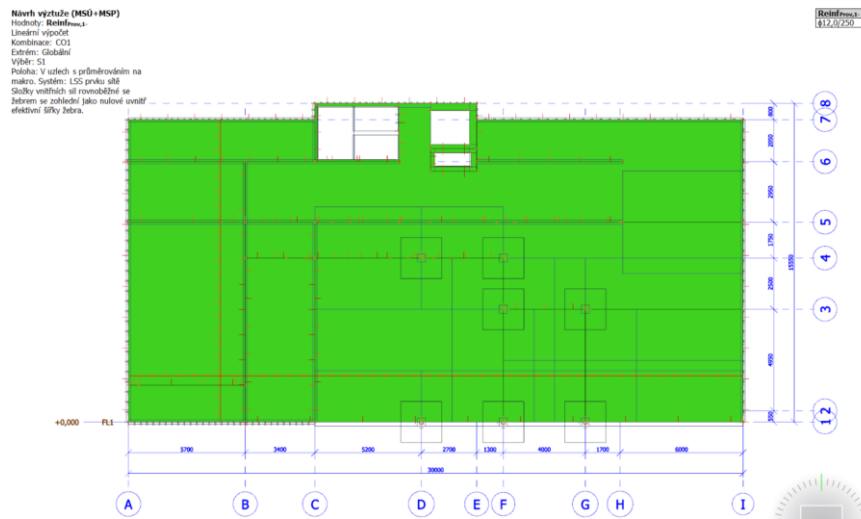
Hodnoty: $A_{s,req,2-}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO1
 Extrém: Globální
 Výběr: S1
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



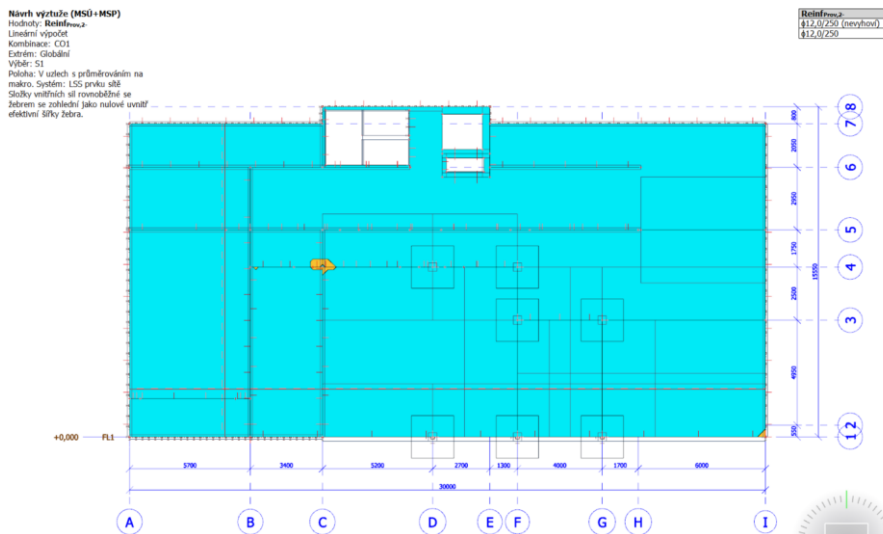
OBRÁZEK 41 - $A_{s,REQ}$: SMĚR Y, DOLNÍ POVRCH

13.4.2. VÝZTUŽ SPODNÍHO POVRCHU

Vycházím z ručních výpočtů a pro spodní povrch volím $\emptyset_s 12$ à 250 mm ($a_{s,prov} = 452 \text{ mm}^2/\text{m}$). Po zadání výztuže do programu posoudím, zda navržená výztuž vyhoví nebo nevyhoví.



OBRÁZEK 42 - DOLNÍ VÝZTUŽ VE SMĚRU X

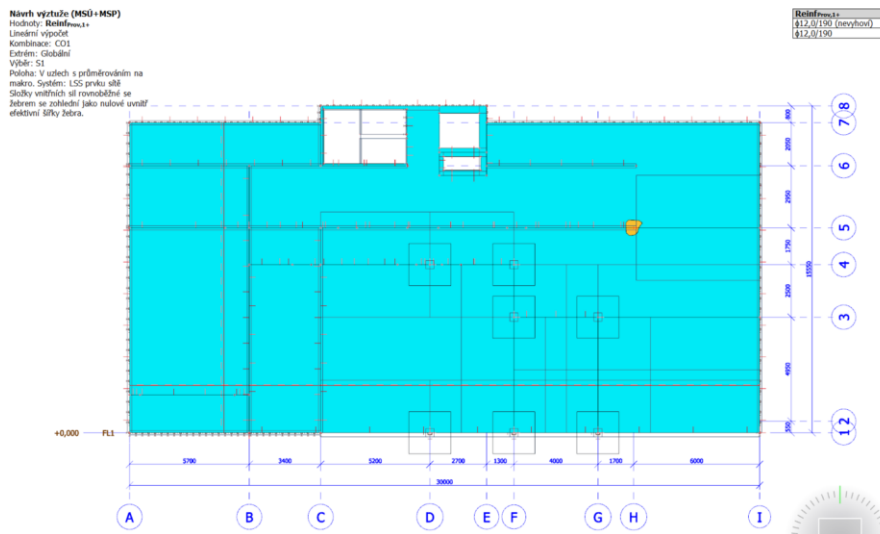


OBRÁZEK 43 - DOLNÍ VÝZTUŽ VE SMĚRU Y

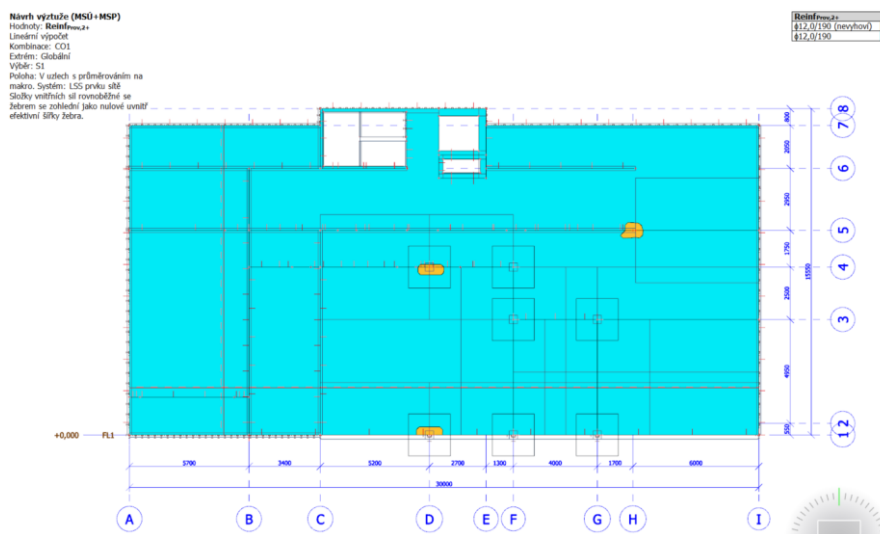
Z obrázku s dolní výztuží pro směr y vidím, že v extrémních místech bude potřeba navrhnout příložky – viz další kapitola.

13.4.3. VÝZTUŽ HORNÍHO POVRCHU

Vycházím z ručních výpočtu a pro horní povrch volím $\emptyset_s 12 \text{ à } 190 \text{ mm}$ ($a_{s,prov} = 595 \text{ mm}^2/\text{m}$). Po zadání výztuže do programu spočítám, zda navržená výztuž vyhoví nebo nevyhoví.



OBRÁZEK 44 - HORNÍ VÝZTUŽ VE SMĚRU X

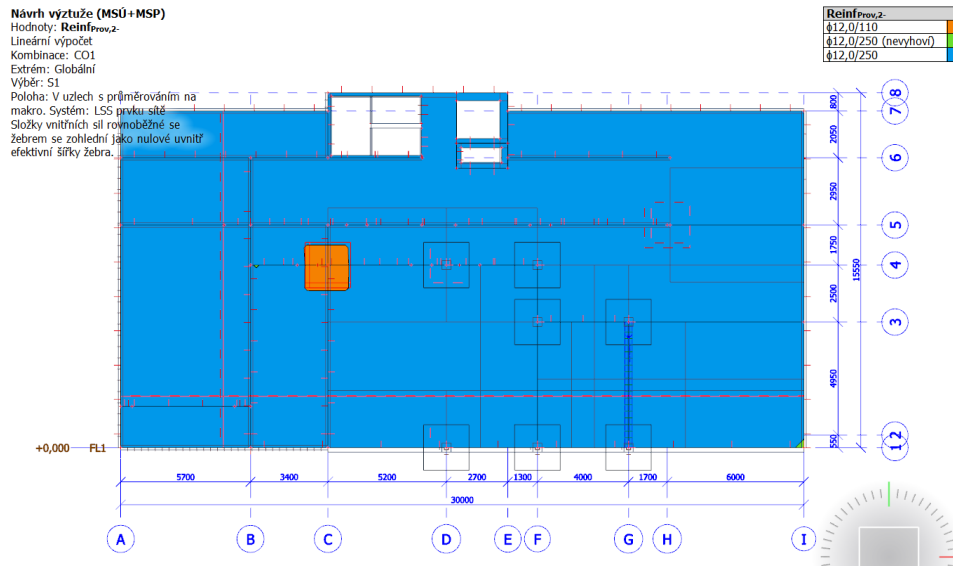


OBRÁZEK 45 - HORNÍ VÝZTUŽ VE SMĚRU Y

Pro výztuž u horního povrchu bude potřeba navrhnout příložky v extrémních místech pro oba směry – viz další kapitola.

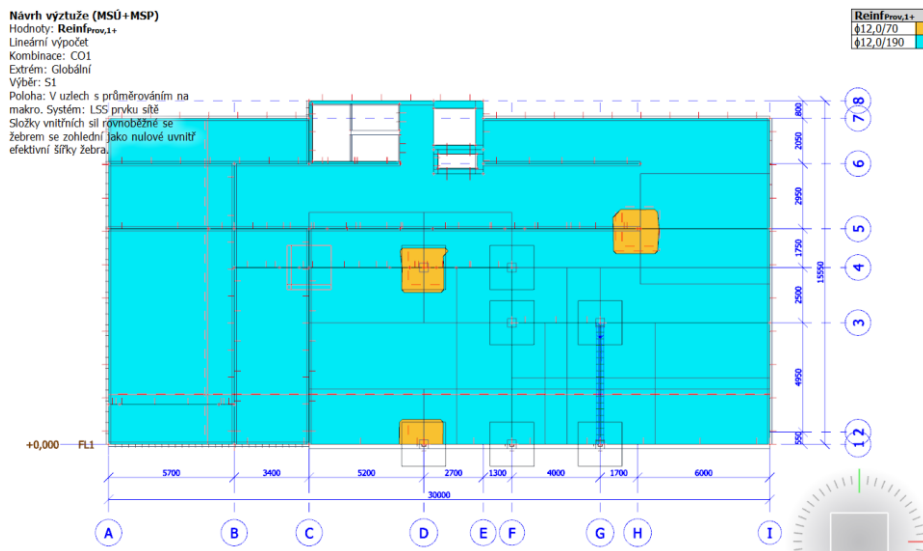
13.4.4. NÁVRH PŘÍLOŽEK

Podle SCII mi vyšlo, že u dolního povrchu ve směru y nad označenými místy je potřeba navrhnout $\varnothing_{s,12}$ à 110 mm.



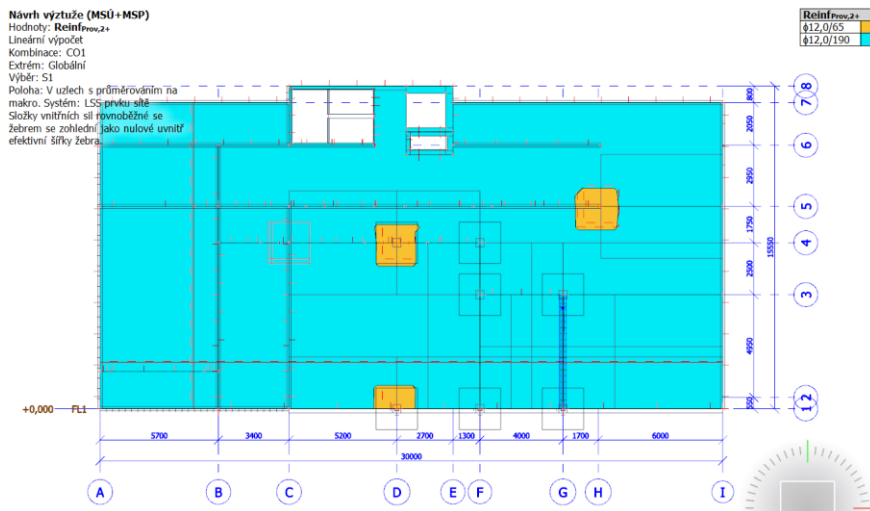
OBRÁZEK 46 - DOLNÍ PŘÍLOŽKY VE SMĚRU Y

Dále u horního povrchu ve směru x nad označenými místy je potřeba navrhnout $\varnothing_{s,12}$ à 70 mm.



OBRÁZEK 47 - HORNÍ PŘÍLOŽKY VE SMĚRU X

Nakonec u horního povrchu ve směru x nad označenými místy je potřeba navrhnout $\varnothing_{s,12}$ à 65 mm.



OBRÁZEK 48 - HORNÍ PŘÍLOŽKY VE SMĚRU Y

13.4.5. ZÁVĚR

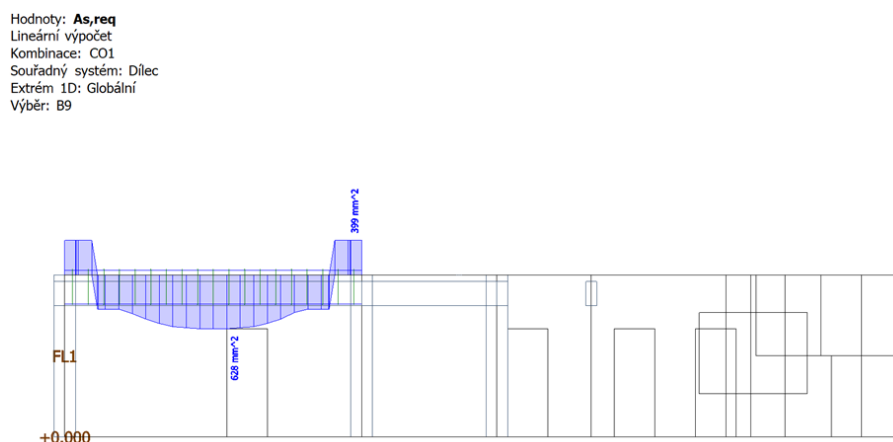
V přechozích kapitolách jsem provedla ruční podrobný výpočet desky a navrhla jsem výztuž, pak výsledky toho zjednodušeného výpočtu jsem posoudila pomocí softwaru. Z toho mi vyšlo, že ručně navržená výztuž vyhovuje skoro všude, jenom v extrémních místech (nad podporami) byla potřeba dodatečně navrhnout příložky.

13.5. NÁVRH VÝZTUŽE PRŮVLAKU P2

Ve SCII spočítám potřebné plochy podélné a smykové výztuže a porovnám s tím, co jsem navrhla ručně (viz. kap. **Error! Reference source not found.**).

13.5.1. PODÉLNÁ VÝZTUŽ

Podélnou výztuž navrhuji na moment $M_{Ed,y}$ (viz. kap. 13.3.2.1).

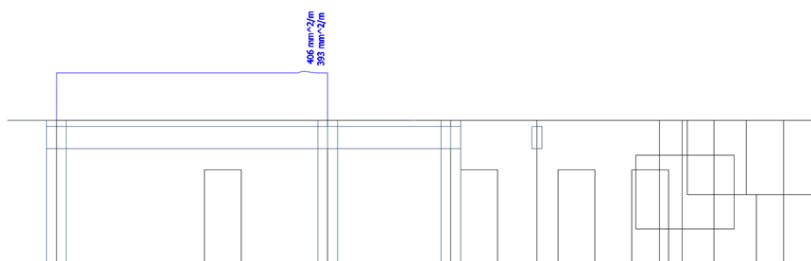


OBRÁZEK 49 - $A_{s,REQ}$: PODÉLNÁ VÝZTUŽ

13.5.2. SMYKOVÁ VÝZTUŽ

Smykovou výztuž budu navrhovat na posouvající sílu $V_{Ed,z}$ (viz 13.3.2.2).

Hodnoty: $A_{s,req}$
Lineární výpočet
Kombinace: C01
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Dílec
Výběr: B9



13.5.3. POROVNÁNÍ VÝZTUŽE

Potřebné plochy výztuže ze SCII porovnáám s plochami, navrženými ručně.

a. Smyková výztuž

	Průměr	Rozteč
Návrhové třmínky	$\phi_{tř} = 10 \text{ mm}$	300 mm
Konstrukční třmínky	$\phi_{tř} = 10 \text{ mm}$	400 mm

Podle SCII vychází, že potřebná plocha smykové výztuže na metr délky je $406 \text{ mm}^2/\text{m}$. Plocha jednoho dvoustřížného třmínku o průměru 10 mm je 158 mm^2 a na metr délky je potřeba $406/158 = 2,6 = 3$ třmínky – to znamená, že rozteč třmínků by měla být cca 330 mm. Z toho vyplývá, že ručně navržené konstrukční třmínky s roztečí 400 mm nevyhovují (viz kap. 9.5.2). Z tohoto důvodu je zhuštím na 300 mm.

b. Podélná výztuž

$A_{s,req}$		Ruční výpočet	SCII
	V poli	603 mm^2	628 mm^2
	Nad podporou	804 mm^2	399 mm^2

Podle SCII vychází, že nad podporami ve skutečnosti potřebuji dvakrát méně výztuže, než jsem navrhla ručně. To je tím, že v ručním výpočtu jsem uvažovala, že nad podporou je ideální vetknutí, ale reálně to tak není, což znamená, že jsou tam menší momenty a menší potřebná plocha výztuže.

Co se týče průřezu v poli, tak tam navržená ručně výztuž nevyhovuje, takže já provedu nový návrh.

13.5.4. NOVÝ NÁVRH OHYBOVÉ VÝZTUŽE TRÁMU – PRŮŘEZ V POLI

V prvním ručním výpočtu byly navrženy $3 \times \phi 16$ o ploše 603 mm^2 . Podle SCII potřebná plocha je 628 mm^2 , což znamená že mnou navržená výztuž by nestačila. Proto udělám nový návrh.

Nový návrh: 4xØ16mm, $a_{s,prov} = 804 \text{ mm}^2$

13.5.4.1. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Ted je potřeba stanovit, zda navržená výztuž splňuje konstrukční zásady:

- Výztuž musí být menší než minimální, aby nedošlo k porušení křehkým lomem:

$$a_{s,prov} \geq a_{s,min}$$

$$\begin{aligned} a_{s,min} &= \max \left(0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d \right) \\ &= \left(0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 400 \cdot 662; 0,0013 \cdot 400 \cdot 662 \right) \end{aligned}$$

$$a_{s,min} = \max(399,3; 344,2) = 399,3 \text{ mm}^2$$

$$804 > 399,3 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Výztuž musí být větší než maximální, aby bylo umožněno dostatečné probetonování:

$$a_{s,prov} \leq a_{s,max}$$

$$a_{s,max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 400 \cdot 700 = 11200 \text{ mm}^2$$

$$804 < 11200 [\text{mm}^2] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Světlá vzdálenost prutů

$$s_l = \frac{b_T - 2 \cdot c - 2 \cdot \phi_{tř} - n \cdot \phi_s}{n - 1} = \frac{400 - 2 \cdot 20 - 2 \cdot 10 - 4 \cdot 16}{4 - 1} = 92 \text{ mm}$$

- Nesmí být překročena maximální osová vzdálenost s:

$$s \leq \min (2 \cdot h; 250 \text{ mm}) = \min (2 \cdot 700; 250) = 1400 \text{ mm}$$

$$92 < 1400 [\text{mm}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

- Musí být dodržena i minimální světlá vzdálenost s_l :

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot \phi; D_{max} + 5 \text{ mm}) = \max (20 \text{ mm}; 1,2 \cdot 14; 16 + 5)$$

$$s_l \geq \max (20 \text{ mm}; 16,8 \text{ mm}; 21 \text{ mm}) = 21 \text{ mm}$$

$$92 > 21 [\text{mm}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Návrh splňuje konstrukční zásady.

13.5.4.2. POSOUZENÍ NAVRŽENÉ VÝZTUŽE TRÁMU

Průřez posoudím tak, že porovnáím působící ohybový moment od zatížení s momentem únosnosti průřezu. Musí platit:

$$m_{Rd} \geq m_{Ed}$$

Maximální návrhový moment ze SCII:

$$M_{Ed} = 185,29 \text{ kNm}$$

V ohýbaném průřezu musí být síly v betonu a oceli stejné.

$$F_c = F_s$$

$$\lambda \cdot x \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd}$$

- $\lambda = 0,8$ pro betony třídy C50/60 a nižší
- $\eta = 1$ pro betony třídy C50/60 a nižší

Upravím rovnice a dostanu vztah pro výšku tlačené oblasti

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{804 \cdot 435}{0,8 \cdot 1785,2 \cdot 20}$$

$$x = 12,24 \text{ mm}$$

Spočítám rameno vnitřních sil pro navrženou výztuž:

$$z = d - 0,4 \cdot x = 662 - 0,4 \cdot 12,24$$

$$z = 657,1 \text{ mm}$$

Moment únosnosti průřezu je pak

$$m_{Rd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 804 \cdot 435 \cdot 657,1$$

$$m_{Rd} = 229,8 \text{ kNm}$$

Konstrukce vyhoví, pokud:

$$m_{Rd} \geq m_{Edy}$$

$$229,8 > 185,29[\text{kNm}] \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Nový návrh splňuje konstrukční zásady a moment únosnosti je větší než hodnota ohybového momentu ze SCII.

13.5.4.3. OVĚŘENÍ DOSTATEČNÉHO PROTAŽENÍ VÝZTUŽE

Nyní je ještě třeba ověřit, zda je splněn předpoklad o dostatečném poměrném přetvoření výztuže ($\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$). Ověřím, zda poměrná výška tlačené oblasti splňuje podmínku

$$\xi = \frac{x}{d} \leq \xi_{max} = 0,45$$

$$\xi = \frac{12,24}{663} = 0,019 < 0,45 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

13.5.5. ZÁVĚR

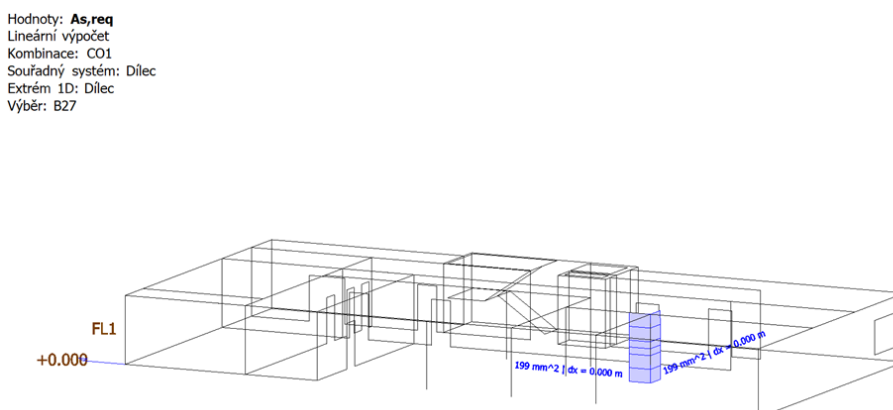
V přechozích kapitolách jsem provedla ruční podrobný výpočet průvlaku a navrhla jsem výztuž, pak výsledky toho zjednodušeného výpočtu jsem posoudila pomocí softwaru. Z toho mi vyšlo, že ručně navržená výztuž vyhovuje nad podporou, ale nevyhovuje v poli. Abych zůstala na straně bezpečné, pro návrh výztuže trámy vezmu ze SCII a z ručního výpočtu maximální hodnoty potřebných ploch výztuže v poli a nad podporou.

13.6. NÁVRH VÝZTUŽE SLOUPU

Ve SCII spočítám potřebné plochy podélné a smykové výztuže a porovnáám s tím, co jsem navrhla ručně (viz. kap. 10.6).

13.6.1. PODÉLNÁ VÝZTUŽ

Mnou byly navrženy 4xØ12 o ploše 452 mm². Na obrázku níže je vidět, že by stačilo 200 mm². Z toho vyplývá, že navržená ručně výztuž vyhovuje.

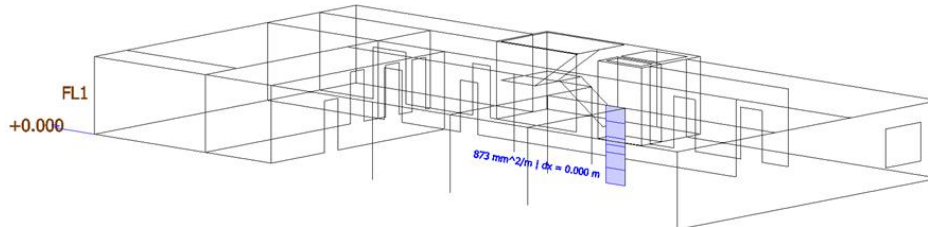


OBRÁZEK 50 - POTŘEBNÁ PLOCHA PODÉLNÉ VÝZTUŽE SLOUPU

13.6.2. KONSTRUKČNÍ VÝZTUŽ

Podle SCII vychází, že potřebná plocha výztuže na metr délky je 873 mm²/m. Plocha jednoho dvoustřížného třmínku o průměru 10 mm je 158 mm² a na metr délky je potřeba 873/158 = 5,5 = 6 třmínků. – to znamená, že rozteč třmínků by měla být menší než 160 mm.

Hodnoty: $A_{swm,req}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: C01
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: B27



OBRÁZEK 51 - POTŘEBNÁ PLOCHA TŘMÍNKU

	Průměr	Rozteč
Střední oblast sloupu	$\varnothing_{tř} = 10 \text{ mm}$	150 mm
Oblast stykování (400 mm nad/pod trámem)	$\varnothing_{tř} = 10 \text{ mm}$	90 mm

Tabulka 9 - Ručně navržené třmínky

Z tabulky výš vyplývá, že ručně navržené třmínky vyhovují.

13.6.3. ZÁVĚR

V přechozích kapitolách jsem provedla ruční podrobný výpočet sloupu a navrhnuila jsem výztuž, pak výsledky toho zjednodušeného výpočtu jsem posoudila pomoci softwaru. Z toho mi vyšlo, že ručně navržená podélná výztuž i třmínky vyhovují.

13.7. NÁVRH VÝZTUŽE STĚNY

V programu stanovím potřebné plochy výztuže pro oba směry (x, y) a pro oba povrchy (horní a dolní) na momenty, uvedené v Kap. 13.3.4.

13.7.1. POTŘEBNÉ PLOCHY VÝZTUŽE

Potřebné plochy výztuže ze SCII porovnáám s ručně navrženou výztuží.

Hodnoty: $A_{s,req,1+}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO1
 Extrém: Globální
 Výběr: S21
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



OBRÁZEK 52 - $A_{s,REQ}$: SMĚR X, HORNÍ POVRCH

Hodnoty: $A_{s,req,2+}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO1
 Extrém: Globální
 Výběr: S21
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



OBRÁZEK 53 - $A_{s,REQ}$: SMĚR Y, HORNÍ POVRCH

Hodnoty: $A_{s,req,1-}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO1
 Extrém: Globální
 Výběr: S21
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



OBRÁZEK 54 - $A_{s,REQ}$: SMĚR X, DOLNÍ POVRCH

Hodnoty: $A_{s,REQ,2}$
Lineární výpočet
Kombinace: CO1
Extrém: Globální
Výběr: S21
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě
Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.

Konstantní hodnota 200
 $A_{s,REQ,2}$ [mm²/m]



OBRÁZEK 55 - $A_{s,REQ,2}$: SMĚR Y, DOLNÍ POVRCH

Z obrázků výš je vidět, že maximální potřebná plocha výztuže u stěn je 255 mm²/m – to znamená, že mnou navržené 5xØ12 o ploše 566 mm²/m vyhovují.

13.7.2. ZÁVĚR

V přechozích kapitolách jsem provedla ruční podrobný výpočet stěny a navrhla jsem výztuž, pak výsledky toho zjednodušeného výpočtu jsem posoudila pomocí softwaru. Z toho mi vyšlo, že ručně navržená podélná výztuž vyhovuje.

14. ZÁVĚR

V rámci bakalářské práce byl proveden statický návrh bytového domu. Pro něj jsem spočítala zatížení a tloušťku krytí. Pak byl udělán předběžný návrh všech prvků: stropní desky, průvlaků, stěny, sloupu a schodiště. U něj jsem navrhla rozměry, které jsem pak ověřila z hlediska únosnosti. Poté jsem se zabývala návrhem podrobným: pro řešené prvky jsem navrhla výztuž na účinky vnitřních sil, pak jsem tu výztuž ověřila a posoudila na splnění konstrukčních zásad. Nakonec pro ověření ručních výpočtů jsem použila software – v programu SCIA ENGINEER vytvořila jsem 3D model bytového domu, kde byly spočítané vnitřní síly u vybraných prvků a taky navrhnutá výztuž. Tyto výstupy ze SCII porovnávám s výsledky ručních výpočtů.

Co se týká stropní desky, tak maximální hodnoty ohybových momentů z ručních výpočtů odpovídají výsledkům ze SCII. Ručně navržená výztuž vyhověla i v programu víceméně všude, ale v extrémních místech (nad sloupem apod.) byla potřeba dodatečně navrhnout příložky.

U průvlaku P2 spočítané hodnoty momentů se liší od výsledku ze SCII. V programu moment nad podporou mi vyšel mnohem menší než ruční, zatímco ohybový moment v poli trámu je větší v programu. To se dá vysvětlit tím, že v ručním výpočtu jsem uvažovala ideální vetknutí nad podporou, ale ve skutečnosti se jedná o neideální vetknutí, proto momenty nad podporou budou menší a v poli větší. Z toho vyplývá, že mnou ručně navržená výztuž v poli nevyhoví: s větší hodnotou momentu je potřeba i zvětšit plochu výztuže. Proto jsem provedla nový návrh výztuže na novou, větší, hodnotu ohybového momentu – to abych zůstala na straně bezpečné. Co se týká výztuže smykové, tak tam taky byla potřeba třmínky zhustit.

Nakonec, u sloupu a u stěny v ručním výpočtu mi vyšlo, že z hlediska tlaku není nutná výztuž – proto jsem navrhla minimální vyztužení. Podle SCII by mi stačilo ještě míň prutu, ale abych byla na straně bezpečné se budu držet konzervativnějších výsledků.

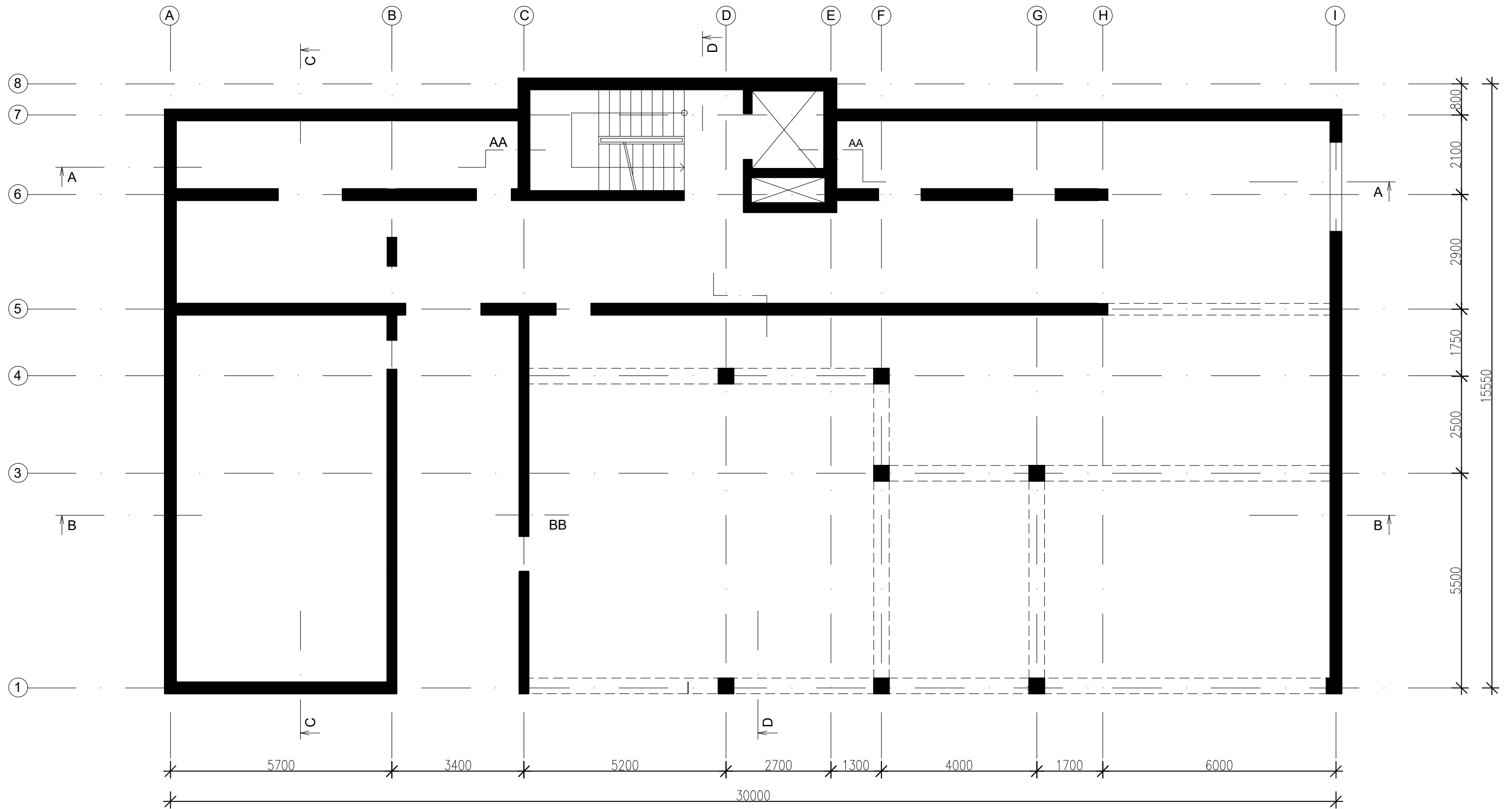
Na základě všech výpočtů byly zpracovány výkresy výztuže pro následující prvky: stropní deska, průvlak P2, sloup, stěna, schodiště. Součástí bakalářské práce jsou taky konstrukční výkresy (půdorysy, řezy) a výkres tvaru.


15. POUŽITÉ ZDROJE

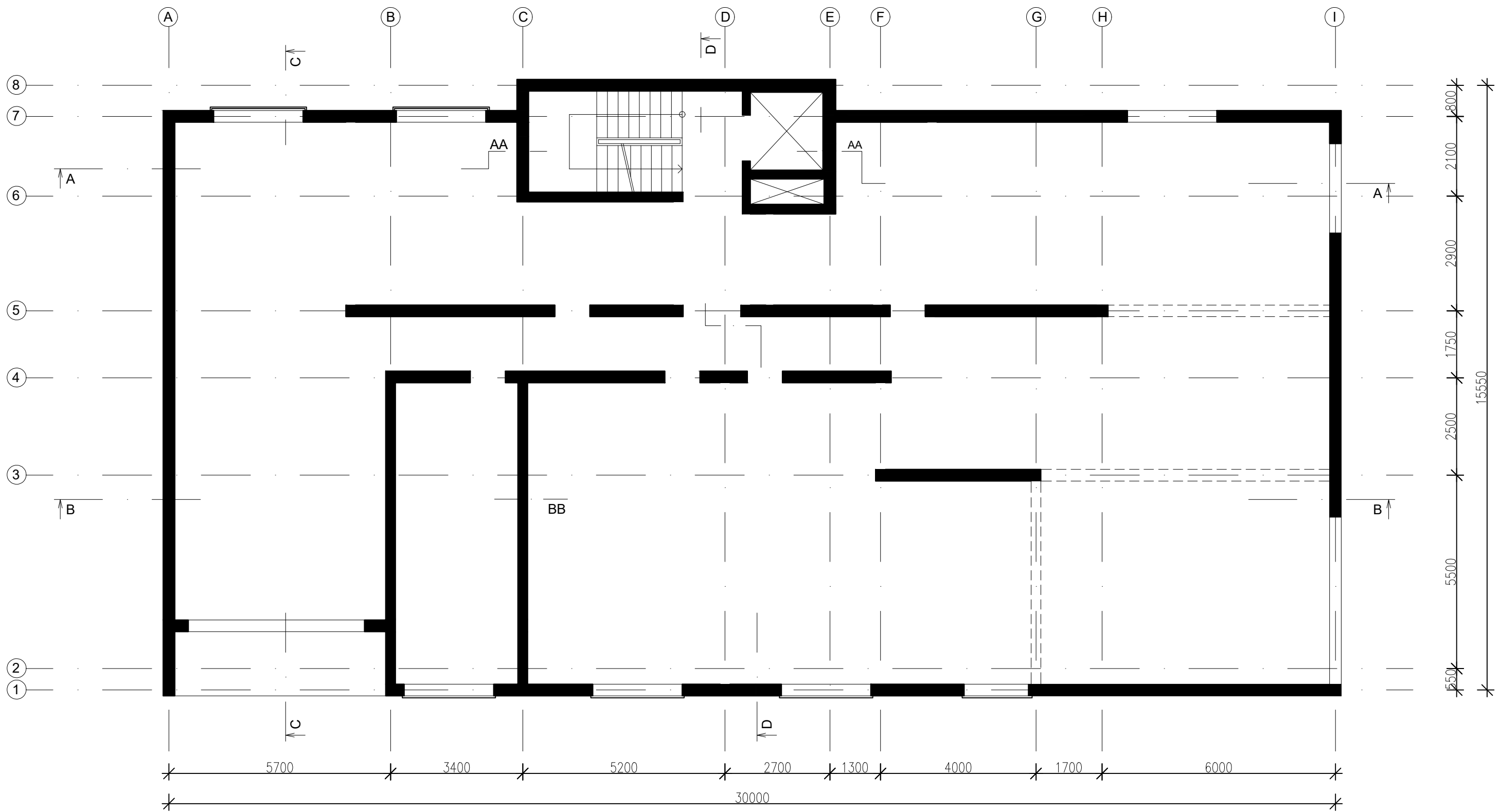
- [1] ČSN EN 1991-1-1 Eurokod 1: Zatižení konstrukci. Část 1-1: Obecná zatižení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatižení pozemních staveb. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004
- [2] ČSN EN 1991-1-3 Eurokod 1: Zatižení konstrukci – Část 1-3: Obecná zatižení - Zatižení sněhem, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005, 52 s.
- [3] ČSN EN 1992-1-1. Eurokod 2: Navrhování betonových konstrukci – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015. 213 s.
- [4] ČSN 731201 – Navrhování betonových konstrukci pozemních staveb. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví 2010. 64 s.
- [5] TIPKA, Martin. Podklady k výuce předmětu 133NNKB, dostupné na:
http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/NNKB/pomucky_NNKB.htm
- [5] TIPKA, Martin. Podklady k výuce předmětu BK01, dostupné na:
https://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/BK01/pomucky_BK01.htm
- [6] BILY, Petr, ŠTEFAN, Radek. Podklady k výuce předmětu 133YBKC – Úloha 2 – Deska, dostupné na:
http://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad/vyuka/133YBKC/YBKC_Deska.pdf
- [7] BILY, Petr, ŠTEFAN, Radek. Podklady k výuce předmětu 133YBKC – Úloha 3 – 3D model dostupné na:
http://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad/vyuka/133YBKC/YBKC_3Dkce.pdf
- [8] HOLAN, Jakub. Podklady k výuce předmětů katedry 133 dostupné na:
<http://jakubholan.cz/pomucky/>


16. SEZNÁM PŘÍLOH

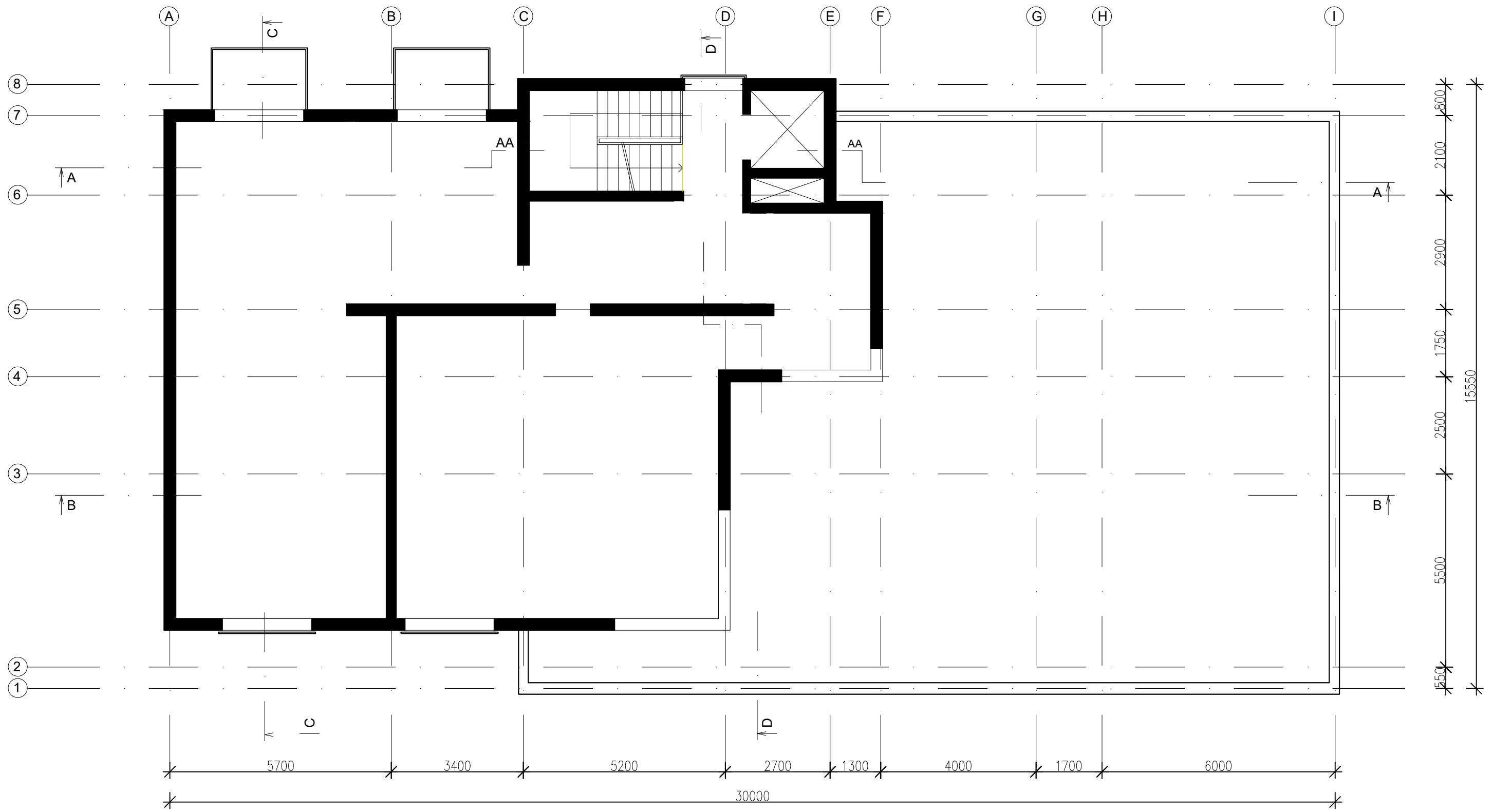
1. Půdorys 1. NP
2. Půdorys 2. – 4. NP
3. Půdorys 5. NP
4. Řez A-A
5. Řez B-B
6. Řez C-C
7. Řez D-D
8. Výkres tvaru
9. Výkres výztuže desky, horní
10. Výkres výztuže desky, dolní
11. Výkres výztuže průvlaku
12. Výkres výztuže sloupu
13. Výkres výztuže stěny
14. Výkres výztuže schodiště – řezy
15. Výkres výztuže schodiště – půdorysy




JMÉNO STUDENTA	Kseniia Shkolnaia		
VEDOUČÍ	Ing. Radek Štefan, Ph.D.		
ŠKOLNÍ ROK	2022/2023		
ROČNÍK/OBOR	4/C	FORMÁT	A3
KATEDRA	133	MĚŘÍTKO	1:100
PŘEDMĚT	133BAPC	DATUM	09.01.2023
Výkres	Konstrukční schéma 1. NP	Č. VÝKR.	1

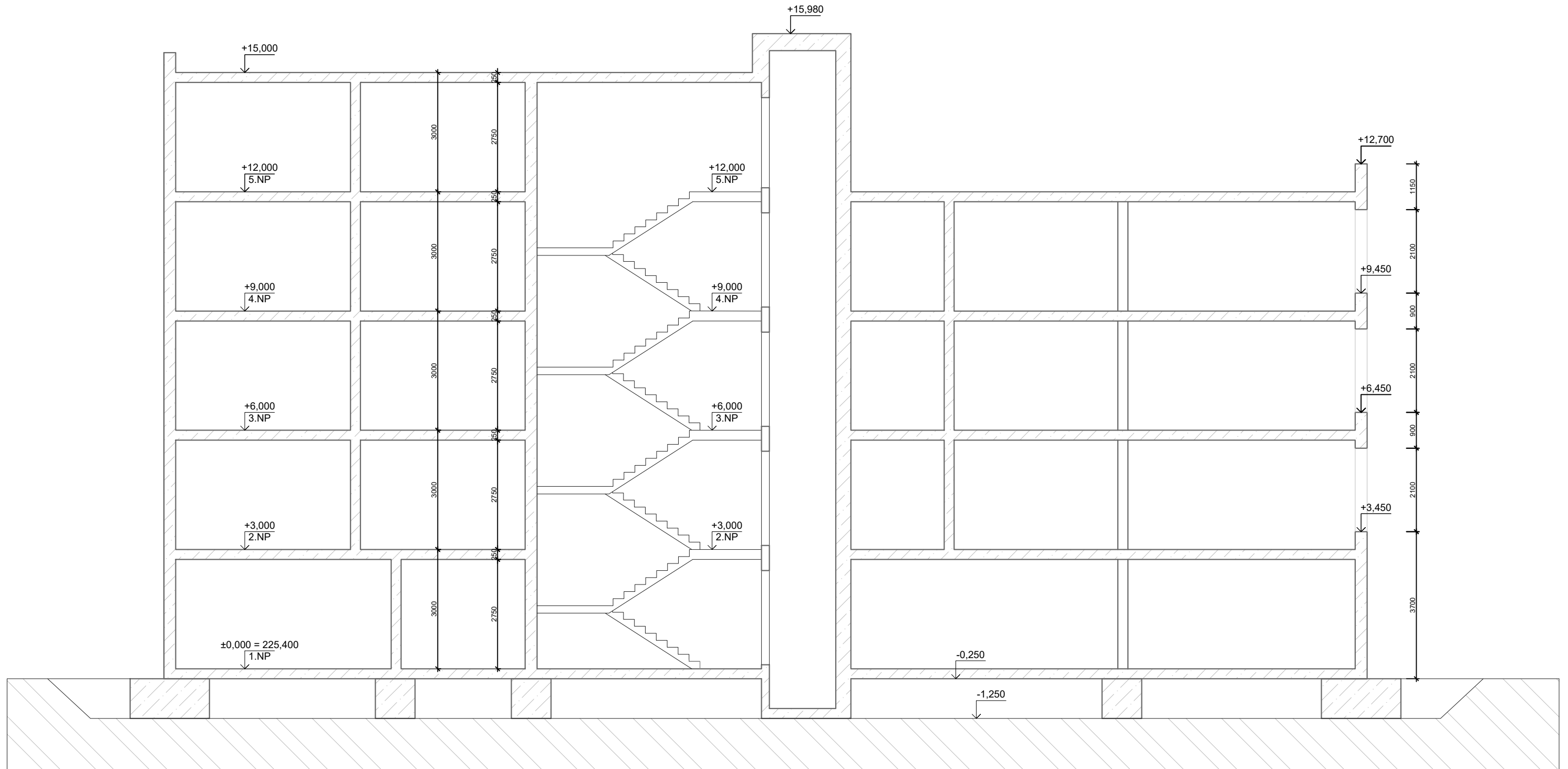


JMÉNO STUDENTA	Kseniia Shkolnaia	
VEDOUČÍ	Ing. Radek Štefan, Ph.D.	
ŠKOLNÍ ROK	2022/2023	
ROČNÍK/OBOR	4/C	FORMÁT A3
KATEDRA	133	MĚŘÍTKO 1:100
PŘEDMĚT	133BAPC	DATUM 09.01.2023
Výkres	Konstrukční schéma 2.-4. NP	Č. VÝKR. 2

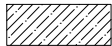



JMÉNO STUDENTA	Kseniia Shkolnaia		
VEDOUcí	Ing. Radek Štefan, Ph.D.		
ŠKOLNí ROK	2022/2023		
ROČNík/OBOR	4/C	FORMÁT	A3
KATEDRA	133	MĚŘíTKO	1:100
PŘEDMĚT	133BAPC	DATUM	09.01.2023
Výkres	Konstrukční schéma 5. NP	Č. VÝKR.	3

ŘEZ AA

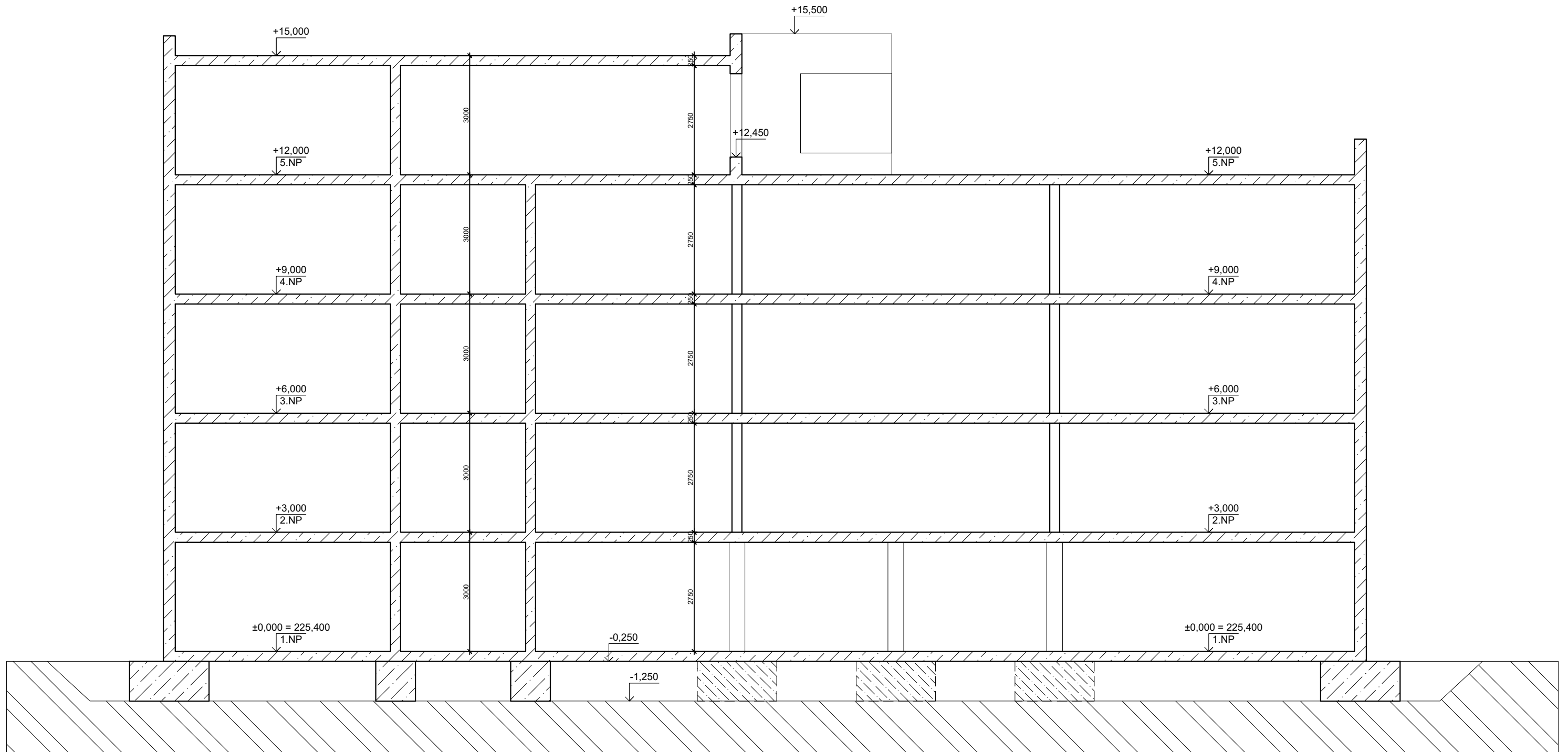


LEGENDA MATERIÁLŮ:

 BETON C30/37 XC1-CI 0,2-Dmax22-S3


JMÉNO STUDENTA	Kseniia Shkolnaia		
VEDOUČÍ	Ing. Radek Štefan, Ph.D.		
ŠKOLNÍ ROK	2022/2023		
ROČNÍK/OBOR	4/C	FORMÁT	A3
KATEDRA	133	MĚŘITKO	1:100
PŘEDMĚT	133BAPC	DATUM	09.01.2023
Výkres	Řez A	Č. VÝKR.	4

ŘEZ BB

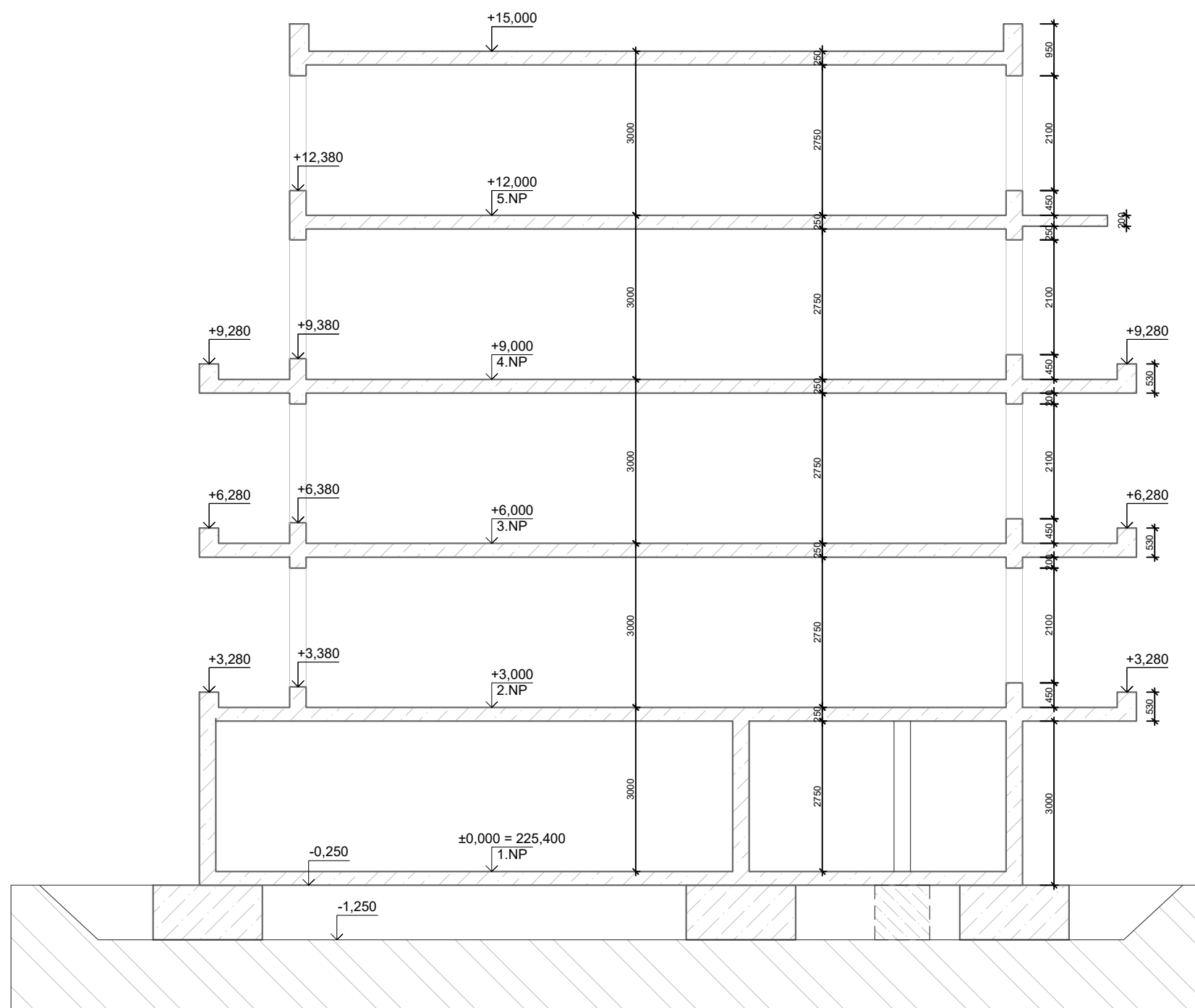


LEGENDA MATERIÁLŮ:

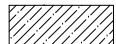
 BETON C30/37 XC1-CI 0,2-Dmax22-S3


JMÉNO STUDENTA	Kseniia Shkolnaia		
VEDOUcí	Ing. Radek Štefan, Ph.D.		
ŠKOLNÍ ROK	2022/2023		
ROČNÍK/OBOR	4/C	FORMÁT	A3
KATEDRA	133	MĚŘÍTKO	1:100
PŘEDMĚT	133BAPC	DATUM	09.01.2023
Výkres	Řez B	Č. VÝKR.	5

ŘEZ CC

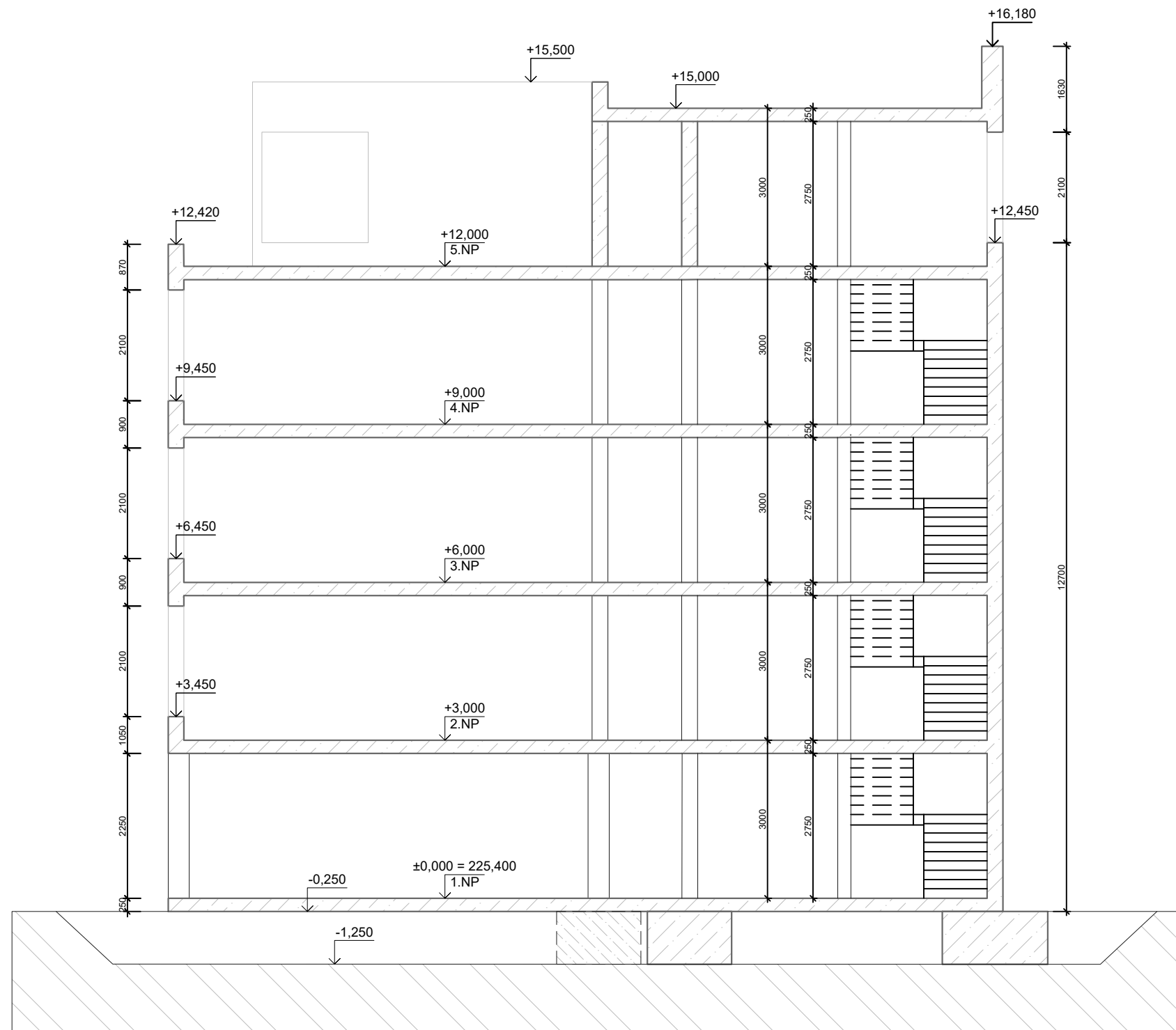


LEGENDA MATERIÁLŮ:

 BETON C30/37 XC1-CI 0,2-Dmax22-S3


JMÉNO STUDENTA	Kseniia Shkolnaia		
VEDOUcí	Ing. Radek Štefan, Ph.D.		
ŠKOLNÍ ROK	2022/2023		
ROČNÍK/OBOR	4/C	FORMÁT	A3
KATEDRA	133	MĚŘÍTKO	1:100
PŘEDMĚT	133BAPC	DATUM	09.01.2023
Výkres	Řez C	Č. VÝKR.	6

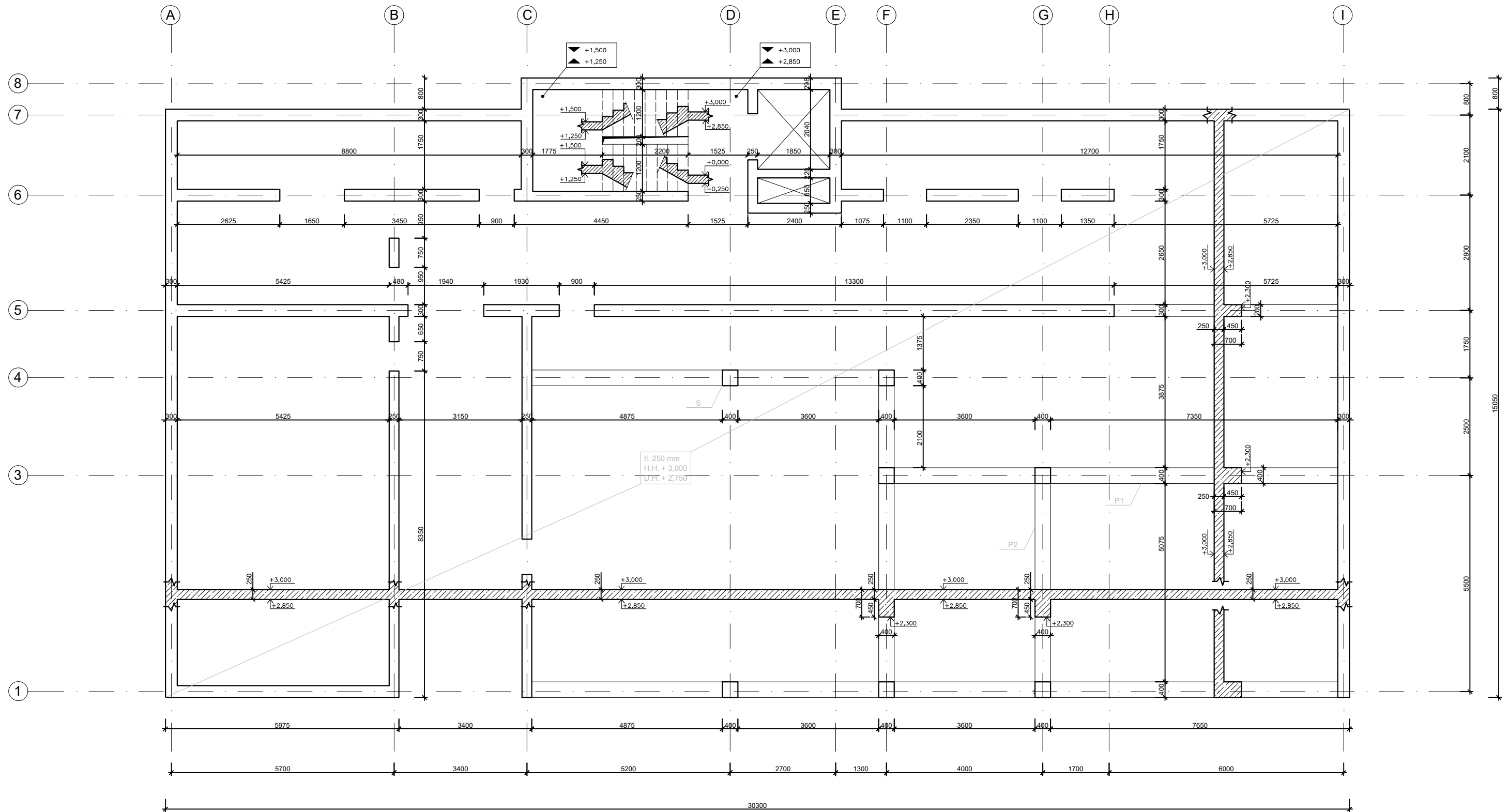
ŘEZ DD



LEGENDA MATERIÁLŮ:


 BETON C30/37 XC1-CI 0,2-Dmax22-S3

JMÉNO STUDENTA	Kseniia Shkolnaia		
VEDOUcí	Ing. Radek Štefan, Ph.D.		
ŠKOLNí ROK	2022/2023		
ROČNíK/OBOR	4/C	FORMÁT	A3
KATEDRA	133	MĚŘíTKO	1:100
PŘEDMĚT	133BAPC	DATUM	09.01.2023
Výkres	Řez D	Č. VÝKR.	7

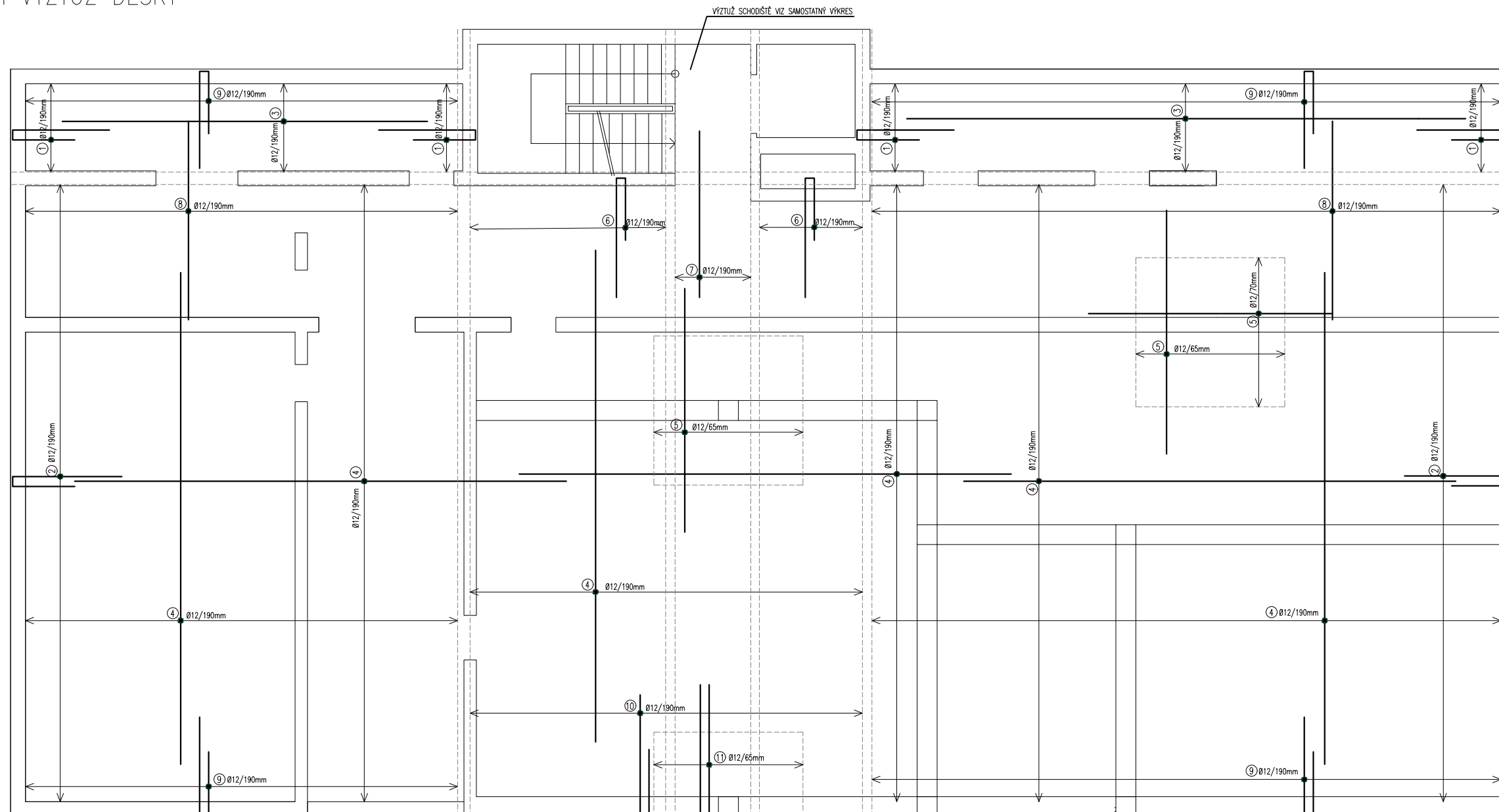


LEGENDA MATERIÁLŮ:

 BETON C30/37 XC1-CI 0,2-Dmax22-S3

JMÉNO STUDENTA	Ksenia Shkolnaia		
VEDOUČÍ	Ing. Radek Štefan, Ph.D.		
ŠKOLNÍ ROK	2022/2023	FORMÁT	A3
ROČNÍK/OBOR	4/C	MĚŘITKO	1:100
KATEDRA	133	DATUM	09.01.2023
PŘEDMĚT	133BAPC	Č. VÝKR.	8
Výkres	Výkres tvaru		

HORNÍ VÝZTUŽ DESKY



Tvary výztuže

- ① Ø10, L = 3400 mm
- ② Ø10, L = 3650 mm
- ③ Ø10, L = 5450 mm
- ④ Ø10, L = 8000 mm
- ⑤ Ø10, L = 4900 mm
- ⑥ Ø10, L = 3800 mm
- ⑦ Ø10, L = 3350 mm
- ⑧ Ø10, L = 4000 mm
- ⑨ Ø10, L = 3350 mm
- ⑩ Ø10, L = 3900 mm
- ⑪ Ø10, L = 5400 mm
- ⑫ Ø10, L = 8750 mm
- ⑬ Ø10, L = 6900 mm
- ⑭ Ø10, L = 5750 mm
- ⑮ Ø10, L = 10750 mm
- ⑯ Ø10, L = 5300 mm
- ⑰ Ø10, L = 9900 mm
- ⑱ Ø10, L = 5950 mm
- ⑲ Ø10, L = 7200 mm

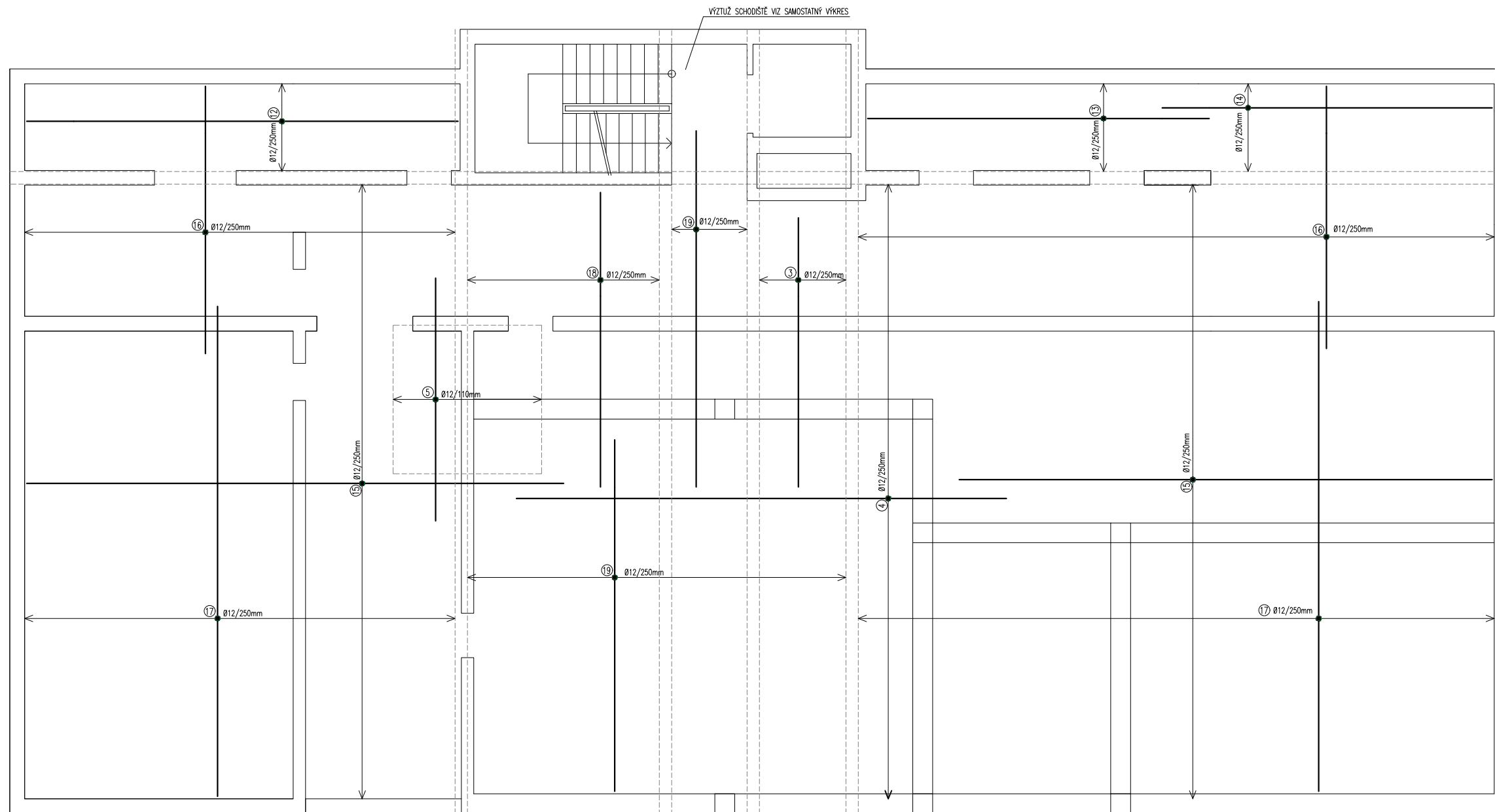
POZN.:

- VÝZTUŽ DOLNÍHO PVRCHU VIZ VÝKRES Č. 10
- PRUTY KOTOVÁNY NA STŘEDNICI

OCEL B500B
 BETON C30/37 XC1-CI 0,2-Dmax16-S3
 KRYTÍ VÝZTUŽE 20mm
 VÝZTUŽ KOTOVÁNA NA OSU

JMÉNO STUDENTA	Kseniia Shkolnaia		FORMÁT	A3
VEDOUČÍ	Ing. Radek Štefan, Ph.D.		MĚŘÍTKO	1:100
ŠKOLNÍ ROK	2022/2023		DATUM	09.01.2023
ROČNÍK/OBOR	4/C	Výkres	Výkres výztuže desky – horní	Č. VÝKR. 9

DOLNÍ VÝZTUŽ DESKY



Tvary výztuže

- ① Ø10, L = 3400 mm
- ② Ø10, L = 3650 mm
- ③ Ø10, L = 5450 mm
- ④ Ø10, L = 8000 mm
- ⑤ Ø10, L = 4900 mm
- ⑥ Ø10, L = 3800 mm
- ⑦ Ø10, L = 3350 mm
- ⑧ Ø10, L = 4000 mm
- ⑨ Ø10, L = 3350 mm
- ⑩ Ø10, L = 3900 mm
- ⑪ Ø10, L = 5400 mm
- ⑫ Ø10, L = 8750 mm
- ⑬ Ø10, L = 6900 mm
- ⑭ Ø10, L = 5750 mm
- ⑮ Ø10, L = 10750 mm
- ⑯ Ø10, L = 5300 mm
- ⑰ Ø10, L = 9900 mm
- ⑱ Ø10, L = 5950 mm
- ⑲ Ø10, L = 7200 mm

POZN.:

- VÝZTUŽ HORNÍHO POVRCHU VIZ VÝKRES Č. 9
- PRUTY KOTOVÁNY NA STŘEDNICI

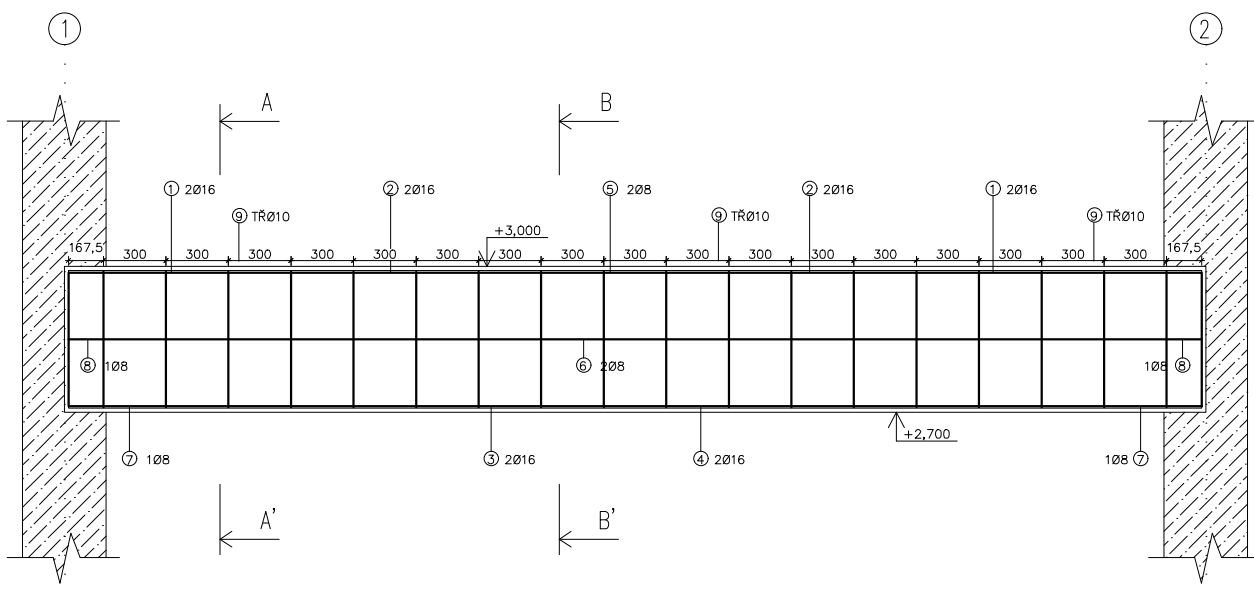
OCEL B500B

BETON C30/37 XC1-CI 0,2-Dmax16-S3

KRYTÍ VÝZTUŽE 20mm

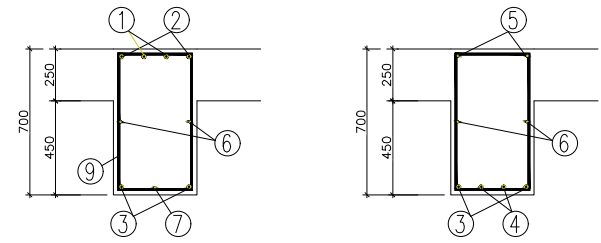
VÝZTUŽ KOTOVÁNA NA OSU

JMÉNO STUDENTA	Kseniia Shkolnaia		
VEDOUČÍ	Ing. Radek Štefan, Ph.D.		
ŠKOLNÍ ROK	2022/2023		
ROČNÍK/OBOR	4/C	FORMÁT	A3
KATEDRA	133	MĚŘÍTKO	1:100
PŘEDMĚT	133BAPC	DATUM	09.01.2023
Výkres	Výkres výztuže desky – dolní	Č. VÝKR.	10



ŘEZ A-A

ŘEZ B-B



VÝKAZ VÝZTUŽE

Ved [kN]

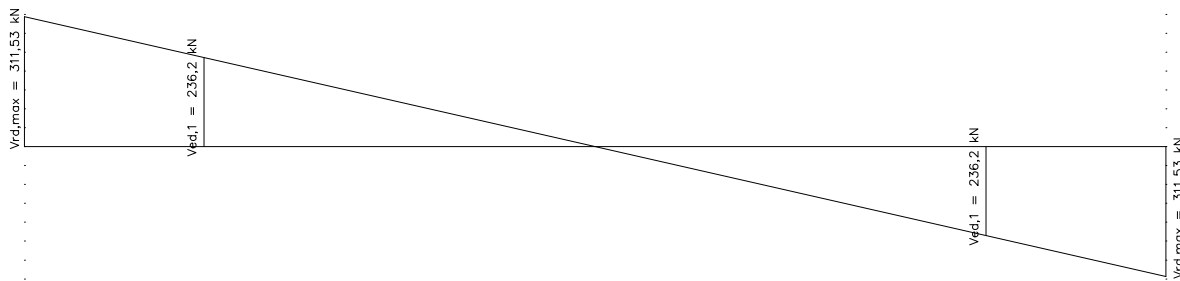
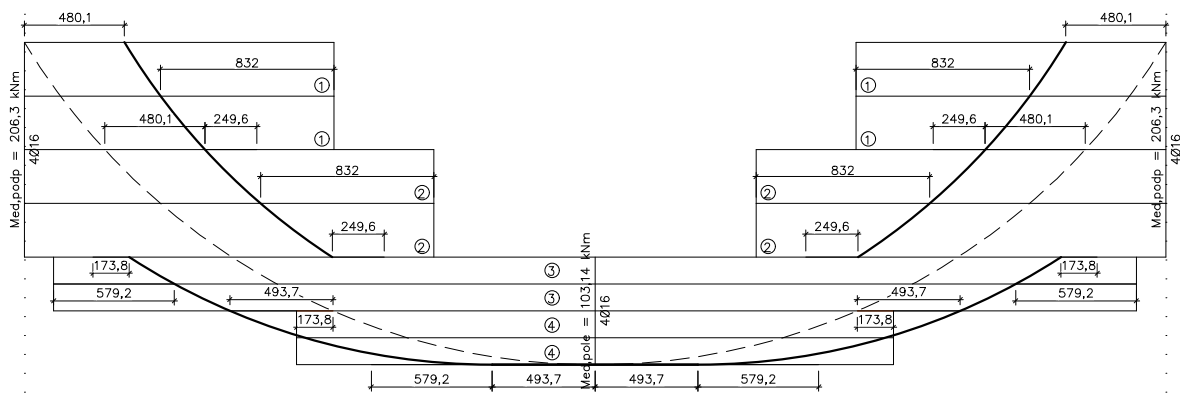
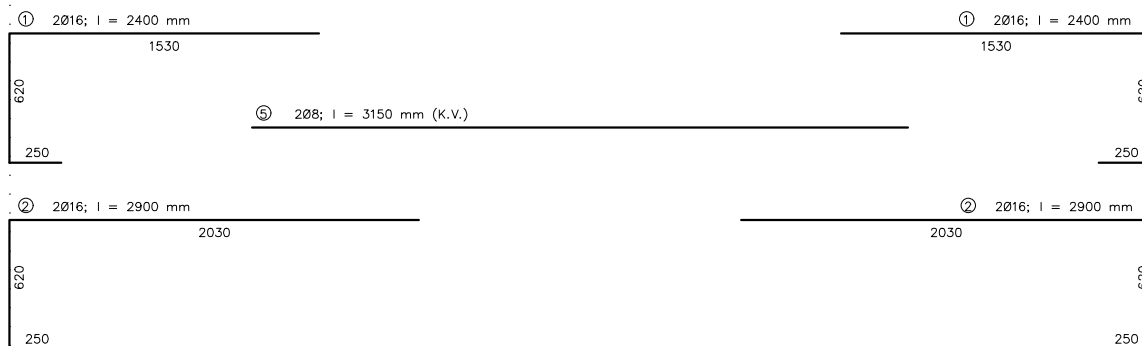


SCHÉMA ROZLOŽENÍ MATERIÁLU

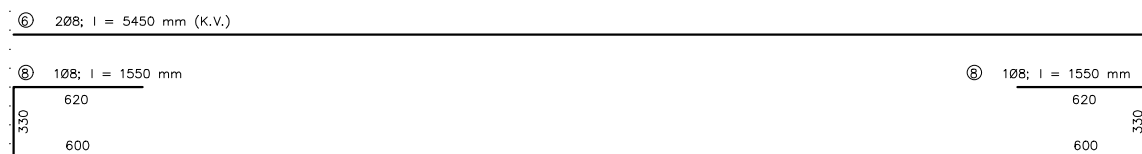


OZN	ø [mm]	DÉLKA [mm]	KS	CELKOVÁ DÉLKA [m]		
				ø8	ø10	ø16
1	16	2400	4	-	-	9,6
2	16	2900	4	-	-	11,6
3	16	5200	2	-	-	10,4
4	16	2900	2	-	-	5,8
5	8	3150	2	6,3	-	-
6	8	5450	2	10,9	-	-
7	8	1050	2	2,1	-	-
8	8	1550	2	3,1	-	-
9	10	2240	18	-	40,32	-
CELKOVÁ DÉLKA DLE ø [m]				22,4	40,32	37,4
HMOTNOST ø NA 1 bm [kg/m']				0,395	0,617	1,578
CELKOVÁ HMOTNOST DLE ø [kg]				8,85	24,88	59,1
HMOTNOST CELKEM [kg]				92,83		

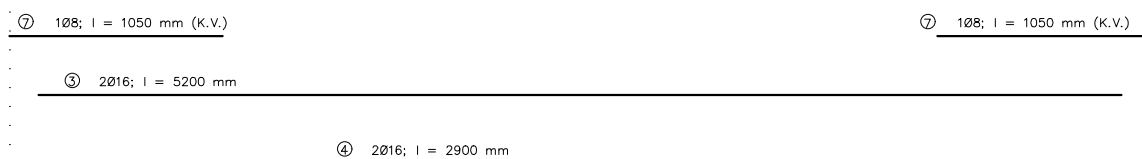
HORNÍ VRSTVA VÝZTUŽE



STŘEDNÍ VRSTVA VÝZTUŽE



DOLNÍ VRSTVA VÝZTUŽE



POSUN OBÁLKY:

NAD PODPOROU: $d_{\text{zob}} = 480,1 \text{ mm}$
V POLI: $a_{\text{zob}} = 493,7 \text{ mm}$

KOTEVNÍ DÉLKY:

ø16 - DOBRÉ PODMÍNKY $l_{b,\text{min}} = 173,8 \text{ mm}$; $l_{b,d} = 579,2 \text{ mm}$
- OSTATNÍ PODMÍNKY $l_{b,\text{min}} = 249,6 \text{ mm}$; $l_{b,d} = 832 \text{ mm}$

OČEL B500B

BETON C30/37 XC1-CI 0,2-Dmax16-S3

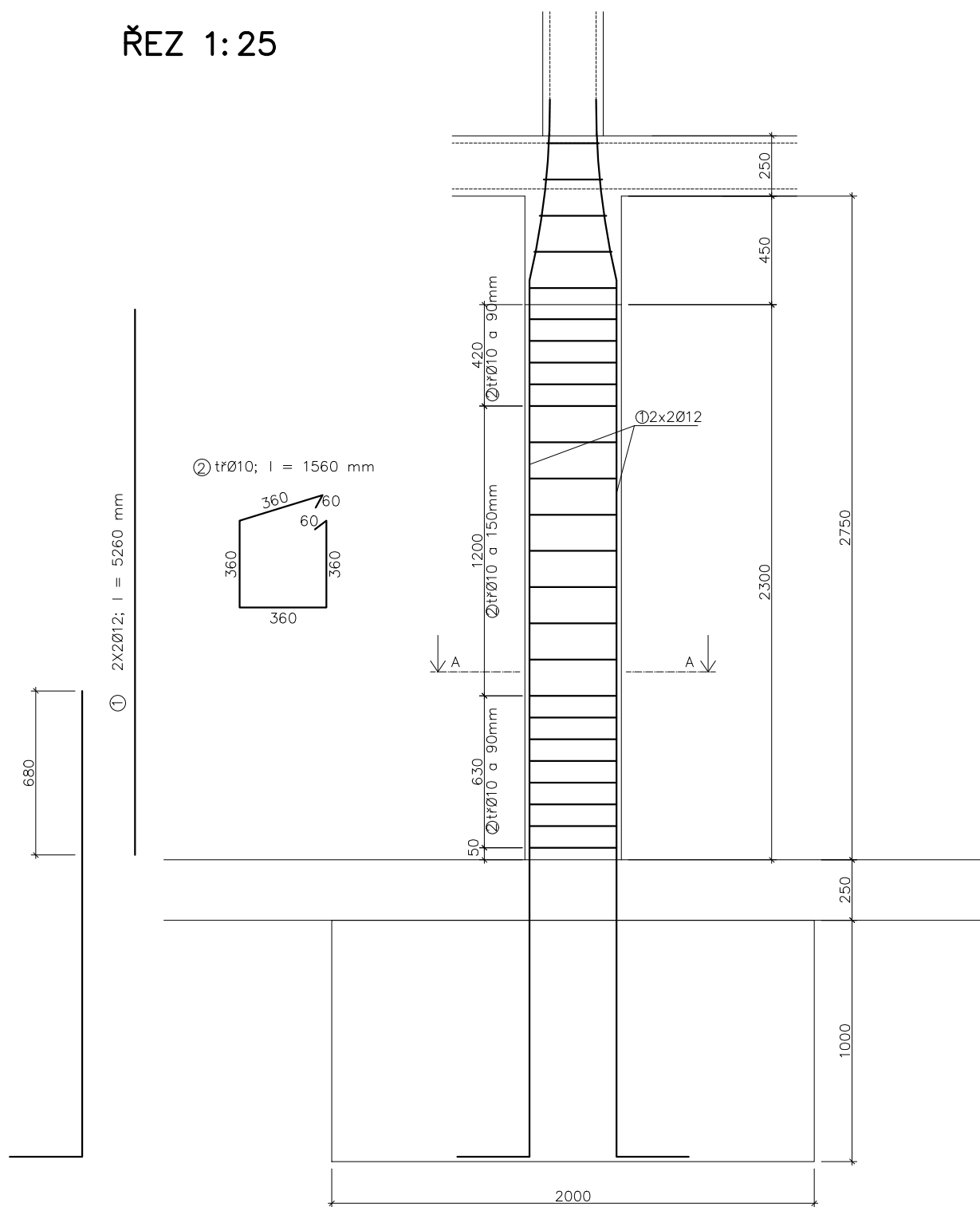
KRYTÍ VÝZTUŽE 20mm

VÝZTUŽ KOTOVÁNA NA OSU

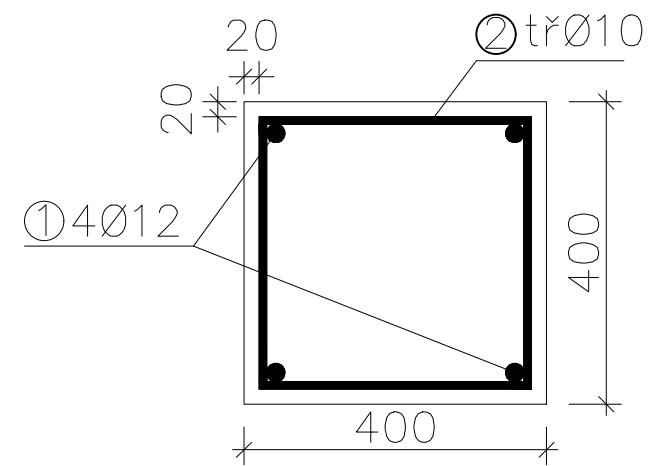
KOTOVÁNO V [mm], VÝŠKOVÉ KÓTY V [m]

JMÉNO STUDENTA	Kseniia Shkolnaia		
VEDOUČÍ	Ing. Radek Štefan, Ph.D.		
ŠKOLNÍ ROK	2022/2023	FORMÁT	A3
ROČNÍK/OBOR	4/C	MĚŘÍTKO	1:25
KATEDRA	133	DATUM	09.01.2023
PŘEDMĚT	133BAPC	Č. VÝKR.	11
Výkres	Výkres výztuže průvlaku		

ŘEZ 1:25

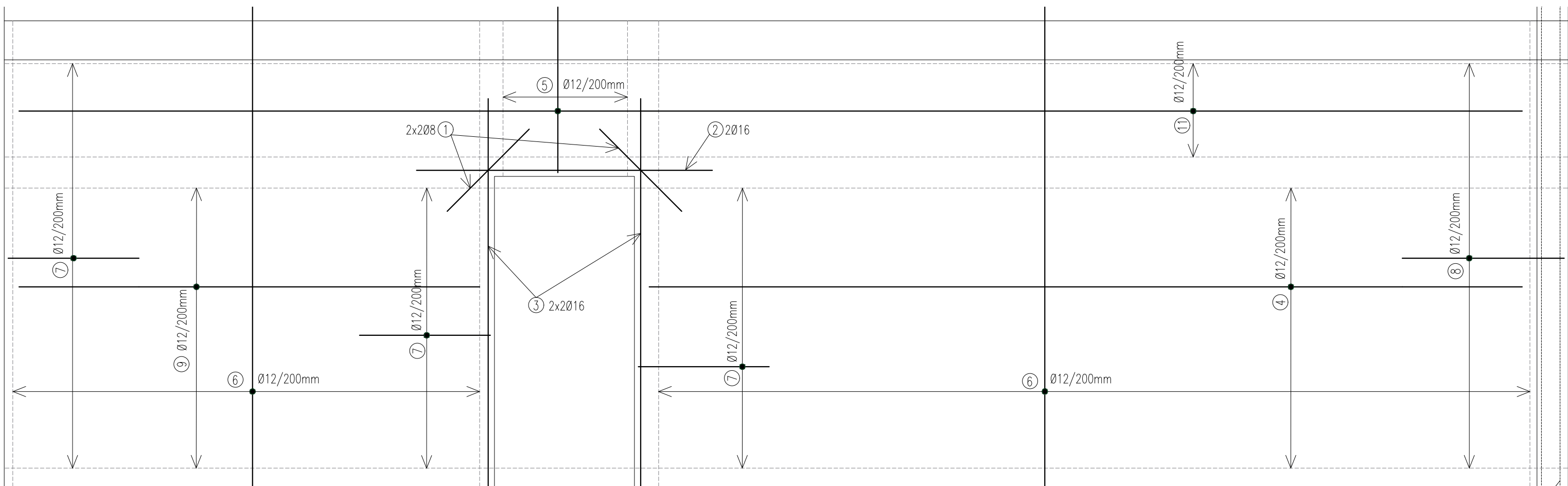


ŘEZ 1:10 (A-A)

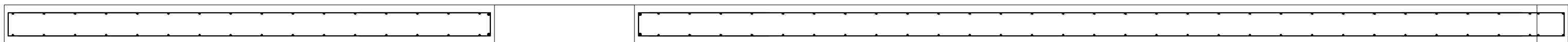


OCEL B500B
 BETON C30/37 XC1-CI 0,2-Dmax16-S3
 KRYTÍ VÝZTUŽE 20mm
 VÝYTUŽ KOTOVÁNÁ NA OSU

JMÉNO STUDENTA	Kseniia Shkolnaia		
VEDOUcí	Ing. Radek Štefan, Ph.D.		
ŠKOLNÍ ROK	2022/2023		
ROČNÍK/OBOR	4/C	FORMÁT	A3
KATEDRA	133	MĚŘÍTKO	1: 25, 1: 10
PŘEDMĚT	133BAPC	DATUM	09.01.2023
Výkres	Výkres výztuže sloupu	Č. VÝKR.	12



VÝZTUŽ PŘÍČNÉ STĚNY



⑨ Ø12, L = 2950 mm
2950

④ Ø12, L = 5600 mm
5600

⑦ Ø12, L = 1850 mm
150 850 850

⑦ Ø12, L = 1850 mm
150 850 850

⑦ Ø12, L = 1850 mm
150 850 850

⑧ Ø12, L = 2250 mm
1050 150 1050

⑨ Ø12, L = 2950 mm
2950


④ Ø12, L = 5600 mm
5600

⑥ Ø12, L = 3300 mm
3300

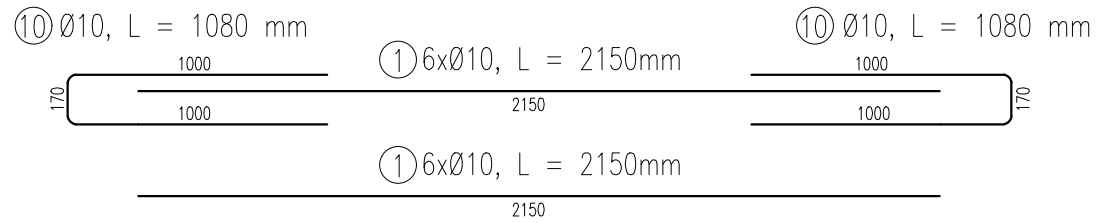
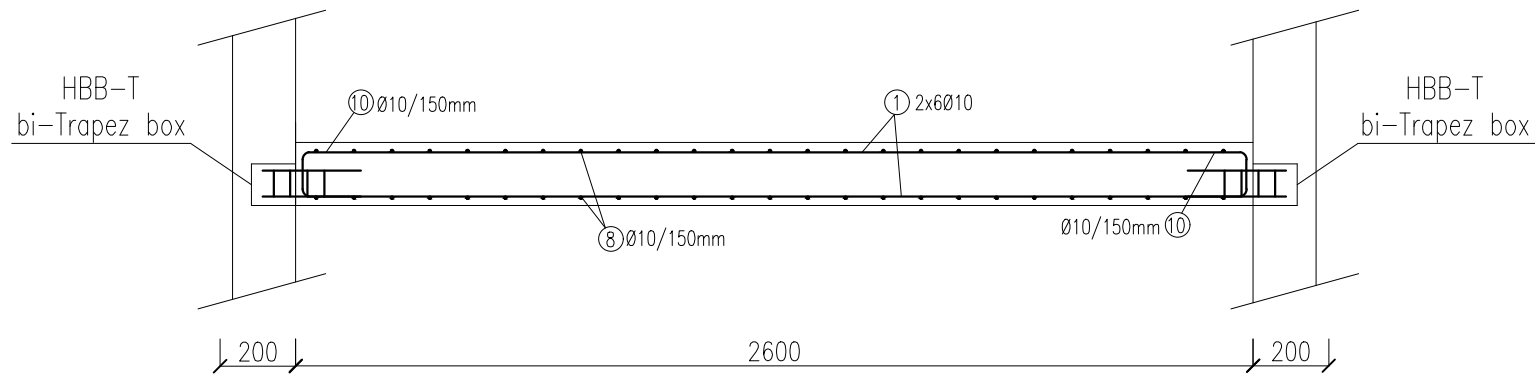
① Ø8, L = 750 mm
750

③ Ø16, L = 2500 mm
250

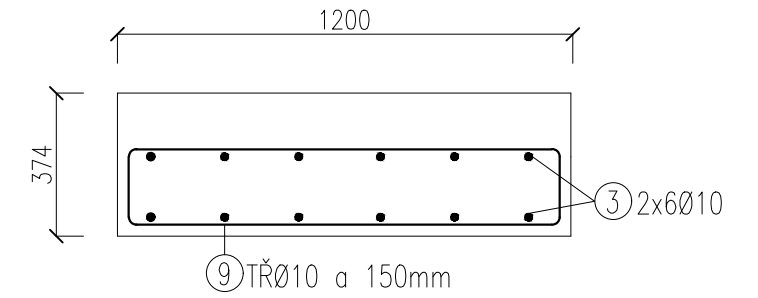
OCEL B500B
BETON C30/37 XC1-CI 0,2-Dmax16-S3
KRYTÍ VÝZTUŽE 20mm
VÝZTUŽ KOTOVÁNÁ NA OSU

JMÉNO STUDENTA	Kseniia Shkolnaia		
VEDOUcí	Ing. Radek Štefan, Ph.D.		
ŠKOLNÍ ROK	2022/2023		
ROČNÍK/OBOR	4/C		
KATEDRA	133	FORMÁT	A3
PŘEDMĚT	133BAPC	MĚŘÍTKO	1:25
Výkres	Výkres výztuže stěny	DATUM	09.01.2023
		Č. VÝKR.	13

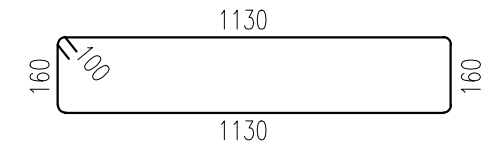
PODÉLNÝ ŘEZ PODESTOU
B-B' 1:20



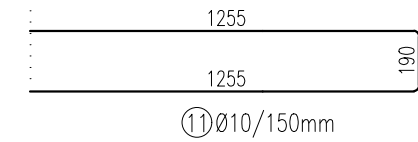
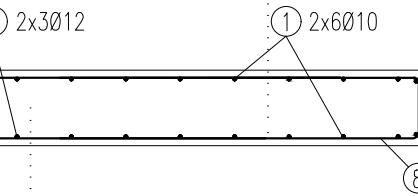
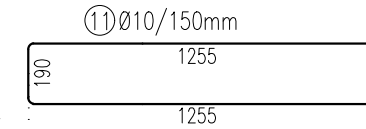
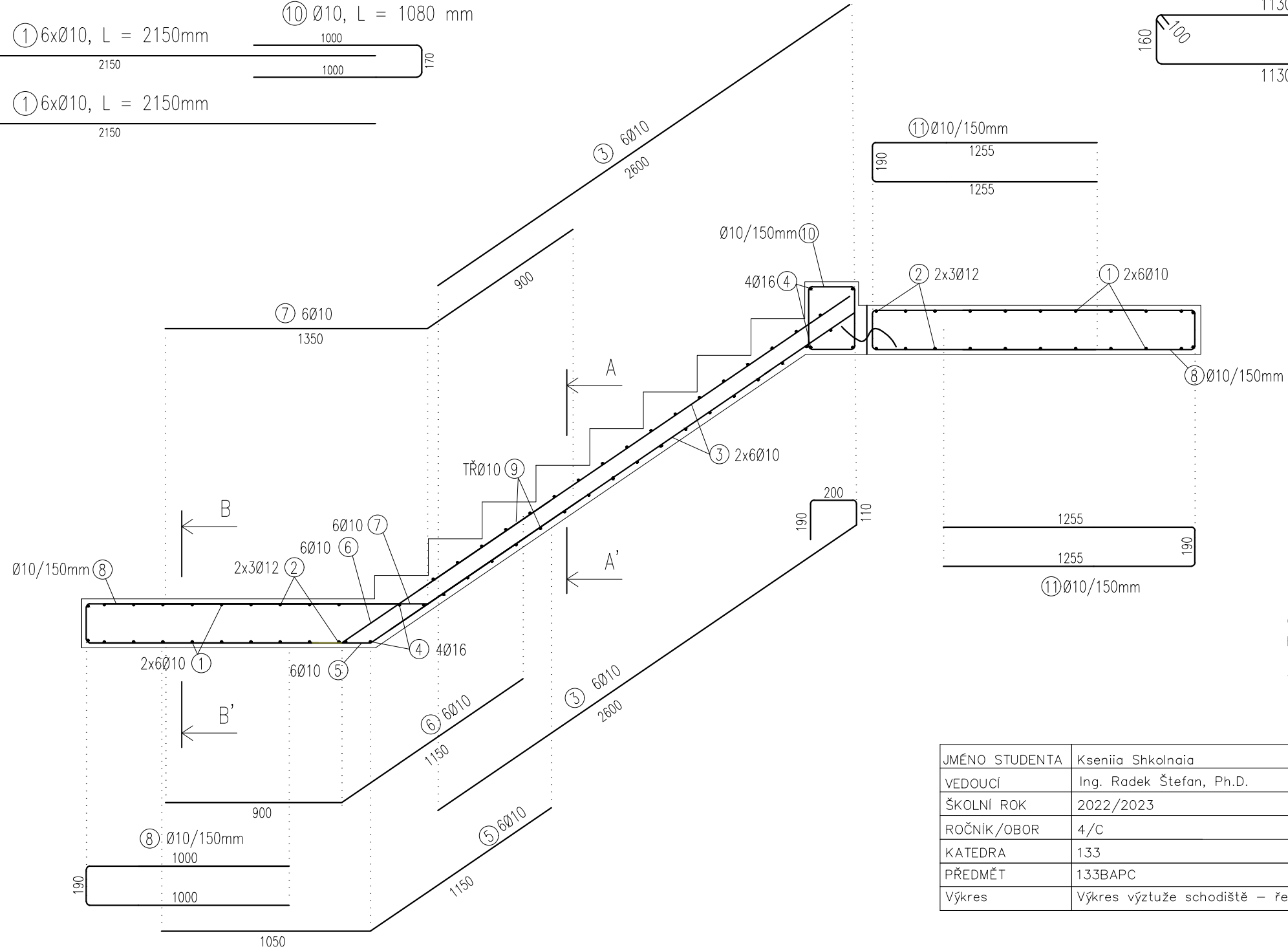
PŘÍČNÝ ŘEZ SCHODIŠŤOVÝM
RAMENEM A-A' 1:20



⑨ TØ10, L = 2780mm



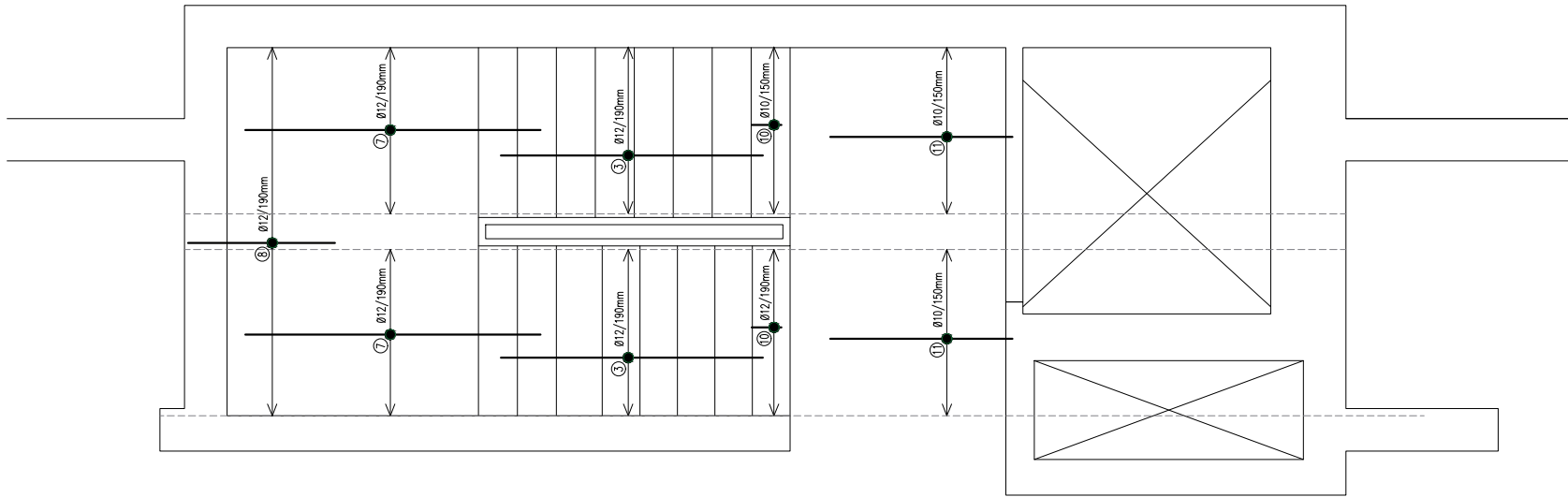
ŘEZ SCHODIŠŤEM 1:25



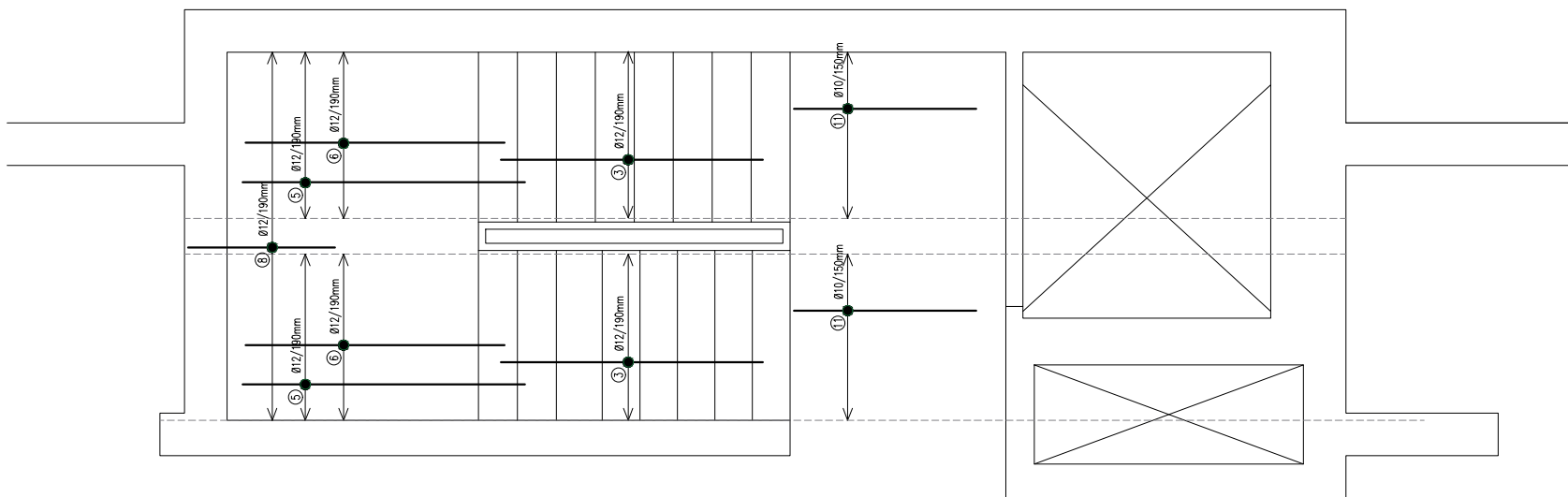
OCEL B500B
BETON C30/37 XC1-CI 0,2-Dmax16-S3
KRYTÍ VÝZTUŽE 20mm
VÝZTUŽ KOTOVÁNA NA OSU

JMÉNO STUDENTA	Kseniia Shkolnaia		
VEDOUcí	Ing. Radek Štefan, Ph.D.		
ŠKOLNÍ ROK	2022/2023		
ROČNÍK/OBOR	4/C	FORMÁT	A3
KATEDRA	133	MĚŘÍTKO	1: 25, 1: 20
PŘEDMĚT	133BAPC	DATUM	09.01.2023
Výkres	Výkres výztuže schodiště – řezy	Č. VÝKR.	14

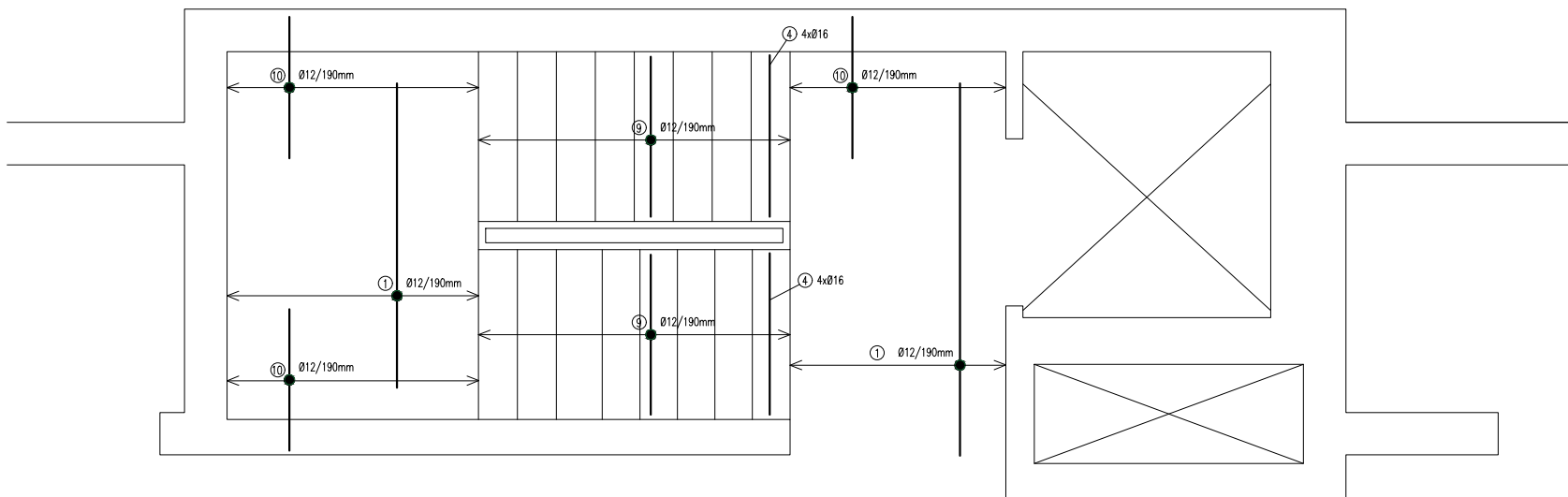
VÝZTUŽ SCHODIŠTĚ VE SMĚRU X, HORNÍ



VÝZTUŽ SCHODIŠTĚ VE SMĚRU X, DOLNÍ



VÝZTUŽ SCHODIŠTĚ VE SMĚRU Y



POZN.:
 - TVARY VÝZTUŽE VIZ VÝKRES Č. 14
 - PRUTY KOTOVÁNY NA STŘEDNICI

OCEL B500B
 BETON C30/37 XC1-CI 0,2-Dmax16-S3
 KRYTÍ VÝZTUŽE 20mm
 VÝZTUŽ KOTOVÁNA NA OSU

JMÉNO STUDENTA	Kseniia Shkolnaia		
VEDOUcí	Ing. Radek Štefan, Ph.D.		
ŠKOLNÍ ROK	2022/2023		
ROČNÍK/OBOR	4/C	FORMÁT	A3
KATEDRA	133	MĚŘÍTKO	1:50
PŘEDMĚT	133BAPC	DATUM	09.01.2023
Výkres	Výkres výztuže schodiště – půdorys	Č. VÝKR.	15