



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

## KONSTRUKCE BYTOVÉHO DOMU

STRUCTURE OF APARTMENT BUILDING

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Řihošek

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2021



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608T001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav betonových a zděných konstrukcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Bc. Jan Řihošek
<b>Název</b>	Konstrukce bytového domu
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Jan Perla
<b>Datum zadání</b>	31. 3. 2020
<b>Datum odevzdání</b>	15. 1. 2021

V Brně dne 31. 3. 2020

---

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

Situace, stavební půdorysy a řezy, IGP

Základní normy (včetně všech změn a doplňků):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura:

podle doporučení vedoucího diplomové práce.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Navrhněte nosnou konstrukci nízkopodlažního bytového domu (stropní konstrukci navrhněte ve dvou technologiích – montované a monolitické) včetně zohlednění základových podmínek.

Vypracujte výkresy skladby (resp. tvaru) předmětné stropní konstrukce (konstrukční řešení ostatních podlaží dokumentujte schématickými výkresy skladby, resp. tvaru).

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic).

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1× na CD.

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

---

Ing. Jan Perla

Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá návrhem stropní konstrukce bytového domu ve dvou konstrukčních variantách. Cílem práce je zjištění vnitřních sil, návrh a posouzení ve dvou konstrukčních variantách. Výpočet vnitřních sil je proveden pomocí MKP na 2D modelu stropní desky a na 3D modelu celé budovy v programu Dlubal RFEM 5.24. Práce dále obsahuje posouzení zděných stěn.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Stropní deska, monolitická konstrukce, montovaná konstrukce, výztuž, železobeton, balkon, schodiště, průvlak, spirall, filigrán, stěna, zdivo, metoda konečných prvků, vnitřní síly, průhyb

## **ABSTRACT**

The diploma thesis deals with the design of the floor structure of an apartment building in two structural variants. The aim of the work is to find out the internal forces, design and check in two construction variants. Finite Element Method was used for calculation internal forces using 2D model for floor slab and 3D model of building in the Dlubal RFEM 5.24. The work also includes check of masonry walls.

## **KEYWORDS**

floor slab, cast-in-place structure, prefabricated system, reinforcement, reinforced concrete, balcony, staircase, beam, spirall, filigree wideslab, wall, masonry, Finite Element Method, internal forces, deflection

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Bc. Jan Řihošek *Konstrukce bytového domu*. Brno, 2020. 26 s., 350 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Perla

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Konstrukce bytového domu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 12. 1. 2021

---

Bc. Jan Řihošek  
autor práce

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Konstrukce bytového domu* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2021

---

Bc. Jan Řihošek  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu inženýru Janu Perlovi za jeho ochotu, čas a odborné rady při konzultacích mé práce.





# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

## KONSTRUKCE BYTOVÉHO DOMU

STRUCTURE OF APARTMENT BUILDING

# PRŮVODNÍ ZPRÁVA

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Řihošek

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2021

# Obsah

1	Úvod.....	3
2	Popis objektu.....	3
2.1	Obecně .....	3
2.2	Konstrukční systém.....	3
2.2.1	Základové konstrukce .....	3
2.2.2	Vodorovné konstrukce .....	4
2.2.3	Svislé konstrukce .....	4
2.2.4	Propojující konstrukce .....	4
2.2.5	Převíslé konstrukce .....	6
3	Materiálové charakteristiky .....	7
3.1	Beton .....	7
3.2	Ocel .....	8
3.3	Zdivo .....	8
3.4	Pracovní diagramy .....	9
4	Zatížení .....	10
4.1	Stálé.....	10
4.2	Užitné .....	10
4.3	Sníh .....	10
4.4	Vítr .....	10
4.5	Údržba.....	10
5	Výpočtové metody .....	11
5.1	Ruční výpočet .....	11
5.2	Metoda konečných prvků.....	11
6	Kombinace .....	11
7	Vyztužování.....	13
8	Porovnání výpočtových metod.....	13
8.1	Ruční výpočet vs. 2D model MKP .....	13
8.2	2D model vs. 3D model .....	14
9	Porovnání konstrukčních variant .....	14
10	Závěr .....	15
11	Zdroje .....	15
11.1	Normy a literatura .....	15
11.2	Technické listy a weby.....	16
11.3	Software .....	16
12	Seznam zkratk a symbolů.....	17
13	Seznam příloh .....	18

# 1 Úvod

Diplomová práce se zabývá návrhem vybraných nosných konstrukcí bytového domu ve Svitavách, jedná se o nosnou zděnou stěnu, prefabrikovanou balkonovou desku, prefabrikované schodiště a stropní konstrukci nad 1. nadzemním podlažím. Při návrhu bylo řešeno přerušení tepelných mostů u balkonů. Při návrhu prefabrikovaného schodiště bylo zohledněno omezení šíření kročejového hluku. Stropní konstrukce je řešena ve dvou konstrukčních variantách. V monolitické variantě a montované variantě. Monolitická stropní konstrukce byla modelována jako 2D deskový model pro srovnání a pro dimenzování byl vymodelován celý 3D model bytového domu.

Obě varianty byly navrženy a posouzeny na mezní stav únosnosti a na mezní stav použitelnosti. Pro návrh byly použity hodnoty z prostorového modelu z programu RFEM 5.24. Pro prefabrikované prvky byly v programu RFEM vymodelovány prutové modely. Cílem bylo porovnání hodnot vnitřních sil získaných z obou výpočtových modelů a z předběžného ručního výpočtu na monolitické stropní konstrukci. Dále bylo provedeno posouzení střední a obvodové nosné zděné stěny. K výstupům patří příslušná výkresová dokumentace.

## 2 Popis objektu

### 2.1 Obecně

Jedná se o čtyřpodlažní obdélníkový objekt, který slouží jako bytový dům. Objekt je umístěn do proluky v ulici Říční ve Svitavách. Bytový dům je nepodsklepený a je vzhledem ke svému dlouhému rozměru rozdělený na dvě dilatační části. Bytový dům je zděný z keramických tvárníc. Střecha je navržena jako plochá střecha. V 1.NP se nachází nebytové a bytové prostory a průjezd z ulice do dvora, v dalších podlažích jsou pouze byty. Objekt je založen na železobetonových základových pasech s piloty, protože se zakládá v místě navážek a málo únosného podloží. Výškové uspořádání objektu vychází od hodnoty 0,000 m = 435,80 m.n.m. B. p. v, která je v úrovni čisté podlahy 1. NP.

### 2.2 Konstrukční systém

#### 2.2.1 Základové konstrukce

Dle podkladů je bytový dům založen na základových pasech s piloty. Pasy jsou šířky 600 mm jsou zhotoveny ze železobetonu. Piloty jsou pro založení nutné z důvodu navážek a málo únosného podloží v místě založení objektu. Podkladní základová betonová mazanina tloušťky 150 mm je vybetonována na základových pasech a zhutněném zásypu.

Vzhledem k tomu, že základové pasy, uložené na pilotách, jsou tuhého vyztuženého průřezu předpokládá se rovnoměrné sedání objektu, tudíž nebude ovlivněna horní stavba interakcí podloží. Návrh a posouzení základových konstrukcí není předmětem řešení této práce.

## **2.2.2 Vodorovné konstrukce**

Ve stropní konstrukci nad 1. NP je průvlak, který nese nosné vnitřní stěny vyšších podlaží, z tohoto důvodu bylo nutný provést prostorový model celé budovy, aby se zohlednilo spolupůsobení zdiva a vliv na roznosu zatížení v nosných stěnách na průvlak.

Stropní konstrukce byla řešena ve dvou konstrukčních variantách:

### ***1) MONOLITICKÁ STROPNÍ KONSTRUKCE***

Deska byla navržena konstantní tloušťky 180 mm.

### ***2) PREFA – MONOLIT STROPNÍ KONSTRUKCE***

Ve většině plochy stropu byla deska vyskládána z předpjatých panelů Spiroll tloušťky 200 mm, v místech, kde navazují balkony byly použity předpjaté filigrány, aby bylo dosaženo stejného průhybu s vedlejšími panely Spiroll. Strop okolo schodišťového otvoru byl proveden jako prefa-monolit z filigránu a z monolitického průvlaku a monolitického podestového trámu.

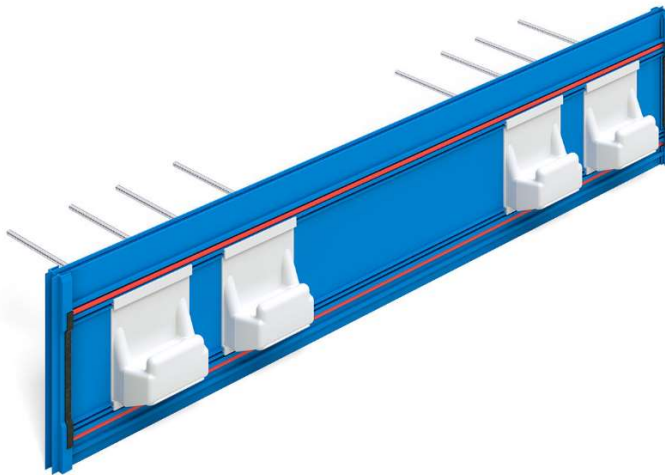
## **2.2.3 Svislé konstrukce**

Podporujícími konstrukcemi jsou obvodové zděné stěny tl. 300 mm a vnitřní nosné akustické stěny tl. 250 mm. Zdivo je provedeno z keramických tvárnic HELUZ. Obvodové stěny budou zatepleny polystyrenem tloušťky 100 mm. Pro střední nosné zdivo byly zvoleny tvárnice, u kterých se promaltovávají styčné spáry. Promaltované styčné spáry jsou nutné pro přenos tlaku ve vodorovném směru. Vodorovný tlak ve zdivu vznikne v místě, kde je zdivo vynášeno průvlakem. U průvlaku dojde k průhybu a tím ve zdivu dojde ke klenebnímu účinku a zdivo bude roznášet zatížení více do podpor průvlaku. Zdivo bylo do modelu zadáno jako izotropní nelineární materiál bez tahové pevnosti.

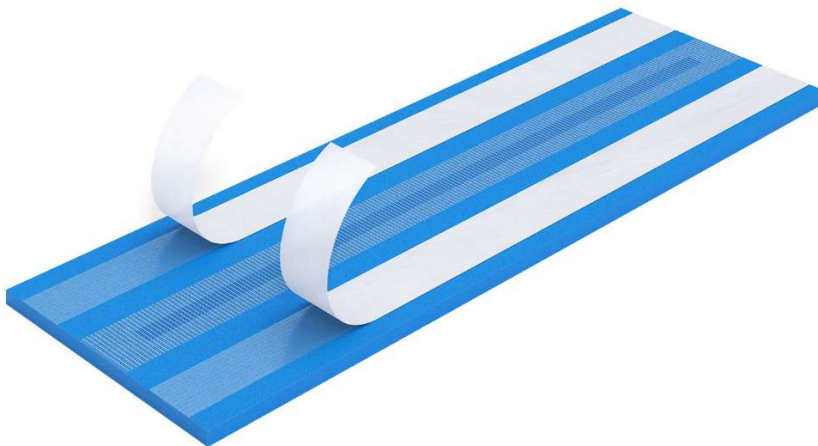
## **2.2.4 Propojující konstrukce**

Podlaží jsou propojena dvakrát zalomeným prefabrikovaným schodištěm. Schodiště je napojeno na navazující stropní konstrukce pomocí nosného prvku Schöck Tronsole typ T a na podkladní základovou mazaninu pomocí prvku Schöck Tronsole typ B+D pro omezení šíření kročejového hluku. Nosný prvek Schöck Tronsole typ T přenáší pouze posouvající sílu ve svislém směru, takže v místě napojení schodiště na strop bude kloub. Prvek Schöck Tronsole typ T bude v prefě zabetonován do schodišťového ramene a poté jako součást schodiště bude zabetonován do podesty. Schodiště bylo zvlášť v RFEMU

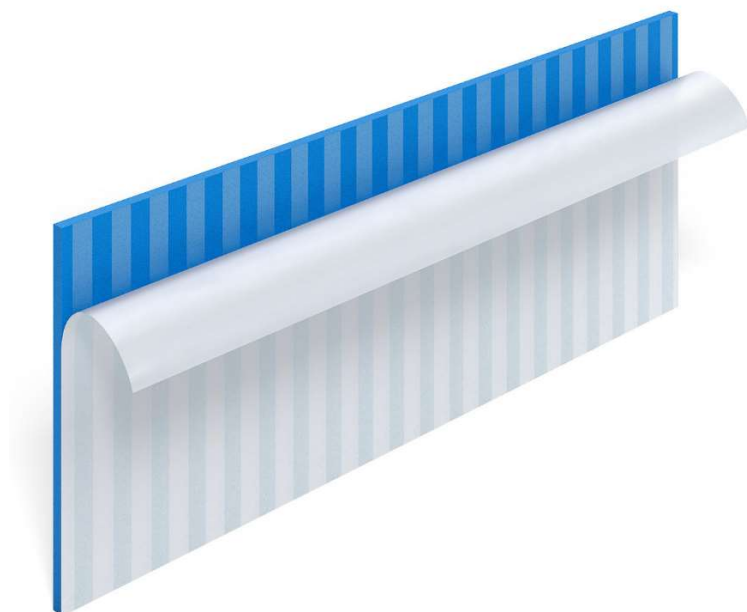
modelováno jako prutový model a hodnoty reakcí z podpor byly do 2D a 3D modelu vloženy jako zatížení v místě napojení schodiště. Schodiště je navrženo šířky 1200 mm a tloušťky 240 mm. Schodiště bylo zvoleno jako prefabrikované s betonem vyšší třídy, protože je většího rozpětí a je nutno aby vyhovělo na přetvoření. Náslapné vrstvy schodiště budou provedeny z keramické dlažby. Do spár mezi schodištěm a stěnou je nutno dát spárové desky Schöck Tronsole® typ L



*Obr. 2. 1: Schöck Tronsole® typ T 1*



*Obr. 2. 2: Schöck Tronsole® typ B 1*



Obr. 2. 3: Schöck Tronsole® typ L

### 2.2.5 Převislé konstrukce

Balkony budou řešeny jako prefabrikované balkónové desky. Balkonová deska bude v přefě osazena nosným prvkem Schöck Isokorb® T typ K-O pro přerušení tepelného mostu v místě napojení na stropní konstrukci. Balkony se stropem se napojí pomocí napojovací výztuže a zabetonováním. Balkony byly provedeny z betonu vyšší třídy, aby byly více mrazuvzdorné. Balkonová deska je tloušťky 160 mm.



Obr 2. 4: Schöck Isokorb® T typ K-O

## 3 Materiálové charakteristiky

### 3.1 Beton

- **Stropní konstrukce**

Čerstvý beton: C30/37 – XC1 (CZ, F.1) – Cl 0,4 – Dmax16 – S3 – dle ČSN EN 206

Pevnostní třída	C30/37
Charakteristická válcová pevnost v tlaku	$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_c = 1,5$
Návrhová pevnost v tlaku	$f_{cd} = 20,00 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu	$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E_{cm} = 33,0 \text{ GPa}$
Mezní poměrné přetvoření	$\varepsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$
Přetvoření na mezi pevnosti	$\varepsilon_{c3} = 1,75 \text{ ‰}$

- **Schodiště**

Čerstvý beton: C45/55 – XC1 (CZ, F.1) – Cl 0,4 - Dmax16– S3 – dle ČSN EN 206

Pevnostní třída	C45/55
Charakteristická válcová pevnost v tlaku	$f_{ck} = 45,0 \text{ MPa}$
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_c = 1,5$
Návrhová pevnost v tlaku	$f_{cd} = 30,00 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu	$f_{ctm} = 3,8 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E_{cm} = 36,0 \text{ GPa}$
Mezní poměrné přetvoření	$\varepsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$
Přetvoření na mezi pevnosti	$\varepsilon_{c3} = 1,75 \text{ ‰}$

- **Balkony**

Čerstvý beton: C45/55 – XC4, XF3 (CZ, F.1) – Cl 0,4 - Dmax16– S2 – dle ČSN EN 206

Pevnostní třída	C45/55
Charakteristická válcová pevnost v tlaku	$f_{ck} = 45,0 \text{ MPa}$
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_c = 1,5$
Návrhová pevnost v tlaku	$f_{cd} = 30,00 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu	$f_{ctm} = 3,8 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E_{cm} = 36,0 \text{ GPa}$
Mezní poměrné přetvoření	$\varepsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$
Přetvoření na mezi pevnosti	$\varepsilon_{c3} = 1,75 \text{ ‰}$

## 3.2 Ocel

Výztuž

Charakteristická mez kluzu oceli  
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu  
Návrhová mez kluzu oceli  
Modul pružnosti oceli  
Přetvoření

B500B

$f_{yk}$  = 500,0 MPa  
 $\gamma_s$  = 1,15  
 $f_{yd}$  = 434,78 MPa  
 $E_s$  = 200,0 GPa  
 $\epsilon_{yd}$  = 2,17 ‰

## 3.3 Zdivo

- **Heluz 30 UNI**

Skupina: 2

Kategorie: 1

Průměrná pevnost v tlaku  
Normalizovaná pevnost v tlaku  
Malta MVC  
Charakteristická pevnost v tlaku  
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu  
Návrhová pevnost v tlaku  
Modul pružnosti zdiva

$f_u$  = 12,5 MPa  
 $f_b$  = 14,22 MPa  
 $f_m$  = 10,0 MPa  
 $f_k$  = 5,758 MPa  
 $\gamma_M$  = 2,0  
 $f_d$  = 2,879 MPa  
 $E$  = 5758 MPa

- **Heluz AKU 25 MK**

Skupina: 2

Kategorie: 1

Průměrná pevnost v tlaku  
Normalizovaná pevnost v tlaku  
Malta MVC  
Charakteristická pevnost v tlaku  
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu  
Návrhová pevnost v tlaku  
Modul pružnosti zdiva

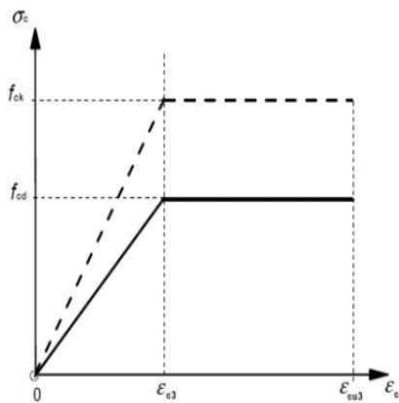
$f_u$  = 20,0 MPa  
 $f_b$  = 22,76 MPa  
 $f_m$  = 10,0 MPa  
 $f_k$  = 8,003 MPa  
 $\gamma_M$  = 2,0  
 $f_d$  = 4,00 MPa  
 $E$  = 8003 MPa



### 3.4 Pracovní diagramy

Bylo uvažováno s pracovní diagramy dle ČSN EN 1992-1-1; ČSN EN 1996-1-1

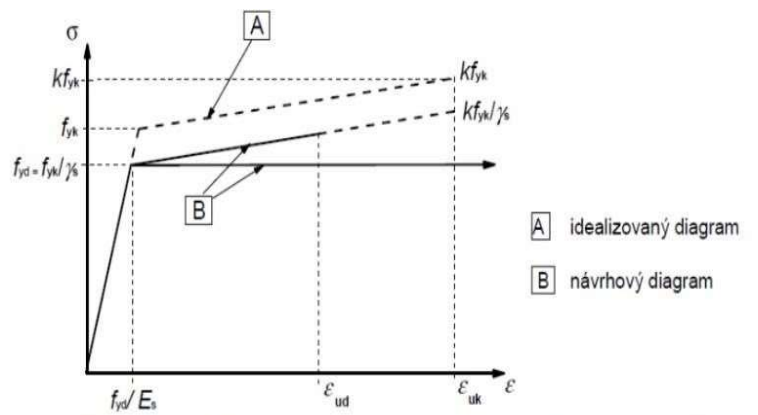
#### Beton



Obrázek 3.4 – Bilineární pracovní diagram

[obr. 3.4, ČSN EN 1992-1-1]

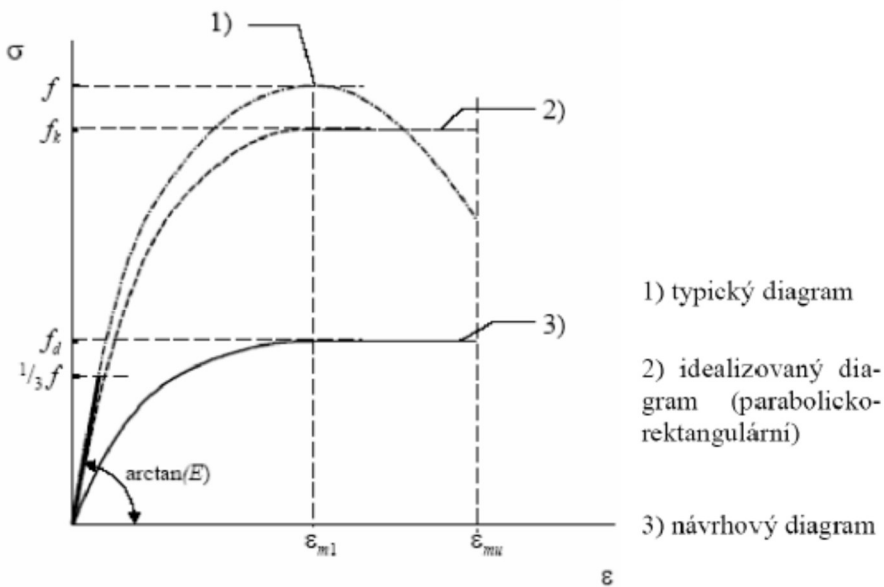
#### Ocel



Obrázek 3.8 – Schéma pracovních diagramů betonářské oceli (pro tah i tlak)

[obr. 3.8, ČSN EN 1992-1-1]

#### Zdivo



1) typický diagram

2) idealizovaný diagram (parabolicko-  
rektangulární)

3) návrhový diagram

ČSN EN 1996-1-1

## **4 Zatížení**

### **4.1 Stálé**

Do stálého zatížení se uvažuje vlastní tíha konstrukce, skladby a zděné příčky.

### **4.2 Užité**

Užitné zatížení dle ČSN EN 1991-1-1 odpovídá kategorii A (obytné plochy). Pro dané využití stropu bylo zvoleno zatížení  $1,5 \text{ kN/m}^2$ , pro schodiště  $3,0 \text{ kN/m}^2$  a pro balkony  $3,0 \text{ kN/m}^2$ . Se zatížením je uvažováno v celé ploše stropní desky a v šachu 1 a šachu 2 a v liniích ve dvou směrech.

### **4.3 Sníh**

Objekt se podle ČSN EN 1991-1-3 nachází ve sněhové oblasti III, charakteristická hodnota zatížení od sněhu je  $1,5 \text{ kN/m}^2$ . Se zatížením od sněhu je uvažováno v celé ploše střechy.

### **4.4 Vítr**

Objekt se dle ČSN EN 1991-1-4 a mapy nachází ve větrné oblasti III a podle okolní zástavby kategorie terénu odpovídá III kategorii.

### **4.5 Údržba**

Jako další proměnné zatížení bylo uvažováno zatížení od údržby na střeše s hodnotou  $0,75 \text{ kN/m}^2$  (kategorie H). Se zatížením od údržby je uvažováno v celé ploše střechy a střídá se se zatížením od sněhu.

## 5 Výpočtové metody

Pro zjištění vnitřních sil u monolitické varianty byla použita metoda konečných prvků v Rfemu na 2D a 3D modelu, dále pro porovnání byly ručně vypočteny vnitřní síly na stropní desce v jednom poli jako na desce po obvodě podepřené. Zjištěné hodnoty poté byly mezi sebou porovnány.

### 5.1 Ruční výpočet

Na stropní desce v jednom poli a v obou směrech byly vypočteny ohybové momenty metodou pro desku podepřenou po obvodě. Vnitřní síly byly spočteny pouze pro zatížení od vlastní tíhy monolitické stropní desky. Ve 2D a 3D modelu byly v tomhle místě udělány řezy pro porovnání ohybových momentů. Hodnoty z ručního výpočtu byly použity pouze pro kontrolu hodnot z metody konečných prvků.

### 5.2 Metoda konečných prvků

Pro monolitickou konstrukční variantu byl vytvořen 2D deskový model a 3D prostorový model celé budovy v programu RFEM 5.24. Výpočet byl proveden podle Kirchhoffovy teorie desek. Průvlak v desce byl vymodelován jako žebrový prut se spolupůsobící deskou, tzv. T-průřez.

U 2D modelu byly stěny vymodelovány jako kloubové liniové podpory. Hodnoty byly vypočteny lineárním výpočtem.

U 3D modelu byl vymodelován celý nosný systém budovy. Stěny byly modelovány jako izotropní zdivo, které je uloženo na liniových kloubových podporách (základové pasy). Protože se před betonáží stropu na hlavu stěn dává asfaltový pás, byl do spoje hlavy stěny a stropu vložen liniový kloub. Spojení stropu a paty stěny se uvažuje jako tuhé spojení. U prostorového modelu byly hodnoty vypočteny nelineárním výpočtem. Pro montovanou variantu řešení byly sestaveny pouze prutové modely jednotlivých prvků v programu RFEM 5.24.

## 6 Kombinace

Ve 2D modelu byly programem automaticky sestaveny kombinace výsledků podle kombinačních rovnic 6.10a a 6.10b. Pro mezní stav použitelnosti byly vytvořeny kombinace z rovnice charakteristické, časté a kvazistálé dle rovnic 6.14b, 6.15b, 6.16b. Ve 3D modelu, protože se jedná o nelineární výpočet, byly ručně sestaveny kombinace zatížení bez kombinačních součinitelů a následně byly sestaveny kombinace výsledků, které vznikli přenásobením kombinací zatížení průměrným součinitelem zatížení.

Průměrný součinitel zatížení byl stanoven z kombinačních rovnic 6.10a a 6.10b a jeho hodnota vyšla 1,3.

Kombinační rovnice dle ČSN EN 1990

Rovnice 6.10a – MSÚ

$$\sum_{j \geq 1} \gamma G_{j,k} + \gamma_{PP} + \gamma_{Q,1} \psi_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{Q,i} Q_{k,i}$$

Rovnice 6.10b – MSÚ

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma G_{j,k} + \gamma_{PP} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{Q,i} Q_{k,i}$$

Rovnice 6.14b – MSP charakteristická

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

Rovnice 6.15b – MSP častá

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

Rovnice 6.16b – MSP kvazistálá

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

Pro výpočet byly použity kombinační součinitele dle ČSN EN 1990:

Dílní součinitele spolehlivosti:

Stálé zatížení – nepříznivé účinky	$\gamma_{G,sup} = 1,35$
Stálé zatížení – příznivé účinky	$\gamma_{G,inf} = 1,0$
Proměnné zatížení – nepříznivé účinky	$\gamma_{Q,sup} = 1,50$
Proměnné zatížení – příznivé účinky	$\gamma_{Q,inf} = 0,0$

Kombinační součinitele:

Užitné - kategorie C3	$\psi_0 = 0,7$	$\psi_1 = 0,7$	$\psi_2 = 0,6$
Sníh, voda v drenážní vrstvě	$\psi_0 = 0,5$	$\psi_1 = 0,2$	$\psi_2 = 0,0$
Redukční součinitel stálých nepříznivých účinků			$\xi = 0,85$

## 7 Vyztužování

### Stropní monolitická deska

Hodnoty vnitřních sil byly převzaty z programu RFEM 5.24 z prostorového modelu. Deska je namáhána kombinací ohybového momentu a normálové síly. Návrh výztuže byl proveden pomocí softwaru IDEA STATICA RCS a vycházel z předpokladu rovnováhy vnitřních sil na průřezu.

Deska byla vyztužena základní sítí s doplněním příložek v oblastech, ve kterých by základní síť nepřenesla návrhové vnitřní síly  $M_{Ed} + N_{Ed}$ . Základní síť byla navržena jako  $\emptyset 8/210$  při obou površích desky stejně. Hodnota únosnosti  $M_{Rd}$  byla pro dolní výztuž zredukována o 10 % kvůli případné redistribuci ohybových momentů. U horního líce se redistribucí neuvažuje. Hodnota  $M_{Rd}$  byla poté v programu RFEM 5.24 nastavena jako spodní hranice vykreslování izoploch dimenzačních momentů a zobrazily se tak oblasti, pro které je základní síť nedostačující a tyto oblasti byly dovyztuženy potřebnými příložkami.

### Průvlak

Hodnoty vnitřních sil byly převzaty z programu RFEM 5.24 z prostorového modelu. Průvlak je namáhán kombinací ohybového momentu, normálové síly, posouvající síly a kroutícího momentu. Návrh výztuže byl proveden pomocí softwaru IDEA STATICA RCS a byl ručně ověřen ve dvou řezech.

### Další konstrukční prvky

Další konstrukční prvky byly uvažovány jako prutové konstrukce a byly posouzeny ručně.

## 8 Porovnání výpočtových metod

Ve statickém výpočtu bylo provedeno porovnání všech výpočtových metod ve všech řezech.

### 8.1 Ruční výpočet vs. 2D model MKP

Ohybové momenty [kNm/m]

ŘEZ	POLOHA	RUČNÍ VÝPOČET	2D MODEL	ODCHYLKA
A-A	levá podp.	-6,04	-8,1	34%
	pole	3,02	2,8	-7%
	pravá podp.	-6,04	-6,7	11%
B-B	levá podp.	0	0	-
	pole	2,67	2,3	-14%
	pravá podp.	-4,76	-4,9	3%
C-C	levá podp.	-9,38	-6,8	-28%
	pole	4,69	4,1	-13%
	pravá podp.	-9,38	-7,4	-21%

Z tabulky je vidět, že je velký rozptyl odchylek, nejmenší odchylka je 3% a největší odchylka je 34%. To je pravděpodobně způsobený tím, že u ručního výpočtu byly hodnoty odhadovány pomocí statických tabulek dle okrajových podmínek.

## 8.2 2D model vs. 3D model

Ohybové momenty [kNm/m]

ŘEZ	POLOHA	2D MODEL	3D MODEL	ODCHYLKA
A-A	levá podp.	-8,1	-6,9	-15%
	pole	2,8	2,33	-17%
	pravá podp.	-6,7	-5,44	-19%
B-B	levá podp.	0	-1,7	-
	pole	2,3	2,46	7%
	pravá podp.	-4,9	-5,61	14%
C-C	levá podp.	-6,8	-5,1	-25%
	pole	4,1	3,9	-5%
	pravá podp.	-7,4	-6,9	-7%

Průměrná odchylka vychází na 13%. Většina ohyb. momentů pro 3D model vychází v absolutní hodnotě menší. To je způsobený tím, že u 2D modelu jsou nulové normálové síly, ale ve 3D modelu jsou nenulové normálové síly.

## 9 Porovnání konstrukčních variant

Montovaný strop z panelů Spiroll by měl být levnější než monolitický strop, protože dojde k značné úspoře práce na stavbě. Většina stropní plochy je vyskládána z panelů Spiroll, takže tato konstrukční varianta by měla být levnější. Stropní konstrukce střechy je celá vyskládána z panelů Spiroll, tady bude finanční úspora výrazná oproti variantě monolit. Přesto u této montované varianty řešení se nevyhneme mokrému procesu, vázání výztuže a montáži bednění, protože v menší části stropní plochy se vyskytují monolitické a prefamonolitické konstrukční prvky, kvůli tomu nebude cenový rozdíl mezi konstrukčními variantami výrazný, jako kdyby celý bytový dům byl vhodněji navržen pro montovanou variantu, ale tento objekt byl dle podkladů navržen pro monolitickou variantu. Také nevýhodou montované varianty pro tento objekt je to, že v 1.NP musely být přidány překlady do některých otvorů ve vnitřních stěnách. Podle podkladů tam překlady být neměly a monolitická varianta byla provedena bez těchto překladů, protože se dá předpokládat, že v těchto místech pod stropem budou probíhat vodorovné rozvody potrubí. Myslím si, že pro tento objekt je vhodnější monolitická varianta řešení.

## 10 Závěr

Stropní konstrukce byla navržena a posouzena ve dvou konstrukčních variantách. Monolitická konstrukce byla analyzována pomocí deskového a prostorového modelu metodou konečných prvků a pro kontrolu ověřena ručním výpočtem. Výpočetní modely byly porovnány, kdy na prostorovém modelu vyšly menší ohybové momenty, ale zase vyšly normálové síly, které u deskového modelu nebyly. Z porovnání lze konstatovat, že oba modely jsou pro další výpočty vhodné, ale ve 2D modelu nelze zohlednit příznivý vliv na roznosu zatížení u nosného zdiva nad průvlakem. Pro další výpočty byly použity hodnoty návrhových vnitřních sil vypočtené z prostorového modelu. Schodiště a balkony pro všechny varianty byly navrženy jako prefabrikované prvky, které budou se stropem spojeny betonáží přes napojovací prvky, které jsou součástí prefabrikátů. Dále v této práci bylo posouzeno zdivo z keramických tvárnic pro monolitickou variantu řešení.

## 11 Zdroje

### 11.1 Normy a literatura

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2004
- [3] ČSN EN 1991-1-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [4] ČSN EN 1991-1-3 ed. 2 (730035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [5] ČSN EN 1991-1-4 (730035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
- [6] ČSN EN 1996-1-1 +A1 (731101) Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce

- [7] ČSN EN 1992-1-1 (731201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [8] ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [9] Jan Řihošek Zastřešení podzemního parkoviště betonovou deskou. Brno, 2019. 21 s., 352 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Perla
- [10] ZICH, Miloš a kol. Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů, Praha: Dashöfer, 2010, 145 s. ISBN 978-80-86897-38-7.

## 11.2 Technické listy a weby

- [11] Schöck-Wittek [online]. Dostupné z: <https://www.schoeck-wittek.cz/cs/home>
- [12] Heluz [online]. Dostupné z: <https://www.heluz.cz/>
- [13] Halfen [online]. Dostupné z: <https://www.halfen.com/cz/>
- [14] Prefa Brno [online]. Dostupné z: <https://www.prefa.cz>
- [15] CZ Nord [online]. Dostupné z: <https://cznord.cz/informace-predpjate-filigany/>
- [16] Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D. [online]. Dostupné z: <https://vutbr.sharepoint.com/sites/Svarickova>

## 11.3 Software

Dlubal RFEM 5.24.  
FIN EC 2021 - Zdivo  
Autodesk AutoCAD 2021  
Idea Statica RCS  
SW Schöck Isokorb®  
Microsoft Office Excel  
Microsoft Office Word



## 12 Seznam zkratek a symbolů

$f_{cd}$	návrhová pevnost betonu v tlaku
$f_{ck}$	charakteristická pevnost betonu v tlaku
$f_d$	návrhová pevnost zdiva v tlaku
$f_k$	charakteristická pevnost zdiva v tlaku
$f_{ctd}$	návrhová pevnost betonu v tahu
$f_{ctk}; 0,05$	5% kvantil pevnosti betonu v tahu
$f_{ctm}$	průměrná pevnost betonu v tahu
$f_{cm}$	průměrná pevnost betonu v tlaku
$f_{yd}$	návrhová mez kluzu oceli
$f_{yk}$	charakteristická mez kluzu oceli
$E$	modul pružnosti
$\varepsilon_{cu}$	mezní poměrné přetvoření betonu v tlaku
$\varepsilon_s$	poměrné přetvoření betonářské výztuže
$\gamma_c$	dílčí součinitel betonu
$\gamma_s$	dílčí součinitel výztuže
$G_k$	charakteristická hodnota stálého zatížení
$Q_k$	charakteristická hodnota proměnného zatížení
$G_d$	návrhová hodnota stálého zatížení
$Q_d$	návrhová hodnota proměnného zatížení
$s$	návrhové zatížení sněhem
$s_k$	charakteristické zatížení sněhem
$q_p(z)$	maximální dynamický tlak větru
$\psi$	kombinační součinitel
$\xi$	redukční součinitel stálých nepříznivých účinků
$h$	výška
$b$	šířka
$l$	rozpětí
$l_n$	světlé rozpětí
$\phi$	průměr výztuže
$c_{nom}$	nominální krytí výztuže
$d_g$	největší jmenovitý průměr zrn kameniva
$A_c$	plocha betonu
$A_{st}$	plocha výztuže
$A_{st,min}$	minimální plocha výztuže
$A_{st,max}$	maximální plocha výztuže
$l_0$	návrhová přesahová délka
$l_{0,min}$	minimální přesahová délka
$l_{b,min}$	minimální kotevní délka
$l_{bd}$	návrhová kotevní délka
$l_{bd,rqd}$	základní kotevní délka
$\eta_1$	součinitel podmínek betonáže
$\eta_2$	součinitel zohledňující velikost zrn kameniva
$\alpha_1$	součinitel tvaru prutů

$\alpha_2$	součinitel pro krycí vrstvu
$\alpha_3$	součinitel ovinutí příčnou výztuží
$\alpha_4$	součinitel ovinutí přivařenou příčnou výztuží
$\alpha_5$	součinitel ovinutí příčným tlakem
$\alpha_6$	součinitel procenta stykování výztuže
$x$	poloha neutrální osy
$x_{lim}$	limitní poloha neutrální osy
$z$	rameno vnitřních sil
$M_{Rd}$	moment na mezi únosnosti
$M_{Ed}$	návrhový moment
$M_{crit}$	moment na mezi vzniku trhlin
$v_{Ed}$	maximální smykové napětí
$v_{Rd,c}$	smyková únosnost prvku bez smykové výztuže
$\rho$	stupeň vyztužení
$f$	průhyb

## 13 Seznam příloh

P1. Použité podklady

P2. Výkresy tvaru a výztuže

P3. Statický výpočet