



**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

**NOSNÁ ŽELEZOBETONOVÁ KONSTRUKCE**

THE LOAD-BEARING REINFORCED CONCRETE STRUCTURE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**ANDREJ ČAPEK**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. FRANTIŠEK GIRGLE, Ph.D.**

**BRNO 2024**

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav betonových a zděných konstrukcí  
Student: **Andrej Čapek**  
Vedoucí práce: **doc. Ing. František Girgle, Ph.D.**  
Akademický rok: 2023/24  
Studijní program: B0732A260005 Stavební inženýrství  
Studijní obor: Pozemní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Nosná železobetonová konstrukce

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student provede, na základě zadaných podkladů, návrh vybrané části železobetonové monolitické konstrukce objektu. Rozsah dle zadání vedoucího bakalářské práce. Řešení bude provedeno pomocí vhodného MKP programu, případně s kontrolou výsledků pomocí výstižné zjednodušené ruční metody. Případná zjednodušení lze provádět podle pokynů vedoucího bakalářské práce. Práce bude zpracována v rozsahu vědomostí, které odpovídají znalostem posluchače bakalářského studijního programu.

### Cíle a výstupy bakalářské práce:

Cílem práce je návrh vybrané části železobetonové monolitické konstrukce objektu a to v souladu s platnými normami, předanými podklady a pokyny vedoucího práce. Práce bude obsahovat dimenzování vybrané části konstrukce a výkres tvaru. Nedílnou součástí jsou výkresy výztuže řešených prvků v podrobnosti realizační dokumentace. Ostatní činnosti a případná zjednodušení zadané konstrukce budou provedena v souladu s pokyny vedoucího bakalářské práce.

### Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti dle platných směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresová dokumentace (v rozsahu určeném vedoucím práce)

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě.

**Seznam doporučené literatury a podklady:**

Základní stavební výkresy řešeného objektu: půdorysy, řezy, situace, apod.

Platné technické předpisy a návrhové normy v aktuálním znění:

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí;

ČSN EN 1991-1-1 až 4 Zatížení stavebních konstrukcí;

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

ČSN EN 206 Beton: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda.

Další literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 30. 11. 2023

L. S.

---

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.  
vedoucí ústavu

---

doc. Ing. František Girgle, Ph.D.  
vedoucí práce

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.  
děkan

## ABSTRAKT

Bakalářská práce se zaměřuje na návrh nosné monolitické železobetonové konstrukce bytového domu dle zadaných podkladů. Obsahem práce je návrh lokálně podepřené stropní desky nad 2.PP, pro kterou byly vypočteny a porovnávány 3 varianty. Dále se práce věnuje posouzení prefabrikovaného schodiště. K textové části je dále zpracován statický výpočet a výkresy tvarů a výztuže vybraných konstrukcí.

## KLÍČOVÁ SLOVA

stropní deska, železobeton, monolitická konstrukce, lokálně podepřená deska, trámový strop, vylehčená deska, průvlak, schodiště, scia Engineer

## ABSTACT

The bachelor's thesis is focused on the design of the load-bearing monolithic reinforced concrete structure of an apartment building according to the specified documents. The content of the work is the design of a locally supported ceiling slab above the 2 underground floor, for which 3 variants were calculated and compared. Furthermore, the work is devoted to the assessment of a prefabricated staircase. In addition to the text part, a static calculation and drawings of shapes and reinforcements of selected structures are processed.

## KEY WORDS

ceiling slab, reinforced concrete, monolithic construction, locally supported slab, beam ceiling, voided slab, girder, staircase, scia Engineer

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ČAPEK, Andrej. *Nosná železobetonová konstrukce*. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí doc. Ing. František Girgle, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané závěrečné práce s názvem *Nosná železobetonová konstrukce* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 23. 5. 2024

---

Andrej Čapek  
autor

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Nosná železobetonová konstrukce* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 23. 5. 2024

---

Andrej Čapek  
autor

## PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych velmi rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Františkovi Girglemu, Ph.D. za odborné vedení, vstřícný přístup, a především za cenné rady, které mi při zpracování této práce poskytl.



**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

**NOSNÁ ŽELEZOBETONOVÁ KONSTRUKCE**

THE LOAD-BEARING REINFORCED CONCRETE STRUCTURE

**TEXTOVÁ ČÁST**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**ANDREJ ČAPEK**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. FRANTIŠEK GIRGLE, Ph.D.**

**BRNO 2024**





## OBSAH

1.	ÚVOD.....	10
2.	POPIS KONSTRUKCE .....	10
3.	POUŽITÉ MATERIÁLY .....	10
3.1.	BETON .....	10
	Sloupy.....	10
	Stropní desky, průvlaky, trámy .....	11
	Schodišťové rameno .....	11
3.2.	BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ.....	11
4.	ZATÍŽENÍ .....	12
4.1.	Stálé zatížení .....	12
4.2.	Proměnné zatížení.....	12
4.3.	Kombinace .....	12
5.	MODEL KONSTRUKCE .....	13
5.1.	Ověření správnosti vnitřních sil.....	13
6.	VARIANTY DESKY.....	14
6.1.	Varianta A – DESKA PLNÁ .....	14
6.2.	Varianta B – TRÁMOVÁ DESKA .....	15
6.3.	Varianta C – VYLEHČENÁ DESKA.....	16
6.4.	Porovnání .....	18
7.	ZÁVĚR.....	19
8.	POUŽITÉ ZDROJE.....	19
8.1.	Normy .....	19
8.2.	Literatura.....	19
8.3.	Internetové zdroje .....	20
8.4.	Software .....	20
9.	SEZNAMY .....	20
9.1.	Seznam zkratek .....	20
9.2.	Seznam obrázků.....	22
10.	PŘÍLOHY .....	22



## 1. ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je statický návrh vybraných částí monolitické železobetonové konstrukce bytového domu. Práce řeší 3 varianty stropní desky nad 2.PP, které jsou spolu porovnávány, a prefabrikované schodišťové rameno.

Varianta A: Lokálně podepřená deska

Varianta B: Trámová deska

Varianta C: Lokálně podepřená deska vylehčená pomocí tvarovek Cobiax SL

Pro všechny varianty je vytvořen statický výpočet, kde jsou konstrukce posuzovány v mezním stavu únosnosti (MSÚ) i použitelnosti (MSP). Pro lokálně podepřenou desku s vylehčením je vytvořen výkres tvaru a výztuže.

## 2. POPIS KONSTRUKCE

Objekt je obdélníkového tvaru o půdorysných rozměrech 82,39 x 20,6 m. Má 2 podzemní podlaží, které slouží jako hromadné garáže, a 5 nadzemních podlaží, kde se nachází bytové jednotky. Základovou konstrukcí je bílá vana z vodonepropustného betonu o tl. 350 mm. Konstrukční systém v podzemních podlažích je navržený jako kombinace ŽB stěn a sloupů s osovými vzdálenostmi až 9 metrů. V nadzemních podlažích tvoří nosnou konstrukci příčný stěnový systém z ŽB stěn. Vodorovné konstrukce v každém nadzemním podlaží jsou řešeny jako monolitická křížem vyztužená deska. V řešeném druhém podzemním podlaží je deska bodově podepřena. Celý objekt je v polovině své délky rozdělen svislou dilatační spárou tloušťky 50 mm na dva osově symetrické celky.

## 3. POUŽITÉ MATERIÁLY

### 3.1. BETON

#### Sloupy

Třída betonu:	C50/60
Charakteristická pevnost v tlaku:	$f_{ck} = 50 \text{ MPa}$
Návrhová pevnost v tlaku:	$f_{cd} = 33,3 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu:	$f_{ctm} = 4,1 \text{ MPa}$
Modul pružnosti:	$E_{cm} = 37 \text{ GPa}$
Poměrné přetvoření:	$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$
... Pro bilineární pracovní diagram betonu	
Poissonovo číslo:	$\mu = 0,2$

TŘÍDY PROSTŘEDÍ: (dle ČSN EN 206+A1) XD1, XC3

**Stropní desky, průvlaky, trámy**

Třída betonu:	C35/45
Charakteristická pevnost v tlaku:	$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$
Návrhová pevnost v tlaku:	$f_{cd} = 23,3 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu:	$f_{ctm} = 3,2 \text{ MPa}$
Modul pružnosti:	$E_{cm} = 34 \text{ GPa}$
Poměrné přetvoření: ... Pro bilineární pracovní diagram betonu	$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$
Poissonovo číslo:	$\mu = 0,2$
<b>TŘÍDY PROSTŘEDÍ:</b> (dle ČSN EN 206+A1)	XD1, XC3

**Schodišťové rameno**

Třída betonu:	C30/37
Charakteristická pevnost v tlaku:	$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
Návrhová pevnost v tlaku:	$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu:	$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$
Modul pružnosti:	$E_{cm} = 33 \text{ GPa}$
Poměrné přetvoření: ... Pro bilineární pracovní diagram betonu	$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$
Poissonovo číslo:	$\mu = 0,2$
<b>TŘÍDY PROSTŘEDÍ:</b> (dle ČSN EN 206+A1)	XC1

**3.2. BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ**

Typ oceli:	B500B
Charakteristická mez kluzu:	$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$
Návrhová mez kluzu:	$f_{yd} = 434,7 \text{ MPa}$
Modul pružnosti oceli:	$E_s = 200 \text{ GPa}$
Poměrné přetvoření:	$\epsilon_{yd} = 2,17 \text{ ‰}$



## 4. ZATÍŽENÍ

Konstrukce je navržena na zatížení vlastní tíhou, ostatním stálým zatížením a užitným zatížením v souladu s ČSN EN 1991-1-1 – Zatížení stavebních konstrukcí – Obecná pravidla. Pro všechny varianty konstrukce bylo uvažováno se stejnými zatěžovacími stavy (vyjma vlastní tíhy) a stejných okrajových podmínek.

### 4.1. Stálé zatížení

Konstrukce vlastní tíhy byla automaticky generována výpočetním programem. K ostatnímu stálému zatížení se řadí podlaha, schodiště a zavěšená technologie. To bylo vypočteno z podkladů projektu a zadáváno do programu ručně.

### 4.2. Proměnné zatížení

Prostory garážových stání:

Kategorie **F** – Dopravní a parkovací plochy pro lehká vozidla - 2,5 kN/m<sup>2</sup>

Prostory schodiště:

Kategorie **A** – Plochy pro domácí a obytné místnosti – schodiště - 3,0 kN/m<sup>2</sup>

Pro výpočet desky se předpokládá přenesení vodorovných sil do stěn a ztužujících jader. Z tohoto důvodu nebude zatížení zeminou a větrem na stropní konstrukci uvažováno.

Kompletní přehled zatížení a zatěžovacích stavů je uveden ve statickém výpočtu.

### 4.3. Kombinace

Zatížení byla kombinována v mezním stavu únosnosti pro vytvoření největších možných vnitřních sil na konstrukci. Kombinace vychází z rovnic „6.10a“ a „6.10b“ z normy ČSN EN 1990.

EN-MSÚ (STR/GEO):

$$6.10a: \Sigma \gamma G_{j,k} + \gamma_{PP} + \gamma_{Q,1\psi_0,1Qk,1} + \Sigma \gamma_{Q,i\psi_0,iQk,i}$$

$$6.10b: \Sigma \xi_j \gamma G_{j,k} + \gamma_{PP} + \gamma_{Q,1Qk,1} + \Sigma \gamma_{Q,i\psi_0,iQk,i}$$

Z předchozích vztahů bude vybrána méně příznivá hodnota.

Pro posouzení použitelnosti byla zatížení kombinována na charakteristické a kvazistálé hodnoty. Ty v sobě zohledňují vnitřní síly, které působí na konstrukci dlouhodobě a byly využívány při výpočtu průhybu.

EN-MSP charakteristická:

$$6.14b: \Sigma G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \Sigma \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

EN-MSP kvazistálá:

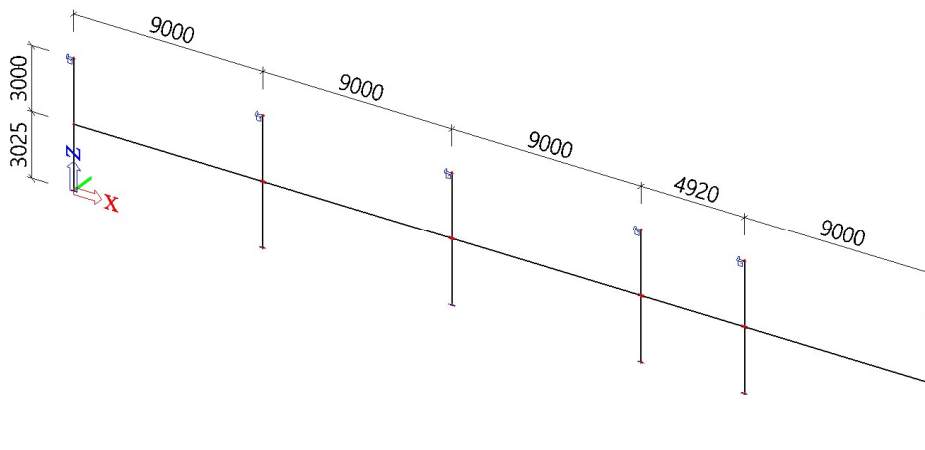
$$6.16b: \Sigma G_{k,j} + P + \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

## 5. MODEL KONSTRUKCE

Model konstrukce byl vytvořen jako patrový výsek ze stěnových, deskových a prutových prvků. Z hlediska atypických rozměrů sloupů (1000x300 mm) jsou sloupy modelovány pomocí stěn pro potlačení vzniku singularit a velkého nadpodporového momentu. Z tohoto modelu byly odečítány hodnoty vnitřních sil pro statický výpočet.

### 5.1. Ověření správnosti vnitřních sil

Pro ověření správnosti vnitřních sil byla použita metoda náhradních rámu dle ČSN 73 1201. Ve výpočetním programu byl v 1D vymodelován rám, který odpovídá dispozici konstrukce na ose 2. Na něj bylo zadáváno zatížení ekvivalentní jeho zatěžovací šířce. Výsledné hodnoty byly dle příslušných součinitelů poměrově upraveny do sloupového pruhu a výsledky byly srovnány s výsledky z výpočetního programu. Podrobný postup a výpočet viz příloha P3-Statický výpočet.



Obrázek 1 - Model náhradního rámu

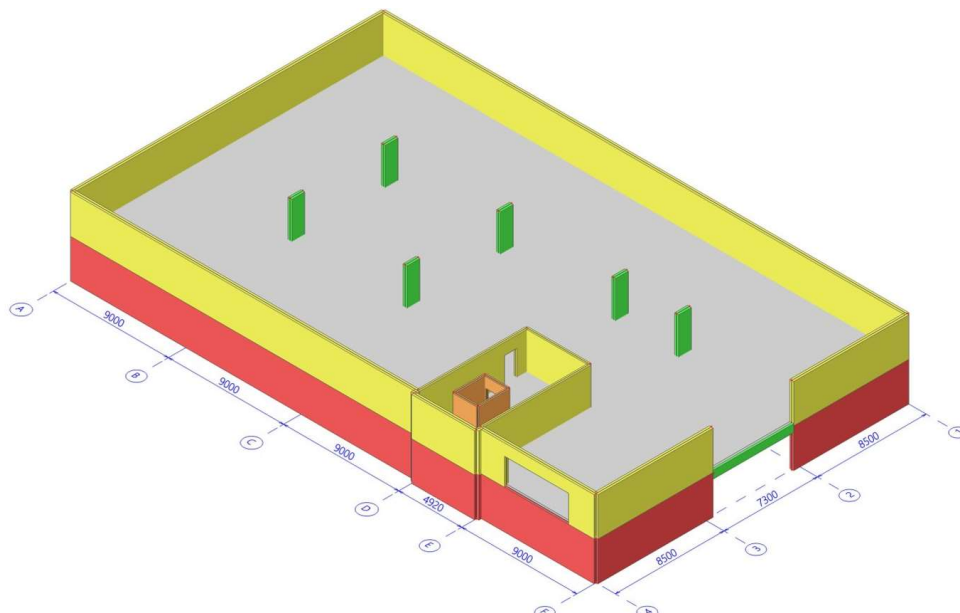
	$M_{tot}$ [kNm]	$\omega$	MNR [kNm]	MKP [kNm]	Rozdíl [%]	
Sloupový pruh	krajní podpora <b>osa A</b>	-775	0,75	-581	-374	-55
	krajní pole <b>osa A-B</b>	485	0,6	291	227	-28
	vnitřní podpora <b>osa B</b>	-885	0,75	-664	-605	-10
	vnitřní pole <b>osa B-C</b>	446	0,6	267	221	-21
	vnitřní podpora <b>osa C</b>	-925	0,75	-693	-645	-7
	vnitřní pole <b>osa C-D</b>	521	0,6	313	248	-26
	vnitřní podpora <b>osa D</b>	-660	0,75	-495	-489	-1
	vnitřní pole <b>osa D-E</b>	4	0,6	2	14	--
	vnitřní podpora <b>osa E</b>	-684	0,75	-513	-530	3
	krajní pole <b>osa E-F</b>	531	0,6	318	274	-16
krajní podpora <b>osa F</b>	-844	0,75	-633	-395	-60	

Výsledné hodnoty se výrazně liší pouze v krajních podporách, což je zapříčiněno rovnoměrnějším rozdělením momentů na okraji desky z důvodu velké tuhosti podpěrné stěny. Mimo tyto odchylky se hodnoty shodují a je možné použít síly z výpočetního programu.



## 6. VARIANTY DESKY

### 6.1. Varianta A – DESKA PLNÁ



Obrázek 2 - 3D model konstrukce - deska plná

V první variantě byla řešena lokálně podepřená deska s plným průřezem. Navržená tloušťka stropní konstrukce je 300 mm.

Plocha desky:	997,6 m <sup>2</sup>
Objem desky (+trámy):	299,9 m <sup>3</sup>
Hmotnost desky (+trámy):	749,75 tun (uvažují 2500 kg/m <sup>3</sup> )
Největší vyvozená reakce:	1224 kN – v patě sloupu

#### Dimenzování:

##### Dolní výztuž:

###### Směr X

- základní rastr:  $\phi 12/200$  mm
- příložky:  $\phi 12/200$  mm

###### Směr Y

- základní rastr:  $\phi 12/200$  mm
- příložky:  $\phi 12/200$  mm

##### Řetězové zřícení:

- 4 $\phi 22$  mm do každého směru

##### Horní výztuž:

###### Směr X

- základní rastr:  $\phi 12/200$  mm
- příložky 1:  $\phi 16/200$  mm
- příložky 2:  $\phi 16/100$  mm

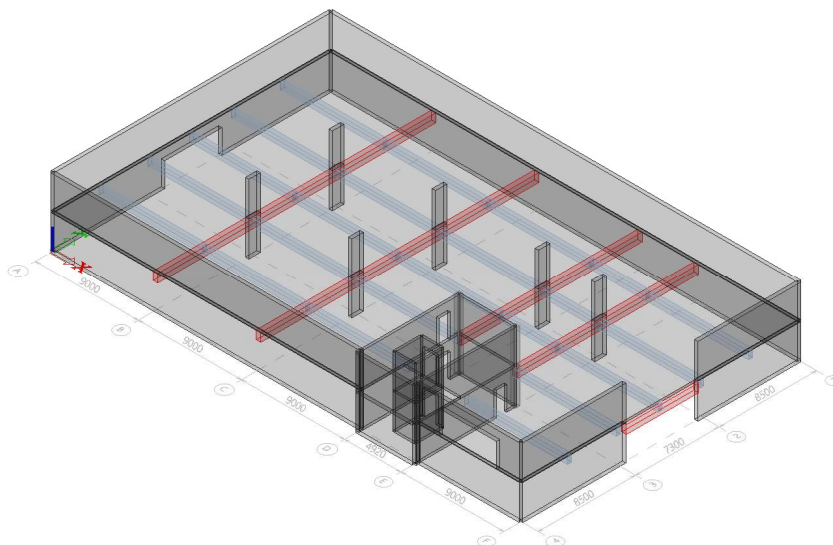
###### Směr Y

- základní rastr:  $\phi 12/200$  mm
- příložky 1:  $\phi 16/200$  mm
- příložky 2:  $\phi 16/100$  mm

Hmotnost výztuže:	32,067 tun
Krátkodobý průhyb:	6,6 mm
Dlouhodobý průhyb:	29,1 mm



## 6.2. Varianta B – TRÁMOVÁ DESKA



Obrázek 3 - Model konstrukce - deska trámová

Druhá varianta stropní konstrukce je navržena jako trámová deska o tloušťce 200 mm. Hlavní nosný systém tvoří příčné průvlaky (800x400 mm) na hlavních osách objektu společně s podélnými trámy (650x350 mm), které zkracují rozpětí desky.

Plocha desky:	997,6 m <sup>2</sup>
Objem desky (+trámy):	219,6 m <sup>3</sup>
Hmotnost desky (+trámy):	549 tun (uvažují 2500 kg/m <sup>3</sup> )
Největší vyvozená reakce:	1303 kN – v patě sloupu

### Dimenzování:

#### Dolní výztuž:

##### Směr X

- základní rastr:  $\phi 10/250$  mm
- příložky:  $\phi 10/500$  mm

##### Směr Y

- základní rastr:  $\phi 10/250$  mm
- příložky:  $\phi 10/500$  mm

#### Průvlak:

- krajní podpora: 3 $\phi 25$  mm
- krajní pole: 5 $\phi 25$  mm
- vnitřní podpora: 5 $\phi 25$  mm
- vnitřní pole: 5 $\phi 25$  mm

#### Horní výztuž:

##### Směr X

- základní rastr:  $\phi 10/250$  mm
- příložky 1:  $\phi 14/250$  mm
- příložky 2:  $\phi 10/250$  mm

##### Směr Y

- základní rastr:  $\phi 10/250$  mm
- příložky 1:  $\phi 14/250$  mm
- příložky 2:  $\phi 10/1250$  mm

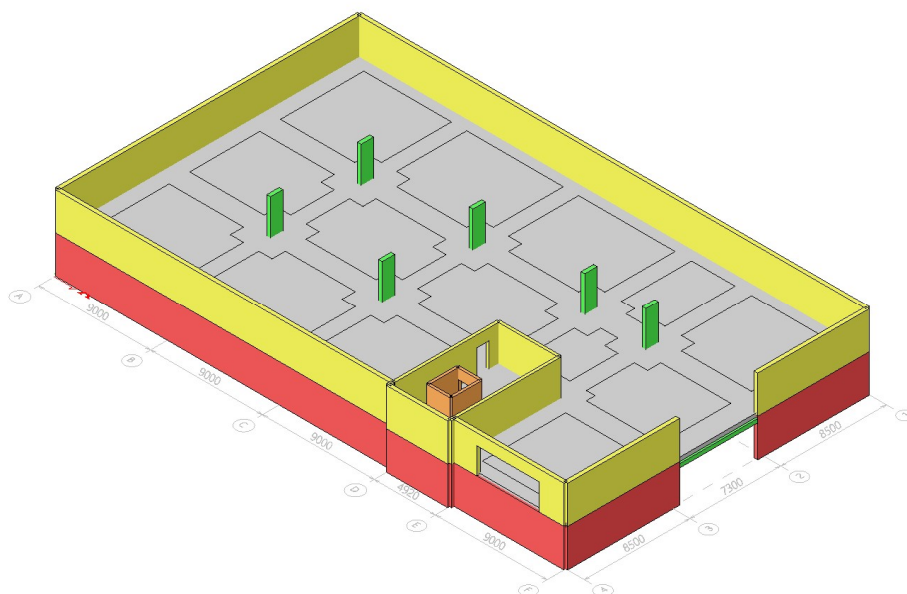
#### Trám:

- krajní podpora: 2 $\phi 25$  mm
- krajní pole: 4 $\phi 25$  mm
- vnitřní podpora: 4 $\phi 25$  mm
- vnitřní pole: 4 $\phi 25$  mm

Krátkodobý průhyb:	2,6 mm
Dlouhodobý průhyb:	13,7 mm



### 6.3. Varianta C – VYLEHČENÁ DESKA



Obrázek 4 - Model konstrukce - deska vylehčená

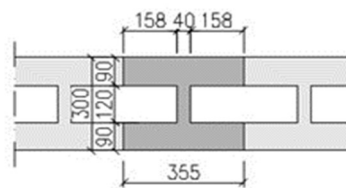
Poslední varianta vychází z varianty A, kde byl převzat její výpočetní model a byly do něj navrženy podoblasti desky s vlastností tvarové ortotropie. To znamená, že musíme zohlednit vliv měnícího se průřezu pomocí upravené matice tuhosti  $D$ . Ta charakterizuje chování a fyzikální vlastnosti desky, jako je ohybová či smyková tuhost. Vypočtené tuhosti, viz příloha P3-statický výpočet, byly zadávány ručně do výpočetního programu. Tyto oblasti budou vylehčené tvarovkami Cobiax SL M-120-140, které vytvoří komůrkový průřez v desce. Bylo nutné optimálně navrhnout oblasti, do kterých se může tato technologie umístit, protože vylehčená deska není schopná přenést takovou posouvající sílu jako deska plná. Díky softwaru výrobce a předběžnému návrhu dolní výztuže (uvažován rastr  $\phi 12/200$  mm) jsou vylehčené oblasti schopné přenést posouvající sílu 54 kN/m. Proto byly oblasti nejdříve navrženy za oblast, kde už není nutná kontrola protlačení, a poté případně upraveny dle výsledků posouvajících sil z výpočetního programu. Přesná poloha vylehčených oblastí viz příloha P2-výkresová část. Realizace této konstrukce probíhá ve dvou fázích. Nejdříve se umístí do bednění dolní výztuž, vylehčovací tvarovky, distanční výztuž, horní výztuž a popřípadě smyková výztuž. Následně se deska vybetonuje pouze 2-4 cm (dle podkladů výrobce) nad spodní hranu vylehčovacích tvarovek. Pokud při snaze propíchnutí ztuhlého betonu není nijak znatelné hloubkové porušení betonu, vybetonuje se zbytek desky.



Obrázek 7 - Nedostatečně zatvrdlý beton



Obrázek 6 - Dostatečně zatvrdlý beton



Obrázek 5 - Zjednodušený řez vylehčenou deskou





Plocha desky:	997,6 m <sup>2</sup>
Plocha plné desky:	436,3 m <sup>2</sup>
Plocha vylehčené desky:	561,3 m <sup>2</sup>
Objem plné desky:	130,9 m <sup>3</sup>
Objem vylehčené desky:	132,5 m <sup>3</sup> (ekvivalentní tloušťka konstrukce = 26,3 cm)
Hmotnost desky:	658 tun (uvažují 2500 kg/m <sup>3</sup> )
Největší vyvozená reakce:	1130 kN – v patě sloupu

#### Dimenzování:

##### Dolní výztuž:

###### Směr X

- základní rastr:  $\phi 12/200$  mm
- příložky:  $\phi 12/200$  mm

###### Směr Y

- základní rastr:  $\phi 12/200$  mm
- příložky:  $\phi 12/200$  mm

##### Řetězové zřícení:

- 4 $\phi 22$  mm do každého směru

##### Horní výztuž:

###### Směr X

- základní rastr:  $\phi 12/200$  mm
- příložky 1:  $\phi 16/200$  mm
- příložky 2:  $\phi 16/100$  mm

###### Směr Y

- základní rastr:  $\phi 12/200$  mm
- příložky 1:  $\phi 16/200$  mm
- příložky 2:  $\phi 16/100$  mm

Hmotnost výztuže:	30,1 tun
Krátkodobý průhyb:	7,5 mm
Dlouhodobý průhyb:	22,6 mm



## 6.4. Porovnání

Charakteristika	PLNÁ	TRÁMOVÁ [%]	VYLEHČENÁ [%]		
Spotřeba betonu [m <sup>3</sup> ]:	299,9	219,6	-27	263,4	-12
Hmotnost desky [t]:	750	549	-27	658	-12
Krátkodobý průhyb [mm]:	6,6	2,6	-61	7,5	14
Dlouhodobý průhyb [mm]:	29,1	13,7	-53	22,6	-22
Maximální reakce v patě sloupu [kN]:	1224	1303	6	1130	-8
Hmotnost výztuže [t]:	32,1	-	-	30,1	-6
Konstrukční výška:	stejná	vyšší	-	stejná	-

Z výše uvedeného porovnání vyplývá několik výhod i nevýhod všech typů stropních konstrukcí. Momentální srovnání může být provedeno pouze z konstrukční a statické stránky. Cenové porovnání by bylo na místě při řešení celé konstrukce.

Z hlediska spotřeby betonu a tíhy stropní konstrukce je nejvýhodnější varianta s trémovým stropem, jelikož je oproti plné desce lehčí o 200 tun. Tato skutečnost bude kompenzována nutností zvětšit konstrukční výšku budovy z důvodu splnění požadovaných průjezdných a světlých výšek v hromadných garážích. To vede naopak k nárůstu hmotnosti svislých konstrukcí.

Jako druhou možností je deska vylehčená, kde došlo k poklesu hmotnosti o 92 tun. Toto šetření na váze je vyváženo cenou vylehčovacích tvarovek a jejich montáží, avšak při ponechání původní geometrie objektu. Vylehčení desky touto technologií se vyplácí u velkorozponových a vysokých konstrukcí, kde díky odlehčení (v našem případě 92 tun na 1 podlaží) dochází ke zjednodušení návrhu základových konstrukcí, které nemusí přenášet tak velké zatížení.

Z hlediska průhybu je opět nejvýhodnější deska trémová, která díky své vysoké tuhosti nejvíce tak výrazné deformace. To je opět podmíněno masivními podpůrnými prvky (průvlaky a trámy), které mohou být problematické pro vedení zavěšených technologických zařízení na stropní konstrukci.

Dalším parametrem ke srovnání konstrukcí byla maximální vyvolaná reakce v patě sloupu. Ta souvisí s velikostí napětí v základové spáře a velikostí základů obecně. V tomto případě by byla nejvýhodnější varianta vylehčené desky, která při úbytku hmotnosti přímo snižuje vyvolanou reakci v patě sloupu. Naproti tomu deska trémová i přes velké snížení hmotnosti vyvolá největší reakci ze všech variant z důvodu velké koncentrace napětí v místech uložení trámů na podpory.

Poslední porovnání bude z hlediska tun výztuže. Pro toto porovnání byly zvoleny pouze lokálně podepřené desky. Můžeme vidět pouze malé ušetření výztuže na straně desky vylehčené. Výztuž byla ušetřena při dolním povrchu, kde se dovyztužovali pouze oblasti s plným průřezem oproti desce nevylehčené. Pro celou konstrukci by to opět mělo přínos v menší ceně za betonářskou výztuž a další odlehčení konstrukce.



## 7. ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývala návrhem stropní desky bytového domu nad hromadnými garážemi. Statická analýza konstrukce byla provedena v MKP programu a ověřena pomocí zjednodušené výpočetní metody. Počítané varianty stropních konstrukcí byly lokálně podepřená deska, trámová deska a lokálně podepřená deska s vylehčovacími tvarovkami. Navržené konstrukce vyhovují na mezní stav únosnosti. Maximální průhyby konstrukcí a šířky trhlin nejsou překročeny. Porovnání variant nám ukázalo výhody i nevýhody řešených konstrukcí a lehce nastínilo, že pro řešený objekt, ze statického hlediska, by bylo vhodné a výhodné použít desku s vylehčovacími tvarovkami pro její nižší hmotnost, menší průhyb a omezení velikosti reakcí v podporách stropní desky.

## 8. POUŽITÉ ZDROJE

### 8.1. Normy

[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 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005

[4] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.

[5] ČSN EN 206+A2. *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2021.

[6] ČSN 73 1201. *Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

[7] ČSN EN 13670. *Provádění betonových konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

### 8.2. Literatura

[8] PROCHÁZKA, Jaroslav, ŠMEJKAL, Jiří, VÍTEK, Jan L. a Jitka VAŠKOVÁ. *Navrhování betonových konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2*. Informační centrum ČKAIT, s.r.o., Praha, 2010. ISBN 978-80-87438-03-9



### 8.3. Internetové zdroje

[9] BÍLÝ, Petr. *Návrh stropní desky v programu SCIA Engineer* [online]. Praha, 2020. Dostupné z: [http://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad/vyuka/133YBKC/YBKC\\_Deska.pdf](http://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad/vyuka/133YBKC/YBKC_Deska.pdf)

[10] ŠMEJKAL, Jiří a Jaroslav PROCHÁZKA. *Poruchové oblasti železobetonových konstrukcí*. Dokument ČKAIT [online]. 2015, [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-1-13-1/#10>

[11] Cobiax Deutschland GmbH. *Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Cobiax SL 08*. Online. Cobiax. 2023. Dostupné z: <https://www.cobiax.com/intl/en/downloads/>. [cit. 2024-05-23].

### 8.4. Software

- Autocad 2023
- Scia Engineer 22.0 64bit
- Cadkon+ RC 2024
- Microsoft Office Word 2020
- Microsoft Office Excel 2020
- JORDAHL® EXPERT Výztuž proti protlačení

## 9. SEZNAMY

### 9.1. Seznam zkratk

ZS	... zatěžovací stav
BZK	... ústav betonových a zděných konstrukcí
MSP	... Mezní stav použitelnosti
MSÚ	... Mezní stav únosnosti
$b_{eff}$	... spolupůsobící šířka desky
$g_k$	... charakteristická hodnota stálého zatížení
$q_k$	... charakteristická hodnota proměnného zatížení
$s_k$	... charakteristická hodnota zatížení sněhem
$\gamma_G$	... součinitel pro návrhovou hodnotu stálého zatížení
$\gamma_Q$	... součinitel pro návrhovou hodnotu proměnného zatížení
$\Psi_{0,1,2}$	... kombinační součinitel
$f_k$	... charakteristická hodnota zatížení
$f_d$	... návrhová hodnota zatížení
$E_c$	... modul pružnosti betonu
$E_s$	... modul pružnosti ocele
G	... smykový modul pružnosti betonu
A	... plocha, zatěžovací plocha



$A_c$	... plocha betonu
$A_s$	... plocha výztuže
$A_{s,min}$	... minimální plocha výztuže
$A_{s,max}$	... maximální plocha výztuže
$A_{sw}$	... plocha smykové výztuže
$A_{s,req}$	... potřebná plocha výztuže
$I$	... moment setrvačnosti
$I_t$	... moment setrvačnosti v kroucení
$M$	... ohybový moment
$M_{Ed}$	... návrhový moment
$M_{Rd}$	... moment na mezi únosnosti
$M_{cr}$	... moment na mezi vzniku trhlin
$V$	... posouvající síla
$V_{rds}$	... návrhová smyková únosnost třmíneků
$R$	... podporová reakce, odolnost konstrukce
$f_{ck}$	... charakteristická pevnost betonu v tlaku
$f_{cd}$	... návrhová pevnost betonu v tlaku
$\gamma_c$	... součinitel materiálu pro beton
$f_{ctm}$	... střední hodnota pevnosti v tahu za ohybu
$\epsilon_{cu3}$	... mezní přetvoření betonu
$f_{yk}$	... charakteristická pevnost výztuže v tahu
$f_{yd}$	... návrhová pevnost výztuže v tahu
$\phi$	... průměr výztuže
$\gamma_s$	... součinitel materiálu pro ocel
$\epsilon_{yd}$	... mezní přetvoření oceli
$d_{g,max}$	... maximální zrno kameniva
$c_{min,b}$	... minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti
$c_{min,dur}$	... minimální krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí
$\Delta c_{dev}$	... návrhová odchylka krytí
$c_{nom}$	... jmenovitá hodnota krycí vrstvy
$c$	... krytí výztuže
$s_{min}$	... minimální světlá vzdálenost výztuže
$s_{max}$	... maximální osová vzdálenost výztuže
$d$	... účinná výška
$b$	... šířka průřezu
$h$	... výška průřezu



$z$	... rameno vnitřních sil
$x$	... poloha neutrální osy
$l_{bd}$	... návrhová kotevní délka
$l_{b,min}$	... minimální kotevní délka
$l_{b,rq}$	... základní kotevní délka výztuže
$l_{0d}$	... návrhová stykovací délka
$l_{0,min}$	... minimální stykovací délka
$w_k$	... charakteristická šířka trhliny
$\epsilon_{sm}$	... střední hodnota poměrného přetvoření výztuže
$\epsilon_{cm}$	... střední hodnota přetvoření betonu mezi trhlinami
$k_t$	... součinitel vyjadřující vliv doby trvání zatížení
$s_{r,max}$	... maximální vzdálenost trhlin
$\sigma_s$	... napětí ve výztuži
$w_{lim}$	... limitní hodnota průhybu
$\xi$	... Redukční součinitel
$\Sigma$	... Suma

## 9.2. Seznam obrázků

Obrázek 1 - Model náhradního rámu .....	13
Obrázek 2 - 3D model konstrukce - deska plná.....	14
Obrázek 3 - Model konstrukce - deska trámová .....	15
Obrázek 4 - Model konstrukce - deska vylehčená.....	16
Obrázek 5 - Zjednodušený řez vylehčenou deskou .....	16
Obrázek 6 - Dostatečně zatvrdlý beton.....	16
Obrázek 7 - Nedostatečně zatvrdlý beton.....	16

## 10. PŘÍLOHY

- **P1.** Použité podklady
- **P2.** Výkresová dokumentace
  - o A.1-Strop nad 2.PP\_TVAR
  - o B.1-Strop nad 2.PP\_TVAR
  - o C.1-Strop nad 2.PP\_TVAR
  - o C.2-Strop nad 2.PP\_DOLNÍ VÝZTUŽ
  - o C.3-Strop nad 2.PP\_VÝZTUŽ PROTI ŘETĚZOVÉMU ZŘÍCENÍ
  - o C.4-Strop nad 2.PP\_HORNÍ VÝZTUŽ
  - o TVAR A VÝZTUŽ RAMENE SR01.1
- **P3.** Statický výpočet