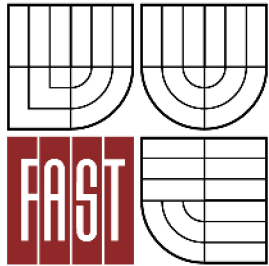


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

# ŽELEZOBETONOVÁ SKELETOVÁ KONSTRUKCE ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY

REINFORCED CONCRETE FRAME OF OFFICE BUILDING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MARTINA OSYKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. IVANA LANÍKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2014



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608R001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav betonových a zděných konstrukcí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Martina Osyková
<b>Název</b>	Železobetonová skeletová konstrukce administrativní budovy
<b>Vedoucí bakalářské práce</b>	Ing. Ivana Laníková, Ph.D.
<b>Datum zadání bakalářské práce</b>	30. 11. 2013
<b>Datum odevzdání bakalářské práce</b>	30. 5. 2014
V Brně dne 30. 11. 2013	

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

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **Podklady a literatura**

Stavební podklady: půdorysy a řezy konstrukcí.

Základní normy:

- ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.
- ČSN EN 1991-1 až 4: Zatížení stavebních konstrukcí.
- ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí-Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

Literatura doporučená vedoucím bakalářské práce.

## **Zásady pro vypracování**

U zadaného vícepodlažního skeletu proveďte analýzu vnitřních sil nosných železobetonových prvků (svislých a vodorovných) pomocí dostupného software. Na vybraných prvcích (stropní konstrukce, sloup, popř. další dle zadání vedoucího bakalářské práce) stanovte vnitřní síly a ověřte je ručním výpočtem některou ze zjednodušených metod.

Dimenzování vybraných prvků a posouzení jejich spolehlivosti vypracujte podle zásad mezních stavů únosnosti.

Posuďte průhyb desky (podle mezních stavů použitelnosti).

K počítaným prvkům vypracujte výkresy tvaru a výztuže.

Požadované výstupy:

Textová část

Přílohy textové části:

P1) Použité podklady, studie

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x). Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě dle směrnic a na CD (1x).

## **Předepsané přílohy**

.....  
Ing. Ivana Laníková, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## **Abstrakt**

Bakalářská práce „Železobetonová skeletová konstrukce administrativní budovy“ se zabývá řešením vybraných prvků skeletu. Řešenými prvky jsou deska trémového stropu, trám, průvlak a sloup vybraného rámu. Pro řešené prvky byl proveden statický výpočet, návrh výztuže a následně výkresy výztuže daných prvků. Řešení vnitřních sil bylo provedeno pomocí programu Scia Engineer, vytvořením 3D modelu celého objektu. Správnost výsledků byla ověřena pomocí 2D modelu řešeného rámu v tomtéž programu. Dále bylo provedeno ověření výsledků vnitřních sil ručním výpočtem pomocí metody rámových výseků. Uvedené prvky byly dimenzovány na mezní stav únosnosti. Pro průvlak bylo navíc provedeno posouzení na mezní stav použitelnosti.

## **Klíčová slova**

skeletová konstrukce, trémový strop, trám, průvlak, sloup, návrh výztuže, výkres výztuže, metoda rámových výseků, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti

## **Abstract**

The bachelor thesis „Reinforced concrete frame of office building“ deals with designing of selected elements of RC frame structure. Discussed elements are consist of beamed ceiling slab, beam, girder and frame column. Within above mentioned elements was carried out static analysis, design of reinforcement and reinforcement drawings. Analysis of internal forces was carried out with usage of the program Scia Engineer. 3D model of the whole object was created. The output accuracy was verified with help of 2D frame model, which was solved in the same program. Review of the results of the internal forces were carried out with help of manual calculation using the method of frame segments. Those elements were designed with consideration of ultimate limit state. Serviceability limit state assessment was carried out within the girder.

## **Keywords**

frame construction, beamed ceiling, beam, girder, column, steel reinforcement, reinforcement drawing, method of frame segments, ultimate limit state, serviceability limit state

### **Bibliografická citace VŠKP**

Martina Osyková *Železobetonová skeletová konstrukce administrativní budovy*. Brno, 2014. 25 s., 105 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Ivana Laníková, Ph.D.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26.5.2014

.....  
podpis autora  
Martina Osyková

## Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Ing. Ivaně Laníkové, Ph.D. za ochotu, cenné rady, trpělivost a čas, který mi věnovala v průběhu celé tvorby bakalářské práce.

## OBSAH TEXTOVÉ ČÁSTI

1. ÚVOD.....	9
2. POPIS OBJEKTU.....	10
3. KONSTRUKCE OBJEKTU .....	11
3.1. NOSNÁ KONSTRUKCE.....	11
3.2. POUŽITÉ MATERIÁLY.....	11
4. MODEL KONSTRUKCE .....	13
4.1. 3D MODEL KONSTRUKCE .....	13
4.1.1. TVORBA MODELU.....	13
4.1.2. ZATÍŽENÍ .....	14
4.2. 2D MODEL RÁMU D.....	16
4.2.1. TVORBA MODELU.....	16
4.2.2. ZATÍŽENÍ .....	16
4.3. KOMBINACE ZATÍŽENÍ .....	18
5. NÁVRH VÝZTUŽE A POSOUZENÍ PRVKŮ .....	19
5.1. DESKA D1.....	19
5.2. TRÁM T1.....	19
5.3. PRŮVLAK P1 .....	20
5.4. SLOUP S1.....	21
6. ZÁVĚR.....	22
7. SEZNAM OBRÁZKŮ .....	23
8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	23
9. SEZNAM POUŽITÝCH SOFTWARE.....	24
10. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	24
11. SEZNAM PŘÍLOH.....	25



# 1. ÚVOD

Hlavním úkolem bakalářské práce je provedení analýzy vnitřních sil nosných železobetonových prvků na vícepodlažním skeletu administrativní budovy. Dalším úkolem je dimenzování vybraných prvků a posouzení jejich spolehlivosti na mezní stav použitelnosti. V zadání bakalářské práce je také uvedeno posouzení průhybu desky, jež bylo nahrazeno posouzením průhybu průvlaku.

Analýza vnitřních sil byla provedena vytvořením 3D modelu daného objektu. Díky tomuto modelu bylo možné analyzovat vnitřní síly v obou hlavních směrech. Funkčnost 3D modelu byla ověřena vytvořením zjednodušeného 2D modelu vyšetřovaného rámu. Následné ověření 2D modelu rámu bylo provedeno ručně pomocí Metody rámových výseků, toto ověření bylo provedeno pro jeden zatěžovací stav. Vnitřní síly zjištěné pomocí 3D modelu se od 2D modelu liší do 15 %. Do 15 % se liší i vnitřní síly určené ruční metodou od 2D a 3D modelu.

Pro dimenzování byl zvolen vnitřní rám v ose "d". Na tomto rámu byla dimenzována spodní příčel a vnitřní sloup. Dalším prvkem pro dimenzování byla zvolena deska trémového stropu spolu s vnitřním trémem. Tyto prvky byly ověřeny na mezní stav únosnosti. Příčel byla navíc ověřena na mezní stav použitelnosti.

Pro všechny dimenzované prvky byly provedeny výkresy výztuže a výkresy tvaru.

## 2. POPIS OBJEKTU

Jedná se o administrativní budovu o třech nadzemních podlažích. Půdorys objektu je obdélníkového tvaru, přičemž 1.NP má rozměry 20,24 m x 24,74 m. Obvodový plášť 1. NP je vytvořen cihelnými tvárnicemi POROTHERM 24 P+D. Nad 1. NP objekt po obou delších stranách ustupuje na šířku 16,14 m. Opláštění 2. NP a 3. NP je vytvořeno lehkým obvodovým pláštěm. Objekt je zastřešen plochou jednoplášťovou střechou.

Hlavní vstup do objektu je z jižní strany prvního nadzemního podlaží. Další vstupy do objektu jsou umístěny na obou delších stranách, tyto vstupy ústí do spojovací chodby. Boční vstupy budou do budoucna sloužit k propojení objektu s budoucí výrobní zástavbou. Za vstupem do objektu je umístěna recepce, vedle recepce je umístěno dvouramenné levotočivé schodiště. V zrcadlovém prostoru schodiště je výtah. Vedle schodišťového prostoru se nachází hygienické zázemí. Z recepce je umožněn vstup do zasedacích místností a do propojovací chodby, z ní se vstupuje do kanceláří umístěných v severní části objektu. Celé 2. NP je využíváno pro kancelářské plochy. Vyjma západní strany, kde je umístěn schodišťový prostor spolu s hygienickým zázemím a zasedacími místnostmi. Stejně jako druhé nadzemní podlaží je řešeno i podlaží třetí.

Objekt je uvažován ve městě Olomouc.

## 3. KONSTRUKCE OBJEKTU

### 3.1. NOSNÁ KONSTRUKCE

Nosnou konstrukci tvoří 5 příčných ráků. Osová vzdálenost vnitřních ráků je 5,4 m, krajní ráky jsou od vnitřních ráků vzdáleny 6,4 m. Rám se skládá ze sloupů o rozměrech 0,4 m x 0,4 m a průvlaků o rozměrech 0,3 m x 0,55 m. V každém ráku jsou 4 sloupy, jejich osová vzdálenost je 5 m. Zastropení jednotlivých podlaží je provedeno trémovým stropem, tloušťka stropní desky je 0,08 m, rozměry trámu 0,2 m x 0,45 m. Krajní trámy 1. NP jsou šířky 0,35 m, na těchto trémeh je uloženo zastřešení nad ustupující částí 1. NP, které je provedeno prostě uloženou deskou tloušťky 0,09 m. Ramena schodiště jsou provedena jako 1x zalomené desky podepřené schodišťovým nosníkem na hlavní podestě a trémem uloženým mezi sloupy v úrovni mezipodesty. Mezipodesta je jednostranně vetknuta do trámu uloženého mezi sloupy. Deska schodišťových ramen má tloušťku 0,14 m. Rozměry patek nebyly v rámci bakalářské práce dimenzovány.

Konstrukce není ztužena ve vodorovném směru, účinky vodorovného zatížení budou přenášet sloupy, to lze využít vzhledem k nízkému počtu podlaží v objektu.

### 3.2. POUŽITÉ MATERIÁLY

Životnost konstrukce je 50 let, stupeň vlivu prostředí je XC1, konstrukční třída S4.

#### **BETON C 20/25**

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

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

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 * \frac{20}{1,5} = 13,33 \text{ MPa}$$

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

$$\varepsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

**OCEL B500B**

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

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

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

## 4. MODEL KONSTRUKCE

### 4.1. 3D MODEL KONSTRUKCE

#### 4.1.1. TVORBA MODELU

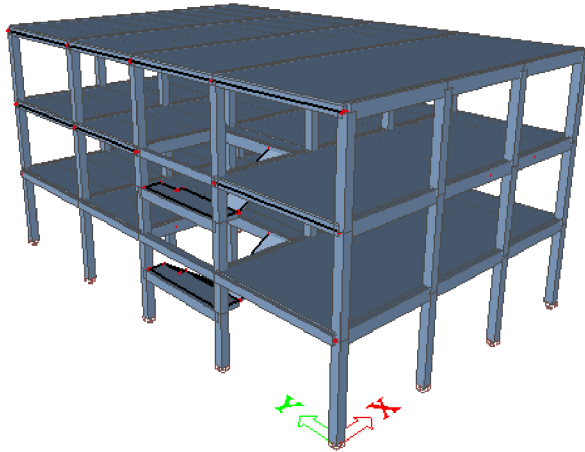
3D model konstrukce byl vytvořen v programu Scia Engineer jako obecná konstrukce XYZ. Sloupy byly namodelovány jako vetknuté (do patek), příčle jsou tuze spojeny se sloupy. Na příčlích byl vymodelován trámový strop jako deska izotropní s prutem. Trámy byly namodelovány jako žebra desky. Deska D2, která tvoří zastropení nad částí 1. NP je v modelu nahrazena spojitým zatížením na prutu s excentricitou. Tato deska byla uvažována jako prostě ložená, z důvodu nestejného sedání nízké části objektu. V konstrukci byly taktéž namodelovány 1x zalomená schodišťová ramena spolu s podestami a schodišťovými nosníky.

Při prvním porovnání vnitřních sil 2D a 3D modelu si hodnoty neodpovídaly. To bylo zapříčiněno tím, že tuhá deska přenášela zatížení na všechny rámy v konstrukci rovnoměrně.

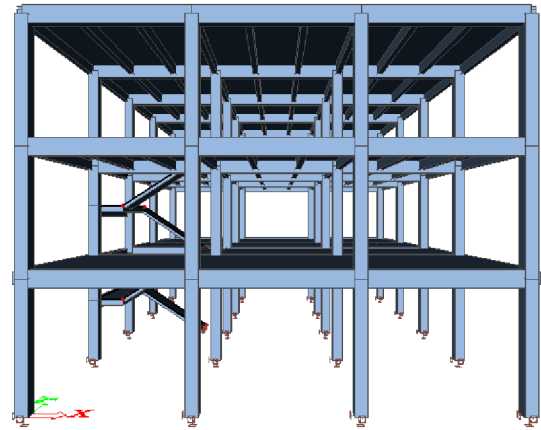
Po snížení tuhosti desky se momenty liší do 15%. Podle 3D modelu krajní rám přenáší větší část zatížení (větší vnitřní síly) než v modelu 2D. To je způsobeno tužším spojením trámu s krajním průvlakem ve 3D modelu než ve 2D modelu. Ve 2D modelu bylo při výpočtu reakcí uvažováno prosté uložení trámu na krajní rám. Analogicky vnitřní síly ve vnitřním rámu ve 3D modelu vycházely menší než ve 2D modelu.

Posouvající síly se liší do 5%, pouze u zatěžovacích stavů s větrem se liší o 10%. Díky poměrně tuhé stropní konstrukci se vodorovné zatížení od větru rozdělilo na jednotlivé rámy v poměru jejich tuhostí a ne podle uvažovaných zatěžovacích šířek ve 2D modelu. Tedy krajní rám ve 3D modelu přenáší více zatížení než ve 2D modelu a vnitřní rámy naopak méně (konkrétní porovnání vnitřních sil je uvedeno v příloze P2) Statický výpočet na straně 32).

V rámci bakalářské práce byl model používán pouze pro určení vnitřních sil rámu v ose 'd' a stropní desky 1. NP. Model je však možno využít pro vyšetřování vnitřních sil na celém objektu, což při využití 2D modelu není možné. Při vyšetřování vnitřních sil ostatních prvků konstrukce by musela být upravena zatěžovací schémata pro proměnná zatížení, tak aby v kombinaci vyvozovala extrémní vnitřní síly pro všechny prvky. V prostorovém modelu byly zatěžovací stavy nastaveny tak, aby byly dosaženy extrémy pouze pro zmíněné řešené prvky.



Obr. 1 – 3D model konstrukce I

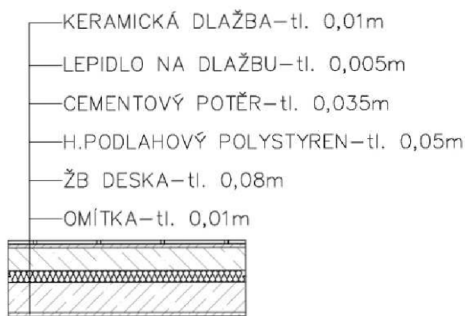


Obr. 2 – 3D model konstrukce II

#### 4.1.2. ZATÍŽENÍ

Zatížení bylo vytvořeno pomocí 10 zatěžovacích stavů určených pro zjišťování vnitřních sil na rámu v ose "d".

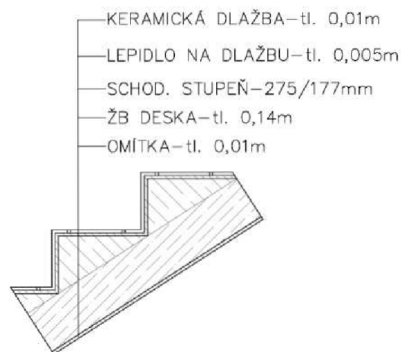
- 1. ZATĚŽOVACÍ STAV - vlastní tíha nosné konstrukce  
Stálé zatížení od sloupů, průvlaků, trámů, stropních desek a schodišťových desek.
- 2. ZATĚŽOVACÍ STAV - ostatní stálé zatížení  
V tomto zatěžovacím stavu je obsaženo:
  - Zatížení od podlahy ve 2.NP a 3.NP (skladba SK/1)
  - Zatížení od zastřešení 1.NP (skladba SK/2 + vlastní tíha desky)
  - Zatížení od střešního pláště 3.NP (skladba SK/2)
  - Zatížení od podlahy na schodišti (skladba SK/3)
  - Zatížení od lehkého obvodového pláště
  - Zatížení zdivem na příčli u schodiště



Obr. 3 – skladba SK/1



Obr. 4 – skladba SK/2



Obr. 5 – skladba SK/3

Ve skladbě je uvažováno omítnutí trémového stropu, při použití jednoplášťového sádkokartonového podhledu by zatížení odpovídalo zatížení od omítky.

- 3. ZATĚŽOVACÍ STAV - šach 1 proměnného zatížení
- 4. ZATĚŽOVACÍ STAV - šach 2 proměnného zatížení
- 5. ZATĚŽOVACÍ STAV - plné proměnné zatížení

Kategorie budov B: kancelářské plochy	- 2,5 kN/m <sup>2</sup>
Zatížení od příček	- 0,8 kN/m <sup>2</sup>
	$\Sigma q_k = 3,3 \text{ kN/m}^2$

- 6. ZATĚŽOVACÍ STAV - zatížení sněhem  
II. sněhová oblast  $s_k = 1,0 \text{ kPa}$
- 7. ZATĚŽOVACÍ STAV - zatížení větrem z levé strany
- 8. ZATĚŽOVACÍ STAV - zatížení větrem z pravé strany
- 9. ZATĚŽOVACÍ STAV - zatížení větrem ze zadní strany
- 10. ZATĚŽOVACÍ STAV - zatížení větrem z přední strany  
Větrová oblast III  $v_{b,0} = 27,5 \text{ m/s}$

Při vyšetřování vnitřních sil pro vnitřní trám stropu nad 1. NP a stropní desky nad 1. NP bylo u užitého zatížení vytvořeno více zatěžovacích schémat pro proměnné zatížení.

## 4.2. 2D MODEL RÁMU D

### 4.2.1. TVORBA MODELU

2D model konstrukce byl vytvořen v programu Scia Engineer jako rám XZ. Sloupy byly namodelovány jako vetknuté (do patek), příčle jsou tuze spojeny se sloupy.

### 4.2.2. ZATÍŽENÍ

Zatížení bylo vytvořeno pomocí 8 zatěžovacích stavů určených pro zjišťování vnitřních sil na rámu v ose ``d``.

- 1. ZATĚŽOVACÍ STAV – vlastní tíha rámu

Stálé zatížení od sloupů a průvlaků.

- 2. ZATĚŽOVACÍ STAV - ostatní stálé zatížení

Zatížení od tohoto zatěžovacího stavu bylo vytvořeno pomocí bodových sil na prutu. Nejprve se vytvořilo spojitě zatížení na prutu (přes zatěžovací šířku trámu) a následně byly pomocí programu Scia Engineer vyšetřeny reakce na spojitěm nosníku (trámu) od daného zatížení. Reakce odpovídající vyšetřovanému rámu byla následně bodovou silou na průvlaku. Excentrické uložení krajních trámů bylo nahrazeno použitím momentu.

V tomto zatěžovacím stavu je obsaženo:

- Zatížení od stropu nad 1.NP a 2.NP (skladba SK/1)
- Zatížení od zastřešení 1.NP a 3.NP (skladba SK/2)
- Zatížení od střešního pláště 3.NP (skladba SK/2)
- Zatížení od lehkého obvodového pláště



- 3. ZATĚŽOVACÍ STAV - šach 1 proměnného zatížení
- 4. ZATĚŽOVACÍ STAV - šach 2 proměnného zatížení
- 5. ZATĚŽOVACÍ STAV - plné proměnné zatížení

Zatížení od proměnného zatížení bylo vytvořeno stejně jako u 2. ZS pomocí bodových sil na prutu.

Kategorie budov B: kancelářské plochy	- 2,5 kN/m <sup>2</sup>
Zatížení od příček	- <u>0,8 kN/m<sup>2</sup></u>
	$\Sigma q_k = 3,3 \text{ kN/m}^2$

- 6. ZATĚŽOVACÍ STAV - zatížení sněhem  
II. sněhová oblast  $s_k = 1,0 \text{ kPa}$
- 7. ZATĚŽOVACÍ STAV - zatížení větrem z levé strany
- 8. ZATĚŽOVACÍ STAV - zatížení větrem z pravé strany  
Větrová oblast III  $v_{b,0} = 27,5 \text{ m/s}$

### 4.3. KOMBINACE ZATÍŽENÍ

Kombinace pro mezní stav únosnosti byla provedena dle rovnic 6.10a a 6.10b, dle EN [1].

Rovnice 6.10a

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

Rovnice 6.10b

$$\sum_{j \geq 1} \xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kombinace pro mezní stav použitelnosti byla provedena dle rovnic 6.14b a 6.16b, dle EN [1].

Charakteristická kombinace rovnice 6.14b

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

Kvazistálá kombinace rovnice 6.16b

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

Kategorie B: kancelářské plochy

$$\psi_0 = 0,7$$

$$\psi_2 = 0,3$$

Zatížení sněhem

$$\psi_0 = 0,5$$

Zatížení větrem

$$\psi_0 = 0,6$$

$$\xi = 0,85$$

## 5. NÁVRH VÝZTUŽE A POSOUZENÍ PRVKŮ

### 5.1. DESKA D1

Deska D1 je umístěna v severní části 1. NP. Tloušťka desky je 0,08 m, deska o rozměrech 15,4 m x 12,2 m má 9 polí. Osová vzdálenost podporujících trámů je 1,7 m. Při vyšetřování vnitřních sil desky bylo do zatěžovacích stavů přidáno několik dalších zatěžovacích schémat užitého zatížení pro zajištění maximální kombinace vnitřních sil.

Výztuž desky D1 byla navržena na ohybový moment v poli a podpoře. Byla navržena výztuž  $\phi 6/160$  mm jako nosná v celé desce. Jako rozdělovací výztuž byla navržena  $\phi 6/240$  mm. Krycí vrstva výztuže je 25 mm.

Dalším posouzením desky bylo posouzení na podélný smyk nad trámem a průvlakem. Při tomto posudku došlo k zvýšení množství výztuže nad trámy na  $\phi 6/130$  mm. Zároveň byla doplněna výztuž nad průvlakem na  $\phi 6/110$  v prvním poli průvlaku a  $\phi 6/150$  v prostředním poli průvlaku.

Při posuzování desky na porušení posouvající silou bylo ověřeno, že smyk přenese beton, a proto není nutné navrhovat smykovou výztuž.

### 5.2. TRÁMY T1

Jedná se o pět vnitřních trámů nad 1. NP. Trámy mají 4 pole, rozměry trámů jsou 0,2 m x 0,45 m. Trámy jsou uloženy na průvlacích, světlá rozpětí trámů ve vnitřních polích jsou 5,1 m a v polích krajních 6,15 m.

Při vyšetřování vnitřních sil trámu bylo přidáno několik dalších zatěžovacích schémat užitého zatížení pro zajištění maximální kombinace vnitřních sil.

Výztuž trámu T1 navržena na ohybový moment v prvním poli je  $4\phi 10$ , krycí vrstva této výztuže je 31 mm, kotevní délka 440 mm. Výztuž navržena na ohybový moment v druhém poli je  $2\phi 10$ , krycí vrstva této výztuže je 31 mm, kotevní délka 330 mm. Výztuž trámu navržena na ohybový moment v první podpoře je  $3\phi 10$ , krycí vrstva této výztuže je 55 mm (umístění výztuže pod výztuží desky), kotevní délka 550 mm. Výztuž navržena na ohybový moment v druhé podpoře je  $5\phi 10$ , krycí vrstva této výztuže je 55 mm (umístění výztuže pod výztuží desky), kotevní délka 690 mm. Při návrhu výztuže na ohybový moment v poli bylo využito spolupůsobící šířky průřezu. Mezi pruty umístěnými v horní části průřezu musí být

vytvořena mezera o velikosti 60 mm, tato mezera je nutná kvůli možnosti zhutnění prvku. Délky prutů byly zkráceny podle obrazce vykrytí materiálu.

Proti porušení průřezu posouvající silou byly navrženy dvou střížné třmínky  $\phi 6$  po 270 a 230 mm. Rozmístění třmínků je viditelné ve výkrese výztuže trámu. Krycí vrstva třmínků je 25 mm.

### 5.3. PRŮVLAK P1

Průvlak P1 je průvlakem nad 1. NP v rámu osy "d". Rám v ose "d" je vnitřním rámem skeletové konstrukce o třech nadzemních podlažích. Rozměry průvlaku jsou 0,3 m x 0,55 m. Světla rozpětí průvlaku jsou 4,6 m, průvlak má tři pole a je uložen na sloupech. V průvlaku jsou uloženy trámy vynášející zatížení desek. Průvlak byl ověřen na I. i II. mezní stav.

Výztuž průvlaku P1 navržená na ohybový moment v prvním poli je  $5\phi 12$ , krycí vrstva této výztuže je 31 mm, kotevní délka 510 mm. Výztuž průvlaku navržená na ohybový moment v prostředním poli je  $4\phi 12$ , krycí vrstva této výztuže je 31 mm, kotevní délka 450 mm. Výztuž navržená na ohybový moment v krajní podpoře je  $5\phi 14$ , krycí vrstva této výztuže je 65 mm (umístění výztuže pod výztuží trámu), kotevní délka 930 mm. Výztuž navržená na ohybový moment v druhé podpoře je  $5\phi 14$ , krycí vrstva této výztuže je 65 mm (umístění výztuže pod výztuží trámu), kotevní délka 930 mm. Mezi pruty umístěnými v horní části průřezu musí být vytvořena mezera o velikosti 60 mm, tato mezera je nutná kvůli možnosti zhutnění prvku. Délky prutů byly zkráceny podle obrazce vykrytí materiálu.

Proti porušení průřezu posouvající silou byly navrženy dvou střížné třmínky  $\phi 6$  po 150, 160, 170 a 260 mm. Rozmístění třmínků je viditelné ve výkrese výztuže průvlaku. Do průvlaku byly navíc navrženy přídatné třmínky v místě uložení trámu v průvlaku. Navrženo bylo 6 třmínků  $2\phi 6$ . Krycí vrstva třmínků je 25 mm.

Pro průvlak byl ověřen i mezní stav použitelnosti pro střední pole. Pro ověření krátkodobého i dlouhodobého průhybu byla použita kvazistálá kombinace. K průhybu dlouhodobému byl přičten průhyb od vlivu smršťování. Pro určení průhybů byly pro jednotlivé zatěžovací stavy použity vzorce ze statických tabulek. Střední část příčle byla uvažovaná jako nosník prostě podepřený, na kterém byly tuhé vazby ve styčnicích nahrazeny odpovídajícími vnitřními silami (momenty) od jednotlivých zatěžovacích stavů. Vyšetřované průhyby splňují požadavky dle EC 2.

## 5.4. SLOUPY S1

Jedná se o dva vnitřní sloupy rámu v ose ``d``. Průřez sloupů je 0,4 m x 0,4 m, světlá výška sloupů je 3,8 m. Sloupy jsou uvažovány jako vetknutý do základových patek.

Do kombinace vyšetřovaných momentů byl uvažován vliv geometrických imperfekcí. Vliv 2. řádu nebyl použit, protože se v žádné kombinaci nejednalo o štíhlý prvek. Sloup byl ověřován v obou hlavních směrech pomocí interakčního diagramu. Interakční diagram sloupu byl vytvořen pro průřez sloupu se čtyřmi profily výztuže  $\phi 10$  v rozích sloupu. Po následném ověření konstrukčních zásad byly profily zvětšeny na  $\phi 12$ .

Jelikož sloup byl namáhán ohybovým momentem působícím kolmo na vyšetřovaný rám (zajišťuje i ztužení v podélném směru) musí se tato skutečnost zohlednit i v posouzení jeho únosnosti. Proto u některých kombinací zatěžovacích stavů byla ověřena podmínka spolehlivosti únosnosti průřezu při dvouosém namáhání ohybem a normálovou silou.

U hlavní nosné výztuže sloupu byla navržena kotevní délka rovna 640 mm. Třmínky byly ve sloupu navrženy podle konstrukčních zásad, jejich osová vzdálenost je 175 mm. V místě stykování budou třmínky zhuštěny na osovou vzdálenost 110 mm. Krycí vrstva třmínků je 25 mm.

## 6. ZÁVĚR

Bakalářská práce řeší návrh vybraných prvků nosné konstrukce administrativní budovy. Jedná se o desku zastropení nad 1.NP, vnitřní trámy podporující tuto desku, průvlak vnitřního rámu a vnitřní sloupy tohoto rámu. Řešené prvky konstrukce byly navrženy dle platných norem a zásad. U všech řešených prvků bylo provedeno jejich posouzení na mezní stav použitelnosti, u průvlaku navíc posouzení na mezní stav použitelnosti. Pro řešené prvky byly vytvořeny výkresy výztuže a výkresy tvaru. Prvky byly dimenzovány na vnitřní síly získané z 3D modelu dané konstrukce. V 3D modelu se vyskytují všechny nosné prvky objektu, proto by bylo možno jej použít pro návrh kteréhokoli dalšího prvku konstrukce.

V průběhu tvorby bakalářské práce jsem si uvědomila pracnost při výstavbě mou navrženého trámového stropu. Proto bych ráda v rámci diplomové práce zpracovala podobný objekt z prefabrikovaných železobetonových dílců.

## 7. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – 3D model konstrukce I.....	15
Obr. 2 – 3D model konstrukce II.....	15
Obr. 3 – skladba SK/1.....	16
Obr. 4 – skladba SK/2.....	16
Obr. 5 – skladba SK/3.....	16

## 8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČSN EN 1990 (73 0002) Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-1 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- [4] ČSN EN 1991-1-1 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- [5] ČSN EN 1992-1-1 (73 1201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [6] ČSN 013481 (013481) Výkresy stavebních konstrukcí. Výkresy betonových konstrukcí
- [7] ČSN EN ISO 3766 (013481) Výkresy stavebních konstrukcí - Kreslení výztuže do betonu
- [8] ZICH, Miloš a kol.: Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů, Praha: Verlag Dashöfer, 2010
- [9] PROCHÁZKA, Jaroslav, KOHOUTKOVÁ, Alena a VAŠKOVÁ, Jitka: Příklady navrhování betonových konstrukcí 1. Praha: ČVUT, 2007
- [10] ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana. Pomůcky. [online]. [cit. 2014-05-11] Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i>

## 9. SEZNAM POUŽITÝCH SOFTWARE

- [11] Microsoft Office Word 2007; Microsoft Corporation
- [12] Microsoft Office Word 2007; Microsoft Corporation
- [13] Scia Engineer 2012.0; Nemetschek Scia, s.r.o.
- [14] AutoCAD 2010, Autodesk, Inc.

## 10. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

$f_{ck}$	Charakteristická pevnost betonu v tlaku
$f_{cd}$	Návrhová pevnost betonu v tlaku
$f_{ctm}$	Střední hodnota pevnosti betonu v tahu
$E_{cm}$	Modul pružnosti betonu
$\varepsilon_{cu3}$	Mezní přetvoření betonu
$f_{yk}$	Charakteristická pevnost oceli
$f_{yd}$	Návrhová pevnost oceli
$E_s$	Modul pružnosti oceli
$\alpha_{cc}$	Součinitel zohledňující dlouhodobé účinky zatížení
$\gamma_c$	Dílčí součinitel betonu
$\gamma_s$	Dílčí součinitel oceli
$\gamma_G$	Dílčí součinitel stálého zatížení G
$\gamma_Q$	Dílčí součinitel proměnného zatížení Q
$\gamma_P$	Dílčí součinitel od předpětí P
$G_k$	Charakteristická hodnota stálého zatížení
$Q_k$	Charakteristická hodnota proměnného zatížení
P	Předpínací síla
$q_k$	Charakteristická hodnota proměnného zatížení
$s_k$	Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi
$v_{b,o}$	Základní rychlost větru
$\Psi_0$	Součinitel definující reprezentativní hodnotu proměnného zatížení pro kombinační hodnoty



$\Psi_2$	Součinitel definující reprezentativní hodnotu proměnného zatížení pro kvazistálé hodnoty
$\phi$	Průměr výztuže
tl.	Tlošťka
NP	Nadzemní podlaží

## **11. SEZNAM PŘÍLOH**

- P1) POUŽITÉ PODKLADY
- P2) STATICKÝ VÝPOČET
- P3) VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE