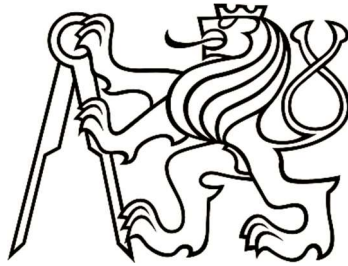


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**



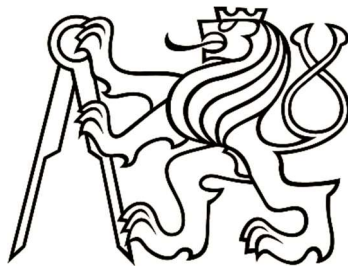
**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Projekt rezidenčního objektu  
se zaměřením na stavební fyziku**

**2019**

**Bc. Jiří Klofák**

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Textová část**

**2019**

**Bc. Jiří Klofák**





**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta stavební**

**Katedra konstrukcí pozemních staveb**

**Projekt rezidenčního objektu se zaměřením na stavební fyziku**

**Project of residential building with focus on building physics**

Diplomová práce

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

Vedoucí práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

**Bc. Jiří Klofák**

---

**Praha (Děčín) 2018**





## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Klofák Jméno: Jiří Osobní číslo: 424471  
Zadávací katedra: K 124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb  
Studijní program: N3649 - Budovy a prostředí  
Studijní obor: 3608 T006 - Budovy a prostředí

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Projekt rezidenčního objektu se zaměřením na stavební fyziku  
Název diplomové práce anglicky: Project of residential building with the focus on building physics

Pokyny pro vypracování:

Dle dispozičního řešení konstrukční a materiálový návrh stavby. Předběžný statický návrh nosných konstrukcí a schodiště. Zakreslení vybraných částí projektové dokumentace. Konstrukční řešení vybraných stavebních detailů a jejich zakreslení v odpovídající podrobnosti. Tepelně technické posouzení obalových konstrukcí z hlediska jednorozměrného šíření tepla a vybraných detailů z hlediska dvourozměrného šíření tepla. Hodnocení energetické náročnosti objektu v závislosti na velikosti osvětlovacích otvorů. Posouzení stěnových a stropních konstrukcí (mezi byty, mezi bytem a obchodem) z hlediska jejich zvukové izolace. Soupis opatření vedoucí k zajištění ochrany před hlukem, který se může šířit ze schodiště. Posouzení proslunění bytů a denního osvětlení v obytných místnostech a v místnostech s trvalým pobytem osob. V nevyhovujících případech návrh vhodných opatření a jejich posouzení.

Seznam doporučené literatury:

ČSN 73 0532 Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky, ÚNMZ Praha, únor 2010.  
ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, ÚNMZ Praha, říjen 2011, Změna Z1 z dubna 2012.  
ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky, ČNI Praha, červen 2007.  
ČSN 73 0580-2 Denní osvětlení budov – Část 2: Denní osvětlení obytných budov, ČNI Praha, červen 2007.  
ČSN 73 4130 Schodiště a šikmé rampy – Základní požadavky, ÚNMZ Praha, březen 2010.  
ČSN 73 4301 Obytné budovy, ČNI Praha, červen 2004.  
ČSN 73 6058 Jednotlivé, řadové a hromadné garáže, ÚNMZ Praha, září 2011.

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 1. 10. 2018 Termín odevzdání diplomové práce: 6. 1. 2019  
*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 diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.*

1. 10. 2018  
Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta(ky)

# SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Jiří Klofák

Název diplomové práce: Projekt rezidenčního objektu se zaměřením na stavební fyziku

Základní část: Konstrukce pozemních staveb podíl: 90 %

Formulace úkolů: Dle dispozičního řešení konstrukční a materiálový návrh stavby.

Zakreslení vybraných částí projektové dokumentace. Konstrukční řešení vybraných stavebních detailů a jejich zakreslení. Tepelně technické posouzení konstrukcí z hlediska jednorozměrného a dvourozměrného šíření tepla. Hodnocení energetické náročnosti.

Posouzení zvukové izolace dělicích konstrukcí. Posouzení proslunění a denního osvětlení.

Podpis vedoucího DP: 

Datum: 1.10.2018

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: Betonové a zděné konstrukce podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra): FRANTOVÁ MICHAELA

Formulace úkolů: PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH NOSNÉHO SYSTÉMU BUDOVY  
KONSTRUKČNÍ SCHEMATA JEDNOTLIVÝCH PODLAŽÍ -  
ČÁST TECHNICKÉ ZPRÁVY - KENĚ-STAT. ŘEŠENÍ

Podpis konzultanta: 

Datum: 22.10.2018

3. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

4. Část: \_\_\_\_\_ podíl: \_\_\_\_\_ %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Poznámka: Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci (vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 7. 1. 2019

.....

podpis

## **Poděkování**

Velmi děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Bc. Jaroslavu Vychytilovi, Ph.D. za vstřícnost, cenné rady a připomínky při zpracování diplomové práce. Dále děkuji Ing. Michaele Frantové, Ph.D za konzultace k vybrané části. Upřímné poděkování patří také mé rodině a přátelům za podporu při studiu.

## **Anotace**

Cílem této diplomové práce je provést předběžný návrh konstrukcí bytového domu z hlediska statiky a stavební fyziky tak, aby byly splněny požadavky pro pasivní domy, a dále zhotovení vybraných částí projektové dokumentace pro stavební povolení. Textová část práce se zaměřuje na konstrukční a materiálový návrh stavby, návrh a posouzení obalových konstrukcí z hlediska šíření vodní páry a tepla, předběžný statický posudek nosných konstrukcí a posouzení konstrukcí oddělujících jednotlivé byty a provozy z hlediska neprůzvučnosti. Dále se diplomová práce zabývá kvantitou denního osvětlení a proslunění a roční energetickou bilancí v závislosti na velikosti osvětlovacích otvorů.

Výkresová část obsahuje vybrané části projektové dokumentace pro stavební povolení, tedy souhrnnou technickou zprávu, situaci, půdorysy všech podlaží, řezy budovou, pohledy a vybrané konstrukční detaily, které jsou posouzeny z hlediska vedení tepla a zahrnuty do výpočtu roční energetické bilance.

## **Klíčová slova**

Bytový dům, předběžný statický posudek, součinitel prostupu tepla, konstrukční detaily, lineární činitel prostupu tepla, roční energetická bilance, šíření vodní páry, vzduchová a kročejová neprůzvučnost, denní osvětlení, projektová dokumentace

## **Annotation**

Purpose of this diploma thesis is to make preliminary structure design of an apartment building in terms of statics and building physics to accomplish passive house requirements, and to make chosen parts of building permit technical documentation. Text part focuses on construction and material design of the building, design and assessment of building envelope constructions in terms of water vapor migration and heat transfer, preliminary static report of supporting structure and soundproofing assessment of structures separating individual apartments and operations. The thesis also focuses on daylight and sunlight quantity and annual energy balance with dependence on windows size.

The documentation part contains chosen parts of building permit technical documentation such as summary technical report, site plan, floor plans, sections, elevations and chosen technical details, that are considered in terms of heat transfer and included in annual energy balance calculation.

## **Keywords**

Apartment building, preliminary static report, heat transfer coefficient, structure details, linear heat transfer factor, annual energy balance, water vapor migration, airborne and impact sound insulation, daylight, technical documentation

## Obsah

Úvod.....	12
1. Charakteristika budovy .....	13
2. Skladby obalových konstrukcí .....	14
2.1 Podlahové konstrukce.....	14
2.1.1 Podlaha na terénu (garáže).....	14
2.1.2 Podlaha na terénu (vstupní prostory) .....	15
2.1.3 Strop s podlahou nad garáží .....	16
2.1.4 Strop s podlahou nad exteriérem.....	17
2.1.5 Podlaha lodžie nad vytápěným prostorem .....	18
2.2 Obvodové svislé konstrukce.....	19
2.2.1 Suterénní stěna .....	19
2.2.2 Obvodová stěna ze železobetonu .....	20
2.2.3 Výplňová stěna se zateplením.....	21
2.3 Střešní konstrukce .....	22
2.3.1 Zelená střecha.....	22
2.3.2 Pochozí střecha (terasa).....	23
2.3.3 Nepochozí střecha .....	24
2.4 Výplně otvorů.....	25
2.4.1 Okna .....	25
2.4.2 Dveře .....	25
2.4.3 Vrata.....	25
3. Konstrukčně statické řešení.....	26
3.1 Návrh konstrukčního systému .....	26
3.2 Zatížení .....	27
3.2.1 Stálé zatížení .....	27

3.2.2	Užitné zatížení.....	29
3.2.3	Zatížení sněhem .....	29
3.3	Předběžný návrh monolitických prvků.....	30
3.3.1	Stropní deska.....	30
3.3.2	Průvlak s rozpětím 6,25 m .....	31
3.3.3	Sloup v 1. PP .....	32
3.4	Schodiště .....	33
3.4.1	Geometrie ramen.....	33
3.4.2	Konstrukce schodiště .....	34
4.	Zajištění ochrany před hlukem.....	35
4.1	Požadavky na stavební konstrukce.....	35
4.2	Stěny.....	35
4.2.1	Železobetonová stěna .....	35
4.2.2	SILKA S20-2000 250 mm .....	36
4.2.3	YTONG P2-500 250 mm.....	36
4.3	Stropní konstrukce.....	37
4.3.1	Strop mezi jednotlivými byty.....	37
4.3.2	Strop mezi bytem a komerční jednotkou .....	38
4.4	Akustické řešení schodiště .....	38
5.	Roční energetická bilance .....	39
5.1	Parametry výpočtu.....	39
5.1.1	Systémová hranice řešené zóny .....	39
5.1.2	Okrajové podmínky výpočtu.....	40
5.1.3	Tepelné vazby .....	40
5.2	Varianta I.....	48
5.2.1	Popis.....	48



5.2.2	Výsledky výpočtu .....	49
5.3	Varianta II.....	51
5.3.1	Popis.....	51
5.3.2	Výsledky výpočtu .....	52
5.4	Varianta III .....	53
5.4.1	Popis.....	53
5.4.2	Výsledky výpočtu .....	54
5.5	Varianta IV .....	56
5.5.1	Popis.....	56
5.5.2	Výsledky výpočtu .....	57
5.6	Shrnutí .....	58
5.6.1	Tepelné ztráty.....	58
5.6.2	Potřeba tepla.....	59
6.	Denní osvětlení a proslunění bytů.....	61
6.1	Proslunění bytů.....	61
6.1.1	Přehled výsledků .....	61
6.2	Denní osvětlení.....	64
6.2.1	Parametry výpočtu .....	65
6.2.2	Přehled výsledků .....	66
6.3	Návrh opatření .....	69
	Závěr .....	72
	Seznam zdrojů.....	73

## Úvod

Cílem této závěrečné diplomové práce je zhotovení vybraných částí projektové dokumentace v podrobnosti dokumentace pro stavební povolení rezidenčního domu „Rezidence Alba“ na Chodově v Praze.

Pro vypracování této dokumentace je potřeba provést předběžný návrh nosné konstrukce – rozmístění a dimenze charakteristických prvků jako jsou stropní desky, stěny a sloupy. Dále je nutné navrhnout a posoudit obalové a výplňové konstrukce z hlediska jednorozměrného vedení tepla a vodní páry tak, aby roční potřeba tepla splňovala hodnotu pro pasivní domy, posoudit zvukovou izolaci dělicích konstrukcí, jako jsou mezibytové stěny a stropy a základní posouzení proslunění a denního osvětlení obytných místností.

Hlavní činností je výpočet roční bilance energetické potřeby tepla na vytápění, popř. chlazení objektu v závislosti na velikosti osvětlovacích otvorů. Výběr výsledné varianty je proveden na základě porovnání jednotlivých výsledků roční potřeby tepla. Do těchto výpočtů jsou zahrnuty opakující se tepelné vazby, a to v podobě lineárních činitelů prostupu tepla, které byly zjištěny dvourozměrným posouzením vedení tepla daným konstrukčním detailem.

Podkladem pro vypracování této diplomové práce jsou půdorysy všech podlaží s vyznačenými dispozicemi jednotlivých bytů a vizualizace z webových stránek developerského projektu firmy RS Development s.r.o [39].

## 1. Charakteristika budovy

Jedná se o čtyřpodlažní převážně bytový dům s jedním podzemním podlažím s celkem 31 byty převážně s dispozicí 2+kk a 6 komerčními jednotkami.

Budova má tvar kvádrů s předsazenou rezidenční částí, ke kterému náleží dva půdorysně menší a nižší bloky. Celistvost fasády je z uliční strany objektu porušena plně zapouštěnými lodžiami a terasami, které mají působit, jako by byly náhodně rozmístěné.

Do suterénu, kde se nachází 30 parkovacích stání a 18 sklepních kójí, je přístup zajištěn přímou rampou na západní straně objektu.

Do nadzemních podlaží vede přímé dvouramenné schodiště a výtah. V prvním nadzemním podlaží se nachází hlavní vstup do objektu, jeden byt o velikosti 2+kk, technické zázemí objektu pro rezidenční část a 6 komerčních jednotek. Rezidenční část (2. až 4. NP) je na jižní straně budovy (ulice Květnového vítězství) předsazena oproti 1. NP o 1 m. Je zde rozmístěno celkem 30 bytů, z toho jsou 4 o velikosti 3+kk, 25 s dispozicí 2+kk a jeden nadstandartní byt 4+kk se zelenou terasou. Všechny byty s orientací do ulice Květnového vítězství mají vlastní zapuštěnou lodžii nebo terasu.

Mezibytové stěny jsou od sebe osově vzdáleny přibližně 6,25 m. Půdorysné rozměry objektu tak činí přibližně 54 x 24 m. Konstrukční výška typického podlaží a suterénu je 3,25 m, v prvním nadzemním pak 4 m z důvodu potřeby vyššího instalačního prostoru pod stropem. Střecha je řešená jako plochá nepochozí.

## 2. Skladby obalových konstrukcí

Součinitel prostupu tepla a šíření vodní páry konstrukcí byly vypočteny v programu TEPLO 2017 [45]. Protokoly jednotlivých skladeb z programu jsou k dispozici v přílohách textové části diplomové práce (č. 1–11). Součinitelé prostupu tepla byly navrženy na hodnoty pro pasivní domy dle ČSN 73 0540-2 [4]. Skutečné požadované hodnoty pro splnění potřeby tepla na vytápění se mohou lišit.

### 2.1 Podlahové konstrukce

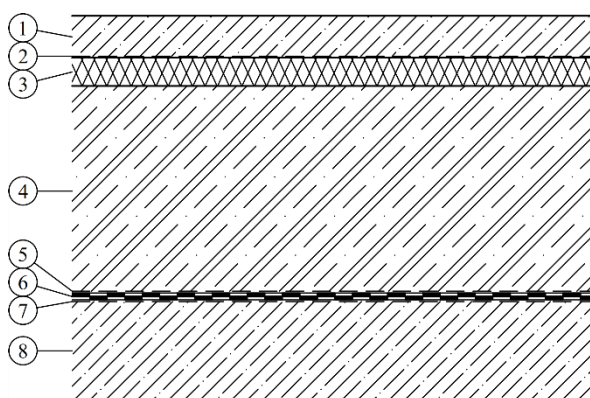
#### 2.1.1 Podlaha na terénu (garáže)

Podlaha nevytápěného prostoru na terénu –  $U_{pas,20}$  bez požadavku

##### Skladba:

1	Betonová litá podlaha	60 mm
2	Geotextilie FILTEK 500	-
3	Isover Styrodur 5000 CS	40 mm
4	Železobetonová deska	300 mm
5	Geotextilie FILTEK 500	-
6	2x PVC-P hydroizolace ALKORPLAN 35 034	2x 2 mm
7	Geotextilie FILTEK 500	-
8	Podkladní beton	150 mm

##### Schéma skladby:



Obr. 1 Skladba podlahy na terénu (garáže)

Součinitel prostupu tepla:  $U = 0,601 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

Šíření vodní páry konstrukcí: V konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry pod hydroizolačním souvrstvím.

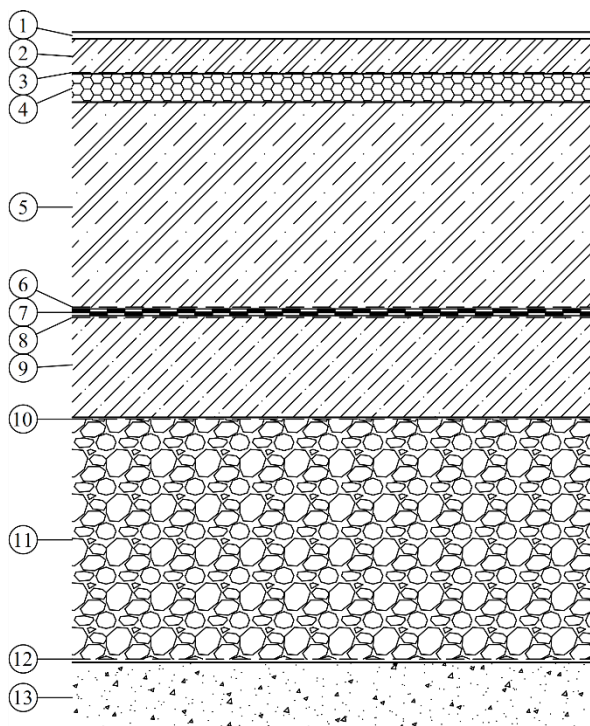
### 2.1.2 Podlaha na terénu (vstupní prostory)

Podlaha vytápěného prostoru na terénu –  $U_{\text{pas},20} = 0,20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

#### Skladba:

1	Nášlapná vrstva	10 mm
2	Litý beton s výztužnou KARI sítí	50 mm
3	PE folie	-
4	Isover EPS RigiFloor 4000	40 mm
5	Železobetonová deska	300 mm
6	Geotextilie FILTEK 500	-
7	2x PVC-P hydroizolace ALKORPLAN 35 034	2x 2 mm
8	Geotextilie FILTEK 500	-
9	Podkladní beton	150 mm
10	Geotextilie FILTEK 500	-
11	Podsyp z pěnového skla Refaglass	350 mm
12	Geotextilie FILTEK 500	-
13	Hutněný štěrkopísek fr. 0-16 mm	100 mm

#### Schéma skladby:



Obr. 2 Skladba podlahy na terénu (vstupní prostory)

Součinitel prostupu tepla:  $U = 0,18 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} < U_{\text{pas}, 20} = 0,20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

Šíření vodní páry konstrukcí: V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry.

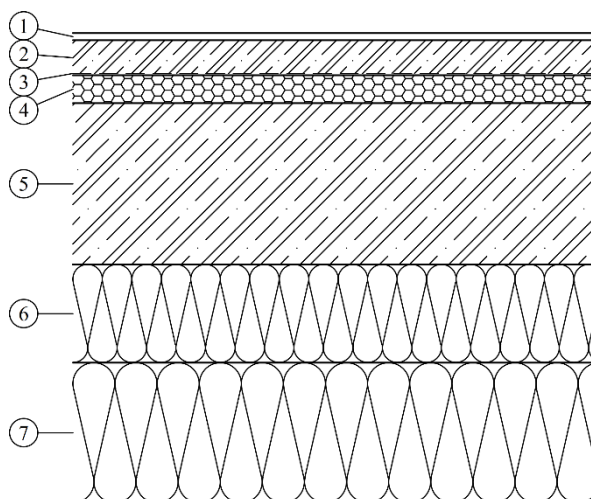
### 2.1.3 Strop s podlahou nad garáží

Podlaha vytápěného prostoru nad nevytápěným prostorem –  $U_{\text{pas},20} = 0,11 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

#### Skladba:

1	Nášlapná vrstva	10 mm
2	Litý beton s výztužnou KARI sítí	50 mm
3	PE folie	-
4	Isover EPS RigiFloor 4000	40 mm
5	Železobetonová deska	230 mm
6	Isover NF 333	140 mm
7	Isover NF 333	200 mm

#### Schéma skladby:



**Obr. 3** Skladba podlahy nad nevytápěným prostorem (garáží)

**Součinitel prostupu tepla:**  $U = 0,109 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} < U_{\text{pas}, 20} = 0,11 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

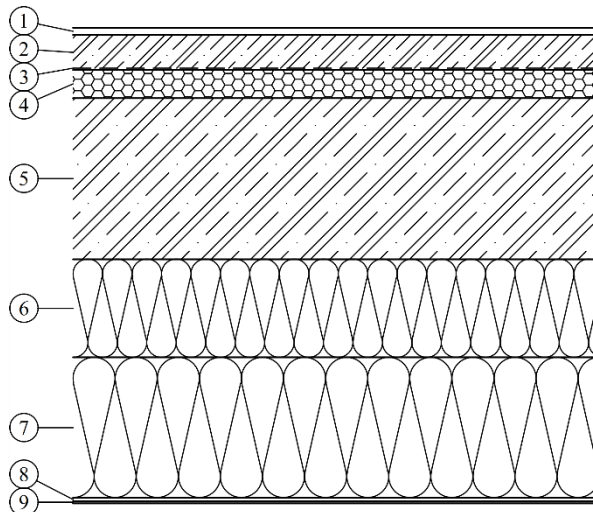
**Šíření vodní páry konstrukcí:** V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry.

### 2.1.4 Strop s podlahou nad exteriérem

Podlaha vytápěného prostoru nad exteriérem –  $U_{pas,20} = 0,11 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$

1	Skladba:	
2	Nášlapná vrstva	10 mm
3	Litý beton s výztužnou KARI sítí	50 mm
4	PE folie	-
5	Isover EPS RigiFloor 4000	40 mm
6	Železobetonová deska	230 mm
7	Isover NF 333	140 mm
8	Isover NF 333	200 mm
9	Lepidlo Weber.therm klasik s výztužnou sítí	5 mm
10	Tenkovrstvá omítka Cemix 023j	2 mm

Schéma skladby:



**Obr. 4** Skladba podlahy nad exteriérem

**Součinitel prostupu tepla:**  $U = 0,109 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1} < U_{pas,20} = 0,11 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$

**Šíření vodní páry konstrukcí:** V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry.

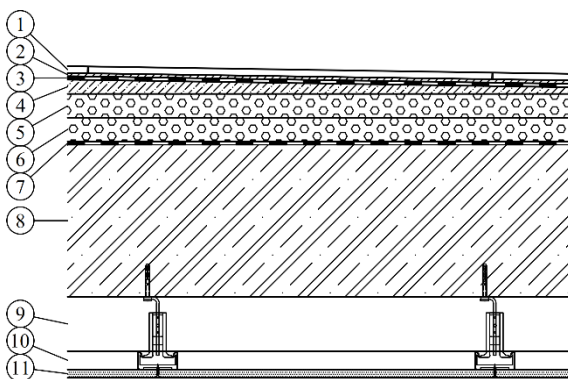
### 2.1.5 Podlaha lodžie nad vytápěným prostorem

Střecha plochá –  $U_{\text{pas},20} = 0,11 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

#### Skladba:

1	Nenamrzavá keramická dlažba	9 mm
2	Lepící stěrka	6 mm
3	Elastodek 50 Special Mineral	5 mm
4	Cementový potěr ve spádu 2 %	min 10 mm
5	Vacupor RP-B2-S	35 mm
6	Vacupor RP-B2-S	35 mm
7	Vedag Vedagard Al+V4E	4 mm
8	Železobetonová deska	230 mm
9	Vzduchová mezera	80 mm
10	Hliníkový rošt	27 mm
11	Sádkartonová deska	12,5 mm

#### Schéma skladby:



Obr. 5 Skladba podlahy lodžie nad vytápěným prostorem

**Součinitel prostupu tepla:**  $U = 0,097 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} < U_{\text{pas},20} = 0,11 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

**Šíření vodní páry konstrukcí:** V konstrukci dochází ke kondenzaci vodní páry. Množství zkondenzované páry za modelový rok je ale zanedbatelné a stejné jako množství vypařitelné páry za rok ( $0,0002 \text{ kg/m}^2$ ). Toto množství neovlivní vlastnosti materiálů.



## 2.2 Obvodové svislé konstrukce

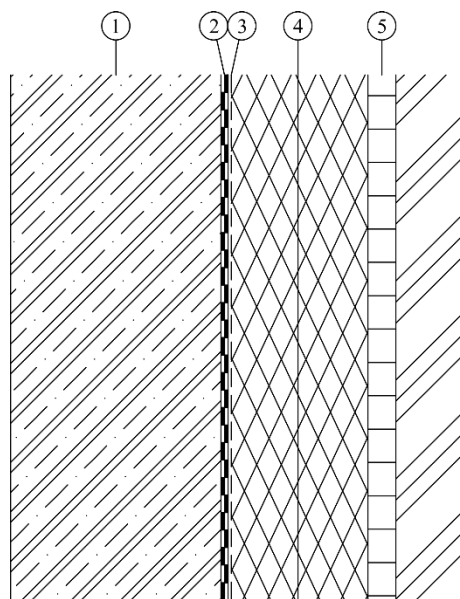
### 2.2.1 Suterénní stěna

Stěna vytápěného prostoru přilehlá k terénu –  $U_{\text{pas},20} = 0,22$  až  $0,15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

#### Skladba:

1	Železobetonová stěna	300 mm
2	2x PVC-P hydroizolace ALKORPLAN 35 034	2x 2 mm
3	Geotextilie FILTEK 500	-
4	2x Styrodur 4000 CS	2x 100 mm
5	Nopová fólie	40 mm

#### Schéma skladby:



**Obr. 6** Skladba suterénní stěny

**Součinitel prostupu tepla:**  $U = 0,166 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} < U_{\text{pas},20} = 0,22 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

**Šíření vodní páry konstrukcí:** V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry.

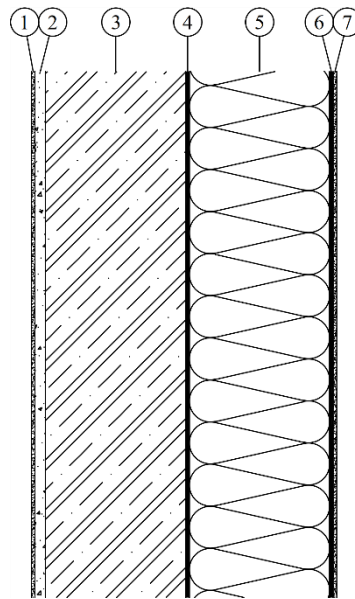
### 2.2.2 Obvodová stěna ze železobetonu

Vnější stěna vytápěného prostoru –  $U_{pas,20} = 0,18$  až  $0,12 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

#### Skladba:

1	Vápenná omítka Cemix 033	2,5 mm
2	Jádrová strojní omítka Cemix 012	15 mm
3	Železobetonová stěna	200 mm
4	Lepidlo Weber.therm klasik	5 mm
5	Isover TF Profi	200 mm
6	Lepidlo Weber.therm klasik s výztužnou sítí	5 mm
7	Tenkvrstvá omítka Cemix 023j	2 mm

#### Schéma skladby:



**Obr. 7** Skladba vnější nosné stěny

**Součinitel prostupu tepla:**  $U = 0,179 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} < U_{pas,20} = 0,18 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

**Šíření vodní páry konstrukcí:** V konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry.

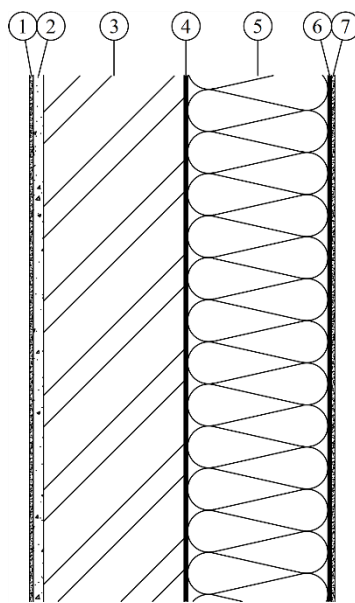
### 2.2.3 Výplňová stěna se zateplením

Vnější stěna vytápěného prostoru –  $U_{pas,20} = 0,18$  až  $0,12 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

#### Skladba:

1	Vápenná omítka Cemix 033	2,5 mm
2	Jádrová strojní omítka Cemix 012	15 mm
3	YTONG P2-500	200 mm
4	Lepidlo Weber.therm klasik	5 mm
5	Isover TF Profi	200 mm
6	Lepidlo Weber.therm klasik s výztužnou sítí	5 mm
7	Tenkovrstvá omítka Cemix 023j	2 mm

#### Schéma skladby:



**Obr. 8** Skladba vnější výplňové stěny

**Součinitel prostupu tepla:**  $U = 0,144 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} < U_{pas,20} = 0,18 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

**Šíření vodní páry konstrukcí:** V konstrukci podle ČSN 73 0540-2 [4] dochází ke kondenzaci vodní páry. Množství vypařitelné vodní páry ( $13,272 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ ) je ale vyšší než množství zkondenzované vodní páry ( $0,0784 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ ).

## 2.3 Střešní konstrukce

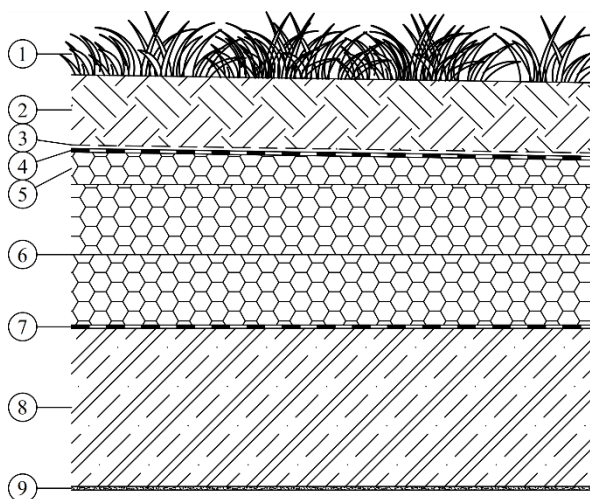
### 2.3.1 Zelená střecha

Střecha plochá –  $U_{pas,20} = 0,15$  až  $0,1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

#### Skladba:

1	Vegetace – tráva	-
2	Substrát	100 mm
3	Geotextilie FILTEK 500	-
4	Elastodek 50 Special Mineral	5 mm
5	Isover EPS 150 ve spádu 2 %	min 40 mm
6	2x Isover EPS 150	2x 100 mm
7	Vedag Vedagard Al+V4E	4 mm
8	Železobetonová deska	230 mm
9	Sádrová stěrka Cemix 106	3 mm

#### Schéma skladby:



Obr. 9 Skladba zelené střechy

**Součinitel prostupu tepla:**  $U = 0,137 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1} < U_{pas,20} = 0,15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

**Šíření vodní páry konstrukcí:** V konstrukci podle ČSN 73 0540-2 [4] dochází ke kondenzaci vodní páry. Množství vypařitelné vodní páry ( $0,0129 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ ) je ale vyšší než množství zkondenzované vodní páry ( $0,001 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ ).

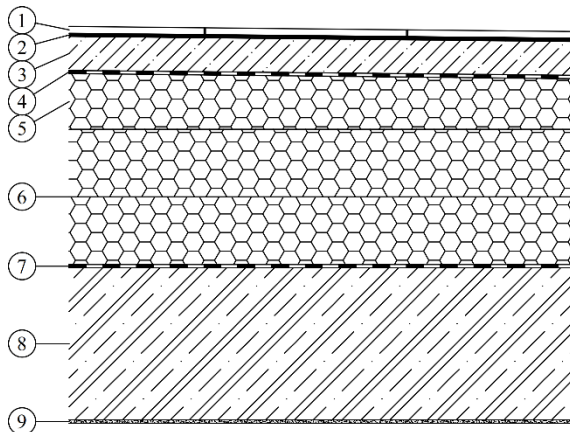
### 2.3.2 Pochozí střecha (terasa)

Střecha plochá –  $U_{pas,20} = 0,15$  až  $0,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$

#### Skladba:

1	Nenamrzavá keramická dlažba	9 mm
2	Lepící stěrka	6 mm
3	Roznášecí betonová mazanina	50 mm
4	Elastodek 50 Special Mineral	5 mm
5	ISOVER EPS 150 ve spádu 2 %	min 80 mm
6	2x ISOVER EPS 150	2x 100 mm
7	Vedag Vedagard Al+V4E	4 mm
8	Železobetonová deska	230 mm
9	Sádrová stěrka Cemix 106	3 mm

#### Schéma skladby:



**Obr. 10** Skladba pochozí střechy (terasy)

**Součinitel prostupu tepla:**  $U = 0,119 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1} < U_{pas,20} = 0,15 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$

**Šíření vodní páry konstrukcí:** V konstrukci podle ČSN 73 0540-2 [4] dochází ke kondenzaci vodní páry. Množství vypařitelné vodní páry ( $0,0124 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ ) je ale vyšší než množství zkondenzované vodní páry ( $0,0001 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ ).

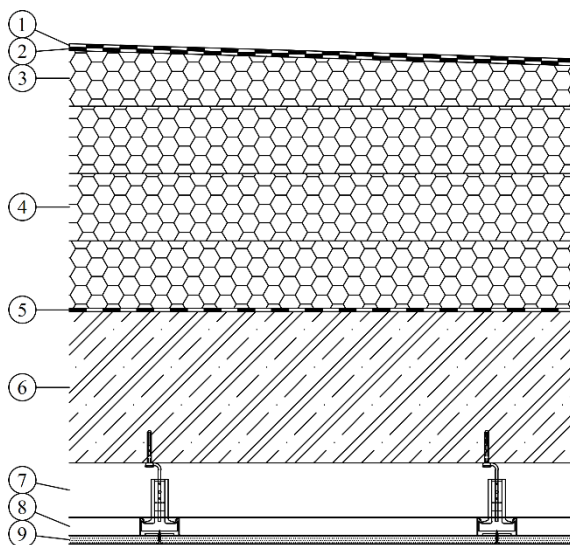
### 2.3.3 Nepochozí střecha

Střecha plochá –  $U_{pas,20} = 0,15$  až  $0,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$

#### Skladba:

1	Elastodek 40 Combi	4 mm
2	Elastodek 40 Special Mineral	4 mm
3	Isover EPS 150 ve spádu 3 %	min 60 mm
4	3x Isover EPS 150	3x 100 mm
5	Vedag Vedagard Al+V4E	4 mm
6	Železobetonová deska	230 mm
7	Vzduchová mezera	80 mm
8	Hliníkový rošt	27 mm
9	Sádkartonová deska	12,5 mm

#### Schéma skladby:



**Obr. 11** Skladba nepochozí střechy

**Součinitel prostupu tepla:**  $U = 0,094 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1} < U_{pas,20} = 0,15 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$

**Šíření vodní páry konstrukcí:** V konstrukci podle ČSN 73 0540-2 [4] dochází ke kondenzaci vodní páry. Množství vypařitelné vodní páry ( $0,0077 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ ) je ale vyšší než množství zkondenzované vodní páry ( $0,0003 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ ).

## 2.4 Výplně otvorů

### 2.4.1 Okna

Okna v celém objektu jsou hliníková EXCLUSIV HI 72 [27] se zvýšenou tepelnou izolací. Troj-komorové hliníkové rámy mají součinitel tepelné vodivosti  $U_f = 1,3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Skleněnou výplň tvoří izolační trojsklo s argonem,  $U_g = 0,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Součinitel tepelné vodivosti celého okna je výrobcem garantovaný s maximální hodnotou  $U_w = 0,84 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ .

Solární faktor izolačního trojskla činí  $g = 0,63$ , světelný činitel  $\tau_v = 0,74$ . Tyto hodnoty jsou dále použity při výpočtu roční energetické bilance a při ověřování kvantity denního osvětlení.

### 2.4.2 Dveře

Vstupní dveře do objektu jsou hliníková celoprosklená ze systému Reynaers CS 104 [38]. Jsou použity jako hlavní vstupní dveře do obytné části a také jako vstupní dveře do komerčních prostor.

### 2.4.3 Vrata

Jednou ze 6 komerčních jednotek je samostatná garáž. Vrata do ní jsou sekční se zateplenými panely.

Pro vjezd do podzemních garáží je z bezpečnostních důvodů použita hliníková rolovací síť.

### **3. Konstruktivně statické řešení**

#### **3.1 Návrh konstrukčního systému**

Vzhledem k dispozici objektu a jednotlivých bytů je ideální stěnový příčný systém. Kvůli potřebě otevřené dispozice v suterénu ale vzniká problém s přechodem ze stěnového systému do obousměrného sloupového systému. Z tohoto důvodu se zdá lepší použít obousměrný sloupový systém s lokálně podepřenou deskou v celé budově. Typický rozměr pole stropní desky je 6,25 x 5,25 m. Maximální pole má rozměry 6,25 x 7,5 m. S těmito rozměry bude dále počítáno pro předběžný návrh stropní konstrukce.

V prvním podzemním podlaží je po obvodu suterénu stropní deska podepřena svisle pnutou železobetonovou stěnou. Nad částmi suterénu je konstrukční výška snížena o 0,25 m, a to z důvodu výškové návaznosti povrchové úpravy podlahy v interiéru a zelené střechy nad těmito částmi. Výškový rozdíl je vyřešen ztužujícím žebrem. Objekt je založen na železobetonové desce tl. 300 mm.

V nadzemních podlažích (1. NP – 4. NP) je stropní deska podepřena po obvodu železobetonovými stěnami. Výjimku tvoří jižní průčelí budovy, kde je stropní deska vykonzolována o 1,25 m.

Schodiště jsou v celém objektu řešena jako železobetonová prefabrikovaná. Pro výtah je vyhrazeno dvojité železobetonové jádro o rozměrech 2,3 x 2,65 m.

Půdorysné rozměry objektu činí přibližně 54 x 24 m. Konstrukční výška typického podlaží a suterénu je 3,25 m, v prvním nadzemním pak 4 m z důvodu potřeby vyššího instalačního prostoru pod stropem.

Schéma nosného systému jednotlivých podlaží vč. osových vzdáleností, rozponů a směrů pnutí viz výkresová dokumentace (výkres č. 2).



## 3.2 Zatížení

Zatížení bylo vypočteno dle ČSN EN 1991-1-1 [9].

### Značení při výpočtu zatížení:

- d ... Tloušťka vrstvy
- $\rho$  ... Objemová hmotnost materiálu
- $f_k$  ... Charakteristická hodnota zatížení
- $f_d$  ... Návrhová hodnota zatížení
- $\gamma$  ... Součinitel zatížení vyjadřující nahodilé odchylky od normových hodnot
- $z_p$  ... Zatěžovací plocha
- $z_s$  ... Zatěžovací šířka

### 3.2.1 Stálé zatížení

Vlastní tíha stropních desek není do výpočtu stálého zatížení zahrnuta. Do výpočtu také nejsou zahrnuty tíhy geotextilií a fólií.

*Tabulka 1: Zatížení od skladby nepochozí střechy*

Název	d	$\rho$	$f_k$	$\gamma$	$f_d$
	[m]	[kg·m <sup>-3</sup> ]	[kN·m <sup>-2</sup> ]	[-]	[kN·m <sup>-2</sup> ]
Elastodek 40 Combi	0,004	1200	0,05	1,35	0,07
Elastodek 40 Special Mineral	0,004	1200	0,05		0,07
Isover EPS 150	0,360	25	0,09		0,12
Vedag Vedagard Al+V4E	0,004	1300	0,05		0,07
Sádrokartonová deska	0,013	750	0,10		0,14
<b>CELKEM</b>			<b>0,34</b>		<b>0,46</b>

**Tabulka 2:** Zatížení od skladby pochozí střechy (byt č. 401)

Název	d	$\rho$	$f_k$	$\gamma$	$f_d$
	[m]	[kg·m <sup>-3</sup> ]	[kN·m <sup>-2</sup> ]	[-]	[kN·m <sup>-2</sup> ]
Keramická dlažba	0,010	2000	0,20	1,35	0,27
Roznášecí beton. mazanina	0,05	2300	1,15		1,55
Elastodek 50 Special Mineral	0,005	1200	0,06		0,08
Isover EPS 150	0,240	25	0,06		0,08
Vedag Vedagard Al+V4E	0,004	1300	0,05		0,07
<b>CELKEM</b>			<b>1,52</b>		<b>2,05</b>

**Tabulka 3:** Zatížení od skladby zelené střechy se zateplením (byt č. 401)

Název	d	$\rho$	$f_k$	$\gamma$	$f_d$
	[m]	[kg·m <sup>-3</sup> ]	[kN·m <sup>-2</sup> ]	[-]	[kN·m <sup>-2</sup> ]
Substrát	0,100	1600	1,60	1,35	2,16
Elastodek 50 Special Mineral	0,005	1200	0,06		0,08
Isover EPS 150	0,240	25	0,06		0,08
Vedag Vedagard Al+V4E	0,004	1300	0,05		0,07
<b>CELKEM</b>			<b>1,77</b>		<b>2,39</b>

**Tabulka 4:** Zatížení od skladby zelené střechy bez zateplení

Název	d	$\rho$	$f_k$	$\gamma$	$f_d$
	[m]	[kg·m <sup>-3</sup> ]	[kN·m <sup>-2</sup> ]	[-]	[kN·m <sup>-2</sup> ]
Substrát	0,230	1600	3,68	1,35	4,97
Nopová fólie 40 mm	-	-	0,14		0,19
Elastodek 50 Special Mineral	0,005	1200	0,06		0,08
Cementový potěr	0,050	2000	1,00		1,35
<b>CELKEM</b>			<b>4,88</b>		<b>6,59</b>

**Tabulka 5:** Zatížení od skladby podlahy – byt

Název	d	$\rho$	$f_k$	$\gamma$	$f_d$
	[m]	[kg·m <sup>-3</sup> ]	[kN·m <sup>-2</sup> ]	[-]	[kN·m <sup>-2</sup> ]
Keramická dlažba	0,010	2000	0,20	1,35	0,27
Litý beton s KARI sítí	0,050	2400	1,20		1,62
Isover EPS RigiFloor 4000	0,040	12	0,01		0,01
Sádrokartonová deska	0,013	750	0,10		0,14
<b>CELKEM</b>			<b>1,51</b>		<b>2,04</b>

**Tabulka 6:** Zatížení od skladby podlahy – komerce x garáže

Název	d	ρ	f <sub>k</sub>	γ	f <sub>d</sub>
	[m]	[kg·m <sup>-3</sup> ]	[kN·m <sup>-2</sup> ]	[-]	[kN·m <sup>-2</sup> ]
Keramická dlažba	0,010	2000	0,20	1,35	0,27
Litý beton s KARI sítí	0,050	2400	1,20		1,62
Isover EPS RigiFloor 4000	0,040	12	0,01		0,01
Isover NF 333	0,340	88	0,30		0,41
<b>CELKEM</b>			<b>1,71</b>		<b>2,31</b>

### 3.2.2 Užité zatížení

**Tabulka 7:** Užité zatížení

OZN.	Popis	f <sub>k</sub>	γ	f <sub>d</sub>
		[kN·m <sup>-2</sup> ]	[-]	[kN·m <sup>-2</sup> ]
A	Plochy pro domácí a obytné činnosti – stropy	1,50	1,5	2,25
D1	Malé obchodní plochy	5,00		7,50
H	Nepřístupné střechy s výjimkou běžné údržby a oprav	0,75		1,13
I	Přístupné střechy, s užíváním podle kategorie A – balkóny	3,00		4,50
-	Náhradní zatížení za příčky s vlastní tíhou do 3 kN/m	1,20		1,80

### 3.2.3 Zatížení sněhem

Sněhová oblast a hodnota zatížení sněhem byla určena pomocí české mapy sněhových oblastí z normy EN 1991-1-3 [10]. Výpočet byl proveden podle téže normy.

Praha => sněhová oblast I => zatížení sněhem  $s_k = 0,7 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$

Součinitel expozice  $C_e = 1,0$  (normální typ krajiny)

Tepelný součinitel  $C_t = 1,0$

Tvarový součinitel  $\mu_1 = 0,8$  (plochá střecha)

$$s = s_k \cdot C_e \cdot C_t \cdot \mu_1 \quad (01)$$

$$s = 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,56 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$$

### 3.3 Předběžný návrh monolitických prvků

Veškeré výpočty byly provedeny dle ČSN EN 1992-1-1 [11].

#### 3.3.1 Stropní deska

##### Podle empirických vztahů

Železobetonová lokálně podepřená deska,

Průměrná osová vzdálenost podpor  $5,25 \times 6,25 \text{ m}$

Maximální osová vzdálenost podpor  $7,5 \times 6,25 \text{ m}$

Tloušťka desky dle průměrných os. vzdáleností  $h = L_{max}/33 = 6250/33 = 189 \text{ mm}$

Tloušťka desky dle průměrných max. vzdáleností  $h = L_{max}/33 = 7500/33 = 227 \text{ mm}$

##### Podle ohybové štíhlosti

Maximální rozpětí  $L = 7,5 \text{ m}$

Součinitel tvaru průřezu  $\kappa_{c1} = 1,0$  (obdélníkový průřez)

Součinitel rozpětí  $\kappa_{c2} = L/7 = 7,5/7 = 1,07$  ( $L > 7 \text{ m}$ )

Součinitel napětí tahové výztuže  $\kappa_{c3} = 1,2$  (pro předběžný návrh)

Třída betonu  $C40/50$

Stupeň vyztužení  $\rho = 0,5 \%$

Vymežující ohybová štíhlost  $\lambda_{d,tab} = 30,9$  (lokálně podepřená deska)

Minimální účinná výška průřezu  $d = L/(\kappa_{c1} \cdot \kappa_{c2} \cdot \kappa_{c3} \cdot \lambda_{d,tab})$  (02)

$$d = 7500/(1,0 \cdot 1,07 \cdot 1,2 \cdot 30,9) = 189 \text{ mm}$$

Uvažované krytí výztuže  $c = 25 \text{ mm}$

Uvažovaný průměr prutů výztuže  $\varnothing = 14 \text{ mm}$

Minimální tloušťka desky  $h = d + c + \varnothing/2 = 189 + 25 + 14/2 = 221 \text{ mm}$

**Navrhuji tloušťku desky 230 mm.**

Vlastní tíha desky  $g_k = h \cdot \rho = 0,23 \cdot 25 = 5,75 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$

### 3.3.2 Průvlak s rozpětím 6,25 m

#### Podle empirických vztahů

Stropní průvlak pro běžná ztížení

Rozpětí	$L = 6,25 \text{ m}$
Výška průřezu	$h = L/10 = 6\,250/10 = 625 \text{ mm}$
Šířka průřezu	$b = h/2 = 625/2 = 312,5 \text{ mm}$

#### Podle ohybové štíhlosti

Maximální rozpětí	$L = 6,25 \text{ m}$
Součinitel tvaru průřezu	$\kappa_{c1} = 1,0$ (obdélníkový průřez)
Součinitel rozpětí	$\kappa_{c2} = 1,0$ ( $L < 7 \text{ m}$ )
Součinitel napětí tahové výztuže	$\kappa_{c3} = 1,2$ (pro předběžný návrh)
Třída betonu	C30/37
Stupeň vyztužení	$\rho = 1,5 \%$
Vymežující ohybová štíhlost	$\lambda_{d,tab} = 18$ (krajní pole spojitého nosníku)
Minimální účinná výška průřezu	(02) $d = 6250/(1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 18) = 289 \text{ mm}$
Uvažované krytí výztuže	$c = 25 \text{ mm}$
Uvažovaný průměr prutů výztuže	$\varnothing = 20 \text{ mm}$
Uvažovaný průměr třmíneků	$\varnothing_{tr} = 6 \text{ mm}$
Minimální výška průvlaku	$h = d + c + \varnothing/2 + \varnothing_{tr} = 289 + 25 + 20/2 + 6$ $h = 330 \text{ mm}$
Šířka průřezu	$b = h/2 = 330/2 = 165 \text{ mm}$

#### Navrhuji průvlak o rozměrech 500 x 250 mm.

Vlastní tíha průvlaku	$g_k = (h - h_d) \cdot b \cdot \rho = (0,5 - 0,23) \cdot 0,25 \cdot 25$ $g_k = 1,69 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$
-----------------------	--

### 3.3.3 Sloup v 1. PP

Pro návrh sloupu uvažují nejvíce zatížený sloup C3 se zatěžovací plochou o rozměrech 5,63 x 6,25 m. Na tento sloup působí částečně silou všechna nadzemní podlaží a zároveň nejtěžší skladby – obě zelené střechy.

*Tabulka 8: Výpočet tlakového zatížení v hlavě sloupu v 1. PP*

Stálé zatížení	Zatížení	zp/zd	G <sub>k</sub>
Skladba nepochozí střechy	0,34 kN·m <sup>-2</sup>	16,41 m <sup>2</sup>	5,25 kN
Skladba zelené zateplené střechy	1,77 kN·m <sup>-2</sup>	9,38 m <sup>2</sup>	16,60 kN
Skladba nezateplené zelené střechy	4,88 kN·m <sup>-2</sup>	9,38 m <sup>2</sup>	45,77 kN
Skladba podlahy bytu	1,51 kN·m <sup>-2</sup>	16,41 m <sup>2</sup>	24,78 kN
2x skladba podlahy bytu	3,02 kN·m <sup>-2</sup>	25,78 m <sup>2</sup>	77,86 kN
Skladba podlahy obchodu	1,71 kN·m <sup>-2</sup>	28,78 m <sup>2</sup>	49,21 kN
Stropní deska tl. 0,23 mm	5,75 kN·m <sup>-2</sup>	16,41 m <sup>2</sup>	94,36 kN
3x stropní deska tl. 0,23 mm	17,25 kN·m <sup>-2</sup>	25,78 m <sup>2</sup>	444,71 kN
Stropní deska tl. 0,23 mm	5,75 kN·m <sup>-2</sup>	35,16 m <sup>2</sup>	202,17 kN
ŽB stěna tl. 0,2 m, výšky 3,25 m	16,25 kN·m <sup>-1</sup>	18,50 m	300,63 kN
ŽB stěna tl. 0,2 m, výšky 4,00 m	20,00 kN·m <sup>-1</sup>	6,13 m	122,60 kN
Stropní průvlak v 1. PP	1,69 kN·m <sup>-1</sup>	6,13 m	10,36 kN
		CELKEM	1 394,29 kN
		γ	1,35
		<b>G<sub>d</sub></b>	<b>1 882,29 kN</b>
Nahodilé zatížení	Zatížení	zp	F <sub>k</sub>
Užitné zatížení – střecha	0,75 kN·m <sup>-2</sup>	16,41 m <sup>2</sup>	12,31 kN
Užitné zatížení – terasa	3,00 kN·m <sup>-2</sup>	18,75 m <sup>2</sup>	56,25 kN
Užitné zatížení – obyt. místnosti	1,50 kN·m <sup>-2</sup>	16,41 m <sup>2</sup>	24,62 kN
2x Užitné zatížení – obyt. místnosti	3,00 kN·m <sup>-2</sup>	25,78 m <sup>2</sup>	77,34 kN
Užitné zatížení – obchodní jedn.	5,00 kN·m <sup>-2</sup>	25,78 m <sup>2</sup>	128,90 kN
Náhradní zatížení za příčky	1,20 kN·m <sup>-2</sup>	16,41 m <sup>2</sup>	19,69 kN
3x náhradní zatížení za příčky	3,60 kN·m <sup>-2</sup>	25,78 m <sup>2</sup>	92,81 kN
Zatížení sněhem	0,56 kN·m <sup>-2</sup>	35,16 m <sup>2</sup>	19,69 kN
		CELKEM	431,60 kN
		γ	1,50
		<b>F<sub>d</sub></b>	<b>647,40 kN</b>
<b>Zatížení v hlavě sloupu N<sub>Ed</sub></b>			<b>2 529,69 kN</b>

## Návrh rozměrů sloupu

Třída betonu	$C30/37$
Návrhová pevnost v tlaku	$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_M = 30 / 1,5 = 20,0 \text{ MPa}$
Materiál výztuže	$Ocel B 500B (f_{yd} = f_{yk} / \gamma_M = 500 / 1,15 = 435 \text{ MPa})$
Potřebná plocha průřezu	$A_{req} = n_{Ed} / (0,8 \cdot f_{cd} + \rho_s \cdot f_{yd})$ (03) $A_{req} = 2\,529\,690 / (0,8 \cdot 20,0 + 0,02 \cdot 435)$ $A_{req} = 102\,416 \text{ mm}^2$
Šířka průřezu sloupu	$b = 250 \text{ mm}$
Výška průřezu sloupu	$h = A_{req} / b = 102\,416 / 250 = 409 \text{ mm}$

**Navrhují rozměry sloupu 250 x 500 mm.**

## 3.4 Schodiště

Konstrukčně jsou všechna schodiště řešena jako desková z prefabrikovaného železobetonu s povrchovou úpravou stupňů z keramického obkladu. Ramena jsou uložena na mezipodestách a hlavních podestách na elastomerových ložiscích. Všechna schodiště v objektu jsou přímá dvouramenná. Výjimku tvoří nástupní rameno v 1. NP, které překonává výškový rozdíl 0,75 m z důvodu větší konstrukční výšky podlaží.

Návrh a výpočet byl proveden dle ČSN 73 4130 [6].

### 3.4.1 Geometrie ramen

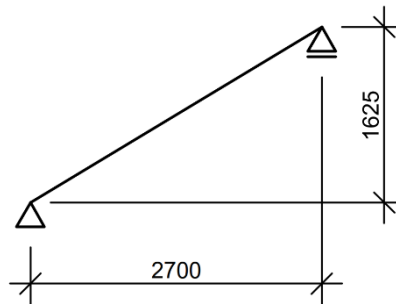
Konstrukční výška podlaží	$K.V. = 3\,250 \text{ mm}$
Uvažovaná výška stupně	$h' = 170 \text{ mm}$
Počet stupňů	$n = K.V. / h' = 3\,250 / 170 = 19 \Rightarrow n = 20$
Skutečná výška stupně	$h = K.V. / n = 3\,250 / 20 = 163 \text{ mm}$
Šířka stupně	$b = 630 - 2h = 630 - 2 \cdot 163 = 304 \text{ mm}$ $b = 300 \text{ mm}$
Počet ramen	$n_r = 2$
Počet stupňů v jednom rameni	$n_l = n / n_r = 20 / 2 = 10$

Ramena jsou bez jalového nástupního stupně a s jalovým nástupním stupněm. Všechny stupně mají přesah 30 mm.

Délka ramene  $L = n_1 \cdot (b - 30) = 10 \cdot (300 - 30) = 2\,700\text{ mm}$

### 3.4.2 Konstrukce schodiště

Schodišťová ramena působí jako prostě uložená deska s rozponem 2,7 m.



**Obr. 12** Statické schéma schodišťového ramene

Minimální tloušťka desky  $h_{min} = (1/25) \sim (1/20) L = (1/25) \sim (1/20) 2\,700$

$$h_{min} = 108 \sim 135\text{ mm} \Rightarrow h_{min} = 120\text{ mm}$$

Z geometrie schodiště **200 mm**



## 4. Zajištění ochrany před hlukem

### 4.1 Požadavky na stavební konstrukce

Z hlediska hygienických požadavků na stavby musí být jednotlivé bytové jednotky chráněny před hlukem od ostatních provozů. Je nutné posoudit mezibytové konstrukce – zejména stěny a stropy, resp. skladby podlahových konstrukcí na vzduchovou neprůzvučnost ( $R'_{w}$ ) a stropy dále na kročejový hluk ( $L'_{nw}$ ).

Požadavky na zvukovou izolaci konstrukcí v bytových domech byly převzaty z ČSN 75 0532 [2].

*Tabulka 9: Požadavky na zvukovou izolaci konstrukcí*

Chráněný prostor	Hlučný prostor	Požadavky na zvukovou izolaci [dB]		
		Stropy		Stěny
		$R'_{w, pož}$	$L'_{nw, pož}$	$R'_{w, pož}$
Obytná místnost	Ostatní obytné místnosti v bytě	47	63	42
Bytová jednotka	Bytová jednotka	53	55	53
Bytová jednotka	Společné prostory domu	52	55	52
Bytová jednotka	Provozovna s hlukem do 85 dB, provoz nejvýše do 22:00	57	53	57

## 4.2 Stěny

### 4.2.1 Železobetonová stěna

Požadavek na zvukovou izolaci:

- Bytová jednotka x Společné prostory domu  $R'_{w, pož} = 52 \text{ dB}$

Laboratorní vzduchová neprůzvučnost železobetonové monolitické stěny tloušťky 200 mm byla vypočtena v programu Neprůzvučnost 2010 [44] a její hodnota byla stanovena na  $R_w = 56 \text{ dB}$ . Protokol o výpočtu viz příloha č. 12.

Od hodnoty  $R_w$  je nutné odečíst korekci  $k_1$  zahrnující boční přenos zvuku, která pro železobetonové konstrukce dle ČSN 73 0532 [2] činí 2 dB.

$$R_w' = R_w - k_1 = 56 - 2 = 54 \text{ dB}$$

$$R_w' = 54 \text{ dB} > 52 \text{ dB} = R'_{w, \text{pož}}$$

**Konstrukce VYHOVUJE.**

#### 4.2.2 SILKA S20-2000 250 mm

Požadavky na zvukovou izolaci:

- Bytová jednotka x Bytová jednotka  $R'_{w, \text{pož}} = 53 \text{ dB}$
- Bytová jednotka x Společné prostory domu  $R'_{w, \text{pož}} = 52 \text{ dB}$

Vzduchovou neprůzvučnost stěny z tvárnic SILKA S20-2000 lze převzít z webových stránek produktu [26] v tabulce se základními údaji. Laboratorní vzduchová neprůzvučnost stěny deklarovaná výrobcem je  $R_w = 58 \text{ dB}$ .

$$R_w' = R_w - k_1 = 58 - 4 = 54 \text{ dB}$$

$$R_w' = 54 \text{ dB} > 53 \text{ dB} = R'_{w, \text{pož}}$$

**Konstrukce VYHOVUJE.**

#### 4.2.3 YTONG P2-500 250 mm

Požadavky na zvukovou izolaci:

- Obytná místnost x Ostatní obytné místnosti  $R'_{w, \text{pož}} = 42 \text{ dB}$

Vzduchovou neprůzvučnost stěny z tvárnic YTONG P2-500 lze převzít z webových stránek produktu [36] v tabulce se základními údaji. Laboratorní vzduchová neprůzvučnost stěny deklarovaná výrobcem je  $R_w = 47 \text{ dB}$ .

$$R_w' = R_w - k_1 = 47 - 4 = 43 \text{ dB}$$

$$R_w' = 43 \text{ dB} > 42 \text{ dB} = R'_{w, \text{pož}}$$

**Konstrukce VYHOVUJE.**

## 4.3 Stropní konstrukce

### 4.3.1 Strop mezi jednotlivými byty

Stropní konstrukce mezi bytovými jednotkami musí splňovat požadavky na vzduchovou i kročejovou neprůzvučnost. Předběžně byla navržena skladba na principu těžké plovoucí podlahy s obvodovým páskem Knauf Insulation tl. 10 mm pro oddílení konstrukce podlahy od svislých konstrukcí.

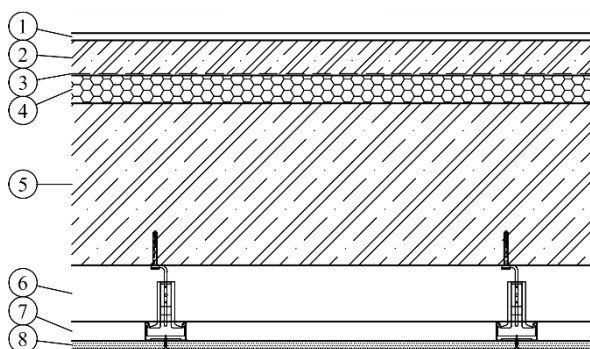
Požadavky na zvukovou izolaci:

- Bytová jednotka x Bytová jednotka  $R'_{w, pož} = 53 \text{ dB}$   
 $L'_{nw, pož} = 55 \text{ dB}$

**Skladba podlahy na stropní konstrukci:**

1	Nášlapná vrstva (dle zákazníka)	10 mm
2	Litý beton s výztužnou KARI sítí	50 mm
3	PE folie	-
4	Isover EPS RigiFloor 4000	40 mm
5	Železobetonová deska	230
6	Vzduchová mezera	80 mm
7	Hliníkový rošt	27 mm
8	Sádkartonová deska	12,5 mm

**Schéma skladby:**



**Obr. 13** Skladba podlahy na stropní konstrukci

Výpočet vzduchové a kročejové neprůzvučnosti byl proveden v programu Neprůzvučnost 2010 [44]. Do výpočtu nebyla zahrnuta nášlapná vrstva podlahy

a separační PE fólie mezi roznášecí a pružnou vrstvou. Protokoly o výpočtu je společně s výsledky k dispozici v přílohách č. 13 a 14.

Vzduchová neprůzvučnost byla dle programu stanovena na hodnotu  $R_w = 65$  dB. Tu je nutné dále snížit o korekční hodnotu  $k_1$ .

$$R'_w = R_w - k_1 = 65 - 3 = \mathbf{62\ dB} > \mathbf{53\ dB} = R'_{w,pož} \Rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

Vážená normalizovaná hladina kročejového zvuku byla stanovena na hodnotu  $L_{nw} = 37$  dB. Tuto hodnotu je potřeba zvýšit o korekční hodnotu  $k_2$ , která zahrnuje boční cesty zvuku. Vzhledem k jednoduché dispozici je ale možné tuto hodnotu uvažovat  $k_2 = 0$  dB.

$$L'_{nw} = \mathbf{37\ dB} < \mathbf{55\ dB} = L'_{nw,pož} \Rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

#### 4.3.2 Strop mezi bytem a komerční jednotkou

Stropní konstrukce mezi komerčními jednotkami a byty musí splňovat hodnotu vzduchové neprůzvučnosti. Hodnotu kročejové neprůzvučnosti není nutné posuzovat, protože hodnocená konstrukce se nachází nad hlučným prostorem.

- Bytová jednotka x Komerční jednotka  $R'_{w,pož} = \mathbf{57\ dB}$

Skladba konstrukce je obdobná jako v předchozím případě s jediným rozdílem, a to vyšší vzduchovou mezerou mezi podhledem a nosnou stropní konstrukcí. Vzhledem k tomu, že snížení podhledu neovlivňuje hodnotu vzduchové neprůzvučnosti, lze převzít výsledky z bodu 4.3.1.

$$R'_w = R_w - k_1 = 65 - 3 = \mathbf{62\ dB} > \mathbf{57\ dB} = R'_{w,pož} \Rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

#### 4.4 Akustické řešení schodiště

Žádné schodiště v objektu, resp. konstrukce schodiště, nesousedí přímo s žádnou obytnou místností. Přerušování kročejového hluku a jeho šíření konstrukcí je zabráněno pružným uložením prefabrikovaných ramen na podesty a mezipodesty pomocí prvků Schöck Tronsole® typ F [33] s elastomerovým ložiskem. Ramena jsou také od okolních konstrukcí oddilátována spárovými deskami Schöck Tronsole® typ L [34]. Podlaha mezipodesty je pro přerušování kročejového hluku řešena principem těžké plovoucí podlahy s dilatačním páskem po obvodu skladby podlahy.

## 5. Roční energetická bilance

Hlavní činností této diplomové práce je bilanční výpočet roční potřeby tepla na vytápění, popř. chlazení objektu. Cílem této části je najít takovou variantu okenních otvorů, se kterou obytná část budovy splňuje požadavek na měrnou roční potřebu tepla pro pasivní domy, který činí  $Q_{a,nd,VYT,pož.} = 20 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Výpočet je proveden ve variantách, které se liší pouze velikostí okenních otvorů, všechny ostatní veličiny, které ovlivňují výpočet a výsledky, zůstávají pro všechny varianty stejné. Do výpočtů jsou také zahrnuty opakující se tepelné vazby v podobě lineárních činitelů prostupu tepla, které byly vypočteny v programu AREA 2017 [40].

Výpočet potřeby tepla byl proveden v mém vlastním excelovském programu pro výpočet roční potřeby tepla a měrné roční potřeby tepla na vytápění a chlazení obytných budov s měsíčním krokem výpočtu. Program byl sestaven dle TNI 73 0330 [13], ČSN 73 0540-2 [4] a ČSN EN ISO 52016-1 [12]. Kompletní výstupy z programu jsou k dispozici v přílohách č. 15–18.

### 5.1 Parametry výpočtu

#### 5.1.1 Systémová hranice řešené zóny

Řešenou částí budovy, pro kterou je počítána roční potřeba tepla je pouze ta, kde se nacházejí bytové jednotky – tedy byt v 1. NP a celé 2. – 4. NP, do kterých jsou pro zjednodušení zahrnuty také společné prostory domu. Komerční prostory v 1. NP nejsou do výpočtu zahrnuty, a to z toho důvodu, že není jasné, jaký provoz se v nich bude nacházet. Přesto ale víme, že budou vytápěné, proto konstrukce na systémové hranici sousedící s těmito prostory a se společnými prostory domu jsou uvažovány jako adiabatické, tzn. nedochází u nich k prostupu tepla.

#### Základní vstupní údaje o řešené zóně:

Účel užívání	Obytná část budovy
Obsazenost objektu	70 osob
Počet bytových jednotek	31 bytů
Plocha obálky řešené zóny	2 946,75 m <sup>2</sup>
Podlahová plocha řešené zóny	1 899,58 m <sup>2</sup>
Objem řešené zóny	8 060,53 m <sup>3</sup>

### 5.1.2 Okrajové podmínky výpočtu

#### Vnitřní teploty:

Návrhová teplota pro vytápění 20 °C

Návrhová teplota pro chlazení 27 °C

#### Větrání:

Způsob větrání mechanické rovnotlaké větrání  
se zpětným získáváním tepla (ZZT)

Účinnost ZZT 90%

výměna vzduchu v jednom bytě 250 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>

#### Vnitřní tepelné zisky:

Tepelný zisk od jedné osoby 100 W

Tepelný zisk z jednoho bytu (vybavení) 100 W  
dle ČSN EN ISO 52016-1 [12]

#### Solární zisky:

Energetická propustnost zasklení  $g_k = 0,63$

Způsob stínění oken při vytápění bez stínění,  $F_C = 1,00$

Způsob stínění oken při chlazení venkovní žaluzie světlé, 45°  
 $F_C = 0,15$

### 5.1.3 Tepelné vazby

Do výpočtu roční potřeby tepla na vytápění jsou zahrnuty opakující se tepelné vazby v podobě lineárních činitelů prostupu tepla. Pro jejich výpočet je nutné nejprve předběžně navrhnout stavební detaily, a to zejména z hlediska návaznosti tepelných izolací. Výpočet množství tepla, které daným stavebním detailem prostupuje, byl proveden v programu AREA 2017 [40]. Protokoly z programu jsou k dispozici v elektronické verzi na přiloženém CD.

Řešeny byly následující detaily: okenní ostění, parapet a nadpraží, atika u zelené a nepochozí střechy, uložení balkónu přes ISO nosníky a obalení lodžie tepelnou izolací.

Okna byla ve výpočtu nahrazena materiálem, který má při tloušťce 70 mm součinitel prostupu tepla  $U = 0,84 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$  (maximální průměrný součinitel prostupu tepla garantovaný výrobcem oken).

Lineární činitel prostupu tepla  $\psi$  [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ] dané tepelné vazby je vypočten podle následujícího vztahu:

$$\psi = L - \Sigma(U \cdot l) \quad (04)$$

kde:

L ... Tepelná propustnost detailu [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ]

U ... Součinitel prostupu tepla dílčí konstrukce [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ]

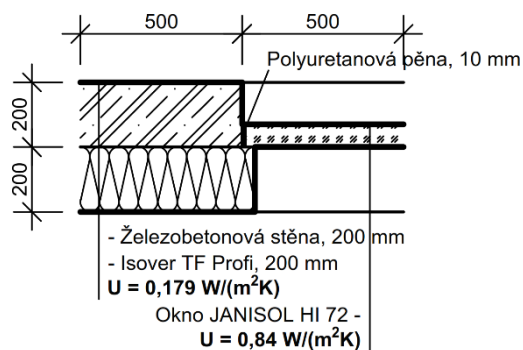
l ... Příslušná délka dílčí konstrukce [m]

### 5.1.3.1 Okenní ostění

Styk konstrukce okna se stěnou přes připojovací spáru

Podrobné detaily viz. Projektová dokumentace – výkres č. 15

#### a) Stěna ze železobetonu



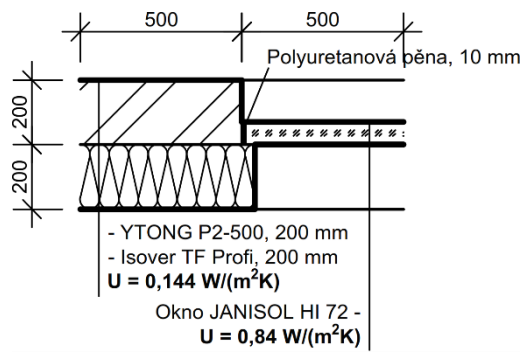
**Obr. 14** Schéma ostění okna u železobetonové stěny

Tepelná propustnost detailu  $L = 0,51 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Lineární činitel prostupu tepla  $\psi = 0,51 - (0,5 \cdot 0,179 + 0,5 \cdot 0,84)$

$$\psi = 0,001 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

**b) Stěna z tvárnice YTONG P2-500**



**Obr. 15** Schéma ostění okna u stěny z YTONGu

Tepelná propustnost detailu  $L = 0,469 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Lineární činitel prostupu tepla  $\psi = 0,469 - (0,5*0,144 + 0,5*0,84)$

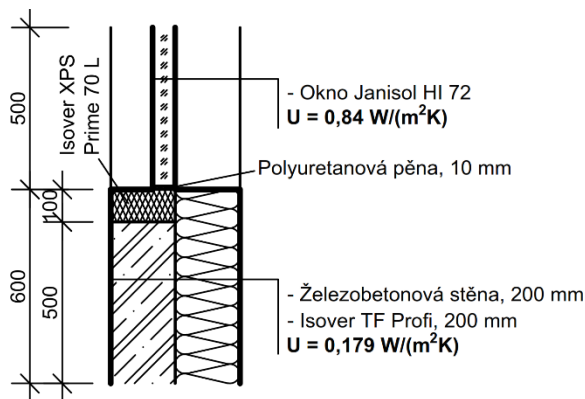
$$\psi = -0,023 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

**5.1.3.2 Okenní parapet**

Styk konstrukce okna se stěnou přes přípojovací spáru u parapetu okna

Podrobné detaily viz. Projektová dokumentace – výkres č. 14

**a) Stěna ze železobetonu**



**Obr. 16** Schéma parapetu, stěna ze železobetonu

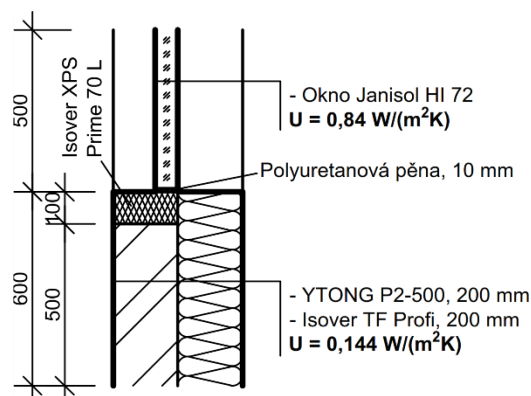
Tepelná propustnost detailu  $L = 0,513 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Lineární činitel prostupu tepla  $\psi = 0,513 - (0,6*0,179 + 0,5*0,842)$

$$\psi = -0,014 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$



## b) Stěna z tvárnice YTONG P2-500



Obr. 17 Schéma parapetu, stěna z tvárnice YTONG

Tepelná propustnost detailu  $L = 0,484 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Lineární činitel prostupu tepla  $\psi = 0,484 - (0,6*0,144 + 0,5*0,84)$

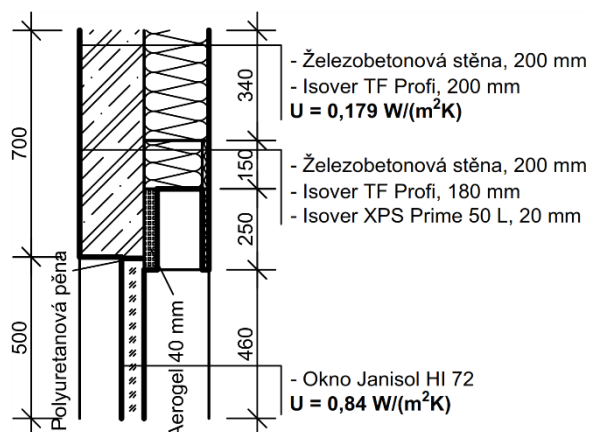
$$\psi = -0,022 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

### 5.1.3.3 Okenní nadpraží

Styk konstrukce okna se stěnou přes připojovací spáru u nadpraží okna s prostorem pro venkovní žaluzie

Podrobné detaily viz. Projektová dokumentace – výkres č. 14

## a) Stěna ze železobetonu



Obr. 18 Schéma nadpraží, stěna ze železobetonu

Tepelná propustnost detailu

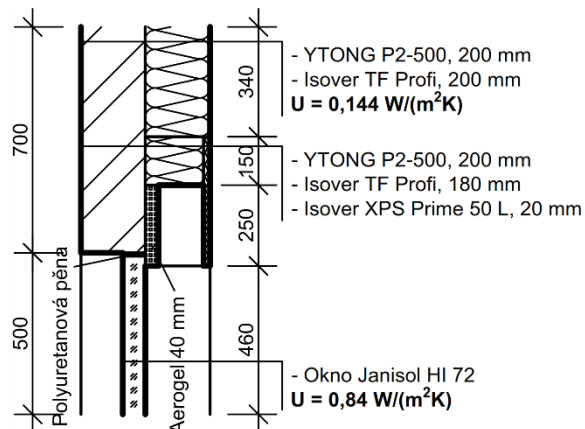
$$L = 0,582 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Lineární činitel prostupu tepla

$$\psi = 0,582 - (0,7*0,179 + 0,5*0,84)$$

$$\psi = 0,037 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

### b) Stěna z tvárnic YTONG P2-500



**Obr. 19** Schéma nadpraží, stěna z tvárnic YTONG

Tepelná propustnost detailu

$$L = 0,519 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Lineární činitel prostupu tepla

$$\psi = 0,519 - (0,7*0,144 + 0,5*0,84)$$

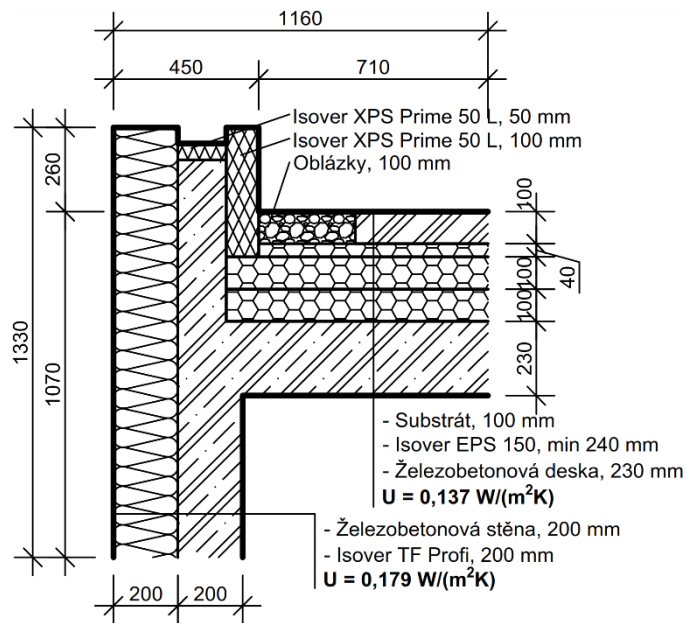
$$\psi = -0,002 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

### 5.1.3.4 Atika

Návaznost železobetonové stěny s plochou střechou

#### a) Zelená střecha

Podrobný detail viz. Projektová dokumentace – výkres č. 16



**Obr. 20** Schéma atiky – zelená střecha

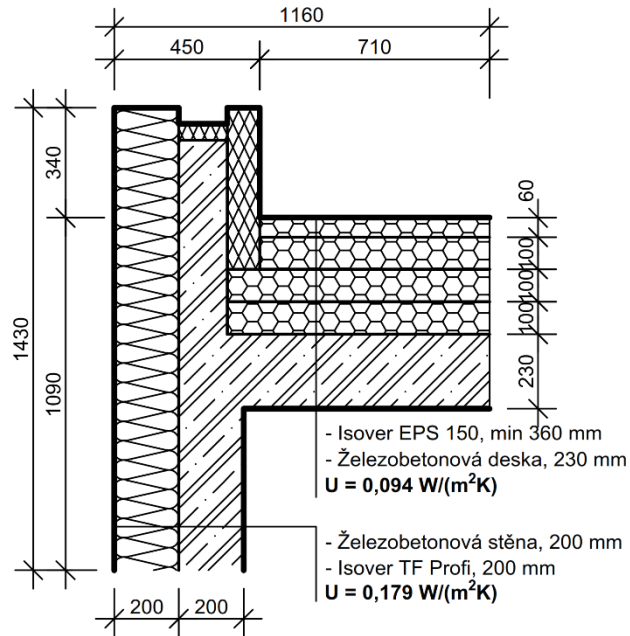
Tepelná propustnost detailu  $L = 0,408 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Lineární činitel prostupu tepla  $\psi = 0,408 - (1,07*0,179 + 1,16*0,137)$

$\psi = 0,58 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

## b) Nepochozí střecha

Podrobný detail viz. Projektová dokumentace – výkres č. 16



**Obr. 21** Schéma atiky – nepochozí střecha

Tepelná propustnost detailu  $L = 0,378 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

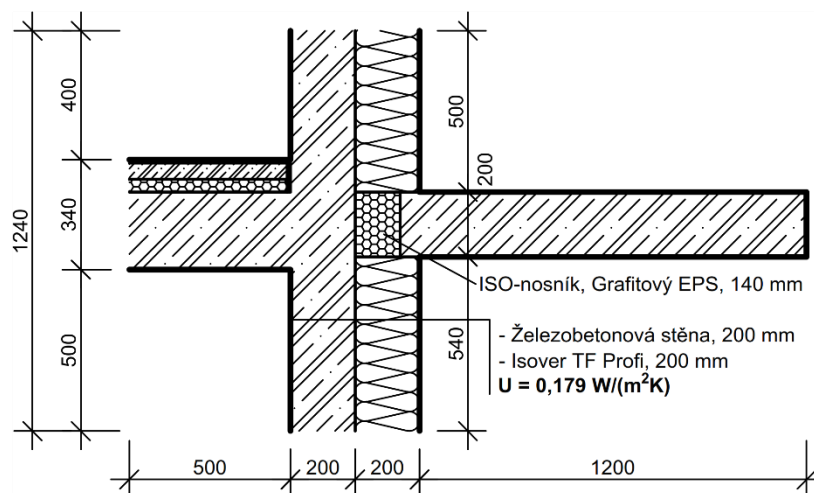
Lineární činitel prostupu tepla  $\psi = 0,378 - (1,09 \cdot 0,179 + 1,16 \cdot 0,094)$

$$\psi = 0,074 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

### 5.1.3.5 Uložení balkónu

Uložení balkónu přes ISO-nosník

Podrobný detail viz. Projektová dokumentace – výkres č. 13



**Obr. 22** Schéma uložení balkónu

Tepelná propustnost detailu  $L = 0,232 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

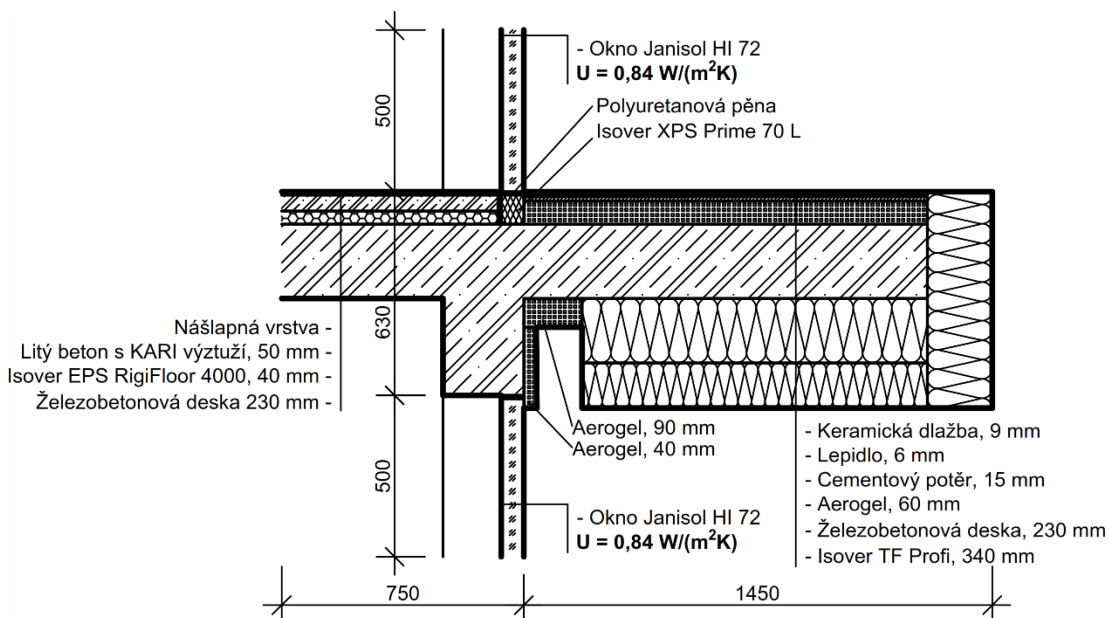
Lineární činitel prostupu tepla  $\psi = 0,232 - 1,24 \cdot 0,179$

$\psi = 0,01 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

### 5.1.3.6 Lodžie

Obalení stropní desky pod lodžií tepelnou izolací

Podrobný detail viz. Projektová dokumentace – výkres č. 13



Obr. 23 Schéma lodžie

Tepelná propustnost detailu  $L = 1,162 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Lineární činitel prostupu tepla  $\psi = 1,162 - (0,63*0,179 + 1*0,84)$

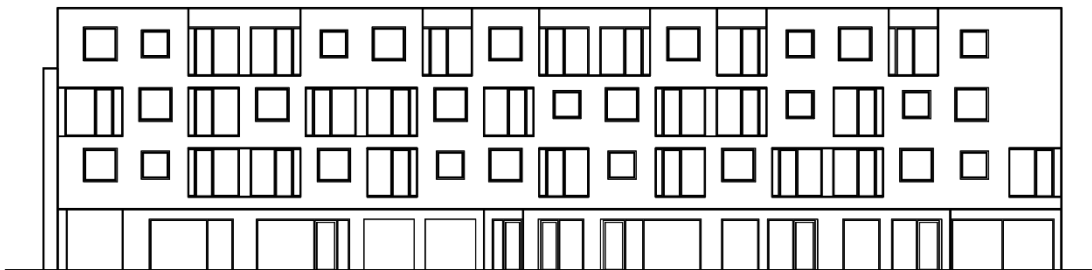
$$\psi = 0,209 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

## 5.2 Varianta I

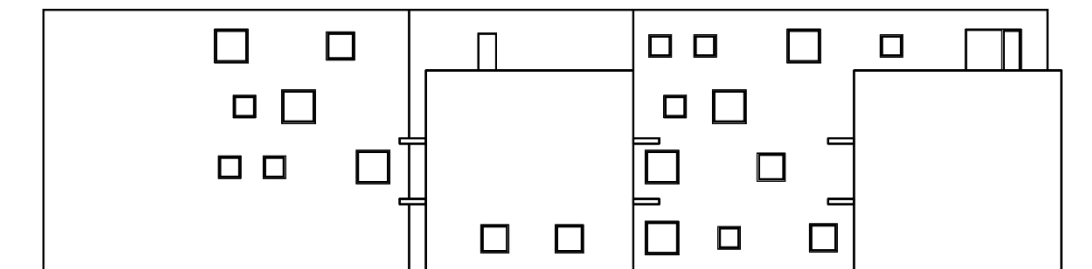
### 5.2.1 Popis

První varianta velikosti okenních otvorů vychází z architektonické studie. Na celé budově se střídají čtvercová okna o rozměrech 1,8 x 1,8 a 1,5 x 1,5 m, jejichž rozložení má náhodný charakter. Ten je nejpatrnější zejména na jižní straně budovy, kde dochází také k náhodnému rozmístění plně zapuštěných lodžií. Přístup na lodžie zajišťují okna, která se rozprostírají vždy přes celou jižní stěnu obývacích pokojů. Na severním průčelí se pro osvětlení domovní chodby přidává rozměr 1,2 x 1,2 m. Okna jsou zde opět po fasádě rozmístěna náhodně.

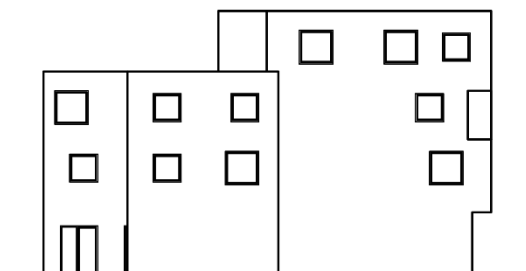
JIŽNÍ POHLED



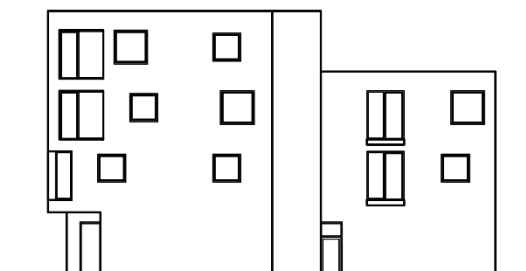
SEVERNÍ POHLED



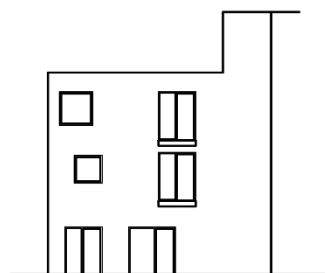
ZÁPADNÍ POHLED



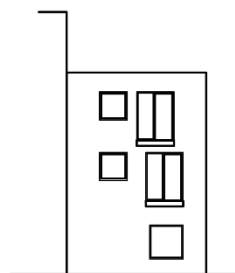
VÝCHODNÍ POHLED



ZÁPADNÍ POHLED



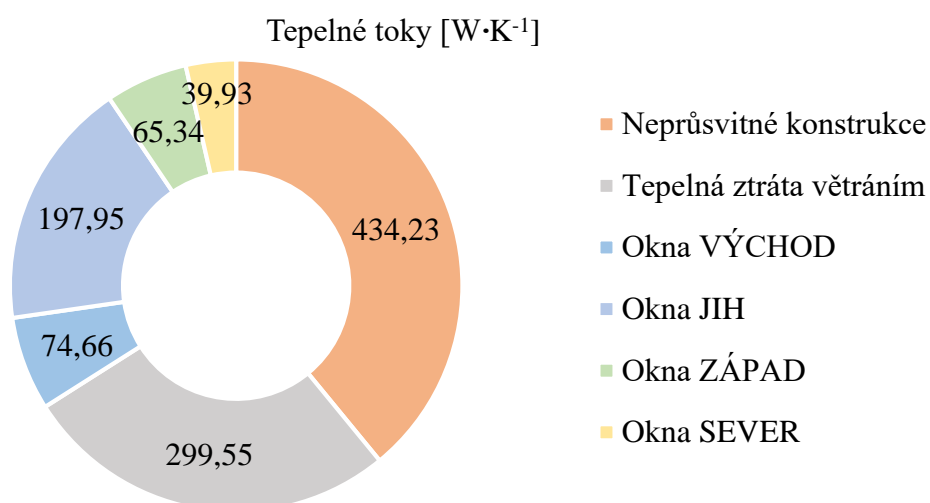
VÝCHODNÍ POHLED

**Obr. 24** Schématické pohledy – Varianta I

### 5.2.2 Výsledky výpočtu

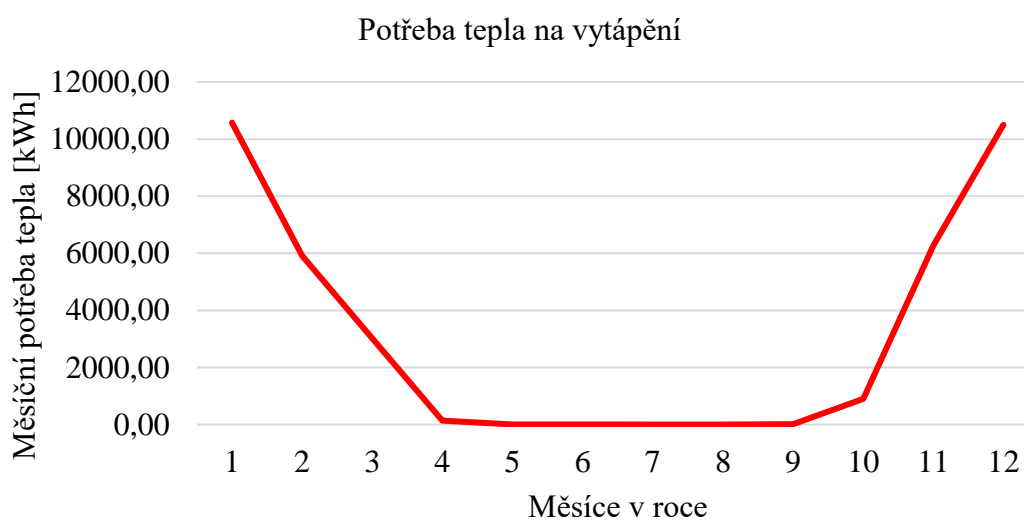
Celkový tepelný tok objektu činí  $1\,111,67 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$ . Z toho tvoří  $299,55 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$  tepelný tok větráním a  $812,12 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$  tepelný tok prostupem, který lze dále rozdělit na  $434,23 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$  tepelného toku prostupem neprůsvitnými konstrukcemi a  $377,89 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$  průsvitnými konstrukcemi (okny). V přepočtu na  $\text{m}^2$  plochy obálky řešené zóny (průměrný součinitel prostupu tepla) je celková ztráta  $0,276 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ .

Při porovnání s požadavkem na průměrný součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2 [4] je taková budova hodnocena jako úsporná.



**Graf 1** Tepelné toky – Varianta I

Celková potřeba tepla na vytápění během modelového roku je 37 342,24 kWh. To znamená, že měrná potřeba tepla na vytápění na rok  $Q_{a,nd,VYT} = 19,66 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$  při vytápění na průměrnou vnitřní teplotu 20 °C splňuje požadavek pro pasivní domy  $Q_{a,nd,VYT,pož.} = 20 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Chlazení na 27 °C díky využití venkovních žaluzií není potřeba.



**Graf 2** Průběh měsíční potřeby energie na vytápění – Varianta I

Podrobný výpočet je k dispozici v příloze č. 15.

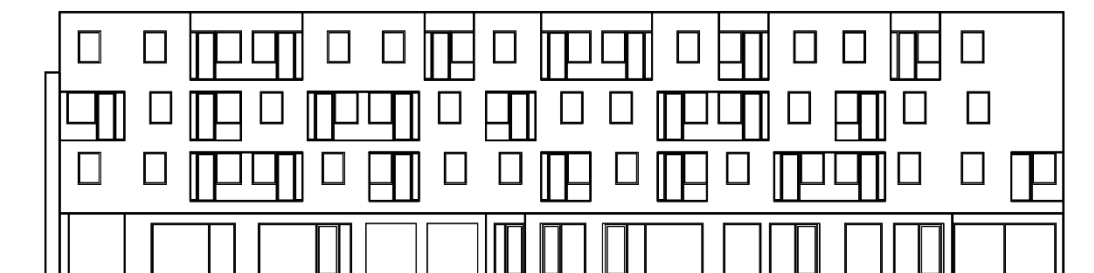


## 5.3 Varianta II

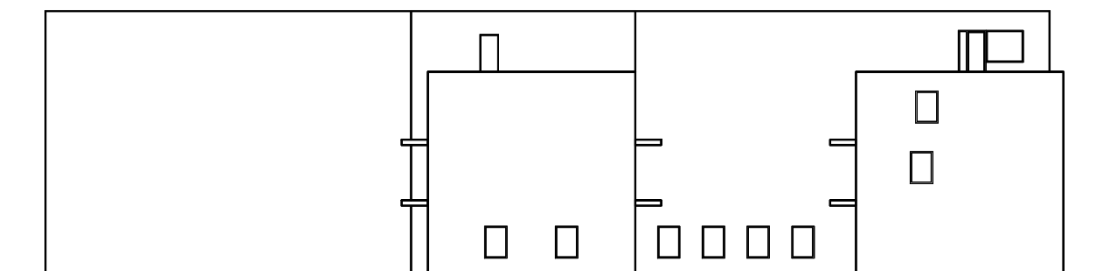
### 5.3.1 Popis

Ve druhé variantě došlo ke zmenšení osvětlovacích otvorů na 1,2 x 1,7 m. Šlo o změnu velikosti oken tak, aby byl stále (dle odhadu) splněn požadavek na proslunění bytů. Parapet u oken vedoucí na balkóny a lodžie byl zvýšen na 0,9 m. Dále byla odstraněna okna pro osvětlení domovní chodby na severní straně budovy. Celkově se plocha oken oproti první variantě snížila o 93,61 m<sup>2</sup>, sběrná solární plocha pak o 42,92 m<sup>2</sup>.

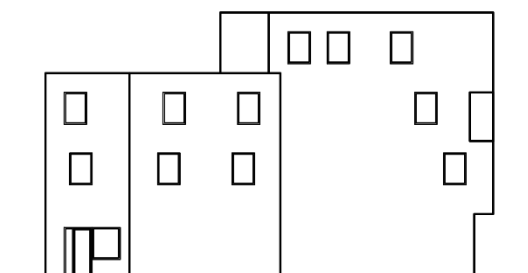
JIŽNÍ PODHLED



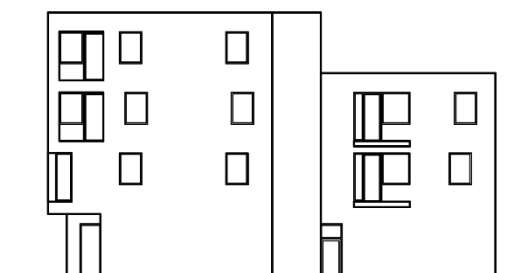
SEVERNÍ POHLED



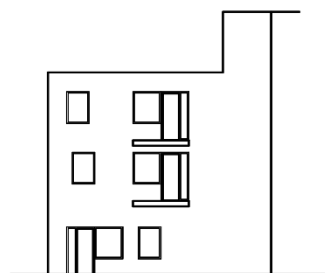
ZÁPADNÍ POHLED



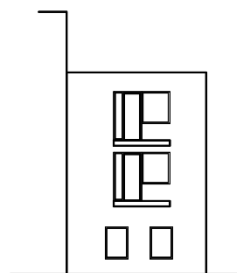
VÝCHODNÍ POHLED



ZÁPADNÍ POHLED



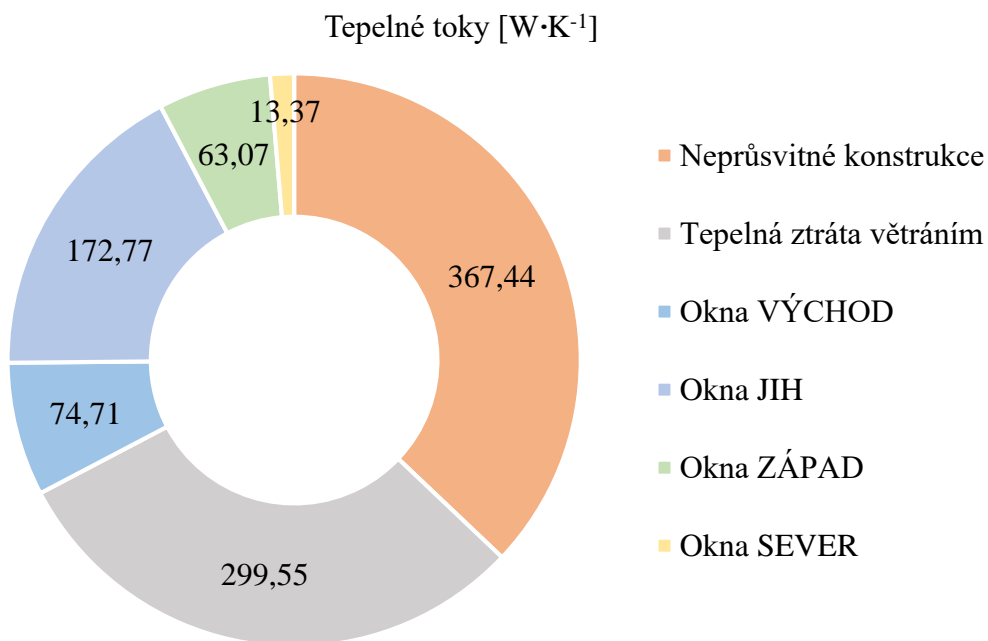
VÝCHODNÍ POHLED



**Obr. 25** Schématické pohledy – Varianta II

### 5.3.2 Výsledky výpočtu

Celkový tepelný tok se snížil na  $990,92 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$ . Z toho tvoří  $434,23 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$  tepelný tok prostupem neprůsvitnými konstrukcemi a tepelnými vazbami a  $377,89 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$  tepelný tok okny. Tepelný tok větráním zůstal na hodnotě  $299,55 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$ . Průměrný součinitel prostupu tepla se snížil na hodnotu  $0,262 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ , díky tomu můžeme po porovnání s požadavky říct, že je budova úsporná.



**Graf 3** Tepelné toky – Varianta II

Navzdory celkem velké úspoře tepla prostupem se celková potřeba tepla na vytápění zvýšila o  $5\,126,16 \text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$ . Celkem tedy potřeba tepla činí  $42\,468,4 \text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$ . V přepočtu na  $\text{m}^2$  vytápěné podlahové plochy je roční potřeba tepla  $22,36 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ , což nesplňuje požadavek na měrnou roční potřebu tepla na vytápění pro pasivní domy. Ke zvýšení potřeby tepla došlo kvůli snížení sběrné solární plochy, tedy kvůli nižším solárním ziskům, které mají na celkovou potřebu tepla velký vliv. Strojní chlazení není potřeba ani v této variantě.



**Graf 4** Průběh měsíční potřeby energie na vytápění – Varianta II

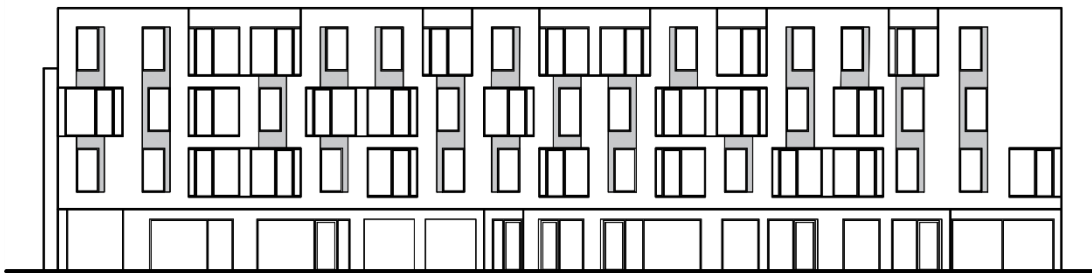
Podrobný výpočet je k dispozici v příloze č. 16.

## 5.4 Varianta III

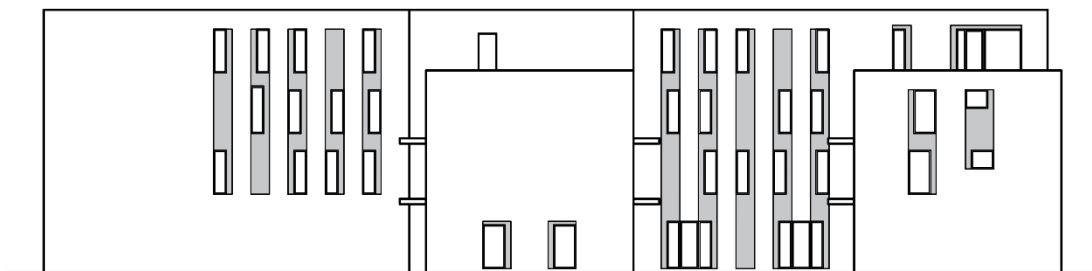
### 5.4.1 Popis

Protože druhá varianta nesplnila požadavek pro pasivní domy kvůli nízkým solárním ziskům, nabízí se ve třetí variantě snížit parapet na 0,25 m nad podlahou. Nově tak mají okna rozměry 1,2 x 2,35 m a na fasádě tvoří svislé pruhy. Snížit parapet až na úroveň podlahy není možné, protože by na fasádě mezi okny nevznikl požární pás výšky 0,9 m. Okna, která slouží jako přístup na lodžie, mají opět nulový parapet jako v první variantě. Pro přisvětlení domovní chodby na severní fasádě jsou použita okna s rozměry 0,7 x 2,35 m. Celkově oproti předchozí variantě došlo ke zvýšení celkové plochy oken o 108,76 m<sup>2</sup> a solární sběrné plochy o 55,21 m<sup>2</sup>.

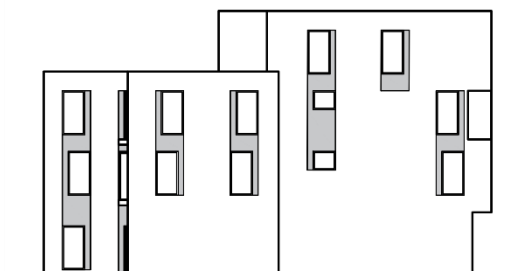
JIŽNÍ POHLED



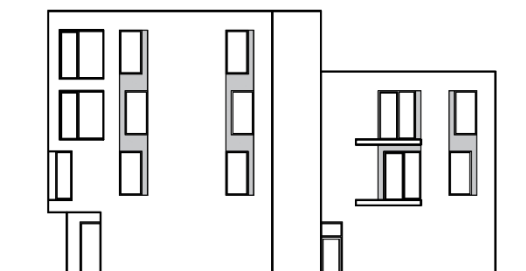
SEVERNÍ POHLED



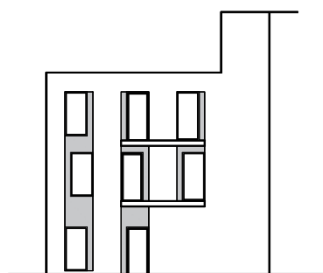
ZÁPADNÍ POHLED



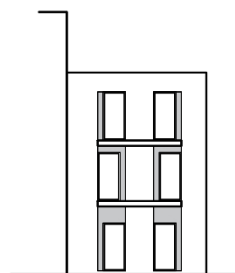
VÝCHODNÍ POHLED



ZÁPADNÍ POHLED



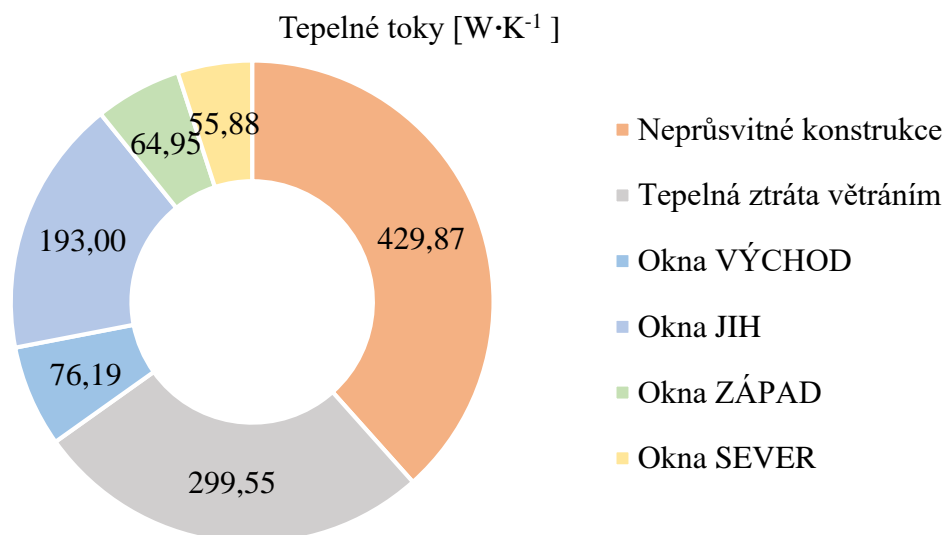
VÝCHODNÍ POHLED



**Obr. 26** Schématické pohledy – Varianta III

#### 5.4.2 Výsledky výpočtu

Zvětšením plochy prosklení došlo ke zvýšení tepelného toku prostupem okny na  $390,03 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}$  a tepelného toku prostupem neprůsvitnými konstrukcemi a tepelnými vazbami na  $429,87 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}$ . Celkový tepelný tok se oproti předchozí variantě zvýšil až o  $128,53 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}$ , což zvýšilo průměrný součinitel prostupu tepla na hodnotu  $0,279 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Budova je ale nadále hodnocena jako úsporná.



**Graf 5** Tepelné toky – Varianta III

Navzdory tomu, že došlo ke zvýšení celkové tepelné ztráty objektu, došlo ke snížení celkové roční potřeby a měrné roční potřeby tepla na vytápění, a to díky tomu, že se zvýšila celková solární sběrná plocha oken a tím i solární zisky, které snižují potřebu tepla na vytápění. Nově činí měrná potřeba tepla na vytápění  $19,21 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ . Budova tedy splňuje požadavek pro pasivní domy. Zvýšené solární zisky stále však nemají takovou hodnotu, aby bylo potřeba strojního chlazení.



**Graf 6** Průběh měsíční potřeby energie na vytápění – Varianta III

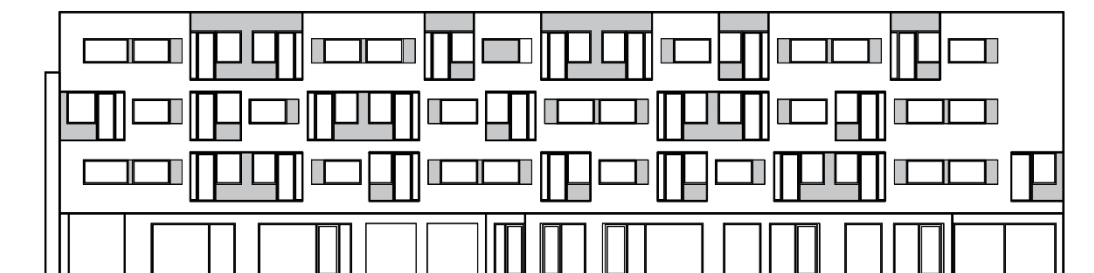
Podrobný výpočet je k dispozici v příloze č. 17.

## 5.5 Varianta IV

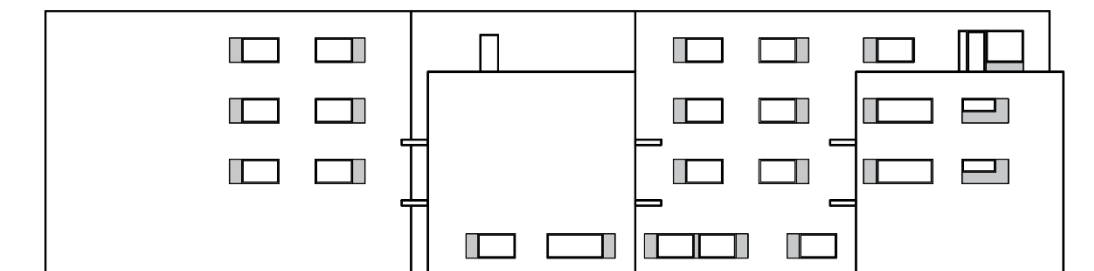
### 5.5.1 Popis

Ve čtvrté variantě nedošlo oproti první variantě ke značné změně celkové plochy okenních otvorů. Ta se snížila pouze o necelých 24 m<sup>2</sup>. Místo čtvercových oken jsou použita horizontální pásová okna s výškou 1,3 m a délkou 2 m, výjimečně 3 m. Okna u lodžie mají opět zvýšený parapet na 0,9 m. Dále byla přidána okna na severní straně budovy v bytech č. 201 a 301 a okna do některých koupelen.

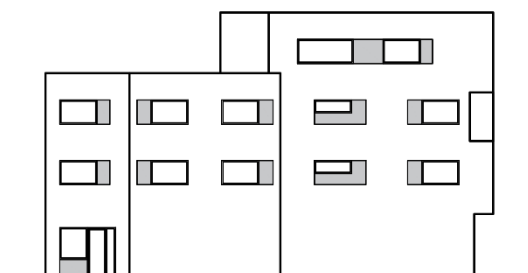
JIŽNÍ PODHLED



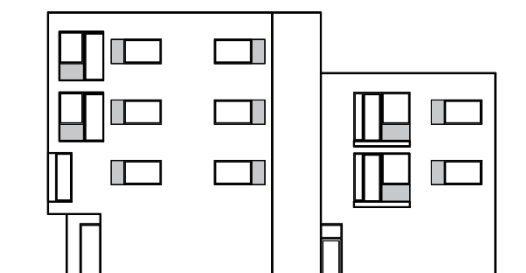
SEVERNÍ POHLED



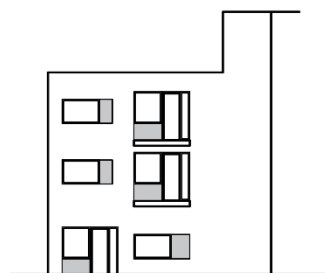
ZÁPADNÍ POHLED



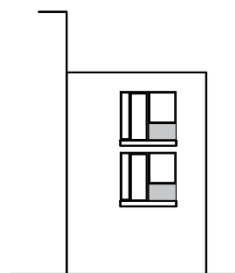
VÝCHODNÍ POHLED



ZÁPADNÍ POHLED



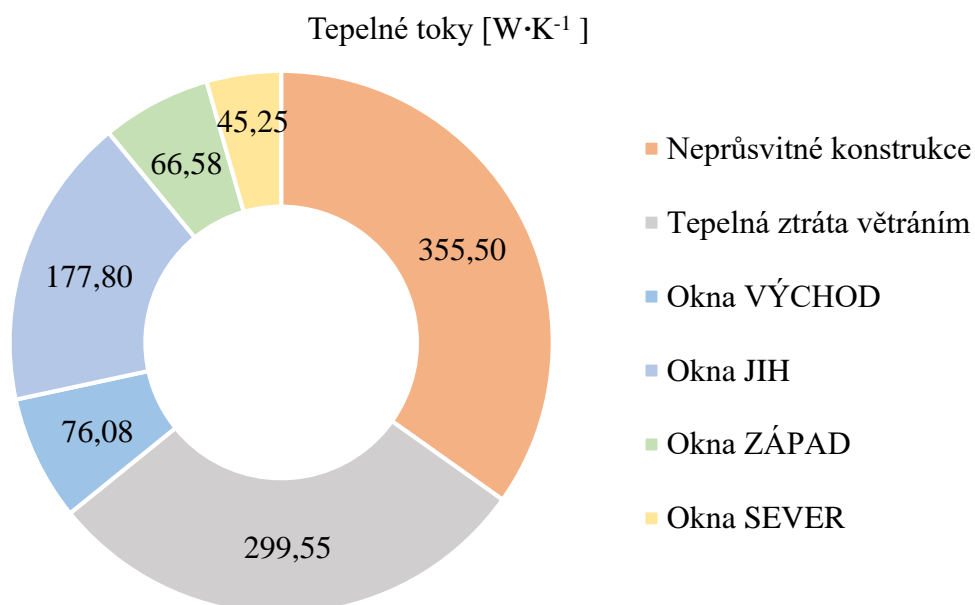
VÝCHODNÍ POHLED



**Obr. 27** Schématické pohledy – Varianta IV

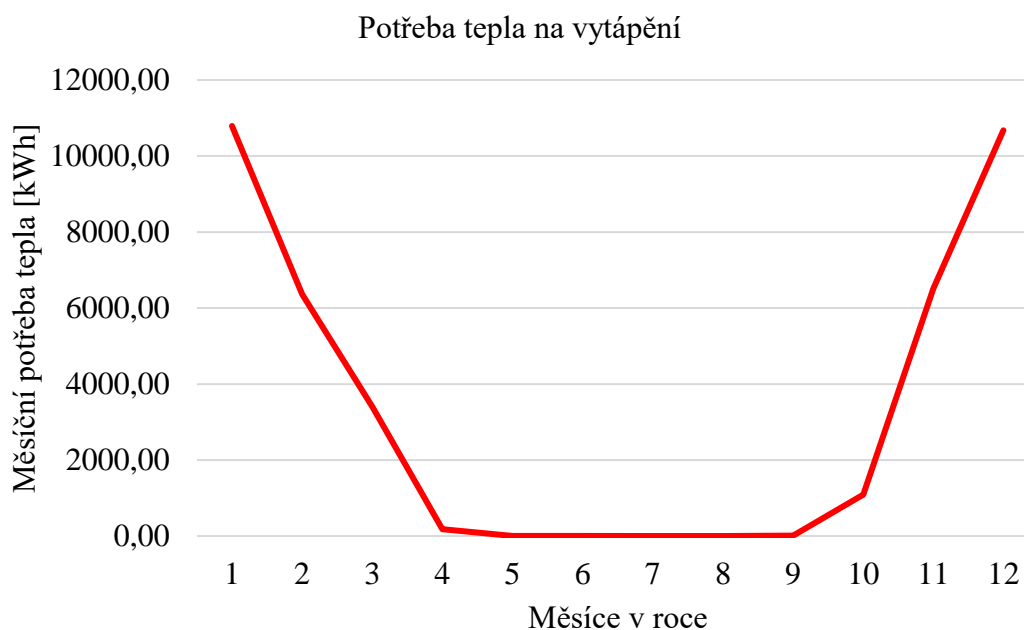
### 5.5.2 Výsledky výpočtu

Oproti první variantě se celkový tepelný tok objektu snížil o  $90,91 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$ . Z tohoto celkového tepelného toku mají největší podíl okna, a to  $365,71 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$ . Tepelný tok neprůsvitnými konstrukcemi činí  $355,5 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$ . Tepelný tok neprůsvitnými konstrukcemi činí  $355,5 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}$ . Tepelný tok větráním se opět nezměnil. Průměrný součinitel prostupu tepla se změnil na hodnotu  $0,272 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Budova je tak stále hodnocena jako úsporná.



**Graf 7** Tepelné toky – Varianta IV

Protože byla snížena celková plocha okenních otvorů, byly sníženy i solární zisky. To má za následek zvýšení celkové potřeby tepla na  $39\,031,89 \text{ kWh}\cdot\text{rok}^{-1}$ . Vydělením této hodnoty vytápěnou podlahovou plochou řešené zóny budovy dostaneme  $20,55 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ , což je více než  $20 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ . To znamená, že takto navržená budova nesplňuje požadavek na měrnou potřebu tepla na vytápění pro pasivní domy. Nadále však není potřeba budovu strojně chladit.



**Graf 8** Průběh měsíční potřeby energie na vytápění – Varianta IV

Podrobný výpočet je k dispozici v příloze č. 18.

## 5.6 Shrnutí

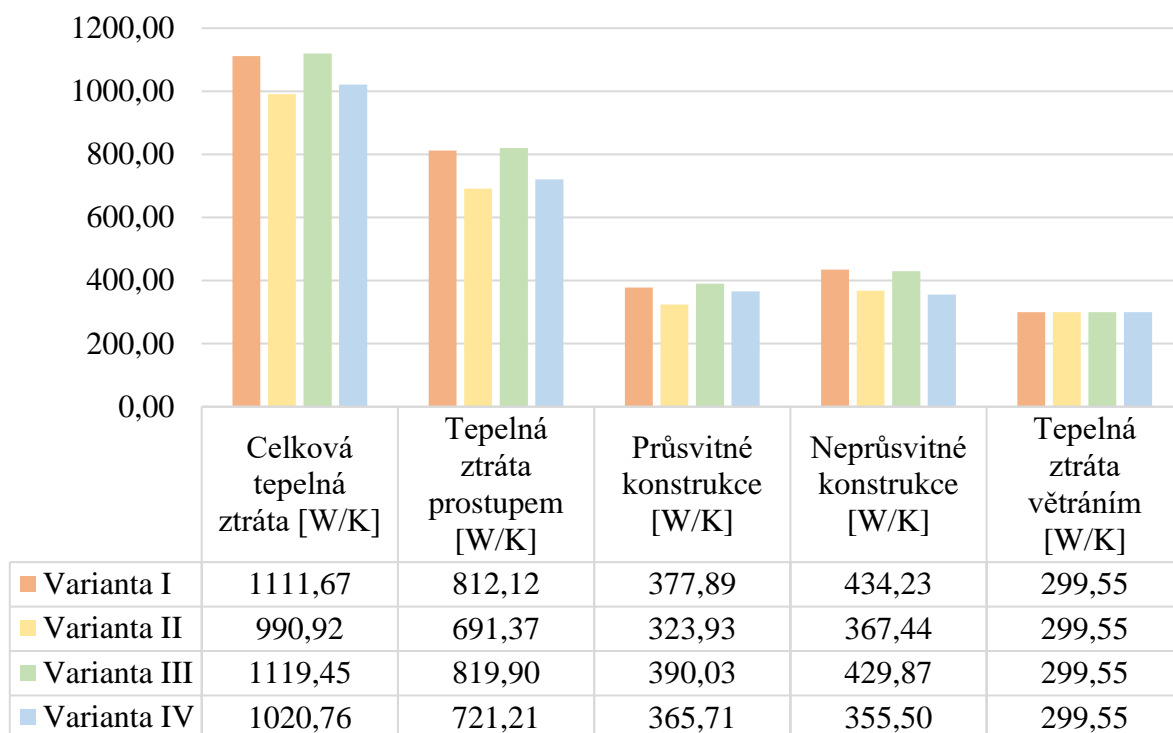
Výběr varianty, pro kterou bude dále posouzeno proslunění a denní osvětlení a pro kterou bude zhotovena část projektové dokumentace pro stavební povolení, je nutný rozhodnout na základě porovnání jednotlivých výsledků potřeby tepla na vytápění.

### 5.6.1 Tepelné ztráty

Tepelné ztráty se přímo odvíjí od plochy osvětlovacích otvorů. Varianta s nejvyšší plochou oken je zároveň variantou s nejvyšší tepelnou ztrátou, resp. s nejvyšším tepelným tokem. Ten najdeme ve variantě č. III a činí  $1119,45 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}$ . Naopak nejnižší celkovou tepelnou ztrátu řešené zóny najdeme ve variantě č. II, a to  $990,92 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Ve všech variantách po porovnání s požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2 [4] vychází, že je budova navržena jako úsporná. Nejvyšší a nejnižší průměrný součinitel prostupu tepla ( $0,279$  a  $0,262 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ ) najdeme u stejných variant jako nejvyšší a nejnižší tepelnou ztrátu.





**Graf 9** Porovnání tepelných toků jednotlivých variant

### 5.6.2 Potřeba tepla

Přestože má třetí varianta nejvyšší tepelnou ztrátu, její potřeba tepla na vytápění je ze všech variant nejnižší. To je způsobeno větší solární sběrnou plochou a tím vyššími solárními zisky, které snižují potřebu tepla. Ze stejného důvodu vychází druhá varianta nejhůře – malá plocha oken má za následek malé solární zisky a tím vyšší potřebu tepla na vytápění.

**Tabulka 10:** Porovnání potřeb tepla na vytápění

	Varianta I	Varianta II	Varianta III	Varianta IV
<b>Měrná potřeba tepla [kWh·m<sup>-2</sup>·rok<sup>-1</sup>]</b>	19,66	22,36	19,21	20,55
<b>Celková potřeba tepla [kWh·rok<sup>-1</sup>]</b>	37 342,24	42 468,40	36 488,34	39 031,89

Z tabulky je patrné, že druhá a čtvrtá varianta nesplňují požadavek na měrnou roční potřebu tepla na vytápění pro pasivní domy.

I když se plocha oken v první a poslední variantě zásadně neliší, jejich měrné potřeby mají už celkem výrazný rozdíl  $0,89 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ . Opět jde o následek rozdílné solární sběrné plochy.

Pro další výpočty a zhotovení projektové dokumentace pro stavební povolení byla na základě porovnání výsledků vybrána varianta č. III, a to z toho důvodu, že má nejnižší celkovou roční potřebu a měrnou roční potřebu tepla na vytápění, která splňuje požadavek na měrnou roční potřebu tepla na vytápění pro pasivní domy.

Jedná se však pouze o roční potřebu tepla obytné části budovy. Hodnota pro celou budovu včetně komerčních jednotek a vstupních prostorů v suterénu se bude lišit a je možné, že měrná roční potřeba tepla požadavek na pasivní domy nesplní. Budova však byla navržena tak, aby nedocházelo k nadměrným tepelným ztrátám a aby prosklené výkladní plochy na jižní straně budovy zajistily dostatek tepelných solárních zisků pro snížení celkové potřeby tepla.

Je ale otázkou, zda solární zisky v letním období nepřekročí kritickou hranici a nebude docházet k letnímu přehřívání, které by se muselo řešit systémem aktivního chlazení komerčních jednotek. V tom případě by se požadavek na měrnou roční potřebu energie na vytápění a chlazení pro pasivní domy posunul na hodnotu  $40 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ .

## 6. Denní osvětlení a proslunění bytů

### 6.1 Proslunění bytů

Podle ČSN 73 4301 [7], která se zabývá požadavky na obytné budovy, musí být všechny byty dostatečně prosluněny. Byt se považuje za prosluněný, splňuje-li požadavek na proslunění alespoň 1/3 podlahové plochy všech obytných místností. Aby místnost tento požadavek splnila, musí plocha jejích osvětlovacích otvorů tvořit alespoň 10 % podlahové plochy místnosti, jejich nejmenší rozměr nesmí být menší než 900 mm (pro otvory ve svislých stěnách – střešní okna se v diplomové práci nevyskytují) a musí být dne 1.3. prosluněny po dobu minimálně 90 minut.

Protože je ale objekt situován na pražském Chodově, může se projekt řídit podle Pražských stavebních předpisů [15], které v aktualizované podobě z roku 2018 požadavek na proslunění bytů ruší. Posouzení proslunění v této diplomové práci je tedy pouze informativní. Cílem práce však bylo zajistit dostatečné proslunění co největšího počtu bytů.

#### 6.1.1 Přehled výsledků

Výpočet doby proslunění kontrolních bodů na fasádě byl proveden v programu Building Design s nástavbou Sunlis 5.0 [42] od Astra MS Software. Do výpočtu byla zahrnuta okolní zástavba, jejíž poloha a rozměry byly převzaty z katastrální mapy. Natočení objektu vůči světovým stranám viz projektová dokumentace – výkres č. 3.

#### Značení v tabulce:

- $A_p$  ... podlahová plocha místnosti
- $A_o$  ... plocha osvětlovacích otvorů
- $\Sigma t$  ... celková doba proslunění
- $\Sigma A_{os}$  ... celková podlahová plocha prosluněných místností
- $1/3 A_p$  ... třetina podlahové plochy obytných místností bytu

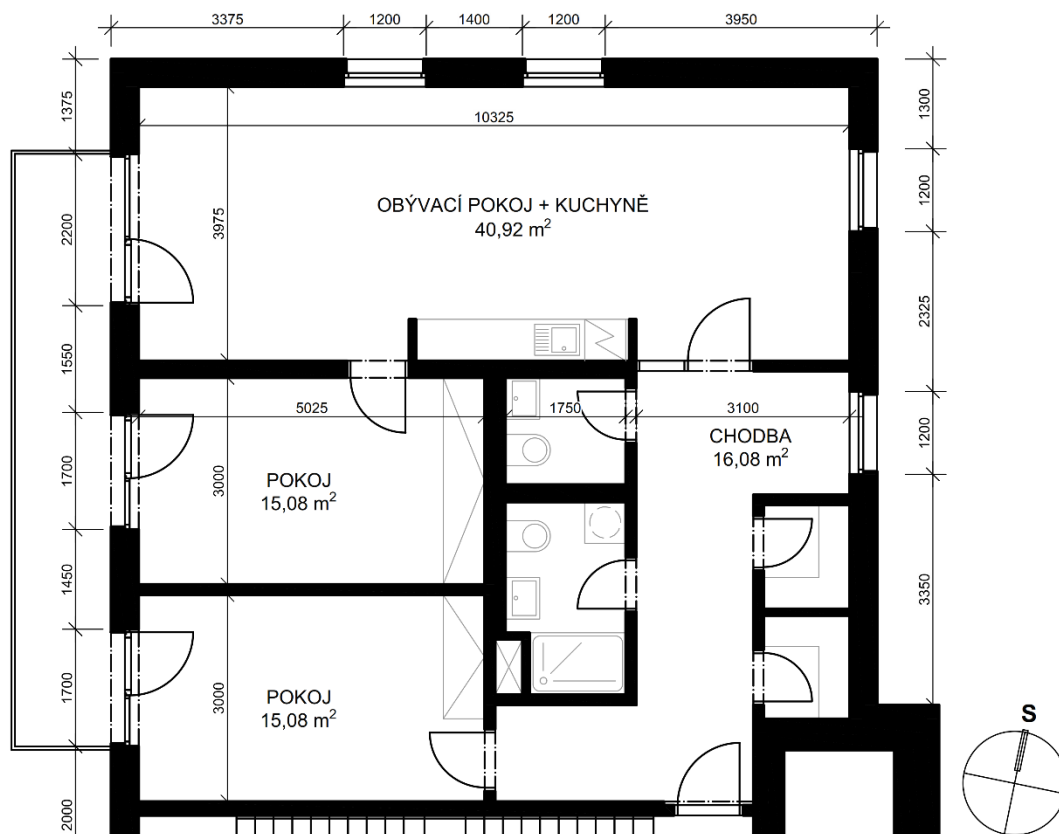
Tabulka 12a: Vyhodnocení proslunění – 1. část

Podlaží	Číslo bytu	Číslo místnosti	A <sub>p</sub>	A <sub>o</sub>	Σt	ΣA <sub>os</sub>	1/3 A <sub>p</sub>	Vyhodnocení
			m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	min	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
1. NP	101	101-3	25,09	8,76	42	0,00	12,71	NEVYHOVUJE
		101-4	13,04	2,82	0			
2. NP	201	201-4	31,46	9,06	0	23,49	18,32	VYHOVUJE
		201-7	10,94	2,82	272			
		201-8	12,55	2,82	272			
	202	202-5	14,93	5,64	583	52,74	17,58	VYHOVUJE
		202-7	14,92	5,55	459			
		202-8	22,89	7,51	361			
	203	203-3	21,43	7,51	387	35,27	11,76	VYHOVUJE
		203-4	13,84	5,55	522			
	204	204-3	21,43	7,51	309	35,27	11,76	VYHOVUJE
		204-4	13,84	5,55	491			
	205	205-3	21,43	7,51	314	35,27	11,76	VYHOVUJE
		205-4	13,84	5,55	459			
	206	206-4	20,97	7,51	314	34,81	11,60	VYHOVUJE
		206-5	13,84	5,55	459			
	207	207-3	21,43	7,51	361	35,27	11,76	VYHOVUJE
		207-4	13,84	5,55	459			
	208	208-4	20,97	7,51	387	34,81	11,60	VYHOVUJE
		208-5	13,84	5,55	521			
	209	209-2	12,17	2,82	128	43,66	14,55	VYHOVUJE
		209-5	31,49	15,13	459			
210	210-4	22,76	5,20	0	0,00	12,12	NEVYHOVUJE	
	210-5	13,60	2,82	0				
211	211-3	27,23	6,24	4	0,00	13,61	NEVYHOVUJE	
	211-4	13,60	2,82	52				
3. NP	301	301-4	31,46	9,06	0	23,49	18,32	VYHOVUJE
		301-7	10,94	2,82	272			
		301-8	12,55	2,82	272			
	302	302-5	13,84	10,92	547	51,65	17,22	VYHOVUJE
		302-7	14,92	5,55	459			
		302-8	22,89	7,51	314			
	303	303-3	21,43	7,51	361	35,27	11,76	VYHOVUJE
		303-4	13,84	5,55	459			
	304	304-3	21,43	7,51	387	35,27	11,76	VYHOVUJE
		304-4	13,84	5,55	522			
	305	305-3	21,43	7,51	309	35,27	11,76	VYHOVUJE
		305-4	13,84	5,55	491			
	306	306-4	20,97	7,51	361	34,81	11,60	VYHOVUJE
		306-5	13,84	5,55	459			

Tabulka 12b: Vyhodnocení proslunění – 2. část

Podlaží	Číslo bytu	Číslo místnosti	$A_p$	$A_o$	$\Sigma t$	$\Sigma A_{os}$	$1/3 A_p$	Vyhodnocení
			$m^2$	$m^2$	min	$m^2$	$m^2$	
3. NP	307	307-3	20,65	7,51	387	34,49	11,50	VYHOVUJE
		307-4	13,84	5,55	522			
	308	308-4	20,97	7,51	309	34,81	11,60	VYHOVUJE
		308-5	13,84	5,55	491			
	309	309-2	12,17	2,82	128	43,45	14,48	VYHOVUJE
		309-5	31,28	15,13	459			
	310	310-4	22,76	5,20	0	0,00	12,12	NEVYHOVUJE
		310-5	13,60	2,82	0			
311	311-3	27,23	6,24	143	40,83	13,61	VYHOVUJE	
	311-4	13,60	2,82	272				
4. NP	401	401-4	28,62	11,92	272	66,36	22,12	VYHOVUJE
		401-7	10,74	2,82	272			
		401-8	14,14	8,37	459			
		401-9	12,86	7,51	361			
	402	402-3	21,43	7,51	387	35,27	11,76	VYHOVUJE
		402-4	13,84	5,55	522			
	403	403-3	21,43	7,51	314	35,27	11,76	VYHOVUJE
		403-4	13,84	5,55	459			
	404	404-3	20,65	7,51	361	34,49	11,50	VYHOVUJE
		404-4	13,84	5,55	459			
	405	405-4	20,97	7,51	387	34,81	11,60	VYHOVUJE
		405-5	13,84	5,55	522			
	406	406-3	20,65	7,51	309	34,49	11,50	VYHOVUJE
		406-4	13,84	5,55	491			
	407	407-4	20,97	7,51	314	34,81	11,60	VYHOVUJE
		407-5	13,84	5,55	459			
408	408-2	12,17	2,82	128	43,45	14,48	VYHOVUJE	
	408-5	31,28	15,13	459				

Z tabulky je jasné, že požadavky nesplňují byty č. 101, 210, 211 a 310, tedy byty, které se nacházejí v severní části budovy u schodiště. Byty 101 a 211 jsou příliš stíněny samotnou stavbou, zatímco byty 210 a 310 jsou špatně orientovány vůči světovým stranám a situaci by nezlepšilo ani zvýšení plochy okenních otvorů. Řešením by mohla být změna dispozice, a to sloučení bytů 210 a 211 a také bytů č. 310 a 311. Vznikly by tak 2 byty s až 3 obytnými místnostmi, které by byly orientovány převážně na západ. Návrh dispozice je znázorněn na obrázku č. 28.



**Obr. 28** Případný návrh dispozice bytu 3+kk (1:100)

Developer však požaduje co největší počet bytů, které je možné prodat, proto se objevuje v projektové dokumentaci původní návrh se dvěma byty 2+kk.

Požadavek na proslunění splňuje celkem 27 bytů. Vyjádřeno v procentech je to až 87 % z celkového počtu bytů.

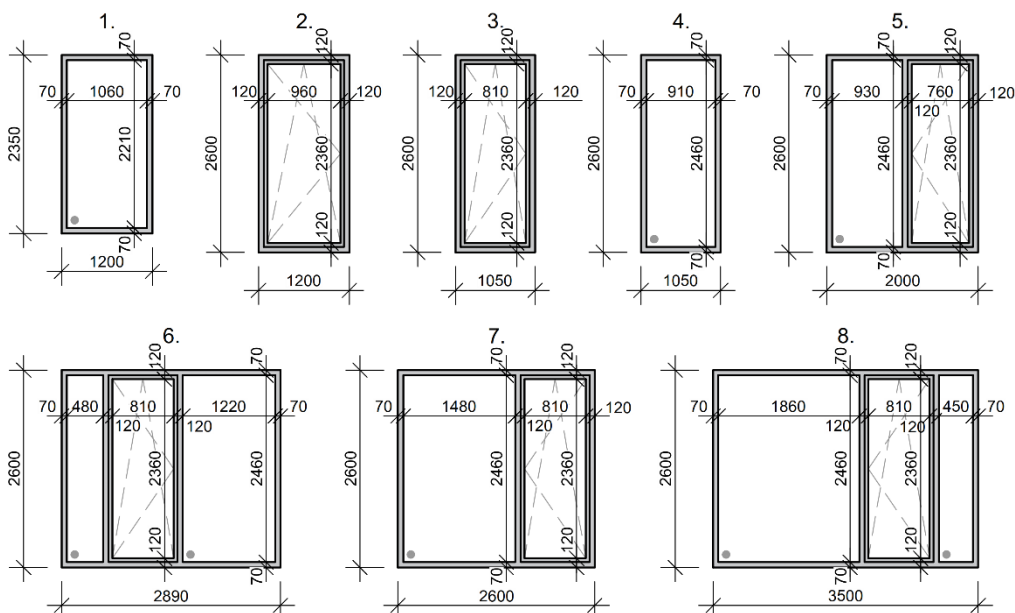
## 6.2 Denní osvětlení

Dále musí dle ČSN 73 4301 [7] všechny obytné místnosti bytů splnit požadavky na denní osvětlení. Požadavky jsou dány normou ČSN 73 0580-2 [5]. Činitel denní osvětlenosti se určuje pro 2 kontrolní body na srovnávací rovině ve výšce 0,85 m nad podlahou, vzdálených 1 m od stěn uprostřed hloubky místnosti, nejdále však 3 m od roviny osvětlovacího otvoru. Minimální hodnota činitele denní osvětlenosti při rovnoměrně zatažené obloze v zimě musí být minimálně 0,7 % a průměrná hodnota činitele denní osvětlenosti musí být minimálně 0,9 %. V případě, že by okna místnosti byla ve více stěnách, postačí, že požadavky splní jen jedna dvojice bodů.

## 6.2.1 Parametry výpočtu

Výpočet činitelů denní osvětlenosti obytných místností v kontrolních bodech byl proveden v programu Building Design s nástavbou Wdls 5.0 [43] od Astra MS Software. Do výpočtu byly zahrnuty okolní budovy, jejichž umístění a rozměry byly převzaty z katastrální mapy a jejich výška byla odhadnuta při návštěvě a prohlídce daného místa. Rozmístění a výšky stínících objektů je patrné z výkresu č. 3.

Nadmořská výška objektu	296 m n. m. → <i>tmavý terén</i>	
Činitel jasu stínících překážek	$k = 0,1$	
Činitel odrazu vnitřních povrchů	Podlaha	$\rho_{podlaha} = 0,30$
	Stěny	$\rho_{stěny} = 0,50$
	Strop	$\rho_{strop} = 0,70$
Koeficient prostupu zasklení	$\tau_s = 0,74$ (dle výrobce) [27]	
Koeficient konstrukce otvoru	$\tau_k = A_s/A_c$	(05)
$A_s$	... Čistá plocha zasklení	
$A_c$	... Plocha okenního otvoru včetně rámu	



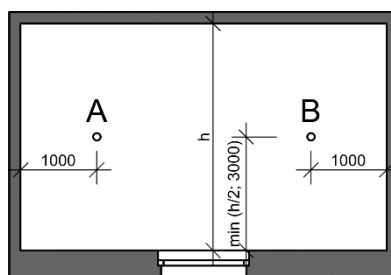
Obr. 29 Rozměry oken

Tabulka 12: Výpočet koeficientu konstrukce otvoru

Číslo	$A_c$ [m <sup>2</sup> ]	$A_s$ [m <sup>2</sup> ]	$\tau_k$ [-]
1	2,82	2,34	0,83
2	3,12	2,27	0,73
3	2,73	1,91	0,70
4	2,73	2,24	0,82
5	5,20	4,08	0,78
6	7,51	6,09	0,81
7	6,76	5,55	0,82
8	9,10	7,60	0,84

### 6.2.2 Přehled výsledků

Do tabulky byly zaznamenány činitelé denního osvětlení pro každou dvojici kontrolních bodů  $D_A$  a  $D_B$  a společně s průměrnou hodnotou  $\varnothing D_{AB}$  byly porovnány s normovými požadavky na minimální a průměrný činitel denního osvětlení.



Obr. 30 Umístění kontrolních bodů A a B vzhledem k osvětlovacímu otvoru

Tabulka 13a: Vyhodnocení denního osvětlení – 1. část

Podlaží	Číslo bytu	Číslo místnosti	Dvojice bodů	$D_A$	$D_B$	$\varnothing D_{AB}$	Vyhodnocení
				%	%	%	
1. NP	101	101-3	1.	0,50	0,70	0,60	NEVYHOVUJE
			2.	0,40	2,90	1,65	
		101-4	1.	1,40	1,20	1,30	VYHOVUJE
2. NP	201	201-4	1.	1,40	0,50	0,95	NEVYHOVUJE
			2.	0,60	1,10	0,85	
		201-7	1.	2,30	1,00	1,65	VYHOVUJE
		201-8	1.	1,40	1,30	1,35	VYHOVUJE



Tabulka 13b: Vyhodnocení denního osvětlení – 2. část

Podlaží	Číslo bytu	Číslo místnosti	Dvojice bodů	DA	DB	øDAB	Vyhodnocení
				%	%	%	
	202	202-5	1.	4,50	2,10	3,30	VYHOVUJE
			2.	1,80	5,30	3,55	
		202-7	1.	1,00	0,90	0,95	VYHOVUJE
			2.	4,40	0,40	2,40	
	202-8	1.	1,00	1,10	1,05	VYHOVUJE	
	203	203-3	1.	1,10	1,00	1,05	VYHOVUJE
		203-4	1.	1,10	1,10	1,10	VYHOVUJE
			2.	0,50	4,30	2,40	
	204	204-3	1.	1,00	1,00	1,00	VYHOVUJE
		204-4	1.	1,10	1,10	1,10	VYHOVUJE
			2.	0,50	4,30	2,40	
	205	205-3	1.	1,00	1,00	1,00	VYHOVUJE
		205-4	1.	1,10	1,10	1,10	VYHOVUJE
			2.	1,30	0,50	0,90	
	206	206-4	1.	1,00	1,00	1,00	VYHOVUJE
		206-5	1.	1,10	1,10	1,10	VYHOVUJE
			2.	4,30	0,50	2,40	
	207	207-3	1.	1,00	1,00	1,00	VYHOVUJE
		207-4	1.	1,20	1,40	1,30	VYHOVUJE
			2.	4,40	0,50	2,45	
208	208-4	1.	1,10	1,00	1,05	VYHOVUJE	
	208-5	1.	1,10	1,10	1,10	VYHOVUJE	
		2.	0,50	4,40	2,45		
209	209-2	1.	1,40	1,40	1,40	VYHOVUJE	
	205-5	1.	1,50	3,60	2,55	VYHOVUJE	
		2.	4,00	1,60	2,80		
210	210-4	1.	0,70	1,00	0,85	NEVYHOVUJE	
	210-5	1.	1,00	1,00	1,00	VYHOVUJE	
211	211-3	1.	0,60	0,50	0,55	NEVYHOVUJE	
	211-4	1.	0,80	0,90	0,85	NEVYHOVUJE	
3. NP	301	301-4	1.	3,30	0,90	2,10	VYHOVUJE
			2.	1,20	1,40	1,30	
		301-7	1.	1,70	1,50	1,60	VYHOVUJE
		301-8	1.	1,30	1,40	1,35	VYHOVUJE
	302	302-5	1.	2,70	2,40	2,55	VYHOVUJE
			2.	1,40	5,20	3,30	
		302-7	1.	1,00	0,90	0,95	VYHOVUJE
			2.	4,30	0,40	2,35	
302-8	1.	1,00	1,00	1,00	VYHOVUJE		

Tabulka 13c: Vyhodnocení denního osvětlení – 3. část

Podlaží	Číslo bytu	Číslo místnosti	Dvojice bodů	DA	DB	øDAB	Vyhodnocení
				%	%	%	
3. NP	303	303-3	1.	1,10	1,10	1,10	VYHOVUJE
		303-4	1.	1,20	1,10	1,15	VYHOVUJE
	2.		4,40	0,50	2,45		
	304	304-3	1.	1,10	1,10	1,10	VYHOVUJE
		304-4	1.	1,10	1,10	1,10	VYHOVUJE
	2.		0,50	4,40	2,45		
	305	305-3	1.	1,00	1,00	1,00	VYHOVUJE
		305-4	1.	1,10	1,20	1,15	VYHOVUJE
	2.		0,50	4,40	2,45		
	306	306-4	1.	1,10	1,10	1,10	VYHOVUJE
		306-5	1.	1,20	1,10	1,15	VYHOVUJE
	2.		4,40	0,50	2,45		
	307	307-3	1.	1,10	1,10	1,10	VYHOVUJE
		307-4	1.	1,10	1,10	1,10	VYHOVUJE
	2.		0,50	4,40	2,45		
	308	308-4	1.	1,00	1,00	1,00	VYHOVUJE
		308-5	1.	1,10	1,20	1,15	VYHOVUJE
	2.		0,50	4,40	2,45		
	309	309-2	1.	1,30	1,50	1,40	VYHOVUJE
		305-5	1.	1,60	3,60	2,60	VYHOVUJE
2.	3,70		1,60	2,65			
310	310-4	1.	1,20	1,40	1,30	VYHOVUJE	
	310-5	1.	1,00	1,00	1,00	VYHOVUJE	
311	311-3	1.	0,90	1,00	0,95	VYHOVUJE	
	311-4	1.	0,90	0,80	0,85	NEVYHOVUJE	
4. NP	401	401-4	1.	1,60	5,70	3,65	VYHOVUJE
			2.	6,70	3,00	4,85	
		401-7	1.	1,90	1,60	1,75	VYHOVUJE
		401-8	1.	2,40	1,90	2,15	VYHOVUJE
	401-9	1.	2,20	3,70	2,95	VYHOVUJE	
	402	402-3	1.	1,50	1,50	1,50	VYHOVUJE
		402-4	1.	1,20	1,30	1,25	VYHOVUJE
	2.		0,50	5,50	3,00		
	403	403-3	1.	1,30	1,30	1,30	VYHOVUJE
		403-4	1.	1,30	1,20	1,25	VYHOVUJE
	2.		5,20	0,50	2,85		
	404	404-3	1.	1,50	1,50	1,50	VYHOVUJE
		404-4	1.	1,30	1,20	1,25	VYHOVUJE
	2.		5,50	0,50	3,00		

Tabulka 13d: Vyhodnocení denního osvětlení – 4. část

Podlaží	Číslo bytu	Číslo místnosti	Dvojice bodů	D <sub>A</sub>	D <sub>B</sub>	∅D <sub>AB</sub>	Vyhodnocení
				%	%	%	
4. NP	405	405-4	1.	1,50	1,50	1,50	VYHOVUJE
		405-5	1.	1,20	1,30	1,25	VYHOVUJE
	2.		0,60	5,50	3,05		
	406	406-3	1.	1,20	1,30	1,25	VYHOVUJE
		406-4	1.	1,20	1,30	1,25	VYHOVUJE
	2.		0,50	5,30	2,90		
	407	407-4	1.	1,40	1,40	1,40	VYHOVUJE
		407-5	1.	1,30	1,20	1,25	VYHOVUJE
	2.		5,30	0,60	2,95		
	408	408-2	1.	1,50	1,40	1,45	VYHOVUJE
		408-5	1.	1,70	4,70	3,20	VYHOVUJE
	2.		3,10	1,60	2,35		

Z porovnání hodnot činitele denní osvětlenosti s požadavky vyplývá, že nevyhovuje až 6 obytných místností. U místnosti 101-3 je to způsobeno stíněním okolní zástavbou a balkonem nad tímto bytem. Balkóny jsou důvodem nevyhovujícího denního osvětlení také u místností 201-4, 210-4 a 211-3. Oknům v místnostech 211-4 a 311-4 stíní okolní zástavba.

### 6.3 Návrh opatření

Aby všechny místnosti vyhovovaly požadavkům na činitel denního osvětlení, je nutné navrhnout zlepšení. V žádném z případů nestačí zkrátit vyložení balkonů na minimum 1,2 m. Navíc nechceme snižovat užité plochy bytů, což znamená, že zkracování balkonů jako opatření ke zlepšení světelných podmínek nepřichází v úvahu. Proto byla u všech nevyhovujících místností zvýšena plocha okenních otvorů.

Vzhledem k tomu, že studie proslunění bytů byla pouze informativní a při posuzování bylo zjištěno, že všechny plochy osvětlovacích otvorů splňují podmínku desetiny podlahové plochy obytné místnosti, nemají výsledky z kapitoly 6.1 na návrh opatření žádný vliv.

Protože je v tomto projektu kladen důraz také na architekturu, týká se změna oken také některých místností, které požadavky na denní osvětlení splňují. Změněná okna jsou znázorněna na obr. 31 červenou barvou.



**Obr. 31**      *Návrh opatření pro zlepšení denního osvětlení*

V místnosti 101-3 byla rozšířena okna na západní straně, první okno z 1,2 na 1,5 m a druhé okno z 1,2 na 2,2 m. Další změna nastala u místností 201-4 a 301-4 a to rozšířením balkonových dveří na 2 m (viz východní pohled 2). Vzhledem k nedostatečnému dennímu osvětlení se musela rozšířit okna v celém bytě č. 211.

V ložnici (211-4) se okno rozšířilo na 1,5 m a balkonové dveře v obývacím pokoji (211-3) na 2,2 m. Z architektonických důvodů došlo ke stejnému rozšíření také v ložnicích 210-5, 310-5 a 311-4, ačkoliv tyto místnosti požadavky splňovaly. V obývacích pokojích 210-4 a 310-4 byly balkonové dveře rozšířeny na 2,5 m.

*Tabulka 14: Vyhodnocení navržených stavebních úprav*

Podlaží	Číslo bytu	Číslo místnosti	Dvojice bodů	DA	DB	$\varnothing D_{AB}$	Vyhodnocení
				%	%	%	
1. NP	101	101-3	1.	0,80	0,70	0,75	VYHOVUJE
			2.	3,00	0,80	1,90	
2. NP	201	201-4	1.	1,70	0,60	1,15	VYHOVUJE
			2.	0,80	1,20	1,00	
	210	210-4	1.	0,90	1,10	1,00	VYHOVUJE
		210-5	1.	1,20	1,20	1,20	VYHOVUJE
	211	211-3	1.	0,90	0,90	0,90	VYHOVUJE
		211-4	1.	0,90	0,90	0,90	VYHOVUJE
3. NP	301	301-4	1.	4,20	1,10	2,65	VYHOVUJE
			2.	1,70	1,50	1,60	
	310	310-4	1.	1,70	1,60	1,65	VYHOVUJE
		310-5	1.	1,20	1,20	1,20	VYHOVUJE
	311	311-3	1.	1,50	1,40	1,45	VYHOVUJE
		311-4	1.	1,10	1,00	1,05	VYHOVUJE

V takto navržené budově již všechny obytné místnosti splňují požadavky na denní osvětlení, které jsou dány normou ČSN 73 0580-2 [5].

Navržená opatření však mají vliv na roční energetickou bilanci. Celkový tepelný tok se zvýšil z  $1119,45 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}$  na  $1130,54 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}$  a průměrný součinitel prostupu tepla se zvýšil z  $0,279 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$  na  $0,283 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ . Budova je ale stále hodnocena jako úsporná a s roční potřebou tepla  $36\,710,50 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1}$  a měrnou roční potřebou tepla na vytápění  $19,33 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$  (zhoršení o  $0,12 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ ) splňuje požadavek na pasivní domy. Podrobný výpočet roční energetické bilance výsledné varianty doplněné o opatření z této kapitoly je s výsledky k dispozici v elektronické verzi této diplomové práce na příloženém CD.

## Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout takovou budovu, která splní požadavek na měrnou roční potřebu tepla na vytápění pro pasivní domy. Tento požadavek splnily hned dvě varianty. I tak se ale měrná roční potřeba tepla pohybuje jen mírně pod požadovanou hranicí  $20 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Proto je nutné konstatovat, že splnit tyto hodnoty u tak členité budovy je celkem obtížné.

Varianty, které požadavek splnily, měly sice v porovnání s ostatními vyšší celkovou tepelnou ztrátu, na druhou stranu však měly vyšší solární zisky, a to i přes to, že se plocha okenních otvorů zásadně nelišila. Zde je vidět, že i malé zvětšení sběrné solární plochy zejména na jižní straně budovy má celkem velký vliv na celkovou roční potřebu tepla. Dalším postupem by tak mohlo být další zvětšování okenních otvorů a nalezení takové hranice, kdy ještě dochází ke snižování potřeby tepla na vytápění a zároveň není potřeba využívat aktivní chlazení.

Dále se práce zabývala posouzením dělicích konstrukcí z hlediska vzduchové a kročejové neprůzvučnosti. Jednalo se zejména o mezibytové stěny a stropy a další konstrukce, které oddělují různé provozy – např. byt a komerční jednotka nebo byt a domovní chodba. Všechny konstrukce byly navrženy tak, aby z hlediska zvukové izolace vyhověly požadavkům, které jsou dány normou.

Co se týče proslunění jednotlivých bytů, budova požadavky nespĺňuje a tím pádem, pokud by byla plánována kdekoli jinde v České republice, neměla by vůbec dostat stavební povolení. Protože je ale projekt umístěn na území hlavního města Prahy, kde platí nařízení o pražských stavebních předpisech, který požadavek na proslunění bytů ruší, je možné takovou budovu postavit. Celkem je dostatečně prosluněno 87 % bytů. To znamená, že by budova splňovala požadavek i v tom případě, že by stále platila původní verze pražských stavebních předpisů z roku 2016, která udává, že musí být dostatečně prosluněno alespoň 80 % z celkového počtu navrhovaných bytů.

Poslední posouzení se týkalo denního osvětlení. Varianta vybraná na základě roční potřeby tepla nespĺňovala požadavky na hodnoty činitelů denního osvětlení v 6 obytných místnostech. Po navržení a posouzení stavebních úprav už požadavky splňovaly všechny obytné místnosti. Zvětšením některých oken však došlo ke zhoršení měrné roční potřeby tepla na vytápění na  $19,33 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Budova je ale stále hodnocena jako pasivní.

## Seznam zdrojů

### Seznam použitých norem a předpisů

- [1] ČSN 01 3420 (013420), *Výkresy pozemních staveb – kreslení výkresů stavební části*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004
- [2] ČSN 73 0532 (730532), *Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a související akustické vlastnosti stavebních výrobků – Požadavky*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010
- [3] ČSN 73 0540-1 (730540), *Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005
- [4] ČSN 73 0540-2 (730540), *Tepelná ochrana budov. Část 2: Funkční požadavky*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011
- [5] ČSN 73 0580-2 (730580), *Denní osvětlení budov – Část 2: Denní osvětlení obytných budov*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007
- [6] ČSN 73 4130 (734130), *Schodiště a šikmé rampy – Základní požadavky*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010
- [7] ČSN 73 4301 (734301), *Obytné budovy*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004
- [8] ČSN 73 6058 (736058), *Jednotlivé, řadové a hromadné garáže*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011
- [9] ČSN EN 1991-1-1 (730035), *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004
- [10] ČSN EN 1991-1-3 (730035), *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004
- [11] ČSN EN 1992-1-1 (731201), *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006

- [12] ČSN EN ISO 52016-1 (730336), *Energetická náročnost budov – Energie potřebná pro vytápění a chlazení vnitřních prostor a citelné a latentní tepelné zatížení – Část 1: Postupy výpočtu*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018
- [13] TNI 73 0330 (730330), *Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Bytové domy*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010
- [14] TNI 73 6077 (746077), *Okna a vnější dveře – Požadavky na zabudování*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018

### **Seznam použitých nařízení, vyhlášek a zákonů**

- [15] Nařízení č. 14/2018 Sb. hl. m. Prahy ze dne 24. října 2018, Nařízení, kterým se mění nařízení hlavního města Prahy č. 10/2016 Sb. hl. m. Prahy, kterým se stanovují obecné požadavky na využívání území a technické požadavky na stavby v hlavním městě Praze (pražské stavební předpisy)
- [16] Vyhláška č. 78/2013 Sb., ze dne 22. března 2013 o energetické náročnosti budov
- [17] Vyhláška č. 268/2009 Sb., ze dne 12. srpna 2009 o technických požadavcích na stavby
- [18] Vyhláška č. 499/2006 Sb., ze dne 5. listopadu 2006 o dokumentaci staveb
- [19] Zákon č. 100/2001 Sb., ze dne 20. března 2001, o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí)

### **Seznam použité literatury**

- [20] *Katalog stavebnin DEK 2018*, DEK a.s.
- [21] REMEŠ, Josef. *Stavební příručka: to nejdůležitější z norem, vyhlášek a zákonů. 2., aktualizované vydání*, Praha: Grada, 2014. Stavitel. ISBN 978-80-247-5142-9.



## Seznam internetových zdrojů a firemních podkladů

- [22] *Katastrální mapa hl. m. Prahy* [online]. Český úřad zeměměřický a katastrální, [vid. 2018-12-9]. Dostupné z:  
<http://sgi-nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&MarExtent=-990320.44597457629%20-1239836%20-346646.55402542371%20-923033&MarWindowName=Marushka>
- [23] *Projekční podklady pro venkovní žaluzie Venal F80(50)* [online]. Metalplastcz, [vid. 2018-11-10]. Dostupné z:  
<http://www.metalplastcz.cz/produkty/stineni/fasadni-zaluzie/venal-f80-50>
- [24] *Projekční podklady pro výtah SCHINDLER S3300* [online]. Schindler CZ, a.s., [vid. 2018-11-05]. Dostupné z:  
<https://www.schindler.com/cz/internet/cs/mobilni-reseni/produkty/vytahy/schindler-3300.html>
- [25] *Stránka produktu Aerogel* [online]. PROPASIV s.r.o. [vid. 2018-11-15]. Dostupné z: <https://www.izolace-aerogel.cz/vlastnosti.html>
- [26] *Stránka produktu Akustické tvárnice SILKA S20-2000* [online]. XELLA GROUP [vid. 2018-10-29]. Dostupné z:  
<https://www.ytong.cz/vapenopiskove-tvarnice-silka.php>
- [27] *Stránka produktu Hliníková okna Exclusiv HI 72* [online]. Okna.EU [vid. 2018-07-25]. Dostupné z: <https://www.okna.eu/exclusiv-hi-72>
- [28] *Stránka produktu Isover EPS 150* [online]. Divize ISOVER, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., [vid. 2018-07-15]. Dostupné z:  
<https://www.isover.cz/produkty/isover-eps-150>
- [29] *Stránka produktu Isover EPS RigiFloor 4000* [online]. Divize ISOVER, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., [vid. 2018-07-15]. Dostupné z:  
<https://www.isover.cz/produkty/isover-eps-rigifloor-4000>
- [30] *Stránka produktu Isover EPS NF 333* [online]. Divize ISOVER, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., [vid. 2018-07-15]. Dostupné z:  
<https://www.isover.cz/produkty/isover-nf-333>
- [31] *Stránka produktu Isover Styrodur 5000 CS* [online]. Divize ISOVER, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., [vid. 2018-07-15]. Dostupné z:  
<https://www.isover.cz/produkty/styrodur-5000-cs>

- [32] *Stránka produktu Isover TF Profi* [online]. Divize ISOVER, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s., [vid. 2018-07-15]. Dostupné z:  
<https://www.isover.cz/produkty/isover-tf-profi>
- [33] *Stránka produktu Schöck Tronsole Typ F* [online]. Schöck International [vid. 2018-11-04]. Dostupné z: <https://www.schoeck-wittek.cz/cs/tronsole-typ-f>
- [34] *Stránka produktu Schöck Tronsole Typ L* [online]. Schöck International [vid. 2018-11-04]. Dostupné z: <https://www.schoeck-wittek.cz/cs/tronsole-typ-l>
- [35] *Stránka produktu Štěrk z pěnového skla fr. 16-32 mm* [online]. REFAGLASS s.r.o. [vid. 2018-07-15]. Dostupné z:  
<https://www.refaglass.cz/penove-sklo/penove-sklo-sterk/zrnitost-16-32mm/>
- [36] *Stránka produktu Tvárnice pro nenosné stěny YTONG P2-500* [online]. XELLA GROUP [vid. 2018-10-30]. Dostupné z:  
<https://www.ytong.cz/presne-prickovky.php>
- [37] *Stránka produktu Vakuová izolace Vacupor RP-B2-S* [online]. PROPASIV s.r.o. [vid. 2018-07-20]. Dostupné z: <https://www.izolace-vakuova.cz/vacupor-rp-b2-s>
- [38] *Stránka produktu Vstupní hliníkové dveře Reynaers CS 104* [online]. Reynaers [vid. 2018-07-25]. Dostupné z: <https://www.reynaers.cz/cs-CZ/products/cs-104-0>
- [39] *Zadání diplomové práce, komerční stránka projektu Rezidence ALBA* [online]. RS development s.r.o. [vid. 2018-10-30]. Dostupné z:  
<http://www.rezidencealba.cz/>

### **Seznam použitých programů**

- [40] *AREA 2017 EDU, Freeware*, doc. Dr. Ing. Zbyněk Svoboda, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, katedra konstrukcí pozemních staveb
- [41] *AutoCAD 2019, studentská verze*, Autodesk, Inc
- [42] *Building design s nástavbou Sunlis 5.0 - Výpočet proslunění obytných budov*, ASTRA MS Software s.r.o.
- [43] *Building design s nástavbou Wdls 5.0 - Výpočet denního osvětlení*, ASTRA MS Software s.r.o.
- [44] *Neprůzvučnost 2010, licence: Fakulta stavební ČVUT v Praze, katedra konstrukcí pozemních staveb*, K-CAD
- [45] *TEPLO 2017*, doc. Dr. Ing. Zbyněk Svoboda, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, katedra konstrukcí pozemních staveb