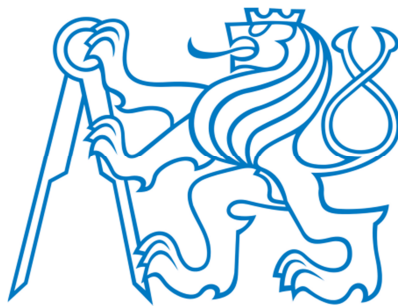


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**Analýza postupů BIM v projektu  
vzduchotechniky zpracovaném nástrojem Revit**

**DIPLOMOVÁ PRÁCA**

**Bc. Vladimír Kontuř**

**Vedúci diplomovej práce : Ing. Daniel Adamovský, Ph.D.**

**Praha, 2017/2018**



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kontul Jméno: Vladimír Osobní číslo: 410800

Zadávací katedra: Katedra technických zařízení budov

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Analýza postupů BIM v projektu vzduchotechniky zpracovaném nástrojem Revit

Název diplomové práce anglicky: Analysis of BIM procedures in design of a ventilation system using Revit

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte prováděcí projekt systému vzduchotechniky administrativní budovy podle standardů BIM. Navrhněte jednotlivé součásti a zpracujte výkresovou část.

Zpracujte řešení vysvětlující využití systému Building Information Modeling (BIM) pro projekty vzduchotechniky. Připravte jednodušší model systému. Analyzujte na modelu dílčí návrhové postupy, které užívá nástroj Revit a porovnejte je s postupy danými národními a evropskými předpisy. Popište slabá místa dnešního řešení.

Seznam doporučené literatury:

Černý, M. BIM Příručka, Czech BIM Council, 2013

Jméno vedoucího diplomové práce: Daniel Adamovský

Datum zadání diplomové práce: 2.10.2017

Termín odevzdání diplomové práce: 7.1.2018

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 nutně 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“.*

3.10.2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## **Prehlásenie**

Prehlasujem, že svoju diplomovú prácu na tému *Analýza postupů BIM v projekte vzducho-techniky zpracovaném nástrojem Revit* som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho diplomovej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky uvedené v zozname na konci práce.

V Prahe dňa: 7. 1. 2018

.....

(podpis autora)

## **Pod'akovanie**

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce Ing. Danielovi Adamovskému, Ph.D. za metodickú, pedagogickú a odbornú pomoc, cenné rady a trpezlivosť pri vypracovaní mojej diplomovej práce.

# Obsah

<b>Obsah</b> .....	<b>1</b>
<b>Anotácia</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Úvod</b> .....	<b>4</b>
1.1. Uplatnenie BIMu .....	5
1.1.1. Investori .....	5
1.1.2. Architekti .....	5
1.1.3. Projektant stavebnej časti.....	5
1.1.4. Dodávateľ .....	6
1.2. Výhody a nevýhody používania BIM .....	6
<b>2. Použité postupy pre výpočet tepelnej zát'aže a strát</b> .....	<b>8</b>
2.1. RTS metóda .....	8
2.1.1. Výpočet tepelnej zát'aže podľa RTS .....	8
2.1.1.1. Tepelné zisky z vonkajších zdrojov .....	10
2.1.1.1.1. Tepelné zisky vedením cez obvodové konštrukcie .....	10
2.1.1.1.2. Tepelné zisky okennými výplňami otvorov.....	11
2.1.1.1.3. Tepelné zisky podlahami .....	11
2.1.1.2. Tepelné zisky z vnútorných zdrojov podľa RTS metódy .....	12
2.1.1.2.1. Tepelné zisky z osvetlenia .....	12
2.1.1.2.2. Tepelné zisky od ľudí.....	12
2.1.1.2.3. Tepelné zisky zo zariadení.....	12
2.1.1.2.4. Tepelné zisky infiltráciou.....	12
2.1.1.3. Rozdelenie ziskov na radiačnú a konvektívnu zložku .....	13
2.1.1.4. Celková tepelná zát'až.....	14
2.1.2. Tepelná strata.....	14
2.2. ČSN 73 0548.....	15
2.3. ČSN EN 12831 .....	16
<b>3. Tvorba modelu pomocou nástroja Revit</b> .....	<b>17</b>
3.1. Stavebný model .....	17
3.1.1. Popis modelu .....	17
3.1.2. Použité konštrukcie a ich popis .....	18
3.2. Výpočtový model .....	20
3.2.1. Popis modelu .....	20
3.2.2. Tvorba priestorov .....	20
3.2.3. Tvorba zón.....	22
3.2.4. Okrajové podmienky.....	23
<b>4. Výsledky výpočtu tepelných strát</b> .....	<b>26</b>
4.1. Výsledky výpočtu pomocou RTS metódy .....	26
4.2. Výsledky výpočtu podľa ČSN EN 12831 .....	27
4.3. Analýza výsledkov a diskusia.....	27
<b>5. Výsledky výpočtu tepelnej zát'aže</b> .....	<b>32</b>
5.1. Výsledky výpočtu pomocou RTS metódy .....	32
5.2. Výsledky výpočtu pomocou ČSN EN 73 0548 .....	33

5.3. Analýza výsledkov a diskusia.....	33
<b>6. Záver.....</b>	<b>35</b>
<b>7. Zoznam použitých zdrojov, software, obrázkov, tabuliek a príloh.....</b>	<b>36</b>
7.1. Použité zdroje .....	36
7.2. Použitý software .....	37
7.3. Zoznam obrázkov .....	37
7.4. Zoznam tabuliek .....	37
7.5. Zoznam príloh.....	38

## **Anotácia**

Táto diplomová práca sa zameriava na problematiku BIMu a jej použitie v projekčnej praxi. Práca je rozdelená na časť popisujúcu použitie nástroja Revit pre výpočet tepelných strát resp. tepelných ziskov a časť, v ktorej je spracovaná dokumentácia pre realizáciu stavby v časti vzduchotechnika v administratívnej budove. Výsledky získané nástrojom Revit sú ďalej porovnávané s výsledkami získanými výpočtami podľa projekčného štandardu v ČR a teda s výsledkami výpočtu podľa ČSN 730548 a ČSN EN 12831. Diskusia získaných výsledkov vedie k záveru práce, ktorý sa venuje popisu použiteľnosti výpočtov pomocou nástroja Revit v projekčnej praxi v ČR.

klúčové slová: tepelná záťaž, tepelný zisk, výpočet, Revit, BIM, vzduchotechnika, projekt

## **Annotation**

This diploma thesis focuses on BIM problematics and use of BIM and its tools for designing project of building services. This thesis consist of two main parts. First part describes use of tool Revit for heating and cooling loads calculations. Results of calculations obtained by this tool are then compared to results of calculation obtained by using project standard in Czech Republic. Conclusion of thesis describes potential use of tool Revit for designing of building services projects in Czech Republic. Second part of thesis contains project documentation of ventilation in administration building.

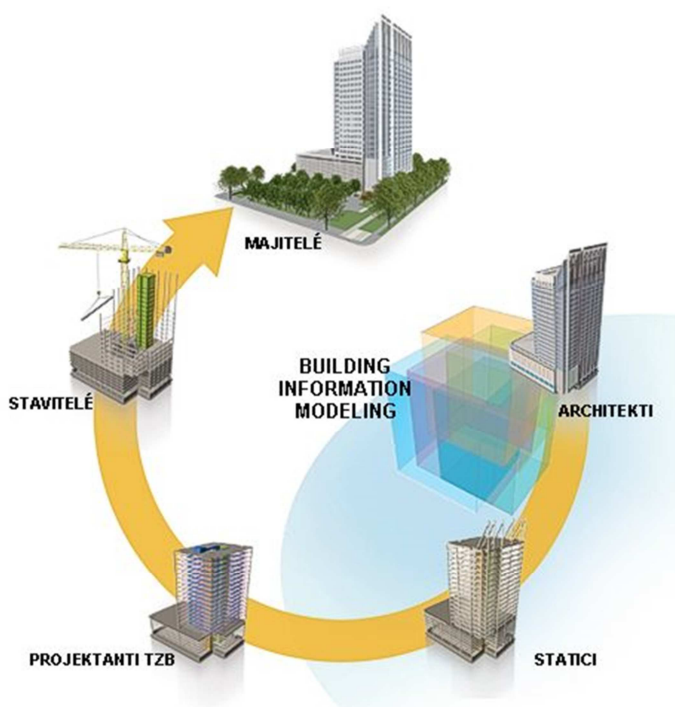
keywords: heating load, cooling load, calculation, Revit, BIM, ventilation, project

# 1. Úvod

Building Information modeling (BIM – informačný model budovy) je moderný, inteligentný proces pre tvorbu a správu projektov založený na modeli. Uľahčuje výmenu informácií v rámci procesu návrhu projektu, výstavby a užívania budovy. Umožňuje tvoriť a spracovávať projekty pozemných a inžinierskych stavieb a to rýchlejšie, ekonomickejšie a s nižším dopadom na životné prostredie. BIM softvér od spoločnosti Autodesk, ktorým je táto práca spracovaná, ponúka široké portfólio riešení pre návrh, vizualizácie, simulácie a spoluprácu vychádzajúcu z obsahovo bohatých informácií inteligentného modelu. Umožňuje tak lepšie, informovanejšie rozhodovanie a odstraňuje prekážky v procesoch stavebníctva. (1)

Použitie technológie BIM umožňuje vytvoriť veľmi presný, virtuálny model budovy (informačný model budovy). Po dokončení procesu tvorby modelu sa nám do rúk dostáva virtuálny objekt, ktorý obsahuje presný popis geometrie celej budovy, dáta dôležité pre optimalizáciu návrhu budovy, výrobu a dodávku jednotlivých dielcov a technológie potrebné pre úspešné realizovanie výstavby. Informačný model budovy charakterizuje geometriu budovy, priestorové nadväznosti jednotlivých celkov budovy, výkazy výmer a vlastností jednotlivých komponent budovy, cenu stavby a jej častí a v neposlednom rade aj geografické dáta a teda informácie o polohe budovy spolu s údajmi, ktoré sú potrebné pre rôzne ďalšie analýzy ako napríklad analýza oslnenia povrchu budovy.

Na BIM je možné sa dívať aj ako na model, ktorý v sebe zahŕňa všetky profesie a všetkým, ktorý majú vplyv na tvorbu návrhu budovy (investor, architekti, stavbári, dodávateľia, subdodávateľia) umožňuje spolupracovať a zvyšovať efektívnosť tvorby projektu budovy viac ako len za použitia tradičných procesov. Ako tradičné procesy sa rozumie tvorba klasických 2D výkresov a čiarových schém pomocou CAD technológie. (2)



**Obrázok 1:** Cyklus informačného modelu budovy (1)



## **1.1. Uplatnenie BIMu**

### **1.1.1. Investori**

Investor sa z hľadiska časovej postupnosti nachádza na začiatku procesu návrhu stavby. Prichádza od neho počiatočné zadanie a špecifikácia budovy. Ak sa investor rozhodne, tak môže od projekčnej firmy požadovať spracovanie projektu budovy technológiou informačného modelovania. Použitie BIM pre investora prináša rôzne výhody. Medzi hlavné výhody patrí hlavne priebežné kontrolovanie stav projektu. Dáta o stavbe samotnej môžu byť pripravené už v dohodnutom a predom definovanom formáte a teda je možné postupne nechať vypracovávať rôzne posudky a kontrolné analýzy. Toto je možné hlavne preto, lebo vstupné dáta sú počas tvorby projektu postupne spresňované a upravované ale analytický model budovy sa nemení a teda nie je nutné ho znovu pri každej analýze vytvárať. (3)

### **1.1.2. Architekti**

Dá sa povedať, že v dnešnej dobe už skoro všetci architekti používajú BIM a mnohí z nich o tom ani nemusia vedieť. Základným prvkom BIMu je použitie prostého 3D geometrického modelu budovy, ktorý si architekti vytvárajú pri každom projekte ako prostriedok slúžiaci pre vizualizáciu a prezentáciu návrhu.

Rozdiel medzi prostým 3D modelom a BIM modelom je len v použitých modelovacích nástrojoch. Tvorenie 3D modelu bez použitia BIM technológie využíva tvorbu geometrie modelu pomocou skladania priestorových bodov, hrán, plôch, čiar alebo priestorových telies. Ak pri tvorbe modelu využijeme informačné modelovanie budovy, tak samotná „stavba“ vzniká z prvkov ako je stena, doska, trám, strecha atď., pri ktorých je možné definovať ďalšie vlastnosti (napríklad materiál, výrobcu a cenu). Každý takto vytvorený prvok je zaradený do hierarchickej štruktúry, ktorá umožňuje prvok presne lokalizovať. Prvok tak obsahuje informácie o umiestnení v danej miestnosti, miestnosť má v sebe informáciu o podlaží na ktorom sa nachádza, podlažie je ďalej priradené ku konkrétnej budove a budova pozemku.

BIM architektom umožňuje vyhodnocovať viac možností riešenia v rámci jedného návrhového modelu a tým zefektívniť návrhový proces. Potrebná projektová dokumentácia je automaticky generovaná priamo z modelu a umožňuje architektom tráviť viac času v prospech kvalitného návrhu stavby. (4)

### **1.1.3. Projektant stavebnej časti**

Ak projektant stavebnej časti dostane od architekta pripravený 3D model, tak sa do projektantových rúk dostáva k spracovaniu model plný podstatných informácií o geometrii stav-

by. Takto sa nemôže stať, že kvôli nepochopeniu výkresov alebo nedostatočnej predstavivosti projektanta, vznikne projekt odlišný od pôvodne zamýšľaného. Návrh stavby pomocou čitateľného 3D modelu je dobrým podkladom pre ďalšie spracovanie projektantom. Úlohou projektanta je podrobiť model analýze realizovateľnosti stavby, doplniť špecifické vlastnosti jednotlivých prvkov a vyriešiť detaily a kolízie nadväzujúcich konštrukcií. Toto môže znamenať aj zásahy do už navrhutej geometrie stavby, ale vďaka nástrojom BIMu je jednoduché tieto zmeny konzultovať s architektom a dohodnúť potrebné úpravy geometrie stavby.

Použitie informačného modelu budovy znamená generovanie výkresovej dokumentácie priamo z 3D modelu, čím sa úplne obchádza proces vytvárania 2D výkresov. Pôdorysný výkres nie je generovaný len ako pohľad zhora na podlažie ale je vytváraný na základe informácií o jednotlivých prvkoch a ich vlastnostiach zobrazenia. Toto platí aj o dokumentoch ako je napríklad výkaz výmer materiálov alebo prvkov, ktoré sú automaticky generované podľa prvkov a materiálov obsiahnutých v projekte. (4)

#### **1.1.4. Dodávateľ**

Vypracovanie presného modelu budovy má prínos pre všetkých zúčastnených na projekte. Takto vypracovaný model dovoľuje ľahší a rýchlejší proces výstavby, ktorý šetrí čas, potrebné financie a obmedzuje vznik chýb a kolízií. To ako detailne má byť model vypracovaný závisí na funkcii, ktorú ma taký model spĺňať. Napríklad vysoko detailný model, ktorý obsahuje výkazy výmer jednotlivých materiálov a prvkov je vhodný najmä k cenovému ohodnoteniu stavby čo je pre dodávateľa dôležitým údajom potrebným pre vytvorenie vhodnej cenovej ponuky a získaniu zákazky. Menej detailný model je vhodný hlavne pre 4D analýzu (výstavba v čase) ale musí obsahovať informácie o dočasných konštrukciách použitých pri samotnej výstavbe (napríklad umiestnenie lešenia a trvanie jeho nasadenia kvôli zisteniu dĺžky prenájmu). Model taktiež musí obsahovať informácie o časovom slede jednotlivých prací a taktiež rozdelenie budovy na stavebné úseky. (3)

## **1.2. Výhody a nevýhody používania BIM**

V predchádzajúcich častiach tejto práce bol popísaný BIM, jeho používanie a správanie v rámci tvorby projektovej dokumentácie. Jednotlivé výhody a nevýhody sa dajú zhrnúť do nasledujúcich bodov:

- Výhody:      zvýšenie produktivity práce,
- úspora času a materiálu,
- eliminácia chýb,
- kontrola nad celým projektom.

Nevýhody: nutná zmena myslenia a priebehu práce projektantov,  
cena licencovaného softvéru,  
väčší dôraz na koordináciu ,  
zásoba kvalitných, detailne spracovaných knižníc BIMu.

Ako je vidieť na výhodách a nevýhodách popísaných vyššie, BIM dokáže efektívne zvýšiť produktivitu a ušetriť náklady. Už v rámci prípravy projektovej dokumentácie je možné odstraňovať veľké množstvo kolízií a tým uľahčiť priebeh výstavby projektu. Medzi nevýhodami bola uvedená zmena spôsobu myslenia a priebehu práce projektantov. Prechod z BIM na CAD aplikácie je náročnejší ako prechod z rysovacej dosky na CAD. Keď projektanti prechádzali z ručného rysovania na CAD systém jednalo sa len o zmenu ceruzky na elektronickú ceruzku. Spôsob práce a rysovania bol rovnaký. Prechod z BIM vyžaduje komplexnejší pohľad na projektovanie, je kladený dôraz na koordináciu a pripravenosť knižníc pred projektom a spôsob nakladania s knižnicami. Súčasťou prechodu z CAD do BIM je potreba vytvorenia novej pracovnej pozície BIM manažéra, respektíve koordinátora BIM. Túto pozíciu obsadí človek, ktorý sa orientuje v IT odbore a zároveň aj v projekčnej činnosti. Vďaka týmto vlastnostiam dokáže BIM manažér efektívne koordinovať celý tím používajúci BIM a zvýšiť efektivitu celej projekčnej tvorby. (5)

## 2. Použité postupy pre výpočet tepelnej záťaže a strát

### 2.1. RTS metóda

Názov metódy je odvodený z anglického Radiant Time Series. Metóda je zadaná v ASHRAE 2005 Handbook of Fundamentals.

Popis a výpočet pomocou tejto metódy bol zvolený kvôli použitiu výpočtov pomocou nástroja Revit a analyzovania použiteľnosti výpočtov a ich výsledkov pre projekčnú prax v ČR.

#### 2.1.1. Výpočet tepelnej záťaže podľa RTS

Výpočet tepelnej záťaže pre určitý návrhový deň vychádza z predpokladu periodicky sa opakujúcich okrajových podmienok, ktoré sú uvažované pre tento daný návrhový deň. Okrajové podmienky ako napríklad počasie, obsadenosť, solárne zisky atď. sa opakujú každých 24h pred nami uvažovaným návrhovým dňom. (6) To znamená, že ak nami uvažovaný výpočtový deň je 21.7 a pre tento deň sú známe vstupné hodnoty pre určitú hodinu, tak tieto hodnoty sú rovnaké aj pre 20.7, 19.7 atď.

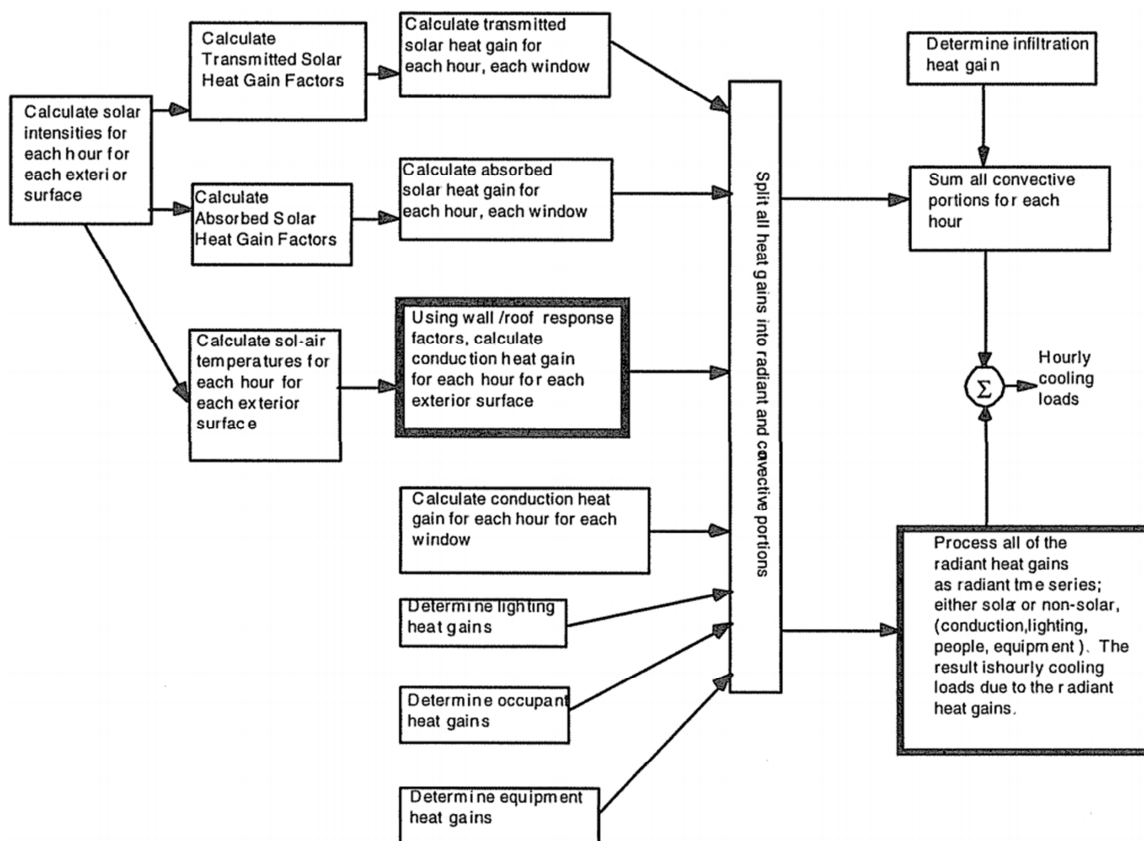
Vo výpočte tepelnej záťaže sa podľa tejto metódy uvažujú dva deje spomaľujúce šírenie tepla. Prvým týmto dejom je spomalenie šírenia tepla cez masívne obvodové nepriehľadné konštrukcie ako sú napríklad obvodové steny, strechy a podlahy. Šírenie tepla obvodovými konštrukciami nastáva na základe rozdielnych teplôt medzi vzduchom v interiéri a vzduchom v exteriéri. Na obvodové konštrukcie pôsobí taktiež aj solárna radiácia, ktorá je na exteriérových povrchoch týchto konštrukcií absorbovaná. Táto energia je ďalej vedeným šírená konštrukciou do interiéru miestnosti. Tepelná kapacita obvodových konštrukcií spôsobuje významné časové oneskorenie medzi tým, kedy zdroj tepelných ziskov pôsobí na vonkajšej strane obvodovej konštrukcie a medzi tým, kedy sa toto teplo dostane do interiéru. (6) To znamená, že hodina maximálnych vonkajších tepelných (teplota vzduchu, solárna radiácia) ziskov nemusí zodpovedať hodine maximálnej tepelnej záťaže od nich v interiéri.

Ďalším uvažovaným procesom je spomalenie zmeny sálavých tepelných ziskov na tepelnú záťaž do určitej miestnosti. Väčšina zdrojov tepla prenáša tepelnú energiu do miestnosti kombináciou prúdenia a sálania. Časť tepelných ziskov spôsobená prúdením tepla sa v miestnosti hneď stáva aj tepelnou záťažou. Sálavá zložka tepla je najskôr absorbovaná do povrchov a do hmoty konštrukcií. Následne, po určitom oneskorení, ohriatím a vedením tepla z týchto povrchov do vzduchu v miestnosti sa táto zložka tiež stáva tepelnou záťažou pre uvažovanú miestnosť. (6)

Postup výpočtu tepelných ziskov od všetkých zdrojov tepla pre uvažovanú miestnosť (tj. osvetlenie, ľudia, zariadenia, solárna radiácia atď.) pomocou RTS metódy je nasledujúci:

- a) výpočet hodinovej tepelnej záťaže od každého zdroja tepla
- b) rozdelenie tepelných ziskov na zisky prúdením a sálaním
- c) výpočet oneskorenia premeny radiáčnej zložky tepelných ziskov na konvektívnu zložku
- d) súčet tepelných ziskov prúdením a ziskov od oneskorenej premeny radiáčnej zložky na zložku konvektívnu a následné vyhodnotenie hodinovej tepelnej záťaže. (6)

Následne po výpočte hodinovej tepelnej záťaže pre každý zdroj je vybraná hodina zodpovedajúca maximálnej tepelnej záťaži. Táto hodina je stanovená pre každý výpočtový mesiac a nakoniec je určený konkrétny mesiac, deň a hodina kedy nastáva maximálna tepelná záťaž v posudzovanom období. (6)



Obrázok 2: RTS metóda

## 2.1.1.1. Tepelné zisky z vonkajších zdrojov

### 2.1.1.1.1. Tepelné zisky vedením cez obvodové konštrukcie

Potrebný tepelný zisk vedením cez obvodovú konštrukciu sa vypočíta pomocou použitia hodinových vstupov tepelných ziskov pre uvažovanú hodinu a predošlých 23 hodín:

$$q_0 = c_0 q_{i,0} + c_1 q_{i,0-1} + c_2 q_{i,0-2} + c_3 q_{i,0-3} + \dots + c_{23} q_{i,0-23},$$

- kde:  $q_0$  – hodinový tepelný zisk vedením [W],  
 $q_{i,0}$  – tepelný zisk v uvažovanej hodine [W],  
 $q_{i,0-n}$  – tepelný zisk n hodín pred uvažovanou hodinou [W],  
 $c_0, c_1, c_2, \dots, c_{23}$  – časové faktory [-].

Tepelný zisk n hodín pred uvažovanou hodinou sa vypočíta ako:

$$q_{i,0-n} = U \cdot A \cdot (t_{e,0-n} - t_{rc}),$$

- kde:  $q_{i,0-n}$  – tepelný zisk n hodín pred uvažovanou hodinou [W],  
 $U$  – súčiniteľ prechodu tepla [ $W/m^2 \cdot K$ ],  
 $A$  – plocha konštrukcie [ $m^2$ ],  
 $t_{e,0-n}$  – slnečná teplota pred n hodinami [ $^{\circ}C$ ],  
 $t_{rc}$  – predpokladaná konštantná teplota vzduchu v miestnosti [ $^{\circ}C$ ].

Slnečná teplota je teplota, ktorá za uvažovania žiadneho pohybu vzduchu, žiadnej solárnej radiácie, bude spôsobovať rovnaký prenos tepla ako by súčasne spôsobili tieto faktory.

(7) Táto teplota sa vypočíta ak

$$t_e = t_0 + \alpha E_t / h_o - \varepsilon \Delta R / h_o,$$

- kde:  $t_e$  – slnečná teplota [ $^{\circ}C$ ],  
 $h_o$  – súčiniteľ prechodu tepla vplyvom dlhovlnného žiarenia a prúdenia na vonkajšom povrchu [ $W/m^2 \cdot K$ ],  
 $\alpha$  – pohltivosť povrchu pre solárnu radiáciu [-],  
 $E_t$  – celková solárna radiácia dopadajúca na povrch konštrukcie [ $W/m^2$ ],  
 $\varepsilon$  – emisivita povrchu [-],  
 $\Delta R$  – rozdiel medzi veľkosťou dlhovlnného solárneho žiarenia dopadajúceho na povrch konštrukcie a žiarenia emitovaného čiernym telesom pri teplote vonkajšieho vzduchu [ $W/m^2$ ].

### 2.1.1.1.2. Tepelné zisky okennými výplňami otvorov

Tepelný zisk cez okenné výplne otvorov  $q_{win}$  je možné rozdeliť na tri zložky – zisk z priameho slnečného žiarenia ( $q_b$ ), zisk z difúzneho solárneho žiarenia ( $q_d$ ) a zisk prestupom tepla ( $q_c$ ).

– zisk z priameho slnečného žiarenia  $q_b$ :

$$q_b = A \cdot E_{t,b} \cdot SHGC(\theta) \cdot IAC(\theta, \Omega),$$

kde:  $A$  – plocha okna [ $m^2$ ],

$E_{t,b}$  – priame slnečné žiarenie [ $W/m^2$ ],

$SHGC(\theta)$  – priepustnosť priameho solárneho žiarenia ako funkcia azimutu

$IAC(\theta, \Omega)$  – súčiniteľ popisujúci útlm priameho solárneho žiarenia [-], (

– zisk z difúzneho solárneho žiarenia  $q_d$ :

$$q_d = A \cdot (E_{t,d} + E_{t,r}) \cdot SHGC_D \cdot IAC_D,$$

kde:  $A$  – plocha okna [ $m^2$ ],

$E_{t,d}$  – difúzne solárne žiarenie z oblohy [ $W/m^2$ ],

$E_{t,r}$  – difúzne solárne žiarenie odrazené od zeme [ $W/m^2$ ],

$SHGC_D$  – priepustnosť difúzneho solárneho žiarenia [-],

$IAC_D$  – súčiniteľ popisujúci útlm difúzneho solárneho žiarenia [-],

– zisk prestupom tepla  $q_c$ :

$$q_c = A \cdot U \cdot (T_{out} - T_{in}),$$

kde:  $A$  – plocha okna [ $m^2$ ],

$U$  – celkový súčiniteľ prechodu tepla okna [ $W/m^2 \cdot K$ ],

$T_{out}$  – teplota vonkajšieho vzduchu [ $^{\circ}C$ ],

$T_{in}$  – teplota vnútorného vzduchu [ $^{\circ}C$ ],

– celková tepelná zát'az oknom  $q_{win}$ :

$$q_{win} = q_b + q_d + q_c \text{ [W]}.$$

### 2.1.1.1.3. Tepelné zisky podlahami

Podlahy v priamom kontakte so zeminou a podlahy umiestnené nad podzemným podlažím, v ktorom nie je nijako upravované vnútorné prostredie (nevykuruje sa, nevetrá sa atď.) môžu byť vo výpočte tepelných ziskov zanedbané. Týmito podlahami vo väčšine prípadov nastáva skôr tepelná strata ako tepelné zisky. (8)

## 2.1.1.2. Tepelné zisky z vnútorných zdrojov podľa RTS metódy

### 2.1.1.2.1. Tepelné zisky z osvetlenia

Tepelné zisky z osvetlenia sú spočítané použitím nasledujúcej rovnice:

$$q_{el} = W \cdot F_{ul} \cdot F_{sa}$$

- kde:  $q_{el}$  – tepelný zisk z osvetlenia [W],  
 $W$  – príkon do osvetlenia [W],  
 $F_{ul}$  – súčasnosť použitia svietidiel [-],  
 $F_{sa}$  – prídavkový činiteľ (preklad z anglického názvu Special Allowance Factor [-],  
– pomer medzi skutočným a nominálnym príkonom svietidla

### 2.1.1.2.2. Tepelné zisky od ľudí

Tepelné zisky z ľudí sa delia na zisky z citel'ného tepla a zisky z viazaného tepla:

$$q_s = q_{s,per} \cdot N$$

$$q_l = q_{l,per} \cdot N$$

- kde:  $q_s$  – tepelný zisk z citel'ného tepla [W],  
 $q_l$  – tepelný zisk z viazaného tepla [W],  
 $q_{s,per}$  – produkcia citel'ného tepla na osobu [W/os],  
 $q_{l,per}$  – produkcia viazaného tepla na osobu [W/os],  
 $N$  – počet osôb v miestnosti [-].

### 2.1.1.2.3. Tepelné zisky zo zariadení

$$q_{s,ap} = Q_s \cdot N \cdot F_U \cdot F_R$$

- kde:  $q_{s,ap}$  – tepelný zisk zo zariadení [W],  
 $Q_s$  – produkcia tepla zariadením [W],  
 $F_U$  – súčasnosť použitia zariadení [-],  
 $F_R$  – faktor žiarenia [-],  
 $N$  – počet zariadení v miestnosti [-].

### 2.1.1.2.4. Tepelné zisky infiltráciou

Rovnice uvedené nižšie popisujú tepelnú záťaž z citel'ného aj viazaného tepla:

$$q_{s,vent} = 1,23 \cdot Q_s \cdot (t_o - t_i),$$

$$q_{l,vent} = 3010 \cdot Q_s \cdot (W_o - W_i),$$



- kde:  $q_{s,vent}$  – zisk citeľného tepla infiltráciou [W],  
 $q_{l,vent}$  – zisk viazaného tepla infiltráciou [W],  
 $Q_s$  – objemový prietok infiltračného vzduchu [m<sup>3</sup>/h],  
 $t_o$  – teplota vonkajšieho vzduchu [°C],  
 $t_i$  – teplota vnútorného vzduchu [°C],  
 $W_o$  – relatívna vlhkosť vonkajšieho vzduchu [-],  
 $W_i$  – relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu [-],  
**1,23** – faktor citeľného tepla pre vzduch v štandardných podmienkach [-],  
**3010** – faktor viazaného tepla pre vzduch v štandardných podmienkach [-],

### 2.1.1.3. Rozdelenie ziskov na radiačnú a konvektívnu zložku

Hodinová tepelná záťaž pre každú jej zložku (ľudia, osvetlenie, prístroje atď.) je súčtom konvektívnej a radiačnej zložky ziskov pre túto hodinu a časovo oneskorenú radiačnú zložku pre túto a predchádzajúcich 23 hodín. Tabuľka zobrazená nižšie ukazuje odporúčaný pomer rozdelenia ziskov na radiačnú a konvektívnu zložku tak ako je použité v RTS metóde. (8)

Radiative fraction	Convective fraction	
0.60	0.40	Occupants, typical office conditions
0.1 to 0.8	0.9 to 0.2	Equipment
varies	varies	Lighting
0.46	0.54	Conduction heat gain through walls and floors
0.60	0.40	Conduction heat gain through roof
0.33	0.67	Conduction heat gain through windows (SHGC > 0.5)
0.46	0.54	Conduction heat gain through windows (SHGC < 0.5)
1.00	0	Solar heat gain through fenestration (without interior shading)
varies	varies	Solar heat gain through fenestration (with interior shading)
0	1.00	Infiltration

Obrázok 3: Pomer radiačnej a konvektívnej zložky (9)

- **radiačná zložka tepelnej záťaže:**

$$Q_{r,\theta} = r_0 \cdot q_{r,\theta} + r_1 \cdot q_{r,\theta-1} + r_2 \cdot q_{r,\theta-2} + r_3 \cdot q_{r,\theta-3} + \dots + r_{23} \cdot q_{r,\theta-23},$$

- kde:  $Q_{r,\theta}$  – celková radiačná zložka záťaže pre určitú hodinu  $\theta$  [W],  
 $q_{r,\theta}$  – radiačná zložka pre určitú hodinu [W],  
 $q_{r,\theta-n}$  – radiačná zložka pred n hodinami [W],  
 $r_0, r_1, \dots, r_{23}$  – radiačný časový faktor [-].

- **konvektívna zložka tepelnej záťaže:**

$$Q_{i,c} = q_{i,c},$$

kde:  $q_{i,c}$  – konvektívna zložka ziskov elementu  $i$  [W],

$$q_{i,c} = q_{i,s} \cdot (1 - F_r),$$

kde:  $q_{i,s}$  – citeľná zložka ziskov elementu  $i$  [W],

$F_r$  – pomer radiačného zisku

#### 2.1.1.4. Celková tepelná zát'až

- celková tepelná zát'až:

$$Q_s = \Sigma Q_{i,r} + \Sigma Q_{i,c}$$

$$Q_l = \Sigma q_{i,l}$$

kde:  $Q_s$  – zisky z citeľného tepla [W],

$Q_l$  – zisky z viazaného tepla [W],

$\Sigma Q_{i,r}$  – radiačná zložka ziskov elementu  $i$  pre určitú hodinu [W],

$\Sigma Q_{i,c}$  – konvektívna zložka ziskov elementu  $i$  pre určitú hodinu [W],

$q_{i,l}$  – zisky z viazaného tepla elementu  $i$  [W].

#### 2.1.2. Tepelná strata

Prechádzajúce kapitoly popisujú použitie RTS metódy na výpočet tepelnej zát'aže budovy. Princíp výpočtu tepelných strát touto metódou je obdobný a preto v tejto kapitole nebudú podrobne uvedené použité vzorce. Výpočet tepelných strát sa líši od výpočtu tepelných ziskov v týchto výnimkách:

- uvažované teploty vonkajšieho vzduchu majú štandardne nižšiu hodnotu ako teplota vnútorného vzduchu v uvažovanej miestnosti
- tepelné zisky z vnútorných zdrojov nie sú uvažované (ľudia, prístroje atď.)
- tepelné zisky z vonkajších zdrojov nie sú uvažované (solárne zisky)
- schopnosť tepelnej akumulácie konštrukcií nie je uvažovaná

## 2.2. ČSN 73 0548

Táto norma sa používa na výpočet tepelnej záťaže a tepelných ziskov priestorov so stálou vnútornou teplotou. Norma je účinná od 1.7.1986 a platná je aj v súčasnosti. Výsledky výpočtu slúžia ako podklad pre dimenzovanie klimatizačných zariadení. Norma je použiteľná pre priestory, v ktorých sa nepredpokladá rozdiel teplôt na dvoch miestach väčší ako 2 K. Norma definuje tepelnú záťaž ako celkový tok tepla do klimatizovaného priestoru, ktorý musí byť kompenzovaný chladiacim výkonom klimatizačného zariadenia. V tejto tepelnej záťaži je zahrnuté aj teplo, ktoré je obsiahnuté vo vetracom vzduchu a teplo produkované klimatizačným zariadením. (9)

Tepelné zisky sú definované ako tepelný tok do klimatizovaného priestoru. Do tepelných ziskov priestoru sa nezapočítavajú zisky tepla vyplývajúce z prívodu vonkajšieho čerstvého vzduchu do klimatizačného zariadenia. Nežiaduce prenikanie teplého vonkajšieho vzduchu do miestnosti (napr. otváraním dverí a okien) sa, naopak, do tepelných ziskov započítava. Tepelné zisky sa podľa zdroja rozdeľujú na dva typy – tepelné zisky z vnútorných, respektíve vonkajších zdrojov.

Medzi tepelné zisky z vnútorných zdrojov patrí produkcia tepla od ľudí (len citeľné teplo), svietidiel, strojov, technológií a prestup tepla zo susedných miestností s vyššou vnútornou teplotou. Medzi tento typ ziskov sa započítava aj teplo, o ktoré sa ohreje vzduch vo vzduchovode pri ceste z chladiča do daného klimatizovaného priestoru (ohriatie ventilátorom, prestupom tepla cez steny vzduchovodu). (9)

Tepelné zisky z vonkajšieho prostredia počítajú s tepelnými ziskami oknami, obvodovými stenami a infiltráciou vonkajšieho vzduchu pre určité prípady. V letných mesiacoch sa pri maximálnych vonkajších teplotách vnikanie vonkajšieho vzduchu do klimatizovaného priestoru náporom vetra neuvažuje. Taktiež sa neuvažuje ani vnikanie vzduchu pôsobením vztľaku. Infiltrácia sa uvažuje len v prípade použitia podtlakových klimatizačných systémov. Pre infiltráciu sa počíta s vnikaním vonkajšieho vzduchu o objeme, ktorý je daný rozdielom objemových prietokov odvádzaného a privádzaného vzduchu. Pri výpočte ziskov cez obvodové konštrukcie sa počíta s tzv. rovnocennou slnečnou teplotou. Táto teplota reprezentuje teplotu vzduchu, pri ktorej je prestup tepla konvekciou medzi vzduchom a stenou rovnaký ako je konvekciou pri skutočnej teplote vzduchu a pôsobení slnečnej radiácie dohromady. Vo výpočtoch sa uvažuje systém rozmerov vnútorný a teda svetlé rozmery miestnosti. (9)

Výpočet tepelnej záťaže podľa spomínanej normy bol realizovaný pomocou nástroja Protech, modul Tepelná záťaž klimatizovaných priestorů (ZKP).

### 2.3. ČSN EN 12831

Táto norma stanovuje postup výpočtu dodávky tepla nutného k bezpečnému dosiahnutiu výpočtovej vnútornej teploty. Norma popisuje výpočet návrhového tepelného výkonu pre jednotlivé miestnosti alebo vykurovaný priestor pre dimenzovanie vykurovacích plôch a taktiež aj pre celú budovu alebo jej funkčnú časť pre dimenzovanie tepelného výkonu. Táto norma udáva postupy pre výpočet návrhovej tepelnej straty a návrhového tepelného výkonu pre štandardné prípady zahrňujúce všetky budovy s výškou miestnosti do 5 m a s vykurovaním do ustáleného stavu pri návrhových podmienkach. (10)

Výpočtová metóda podľa tejto normy vychádza za predpokladu rovnomerného rozloženie teplôt (teplota vzduchu a výpočtová teplota) a ustáleného stavu za uvažovania konštantných vlastností stavebných konštrukcií. Postup výpočtu pre základné prípady sa môže využiť pri všetkých budovách, ktorých výška miestnosti nepresahuje 5 m a tiež aj pre budovy, v ktorých sa vykuruje alebo sa predpokladá vykurovanie na stanovený teplotný stav. Výpočet tiež zahŕňa aj budovy, kde sa predpokladajú rovnaké hodnoty teploty vzduchu a výslednej teploty. (10)

Podľa tejto normy sa najprv vypočítajú návrhové tepelné straty a získané výsledky za potom použijú na stanovenie návrhového tepelného výkonu. Pri výpočte návrhových tepelných strát vykurovaného priestoru sa uvažujú návrhové tepelné straty prestupom a vetraním. Tepelné straty prestupom sú straty tepla do vonkajšieho prostredia spôsobené vedením tepla obvodovou konštrukciou a šírením tepla medzi vykurovanými priestormi spôsobeným skutočnosťou, že priľahlé vykurované priestory sa majú vykurovať na rôzne teploty. Návrhové tepelné straty vetraním sú straty tepla do vonkajšieho prostredia vetraním alebo infiltráciou plášťom budov a šírenie tepla vetraním z jedného vykurovaného priestoru do iných priestorov vnútri budovy. (10)

Systém rozmerov uvažovaný vo výpočtoch podľa tejto normy je systém vonkajší. Podľa toho systému sa meria vzdialenosť od vonkajšieho líca vonkajšej steny na stred vnútornej priečky alebo od stredu vnútornej priečky na stred ďalšej vnútornej priečky. Ako výška miestnosti sa uvažuje konštrukčná výška. Je to vzdialenosť od povrchu podlahy jedného podlažia k povrchu podlahy druhého podlažia. (10)

Výpočet tepelných strát podľa spomínanej normy bol v tejto práci realizovaný pomocou nástroja Protech, modul Tepelný výkon (TV).

### 3. Tvorba modelu pomocou nástroja Revit

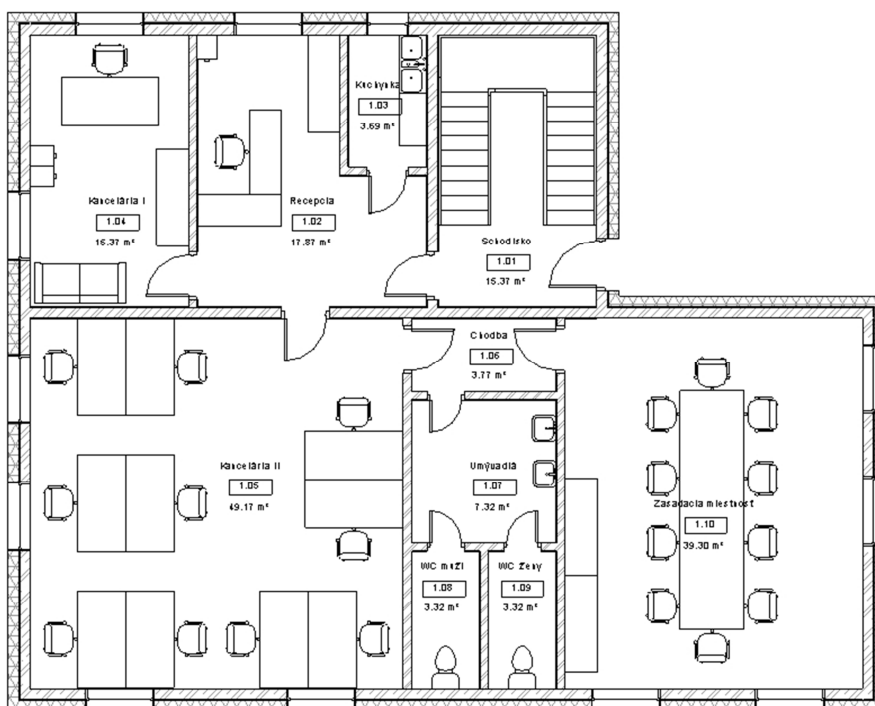
Táto časť sa bude venovať popisu stavebného modelu vytvoreného pomocou nástroja Revit. Model ďalej bude slúžiť ako podklad pre vytvorenie výpočtového modelu, na ktorom budú realizované ďalšie výpočty podľa RTS metódy. Pre všetky výpočty, ako tepelnej záťaže tak aj tepelných strát, bude v tejto práci použitý rovnaký stavebný model.

#### 3.1. Stavebný model

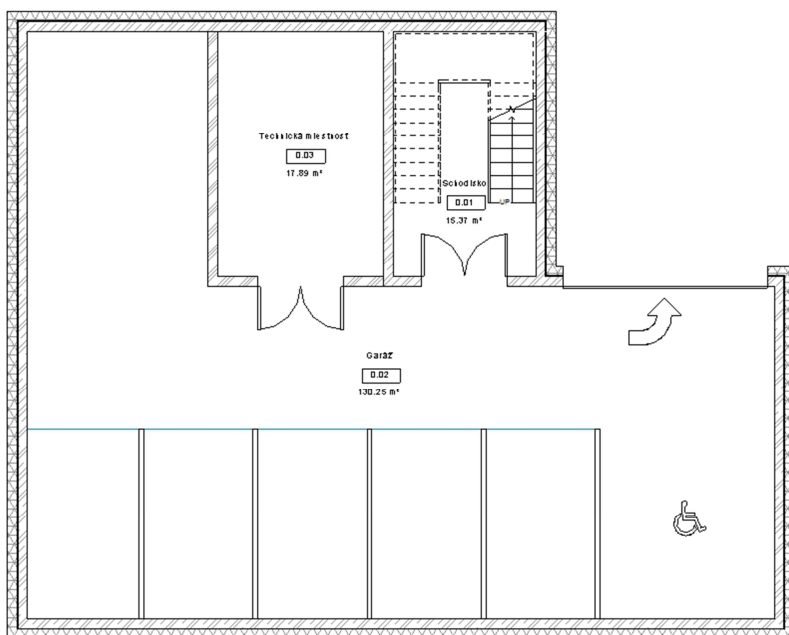
##### 3.1.1. Popis modelu

Vytvorený stavebný model reprezentuje malú administratívnu budovu s jedným nadzemným podlažím a jedným podzemným podlažím. Na nadzemnom podlaží sa nachádzajú kancelárske priestory (recepcia, 2x kancelária, zasadacia miestnosť) a ich zázemie (kuchynka, sociálne zariadenia). Podzemné podlažie reprezentuje garáž spolu s technickou miestnosťou. Kancelárske priestory a iba jedno nadzemné podlažie boli použité kvôli jasným okrajovým podmienkam (teploty interiéru, obsadenosť, osvetlenie, zariadenia atď.), kontrolovateľnosti a prehľadnosti výpočtov realizovaných na tomto modeli.

Obrázky nižšie zobrazujú ukážky pôdorysov nadzemného a podzemného podlažia uvažovanej administratívnej budovy. Pre pôdorysy oboch podlaží v mierke 1:50 vid' prílohu č.1. Orientácia k svetovým stranám je vzhľadom k obrázku nasledovná: hore – sever, dole – juh, vpravo – východ, vľavo – západ.



Obrázok 4: Pôdorys 1NP (výrez z programu Revit)

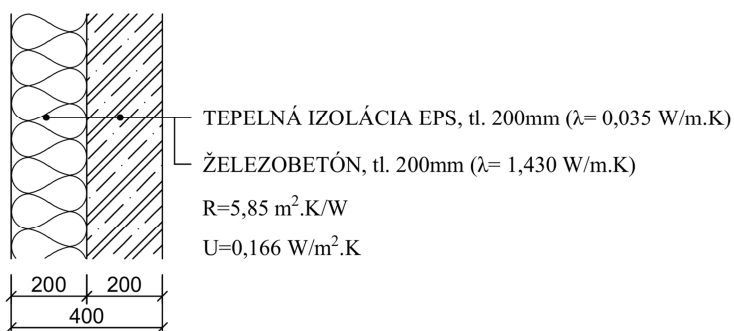


Obrázok 5: Pôdorys 1.PP (výrez z programu Revit)

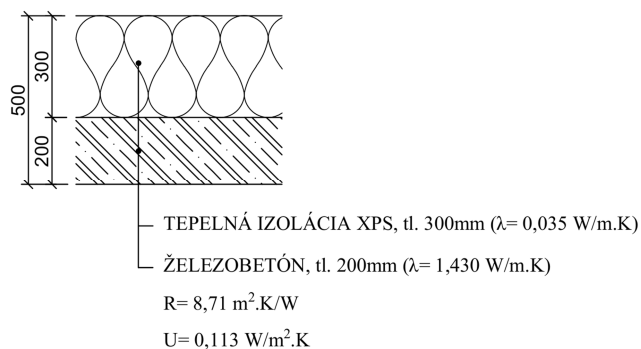
### 3.1.2. Použité konštrukcie a ich popis

Základom správnych výsledkov vytvorených výpočtov sú mimo iného dôležité aj fyzikálne vlastnosti použitých konštrukcií v modeli budovy. Podstatné sú predovšetkým obvodové konštrukcie a výplne ich otvorov (okná, dvere), konštrukcia strechy a samozrejme aj vnútorné konštrukcie oddelujúce miestnosti s rôznou teplotou a prevádzkou. Ďalej v tejto časti budú popísané jednotlivé použité konštrukcie, ich skladba a fyzikálne vlastnosti.

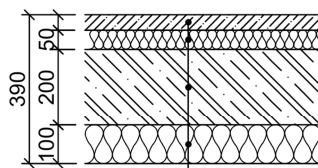
- **obvodová konštrukcia:**



- **strecha:**

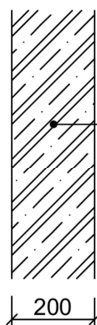


- **podlaha medzi 1.PP a 1.NP:**



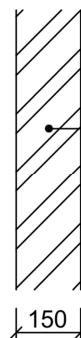
- CEMENTOVÝ POTER, tl.40mm ( $\lambda=1,430$  W/m.K)
  - TEPELNÁ IZOLÁCIA EPS, tl. 50mm ( $\lambda=0,035$  W/m.K)
  - ŽELEZOBETÓN, tl. 200mm ( $\lambda=1,430$  W/m.K)
  - TEPELNÁ IZOLÁCIA EPS, tl. 100mm ( $\lambda=0,035$  W/m.K)
- $R= 4,45$  m<sup>2</sup>.K/W
- $U= 0,204$  W/m<sup>2</sup>.K

- **vnútorná ŽB stena:**



- ŽELEZOBETÓN, tl. 200mm ( $\lambda= 1,430$  W/m.K)
- $R= 0,14$  m<sup>2</sup>.K/W
- $U=2,5$  W/m<sup>2</sup>.K

- **priečka hr. 150mm:**



- EPS, tl. 150mm ( $\lambda= 0,28$  W/m.K)
- $R= 0,54$  m<sup>2</sup>.K/W
- $U= 1,25$  W/m<sup>2</sup>.K

- **okná:**

$U = 1,455$  W/m<sup>2</sup>.K

$g = 0,62$

- **dvere:**

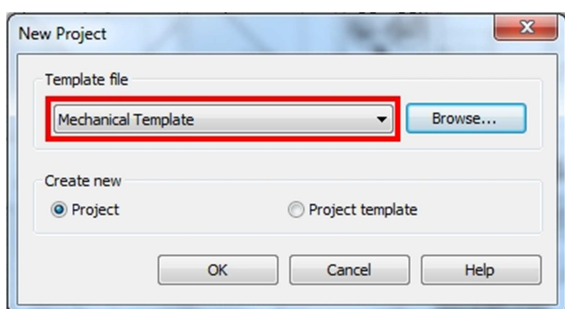
$U = 1,647$  W/m<sup>2</sup>.K

## 3.2. Výpočtový model

### 3.2.1. Popis modelu

Pre výpočty realizované pomocou nástroja Revit, je potrebné upraviť, respektíve doplniť si, vytvorený stavebný podklad. Najlepšia možnosť ako toho dosiahnuť je vytvorenie nového modelu založeného na takzvanej „mechanickej“ šablóne.

Použitím spomínanej šablóny sa do modelu načítajú rôzne prvky ako napríklad: vzduchotechnické potrubia a tvarovky, rôzne mechanické zariadenia, trubky, armatúry atď. Okrem



týchto prvkov pribudne v modeli založenom na takejto šablóne aj možnosť vytvorenia systémov, priestorov, zón. Priestory a zóny sú dôležité pre zadanie okrajových podmienok pre použitie v potrebných výpočtoch.

Obrázok 6: Nastavenie šablóny projektu (výrez z programu Revit)

### 3.2.2. Tvorba priestorov

Vytvorenie prvku priestor, ako ho používa Revit, je podobné tvorbe miestností v architektonickom modeli. Rozdiel medzi prvkom miestnosť a priestor je v tom, že v priestore okrem spočítaných parametrov ako je plocha a objem priestoru, je možné zadať aj ďalšie potrebné parametre. Dôležité parametre potrebné pre výpočet tepelných strát a tepelných ziskov sú zoskupené v časti vlastností s názvom „energetická analýza“. Pomocou týchto parametrov je možné priestoru zadať nasledujúce vlastnosti:

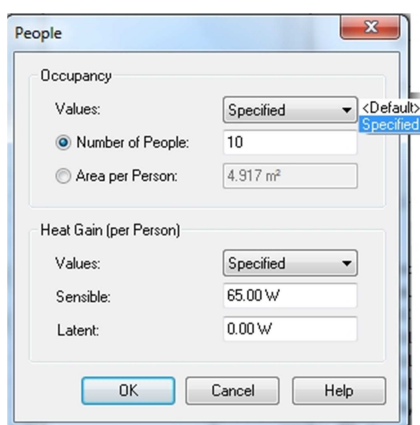
- **názov priestoru** – užívateľské pomenovanie priestoru
- **obývatel'nosť/neobývatel'nosť** – pomocou týchto parametrov si vieme zadať či daný priestor je obývatel'ný (nachádzajú sa tam ľudia, sú zisky z osvetlenia) alebo neobývatel'ný, tzv. plénum. V prípade výberu parametra „plénum“ Revit nepočíta v danom priestore obsadenosť ľuďmi, zisky osvetlenia a nie je možnosť pre daný priestor zvoliť typ prevádzky (viď ďalší parameter). Voľba tohto typu je vhodná najmä pre miesta v budove ako napríklad podhl'ady, inštaláčne a iné šachty.
- **typ prevádzky priestoru** – tu si môžeme zvoliť ako má byť priestor prevádzkovaný z hľadiska vnútornej teploty a vetrania. Možné je nastaviť si nasledujúce: len vykurovaný, len chladený, chladený aj vykurovaný, vetraný mechanicky, vetraný prirodzene, nevetraný a bez



zmeny teploty. Toto nastavenie má vplyv na samotný výpočet. Napríklad pri zvolení typu prevádzky priestoru na len vykurovaný Revit nebude počítat tepelné zisky a naopak.

- **typ priestoru** – v tejto časti je možné si zvoliť typ priestoru z hľadiska obsadenosti, záťaže od ľudí (produkciu tepla na osobu), osvetlenia a zariadení. Revit ponúka niekoľko prednastavených možností typov priestoru a podľa zvoleného typu vyberie dané hodnoty spomínaných parametrov. Okrem hodnôt týchto parametrov je možné aj nastavenie ich časového rozvrhu, tzn. kedy sa v priestore nachádzajú/nenachádzajú ľudia a koľko ich tam v danú hodinu je, kedy sú zapnuté/vypnuté osvetlenie a elektrické zariadenia.
- **typ konštrukcií** – tento parameter umožňuje zvoliť si ako má Revit uvažovať vlastnosti jednotlivých konštrukcií (steny, okná, podlahy, strechy atď.). Možnosti sú nasledujúce: buď si zvolíme možnosť aby program uvažoval svoje možnosti vlastností (podľa zvoleného popisu typu sú vybrané fyzikálne vlastnosti), alebo si vyberieme možnosť aby boli uvažované vlastnosti konštrukcií podľa reálne vytvorenej a použitej skladby.

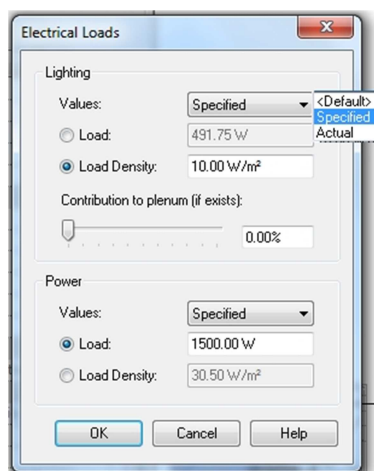
- **ľudia** – tu je možné nastaviť obsadenosť a teda počet ľudí v priestore. Možností na zadanie



Obrázok 7: Obsadenosť (výrez z programu Revit)

obsadenosti je viac. Je možné zadať presný počet ľudí v priestore alebo veľkosť plochy vzťahujúcej sa na jedného človeka ( $m^2/osoba$ ). Ďalej je možné nastavenie produkcie tepla od osôb a to teplo citelné respektíve viazané. Pre oba tieto parametre je možné konkrétne zadanie hodnôt alebo štandardné. Pri konkrétnom zadaní si jednotlivé hodnoty nastavujeme podľa toho ako to potrebujeme a pri štandardnom nastavení sú tieto hodnoty vybrané na základne predchádzajúceho nastavenia typu priestoru.

- **záťaž od elektrických zariadení** – pomocou tohto parametra je možné pre priestor nastaviť si veľkosť tepelnej záťaže od osvetlenia a elektroniky. Pri



oboch týchto nastaveniach existuje možnosť nastavenia určitej hodnoty pre celý priestor alebo hodnotu vztiahnutú na jednotku plochy ( $W/m^2$ ). Pre oba tieto parametre je možné konkrétne zadanie hodnôt alebo štandardné. Narozdiel od parametra ľudia je možné pri záťaži od elektrických zariadení zvoliť aj možnosť aktuálna záťaž. Pri konkrétnom zadaní si jednotlivé hodnoty nastavujeme podľa toho ako to

Obrázok 8: Záťaž od zariadení (výrez z programu Revit)

potrebujeme, pri štandardnom nastavení sú tieto hodnoty vybrané na základne predchádzajúceho nastavenia typu priestoru. Voľba aktuálnej záťaže je vhodná najmä vtedy, ak sú v stavebnom modeli pre daný priestor vytvorené svetlá, elektronické zariadenia a sú k nim priradené hodnoty elektrických príkonov.

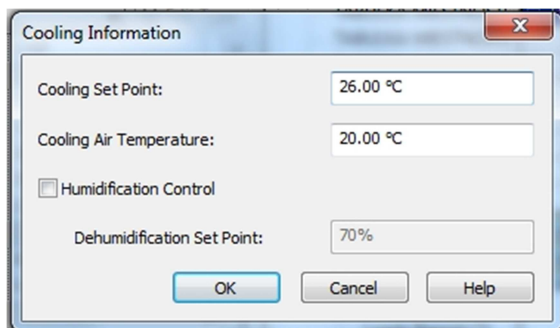
- **návrhová tepelná záťaž** – umožňuje zdefinovať žiadanú hodnotu tepelnej záťaže
- **návrhová tepelná strata** – umožňuje zdefinovať žiadanú hodnotu tepelnej straty
- **vypočítaná tepelná záťaž** – záťaž spočítaná programom (nie je možné editovať)
- **vypočítaná tepelná strata** – strata spočítaná programom (nie je možné editovať)

### 3.2.3. Tvorba zón

Pojem „zóna“ je v Revite uvažovaný ako súbor priestorov, ktoré sú obsluhované spoločným zariadením. Vytvorenie zón po tvorbe priestorov je ďalším potrebným krokom pred spustením výpočtu tepelných strát a ziskov.

Program štandardne začlení všetky priestory do jednej zóny. Je vhodné si ďalej tieto priestory rozčleniť do zón tak ako to vyhovuje konkrétnemu projektu. Zóny by mali byť vytvorené prihliadajúc na tri hlavné výpočtové parametre – informácie o chladení, informácie o vykurovaní a informácia a množstve čerstvého vzduchu do zóny.

• **informácie o chladení** – v tejto časti je možné pre uvažovanú zónu zdefinovať teplotu, ktorá má byť v zóne udržiavaná v prípade použitia chladenia v určitom. Toto nastavenie má priamy vplyv na výpočet tepelných ziskov. Ďalej je možné nastaviť teplotu privádzaného vzduchu (toto nastavenie vplyva na výpočet množstva privádzaného vzduchu a možnosť ovládania vlhkosti v zóne. Štandardne je táto možnosť nezaškrtnutá a teda program neuvažuje výpočty spojené so zmenou vlhkosti vzduchu v zóne. Pri zaškrtnutí tejto možnosti je ďalej

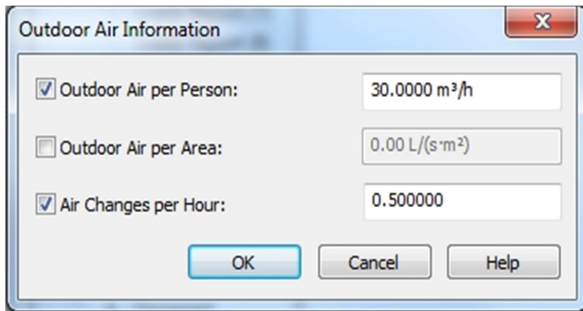


možné nastaviť hodnotu relatívnej vlhkosti vzduchu, ktorá v zóne má byť udržiavaná. Toto nastavenie súvisí s výpočtom energie potrebnej na opätovné ohriatie vzduchu po jeho odvlhčení.

**Obrázok 9:** Informácie o chladení (výrez z programu Revit)

- **informácie o vykurovaní** – táto časť obsahuje rovnaké nastavenia, vzťahujúcich sa ale na informácie o vykurovaní, ako sú v predchádzajúcej časti.

- **informácie o množstve čerstvého vzduchu** – toto nastavenie slúži na zadefinovanie množstva čerstvého vzduchu privádzaného do určitej zóny. Program umožňuje celkom tri



varianty výpočtu množstva čerstvého vzduchu a to podľa množstva vzduchu na osobu ( $\text{m}^3/\text{h.os}$ ), podľa množstva vzduchu na plochu ( $\text{m}^3/\text{h.m}^2$ ), podľa násobnosti výmeny vzduchu ( $\text{h}^{-1}$ ) respektíve podľa ich kombinácií.

**Obrázok 10:** Množstvo čerstvého vzduchu (výrez z programu Revit)

V uvažovanom výpočtovom modeli v tejto práci boli vytvorené celkovo štyri zóny – kancelárie, garáž, schodisko a toalety. Rozdelenie priestorov do týchto zón bolo uvažované hlavne z hľadiska teplôt vzduchu pre leto/zimu, ďalej podľa uvažovanej prevádzky a teda či je daný priestor chladený/vykurovaný respektíve nie je.

### 3.2.4. Okrajové podmienky

Pre výpočet tepelnej záťaže je potrebné v modeli zadefinovať priestory a zóny. Tvorba priestorov a zón bola popísaná v predchádzajúcej kapitole. V uvažovanom výpočtovom modeli je vytvorených celkovo trinásť priestorov, ktoré sú zaradené do štyroch zón (kancelárie, toalety, garáž, schodisko). Zaradenie priestorov do zón bolo realizované na základe spoločných vlastností priestorov. Zónam je možno priradiť nasledujúce informácie potrebné pre výpočet tepelných strát a tepelnej záťaže – teplota vzduchu v lete/zime, výmena vnútorného vzduchu.

Zóna kancelárie obsahuje všetky kancelárske priestory na 1NP, recepciu, kuchynku, chodbu a umývadlá. Priradenie spomenutých priestorov k tejto zóne bolo vytvorené na základe spoločných hodnôt teploty vzduchu v lete, respektíve v zime a výmeny vzduchu. Teplota vnútorného vzduchu v zime (pre výpočet tepelných strát) je uvažovaná  $21^\circ\text{C}$ . Teplota vnútorného vzduchu v lete (výpočet tepelnej záťaže) je uvažovaná  $26^\circ\text{C}$ . Výmena vzduchu v interiéri je nastavená na  $0,5\text{h}^{-1}$ .

Zóna toalety zahŕňa obe toalety na 1NP. V tejto zóne je uvažovaná teplota v lete  $26^\circ\text{C}$ , v zime  $24^\circ\text{C}$  a výmena vzduchu  $1,5\text{h}^{-1}$ .

Zóna schodisko obsahuje len priestor schodisko na 1NP. V tejto zóne je uvažovaná teplota v lete 26°C, v zime 15°C a výmena vzduchu 0,5h<sup>-1</sup>.

Zóna garáž obsahuje priestor schodisko na 1PP, parkovanie, technická miestnosť. V tejto zóne je uvažovaná teplota v lete 26°C, v zime 15°C. Pre túto zónu sa nebude uvažovať výpočet tepelnej záťaže ani tepelnej straty. Teploty boli zadané kvôli výpočtu priestorov na 1NP.

Tabuľka nižšie zobrazuje uvažované hodnoty pre výpočet tepelnej záťaže v jednotlivých priestoroch. Priestory v ktorých sú uvažované zisky od ľudí, zariadení a osvetlenia sú vo výpočte tepelnej záťaže ponechané kvôli ďalšiemu porovnaniu ziskov cez obvodové konštrukcie. Tepelná záťaž v podzemných priestoroch (garáž, tech. miestnosť, schodisko) nie je počítaná.

č.m.	názov	plocha [m <sup>2</sup> ]	Ti [°C]	počet osôb [65W/os]	osvetlenie [W/m <sup>2</sup> ]	zariadenia [W]
1.01	Schodisko	15	26	0	0	0
1.02	Recepcia	18	26	1	10	150
1.03	Kuchynka	4	26	0	0	0
1.04	Kancelária I	15	26	2	10	300
1.05	Kancelária II	49	26	10	10	1500
1.06	Chodba	4	26	0	0	0
1.07	Umývadlá	7	26	0	0	0
1.08	WC muži	3	26	0	0	0
1.09	WC ženy	3	26	0	0	0
1.10	Zasadačka	39	26	10	10	1150

Tabuľka 1: Vstupné hodnoty pre výpočet tepelných ziskov

Po priradení potrebných parametrov ku priestorom a zónam je ďalším krokom nastavenie samotného výpočtu. Tieto nastavenia je možné urobiť v záložke „záťaž vykurovania a chladenia“. Tu je možné nastaviť hlavne umiestnenie stavby, triedu infiltrácie budovy, zadefinovanie podzemných podlaží a iné. Nastavenie umiestnenia stavby je dôležité pre správne hodnoty teplôt v exteriéri v jednotlivých mesiacoch. Uvažovaná umiestnenie pre výpočtový model v tejto práci je Praha. Ďalej je možné nastaviť, ktoré podlažie má program uvažovať ako prvé nadzemné podlažie. Pri nastavení určitého podlažia ako prvé nadzemné, uvažuje program všetky ostatné podlažia pod týmto podlažím ako podzemné.

Triedou infiltrácie budovy je možné nastaviť, aké množstvo vzduchu preniká do budovy netesnosťami v obvodových konštrukciách. Celkovo je možné nastaviť štyri typy infiltrácie budovy:

- **bez infiltrácie** – pri tomto nastavení nie je infiltrácia vzduchu uvažovaná
- **neutesnená** – uvažované množstvo vzduchu je 1,4 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> (0,076 cfm/sqft)

- **stredne utesnená** – uvažované množstvo vzduchu je  $0,7 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  (0,038 cfm/sqft)
- **tesná** – uvažované množstvo vzduchu je  $0,35 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  (0,019 cfm/sqft) (6)

Pri výpočte tepelnej záťaže je vo výpočtovom modeli uvažované nastavenie bez infiltrácie a teda sa neuvažuje s infiltráciou vonkajšieho vzduchu – podobne ako vo výpočte podľa ČSN 73 0548. Naopak, pri výpočte tepelných strát je infiltrácia uvažovaná.

## 4. Výsledky výpočtu tepelných strát

Táto kapitola sa bude zberať výsledkami výpočtu tepelných strát na popísanom výpočtovom modeli. Výpočet bude realizovaný dvomi metódami a výsledky získané z oboch výpočtov budú navzájom porovnané. Prvý spôsob výpočtu je založený na takzvanej RTS metóde (Radiant Time Series), ktorú používa program Revit. Ďalším spôsobom bude projekčný štandard v ČR a teda výpočet podľa ČSN EN 12831 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu, ktorá je platná od roku 2005 až dodnes. Výpočet podľa spomenutej ČSN bude realizovaný pomocou nástroja Protech, modul Tepelný výkon.

Výpočet je realizovaný pre uvažovanú lokalitu Praha a vonkajšiu výpočtovú teplotu  $T_i = -15$  °C. Infiltrácia vonkajšieho vzduchu je uvažovaná pre oba metódy výpočtu. Podľa ČSN EN 12831 sa uvažuje hodnota  $n_{50} = 2$ , podľa RTS sa uvažuje trieda infiltrácie budovy „tesná“ a teda množstvo vzduchu  $0,35 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ . Parametre konštrukcií sú v oboch prípadoch výpočtu zhodné.

### 4.1. Výsledky výpočtu pomocou RTS metódy

č.m.	názov miestnosti	plocha [m <sup>2</sup> ]	objem [m <sup>3</sup> ]	T <sub>i</sub> [°C]	n <sub>p</sub> [-]	V <sub>np</sub> [m <sup>3</sup> /h]	V <sub>inf</sub> [m <sup>3</sup> /h]	Φ <sub>prestup</sub> [W]	Φ <sub>vetranie</sub> [W]	Φ <sub>celkom</sub> [W]
<b>1.01</b>	<b>Schodisko</b>	15	43	15	0,5	21,5	10	293	329	<b>622</b>
<b>1.02</b>	<b>Recepcia</b>	18	50	21	0,5	25	3	758	355	<b>1113</b>
<b>1.03</b>	<b>Kuchynka</b>	4	10	21	1,5	16	2	609	219	<b>828</b>
<b>1.04</b>	<b>Kancelária I</b>	15	43	21	0,5	21,5	10	494	396	<b>890</b>
<b>1.05</b>	<b>Kancelária II</b>	49	138	21	0,5	69	17	1004	1075	<b>2079</b>
<b>1.06</b>	<b>Chodba</b>	4	11	21	0,5	5,5	0	449	67	<b>516</b>
<b>1.07</b>	<b>Umývadlá</b>	7	21	21	0,5	10,5	0	31	129	<b>160</b>
<b>1.08</b>	<b>WC muži</b>	3	6	24	0	0	1,5	148	22	<b>170</b>
<b>1.09</b>	<b>WC ženy</b>	3	6	24	0	0	1,5	148	22	<b>170</b>
<b>1.10</b>	<b>Zasadačka</b>	39	110	21	0,5	55	21	1156	955	<b>2111</b>
<b>0.01</b>	<b>Schodisko</b>	19	53	5	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>0.02</b>	<b>Tech. miestnosť</b>	21	59	5	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>0.03</b>	<b>Garáž</b>	130	364	5	0	0	0	0	0	<b>0</b>
									<b>Σ</b>	<b>8659</b>

Tabuľka 2: Výsledky výpočtu tepelných strát podľa RTS

Výsledky výpočtu podľa tejto metódy ukazujú, že miestnosť s najväčšou tepelnou stratou je Kancelária II. Naopak miestnosť, respektíve miestnosti s najnižšou tepelnou stratou sú miestnosti prislúchajúce podzemnému podlažiu a teda miestnosti 0.01-0.03. Zaujímavé sú výsledky výpočtu pre podzemné podlažia. Výpočet pomocou Revitu ukazuje, že v podzemných podlažiach nedochádza k tepelnej strate.

## 4.2. Výsledky výpočtu podľa ČSN EN 12831

č.m.	názov miestnosti	plocha [m <sup>2</sup> ]	objem [m <sup>3</sup> ]	T <sub>i</sub> [°C]	n <sub>p</sub> [-]	V <sub>np</sub> [m <sup>3</sup> /h]	V <sub>inf</sub> [m <sup>3</sup> /h]	Φ <sub>prestup</sub> [W]	Φ <sub>vetranie</sub> [W]	Φ <sub>celkom</sub> [W]
1.01	Schodisko	15	43	15	0,5	21,5	3	324	219	<b>543</b>
1.02	Recepcia	18	50	21	0,5	25	5	410	306	<b>716</b>
1.03	Kuchynka	4	10	21	1,5	15	1	290	186	<b>476</b>
1.04	Kancelária I	15	43	21	0,5	21,5	5	545	263	<b>809</b>
1.05	Kancelária II	49	138	21	0,5	69	17	1146	843	<b>1989</b>
1.06	Chodba	4	11	21	0,5	5,5	0	177	65	<b>242</b>
1.07	Umývadlá	7	21	21	0,5	10,5	0	56	125	<b>181</b>
1.08	WC muži	3	6	24	0	0	0	124	0	<b>124</b>
1.09	WC ženy	3	6	24	0	0	0	124	0	<b>124</b>
1.10	Zasadačka	39	110	21	0,5	55	13	1213	673	<b>1886</b>
0.01	Schodisko	19	53	5	0	0	0	22	0	<b>22</b>
0.02	Tech. miestnosť	21	59	5	0	0	0	15	0	<b>15</b>
0.03	Garáž	130	364	5	0	0	0	128	0	<b>128</b>
									Σ	<b>7255</b>

Tabuľka 3: Výsledky výpočtu tepelných strát podľa ČSN EN 12831

Výsledky výpočtu podľa tejto metódy ukazujú, že miestnosť s najväčšou tepelnou stratou je taktiež Kancelária II. Naopak miestnosť, respektíve miestnosti s najnižšou tepelnou stratou sú miestnosti nachádzajúce sa na podzemnom podlaží a teda miestnosti 0.01 a 0.02.

## 4.3. Analýza výsledkov a diskusia

Táto časť práce bude popisovať rozdiely vo výsledkoch výpočtov oboch použitých metód a výpočtových nástrojov. Výsledky sú roztriedené a porovnané podľa typu jednotlivých strát a teda sú rozdelené na porovnanie strát vetraním, prestupom a celkovej straty pre dané miestnosti. Výsledky sú spracované v tabuľke nižšie.

č.m.	názov	Φ <sub>vetranie</sub>			Φ <sub>prestup</sub>			Φ <sub>celkom</sub>		
		ČSN	RTS	ΔΦ	ČSN	RTS	ΔΦ	ČSN	RTS	ΔΦ
1.01	Schodisko	219	329	<b>-110</b>	324	293	<b>31</b>	543	622	<b>-79</b>
1.02	Recepcia	306	355	<b>-49</b>	410	758	<b>-348</b>	716	1113	<b>-397</b>
1.03	Kuchynka	186	219	<b>-33</b>	290	609	<b>-319</b>	476	828	<b>-352</b>
1.04	Kancelária I	264	396	<b>-132</b>	545	494	<b>51</b>	809	890	<b>-81</b>
1.05	Kancelária II	843	1075	<b>-232</b>	1146	1004	<b>142</b>	1989	2079	<b>-90</b>
1.06	Chodba	65	67	<b>-2</b>	177	449	<b>-272</b>	242	516	<b>-274</b>
1.07	Umývadlá	125	129	<b>-4</b>	56	31	<b>25</b>	181	160	<b>21</b>
1.08	WC muži	0	22	<b>-22</b>	124	148	<b>-24</b>	124	170	<b>-46</b>
1.09	WC ženy	0	22	<b>-22</b>	124	148	<b>-24</b>	124	170	<b>-46</b>
1.10	Zasadačka	673	955	<b>-282</b>	1213	1156	<b>57</b>	1886	2111	<b>-225</b>

<b>0.01</b>	<b>Schodisko</b>	0	0	<b>0</b>	22	0	<b>22</b>	22	0	<b>22</b>
<b>0.02</b>	<b>Tech. miestnosť</b>	0	0	<b>0</b>	15	0	<b>15</b>	15	0	<b>15</b>
<b>0.03</b>	<b>Garáž</b>	0	0	<b>0</b>	128	0	<b>128</b>	128	0	<b>128</b>

**Tabuľka 4:** Porovnanie výsledkov tepelných strát obomi metódami

Porovnanie výsledkov ukazuje relatívne veľké rozdiely v tepelných stratách vetraním a aj prechodom spočítané pomocou oboch nástrojov. Ďalej budú postupne popísané rozdiely vo výsledkoch strát vetraním a prechodom.

- **straty vetraním**

Rozdiel vo výsledku výpočtu tepelných strát vetraním spočíva v spôsobe výpočtu množstva vetracieho vzduchu akým ho uvažované metódy počítajú. Podľa ČSN EN 12831 sa množstvo vetracieho vzduchu vypočíta ako maximum výmeny vzduchu infiltráciou spárami a stykmi obvodového plášťa budovy ( $V_{inf}$ ) a minimálnej výmeny vzduchu požadovanej z hygienických dôvodov ( $V_{min}$ ) a teda  $V = \max(V_{inf}, V_{min})$ . Z toho vyplýva, že ako množstvo vzduchu sa uvažuje buď množstvo vzduchu infiltráciou alebo množstvo vzduchu požadované z hygienických dôvodov a teda nie obe zároveň. RTS metóda uvažuje množstvo vzduchu ako súčet minimálneho množstva vzduchu stanovenej z hygienických dôvodov a infiltračného vzduchu. Takéto uvažovanie zvyšuje výslednú hodnotu tepelnej straty vetraním. Ďalším rozdielom je samotné stanovenie množstva vzduchu infiltráciou. Podľa ČSN EN 12831 je množstvo infiltračného vzduchu závislé od hodnoty  $n_{50}$  a teda intenzity výmeny vzduchu za hodinu pri rozdielu tlakov 50 Pa medzi interiérom a exteriérom budovy. Z toho vyplýva, že nie jednoznačne všeobecne stanovená hodnota množstva vzduchu na podlahovú plochu budovy. Metóda RTS pri výpočte zaraďuje budovu do štyroch kategórií podľa infiltrácie a týmto kategóriám priradzuje určité množstvo vzduchu na podlahovú plochu. Tieto množstvá boli popísané v kap. 3.2.4. Výpočet množstva infiltračného vzduchu podľa tab.3 ukazuje, že vo všetkých miestnostiach je táto hodnota menšia ako množstvo vzduchu podľa hygienických požiadavok a teda je uvažované len s hodnotou  $V_{min}$ . Tab.5 ukazuje rozdiel v hodnotách strát vetraním ak by sa pri výpočte podľa RTS s infiltráciou vzduchu neuvažovalo a teda by malo byť množstvo vetracieho vzduchu uvažované rovnako ako podľa ČSN EN 12831. Z tabuľky je zrejмый rozdiel vo veľkosti tepelnej straty vetraním aj napriek tomu, že infiltrácia vzduchu nie je uvažovaná a teda má uvažované množstvo vzduchu pre výpočet strát rovnakú hodnotu. Príčinu týchto, aj keď minimálnych rozdielov, nebolo možné zistiť a podobnosť vzorcov pre výpočet strát vetraním ukazuje na pravdepodobnú chybu integrovanú vo výpočtovom nástroji Revit.



č.m.	názov	$\Phi_{\text{vetranie}}$		
		ČSN	RTS	$\Delta\Phi$
1.01	Schodisko	219	224	-5
1.02	Recepcia	307	314	-7
1.03	Kuchynka	190	195	-5
1.04	Kancelária I	264	270	-6
1.05	Kancelária II	843	863	-20
1.06	Chodba	65	67	-2
1.07	Umývadlá	126	130	-4
1.08	WC muži	0	0	0
1.09	WC ženy	0	0	0
1.10	Zasadačka	674	690	-16
0.01	Schodisko	0	0	0
0.02	Tech. miestnosť	0	0	0
0.03	Garáž	0	0	0

Tabuľka 5: Porovnanie strát vetraním bez uvažovania infiltrácie

- **straty prestupom**

Rozdiel vo výsledkoch výpočtu tepelných strát prestupom spočíva v nesprávnej kalkulácii súčiniteľa prestupu tepla ( $U$ ) nástrojom Revit. Nejedná sa teda o rozdielny výpočtový postup pre tento súčiniteľ pomocou RTS metódy ale o chybný výpočet nástrojom ako takým. Revit pri výpočte parametra  $U$  neuvažuje s odporami pri prestupe na vnútornej a ani na vonkajšej strane konštrukcie a teda neuvažuje hodnoty  $R_{si}$  a  $R_{se}$ . Vo výpočte sú zahrnuté odpory pre prestupe tepla len vrstiev, z ktorých je daná konštrukcia zložená.

To vnáša do výpočtu tepelných strát prestupom cez konštrukcie zásadnú chybu. Je však možné sa tejto chybe vyvarovať. Skladbu konštrukcie je nutné upraviť pridaním veľmi tenkých vrstiev, ktoré by mali vlastnosti ako hodnoty  $R_{si}$ ,  $R_{se}$ . Docieliť toho možné tak, konštrukcie budú pridané dve vrstvy s názvom „ $R_{si}$ “ a „ $R_{se}$ “ hrúbky 10 mm, keďže Revit nedovoľuje pridať vrstvu menšej hrúbky ako 10 mm. Týmto vrstvám bude následne priradená správna tepelná vodivosť ( $\lambda$ ) vzhľadom na ich hrúbku tak, aby výsledné odpory zodpovedali potrebnej hodnote. Vrstve  $R_{si}$  (pre zvislé konštrukcie) s hrúbkou 10 mm je potrebné priradiť vodivosť  $\lambda = 0,077 \text{ W/m.K}$ , vrstve  $R_{si}$  (vodorovné konštrukcie)  $\lambda = 0,010 \text{ W/m.K}$  a vrstve  $R_{se}$   $\lambda = 0,250 \text{ W/m.K}$ . Týmto nastavením sa hodnota súčiniteľa prestupu tepla pre obvodovú stenu zmenila z pôvodnej hodnoty  $U_{\text{nesprávne}} = 0,157 \text{ W/m}^2\text{.K}$  na  $U_{\text{správne}} = 0,153 \text{ W/m}^2\text{.K}$  a pre strechu z  $U_{\text{nesprávne}} = 0,106 \text{ W/m}^2\text{.K}$  na  $U_{\text{správne}} = 0,104 \text{ W/m}^2\text{.K}$  (viď obr.11 a obr. 12). Rovnakým spôsobom boli zmenené aj parametre vnútorných vodorovných a zvislých konštrukcií. Tab. 6 ukazuje porovnanie veľkosti strát prestupom s upravenými vlastnosťami konštrukcií pri výpočte v nástroji Revit.

Layers				EXTERIOR SIDE
	Function	Material	Thickness	
1	Thermal/Air Layer [3]	ISOVER EPS GREY W	200.0	
2	Thermal/Air Layer [3]	Rse	10.0	
3	Thermal/Air Layer [3]	Rsi	10.0	
4	<b>Core Boundary</b>	<b>Layers Above Wrap</b>	<b>0.0</b>	
5	Structure [1]	železobetón	200.0	
6	<b>Core Boundary</b>	<b>Layers Below Wrap</b>	<b>0.0</b>	

Heat Transfer Coefficient (U) 0.1530 W/(m<sup>2</sup>·K)  
Thermal Resistance (R) 6.5350 (m<sup>2</sup>·K)/W

**Obrázok 11:** Skladba a vlastnosti obvodovej steny pred zmenou (výrez z programu Revit)

Layers				EXTERIOR SIDE
	Function	Material	Thickness	
1	Thermal/Air Layer [3]	ISOVER EPS GREY W	200.0	
2	<b>Core Boundary</b>	<b>Layers Above Wrap</b>	<b>0.0</b>	
3	Structure [1]	železobetón	200.0	
4	<b>Core Boundary</b>	<b>Layers Below Wrap</b>	<b>0.0</b>	

Heat Transfer Coefficient (U) 0.1571 W/(m<sup>2</sup>·K)  
Thermal Resistance (R) 6.3649 (m<sup>2</sup>·K)/W

**Obrázok 12:** Skladba a vlastnosti obvodovej steny po zmene (výrez z programu Revit)

č.m.	názov	$\Phi_{\text{prestup}}$		
		ČSN	RTS	$\Delta\Phi$
1.01	Schodisko	324	278	46
1.02	Recepcia	410	433	-23
1.03	Kuchynka	290	273	17
1.04	Kancelária I	545	485	60
1.05	Kancelária II	1146	1002	144
1.06	Chodba	177	160	17
1.07	Umývadlá	56	31	25
1.08	WC muži	124	117	7
1.09	WC ženy	124	117	7
1.10	Zasadačka	1213	1049	164
0.01	Schodisko	22	0	22
0.02	Tech. miestnosť	15	0	15
0.03	Garáž	128	0	128

**Tabuľka 6:** Porovnanie tepelných strát prestupom po korekcii U

Porovnanie veľkosti strát prestupom podľa tab.6 ukazuje, že hodnoty získané pomocou oboch nástrojov a postupov sa neseotožňujú aj napriek už korektnému zadaniu parametra U v nástroji Revit. Tieto patrné rozdiely sú spôsobené rozličným uvažovaním rozmerov jednotlivých konštrukcií pri výpočte. Podľa ČSN EN 12831 je uvažovaný vonkajší systém rozmerov a teda od líca vonkajšej steny po os priečky, resp. od osi po os priečky a ako výška je uvažovaná konštrukčná výška. Revit ako nástroj uvažuje rozdielny systém rozmerov. Rozmery stien sú uvažované od osi k osi všade bez ohľadu na to, či to je stena susedná s vonkaj-

ším prostredím alebo priečka. Výška je uvažovaná zhodne s ČSN 12831 a teda výška konštrukčná. Uvažovanie rozmerov od osi k osi vytvára rozdielne hodnoty vo veľkosti plochy stien, podláh a stropov daných miestností. Tieto rozmery plôch samozrejme spôsobujú aj rozdiely vo veľkosti tepelných strát prestupom. Podľa mojich vedomostí nie je možné zmeniť nastavenie uvažovania rozmerov pre obvodové steny v nástroji Revit a teda nie je možné spresniť tieto výsledky.

Tabuľka č.6 taktiež uvažuje, že veľkosti strát prestupom v podzemných priestoroch získané pomocou nástroja Revit sa nezmenili aj napriek už korektnému zadaniu súčiniteľu prestupu tepla. Podľa mojich zistení som prišiel na to, že Revit nepočíta stratu prestupom cez konštrukcie prilahlé k zemine. Nastavenie počítania straty cez tieto konštrukcie, podobne ako výpočet popísaný v prechádzajúcom odstavci, nie je možné zmeniť a teda použitý výpočtový nástroj je nepoužiteľný pre výpočet strát prestupom pre podzemné podlažia. Tabuľka č. 7 ukazuje finálne porovnanie strát prestupom a vetraním po realizovaní spomínaných zmien.

č.m.	názov	$\Phi_{\text{vetranie}}$			$\Phi_{\text{prestup}}$			$\Phi_{\text{celkom}}$		
		ČSN	RTS	$\Delta\Phi$	ČSN	RTS	$\Delta\Phi$	ČSN	RTS	$\Delta\Phi$
<b>1.01</b>	<b>Schodisko</b>	219	224	<b>-5</b>	324	278	<b>46</b>	543	502	<b>41</b>
<b>1.02</b>	<b>Recepcia</b>	307	314	<b>-7</b>	410	433	<b>-23</b>	717	747	<b>-30</b>
<b>1.03</b>	<b>Kuchynka</b>	190	195	<b>-5</b>	290	273	<b>17</b>	480	468	<b>12</b>
<b>1.04</b>	<b>Kancelária I</b>	264	270	<b>-6</b>	545	485	<b>60</b>	809	755	<b>54</b>
<b>1.05</b>	<b>Kancelária II</b>	843	863	<b>-20</b>	1146	1002	<b>144</b>	1989	1865	<b>124</b>
<b>1.06</b>	<b>Chodba</b>	65	67	<b>-2</b>	177	160	<b>17</b>	242	227	<b>15</b>
<b>1.07</b>	<b>Umývadlá</b>	126	130	<b>-4</b>	56	31	<b>25</b>	182	161	<b>21</b>
<b>1.08</b>	<b>WC muži</b>	0	0	<b>0</b>	124	117	<b>7</b>	124	117	<b>7</b>
<b>1.09</b>	<b>WC ženy</b>	0	0	<b>0</b>	124	117	<b>7</b>	124	117	<b>7</b>
<b>1.10</b>	<b>Zasadačka</b>	674	690	<b>-16</b>	1213	1049	<b>164</b>	1887	1739	<b>148</b>
<b>0.01</b>	<b>Schodisko</b>	0	0	<b>0</b>	22	0	<b>22</b>	22	0	<b>22</b>
<b>0.02</b>	<b>Tech. miestnosť</b>	0	0	<b>0</b>	15	0	<b>15</b>	15	0	<b>15</b>
<b>0.03</b>	<b>Garáž</b>	0	0	<b>0</b>	128	0	<b>128</b>	128	0	<b>128</b>

**Tabuľka 7:** Porovnanie tepelných strát po realizácii zmien

Záverečné porovnanie výsledkov výpočtu tepelných strát ukazuje nepresnosť výsledkov získaných pomocou nástroja Revit vzhľadom na výsledky podľa používaného projekčného štandardu v ČR a to normu ČSN EN 12831. Výsledky sa odlišujú v priemere približne o 8%. Percentuálny rozdiel v získaných výsledkoch nie je vysoký vzhľadom na veľkosť použitej budovy ale môže byť väčší pri aplikovaní výpočtu na väčšej, komplexnejšej a zložitejšej budove. Výsledky taktiež poukazujú na to, že použitie nástroja Revit pre výpočet strát podzemných podlaží je nevhodný vzhľadom na jeho nemožnosť. Aplikácia výpočtu pomocou Revitu je vhodná na približný predbežný odhad tepelných strát budovy, nie však pre presný výpočet.

## 5. Výsledky výpočtu tepelnej zát'áže

Táto kapitola sa bude zberať výpočtom tepelnej zát'áže na spomínanom výpočtovom modeli. Výpočet bude realizovaný dvomi spôsobmi a výsledky získané z oboch výpočtov budú navzájom porovnané. Prvý spôsob výpočtu je založený na takzvanej RTS metóde (Radiant Time Series), ktorú používa program Revit. Ďalším spôsobom bude projekčný štandard v ČR a teda výpočet podľa ČSN 73 0548 - Výpočet tepelnej zát'áže klimatizovaných priestorů, ktorá je platná od roku 1986 až dodnes. Výpočet podľa spomenutej ČSN bude realizovaný pomocou nástroja Protech, modul Tepelná zát'ěž klimatizovaných priestorů. Porovnávané budú výsledky maximálnej tepelnej zát'áže pre jednotlivé miestnosti. Vo výsledkoch nebudú uvedené podzemné miestnosti kvôli nulovým tepelným ziskom. Výpočet je realizovaný so správnym zadaním súčiniteľu prestupu tepla v nástroji Revit popísaným v predchádzajúcej kapitole.

### 5.1. Výsledky výpočtu pomocou RTS metódy

č.m.	názov	plocha [m <sup>2</sup> ]	T <sub>i</sub> [°C]	mesiac [-]	τ <sub>max</sub> [h]	Q <sub>otvory</sub> [W]	Q <sub>konštrukcie</sub> [W]	Q <sub>rudia</sub> [W]	Q <sub>osv</sub> [W]	Q <sub>tech</sub> [W]	Q <sub>celkom</sub> [W]
1.01	Schodisko	15	26	jún	17	47	72				119
1.02	Recepcia	18	26	jún	14	142	28	65	179	150	564
1.03	Kuchynka	4	26	jún	13	88	7				95
1.04	Kancelária I	15	26	jún	17	946	67	130	154	300	1597
1.05	Kancelária II	49	26	sep.	15	2394	57	650	492	1500	5093
1.06	Chodba	4	26	jún	17		9				9
1.07	Umývadlá	7	26	jún	17		16				16
1.08	WC muži	3	26	aug.	17		19				19
1.09	WC ženy	3	26	aug.	17		19				19
1.10	Zasadačka	39	26	sep.	10	2252	-34	650	393	1150	4411
										Σ	11942

Tabuľka 8: Výsledky výpočtu tepelných ziskov podľa RTS

Výsledky získané pomocou nástroja Revit ukazujú, že miestnosť s najvyšším ziskom je Kancelária II. Najväčší tepelný zisk pre túto miestnosť nastáva v septembri (září) o 15h. Naopak miestnosť s najnižším ziskom je Chodba, ktorá sa nachádza v strede dispozície podlažia. Zisk do tejto miestnosti nastáva len prestupom tepla z exteriéru to interiéru cez strešnú konštrukciu. Výpočet pomocou tohto nástroja neprebíha len pre jeden daný deň a mesiac a preto sa vo výsledkoch vyskytujú miestnosti s rozdielnym časom a mesiacom maxima tepelného zisku.

## 5.2. Výsledky výpočtu pomocou ČSN EN 73 0548

č.m.	názov	plocha [m <sup>2</sup> ]	T <sub>i</sub> [°C]	mesiac [-]	τ <sub>max</sub> [h]	Q <sub>otvory</sub> [W]	Q <sub>konštrukcie</sub> [W]	Q <sub>ľudia</sub> [W]	Q <sub>osv</sub> [W]	Q <sub>tech</sub> [W]	Q <sub>celkom</sub> [W]
1.01	Schodisko	15	26	júl	15	14	28				42
1.02	Recepcia	18	26	júl	13	221	21	65	179	150	636
1.03	Kuchynka	4	26	júl	13	137	5				142
1.04	Kancelária I	15	26	júl	16	997	29	130	154	300	1610
1.05	Kancelária II	49	26	júl	15	2289	83	650	492	1500	5014
1.06	Chodba	4	26	júl	7		5				5
1.07	Umývadlá	7	26	júl	7		10				10
1.08	WC muži	3	26	júl	7		7				7
1.09	WC ženy	3	26	júl	7		7				7
1.10	Zasadačka	39	26	júl	9	2199	70	650	393	1150	4462
										Σ	11935

Tabuľka 9: Výsledky výpočtu tepelných ziskov podľa ČSN 73 0548

Výsledky získané pomocou nástroja Protech ukazujú, že miestnosť s najvyšším tepelným ziskom je Kancelária II, podobne ako predchádzajúce výsledky. Rovnako je miestnosť s najnižším ziskom miestnosť Chodba. Výpočet podľa tejto normy je realizovaný pre určitý deň a mesiac (21.7) a tak sa pre jednotlivé miestnosti mení len čas, kedy maximálny zisk v tejto deň a mesiac nastane.

## 5.3. Analýza výsledkov a diskusia

Táto časť práce bude popisovať rozdiely vo výsledkoch výpočtov oboch použitých metód a výpočtových nástrojov. Výsledky sú roztriedené a porovnané podľa typu jednotlivých zdrojov tepelných ziskov a teda sú rozdelené na porovnanie veľkosti ziskov cez otvory v obvodových konštrukciách (Q<sub>otvory</sub>), zisky prestupom tepla cez konštrukcie (Q<sub>konštrukcie</sub>), ostatné zisky (Q<sub>ostatné</sub>), kde sú v súčte zahrnuté zisky s osvetlením, ľuďmi a zariadeniami. Tieto zisky už nie sú v nasledujúcej tabuľke porovnané vzhľadom na použitú výpočtovú metódu, pretože výsledky získané pomocou oboch uvažovaných metód sú rovnaké. Porovnanie výsledkov je uvedené v nasledujúcej tabuľke.

č.m.	názov	Q <sub>otvory</sub> [W]			Q <sub>konštrukcie</sub> [W]			Q <sub>ostatné</sub> [W]	Q <sub>celkom</sub> [W]		
		ČSN	RTS	ΔQ	ČSN	RTS	ΔQ		ČSN	RTS	ΔQ
1.01	Schodisko	14	47	-33	28	72	-44	0	42	119	-77
1.02	Recepcia	221	142	79	21	28	-7	394	636	564	72
1.03	Kuchynka	137	88	49	5	7	-2	0	142	95	47
1.04	Kancelária I	997	946	51	29	67	-38	584	1610	1597	13
1.05	Kancelária II	2289	2394	-105	83	57	26	2642	5014	5093	-79
1.06	Chodba	0	0	0	5	9	-4	0	5	9	-4
1.07	Umývadlá	0	0	0	10	16	-6	0	10	16	-6
1.08	WC muži	0	0	0	7	19	-12	0	7	19	-12
1.09	WC ženy	0	0	0	7	19	-12	0	7	19	-12
1.10	Zasadačka	2199	2252	-53	70	-34	104	2193	4462	4411	51

Tabuľka 10: Porovnanie výsledkov výpočtu tepelných ziskov

Porovnanie výsledkov ukazuje rozdiely v tepelných ziskoch otvormi a konštrukciami spočítané pomocou oboch nástrojov. Veľkosť ostatných tepelných ziskov (ľudia, zariadenia, osvetlenie) je totožná nezávisle na použitej výpočtovej metóde a nástroji.

Tab. 10 ukazuje, že veľkosti tepelných ziskov prechodom cez konštrukcie získané pomocou oboch nástrojov sa nezhodujú. Výpočet pomocou nástroja Revit je realizovaný už so zmeneným a teda správne zadaným súčiniteľom prestupu tepla tak ako to je popísané v kapitole 4.3. Rozdiel vo výsledkoch spočíva v systéme rozmerov, ktorý je vo výpočte uvažovaný. ČSN 73 0548 uvažuje vnútorný systém rozmerov a teda svetlé rozmery miestnosti. Výška miestnosti je taktiež uvažovaná ako svetlá. Výpočtový nástroj Revit uvažuje vo svojich výpočtoch vzdialenosti stien od osi jednej steny k osi druhej steny a výšku uvažuje ako konštrukčnú. Z toho vyplýva, že plocha konštrukcií tak ako ju počíta Revit je vzhľadom na ČSN730548 väčšia a teda je následne aj väčší tepelný zisk cez tieto konštrukcie. Zmena nastavenia uvažovania rozmerov v Revite podľa mojich vedomostí nie je možná.

Nezhodujú sa taktiež aj veľkosti tepelných ziskov cez otvory v obvodových konštrukciách. Metodika výpočtu tepelných ziskov z oslnenia je podľa oboch použitých výpočtových metód podobná a tak rozdiel v týchto výsledkoch ukazuje na pravdepodobne rozdielne hodnoty uvažovania hodnôt oslnenia nástrojom Revit. Hodnoty oslnenia, tak ako ich uvažuje nástroj Revit, nebolo možné získať a tak ani nebolo možné plnohodnotné porovnanie s hodnotami poskytovanými normou ČSN 73 0548.

## 6. Záver

Cieľom tejto diplomovej práce bolo realizovať výpočet tepelných strát a tepelných ziskov na malej dvojpodlažnej budove. Výpočet bol vykonaný za použitia rôznych metód – projekčný štandard v ČR a teda noriem ČSN 73 0548, ČSN EN a metóda, ktorú používa nástroj Revit a teda Radiant Time Series (RST). Výsledky výpočtu tepelných ziskov respektíve tepelných strát boli medzi sebou porovnané. Analýza výsledkov ukazuje na to, že pri použití nástroja Revit nebolo možné dopracovať sa k zhode s výsledkami výpočtu pomocou oboch ČSN. Popis metódy RTS jasne ukazuje na spôsob výpočtu ako ho uvažuje Revit, avšak nebolo možné dopracovať sa k určitým hodnotám použitým vo výpočtoch realizovaných pomocou tohto nástroja. Diskusia výsledkov poukazuje na to, že metóda RTS je podobná postupom pomocou oboch ČSN. Pri realizovaných výpočtoch som narazil na nemožnosť zmeny nastavenia niektorých uvažovaných parametrov v Revite a teda nebolo možné získať presnejšie výsledky, ktoré by sa viac približovali výsledkom získaným pomocou českých noriem. Taktiež nebolo možné sa dopracovať k hodnotám solárnej radiácie a teda nebolo možné presnejšie porovnať tieto hodnoty s hodnotami uvažovanými v ČSN 73 0548. Použitie nástroja Revit pre výpočet tepelnej záťaže a tepelných strát je vhodné pre približné určenie týchto hodnôt avšak nie pre presný výpočet a dimenzovanie zdroja tepla respektíve zdroja chladu kvôli spomenutým nejasným vstupom do výpočtov.

Program Revit, na druhú stranu, je vhodný pre použitie tvorby projektovej dokumentácie vzduchotechniky a celý tento proces značne uľahčuje a urýchľuje. Veľkou výhodou použitia tohto nástroja je tvorba projektu v 3D a sním spojené automatické generovanie potrebných rezov. Tvorba modelu v priestore taktiež predstavuje ľahšie riešenie prípadných kolízií a krížení potrubí a uľahčuje koordináciu rôznych profesií hlavne pri väčších a zložitejších projektoch.

## 7. Zoznam použitých zdrojov, software, obrázkov, tabuliek a príloh

### 7.1. Použité zdroje

1. Co je BIM? *Cadstudio*. [Online] [Dátum: 8. 12 2017.] Dostupné z: <http://www.cadstudio.cz/bim>.
2. Kontuř, Bc. Vladimír. Návrh otopnej sústavy v bytovom dome. Praha : s.n., 2016. Zv. Bakalárska práca, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra technických zařízení budov.
3. Eastman; Teicholz; Sacks; Liston. *BIM Handbook - a uide to building information modeling*. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2011. ISBN 978-0-470-54137-1.
4. Martin Černý a kol. *BIM Příručka*. Praha : Odborná rada pro BIM, 2013. ISBN 978-80-260-5296-8.
5. Horák, Bc. Jiří. Návrh vytápění budovy s uplatněním procesu informačního modelování. Brno : s.n., 2016. Zv. Diplomová práce, VÚT v Brne, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov.
6. Autodesk knowledge network. [Online] Autodesk, 2017. [Dátum: 17. 11 2017.] Dostupné z: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/>.
7. Meteorology glossary. [Online] American Meteorological Society, 2012. [Dátum: 18. 11 2017.] Dostupné z: [http://glossary.ametsoc.org/wiki/Sol-air\\_temperature](http://glossary.ametsoc.org/wiki/Sol-air_temperature).
8. Ashrae. *2013 ASHRAE Handbook: Fundamentals*. s.l. : American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Ashrae, 2013. ISBN 1936504464.
9. Výzkumný ústav pozemních staveb Praha, ve spolupráci s ČVUT, fakultou strojní. ČSN 740548: *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. s.l. : Úřad pro technickou normalizaci, meterologii a státní zkušebnictví, 1985.
10. istitut, Český normalizační. *ČSN EN 12831: Otopné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro tepelné ztráty*. s.l. : Úřad pro technickou normalizaci, meterologii a státní zkušebnictví, 2003.
11. Spitler; J.D.; D.E. Fisher; C.O. Pedersen. *The Radiant Time Series Cooling Load Calculation Procedure*. s.l. : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1997. 103(2): 503-515.
12. <http://www.fi.muni.cz>. [Online] [Dátum: 14. 5 2016.] Dostupné z: [http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xkubin2\\_CAD-CAM.htm](http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xkubin2_CAD-CAM.htm).



## 7.2. Použitý software

Autodesk Revit 2017

Autodesk Autocad 2016

Protech modul Tepelný Výkon

Protech modul Tepelná zátěž

Trox Easy Product Finder

DIMsilencer

Microsoft Word 2010

Microsoft Excel 2010

## 7.3. Zoznam obrázkov

Obrázok 1: Cyklus informačného modelu budovy (1).....	4
Obrázok 2: RTS metóda .....	9
Obrázok 3: Pomer radiačnej a konvektívnej zložky (9).....	13
Obrázok 4: Pôdorys 1NP (výrez z programu Revit) .....	17
Obrázok 5: Pôdorys 1.PP (výrez z programu Revit).....	18
Obrázok 6: Nastavenie šablóny projektu (výrez z programu Revit) .....	20
Obrázok 7: Obsadenosť (výrez z programu Revit) .....	21
Obrázok 8: Zátěž od zariadení (výrez z programu Revit) .....	21
Obrázok 9: Informácie o chladení (výrez z programu Revit) .....	22
Obrázok 10: Množstvo čerstvého vzduchu (výrez z programu Revit).....	23
Obrázok 11: Skladba a vlastnosti obvodovej steny pred zmenou (výrez z programu Revit) ...	30
Obrázok 12: Skladba a vlastnosti obvodovej steny po zmene (výrez z programu Revit).....	30

## 7.4. Zoznam tabuliek

Tabuľka 1: Vstupné hodnoty pre výpočet tepelných ziskov.....	24
Tabuľka 2: Výsledky výpočtu tepelných strát podľa RTS .....	26
Tabuľka 3: Výsledky výpočtu tepelných strát podľa ČSN EN 12831 .....	27
Tabuľka 4: Porovnanie výsledkov tepelných strát obomi metódami .....	28
Tabuľka 5: Porovnanie strát vetraním bez uvažovania infiltrácie .....	29
Tabuľka 6: Porovnanie tepelných strát prestupom po korekcii U .....	30
Tabuľka 7: Porovnanie tepelných strát po realizácii zmien .....	31
Tabuľka 8: Výsledky výpočtu tepelných ziskov podľa RTS.....	32
Tabuľka 9: Výsledky výpočtu tepelných ziskov podľa ČSN 73 0548.....	33

Tabuľka 10: Porovnanie výsledkov výpočtu tepelných ziskov .....	34
---	----

## **7.5. Zoznam príloh**

Príloha č.1:	Pôdorys 1PP a 1NP výpočtového modelu
Príloha č.2:	Technická správa
Príloha č.3:	Pôdorys 1.NP
Príloha č.4:	Pôdorys 2.NP
Príloha č.5:	Pôdorys 3.NP
Príloha č.6:	Strojovňa VZT
Príloha č.7:	Rezy stúpačkami zar.1, zar.2
Príloha č.8:	Rezy stúpačkou zar.3
Príloha č.9:	Rezy stúpačkou zar.4
Príloha č.10:	VZT jednotky
Príloha č.11:	Výpočet tlmičov hluku