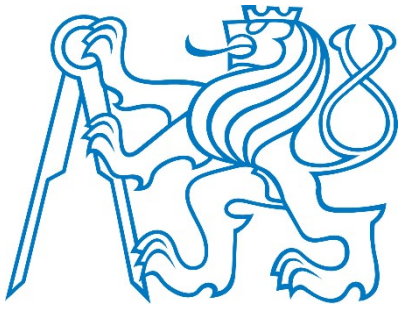
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



Návrh vzduchotechnického systému stomatologické kliniky v programu Revit

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Michal Kuťák

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Roman Musil, Ph.D.**

2017/2018

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kuťák Jméno: Michal Osobní číslo: 438133

Zadávající katedra: Katedra technických zařízení budov K11125

Studijní program: (B3651) Stavební inženýrství

Studijní obor: (3608R008) Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh vzduchotechnického systému stomatologické kliniky v programu Revit

Název bakalářské práce anglicky: Design of ventilation system of dental clinic in the program Revit

Pokyny pro vypracování:
Předmětem bakalářské práce bude návrh vzduchotechnického systému stomatologické kliniky, ve stupni rozšířeného stavebního povolení, v programu Revit - BIM.
Předmětem odevzdávky budou půdorysy M 1:50, řezy VZT strojovnou, řezy svislým potrubím, typové detaily křížení potrubí a technická zpráva.
V rámci prohlubující práce bude porovnání výpočtů tepelných ztrát a tepelných zisků v programu Revit s příslušnými českými normami a zhodnocení použitelnosti výpočtových výstupů z Revitu v praxi.

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Roman Musil, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2018 Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5.2018
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

[redacted]
Podpis vedoucího práce

[redacted]
Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské 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. 3. 2018
Datum převzetí zadání

[redacted]
Podpis studenta(ky)

Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je vytvoření návrhu vzduchotechnického systému stomatologické kliniky. Celý návrh bude proveden metodou BIM v softwaru Revit. Celkem tato bakalářská práce bude mít dvě části; první se zabývá výpočtem tepelných ztrát a tepelných zisků v softwaru Revit a jejich následné porovnání s výpočty podle příslušných českých norem, druhá část řeší nucené větrání objektu. Celý systém je opět namodelován v programu Revit.

Klíčová slova

BIM, Revit, vzduchotechnika, tepelné ztráty, tepelné zisky

Abstract

The subject of this bachelor thesis is the creation of a design of ventilation system of dental clinic. The whole project should be done using BIM in Revit. In total, this bachelor thesis will consist of two parts; the first one deals with calculation of heating load and cooling load in Revit software and their following comparison with calculations according to the relevant Czech standards, the second part deals with the forced ventilation of the building. The whole system is modeled in Revit.

Key words

BIM, Revit, ventilation, heating load, cooling load

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Praze dne 26.5. 2018 .....

podpis

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Romanu Musilovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH **7**

ÚVOD **8**

1 BIM **9**

2 MODEL BUDOVY **10**

2.1 POPIS OBJEKTU 10
2.2 KONSTRUKCE 11
2.3 VÝPLNĚ OTVORŮ 15
2.4 PROSTORY 16
2.5 ZÓNY 18
2.6 OKRAJOVÉ PODMÍNKY 19

3 ANALÝZA VÝPOČTŮ TEPELNÉ ZÁTĚŽE **21**

3.1 TEPELNÉ ZTRÁTY 22
3.2 TEPELNÉ ZISKY 24

ZÁVĚR **26**

SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ **1**

Úvod

Předkládaná práce je zaměřená na návrh vzduchotechnického systému pro stomatologickou kliniku. Klinika je součástí polyfunkčního domu, má společné 1.PP s bytovým domem stojícím pár metrů vedle. V této bakalářské práci bude řešen návrh vzduchotechnického systému pouze pro stomatologickou kliniku, proto je uvažována jako samostatně stojící objekt.

1 BIM

Building information modeling, zkráceně BIM. Jedná se o inteligentní proces pro plánování, navrhování, výstavbu a správu budov a infrastruktury. Celý proces je založen na modelu. Pro danou stavbu je vytvořen její virtuální 3D model, kam je zanášeno vše, co se se stavbou děje. Ale nejedná se pouze o vizualizaci dané stavby ve 3D, největší síla modelu zpracovaného v BIMu je, že slouží jako jednotná databáze celé budovy, tzn., že o každém prvku, ze kterého se budova skládá, jsou v modelu obsaženy informace o materiálu, ze kterého je vytvořen, jeho fyzikální a mechanické vlastnosti, ale třeba i jeho cena, to má za následek, že se na projektu dají spouštět i různé analýzy, např. výpočet tepelných ztrát a tepelných zisků o kterých pojednává část této bakalářské práce. BIM pomáhá všem, co se na projektu podílejí, ať už se jedná o architekty, statiky nebo třeba projektanty TZB, všichni pracují s jedním a tím samým modelem, což vede k lepší koordinaci celé stavby.

Silné stránky BIM:

• kvalitnější projekty
• integrace informací
• srozumitelnost
• jednodušší komunikace
• komplexní informace
• možnost analýzy objektu
• lepší koordinace profesí

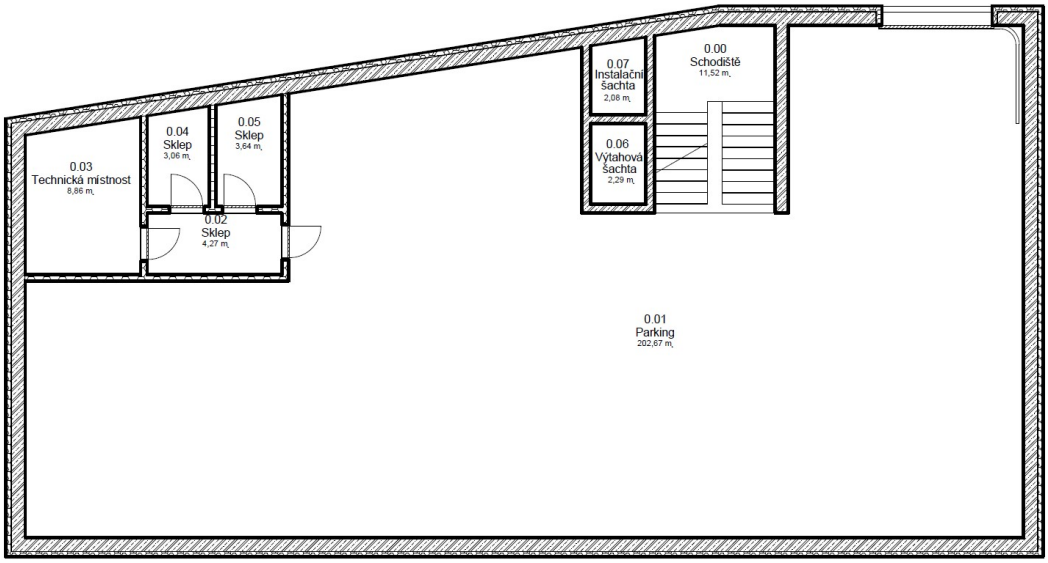
Slabé stránky BIM:

• nutná implementace (peníze, lidi, procesy)
• změna časové náročnosti jednotlivých fází projektu
• delší zpracování změn
• plnohodnotný BIM – dnes ještě spíše rarita, změny nejsou zapracovávány do modelu a když tak opožděně, model je většinou mnohem jednodušší, než PPD pro realizaci
• knihovny – omezení na veliké nadnárodní výrobce z důvodů digitalizace svých výrobků do BIMu

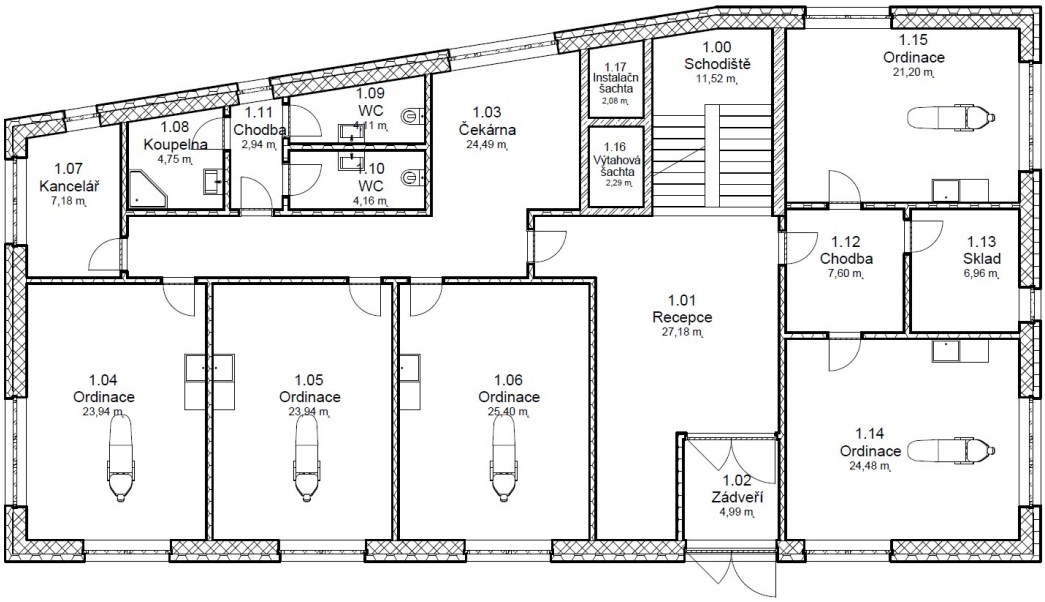
2 Model budovy

2.1 Popis objektu

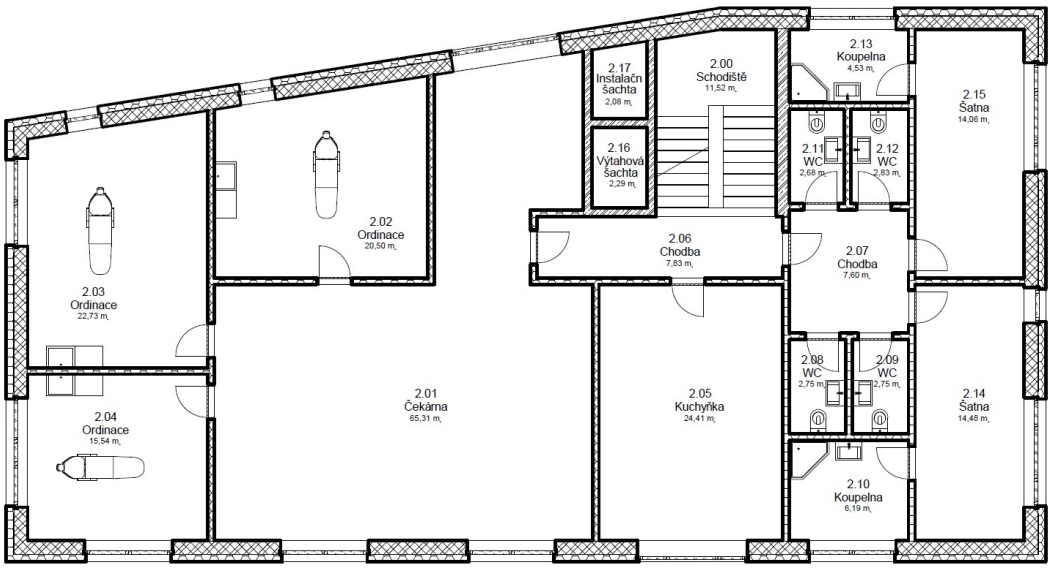
Stomatologická klinika je osazena, jako izolovaný objekt, nachází se v Praze 5; ul. Jinonická, tvoří ji tři nadzemní podlaží + neobytný suterén určený k parkování. 3.NP je půdorysně menší než ostatní podlaží, nachází se v něm kanceláře lékařů a zubních dentistů. 1.NP a 2.NP se skládají převážně ze zubních ordinací. (viz. obr. 2.1–2.4)



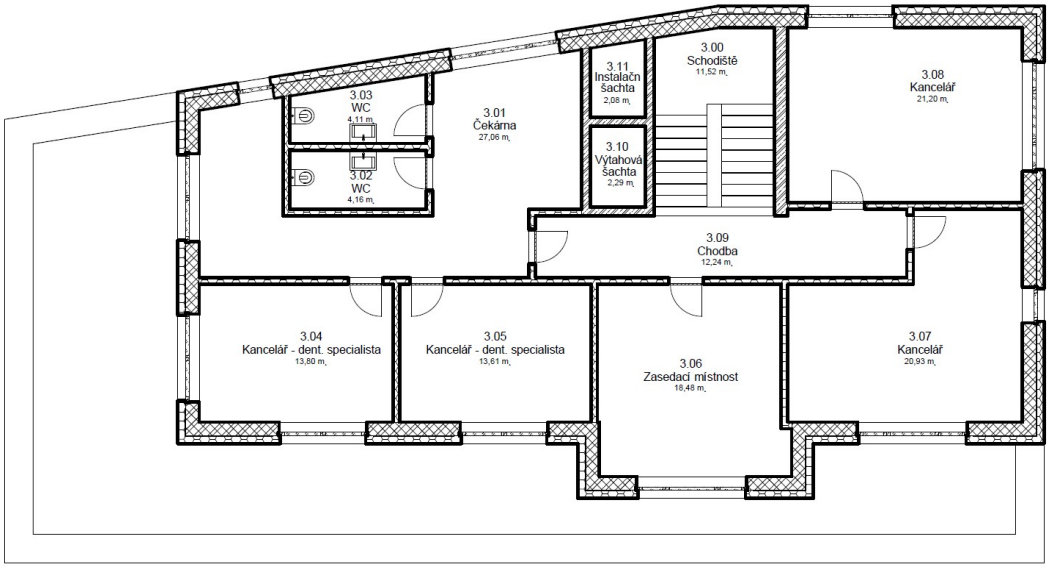
Obr. 2.1 Půdorys 1.PP



Obr. 2.2 Půdorys 1.NP



Obr. 2.3 Půdorys 2.NP

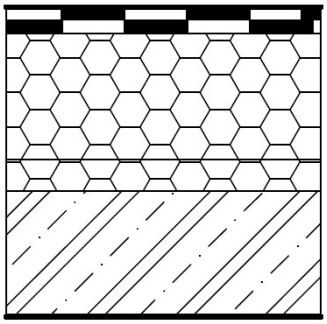


Obr. 2.4 Půdorys 3.NP

2.2 Konstrukce

V této části jsou popsány veškeré skladby konstrukcí, včetně jejich tlouštěk a tepelných vlastností. Jelikož Revit při výpočtu součinitele prostupu tepla U (W/m^2*K) zanedbává odpory při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce Rsi a Rse (m^2*K/W) jsou u vnějších vrstev obvodových konstrukcí upraveny jejich tepelné vodivosti λ (W/m*K) tak, aby v konečném součtu tyto vrstvy v sobě zahrnovali i odpory Rsi a Rse. U vnitřních konstrukcí jako jsou příčky, nosné ŽB stěny u schodiště a jednotlivé podlahy mezi podlažími, jsou odpory při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce Rsi a Rse zanedbány.

• ***Střecha:***



Modifikovaný asfaltový pás tl. 4,5mm + Rse=0,04 λ=0,0840 W/m.K

Modifikovaný asfaltový pás tl. 4,5mm λ=0,3310 W/m.K

Tepelná izolace EPS tl. 200mm λ=0,0350 W/m.K

Tepelná izolace EPS - spádový klín tl. 50mm λ=0,0350 W/m.K

Parozábrana tl. 1mm λ=0,3310 W/m.K

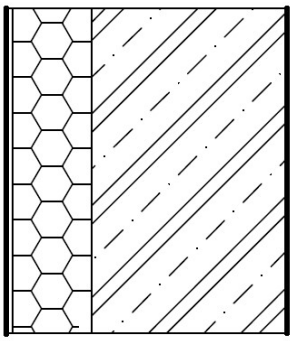
ŽB deska tl. 200mm λ=1,0460 W/m.K

Vnitřní sádrová omítka tl. 5mm + Rsi=0,1 λ=0,0455 W/m.K

R=7,5143 m^2.K/W

U=0,1331 W/m^2.K

• ***Suterénní stěna:***



Tepelná izolace XPS tl. 120mm + Rse=0,04 λ=0,0840 W/m.K

ETICS lepící hmota tl. 10mm λ=0,0800 W/m.K

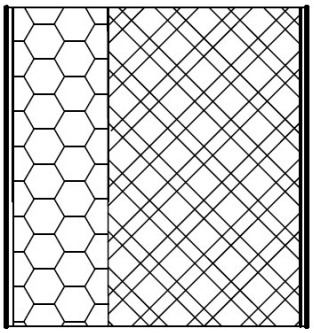
ŽB stěna tl. 300mm λ=1,0460 W/m.K

Vnitřní sádrová omítka tl. 10mm + Rsi=0,13 λ=0,0668 W/m.K

R=5,0059 m^2.K/W

U=0,1998 W/m^2.K

• ***Obvodová stěna:***



Fasádní silikátová omítka tl. 10mm + Rse=0,04 λ=0,0840 W/m.K

ETICS lepící hmota tl. 10mm λ=0,0800 W/m.K

Tepelná izolace EPS tl. 150mm λ=0,0350 W/m.K

ETICS lepící hmota tl. 10mm λ=0,0800 W/m.K

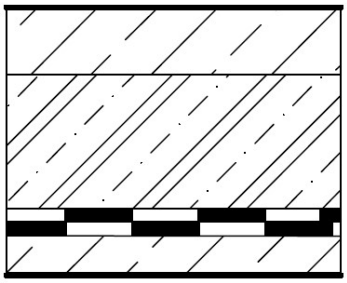
Cihelné bloky tl. 300mm λ=0,2000 W/m.K

Vnitřní sádrová omítka tl. 10mm + Rsi=0,13 λ=0,0668 W/m.K

R=6,2449 m^2.K/W

U=0,1601 W/m^2.K

• ***Podlaha 1.PP:***



Polyuretanová stěrka tl. 1mm + Rsi=0,17 λ=0,0840 W/m.K

Betonová mazanina tl. 100mm λ=1,0460 W/m.K

ŽB deska tl. 200mm λ=1,0460 W/m.K

Modifikovaný asfaltový pás tl. 4,5mm λ=0,3310 W/m.K

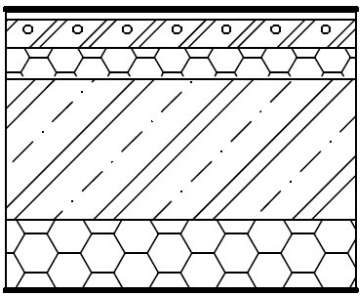
Modifikovaný asfaltový pás tl. 4,5mm λ=0,3310 W/m.K

Beton prostý tl. 80mm λ=1,0460 W/m.K

R=2,0388 m^2.K/W

U=0,4905 W/m^2.K

• ***Podlaha 1.NP:***



Keramická dlažba tl. 15mm λ=1,200 W/m.K

Anhydrit tl. 45mm λ=0,2100W/m.K

Rigips Rigifloor tl. 40mm λ=0,0340 W/m.K

ŽB deska tl. 200mm λ=1,0460 W/m.K

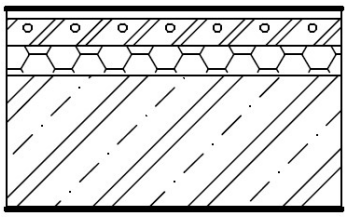
Tepelná izolace vata tl. 100mm λ=0,0350 W/m.K

Vnitřní sádrová omítka tl. 5mm λ=0,5100 W/m.K

R=4,4614 m^2.K/W

U=0,2241 W/m^2.K

• ***Podlaha 2.NP a 3.NP:***



Keramická dlažba tl. 15mm λ=1,200 W/m.K

Anhydrit tl. 45mm λ=0,2100W/m.K

Rigips Rigifloor tl. 40mm λ=0,0340 W/m.K

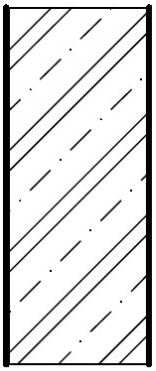
ŽB deska tl. 200mm λ=1,0460 W/m.K

Vnitřní sádrová omítka tl. 5mm λ=0,5100 W/m.K

R=1,6043 m^2.K/W

U=0,6233 W/m^2.K

• ***ŽB stěna vnitřní:***

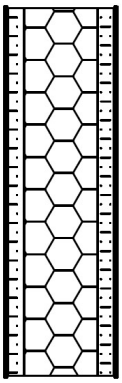


ŽB stěna tl. 200mm λ=1,0460 W/m.K

R=0,2108 m^2.K/W

U=4,7436 W/m^2.K

• ***Sádrokartonová příčka:***



2x Sádrokartonová deska tl. 12,5mm λ=0,6500 W/m.K

Tepelná izolace vata tl. 100mm λ=0,0350 W/m.K

2x Sádrokartonová deska tl. 12,5mm λ=0,6500 W/m.K

R=2,9341 m^2.K/W

U=0,3408 W/m^2.K

2.3 Výplně otvorů

Tepelné vlastnosti výplní otvorů jako jsou dveře a okna se definují výběrem z rolovacího menu, které se nachází ve vlastnostech dané rodiny v části Analytické vlastnosti. Výběrem položky, z tohoto menu se rodině přiřadí U (W/m^2*K) a R (m^2*K/W) proskleným konstrukcím pak ještě koeficient slunečního tepelného zisku g (%) a viditelná světelná propustnost LT (%). I když se nastavení těchto vlastností děje ve vlastnostech rodiny, tak s danou rodinou nemají vůbec nic společného, Revit si položky, které nám dává na výběr v rolovacím menu bere z centrálního souboru „construction.xml“, který se nachází v C:\Program Files\Autodesk\Revit 2018\cs-CZ. Tento soubor se dá editovat v poznámkovém bloku, jako textový soubor, kde si můžeme jednotlivé položky v menu analytických vlastností upravit dle libosti, avšak má to tu nevýhodu, že pokud chceme s někým náš projekt sdílet, tak sním musíme sdílet i tento soubor, aby se mu objevilo stejné menu analytických vlastností jako nám.

• ***Okna:***

V projektu se nachází celkem tři typy oken, které se liší pouze svou velikostí a procentem zasklení. Revit podle rozměrů definované v rodině okna rozpozná plochu zasklení a plochu rámů. Tepelné vlastnosti jsou pro všechny tři typy oken stejné.

R= 1,0000 W/m^2*K
U= 1,0000 m^2*K/W
g= 0,65 %
LT= 0,76%

• ***Dveře vnější:***

R= 0,6073 m^2*K/W
U= 1,6466 W/m^2*K

• ***Dveře vnitřní:***

R= 0,4300 m^2*K/W
U= 2,3256 W/m^2*K

• ***Garážová vrata:***

R= 0,2701 m^2*K/W
U= 3,7021 W/m^2*K

2.4 Prostory

Aby mohl být proveden výpočet tepelných ztrát a tepelných zisků, musí být celý objekt rozdělen na jednotlivé prostory. Prostor je komponenta v programu Revit, pomocí které jsme schopni definovat parametry pro výpočet tepelných ztrát a tepelných zisků a přiřadit je k danému místu v budově. Aby byly konstrukce ohraničující prostor započítány mezi analytické povrchy daného prostoru musí mít daný prostor hranice až za těmito konstrukcemi, jinak je Revit nedetekuje. Skutečnost, jestli se jedná o vnitřní nebo vnější konstrukci Revit rozezná buď podle nastavení ve vlastnostech konstrukce anebo podle toho, jestli se prostory nachází na jedné, nebo na obou stranách konstrukce, tzn. že musíme přiřadit prostor veškerým částem budovy, a to včetně instalačních šachet a místa nad podhledem. V komponentě prostor můžeme definovat tyto parametry:

• ***Název:*** V mém modelu odpovídá názvu místnosti.
• ***Volný prostor:*** Rozumí se neklimatizovaný prostor, který je umístěný nad klimatizovaným prostorem, typicky prostor nad sádrokartonovým podhledem.
• ***Obyvatelnost:*** Obyvatelný/neobyvatelný – pokud nastavíme prostor jako neobyvatelný, tak Revit automaticky nastaví na počet osob na nula, tzn. že, veškeré další hodnoty, které počítají s touto hodnotou nebudou do výpočtu zahrnuty (např. množství venkovního vzduchu m^3/os.)
• ***Typ podmínky:*** vytápěný a chlazený – počítány tepelné ztráty i tepelné zisky, vytápěný – počítány pouze tepelné ztráty, chlazený – počítány pouze tepelné zisky, odvětraný, přirozeně odvětraný, bez podmínky
• ***Typ prostoru:*** Zde si můžeme zvolit přímo konkrétní typ prostoru (kancelářský prostor, koupelna, divadlo, garáž, atd..) na základě tohoto výběru se nám k prostoru přiřadí parametry, které nám v prostoru charakterizují tepelnou zátěž od lidí a elektrického vybavení a to včetně

časových rozvrhů, kdy se zde nachází lidé a vybavení je využíváno. Všechny tyto parametry se nechají uživatelsky nastavit na konkrétní hodnoty. Dále se zde nechá nastavit podmínka, podle které se má počítat množství přívodního venkovního vzduchu (podle hodinové výměny, podle počtu osob, nebo podle plochy).

• ***Typ budovy:*** Zde si můžeme vybrat, jestli chceme, aby se nám analytické vlastnosti konstrukcí počítaly přímo z prvků, ze kterých máme objekt namodelován anebo ze schématických prvků – můžeme si vybrat skupinu prvků a hromadně jí z rolovacího menu přiřadit analytické vlastnosti. Tyto vlastnosti lze opět upravit v souboru construction.xml.

• ***Lidé:*** Počet lidí a velikost od nich získané tepelné zátěže můžeme zadat buď ručně anebo nechat hodnotu přiřadit program podle typu prostoru.

• ***Zátěž od el. zařízení:*** Velikost zátěže od elektrických zařízení a osvětlení můžeme buď zadat ručně anebo nechat hodnotu přiřadit program podle typů prostoru.

Výkaz prostorů					
Číslo	**Název**	**Počet osob**	**Typ podmínky**	**Typ prostoru**	**Venkovní vzduch**
0.00	Schodiště	1	Pouze přirozené odvětrání	Schodiště	30,3 m³/h
0.01	Parking	10	Odvětraný	Garáž	0,0 m³/h
0.02	Sklep	0	Odvětraný	Sklad	0,0 m³/h
0.03	Technická místnost	0	Odvětraný	Strojovna	0,0 m³/h
0.04	Sklep	0	Odvětraný	Sklad	0,0 m³/h
0.05	Sklep	0	Odvětraný	Sklad	0,0 m³/h
0.06	Výtahová šachta	0	Bez podmínky	<Budova>	0,0 m³/h
0.07	Instalační šachta	0	Bez podmínky	<Budova>	0,0 m³/h
1.00	Schodiště	1	Pouze přirozené odvětrání	Schodiště	19,5 m³/h
1.01	Recepce	4	Vytápěno a chlazeno	Čekárna	84,1 m³/h
1.02	Zádveří	0,5	Pouze přirozené odvětrání	Chodba/přechod	7,7 m³/h
1.03	Čekárna	5	Vytápěno a chlazeno	Čekárna	75,8 m³/h
1.04	Ordinace	3	Vytápěno a chlazeno	Zubní ordinace	74,1 m³/h
1.05	Ordinace	3	Vytápěno a chlazeno	Zubní ordinace	74,1 m³/h
1.06	Ordinace	3	Vytápěno a chlazeno	Zubní ordinace	78,6 m³/h
1.07	Kancelář	1	Vytápěno a chlazeno	Kancelář	22,2 m³/h
1.08	Koupelna	0,5	Vytápěno a chlazeno	Koupelna	22,0 m³/h
1.09	WC	0,5	Vytápěno a chlazeno	Toalety	6,4 m³/h
1.10	WC	0,5	Vytápěno a chlazeno	Toalety	6,4 m³/h
1.11	Chodba	0,5	Vytápěno a chlazeno	Toalety	4,5 m³/h
1.12	Chodba	1	Pouze přirozené odvětrání	Chodba/přechod	11,8 m³/h
1.13	Sklad	0	Pouze přirozené odvětrání	Sklad	2,2 m³/h
1.14	Ordinace	3	Vytápěno a chlazeno	Zubní ordinace	75,8 m³/h
1.15	Ordinace	3	Vytápěno a chlazeno	Zubní ordinace	65,6 m³/h

1.16	Výtahová šachta	0	Bez podmínky	<Budova>	0,0 m³/h
1.17	Instalační šachta	0	Bez podmínky	<Budova>	0,0 m³/h
2.00	Schodiště	1	Pouze přirozené odvětrání	Schodiště	19,5 m³/h
2.01	Čekárna	5	Vytápěno a chlazeno	Čekárna	202,1 m³/h
2.02	Ordinace	3	Vytápěno a chlazeno	Zubní ordinace	63,5 m³/h
2.03	Ordinace	3	Vytápěno a chlazeno	Zubní ordinace	70,4 m³/h
2.04	Ordinace	3	Vytápěno a chlazeno	Zubní ordinace	48,1 m³/h
2.05	Kuchyňka	4	Vytápěno a chlazeno	Kuchyňka	113,3 m³/h
2.06	Chodba	1	Pouze přirozené odvětrání	Chodba	12,1 m³/h
2.07	Chodba	1	Pouze přirozené odvětrání	Chodba	11,8 m³/h
2.08	WC	0,5	Vytápěno a chlazeno	Toalety	4,3 m³/h
2.09	WC	0,5	Vytápěno a chlazeno	Toalety	4,3 m³/h
2.10	Koupelna	0,5	Vytápěno a chlazeno	Koupelna	28,7 m³/h
2.11	WC	0,5	Vytápěno a chlazeno	Toalety	4,1 m³/h
2.12	WC	0,5	Vytápěno a chlazeno	Toalety	4,4 m³/h
2.13	Koupelna	0,5	Vytápěno a chlazeno	Koupelna	21,0 m³/h
2.14	Šatna	3	Vytápěno a chlazeno	Čekárna	44,8 m³/h
2.15	Šatna	3	Vytápěno a chlazeno	Čekárna	43,5 m³/h
2.16	Výtahová šachta	0	Bez podmínky	<Budova>	0,0 m³/h
2.17	Instalační šachta	0	Bez podmínky	<Budova>	0,0 m³/h
3.00	Schodiště	1	Pouze přirozené odvětrání	Schodiště	17,8 m³/h
3.01	Čekárna	5	Vytápěno a chlazeno	Čekárna	83,7 m³/h
3.02	WC	0,5	Vytápěno a chlazeno	Toalety	6,4 m³/h
3.03	WC	0,5	Vytápěno a chlazeno	Toalety	6,4 m³/h
3.04	Kancelář	2	Vytápěno a chlazeno	Kancelář	42,7 m³/h
3.05	Kancelář	2	Vytápěno a chlazeno	Kancelář	42,1 m³/h
3.06	Zasedací místnost	10	Vytápěno a chlazeno	Kancelář	57,2 m³/h
3.07	Kancelář	3	Vytápěno a chlazeno	Kancelář	64,8 m³/h
3.08	Kancelář	3	Vytápěno a chlazeno	Kancelář	65,6 m³/h
3.09	Chodba	1	Pouze přirozené odvětrání	Chodba	18,9 m³/h
3.10	Výtahová šachta	1	Bez podmínky	<Budova>	0,0 m³/h
3.11	Instalační šachta	1	Bez podmínky	<Budova>	0,0 m³/h

Tab. 2.1 Výkaz prostorů

2.5 Zóny

Zóna je, komponenta, která zastřešuje prostory o stejných požadavcích na vnitřní prostředí (teplota, vlhkost atd..), které zajišťuje jedno zařízení. V komponentě zóna se dají nastavit tyto parametry:

• ***Typ služby:*** Jedná se o typ zařízení, které zajišťuje požadavky na vnitřní prostředí dané zóny. V zásadě máme na výběr ze tří kategorií:

a.) Konstantní objem – výstup vzduchu ventilátoru je konstantní. Revit vypočte měsíc a

hodinu, ve které je součet tepelných zatížení všech prostorů v zóně největší.
b.) Variabilní objem (VAV) – výstup vzduchu ventilátoru, se liší v závislosti na teplotních zatížení jednotlivých prostorů v zóně. Revit spočte maxima pro každý prostor, ale pro zónu jako celek bude výpočet pomocí konstantního objemu.
c.) Teplovodní – při nastavení teplovodní služby jsou výsledky totožné, jako při konstantním objemu, s tím rozdílem, že není započítáno jakési teplo od ventilátorů, jehož hodnota závisí na rozdílu teploty vzduchu vnitřního a vzduchu přívodního. S tepelným ziskem od ventilátorů se dle ČSN nepočítá, proto jsem v modelu zvolil teplovodní typ služby.
• ***Obtokový součinitel:*** Jedná se o procento vzduchu, který prochází cívkou, ale není ovlivněn její teplotou. (Faktor od výrobce) v modelu zvolen 0,000 %.
• ***Údaje o chlazení:*** Zde můžeme nastavit teplotu vnitřního prostředí + teplotu a vlhkost přiváděného vzduchu pro chlazení.
• ***Údaje o vytápění:*** Zde můžeme nastavit teplotu vnitřního prostředí + teplotu a vlhkost přiváděného vzduchu pro vytápění.
• ***Údaje o venkovním vzduchu:*** Zde můžeme nastavit, jestli se mají údaje o množství venkovního vzduchu počítat podle nastavení v typu prostoru, nebo podle zóny. Stejně jako v typu prostoru se zde nechá nastavit podmínka, podle které se má počítat množství přívodního venkovního vzduchu (podle hodinové výměny, podle počtu osob, nebo podle plochy).

2.6 Okrajové podmínky

Abychom mohli v Revitu spustit analýzu tepelných ztrát a tepelných zisků, musíme nadefinovat okrajové podmínky. Ty se dají zadat přímo v nástroji „Zátěže vytápění a chlazení“, který se nachází pod záložkou analyzovat na kartě Zprávy a výkazy. Zde můžeme na kartě obecné nastavit:

• ***Typ budovy:*** Určuje typ budovy podle schématu gbXML 0.37 (obdoba ASHRAE).
• ***Umístění:*** Určuje geografickou polohu stavby, ta se dá zadat buď podle města, nebo souřadnicemi. Na základě geografické polohy se vybere nejbližší meteorologická stanice, podle které se určí vnější výpočtové údaje.
• ***Terén:*** Určí se podlaží, které je ve výšce přilehlého terénu.
• ***Plášť budovy:*** Zde se určí metoda, která bude použita ke stanovení pláště budovy:

a.) Parametr funkce – Výchozí metoda, určuje vnitřní a vnější stěnu podle toho, jestli se nachází prostory na jedné, nebo na obou stranách stěny.
b.) Určit vnější prvky – Využívá algoritmů vrhání paprsků. Prvky jsou pak klasifikovány jako vnější, nebo stínované povrchy.

• ***Technické zařízení budovy:*** Stejné jako nastavení typu služby pro zónu, záleží, jestli nám objekt obsluhuje jedno, nebo více zařízení. Pokud jedno, nastavíme v zóně typ služby jako <Budova>, pokud více, nastavíme jednotlivá zařízení pro každou zónu. Viz. kap. 2.5 Zóny.
• ***Schématická typy:*** Zde si můžeme vybrat, jestli chceme, aby se nám analytické vlastnosti konstrukcí počítaly přímo z prvků, ze kterých máme objekt namodelován anebo ze schématických prvků – můžeme si vybrat skupinu prvků a hromadně jí z rolovacího menu přiřadit analytické vlastnosti. Tyto vlastnosti lze upravit v souboru construction.xml.
• ***Třída těsnosti:*** Označuje třídu infiltrace. Nízká, střední, vysoká, nebo žádná – nastavena nízká.
• ***Typ zprávy:*** Nastavíme, jestli chceme základní, střední, nebo podrobný výkaz výsledků tepelné zátěže.
• ***Vliv zatížení:*** Zde se nastaví, jestli se má k hodnotám tepelné zátěže počítat, ta tepelná zátěž, která by měla opačné znaménko. Tzn. pokud počítáme například tepelné ztráty, tak by se nám výsledky snížily o tepelné zisky od lidí a vnitřního vybavení. České standardy takto nepočítají, proto není uvažován vliv opačného zatížení.

Pokud přepneme na kartu detaily, tak se nám objeví budova, schematicky rozdělena na jednotlivé zóny, prostory a analytické povrchy, kde si můžeme odkontrolovat, jestli Revit detekuje budovu správně.

3 Analýza výpočtů tepelné zátěže

V této kapitole jsou porovnány výsledky výpočtů tepelných ztrát a tepelných zisků v programu Revit, který používá metodu RTS, s výsledky podle ČSN EN 12831 - Otopné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro tepelné ztráty a ČSN 73 0548 - Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů. Demonstrace výsledků je předvedena na místnostech 1.04, 2.01 a 3.04. Výpočty dle ČSN jsou provedeny v programu Protech. Skladby jednotlivých konstrukcí jsou popsány v kap. 2.2.

Vnější výpočtová teplota		
Parametry	Zima	Léto
Teplota suchého teploměru	-15 °C	29 °C
Teplota vlhkého teploměru	-	23 °C
Průměrná denní teplota	14 °C	

Vnitřní výpočtová teplota	
Zóny	Zima
1PP	10 °C
Chodba	18 °C
Ordinace + Kanceláře	22 °C
Koupelna	22 °C

Tab. 3.01 Výpočtové údaje

3.1 Tepelné ztráty

Místnost 1.04				
Obvodové kce.		Φ (W)		ΔΦ (W)
		RTS	ČSN	
stěna	sever	-	-	-
	jih	70	75	-5
	východ	-	-	-
	západ	101	106	-5
okno	sever	-	-	-
	jih	116	116	0
	východ	-	-	-
	západ	145	145	0
střecha	-	-	-	-
podlaha	-	73	80	-7
příčka	-	-	-	-
dveře	-	-	-	-
celkem prostup		505	522	-17
větrání		1151	934	217
celkem ztráta		1656	1456	**200**

Tab. 3.02 Výsledky výpočtu teplené ztráty – místnost 1.04

Místnost 2.01				
Obvodové kce.		Φ (W)		ΔΦ (W)
		RTS	ČSN	
stěna	sever	46	53	-7
	jih	142	150	-8
	východ	-	-	-
	západ	-	-	-
okno	sever	145	145	0
	jih	232	232	0
	východ	-	-	-
	západ	-	-	-
střecha	-	116	133	-17
podlaha	-	-	-	-
příčka	-	307	338	-31
dveře	-	-	-	-
celkem prostup		988	1051	-63
větrání		2889	2547	342
celkem ztráta		3877	3598	**279**

Tab. 3.03. Výsledky výpočtu tepelné ztráty – místnost 2.01

Místnost 3.04				
Obvodové kce.		Φ (W)		ΔΦ (W)
		RTS	ČSN	
stěna	sever	-	-	-
	jih	74	83	-9
	východ	-	-	-
	západ	49	57	-8
okno	sever	-	-	-
	jih	116	116	0
	východ	-	-	-
	západ	116	116	0
střecha	-	80	94	-14
podlaha	-	-	-	-
příčka	-	-	-	-
dveře	-	-	-	-
celkem prostup		435	466	-31
větrání		697	569	128
celkem ztráta		1132	1035	**97**

Tab. 3.04 Výsledky výpočtu tepelné ztráty – místnost 3.04

Z výsledků výpočtů tepelných ztrát dle metody RTS a ČSN je vidět odchylka cca 10 %. Tato odchylka je z většiny způsobena rozdílem ve výpočtu tepelných ztrát větráním. Podle ČSN EN 12831 se jako objem větracího vzduchu pro výpočet teplené ztráty větráním vezme větší z hodnot V_{inf} – infiltrace pláštěm budovy, nebo V_{np} – hygienický požadavek. Metoda RTS jako objem větracího vzduchu vezme součet těchto dvou objemů, z toho vyplívá, že tepelná ztráta větráním bude podle metody RTS větší. Rozdíly ve výpočtu tepelné ztráty prostupem jsou způsobeny následujícím: 1.) špatným výpočtem součinitele prostupu tepla U (W/m^2*K), při jehož výpočtu Revit zanedbává odpory při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce Rsi a Rse (m^2*K/W). Tato chyba je ovšem eliminována úpravou tepelné vodivosti konstrukce λ (W/m*K), jak je popsáno v předešlé kapitole. 2.) ČSN EN 12831 při výpočtu tepelné ztráty prostupem $\Phi = U*A*(t_i-t_e)$ uvažuje plochu místnosti A (m^2) spočtenou z vnějších rozměrů místnosti, kdežto Revit tuto plochu počítá ze vzdáleností na osu konstrukce. Tzn., že uvažovaná plocha místnosti bude podle Revitu menší, než podle ČSN.

3.2 Tepelné zisky

Místnost 1.04				
Obvodové kce.		Φ (W)		ΔΦ (W)
		RTS	ČSN	
stěna	sever	-	-	-
	jih	16	13	3
	východ	-	-	-
	západ	9	19	-10
okno	sever	-	-	-
	jih	792	485	307
	východ	-	-	-
	západ	1049	1457	-408
střecha	-	-	-	-
celkem oslunění		1866	1974	-108
lidé		292	292	0
technologie		714	714	0
celkem zisk		2872	2980	**-108**

Tab. 3.05 Výsledky výpočtu tepelných zisků – místnost 1.04

Místnost 2.01				
Obvodové kce.		Φ (W)		ΔΦ (W)
		RTS	ČSN	
stěna	sever	-2	5	-7
	jih	34	25	9
	východ	-	-	-
	západ	-	-	-
okno	sever	191	421	-230
	jih	2201	1751	450
	východ	-	-	-
	západ	-	-	-
střecha	-	1	3	-2
celkem oslunění		2425	2205	220
lidé		484	484	0
technologie		684	684	0
celkem zisk		3593	3373	**220**

Tab. 3.06 Výsledky výpočtu tepelných zisků – místnost 2.01

Místnost 3.04				
Obvodové kce.		Φ (W)		ΔΦ (W)
		RTS	ČSN	
stěna	sever	-	-	-
	jih	17	15	2
	východ	-	-	-
	západ	4	10	-6
okno	sever	-	-	-
	jih	843	496	347
	východ	-	-	-
	západ	1001	998	3
střecha	-	1	2	-1
celkem oslunění		1866	1521	345
lidé		230	230	0
technologie		320	320	0
celkem zisk		2416	2071	**345**

Tab. 3.07 Výsledky výpočtu tepelných zisků – místnost 3.04

Postup výpočtu tepelné zátěže podle RTS metody (ASHARE):
1.) Nejprve se z okrajových podmínek (zisk z oslunění, lidé, technologie atd.) vypočte 24hodinový profil přírůstku tepla komponent za návrhový den. V tom je započtena i tepelná kapacita neprůhledných obvodových konstrukcí, která má za následek časovou prodlevu mezi tím, kdy se teplo působící na vnější stranu konstrukce projeví tepelným ziskem v interiéru.
2.) Rozdělení přírůstku tepla na část získanou sáláním a konvekcí
3.) Výpočet časové prodlevy přeměny tepla získaného sáláním na tepelný zisk.
4.) Sečtení části tepla získaného konvekcí a zpožděné části získané sáláním, z čehož se stanoví hodinový tepelný zisk pro danou komponentu.

Modul spočte celkový tepelný zisk v každé hodině a následně určí měsíc a hodinu největší tepelné zátěže pro každou zónu (zóna = skupina prostorů obsluhovaná jedním klimatizačním zařízením).

V mém projektu pro zónu kancelář vyšel největší tepelný zisk v září 15:00. ČSN 73 0548 pro výpočet tepelné zátěže uvažuje 21.červenec, z toho vyplývá, že každá metoda uvažuje jiný návrhový den pro výpočet tepelných zisků, a tudíž i jiné vnější okrajové podmínky, což vede k rozdílnosti výsledků obou metod.

Závěr

Cílem teoretické části této bakalářské práce byl výpočet tepelných ztrát a tepelných zisků v programu Revit, který používá metodu RTS (ASHARE), porovnání této metody s příslušnými českými standardy, (ČSN EN 12831 - výpočtová metoda pro tepelné ztráty a ČSN 73 0548 - výpočet tepelné zátěže) a následné zhodnocení použitelnosti této metody v praxi.

Porovnání výsledků tepelných ztrát získaných metodou RTS s výsledky podle ČSN EN 12831 ukazuje odchylku cca 10 %. Tento rozdíl je způsoben především odlišným výpočtem objemu větracího vzduchu obou metod. Co se týče porovnání výsledků tepelných zisků, tak tam se jednotlivé metody liší podstatně více. Hlavním důvodem je, že každá metoda uvažuje pro výpočet největší tepelné zátěže daného prostoru jiný návrhový den. Metoda RTS určí návrhový den podle zadaných okrajových podmínek a jejich vzájemných současností, kdežto ČSN EN 12831 uvažuje pro výpočet tepelné zátěže 21. červenec. Rozdíl ve výsledcích ukazuje, že výpočet tepelných ztrát a tepelných zisků v programu Revit je v praxi možné použít spíše orientačně.

Seznam literatury a informačních zdrojů

[1] ČSN EN 12831 - Otopné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro tepelné ztráty.

[2] ČSN 73 0548 - Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů

[3] Kontul´ Vladimír, Bc., Dilomová práce – Analýza postupů BIM v projektu vzduchotechniky zpracovaném nástrojem Revit

[4] Musil Roman, Ing., Prezentace – BIM – Technická zařízení budov

[5] help.autodesk.com[online]http://help.autodesk.com/view/RVT/2018/CSY/?guid=GUID-D88E8A06-6E08-4CD6-89A0

[6] tzb-info.cz[online] energeticka-narocnost-budov/8972-stanoveni-tepelnych-zisku-zaskleni-ze-slunecniho-zareni-v-energetickem-hodnoceni

[7] revitforum.org[online] https://www.revitforum.org/forum.php