

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

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ
TERASOVÉHO BYTOVÉHO DOMU**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vypracoval:

Michael Šnajdr

Vedoucí práce:

Ing. Miroslav Urban, Ph.D.

2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šnajdr	Jméno: Michael	Osobní číslo: 477218
Zadávací katedra: Katedra technických zařízení budov		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vytápění a větrání terasového bytového domu

Název bakalářské práce anglicky: Heating and ventilation of a terrace apartment building

Pokyny pro vypracování:
Práce bude zaměřena na zpracování ideového konceptu a následného projektu vycházejícího z variantního řešení. Bakalářská práce bude obsahovat část rešeršní a projektovou.

Rešeršní část bude zpracována v rozsahu:

- stanovení požadavků na větrání a vytápění pro konkrétní bytový dům se zaměřením na jeho specifika,
- studii variantního řešení větrání a vytápění konkrétního bytového domu (přehled současných technických možností),
- výběr vhodného zdroje tepla se zaměřením na využití obnovitelných zdrojů,
- porovnání a vyhodnocení variant z pohledu více kritérií.

Projekt bude zpracován v rozsahu:

- Návrh zdroje tepla a rozvodů vytápění vč. návrhu koncových prvků.
- Návrh způsobu větrání, výpočet dimenzí VZT, návrh distribučních prvků.
- Technická zpráva pro vytápění a větrání.

Seznam doporučené literatury:
Vladimír Zmrhal, Sálavé chladicí systémy, ČVUT 2009
Petráš a kol., Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie, Jaga 2008
Bašta Jiří: Sálavé a průmyslové vytápění, ČVUT 2021
ČSN EN 15665 Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov. Úřad pro normalizaci, měření a státní zkušebnictví. Praha 2009.
Zmrhal, Drkal, Šimánek - Koncept větrání, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí, 2017

Jméno vedoucího bakalářské práce: Miroslav Urban

Datum zadání bakalářské práce: 14.2.2022

Termín odevzdání BP v IS KOS: 15.5.2022
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 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“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne

.....

Michael Šnajdr

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Miroslavovi Urbanovi za cenné rady, ochotu, věnovaný čas a pomoc při zpracování mé bakalářské práce.

Anotace

Bakalářská práce se zabývá návrhem vhodného systému vytápění a větrání pro terasový bytový dům. Práce je rozdělena na dvě části. První částí je rešerše, v které jsou představeny možné varianty vytápění a větrání s ohledem na charakteristiku objektu. Navržené koncepty jsou krátce popsány včetně jednoduchých schémat a následně jsou vylíčena jejich pozitiva a negativa. Posléze jsou tyto koncepty porovnány dle několika kritérií a na základě vícekritériální analýzy jsou vybrány ty nejvhodnější. V druhé části bakalářské práce je vypracován projekt pro vybrané varianty. Projekt obsahuje výpočet tepelných ztrát, návrh vytápění a zdroje tepla, výpočet potřebného množství vzduchu pro větrání, návrh větracích jednotek, distribučních prvků a zpracování projektové dokumentace včetně technických zpráv.

Klíčová slova

vytápění, větrání, zdroj tepla, bytový dům, tepelné čerpadlo, tepelné ztráty

Annotation

The bachelor's thesis deals with the design of a suitable heating and ventilation system for a terraced apartment building. The thesis is divided in two parts. The first part is a research, which presents possible variants of heating and ventilation with respect to the characteristics of the building. The variants are briefly described, including simple schemes and with their positives and negatives. The variants are compared according to several criteria and the most suitable ones are selected based on multi-criteria analysis. In the second part of the bachelor thesis, a project for the selected variants is developed. The project includes the calculation of heat losses, design of heating and heat sources, calculation of the required amount of air for ventilation, design of ventilation units, distribution elements and processing of project documentation, including technical reports.

Keywords

heating, ventilation, heat source, apartment building, heat pump, heat losses

Obsah bakalářské práce

- Rešerše
- Projekt – technické zprávy, výkresy
- Projekt – výpočty, technické listy

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ
TERASOVÉHO BYTOVÉHO DOMU**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
REŠERŠE**

Vypracoval:

Michael Šnajdr

Vedoucí práce:

Ing. Miroslav Urban, Ph.D.

2021/2022

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Řešený objekt.....	9
2.1	Popis objektu.....	9
2.2	Lokalita	12
2.3	Stavební konstrukce	13
3	Návrh zdroje tepla.....	14
3.1	Plynový kondenzační kotel	15
3.2	Tepelné čerpadlo vzduch/voda.....	17
3.3	Tepelné čerpadlo země/voda.....	19
3.4	Využití obnovitelných zdrojů.....	21
4	Návrh otopných prvků vytápění	22
4.1	Podlahové konvektory.....	22
4.2	Podlahové vytápění	23
4.3	Stropní vytápění	25
5	Návrh konceptu větrání.....	27
5.1	Decentrální nucené větrání pomocí lokálních jednotek.....	28
5.2	Decentrální nucené větrání pomocí bytové jednotky.....	29
5.3	Centrální nucené větrání	30
6	Vícekriteriální analýza.....	31
6.1	Zdroj tepla	31
6.1.1	Hodnoticí kritéria.....	31
6.1.2	Vyhodnocení.....	33
6.2	Otopné prvky.....	33
6.2.1	Hodnoticí kritéria.....	33
6.2.2	Vyhodnocení.....	35
6.3	Větrání.....	35
6.3.1	Hodnoticí kritéria.....	35
6.3.2	Vyhodnocení.....	37
7	Závěr	38
8	Literatura a použité zdroje	39
9	Seznam obrázků.....	43
10	Seznam tabulek	44

1 Úvod

V mé bakalářské práci se budu věnovat návrhu ideálního systému vytápění a větrání v novostavbě bytového domu v Praze. Objekt se bude nacházet na velmi svažitém pozemku, na základě tohoto poznatku dostal svou charakteristickou terasovitou podobu. Předmětem stavby bude i realizace technických zařízení, aby budoucí uživatelé bytů měli komfortní podmínky pro bydlení.

Hlavním cílem rešeršní části je najít optimální řešení pro daný objekt z hlediska proveditelnosti, současných technických možností, uživatelské obslužnosti, ale také šetrnosti k okolí a k životnímu prostředí. Definuji požadavky na větrání a vytápění se zaměřením na specifika domu. Dále se budu zaměřovat na výběr zdroje tepla, výběr vhodných koncových prvků vytápění a výběr vhodného systému větrání včetně distribučních prvků. V rámci rešerše budou tyto ideové koncepce představeny. U každé z nich bych chtěl vytvořit schéma, popsat vlastnosti a jejich klady a zápory. Na závěr rešeršní části si zvolím několik hodnotících kritérií. Následně je použiji ve vícekritériové analýze, která mi pomůže vybrat nejlepší vhodné řešení.

V projektové části se budu zabývat vybranými variantami. Obsahem bude specifikace zdroje tepla, navržení rozvodů vytápění včetně koncových prvků, navržení vzduchotechnických rozvodů a distribučních prvků. Součástí bude taky technická zpráva pro každou profesi.

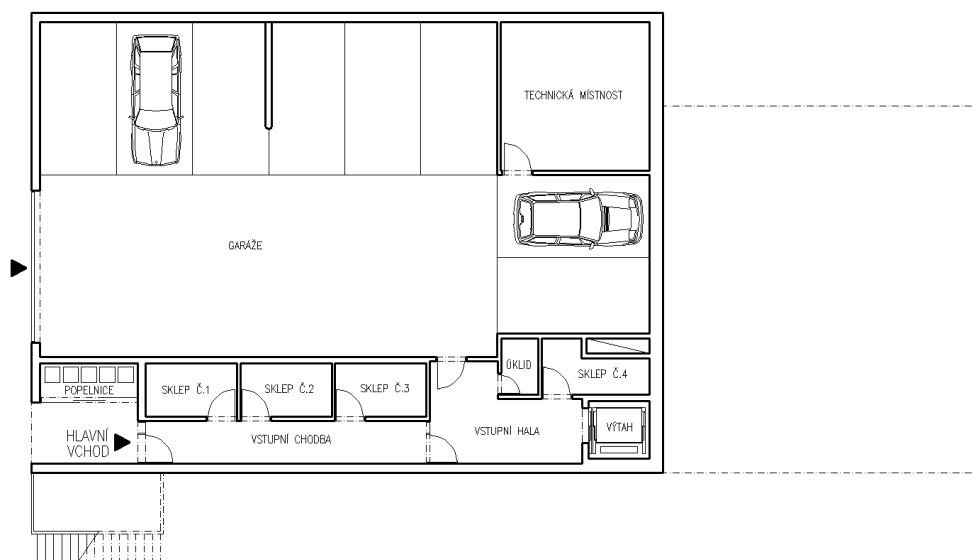
2 Řešený objekt

2.1 Popis objektu

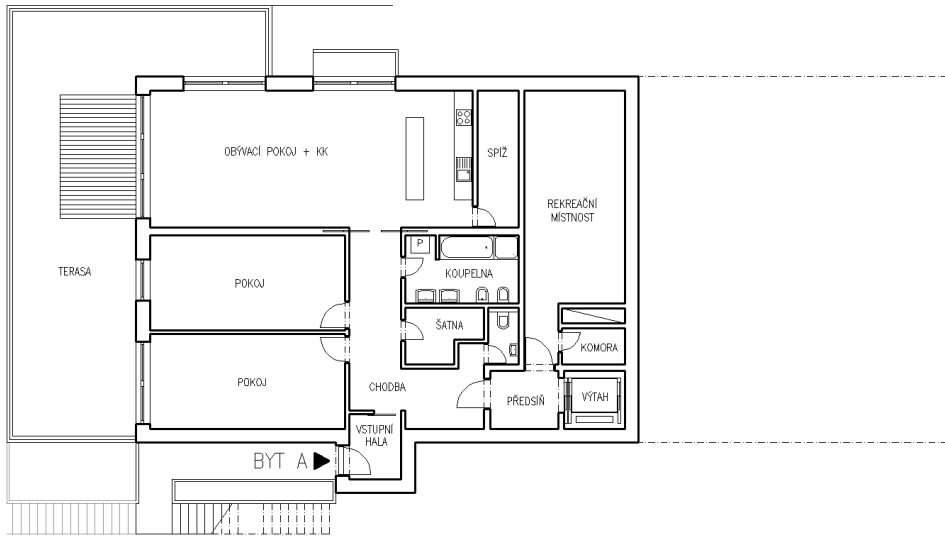
Architektonické řešení bytového domu je přizpůsobeno extrémně svažitému pozemku. Jeho ustupující čelní fasáda má kopírovat místní terén. Díky těmto úskokům vzniká prostor pro rozlehlé terasy. Objekt je situován v Praze – Košířích, má 4 podzemní a 2 nadzemní podlaží. Podzemní podlaží jsou částečně zapuštěna do terénu. Budova je zastřešena zelenou plochou střechou, která není pochozí. Jsou zde 4 byty, z nichž je jeden mezonetový.

Ve 4. podzemním podlaží se nachází garáže s osmi parkovacími stáními, jeden byt má dvě stání. Dále jsou zde sklepy, technická místnost, místnost pro úklid, místo pro popelnice, vstupní chodba s halou. Hlavní vchod je z jižní strany z ulice. Z haly je přístup do výtahu, ze kterého se vstupuje přímo do bytů. Samostatné schody jsou situovány vně objektu, po nich se dá jít do jednotlivých bytů.

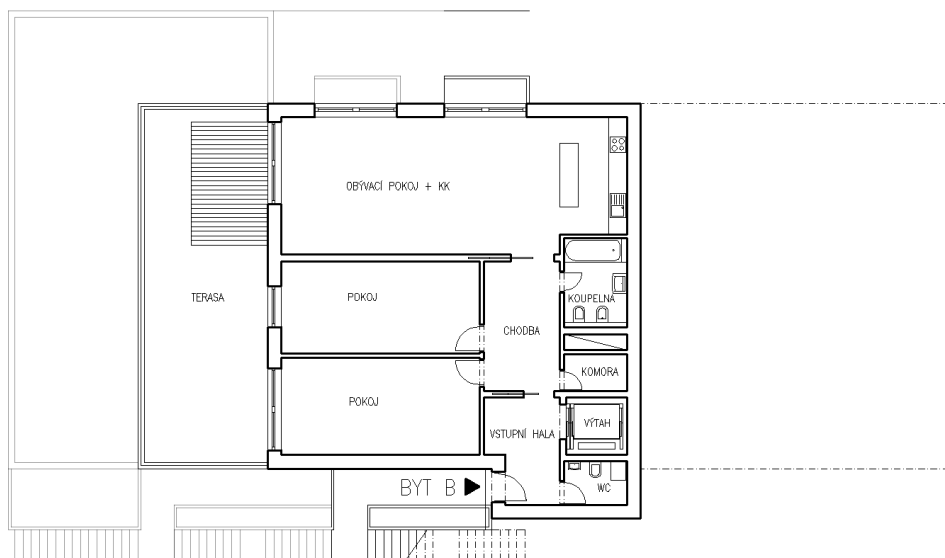
V každém následujícím patře až do 1.PP se nachází samostatná bytová jednotka. V 1. nadzemním podlaží je poslední byt, který je mezonetový.



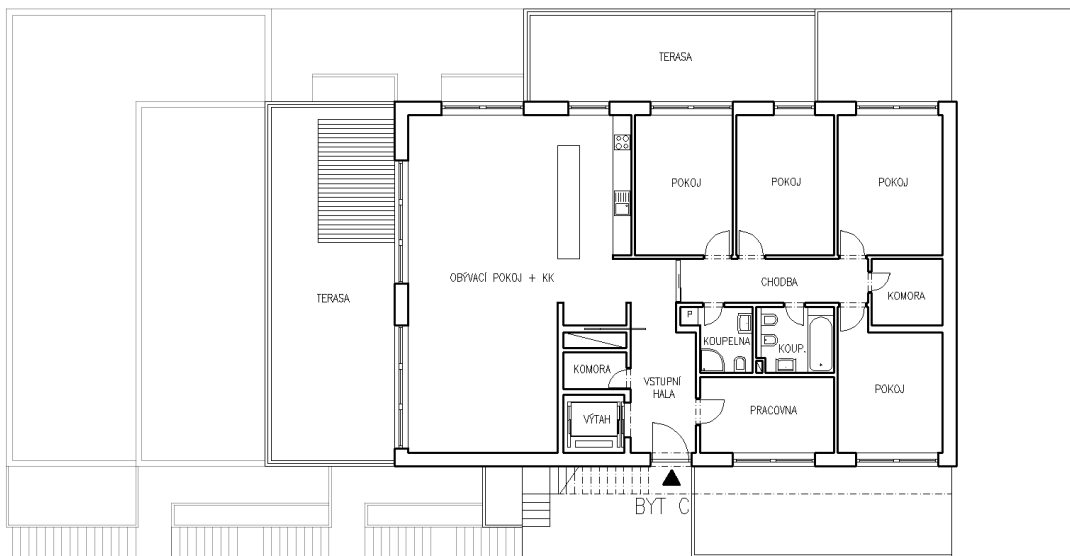
Obr. 1: Půdorys 4.PP



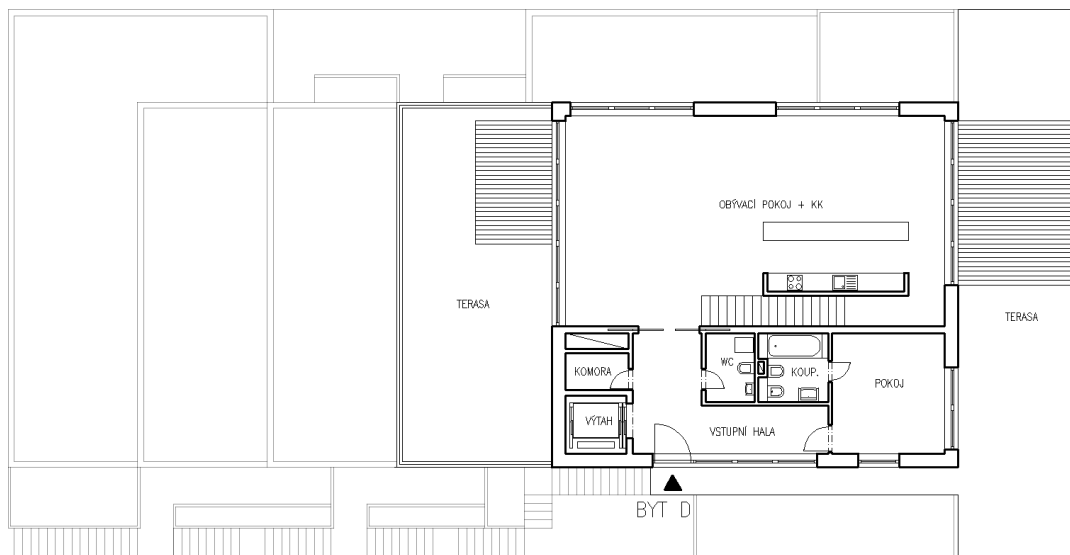
Obr. 2: Půdorys 3.PP



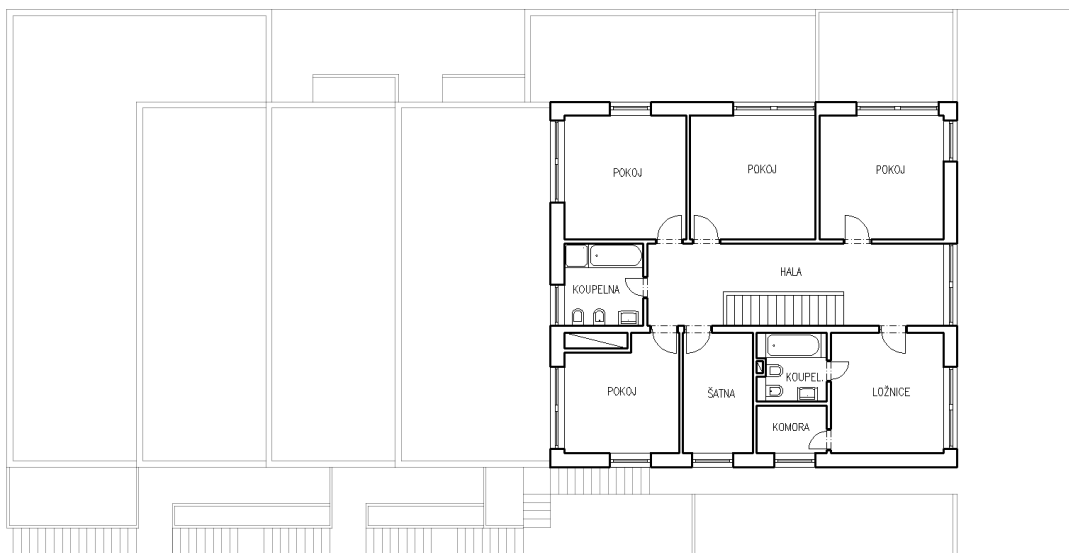
Obr. 3: Půdorys 2.PP



Obr. 4: Půdorys 1.PP



Obr. 5: Půdorys 1.NP



Obr. 6: Půdorys 2.NP

2.2 Lokalita

Budova se nachází v Praze – Košířích ve vilové zástavbě a je východní stranou situována k hranici pozemku s ulicí, zde je přímý vjezd do garáží. Ze zbylých stran jsou zastavěné pozemky cizích vlastníků. Všechny inženýrské sítě včetně plynovodu jsou k dispozici v přilehlé ulici.



Obr. 7: Situace

Klimatické údaje objektu pro lokalitu Praha (Karlovy) dle ČSN EN 12 831-1:

- nadmořská výška: 181 m. n .m
- venkovní výpočtová teplota: -12 °C
- střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období: 13 °C
- střední venkovní teplota za otopné období: 4,3 °C
- počet dnů otopného období: 225 dní

2.3 Stavební konstrukce

Svislé nosné konstrukce jsou železobetonové monolitické. Stropní konstrukce je taktéž z monolitického železobetonu. Spodní stavba (základová deska a suterénní stěny) je navržena jako bílá vana. Jedná se o speciální beton, který zabraňuje průsaku vody. Vnitřní dělicí konstrukce jsou tvořeny keramickým zdivem. Vnější obvodový plášť je zateplen minerální izolací. Výplně otvorů jsou navrženy s plastovým rámem a jsou zasklené tepelně izolačním trojsklem. Všechny prosklené plochy bytů jsou osazeny venkovními žaluziemi.

Součinitelé prostupu tepla konstrukcí:

- obvodová stěna	$U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$
- obvodová stěna k zemině	$U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$
- vnitřní stěna	$U = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
- okno	$U = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
- dveře do venkovního prostředí	$U = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$
- vnitřní dveře	$U = 3,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
- střecha	$U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- stropy, podlaha ke garážím a sklepům	$U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vnitřní výpočtové teploty místností dle ČSN EN 12831:

- obývací pokoj + kuchyňský kout	$t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
- pokoj, ložnice, rekreační místnost	$t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
- koupelna	$t_i = 24 \text{ }^\circ\text{C}$
- WC	$t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
- vstupní hala, chodba, předsíň	$t_i = 15 \text{ }^\circ\text{C}$
- komora, šatna, spíž	$t_i = 15 \text{ }^\circ\text{C}$
- hala, společná chodba	$t_i = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
- sklep, úklid, garáž	$t_i = 5 \text{ }^\circ\text{C}$

3 Návrh zdroje tepla

Jelikož se jedná o bytový dům, budu navrhovat pouze ty zdroje tepla, které nepotřebují častou pozornost.

Kotle na kusové dřevo či pelety jsou z hlediska ekologie příhodné, jedná se o obnovitelné zdroje, bohužel však mají vysoké nároky na obsluhu a prostor pro uskladnění paliva, které v domě ani na pozemku není. Navíc musíme brát v potaz, že se budova nachází téměř uprostřed velkoměsta. Kouř by přispíval k horším rozptylovým podmínkám, zvláště při smogových situacích v zimních obdobích, ale také k horším sousedským vztahům. Tyto kotle jsou dále charakteristické svou prašností v samotné místnosti, kde jsou umístěné. Nabízí se i využití elektrokotle, avšak jako samotný zdroj je neekonomický. Tyto zdroje tepla proto nebudu vůbec navrhovat.

Navrhuji tři možné zdroje, které nevyžadují častou obsluhu a jsou z hlediska vlivu na okolí vhodné. Jejich fungování je zcela automatické, nejsou prašné a nevyžadují skladovací prostory pro palivo. Vyžadují pouze pravidelnou kontrolu či revizi vyškoleným odborníkem. Zdroje budou také dodávat teplo na přípravu teplé vody.

Potřeby tepla:

- tepelná ztráta prostupem (výkon potřebný na vytápění)	14,460 kW
- výkon potřebný pro přípravu teplé vody	2,940 kW
- potřebný výkon pro vytápění a ohřev teplé vody	14,460 kW

Roční potřeby tepla:

- roční potřeba tepla na vytápění (denostupňová metoda)	29,31 MWh
- roční potřeba tepla na přípravu teplé vody	14,82 MWh
- celková roční potřeba tepla	44,13 MWh

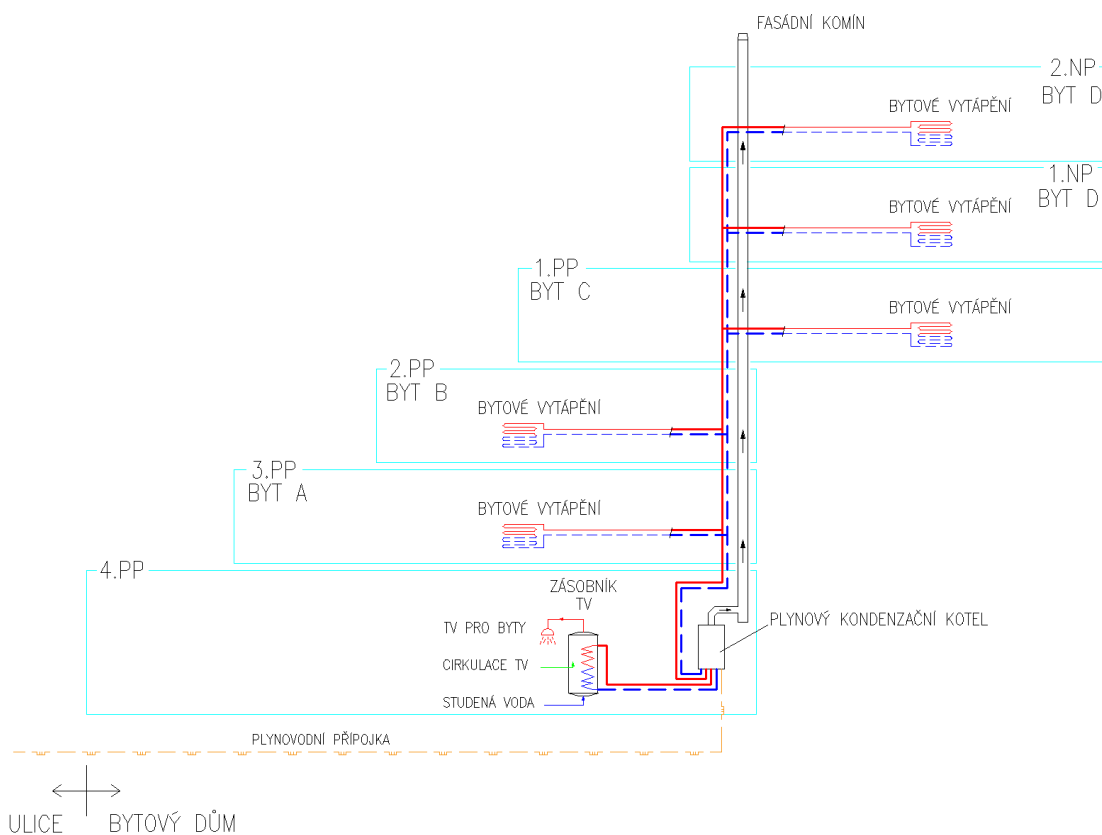
Podrobné výpočty viz *Projekt – výpočty, technické listy*.

Navrhované zdroje tepla:

- plynový kondenzační kotel
- tepelné čerpadlo vzduch/voda
- tepelné čerpadlo země/voda

3.1 Plynový kondenzační kotel

Jako první variantu jsem zvolil plynový kondenzační kotel. V blízkosti budovy se nachází plynovod, tudíž není problém použít tento zdroj. Byl by umístěn v 4.PP v technické místnosti. Nutností by bylo vybudování plynovodní přípojky, dále postavit fasádní komín pro odvod spalin a zajistit odvod kondenzátu. Přívod vzduchu pro spalování by byl řešen z venkovního prostředí, např. pomocí nového komínu, který by tuto funkci uměl. Kotel by obstarával dodávku tepla pro vytápění a také pro přípravu teplé vody. Další potřebné části systému, jako je zásobník teplé vody, expanzní nádoba atd., by byly umístěny taktéž v této místnosti.



Obr. 8: Schéma koncepce vytápění pomocí plynového kotle

Pro tuto variantu jsem navrhl plynový kondenzační kotel Panther Condens 15 KKO-CS/1 od firmy Protherm [1] o výkonu až 16,4 kW, kotel plně zvládne dodávat teplo na vytápění i ohřev teplé vody. Pořizovací cena kotle je cca 27 232 Kč bez DPH [2]. Dále se musí započítat stavba komínu (výška cca 21 m, průměr 80 mm, 62 140 Kč bez DPH [3]) a plynovodní přípojky (délka cca 19 m, cena 2 040 Kč/m [4],

celkem 38 760 Kč bez DPH). Cena všech výše zmíněných zařízení bude okolo 128 132 Kč bez DPH.



Obr. 9: Plynový kondenzační kotel Panther Condens 15 KKO-CS/1 [5]

The screenshot shows the Schiedel online calculator interface. At the top, there are navigation links: NOVINKY, HOME, and Přihlásit. The main heading is "SCHIEDEL ONLINE KALKULACE". Below this, a progress bar shows six steps: 1. KOMÍNOVÝ systém, 2. PROVEDENÍ / průměr, 3. ZALOŽENÍ, 4. NAPOJENÍ, 5. UKONČENÍ / úhly, and 6. SHRNUTÍ. The "SHRNUTÍ" (Summary) section is active, displaying the following details:

Systém:	ICS25
Velikost průřechu [mm]:	80
Výška komína [m]:	21.00
Typ provedení:	klasický komin
Výběr tlakové třídy:	podtlak

Summary of costs and weight:

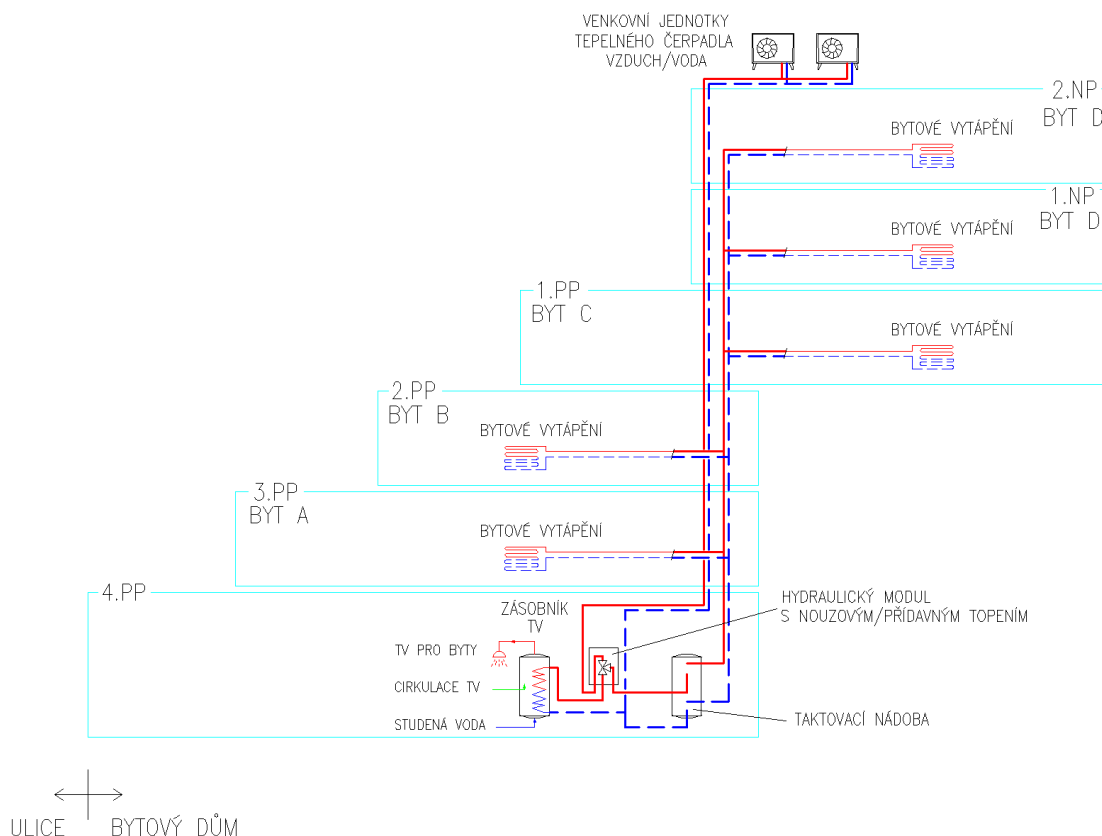
Celková hmotnost:	100,35 kg
Ceníková cena:	62 140 Kč
Cena po slevě 0% bez DPH:	62 140 Kč
Cena po slevě 0%:	75 189 Kč

Below the summary, there is a "POZNÁMKA" (Note) field and three buttons: "OBJEDNAT" (Order), "CHCI PORADIT" (I want advice), and "Náhled kalkulace v PDF" (Preview calculation in PDF).

Obr. 10: Odhad ceny nerezového komínu Schiedel [6]

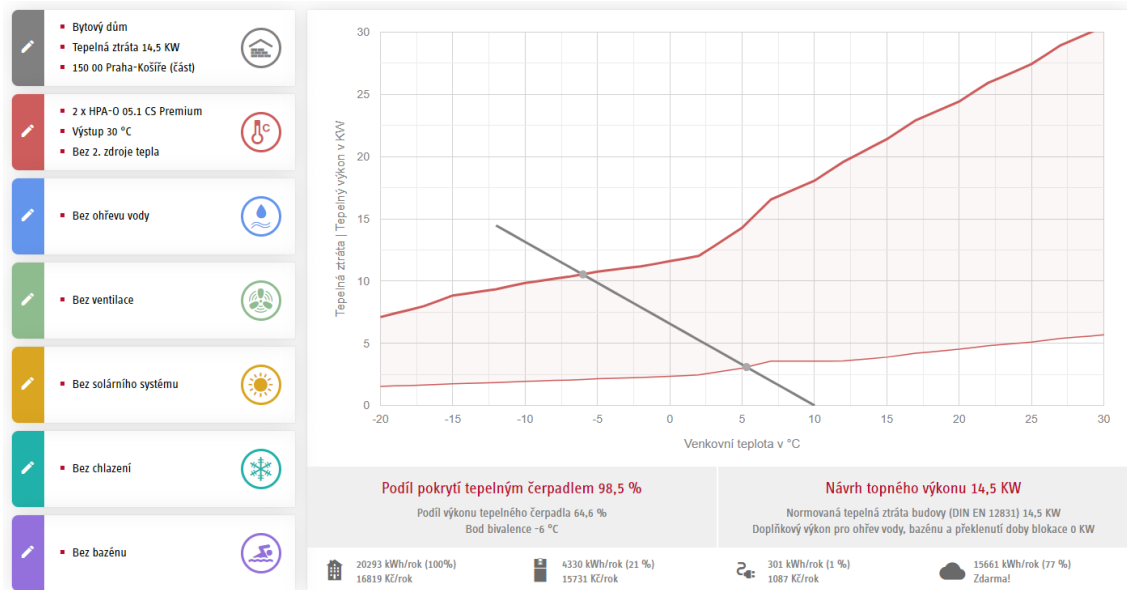
3.2 Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Druhou možností je zrealizování tepelného čerpadla vzduch/voda. Zařízení využívá tepelný potenciál okolního vzduchu, z kterého odebírá teplo. Venkovní jednotka tepelného čerpadla by byla umístěna na střeše budovy nad 2.NP, vnitřní jednotka by byla situována v technické místnosti. Jednotky by byly propojeny vnitřním rozvodem skrze šachtu. Tepelné čerpadlo by pokrývalo přibližně 60 až 80 % potřebného tepla [7] při nejnižší výpočtové teplotě, neboť tuto maximální hodnotu objekt využívá jen několik dní v roce. Investice do čerpadla by byla zbytečně nákladná, proto se zbytek potřebného výkonu pokryje bivalentním zdrojem, např. elektrokotlem. Počítalo by se s co nejmenší možnou teplotou (30 °C) v otopné soustavě, aby efektivita provozu tepelného čerpadla byla co nejvyšší (nižší teplota otopné vody – levnější provoz). Při nižší teplotě otopné vody je nejvhodnější použít velkoplošné topné systémy (podlahové, stropní) [8]. Ostatní potřebné části systému (zásobník teplé vody, expanzní nádoba atd.) by byly opět instalovány v technické místnosti.



Obr. 11: Schéma koncepce vytápění pomocí TČ vzduch/voda

Pomocí návrhového programu firmy Stiebel Eltron jsem pro tuto variantu navrhnul kaskádu dvou tepelných čerpadel HPA-O 05.1 CS Premium [9] o celkovém výkonu 9,3 kW při teplotě -12 °C. Tato čerpadla budou doplněna hydraulickým modulem HM Trend [10] s vestavěným elektrokotlem o příkonu 8,8 kW, ten bude sloužit jako bivalentní zdroj. Bod bivalence je při teplotě -6,0 °C. Cena jednoho čerpadla činí přibližně 223 799 Kč bez DPH [11] a hydraulického modulu 67 867 Kč bez DPH [12], celkem tedy 515 465 Kč bez DPH.



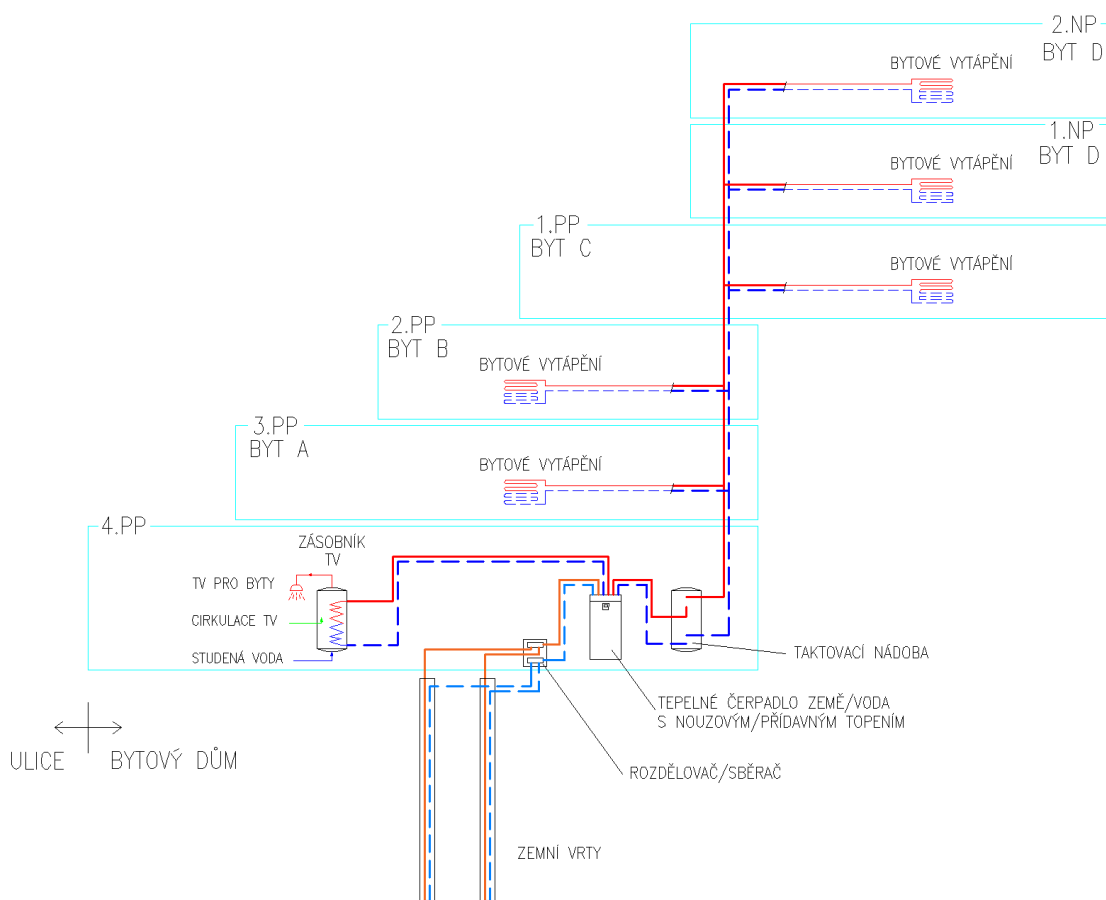
Obr. 12: Návrh TČ vzduch/voda (výstřižek obrazovky) [13]



Obr. 13: Hydraulický modul a venkovní jednotka TČ [14]

3.3 Tepelné čerpadlo země/voda.

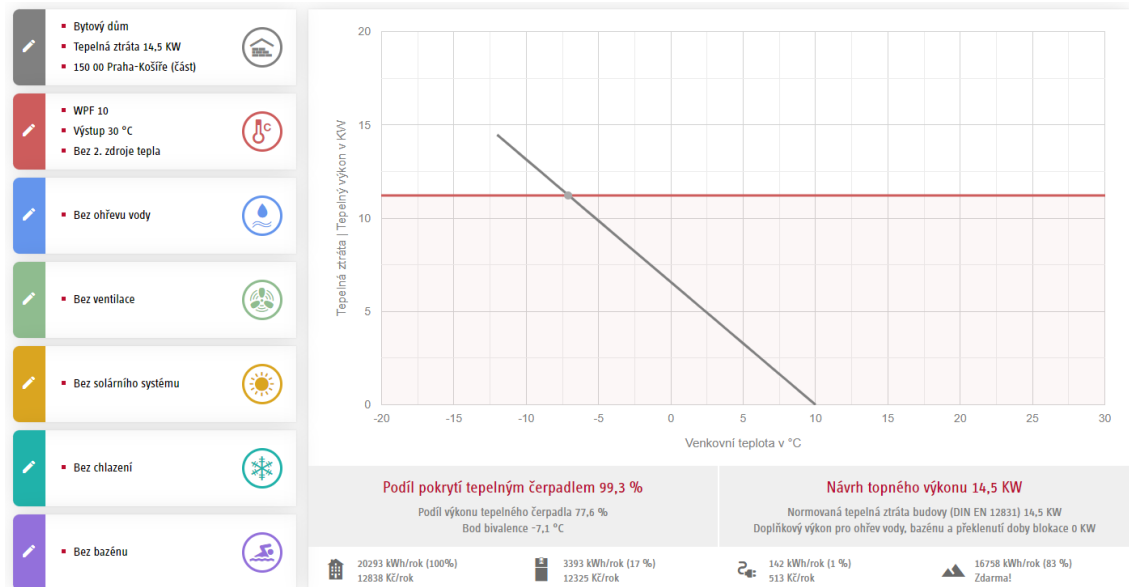
U třetí varianty je využito tepelné čerpadlo země/voda. Tyto druhy čerpadel mají dva typy způsobu odebírání tepla ze země, a to buď pomocí plošných kolektorů, nebo hlubinných vrtů. V tomto případě by se muselo jednat o hlubinné vrty, neboť v okolí objektu není dostatečně velký pozemek, který by mohl sloužit pro zemní kolektory. Vybudování zemních vrtů je nákladnější a složitější než u zemního kolektoru, avšak nezabírají tak velkou plochu. Výhodou je také v případě nižšího požadavku na chladicí výkon případné využití vrtů pro pasivní chlazení objektu [15]. Tepelné čerpadlo a ostatní nutná zařízení by byly umístěny v technické místnosti.



Obr. 14: Schéma koncepce vytápění pomocí TČ země/voda

Zde jsem pomocí návrhového programu firmy Stiebel Eltron zvolil jedno tepelné čerpadlo WPF 10 [16] o celkovém výkonu 11,2 kW. Bod bivalence je při $-7,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teplota otopné vody je $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, teplota vody v zásobníku TV je $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, příkon vestavěného nouzového/přídavného vytápění 8,8 kW. Pro přibližný výpočet počtu a délky vrtů uvažuji průměrný zisk 50 W na 1 metr. Budou potřeba 2 vrty

o hloubce 112 m (celkem 224 m). Cena čerpadla se pohybuje okolo 302 769 Kč bez DPH [17] a 1 m vrtu stojí přibližně 1 200 Kč bez DPH [17]. Dohromady tedy tato zařízení vyjdou na 571 569 Kč bez DPH.



Obr. 15: Návrh TČ země/voda (výstřižek obrazovky) [18]



Obr. 16: Tepelné čerpadlo Stiebel Eltron WPF 10 země/voda [19]

3.4 Využití obnovitelných zdrojů

Ke všem variantám je možné zapojení dalšího zdroje tepla, např. solárních kolektorů nebo fotovoltaických panelů.

Kombinace solárních a tepelných čerpadel není příliš ekonomická, jelikož samotné čerpadlo umí vyrobit levně tepelnou energii [21]. Přibyly by tím další nároky na údržbu, investici apod.

Užití fotovoltaiky je logické, pokud energii z panelů budeme chtít využít pro chlazení, neboť největší výkon panelů je právě v době největší potřeby chlazení.

Avšak problémem tohoto objektu je, že nedisponuje velkými plochami, kam by se případné kolektory nebo panely nainstalovaly. Na fasádě je to z hlediska architektonického nepřípustné a na střeše také. Nachází se zde různá vyústění vzduchotechniky, odvětrání kanalizace, světlíky apod., tudíž jsou rozměry střechy malé. S využitím solárních kolektorů a fotovoltaických panelů proto nepočítám.

4 Návrh otopných prvků vytápění

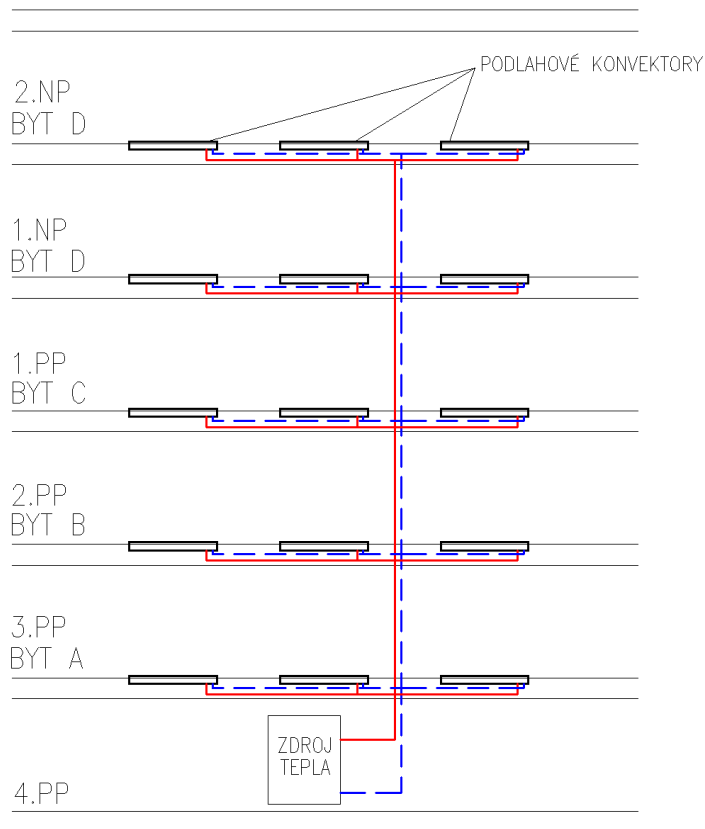
V této kapitole chci představit několik typů otopných prvků, kterými se bude předávat teplo do místnosti. V tomto bytovém domě jsou naprojektována většinou velká okna, která nemají vysoký parapet, to znamená od podlahy ke stropu. Proto by bylo vhodným řešením použití např. podlahových konvektorů, podlahového vytápění nebo stropního vytápění.

4.1 Podlahové konvektory

Podlahové konvektory jsou ideální do míst, kde není možné osadit vyšší otopná tělesa. Jsou však limitovány svou velikostí (délka, šířka, hloubka), a tudíž i výkonem. Konvektory mohou pracovat na základě přirozené konvekce, nebo je použit ventilátor, který pomáhá zvyšovat výkonnost výměníku konvektoru. Mohou se využít i pro nízkoteplotní otopné systémy [22]. Podlahové konvektory by byly umístěny výhradně pod okny a dveřmi, kde dochází k největšímu ochlazování.



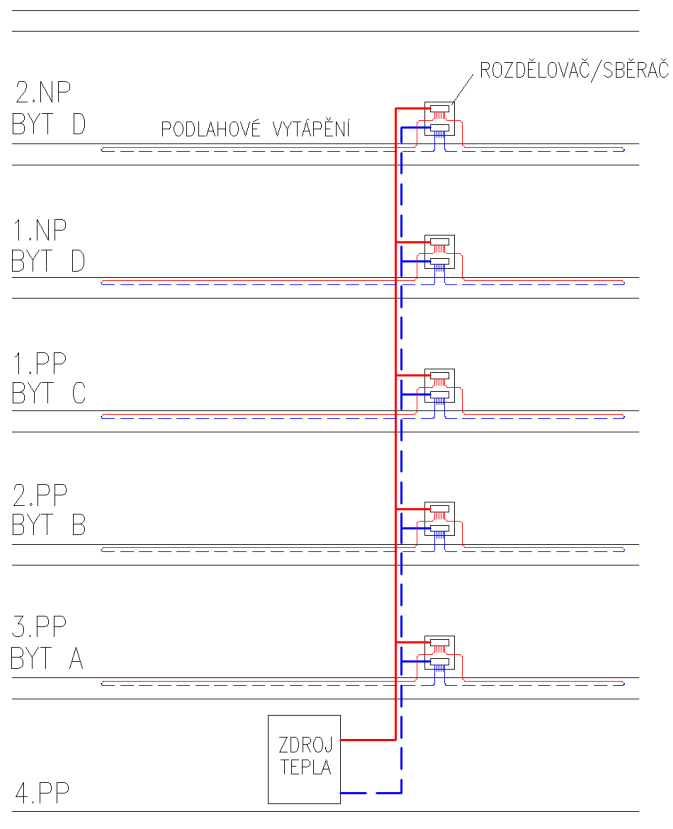
Obr. 17: Ilustrační obrázek podlahového konvektoru [23]



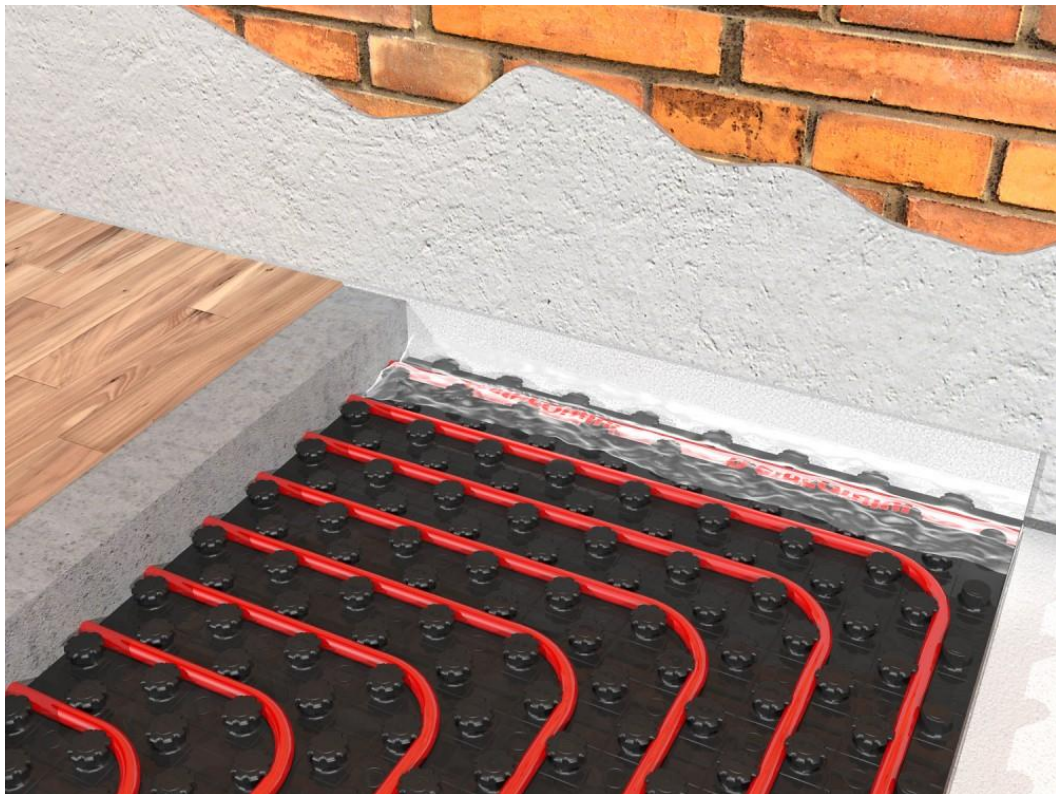
Obr. 18: Schéma vytápění pomocí podlahových konvektorů

4.2 Podlahové vytápění

Další možností je vytápění pomocí podlahového vytápění. Jedná se o velkoplošné vytápění pro nízkoteplotní otopné systém a sdílení tepla probíhá především pomocí sálání. V podlaze by bylo v tomto případě použito teplovodní kompozitní potrubí nebo ze síťovaného PE. Vytápěny by byly všechny místnosti, kde dochází k tepelným ztrátám včetně koupelen a WC. V koupelnách by bylo toto podlahové topení případně doplněno o elektrické designové otopné těleso s termostatem a vypínačem.



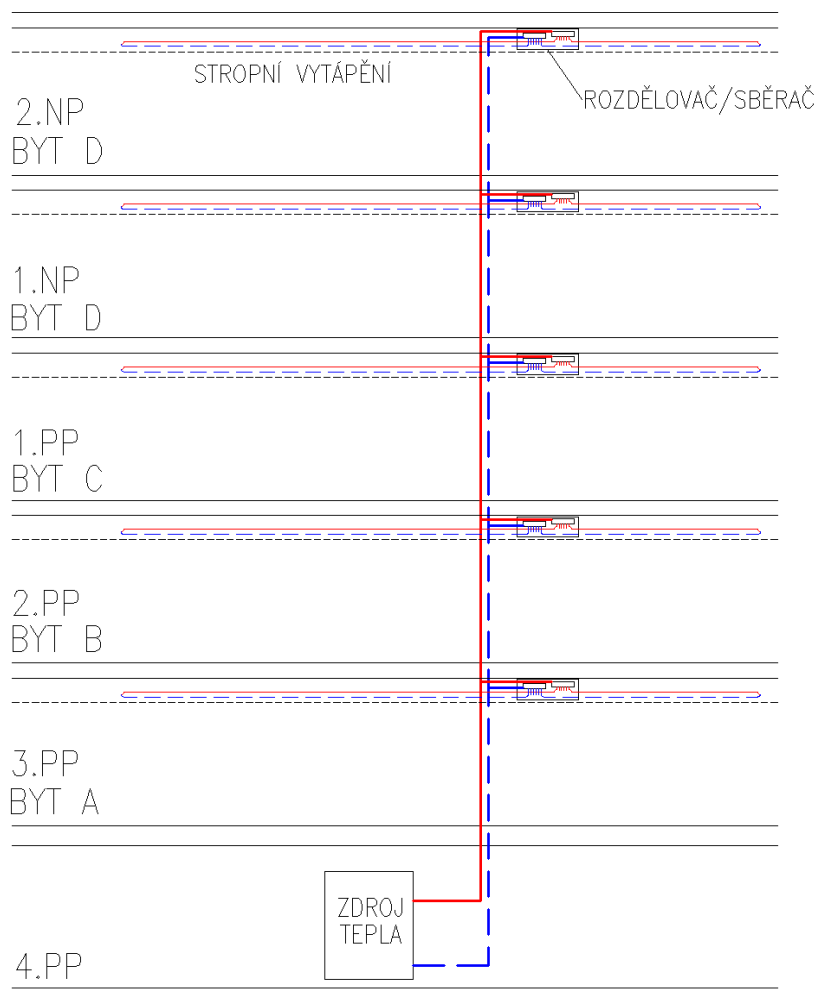
Obr. 19: Schéma podlahového vytápění



Obr. 20: Vizualizace systémové desky teplovodního podlahového vytápění [24]

4.3 Stropní vytápění

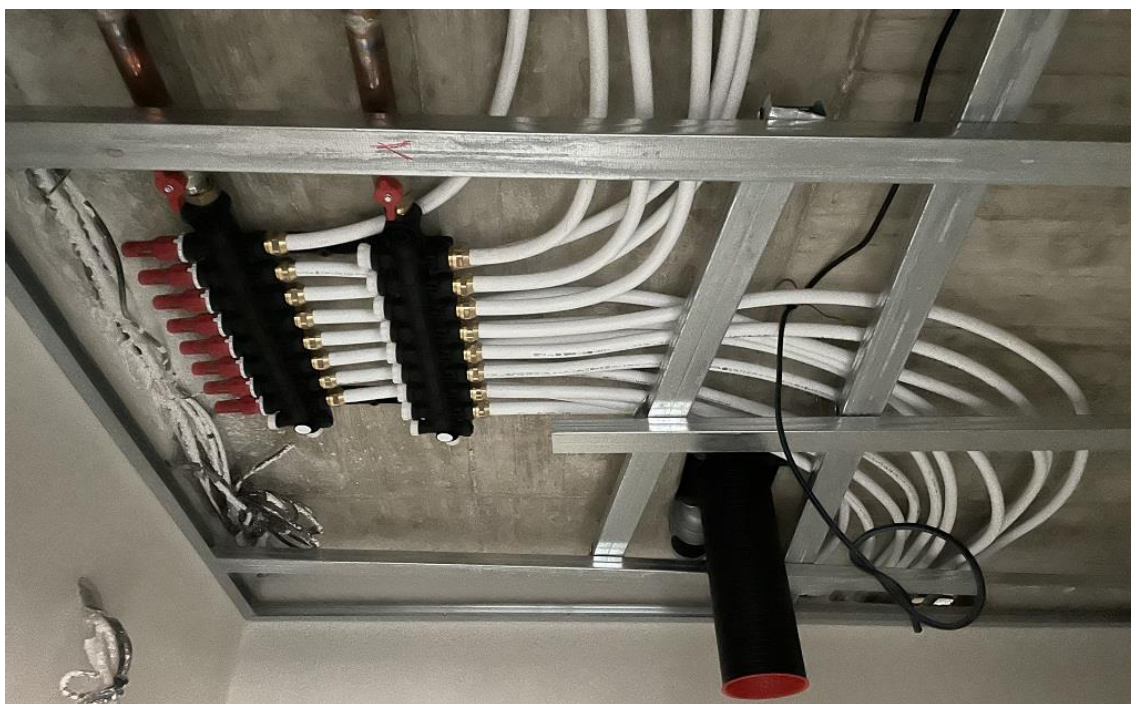
Třetí variantou je využití stropního vytápění. Charakterově je podobné podlahovému vytápění (velkoplošné, nízkoteplotní systém, sdílení tepla pomocí sálání atd.). Liší se umístění topného systému, které je nad sádkartonovou konstrukcí, nebo rohože ve stěrcce, anebo na sucho. Odvzdušnění systému se dává o něco výše, než jsou samotné stropní rohože. Výhodou systému stropního vytápění je i možné využití pro chlazení místností v letních obdobích. Je však potřeba myslet na teplotu rosného bodu, aby nedocházelo ke kondenzaci v místnostech nebo na potrubí.



Obr. 21: Schéma stropního vytápění



Obr. 22: Sálavé stropní vytápění [25]



Obr. 23: Stropní vytápění – rozdělovač [26]

5 Návrh konceptu větrání

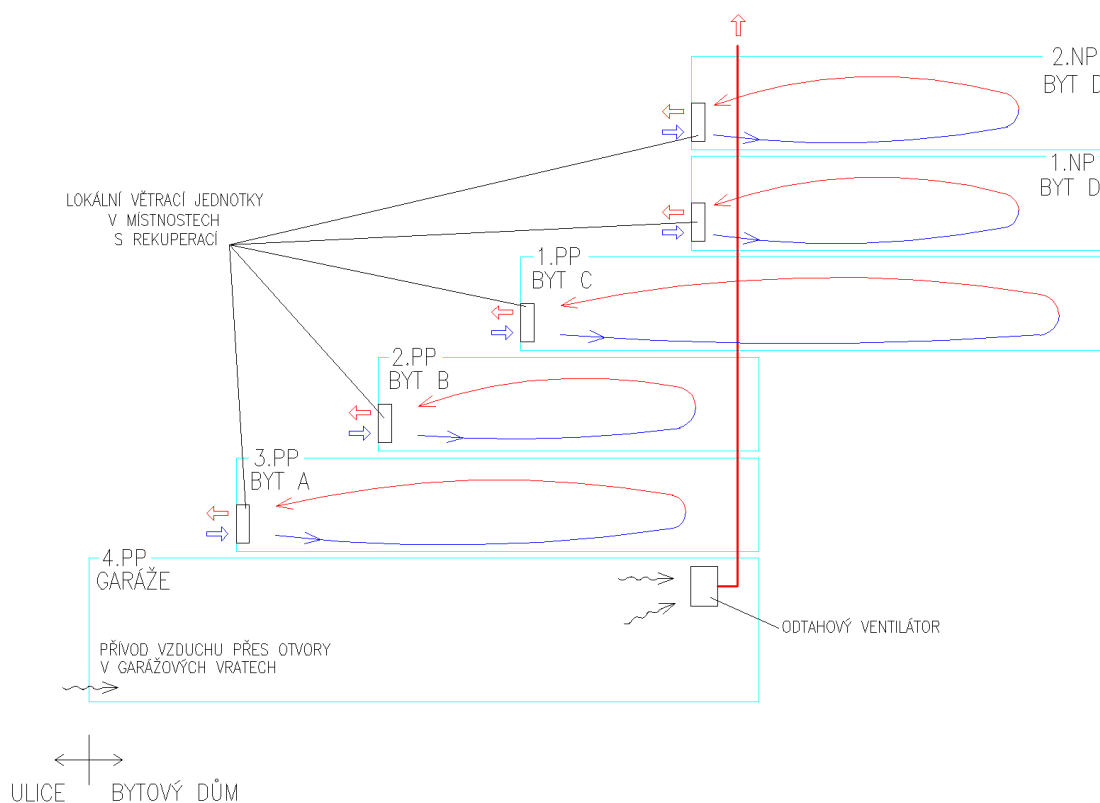
Návrh konceptu větrání vychází z projektové dokumentace. Jsou zde dva různé provozní typy prostorů – garáže a byty.

Garáže budou větrané samostatně podtlakově. Bude zde odvodní ventilátor, který bude nuceně odvádět vzduch do odpadního potrubí, jež bude ústít nad střechu objektu. Přívod čerstvého vzduchu je řešen z venkovního prostředí přes otvory v garážových vratech. Zařízení by mělo sloužit k provoznímu a havarijnímu větrání.

Byty budou větrány rovnotlakým větráním, tak aby bylo zajištěno minimální hygienické množství vzduchu v místnostech. Tyto požadavky by mohly být splněny pomocí malých lokálních jednotek v místnostech, samostatnou bytovou jednotkou napojenou na stoupací potrubí, nebo centrální jednotkou pro všechny byty. U všech způsobů je využito rekuperace, aby se dosáhlo co nejmenších tepelných ztrát.

5.1 Decentrální nucené větrání pomocí lokálních jednotek

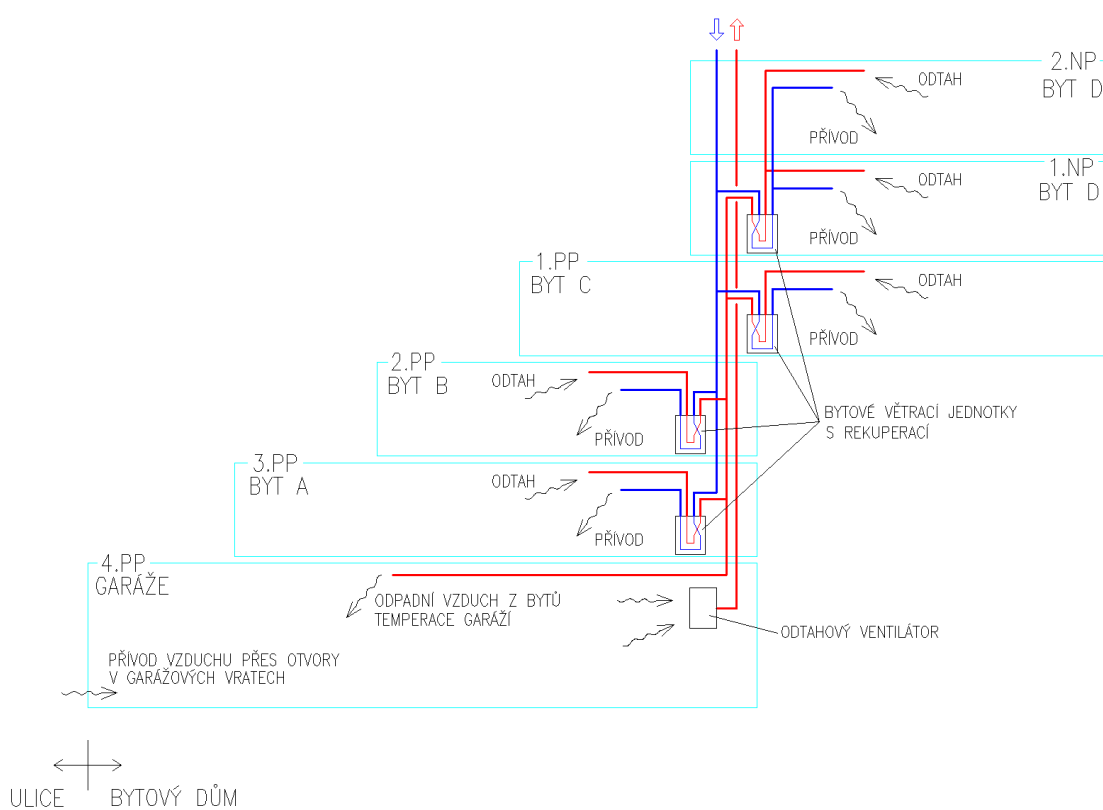
Decentrální jednotky zajišťují větrání bez použití centrálních rozvodů pro určitou část bytu, bude jich tedy pro jeden byt potřeba víc. Jednotka má jeden otvor ve stěně (fasádě) objektu pro přívod a odvod vzduchu. Navíc má v sobě zabudovanou rekuperaci, která z odpadního vzduchu předá část tepla přívodnímu.



Obr. 24: Schéma konceptu větrání pomocí lokálních větracích jednotek

5.2 Decentrální nucené větrání pomocí bytové jednotky

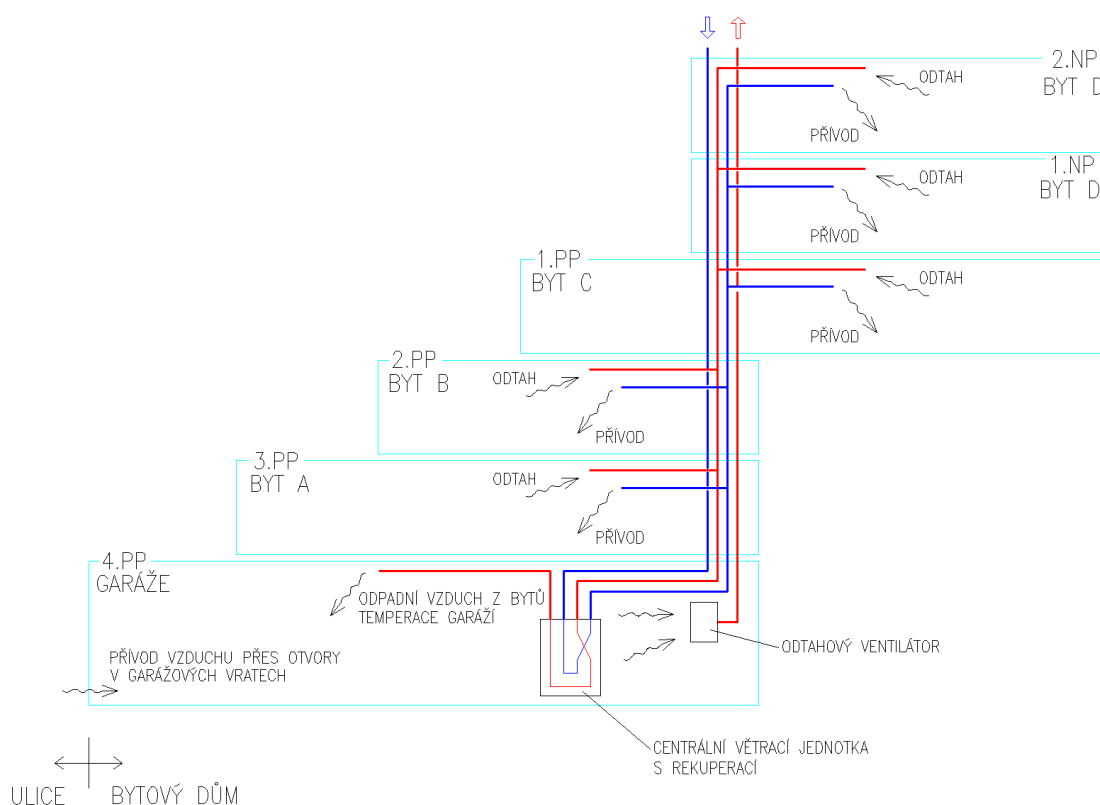
Dispozice bytů nabízí využití samostatných větracích jednotek pro každý byt. Vzduchotechnické zařízení je připojeno ke stoupacímu potrubí v šachtě. Přívodní vzduch je přiváděn ze střechy objektu a odpadní vzduch odváděn do prostoru garáží, kde zbytkovým teplem temperuje jinak nevytápěné garáže. Každá jednotka pracuje pouze pro daný byt, nezávisle na ostatních. Umístěna je v komorách blízko bytových šachet. Samozřejmostí je integrovaný výměník, který snižuje náklady na vytápění.



Obr. 25: Schéma konceptu větrání pomocí bytových větracích jednotek

5.3 Centrální nucené větrání

Poslední možností je využití centrální vzduchotechnické jednotky umístěné v technické místnosti. V jednotce je upravován vzduch pro všechny čtyři byty. Rozvody jsou vedeny instalačních šachtách, kde v každém patře je odbočka do bytů. Každá odbočka je vybavena regulátory průtoku vzduchu. Součástí vzduchotechnické jednotky je opět výměník, který využívá teplo z odpadního vzduchu.



Obr. 26: Schéma konceptu větrání pomocí centrální větrací jednotky

6 Vícekriteriální analýza

Z uvedených variant je třeba vybrat jednu nejvhodnější. K rozhodování pomůže několik kritérií, které budou mít určitou váhu. V následné vícekriteriální analýze by mělo vyplynout nejlepší možné řešení pro tento objekt.

Stanovení hodnoticích kritérií a jejich důležitost vychází zcela z mého subjektivního pohledu. Kdokoli jiný může k hodnocení přistoupit naprosto odlišně.

Pro hodnocení jsem vybral Metfesselovu alokaci [27], která jednotlivým kritériím udělí určitý počet bodů (váhu) dle jejich důležitosti, jejichž součet se musí rovnat 100. Následně se varianty pomocí bodové metody s vahami ohodnotí, využívá se desetibodová stupnice (10 – nejlepší varianta, 1 – nejhorší varianta). Nejvhodnější volba poté vyplyne ze součtu všech jejich součinů vah a hodnoticích bodů.

6.1 Zdroj tepla

6.1.1 Hodnoticí kritéria

- **Údržba** – představuje náročnost případné údržby, čištění, revize samotného zařízení a dalších nutných komponentů
- **Hlučnost** – hluk způsobený případnými venkovními jednotkami na okolní zástavbu
- **Proveditelnost** – představuje složitost na provedení a instalaci
- **Vliv na okolní prostředí** – vyjadřuje vliv tepelného zdroje na kvalitu ovzduší v místě budovy
- **Pořizovací náklady** – představuje předpokládanou pořizovací cenu základních prvků

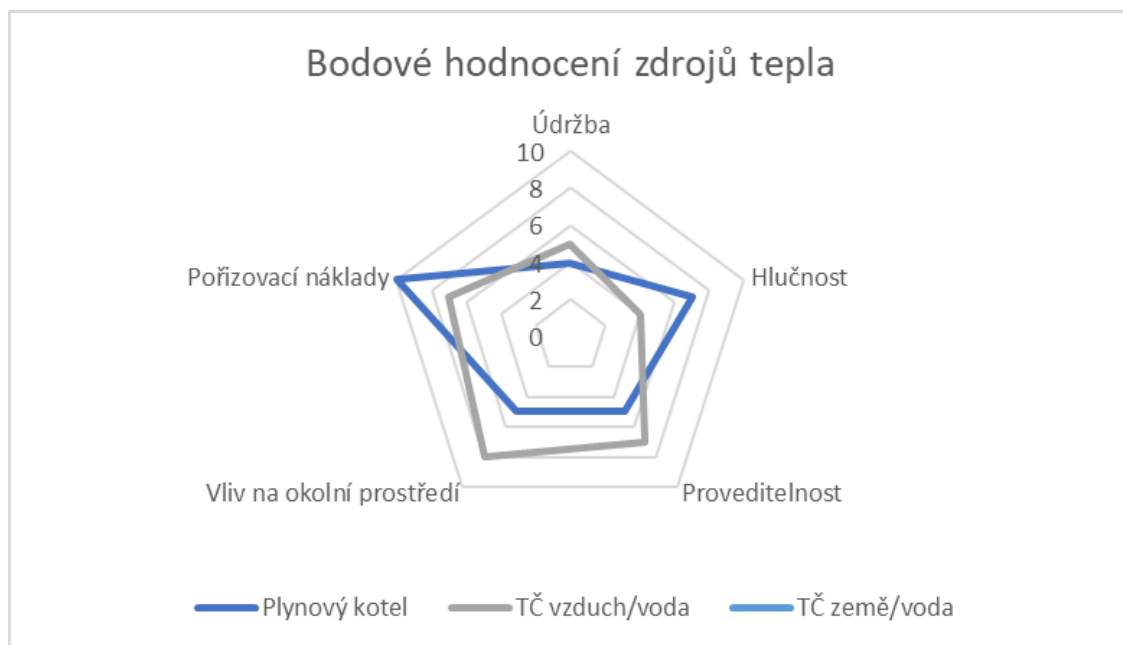
Největší váhu kladu na údržbu a vliv na okolní prostředí, naopak nejmenší na pořizovací náklady. V pořizovacích nákladech je plno dalších položek, které nebyly započteny, tudíž tento údaj není úplně přesný. Taktéž se může v budoucnu případná vyšší investice dříve vrátit díky nižším nákladům za energie či údržbu.

Tab. 1: Stanovení váhy hodnoticích kritérií zdrojů tepla

Ozn.	Název kritéria	Body	Váha	Pořadí
Z1	Údržba	28	0,280	1
Z2	Hlučnost	21	0,210	3
Z3	Proveditelnost	18	0,180	4
Z4	Vliv na okolní prostředí	25	0,250	2
Z5	Pořizovací náklady	8	0,080	5
Σ		100		

Tab. 2: Bodové hodnocení zdrojů tepla a jejich vhodnost

	Váha	Plynový kotel		TČ vzduch/voda		TČ země/voda	
		Body		Body		Body	
Údržba	0,280	4	1,12	5	1,4	6	1,68
Hlučnost	0,210	7	1,47	4	0,84	7	1,47
Proveditelnost	0,180	5	0,9	7	1,26	4	0,72
Vliv na okolní prostředí	0,250	5	1,25	8	2	8	2
Pořizovací náklady	0,080	10	2,5	7	1,75	6	1,5
		7,24		7,25		7,37	
Pořadí		3		2		1	



Obr. 27: Graf bodového hodnocení zdrojů tepla

6.1.2 Vyhodnocení

Nejvhodnějším zdrojem tepla vyšlo tepelné čerpadlo země/voda. Druhou nejvhodnější variantou je tepelné čerpadlo vzduch/voda a poslední plynový kotel.

Nejlépe jsem v údržbě ohodnotil TČ země/voda, neboť pracuje se stálejšími podmínkami než TČ vzduch/voda, proto by měla být i jeho životnost delší. U plynového kotle je nutností dbát na pravidelné revize včetně spalinových cest, aby nedošlo k možné havárii. V hlučnosti je nejméně vhodné TČ vzduch/voda. Zdrojem hluku je ventilátor ve venkovní jednotce, který nahání vzduch na výparník. Zbylé varianty jsou srovnatelné. Proveditelnost je nejtěžší u TČ země/voda, jelikož se musí vybudovat vrty, a u plynového kotle, kde se musí vybudovat plynovodní přípojka a komín. Nejlepší vliv na okolní prostředí jsem přidal tepelným čerpadlům, jelikož se jedná o moderní technologie, které nevypouští žádné emise v daném místě. Otázkou však je, z jakého zdroje je vyráběna elektrická energie pro jejich chod. Plynový kotel je spotřebič, který spaluje fosilní paliva, tedy neobnovitelný zdroj energie. Spalováním zemního plynu se uvolňuje vodní pára a oxid uhličitý (skleníkový plyn), tím se zvyšuje jeho koncentrace v atmosféře. Poslední dobou také vyvstává plno otázek, jak to s tímto zdrojem energie bude, proto jsem u tohoto zdroje tepla dal nejmenší známku. U pořizovacích nákladů však plynový kotel bezesporu vede.

6.2 Otopné prvky

6.2.1 Hodnotící kritéria

- **Proveditelnost** – představuje složitost na provedení a instalaci
- **Údržba** – představuje četnost nutné údržby
- **Estetika, design** – vliv na vnitřní estetiku a design prostoru
- **Uživatelský komfort** – vyjadřuje komfort uživatelů bytů při užívání (hlučnost, prašnost atd.) a tepelný komfort na člověka

Z výše uvedených kritérií mi připadají nejdůležitější údržba a estetika, následuje uživatelský komfort a proveditelnost.

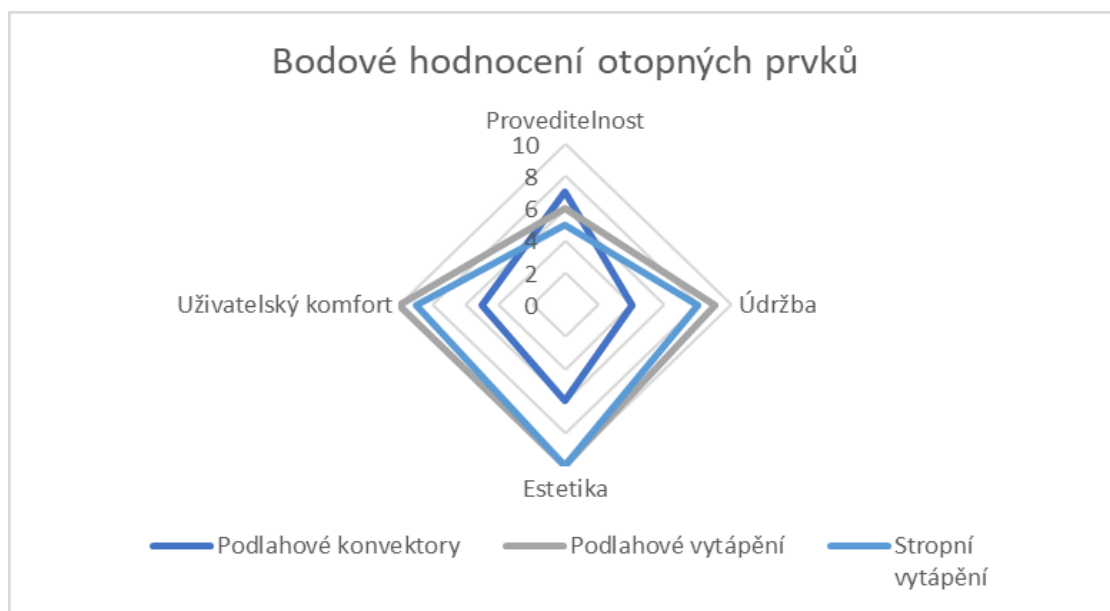
Tab. 3: Stanovení váhy hodnoticích kritérií otopných prvků

Ozn.	Název kritéria	Body	Váha	Pořadí
P1	Proveditelnost	19	0,190	4
P2	Údržba	30	0,300	1
P3	Estetika	27	0,270	2
P4	Uživatelský komfort	24	0,240	3

Σ 100

Tab. 4: Bodové hodnocení otopných prvků a jejich vhodnost

	Váha	Podlahové konvektory		Podlahové vytápění		Stropní vytápění	
		Body		Body		Body	
Proveditelnost	0,190	7	1,96	6	1,68	5	1,4
Údržba	0,300	4	0,84	9	1,89	8	1,68
Estetika	0,270	6	1,08	10	1,8	10	1,8
Uživatelský komfort	0,240	5	1,25	10	2,5	9	2,25
		5,13		7,87		7,13	
Pořadí		3		1		2	



Obr. 28: Graf bodového hodnocení otopných prvků

6.2.2 Vyhodnocení

Z výsledků vyšlo, že nejlepší variantou je podlahové vytápění, druhou je stropní vytápění a poslední jsou podlahové konvektory.

U proveditelnosti jsem volil podobné hodnoty, jelikož s montáží nemám praktické zkušenosti. Nejsložitější údržba je u podlahových konvektorů, musí se na rozdíl od ostatních variant čistit od prachu. V tomto bytovém domě by bylo navíc nutné použít konvektory s ventilátorem, tudíž je to další prvek, který čas od času vyžaduje údržbu, případně i výměnu. V estetice je nejvhodnější podlahové a stropní vytápění, které v místnostech není vizuálně vidět. Co se týče uživatelského komfortu jsou předešlé varianty. Konvektory jsou nejvíce prašné, jelikož přes ně proudí vzduch, který se ohřívá. U podlahového topení je praktickou výhodou o pár stupňů vyšší teplota než u stropního.

6.3 Větrání

6.3.1 Hodnoticí kritéria

- **Estetika** – vyjadřuje vliv vzduchotechnických zařízení na vnější estetiku budovy
- **Osobní preference** – možnost uživatelského nastavení VZT jednotky, např. nastavení vlastní teploty
- **Proveditelnost** – představuje složitost na provedení a instalaci
- **Údržba** – vyjadřuje četnost a složitost údržby zařízení

Při stanovování váhy u kritérií jsem největší váhu dal osobním preferencím, aby si uživatelé bytových jednotek mohli nastavit např. teplotu podle svých požadavků, dále estetice, aby byl zachován architektonický vzhled budovy a nebyl narušován různými výfuky vzduchotechniky apod. V nižší váhu jsem dal údržbě a proveditelnosti.

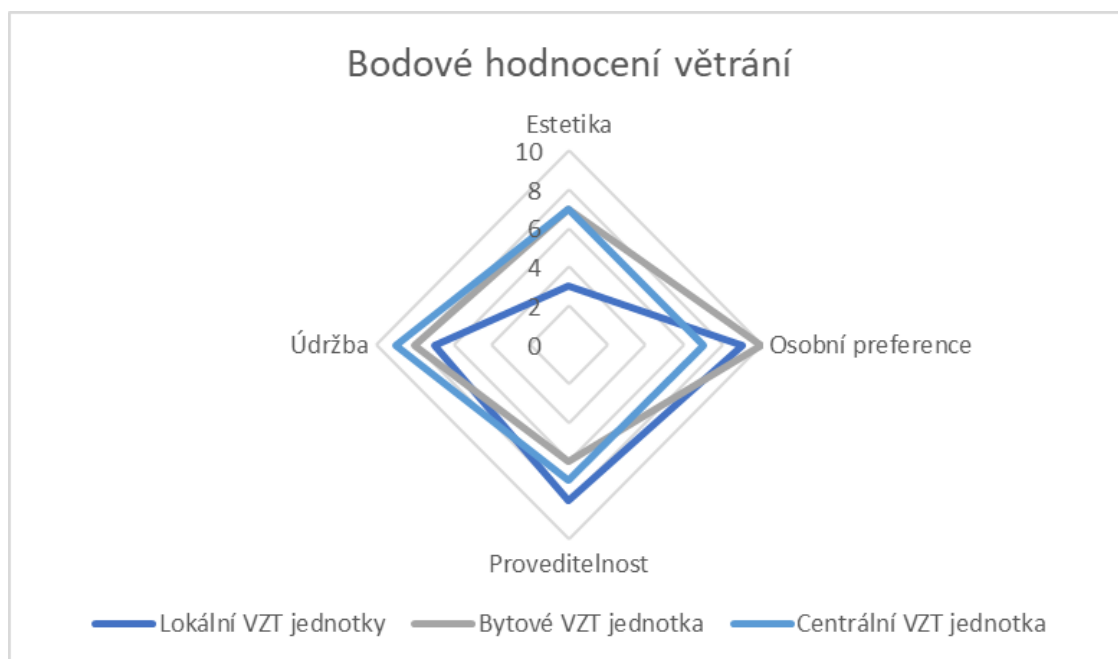
Tab. 5: Stanovení váhy hodnoticích kritérií typů větrání

Ozn.	Název kritéria	Body	Váha	Pořadí
V1	Estetika	27	0,270	2
V2	Osobní preference	30	0,300	1
V3	Proveditelnost	20	0,200	4
V4	Údržba	23	0,230	3

Σ 100

Tab. 6: Bodové hodnocení typů větrání a jejich vhodnost

		Lokální VZT jednotky		Bytové VZT jednotka		Centrální VZT jednotka	
		Váha	Body	Body		Body	
Estetika	0,270	3	0,9	7	2,1	7	2,1
Osobní preference	0,300	9	2,07	10	2,3	7	1,61
Proveditelnost	0,200	8	1,6	6	1,2	7	1,4
Údržba	0,230	7	1,89	8	2,16	9	2,43
		6,46		7,76		7,54	
Pořadí		3		1		2	



Obr. 29: Graf bodového hodnocení typů větrání

6.3.2 Vyhodnocení

Bytové vzduchotechnické jednotky vyšly z analýzy jako nejvhodnější varianta. Vynikají v osobních preferencích, v estetice vychází podobně jako u centrálního jednotky, proveditelnost je však složitější. V údržbě jsou mezi zbylými variantami, neboť počet jednotek vyžadující údržbu je menší než u lokálních, ale vyšší než u jedné centrální vzduchotechnické jednotky. Lokální jednotky jsou z hlediska estetiky nejméně vhodné, jelikož na fasádě by bylo vidět mnoho prvků těchto zařízení.

7 Závěr

V této bakalářské práci bylo cílem navržení vhodného konceptu vytápění a větrání pro terasový bytový dům.

V rešeršní části jsem navrhl tři varianty zdrojů tepla, tři druhy otopných prvků a tři různé způsoby větrání, které jsem krátce popsal. Ve vícekritériálních analýzách jsem je poté mezi sebou porovnal. Celkovým výsledkem analýzy pro tento objekt je využití tepelného čerpadla země/voda spolu s podlahovým vytápěním a pro větrání instalace bytových větracích jednotek napojených na stoupací potrubí.

V druhé části jsem vypracoval projekt pro vybrané varianty. V projektu je obsažen výpočet tepelných ztrát, výpočet potřeb tepla pro přípravu teplé vody a vytápění, výpočet potřebného vzduchu pro větrání, projektová dokumentace, hydraulický výpočet otopné soustavy a zaregulování, návrh potrubí VZT, návrh distribučních prvků a technické zprávy obou profesí.

8 Literatura a použité zdroje

[1] Závěsný plynový kondenzační kotel Panther Condens [online]. Copyright © 2022 Protherm [cit. 05.04.2022]. Dostupné z: <https://www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/produkty/zavesny-plynovy-kondenzacni-kotel-panther-condens-20866.html>

[2] Plynový kondenzační kotel Protherm Panther Condens 15 KKO-CS/1 Flame Fit [online]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/protherm-panther-condens-15-kko-cs-1-p103500/#gallery>

[3] Schiedel online kalkulace [online]. Dostupné z: <http://konfigurator.schiedel.cz/schiedel/app/>

[4] RTS DATA [online]. Copyright © 2020, RTS, a.s. [cit. 05.04.2022]. Dostupné z: <https://www.rtscloud.cz/App/RTS-Data/>

[5] Závěsný plynový kondenzační kotel Panther Condens [online]. Copyright © 2022 Protherm [cit. 05.04.2022]. Dostupné z: <https://www.protherm.cz/pro-nase-zakazniky/produkty/zavesny-plynovy-kondenzacni-kotel-panther-condens-20866.html>

[6] Schiedel online kalkulace [online]. Dostupné z: <http://konfigurator.schiedel.cz/schiedel/app/>

[7] Správný výkon tepelného čerpadla vzduch/voda – Projektuj TČ. *Technická databáze pro projektanty* [online]. Copyright © Copyright GT Energy s.r.o. 2019 [cit. 06.04.2022]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/spravny-vykon-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda>

[8] Správný teplotní spád topného systému pro tepelné čerpadlo – Projektuj TČ. *Technická databáze pro projektanty* [online]. Copyright © Copyright GT Energy s.r.o. 2019 [cit. 06.04.2022]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/spravny-teplotni-spad-topneho-systemu-pro-tepelne-cerpadlo>

[9] HPA-O 05.1 CS Premium Tepelná čerpadla vzduch-voda STIEBEL ELTRON [online]. Copyright © 2022 [cit. 06.04.2022]. Dostupné z:

https://www.stiebel-eltron.cz/cs/produkty-a-reseni/obnovitelne_zdrojeenergie/tepelna_cerpadla/tepelna_cerpadlavzduch-voda/hpa-o-cs-premium/hpa-o-05-1-cs-premium.html

[10] Hydraulický modul HM Trend-STIEBEL ELTRON [online]. Copyright © 2022 [cit. 06.04.2022]. Dostupné z: https://www.stiebel-eltron.cz/cs/produkty-a-reseni/obnovitelne_zdrojeenergie/tepelna_cerpadla/prislusenstvi/hm-trend/hm-trend.html

[11] Čerpadlo tepelné invertorové Stiebel HPA-O 05.1 CS PREMIUM VZDUCH/VODA R+F B2B. *R+F B2B* [online]. Copyright © 2022 Richter [cit. 06.04.2022]. Dostupné z: <https://b2b.r-f.cz/produkt/cerpadlo-tepelne-invertorove-stiebel-hpa-o-051-cs-premium-vzduchvod/804881>

[12] Modul hydraulický HM Trend R+F B2B. *R+F B2B* [online]. Copyright © 2022 Richter [cit. 06.04.2022]. Dostupné z: <https://b2b.r-f.cz/produkt/modul-hydraulicky-hm-trend/681700>

[13] STIEBEL ELTRON Toolbox – Dimenzování tepelného čerpadla [online]. Dostupné z: <https://www.stiebel-eltron.cz/toolbox/waermepumpe/>

[14] Hydraulický modul HM Trend-STIEBEL ELTRON [online]. Dostupné z: <https://www.stiebel-eltron.cz/toolbox/produktdaten/?article=232805>

[15] Správný typ tepelného čerpadla – Projektuj TČ. *Technická databáze pro projektanty* [online]. Copyright © Copyright GT Energy s.r.o. 2019 [cit. 06.04.2022]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/spravny-typ-tepelneho-cerpadla>

[16] Tepelné čerpadlo země-voda WPF 10-STIEBEL ELTRON [online]. Copyright © 2022 [cit. 07.04.2022]. Dostupné z: https://www.stiebel-eltron.cz/cs/produkty-a-reseni/obnovitelne_zdrojeenergie/tepelna_cerpadla/tepelna_cerpadlazeme-voda/wpf-04-16/wpf-10.html

[17] Čerpadlo tepelné Stiebel WPF 10 ZEMĚ/VODA R+F B2B. *R+F B2B* [online]. Copyright © 2022 Richter [cit. 07.04.2022]. Dostupné z: <https://b2b.r-f.cz/produkt/cerpadlo-tepelne-stiebel-wpf-10-zemevoda/364567>

[18] K čemu slouží a kolik stojí vrty pro tepelná čerpadla? E.ON [online]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/vytapeni-a-vetrani/tepelna-cerpadla/k-cemu-slouzi-a-kolik-stoji-vrty-pro-tepelna-cerpadla/>

[19] STIEBEL ELTRON Toolbox – Dimenzování tepelného čerpadla [online]. Dostupné z: <https://www.stiebel-eltron.cz/toolbox/waermepumpe/>

[20] Čerpadlo tepelné Stiebel WPF 10 ZEMĚ/VODA R+F B2B. *R+F B2B* [online]. Copyright © 2022 Richter [cit. 07.04.2022]. Dostupné z: <https://b2b.r-f.cz/produkt/cerpadlo-tepelne-stiebel-wpf-10-zemevoda/364567>

[21] Propojení fotovoltaické elektrárny s tepelným čerpadlem – Projektuj TČ. *Technická databáze pro projektanty* [online]. Copyright © Copyright GT Energy s.r.o. 2019 [cit. 07.04.2022]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/propojeni-fotovoltaiicke-elektrarny-s-tepelnym-cerpadlem>

[22] Podlahové konvektory a lavice | Korado – Kvalitní vytápění už 55 let. *Korado - Kvalitní vytápění už 55 let* [online]. Copyright © 2022 Korado [cit. 08.04.2022]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/podlahove-konvektory-a-lavice>

[23] Podlahové konvektory s EC motory, komfort, úspora a spolehlivost. *TOPIN - Topenářství instalace* [online]. Copyright © Topin Media, s. r. o. [cit. 08.04.2022]. Dostupné z: <https://www.topin.cz/clanky/new-practic-podlahove-konvektory-s-ec-motory-komfort-uspora-a-spolehlivost-detail-3379>

[24] Podlahové vytápění – přehled trhu. *TZB-info*. [online]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/4667-podlahove-vytapani-prehled-trhu>

[25] Stropní topení a chlazení – Uherské Hradiště, Zlínský kraj. [online]. Copyright © Evropská databanka a.s. [cit. 10.04.2022]. Dostupné z: <https://nabidky.edb.cz/Nabidka-176703-stropni-topeni-a-chlazení-energeticky-usporne-a-tiche-reseni-pro-rodinne-domy-i-kancelare>

[26] Stropní topení a chlazení – Uherské Hradiště, Zlínský kraj. [online]. Copyright © Evropská databanka a.s. [cit. 10.04.2022]. Dostupné z: <https://nabidky.edb.cz/Nabidka-176703-stropni-topeni-a-chlazení-energeticky-usporne-a-tiche-reseni-pro-rodinne-domy-i-kancelare>

[27] Klasifikace kritérií do tříd: - Ekonomika. *Ekonomika - Vše co student potřebuje vědět* [online]. Copyright © 2022. Všechna práva vyhrazena. [cit. 12.05.2022]. Dostupné z: <https://ekonomika-otazky.studentske.cz/2009/02/klasifikace-kriterii-do-trid.html>

9 Seznam obrázků

Obr. 1: Půdorys 4.PP.....	9
Obr. 2: Půdorys 3.PP.....	10
Obr. 3: Půdorys 2.PP.....	10
Obr. 4: Půdorys 1.PP.....	11
Obr. 5: Půdorys 1.NP.....	11
Obr. 6: Půdorys 2.NP.....	12
Obr. 7: Situace.....	12
Obr. 8: Schéma koncepce vytápění pomocí plynového kotle.....	15
Obr. 9: Plynový kondenzační kotel Panther Condens 15 KKO-CS/1 [5].....	16
Obr. 10: Odhad ceny nerezového komínu Schiedel [6].....	16
Obr. 11: Schéma koncepce vytápění pomocí TČ vzduch/voda.....	17
Obr. 12: Návrh TČ vzduch/voda (výstřižek obrazovky) [13].....	18
Obr. 13: Hydraulický modul a venkovní jednotka TČ [14].....	18
Obr. 14: Schéma koncepce vytápění pomocí TČ země/voda.....	19
Obr. 15: Návrh TČ země/voda (výstřižek obrazovky) [18].....	20
Obr. 16: Tepelné čerpadlo Stiebel Eltron WPF 10 země/voda [19].....	20
Obr. 17: Ilustrační obrázek podlahového konvektoru [23].....	22
Obr. 18: Schéma vytápění pomocí podlahových konvektorů.....	23
Obr. 19: Schéma podlahového vytápění.....	24
Obr. 20: Vizualizace systémové desky teplovodního podlahového vytápění [24].....	24
Obr. 21: Schéma stropního vytápění.....	25
Obr. 22: Sálavé stropní vytápění [25].....	26
Obr. 23: Stropní vytápění – rozdělovač [26].....	26
Obr. 24: Schéma konceptu větrání pomocí lokálních větracích jednotek.....	28
Obr. 25: Schéma konceptu větrání pomocí bytových větracích jednotek.....	29
Obr. 26: Schéma konceptu větrání pomocí centrální větrací jednotky.....	30
Obr. 27: Graf bodového hodnocení zdrojů tepla.....	32
Obr. 28: Graf bodového hodnocení otopných prvků.....	34
Obr. 29: Graf bodového hodnocení typů větrání.....	36

10 Seznam tabulek

Tab. 1: Stanovení váhy hodnotících kritérií zdrojů tepla.....	32
Tab. 2: Bodové hodnocení zdrojů tepla a jejich vhodnost.....	32
Tab. 3: Stanovení váhy hodnotících kritérií otopných prvků	34
Tab. 4: Bodové hodnocení otopných prvků a jejich vhodnost	34
Tab. 5: Stanovení váhy hodnotících kritérií typů větrání	36
Tab. 6: Bodové hodnocení typů větrání a jejich vhodnost	36