

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

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**Vytápění a větrání nízkoenergetického
rodinného domu**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Ondřej Lubor Horák

**Vedoucí bakalářské práce :
Konzultant :**

**Ing. Miroslav Urban, Ph.D.
Ing. Miroslav Urban, Ph.D.**

Akademický rok 2016/2017



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Horák</u>	Jméno: <u>Onřej Lubor</u>	Osobní číslo: <u>410765</u>
Zadávatel katedra: <u>K125 - Katedra technických zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>SI-I Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>C - Pozemní stavby</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Vytápění a větrání nízkoenergetického rodinného domu</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Heating and ventilation of a low energy family house</u>	
Pokyny pro vypracování: - Zpracování řešební části zaměřené na výběr vhodné varianty; - zdroje tepla, využití obnovitelných zdrojů - ekonomické hodnocení vybraných variant, zhodnocení technické proveditelnosti, výběr vhodné varianty.	
Zpracování projektu vybrané varianty: - vytápění objektu, - větrání objektu, - využití obnovitelných zdrojů	
Seznam doporučené literatury: ČSN EN 15665 Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov Bašta, J., Kabele, K., Otopné soustavy teplovodní (sešit projektanta) STP Matuška, T., Solární soustavy (sešit projektanta), STP	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Miroslav Urban, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>24.2.2017</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>28.5.2017</u>
<u>Zakrytý podpis</u>	<u>Zakrytý podpis</u>
<u>Podpis vedoucího práce</u>	<u>Podpis vedoucího katedry</u>

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>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“.</i>	
	<u>Zakrytý podpis</u>
<u>24.2.17</u>	
<u>Datum převzetí zadání</u>	<u>Podpis studenta(ky)</u>

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

V Praze dne 28.5.2017

podpis

Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Miroslavu Urbanovi, Ph.D. za odborné vedení práce a cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. Dále bych rád poděkoval své rodině a přítelkyni za podporu a trpělivost. Na závěr bych také rád poděkoval panu Radku Jordákovi za poskytnutí předlohy pro moji bakalářskou práci.

Anotace

Bakalářská práce se zaměřuje na možnosti větrání a vytápění zadaného nízkoenergetického rodinného domu. Obě profese jsou v první části bakalářské práce posuzovány z hlediska pořizovacích nákladů, cen energií a celkové efektivity zařízení v zadaném objektu. V praktické části je těchto poznatků využito a pro zadaný objekt vyprojektováno prostředí, které by mělo být maximálně funkční a uživatelsky přívětivé.

The bachelor thesis focuses on the possibilities of ventilation and heating of a low-energy family house. Both professions are assessed in terms of acquisition costs, energy prices and overall efficiency in the given building in the first part of the bachelor thesis. In the practical part, this knowledge is used and developed projects for the given object in a functional and user-friendly way.

Klíčová slova

- Nízkoenergetický rodinný dům
- Větrání
- Vytápění
- Energie

Key words

- Low-energy family house
- Ventilation
- Heating
- Energy

Obsah

1	Seznámení se zadaným objektem.....	1
1.1	Obecně.....	1
1.1.1	Pohledy na objekt S, J, V, Z.....	2
1.1.2	Půdorys 1. NP – obytná část bez garáže.....	3
1.1.3	Půdorys 2. NP – obytná část bez garáže.....	3
1.1.4	Část charakteristického řezu objektem.....	3
1.2	Skladby konstrukcí.....	4
1.2.1	Součinitel prostupu tepla konstrukcí.....	5
2	Větrání.....	5
2.1	Obecně.....	5
2.2	Přírozené větrání.....	6
2.2.1	Ekonomická bilance.....	8
2.2.2	Výhody a nevýhody.....	9
2.3	Centrální nucené rovnotlaké větrání s rekuperací.....	9
2.3.1	Ekonomická bilance.....	12
2.3.2	Výhody a nevýhody.....	13
2.4	Výběr varianty.....	13
2.4.1	Ekonomické posouzení.....	13
2.4.2	Celkové zhodnocení a výběr varianty.....	14
3	Vytápění.....	14
3.1	Obecně.....	14
3.2	Výpočet přípravy teplé vody.....	15
3.3	Výpočet ohřevu bazénu.....	16
3.4	Otopné plochy a šíření tepla do místnosti.....	17
3.4.1	Radiátory.....	17
3.4.2	Stropní teplovodní sálavé vytápění.....	17
3.4.3	Teplovodní podlahové vytápění.....	18
3.4.4	Výběr varianty otopné plochy.....	18
3.5	Potřeba energie.....	18
3.5.1	Roční potřeba energie.....	18
3.6	Výkon zdrojů tepelné energie.....	20
3.7	Možné systémy přípravy tepla.....	20
3.7.1	Tepelné čerpadlo vzduch/voda.....	20
3.7.2	Elektrokotel.....	22

3.7.3	Kondenzační plynový kotel.....	24
3.8	Výběr varianty	26
3.8.1	Ekonomické posouzení	26
3.8.2	Celkové zhodnocení a výběr varianty	27
4	Zamyšlení	27
5	Závěr.....	28
6	Seznam literatury a použitých zdrojů.....	29
7	Přílohy	30

1 Seznámení se zadaným objektem

1.1 Obecně

Účel objektu

Účel stavby:	rodinný dům
Typ:	dvoupatrový
Počet osob:	4-5
Počet obytných jednotek:	1

Základní orientační výměry

zastavěná plocha:	cca 485 m ² (včetně plochy terasy na terénu)
obestavěný prostor:	cca 3105 m ³ (včetně garáže)
užitná plocha 1. NP:	cca 437,46 m ² (včetně garáže)
užitná plocha 2. NP:	cca 395,68 m ² (včetně všech teras)
počet uživatelů RD:	4-5 osob

Popis objektu:

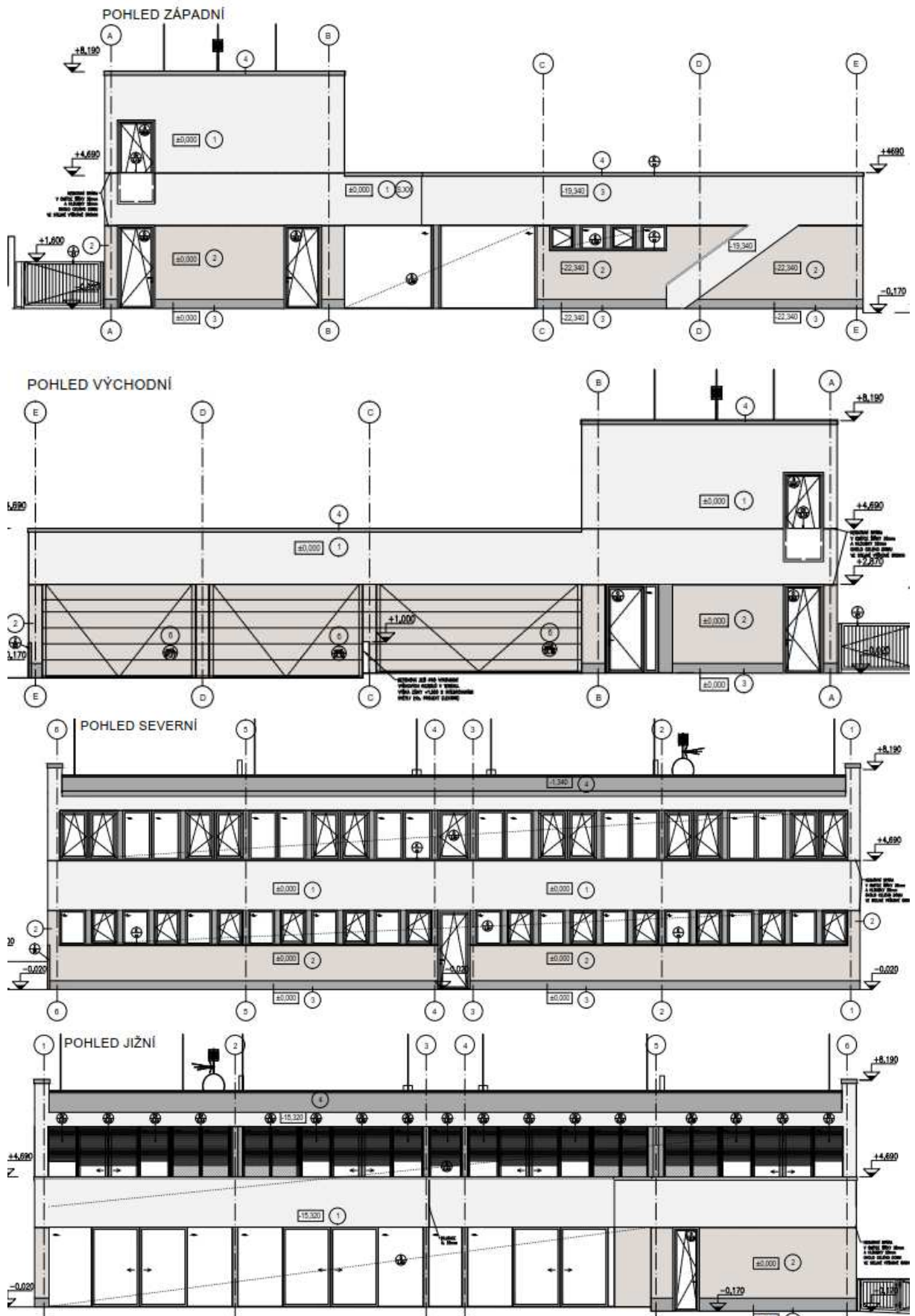
Přízemní dispozice domu ve tvaru „L“ je osazena v severovýchodní části parcely. Východní rameno, rovnoběžné s příjezdovou komunikací, je vyčleněno pro garážování. Obytná část domu je v dvoupodlažní části. Zde je pak orientace všech pobytových místností na jih, s výhledem do zahrady přes velkoformátová francouzská okna a HS portály.

Při vstupu do objektu je po pravé straně umístěna technická místnost a chodba s dveřmi do WC a šatny. Z šatny je možné projít místností domácích prací do kuchyně. Z chodby lze rovněž projít rovnou do jídelny. Za schodištěm do podlaží je z kuchyně průchod do obývacího pokoje. Obývací pokoj má své vlastní WC s umývárnou. Z umývárny je vstup do druhé technické místnosti a skladu zahradního nábytku, který může být v zimním období využíván jako zimní zahrada. Z obývacího pokoje se dá vstoupit do pracovny. Z chodby je možné projít do prosklené garáže. Průchodem touto garáží se dostaneme do druhé garáže.

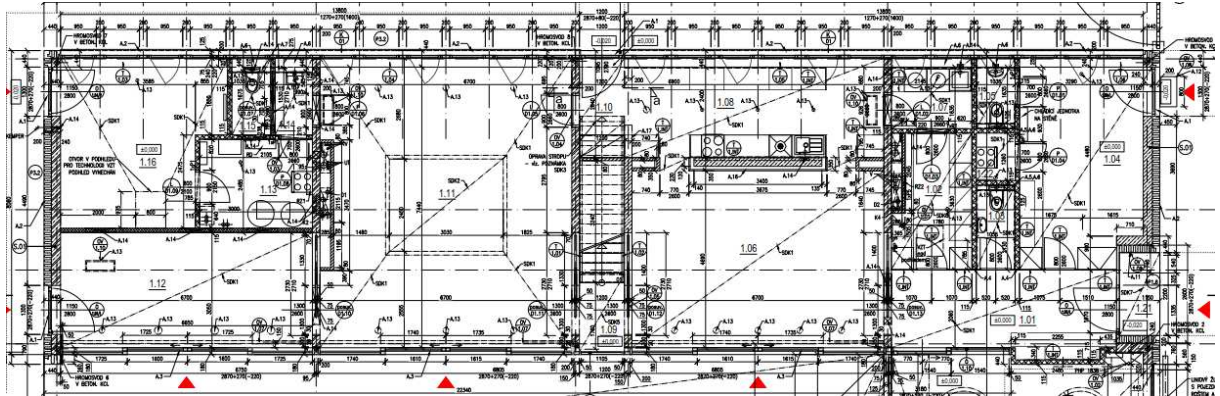
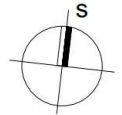
Centrálním schodištěm mezi obývacím pokojem a kuchyňskou částí projdeme do 2. NP objektu. Zde se nachází dětské pokoje, ložnice majitele objektu a pokoj pro hosty. Každý pokoj má svou vlastní toaletu, koupelnu, šatnu a terasu. Terasy jsou propojené podél atikové hrany a dá se jimi projít až na pochozí střechu objektu garáží.

V jihovýchodní části parcely se nachází rekreační bazén o půdorysných rozměrech 9,0 m x 3,5 m, který bude v letních obdobích dohříván.

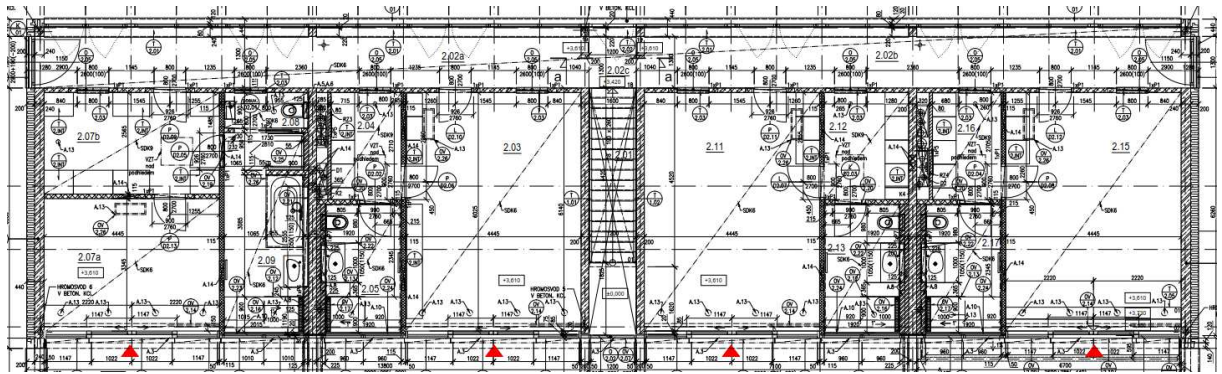
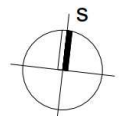
1.1.1 Pohledy na objekt S, J, V, Z



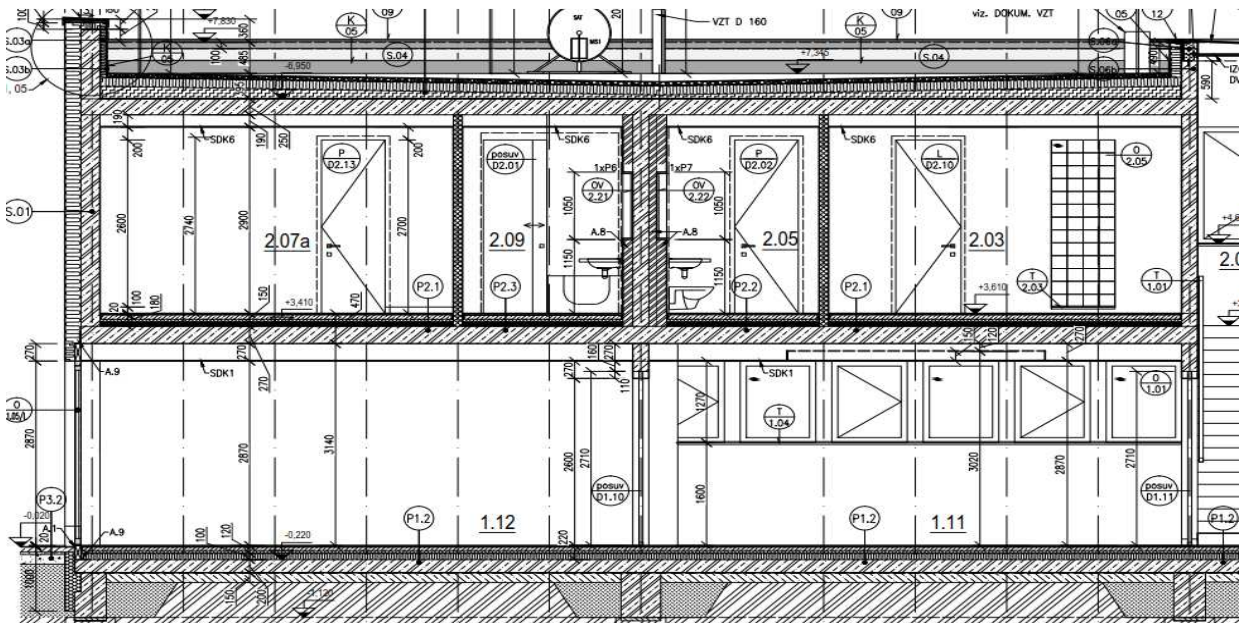
1.1.2 Půdorys 1. NP - obytná část bez garáže



1.1.3 Půdorys 2. NP - obytná část bez garáže



1.1.4 Část charakteristického řezu objektem



1.2 Skladby konstrukcí

Skladba dle PD	Popis	Sádrová omítka	ŽB konstrukce	Porotherm 11,5	Roznášecí betonová vrstva	Minerální vlna Rockwool Fasrock	TI EPS 100S	Deklarovaný součinitel prostupu tepla [W/(m ² .K)]	
		0,6	1,43	0,34	1,36	0,041	0,037		Součinitel prostupu tepla λ [W/m.K]
S.01	Vnější obvodové nosné a výplňové zdivo	0,015	0,24			0,2			Tloušťka skladby d [m]
ST.01, ST.02, ST.03 a ST.04	Skladba ploché střechy se spádem 3° až 5°	0,015	0,25				0,24		Průměrná tloušťka skladby d [m]
P1.1, P1.2	Podlaha 1.NP a 2.NP		0,2		0,06		0,1		Tloušťka skladby d [m]
XX	Mezipokojové dělicí stěny	0,03		0,12					Tloušťka skladby d [m]
O/x.xx	Vnější otvory dle tabulky specifikace oken (včetně rámu)							0,5	Deklarovaný součinitel prostupu tepla [W/(m ² .K)]
P/xx.xx	Vnitřní otvory (dveře)							2,3	Deklarovaný součinitel prostupu tepla [W/(m ² .K)]

1.2.1 Součinitel prostupu tepla konstrukcí

Skladba dle PD	Popis	U [W/(m ² .K)]
S.01	Vnější obvodové nosné zdivo	0,190
ST.01, ST.02, ST.03 a ST.04	Skladba ploché střechy se spádem 3° až 5°	0,146
P1.1, P1.2	Podlaha 1.NP a 2.NP	0,323
XX	Mezipokojové dělicí stěny	1,672
O/x.xx	Vnější otvory dle tabulky specifikace oken (včetně rámu)	0,500
P/xx.xx	Vnitřní otvory (dveře)	2,300

2 Větrání

2.1 Obecně

Přívod venkovního vzduchu neboli větrání je nedílnou a nutnou součástí života. Při větrání dochází k výměně škodlivého vzduchu za vzduch čerstvý.

Prvním účelem větrání je snaha zbavit se přebytečné vlhkosti, které má zásadní dopad na tvorbu plísní. Většina plísní, které vznikají převážně z nedokonalého větrání, má negativní dopad na zdraví člověka.

Další důležitý úkol větrání je docílit obměny vzduchu tak, aby nebyla překročena limitní koncentrace oxidu uhličitého, popřípadě jiných škodlivých látek. Oxid uhličitý má velký vliv na lidský organismus, překročení limitní koncentrace CO₂ může vést ke zvýšené únavě, zhoršení schopnosti koncentrace, bolestem hlavy, nevolnosti či ztrátě vědomí.

Větrání přispívá také k eliminaci oděrů, které většinou nebývají zdravotně závadné, nicméně nejsou pro pobyt osob žádoucí.

Větrání obytných budov se řídí normou ČSN EN 15665/Z1 [1]. Tabulka 1 uvádí minimální a doporučené hodnoty větrání pro obytné budovy.

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání [h ⁻¹]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [m ³ /(h·os)]	Kuchyně [m ³ /h]	Koupelny [m ³ /h]	WC [m ³ /h]
<i>Minimální hodnota</i>	0,3	15	100	50	25
<i>Doporučená hodnota</i>	0,5	25	150	90	50

Tab. 1 Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1 [2]

2.2 Přirozené větrání

První možností pro větrání je větrání přirozené. Tento princip větrání využívá rozdílů tlaků mezi vnitřním a vnějším prostředím. Takzvaná infiltrace a exfiltrace je výměna vzduchu skrze netěsnosti či otvory v obálce budovy. Mezi otvory a netěsnosti patří zejména okenní spáry, dveřní prahy a uměle vytvořené štěrby v okenních rámech či na fasádě.

Dle požadavků normy ČSN EN 15665/Z1[1] je v Tabulce 2a a Tabulce 2b stanoven objem větraného vzduchu pro jednotlivé místnosti v zadaném objektu. Byť je v normě uvedené doporučené množství větraného vzduchu na osobu 25 m³/h v návrhu bude uvažováno s přísunem vzduchu na osobu 30 m³/h, což je hodnota pro optimální udržení hladiny oxidu uhličitého na nižší úrovni než je doporučená maximální hodnota.

Označení místnosti	1. NP		Výpočet objemu větraného vzduchu						Objem větraného vzduchu [m ³]	
	Popis	Teplota místnosti [°C]	Plocha [m ²]	Počet osob	m ³ / os	Objem místnosti [m ³]	Intenzita větrání [h ⁻¹]	Navrhnutý přírůstek [m ³ /h]	Objem větraného vzduchu [m ³ /h]	Objem větraného vzduchu [m ³]
1.01	Vstupní chodba	20	14,88		30	43,152	0,3	0,1	13,0	13
1.02	Šatna	20	6,29		30	18,241	0,3	0,5	6,0	6
1.03	WC	20	2,33		30	6,757	0,3		2,0	2
1.04	Technická místnost	15	16,42		30	47,618	0,5	1,2	25,0	25
1.05	WC	20	1,77		30	5,133	0,3		1,5	2
1.06	Jídelna	20	31,98	4	30	92,742	0	0	120,0	120
1.07	Domácí práce	20	3,76		30	10,904	0,3	0,7	4,0	4
1.08	Kuchyň	20	16,84	Kuchyň je propojena s jídelnou, větraný objem započten v místnosti 1.06 - Jídelna					0,0	0
1.09	Chodba před schod.	20	2,45		30	7,105	0,3	0,9	3,0	3
1.10	Chodba	20	3,22	Chodba je propojena s jídelnou, větraný objem započten v místnosti 1.06 - Jídelna					0,0	0
1.11	Obývací pokoj	20	48,81	4	30	141,549	0	0	120,0	120
1.12	Pracovna	20	20,89	1	30	60,581	0	0	30,0	30
1.13	Technická místnost	20	7,08		30	20,532	0,3	0,8	7,0	7
1.14	Umývárna	20	2,07		30	6,003	0,3	0,2	2,0	2
1.15	WC	20	1,91		30	5,539	0,3	0,3	2,0	2
1.16	Zahradní nábytek	20	17,27		30	50,083	0,3	0	15,0	15
1.22	Sklad	20	1,38		30	4,002	0,3	0	1,2	1
CELKEM			199,35						352	352

Tab. 2a Objem větraného vzduchu pro 1. NP objektu

2. NP		Objemy větraného vzduchu							Objem větraného vzduchu [m ³]	
Označení místnosti	Popis	Teplota místnosti [°C]	Plocha [m ²]	Počet osob	m ³ / os	Objem místnosti [m ³]	Intenzita větrání [h ⁻¹]	Navrhnutý přírůstek [m ³ /h]	Objem větraného vzduchu [m ³ /h]	Objem větraného vzduchu [m ³]
2.01	Schodiště do 2. NP	20	5,3	30	15,37	0,3	0,4	5,0	5	
2.02a	Chodba levá	20	18,28	30	53,012	0,3	0,1	16,0	16	
2.02b	Chodba pravá	20	18,28	30	53,012	0,3	0,1	16,0	16	
2.02c	Podesta	20	1,56	30	4,524	0,3	0,1	1,5	2	
2.03	Ložnice - Host	20	26,89	30	77,981	0,3	1,6	25,0	25	
2.04	Šatna - Host	20	5,02	30	14,558	0,3	0,6	5,0	5	
2.05	Koupelna a WC - Host	24	6,34	30	18,386	0,5	0,8	10,0	10	
2.07a	Ložnice - Majitel	20	14,86	30	43,094	0,5	0,5	22,0	22	
2.07b	Šatna - Majitel	20	11,7	30	33,93	0,3	0,8	11,0	11	
2.08	WC - Majitel	24	2	30	5,8	0,3	0,3	2,0	2	
2.09	Koupelna a Sauna - Majitel	24	10,26	30	29,754	0,5	0,1	15,0	15	
2.11	Ložnice - Děti 1	20	26,89	30	77,981	0,5		39,0	39	
2.12	Šatna - Děti 1	20	6,01	30	17,429	0,3	0,8	6,0	6	
2.13	Koupelna a WC - Děti 1	24	6,34	30	18,386	0,5	0,8	10,0	10	
2.15	Ložnice - Děti 2	20	27,07	30	78,503	0,5	0,7	40,0	40	
2.16	Šatna - Děti 2	20	4,93	30	14,297	0,3	0,7	5,0	5	
2.17	Koupelna a WC - Děti 2	24	6,22	30	18,038	0,5	0	9,0	9	
CELKEM			197,95					238	238	

Tab. 2b Objem větraného vzduchu pro 2. NP objektu

Dále je třeba se podívat, zdali bude potřeba v objektu počítat s externími štěrbinami, či zda okenní spáry zvládnou dosáhnout požadované průvzdušnosti. Pro výpočet infiltrace vzduchu spárami se použije vztah $M_V = \Sigma(i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M$, kde i_{LV} je součinitel spárové průvzdušnosti, L je délka otvíravých spár, B je charakteristické číslo v Pa^{0,67} a M je charakteristické číslo místnosti. Pro zadaný objekt budeme uvažovat s místností "2.07a - Ložnice majitel" jako s místností nejlépe prezentující chování objektu.

- $i_{LV} = 0,87 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-n}$ (Běžně vyráběné ocelové HS portály)
- L = 13,29 m (Délka spáry)
- B = 8 Pa^{0,67} (Krajina s intenzivními větry u lesa)
- M = 0,4 (Dveřní otvory v místnosti bez prahu)

Pro zvolenou místnost je tedy $M_V = (0,87 \cdot 10^{-4} \cdot 13,29) \cdot 8 \cdot 0,4 = 0,0037 \text{ m}^3/\text{s} = \underline{13,3 \text{ m}^3/\text{h}}$. Požadovaná hodnota pro větrání místnosti 2.07a je ovšem $Q_p = 22 \text{ m}^3/\text{h} > 13,3 \text{ m}^3/\text{h}$ a tudíž

větrání pouze skrze průvzdušnost otvíravých spár nebude dostačující. Nabízí se technické řešení v podobě okenních štěrbin, a to například okenní štěrbin od firmy Inproma typ TC45 s průtokem vzduchu 41,4 m³/h/m .

Pro orientační výpočet potřeb těchto štěrbin budeme uvažovat, že 20 % z celkové potřeby větraného vzduchu bude uskutečněno skrze spárovou průvzdušnost a zbylých 80 % obstarají okenní štěrbin TC45. Celková potřeba větrání :

$$Q_p = 589 = 818 \text{ m}^3/\text{h} * 80\% = 471 \text{ m}^3/\text{h}. \text{ Délka štěrbin typu TC45 } n = 471 / 41,4 = \underline{\underline{11,4 \text{ m}}}$$

Cena 1 bm okenní štěrbin TC45 vyjde na 1 200,- Kč.

2.2.1 Ekonomická bilance

Z Tabulek 2a a 2b je možno vyčíst objemy větraného vzduchu pro rozdílné vnitřní teploty. Vzduch, který se dostane do objektu z venkovního prostředí, musí být ohřát na požadovanou vnitřní teplotu. Pro ekonomické porovnání je brána průměrná venková teplota v oblasti Kolína 5,9 °C na 257 dní otopného období.

Větraný objem [m³/h]	518	46	25
Teplota [°C]	20	24	15
Větraný objem [m³/s]	0,144	0,013	0,007
Měrná kapacita vzduchu [Jkg⁻¹K⁻¹]	1010	1010	1010
Hustota vzduchu	1,204	1,204	1,204
Teplotní gradient [K]	14,1	18,1	9,1
Energie potřebná na ohřev [kW]	<u>2,468</u>	<u>0,281</u>	<u>0,077</u>
Denní energie na ohřev [kWh]	<u>59,23</u>	<u>6,75</u>	<u>1,84</u>
Dnů otopného období	257	257	257
Roční energie na ohřev [kWh]	<u>15223,2</u>	<u>1734,7</u>	<u>474,0</u>

CELKEM 17 431,9 kWh / rok

Tab. 3 Výpočet spotřebované energie pro ohřev větraného vzduchu za rok

Po výpočtu tepelného výkonu pro ohřev větraného vzduchu je možné utvořit ekonomickou bilanci této varianty. Pro výpočet ekonomické bilance bude počítáno s variantou ústředního vytápění, tepelného čerpadla COP3 (pro výpočet brána cena 1,5 Kč/kWh – zohledněn poplatek za jistič a ostatní) a průměrnou cenou za kWh elektrické energie 2,45 Kč (Distribuční sazba D57d). Výsledné finanční nároky jsou vztaženy k čisté současné hodnotě peněz (míra roční inflace ČR je 1 %) a k průměrnému 5% ročnímu zdražování energií.

	Realizace	1. rok	5 let	10 let	15 let	20 let
Požizovací a ostatní náklady	13 680 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Ohřev vzduchu	0 Kč	27 194 Kč	147 290 Kč	326 491 Kč	544 517 Kč	809 778 Kč
Roční náklady celkem	13 680 Kč	27 194 Kč	147 290 Kč	326 491 Kč	544 517 Kč	809 778 Kč

Tab. 4 Ekonomická bilance přirozeného větrání

2.2.2 Výhody a nevýhody

Výhody:

- Systém větracích štěrbin a mřížek není náročný na údržbu. V případě zanesení štěrbin či otvoru není třeba vyškolený pracovník
- Minimální pořizovací náklady
- Téměř nulová poruchovost a tudíž nulové náklady na údržbu

Nevýhody

- Systém je nestálý a objemy větraného vzduchu se mění v závislosti na rozdílech tlaků. Přívod větraného vzduchu je téměř pokaždé třeba podpořit externími otvory ve fasádě či rámu okna
- Přirozené větrání neumožňuje zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu, což má za následek výsledný dopad na energetickou bilanci budovy a provozní náklady
- Výsledné uměle navržené otvory a štěrbinu snadno propouští venkovní hluk a častokrát nesplňují hygienické nároky na zvukovou neprůzvučnost
- Přiváděný vzduch nelze řádně filtrovat. Osoby s chronickým onemocněním plic či alergici nemají možnost eliminace prachových částic a pylů
- Zejména v zimních obdobích mohou otvory způsobovat průvan, který není pro pohodlí investora či uživatele objektu žádaný

2.3 Centrální nucené rovnotlaké větrání s rekuperací

Druhou možností větrání je větrání formou nuceného oběhu vzduchu. Metoda využívá ventilátoru, který žene přiváděný vzduch skrze jednotku zpětného získávání tepla a dále pomocí potrubí a distribučních prvků je vzduch přiváděn do obytných prostor. Stejně množství vzduchu je pomocí potrubí vedeno druhým ventilátorem z objektu ven. Teplý odpadní vzduch je donorem tepla v rekuperační jednotce.

Pro zadaný objekt je nejlepší variantou přívod čerstvého vzduchu do hlavních obytných místností – obývací pokoj, jídelna, ložnice. Odpadní vzduch bude naopak odebírán z místností, které jsou zdroji pachů a jiných škodlivin – koupelna, WC, sklad, domácí práce. Cirkulaci přiváděného vzduchu mezi jednotlivými místnostmi bude zajišťovat netěsnost výplní vnitřních otvorů, či dodatečné mřížky.

Dle požadavků normy ČSN EN 15665/Z1 [1] je v Tabulce 5a a Tabulce 5b stanoven objem větraného vzduchu pro jednotlivé místnosti v zadaném objektu. Byť je v normě uvedené doporučené množství větraného vzduchu na osobu 25 m³/h, v návrhu bude uvažováno s přísunem vzduchu na osobu 30 m³/h, což je hodnota pro optimální udržení hladiny oxidu uhličitého na nižší úrovni než je doporučená maximální hodnota.

1. NP		Výpočet objemu větraného vzduchu								Objem větraného vzduchu [m ³]
Označení místnosti	Popis	Teplota místnosti [°C]	Plocha [m ²]	Počet osob	m ³ / os	Objem místnosti [m ³]	Intenzita větrání [h ⁻¹]	Navrhnutý přírůstek [m ³ /h]	Objem větraného vzduchu [m ³ /h]	Objem větraného vzduchu [m ³]
1.01	Vstupní chodba	20	14,88		30	43,152	0,3	0,1	13,0	13
1.02	Šatna	20	6,29		30	18,241	0,3	0,5	6,0	6
1.03	WC	20	2,33		30	6,757	0,3		2,0	2
1.04	Technická místnost	15	16,42		30	47,618	0,5	1,2	25,0	25
1.05	WC	20	1,77		30	5,133	0,3		1,5	2
1.06	Jídelna	20	31,98	4	30	92,742	0	0	120,0	120
1.07	Domácí práce	20	3,76		30	10,904	0,3	0,7	4,0	4
1.08	Kuchyň	20	16,84	Kuchyň je propojena s jídelnou, větrání objem započten v místnosti 1.06 - Jídelna					0,0	0
1.09	Chodba před schod.	20	2,45		30	7,105	0,3	0,9	3,0	3
1.10	Chodba	20	3,22	Chodba je propojena s jídelnou, větrání objem započten v místnosti 1.06 - Jídelna					0,0	0
1.11	Obývací pokoj	20	48,81	4	30	141,549	0	0	120,0	120
1.12	Pracovna	20	20,89	1	30	60,581	0	0	30,0	30
1.13	Technická místnost	20	7,08		30	20,532	0,3	0,8	7,0	7
1.14	Umývárna	20	2,07		30	6,003	0,3	0,2	2,0	2
1.15	WC	20	1,91		30	5,539	0,3	0,3	2,0	2
1.16	Zahradní nábytek	20	17,27		30	50,083	0,3	0	15,0	15
1.22	Sklad	20	1,38		30	4,002	0,3	0	1,2	1
CELKEM			199,35						352	352

Tab. 5a Objem větraného vzduchu pro 1. NP objektu

2. NP		Objemy větraného vzduchu							Objem větraného vzduchu [m ³]	
Označení místnosti	Popis	Teplota místnosti [°C]	Plocha [m ²]	Počet osob	m ³ / os	Objem místnosti [m ³]	Intenzita větrání [h ⁻¹]	Navrhnutý přírůstek [m ³ /h]	Objem větraného vzduchu [m ³ /h]	Objem větraného vzduchu [m ³]
2.01	Schodiště do 2. NP	20	5,3		30	15,37	0,3	0,4	5,0	5
2.02a	Chodba levá	20	18,28		30	53,012	0,3	0,1	16,0	16
2.02b	Chodba pravá	20	18,28		30	53,012	0,3	0,1	16,0	16
2.02c	Podesta	20	1,56		30	4,524	0,3	0,1	1,5	2
2.03	Ložnice - Host	20	26,89		30	77,981	0,3	1,6	25,0	25
2.04	Šatna - Host	20	5,02		30	14,558	0,3	0,6	5,0	5
2.05	Koupelna a WC - Host	24	6,34		30	18,386	0,5	0,8	10,0	10
2.07a	Ložnice - Majitel	20	14,86		30	43,094	0,5	0,5	22,0	22
2.07b	Šatna - Majitel	20	11,7		30	33,93	0,3	0,8	11,0	11
2.08	WC - Majitel	24	2		30	5,8	0,3	0,3	2,0	2
2.09	Koupelna a Sauna - Majitel	24	10,26		30	29,754	0,5	0,1	15,0	15
2.11	Ložnice - Děti 1	20	26,89		30	77,981	0,5		39,0	39
2.12	Šatna - Děti 1	20	6,01		30	17,429	0,3	0,8	6,0	6
2.13	Koupelna a WC - Děti 1	24	6,34		30	18,386	0,5	0,8	10,0	10
2.15	Ložnice - Děti 2	20	27,07		30	78,503	0,5	0,7	40,0	40
2.16	Šatna - Děti 2	20	4,93		30	14,297	0,3	0,7	5,0	5
2.17	Koupelna a WC - Děti 2	24	6,22		30	18,038	0,5	0	9,0	9
CELKEM			197,95						238	238

Tab. 5b Objem větraného vzduchu pro 2. NP objektu

Pro výsledný větraný objem vzduchu je možná až 90% účinnost zpětného získávání tepla. Pro průměrnou teplotu při otopném období 5,9 °C vychází při 90% účinnosti rekuperační jednotky výstupní teplota vzduchu za rekuperační jednotkou pouze o cca 1,5 °C menší, než je teplota vzduchu potřebného pro větrání. Systém se nedá uvažovat jako bezúdržbový, nutnou součástí VZT jednotky je čištění a výměna filtrů a další mechanická údržba na VZT zařízení.

2.3.1 Ekonomická bilance

Z Tabulky 5a a 5b je možno vyčíst objemy větraného vzduchu pro rozdílné vnitřní teploty. Vzduch, který se dostane do objektu z venkovního prostředí, přijme 90 % energie z odpadního vzduchu a dále musí být dohřát na požadovanou vnitřní teplotu. Pro ekonomické porovnání je brána průměrná venková teplota v oblasti Kolína 5,9 °C na 257 dní otopného období.

Větraný objem [m ³ /h]	518	46	25
Teplota [°C]	20	24	15
Větraný objem [m ³ /s]	0,144	0,013	0,007
Měrná kapacita vzduchu [Jkg ⁻¹ K ⁻¹]	1010	1010	1010
Hustota vzduchu	1,204	1,204	1,204
Účinnost rekuperační jednotky [%]	90	90	90
Teplota přívodního vzduchu po ZZT [°C]	18,59	22,19	14,09
Teplotní gradient [K]	1,41	1,81	0,91
Energie potřebná na ohřev [kW]	<u>0,247</u>	<u>0,028</u>	<u>0,008</u>
Denní energie na ohřev [kWh]	<u>5,923</u>	<u>0,675</u>	<u>0,184</u>
Dnů otopného období	257	257	257
Roční energie na ohřev [kWh]	<u>1522,321</u>	<u>173,471</u>	<u>47,399</u>

CELKEM 1743,2 kWh/rok

Tab. 6 Výpočet spotřebované energie pro ohřev větraného vzduchu za rok

Po výpočtu tepelného výkonu pro ohřev větraného vzduchu je možné vytvořit ekonomickou bilanci této varianty. Pro výpočet ekonomické bilance bude počítáno s variantou ústředního vytápění, tepelného čerpadla COP3 (pro výpočet brána cena 1,5 Kč/kWh – zohledněn poplatek za jistič a ostatní) a průměrnou cenou za kWh elektrické energie 2,45 Kč (Distribuční sazba D57d). Výsledné finanční nároky jsou vztaženy k čisté současné hodnotě peněz (míra roční inflace ČR je 1 %) a k průměrnému 5% ročnímu zdražování energií.

	Realizace	1. rok	5 let	10 let	15 let	20 let
Pořizovací náklady	217 000 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Provozní náklady	0 Kč	1 456 Kč	7 886 Kč	17 481 Kč	29 154 Kč	43 357 Kč
El. energie provozu ventilátorů	0 Kč	5 480 Kč	29 680 Kč	65 790 Kč	109 723 Kč	163 174 Kč
Ohřev vzduchu	0 Kč	2 719 Kč	14 729 Kč	32 649 Kč	54 452 Kč	80 978 Kč
Roční náklady celkem	217 000 Kč	9 655 Kč	52 295 Kč	115 920 Kč	193 329 Kč	287 509 Kč

Tab. 7 - Ekonomická bilance nuceného větrání

2.3.2 Výhody a nevýhody

Výhody:

- Systém je schopen celoročně dodávat uživatelem přesně stanovený objem čerstvého vzduchu, čímž je docíleno optimálního prostředí
- Teplo odpadního vzduchu může být použito na ohřev vzduchu čerstvého. Rekuperační jednotky jsou v dnešních dobách velice účinné a jsou schopné výrazně snížit náklady na ohřev větraného vzduchu. Díky tomuto procesu je rekuperační systém považován za obnovitelný zdroj energie.
- Veškerý čerstvý přírodní vzduch lze filtrovat a uzpůsobit tak vnitřní prostředí ideálním pro alergiky a osoby s chronickým onemocněním plic

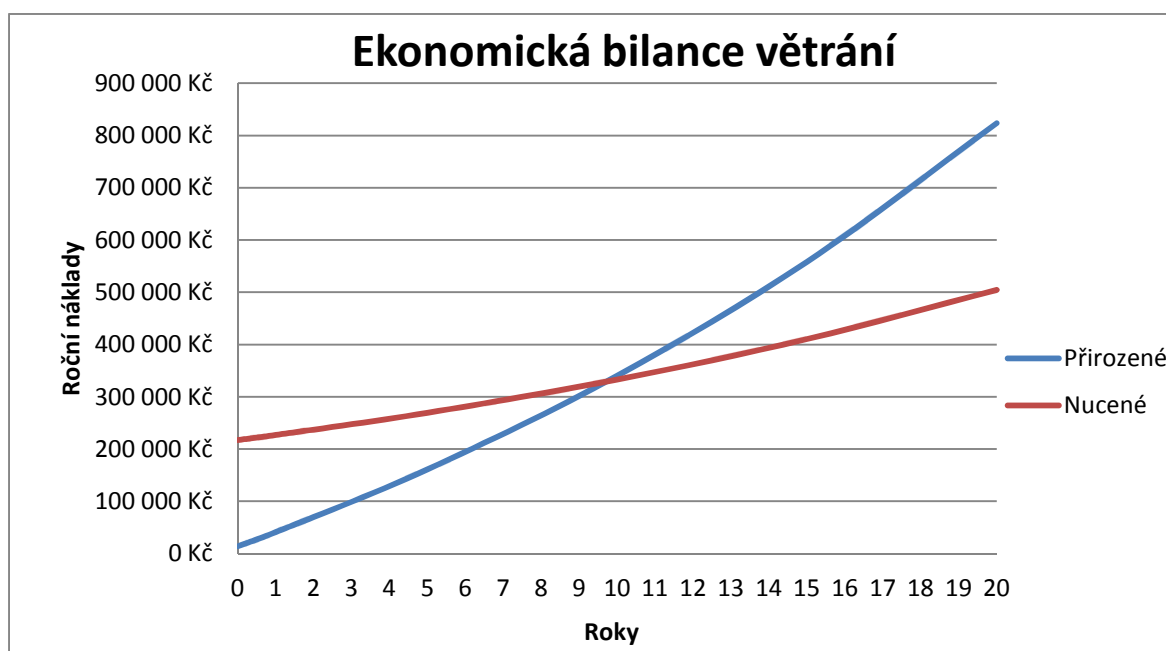
Nevýhody:

- Relativně vysoká pořizovací cena
- Systém je třeba udržovat, což má dopad jak na finanční stránku, tak na časovou náročnost
- Při nedbalém ošetřování zařízení mohou v systému vznikat spory plísní, které jsou dále ventilovány přímo k uživateli

2.4 Výběr varianty

2.4.1 Ekonomické posouzení

Dle vypočtených hodnot ekonomických bilancí jednotlivých typů větrání je vytvořen graf Ekonomická bilance variant větrání.



Graf 1 – Ekonomická bilance větrání

Z grafu a vypočtených hodnot je zřetelné, že byť pořizovací cena funkčního celku nuceného větrání je oproti přirozenému větrání přibližně o 200 000 Kč dražší, tak prostá doba návratnosti tohoto VZT zařízení je vypočítána přibližně na 10 let. Obě varianty jsou navrženy tak, aby splňovaly podobné nároky na kvalitu vnitřního prostředí budovy.

Jednoznačnou volbou z hlediska ekonomie pořízení a provozu je **větrání nucené**. Prostá doba návratnosti 10 let je při realizaci novostavby velice příznivá doba, která dává investorovi prostor ušetřit během dalších let provozování objektu zajímavé částky.

2.4.2 Celkové zhodnocení a výběr varianty

Hlavním kritériem pro výběr varianty bude pravděpodobně ekonomická bilance. Z hlediska provozních nákladů je nucené větrání s rekuperací tepla výrazný favorit.

Téměř jedinou výhodou přirozeného větrání byla stanovena pořizovací cena, která je ovšem neekvivalentně vyvážena ročními provozními náklady. Z toho hlediska výhody nuceného větrání jednoznačně převyšují nad výhodami přirozeného větrání.

Po studii projektové dokumentace nebylo shledáno překážek, které by bránily v realizaci nuceného větrání, a po zvážení veškerých kritérií bude pro zvolený objekt vypracována projektová dokumentace pro rovnotlaké nucené větrání s rekuperací tepla. Nejpravděpodobnějším řešením bude soustava dvou VZT jednotek s rekuperací a teplovodním ohřivačem vzduchu.

3 Vytápění

3.1 Obecně

Vytápění obytných budov se řídí zejména vyhláškou č. 194/2007 Sb. [3], která stanovuje pravidla pro vytápění. Ostatní hodnoty a technické parametry pro návrh vytápění jsou popsány v normách ČSN EN 12831[4] a ČSN 06 0210 [5].

Mimo vlastní dodávku tepla se většinou využívá komplexnosti a do vytápění budovy spadá také ohřev vody a ohřev dalších systémů, které přímo nesouvisí s vlastním vytápěním - například ohřev vody v bazénu.

Dle vyhlášky č. 194/2007 Sb. [3], je nutné zachovat minimální požadované hodnoty teploty a relativní vlhkosti pro pobytové místnosti dle následující Tabulky 8.

Druh vytápěné místnosti	Vnitřní teplota [°C]	Relativní vlhkost vzduchu ϕ_{ai} [%]
<i>obývací místnosti, tj. obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje</i>	20	50
<i>kuchyně</i>	20	50
<i>koupelny</i>	24	80
<i>klozety</i>	20	50
<i>vytápěné vedlejší místnosti (předsíň, chodby aj.)</i>	15	50
<i>vytápěná schodiště</i>	10	50

Tab. 8 Požadavky na vnitřní prostředí obytných budov dle vyhl.č. 194/2007 Sb. [6]

3.2 Výpočet přípravy teplé vody

Výpočet velikosti akumulčního zásobníku

Potřeba teplé vody

Dle normy ČSN 06 0320 je uvažovaná potřeba TV 0,082 m³/osoba·den

$V_{2p} = 0,082 \text{ m}^3/\text{osoba} \cdot \text{den}$

$n = 5 \text{ osob}$

$V = 0,41 \text{ m}^3$

Časové rozdělení potřeby TV

5h-17h	17h - 20h	20h - 24h
35%	50%	15%
0,1435	0,205	0,0615

Předpokládaná ztráta 30%

$z = 0,3$

Výpočet potřeby zásoby TV

Objem = 151,52

Návrh zásobníku

200l

Výpočet příkonu pro ohřev TV

$T_s = 10 \text{ °C}$

$T_t = 55 \text{ °C}$

$C_{wh} = 1,163 \text{ Wh/kg} \cdot \text{K}$

Potřeba energie denní

$E = c \cdot m \cdot (T_t - T_s)$

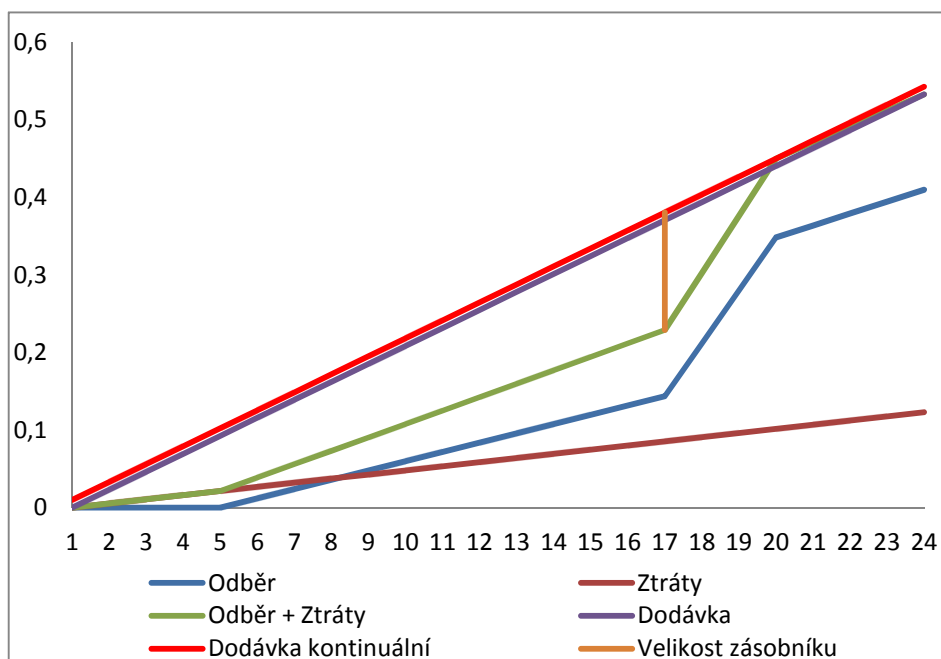
$E = 27,89 \text{ kWh}$

Příkon ohřivače

$P = E /$

24h

$P = 1,16 \text{ kWh}$



3.3 Výpočet ohřevu bazénu

Součástí zadaného objektu je i zapuštěný bazén, který bude v letním období potřeba ohřát na zadanou teplotu 24 °C. Předpokládaný provoz bazénu bude od května do září (153 dnů). Velikost bazénu (š x d x h) 3,5 m x 9 m x 1,7 m.

Výpočet potřeby tepla pro ohřev bazénu

	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září
Průměrná teplota [°C]	14,8	18,2	19,7	19,1	15,2
Celkový počet dnů	153				
Průměrná denní teplota Květen – Září [°C]	17,4				
Teplotní gradient	6,6				

Teplná ztráta přestupem z vodní hladiny

$$Q_h = \alpha_{\text{celk}} * S * (t_w - t_v)$$

$\alpha_s =$	5 W/m ² .K	Sálání
$\alpha_k =$	12 W/m ² .K	Konvence
$\alpha_v =$	46,8 W/m ² .K	Vypařování
$\alpha_{\text{ost}} =$	1,9 W/m ² .K	Vedení stěnami cca 3%
$\alpha_{\text{celk}} =$	65,73792 W/m ² .K	Celková ztráta
S=	31,5 m ²	Plocha vodní hladiny
$t_w =$	24,0 °C	Teplota vody
$t_v =$	17,4 °C	Průměrná teplota vzduchu
$Q_h =$	<u>13661,5 W</u>	

Teplné zisky pohlcením slunečního záření

$$Q_z = H * Na * S$$

H=	334,0196 w/m2	Teplný tok zářením
Na=	85%	Součinitel odrazu
$Q_z =$	<u>8943,375 w</u>	

Bilance potřeby tepla ve dne (bazén v provozu) - $t_{\text{čas}} = 10\text{h}$

$$Q_{\text{den}} = (Q_h - Q_z) * t_{\text{čas}}$$

$$Q_{den} = 47,2 \text{ kWh}$$

Bilance potřeby bazén zakryt, mimo provoz - t = 14h

$$Q_{den} = (Q_h - \alpha_v * S * (t_w - t_v)) * (14)$$

$$Q_{zakryto} = 55,0 \text{ kWh}$$

Denní bilance

$$Q_{celkem} = 102,2 \text{ kWh}$$

Součinitel provozu bazénu (dovolená, nemoc, špatné počasí atd.)

$$Q_{final} = Q_{celkem} * \phi$$

$$\phi = 0,75$$

$$Q_{final} = 76,6 \text{ kWh / den}$$

Roční spotřeba tepla pro ohřev bazénu

$$Q_{bazén,rok} = 153 \text{ dní} * Q_{final}$$

$$Q_{bazén,rok} = 11728,9 \text{ kWh / rok}$$

Maximální požadovaný výkon ohřivače

Maximální výkon volen tak, aby byl schopen ohřivač hřát bazén kontinuálně při nejnižší teplotě v koupacím období $T_e = 13,7 \text{ °C}$ na minimální teplotu vody 22 °C .

$$Q_{bazén} = 9,5 \text{ kW}$$

3.4 Otopné plochy a šíření tepla do místnosti

3.4.1 Radiátory

Radiátorů existuje obrovská škála, mezi nejpoužívanější se řadí radiátory deskové a žebrové. Jednou z nejdůležitějších zásad používání radiátorů je jejich umístění. Radiátor by měl být umístěn pod oknem na vnější stěně objektu tak, aby bylo docíleno ideální cirkulace vzduchu a nedocházelo k výrazným tepelným rozdílům v zónách vytápěné místnosti.

Z hlediska kompozice zadaného objektu by bylo velice obtížné osadit radiátory tak, aby byla tato zásada dodržena. Na objektu jsou v prvním i druhém patře instalovány velkorozměrové prosklené plochy s HS portály.

Z těchto důvodů bude pravděpodobně při návrhu zvolena jiná varianta hlavních otopných těles. Radiátory budou pravděpodobně použity v místnostech, které nepředpokládají častý pobyt osob, nebo jako podpurný dohřev v koupelnách.

3.4.2 Stropní teplovodní sálavé vytápění

Stropní sálavé teplovodní vytápění funguje na principu předávání tepla radiací. Stropní panely, které jsou umístěné na stropě, vyzařují tepelnou energii směrem dolů přímo k odběrateli. Sálavé teplo je bráno jako velice příjemné a přirozené.

Díky nízkým spádovým teplotám přenosového média je systém ekonomicky velice výhodný.

Z důvodu předpokládaného vedení VZT potrubí ve stropním pohledu bude pravděpodobně výhodnější zvolit jinou variantu otopného systému tak, aby bylo předem předcházeno možným kolizím a ovlivňování teploty přiváděného vzduchu.

3.4.3 Teplovodní podlahové vytápění

Teplovodní podlahové vytápění je velice komfortní řešení. Největší výhodou tohoto systému je rovnoměrné rozložení teploty v místnosti, a to jak horizontální, tak i vertikální. V současnosti je to jeden z nejlepších způsobů, jak docílit rovnoměrné teploty v objektu.

Díky poměrně malým spádovým teplotám je podlahové topení velice ekonomické a eliminují se tak tepelné ztráty na vedení. Oproti klasickým radiátorovým otopným plochám se dá dle technických listů výrobců ušetřit reálně až 10 % paliva pro přípravu tepla.

Velikou výhodou je také fakt, že podlahové topení nezabírá a nenarušuje prostory interiéru.

Velkým negativem ovšem zůstává komplikovaná oprava případného defektu vzniklého během let provozování. Z hlediska zabudování otopných hadic přímo do tuhého podlahového lože je přístup velice komplikovaný a bez destruktivní metody většinou nelze opravu provést.

3.4.4 Výběr varianty otopné plochy

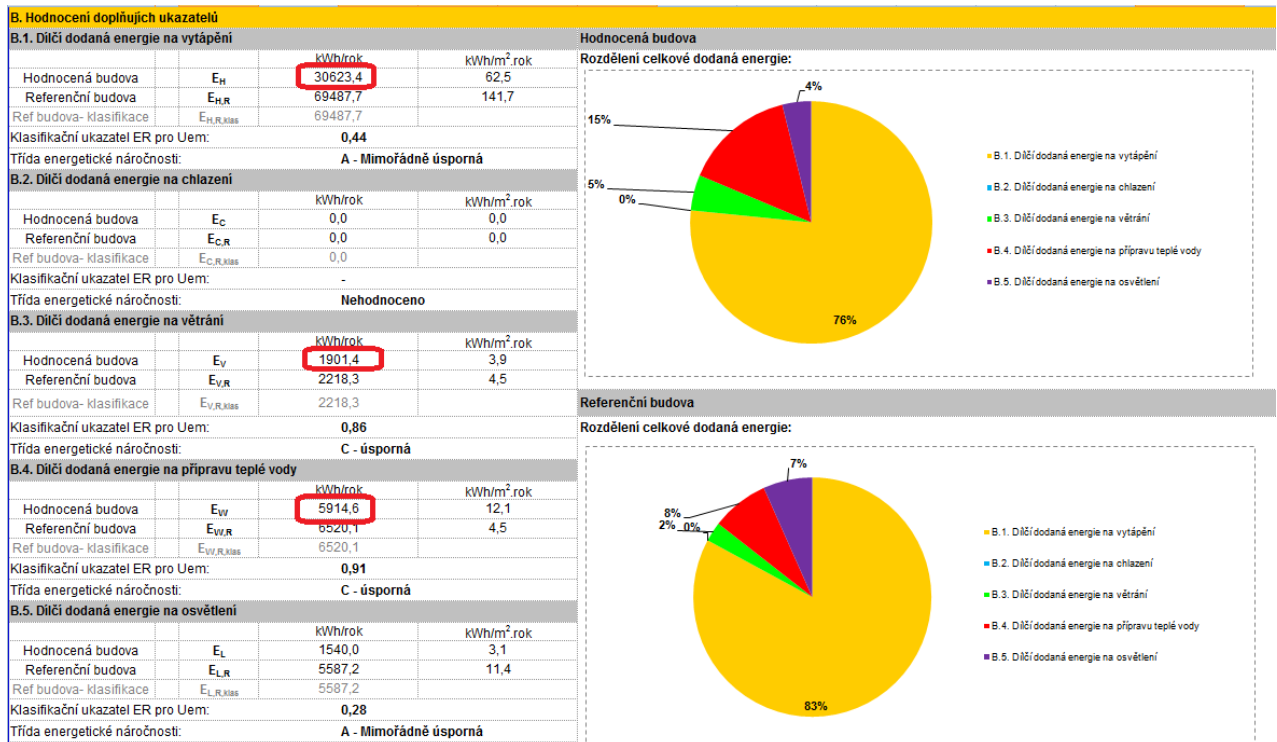
Nejdůležitějším kritériem pro výběr systému v zadaném objektu je možnost umístění otopných ploch, z důvodu obtížného umístění radiátorů bude vhodnější variantou podlahové či stropní topení. Neméně důležitým kritériem se stává i pohodlí a pocitová pohoda uživatele objektu. V tomto případě bude vhodnější variantou podlahové topení, které je schopné lépe docílit rovnoměrné teploty v objektu. V neposlední řadě bude výhodnější zvolit podlahové vytápění z důvodu eliminace možných kolizí s VZT zařízením.

Při dalším návrhu komponentů vytápění bude tedy uvažováno s teplovodním podlahovým topením jakožto hlavní otopnou plochou v místnostech určených pro pobyt osob. V prostorách s malou tepelnou ztrátou bude pravděpodobně navržen nízkospádový konvektor. Technické místnosti, popřípadě sklady, budou dle potřeb vytápěny pomocí radiátorů.

3.5 Potřeba energie

3.5.1 Roční potřeba energie

Pro účely bakalářské práce byl použit program „Národní kalkulační nástroj v3.05“ (dále jen NKN), který je schopen po zadání vstupních parametrů vypočítat roční potřebu energie s ohledem na ohřev TUV, větrání a vytápění. Program zohledňuje veškeré tepelné zisky a ztráty a simuluje tak typické chování budovy. Hodnoty vypočítané NKN se mohou lišit od hodnot vypočítaných v předchozích kapitolách z důvodu zohledňování ztrát na vedení a přísunu energie od osob, slunečního záření a dalších.



Tab. 9a Potřeba energie na provoz budovy dle programu NKN

Mimo hodnoty vypočtené NKN bude třeba do energetické bilance zahrnout také roční potřebu tepla pro ohřev bazénového tělesa.

Vypočítaná spotřeba energie			
Vypočtená spotřeba energie na ohřátí bazénu	Q _{bazén,rok}	kWh/rok	11729

Tab. 9b Potřeba energie na ohřev bazénu

Souhrn roční potřeby energie na provoz budovy

Popis	Označení	Potřebná energie	Mj
Ohřev vzduchu	Q _p	1901,4	kWh/rok
Příprava teplé vody	Q _{tuv}	5914,6	kWh/rok
Vytápění	Q _H	30623,4	kWh/rok
Ohřev bazénu	Q _{Bazén}	11729	kWh/rok

Tab. 10 Souhrn roční potřeby energie

3.6 Výkon zdrojů tepelné energie

Souhrn maximálních požadovaných výkonů

Popis	Označení	Požadovaný výkon	Mj
Ohřev vzduchu	Q_p	0,74	kW
Příprava teplé vody	Q_{tuv}	1,2	kW
Vytápění	Q_H	8,5	kW
Ohřev bazénu	$Q_{Bazén}$	9,5	kW

Orientační výpočet dimenze zdroje tepla - podklad pro ekonomickou bilanci

- Zimní období

$$Q_{total,zima} = Q_p + Q_{tuv} + Q_H$$

$$Q_{total,zima} = 10,4 \text{ kW}$$

- Letní období

$$Q_{total,léto} = Q_{tuv} + Q_{Bazén}$$

$$Q_{total,léto} = 10,7 \text{ kW}$$

Pro zvolenou budovu bude pro bilanci nákladů počítáno s přibližným maximálním výkonem zdroje tepla 10,7 kW

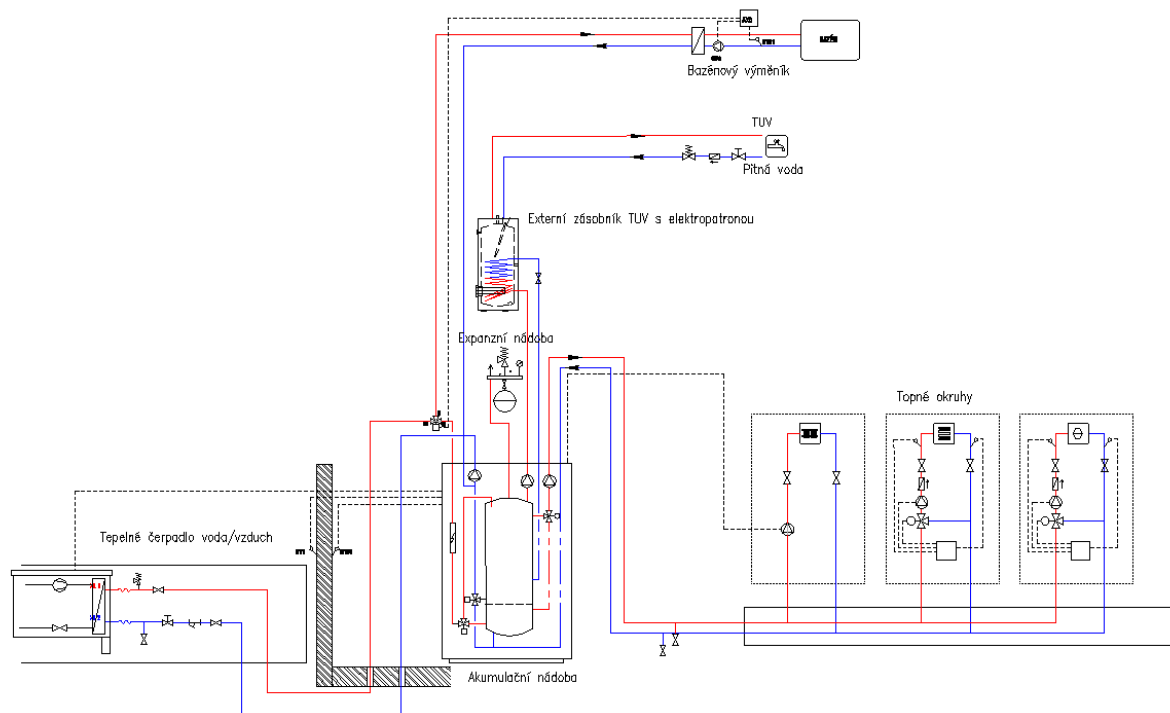
3.7 Možné systémy přípravy tepla

3.7.1 Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Tepelné čerpadlo (TČ) je jednou z nejefektivnějších možností výroby tepelné energie pro menší objekty. Chladivo tepelného čerpadla se vlivem nízké teploty při styku s okolním vzduchem vypařuje a dostává se do plynného stavu, který je následně stlačen kompresorem a díky zákonům termodynamiky se jeho teplota zvýší. Ohřáté chladivo pak dále předává svoji energii topnému médiu. Díky tomuto faktu je možné docílit velice dobrého poměru mezi dodanou elektrickou energií a produkcí tepelné energie. Tomuto poměru se říká topný faktor neboli COP.

Pro zadaný objekt bude třeba uvažovat s akumulací nádrží z důvodu plynulosti chodu tepelného čerpadla. Tepelné čerpadlo se nejvíce opotřebovává při častém spínání. V ideálním případě by mělo tepelné čerpadlo pracovat co nejdéle a poté být co nejdéle nečinné, aby nebyl kompresor přetěžován.

Při použití tepelného čerpadla se předpokládá poměrně nízká teplota topného média, proto bude potřeba do systému implementovat tepelný zásobník pro TUV s dohřevem. Mimo hlavní zdroj tepelné energie je třeba mít v objektu i bivalentní zdroj, který bude schopen převzít veškerý výkon při velice nízkých teplotách venkovního vzduchu či poruše TČ. Přibližné schéma zapojení TČ, akumulací nádrže, ohřevu TVU a vytápění viz Obr. 1.



Obr. 1 - Schéma kotelny s tepelným čerpadlem vzduch/voda

3.7.1.1 Ekonomická bilance

Z Tabulky 10 je možno vyčíst roční potřebu energie na vytápění, ohřev TUV a ohřev bazénu. Po výpočtu tepelného výkonu pro ohřev je možné utvořit ekonomickou bilanci této varianty. Pro výpočet ekonomické bilance bude počítáno s variantou podlahového topení a tepelného čerpadla s topným faktorem COP3. Dále je počítáno s akumulací nádrží o objemu cca 500 l. Cena energie bude brána jako vážená cena VT a NT. V tomto případě bude přibližná cena elektrické energie (tarif D57d) 2,35 Kč/kWh. Tepelné čerpadlo nebude schopné převzít 100 % dodávky tepelné energie. V zimních obdobích bude tepelný faktor nižší, nebo nebude tepelné čerpadlo schopno dodávat dokonce žádný výkon. Pro tento případ bude objekt vybaven bivalentním elektrickým dohřevem. Pro ekonomickou bilanci je počítáno s faktem, že tepelné čerpadlo připraví 85 % celkové tepelné energie na vytápění, 75 % energie pro ohřev TUV a 100 % energie pro ohřev bazénu. Po 10ti až 15ti letech je třeba provést generální údržbu tepelného čerpadla. Výsledné finanční nároky jsou vztaženy k čisté současné hodnotě peněz (míra roční inflace ČR je 1 %) a k průměrnému 5% ročnímu zdražování energií. Životnost TČ je s přihlédnutím na generální údržbu stanovena na 20 let.

	Realizace	1. rok	5 let	10 let	15 let	20 let
Pořizovací náklady zdroje	140 000 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	80 000 Kč	0 Kč
Pořizovací náklady připojení	80 000 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Pořizovací náklady komponentů a regulace	65 000 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Provozní náklady a paušální poplatek		2 444 Kč	13 237 Kč	29 343 Kč	48 938 Kč	72 778 Kč
Ohřev TČ COP 3		35 691 Kč	193 316 Kč	428 515 Kč	714 670 Kč	1 062 821 Kč
Bivalentní dohřev		15 537 Kč	84 156 Kč	186 544 Kč	311 115 Kč	462 674 Kč
Roční náklady celkem	285 000 Kč	53 673 Kč	290 709 Kč	644 401 Kč	1 154 722 Kč	1 598 273 Kč

Tab. 11 - Ekonomická bilance vytápění tepelným čerpadlem

3.7.1.2 Výhody a nevýhody

Výhody:

- Nízké náklady na přípravu tepelné energie, při dobrém topném faktoru tepelného čerpadla se dá ušetřit výrazná suma nákladů na vytápění
- Tarifová sazba D57d pro domy s tepelnými čerpadly má výrazně nižší průměrné ceny za kWh elektrické energie než ostatní sazby. V tomto případě uživatel objektu ušetří i značnou sumu za běžný provoz spotřebičů v domácnosti
- Při srovnatelné ceně za kWh energie je tepelné čerpadlo na rozdíl od kotlů na tuhá paliva bezobslužné
- Tepelné čerpadlo je ekologické ke svému okolí, během generování tepelné energie neznečišťuje životní prostředí

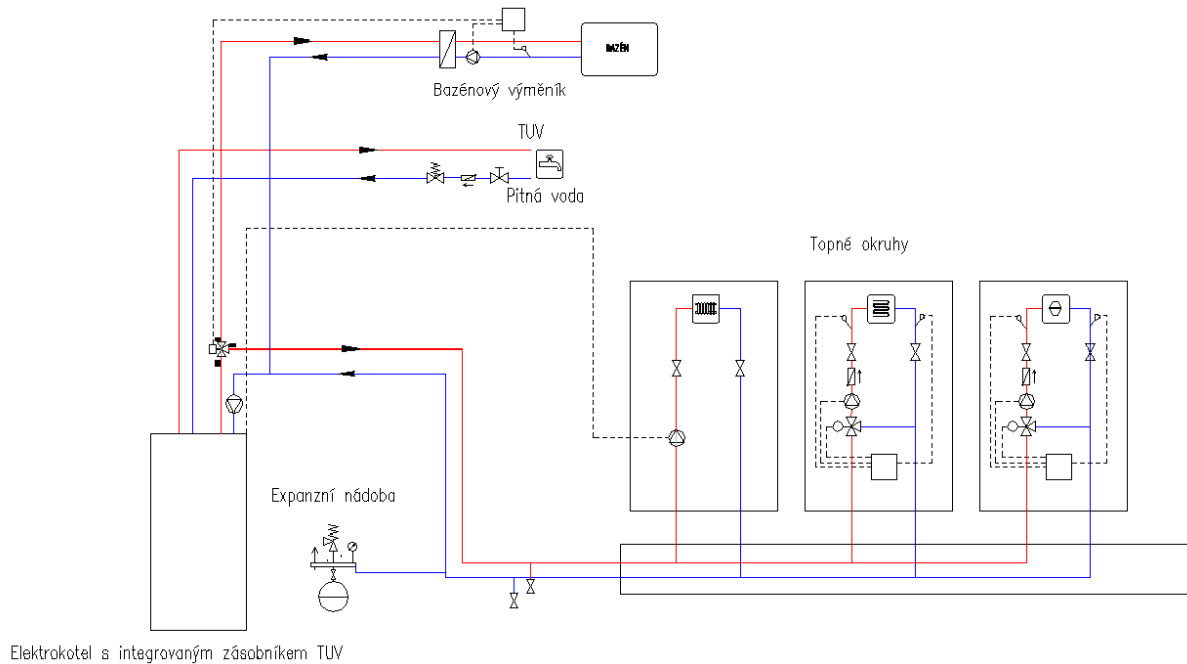
Nevýhody

- Vyšší pořizovací cena, cena je většinou ekvivalentní k topnému faktoru čerpadla a jeho kvalitě
- Tepelné čerpadlo generuje hluk, zejména u letního provozu tepelného čerpadla z důvodu ohřevu TUV a bazénu může být čerpadlo rušivým elementem při pobytu osob na zahradě
- Pro správný chod tepelného čerpadla je třeba správně volit jednotlivé komponenty otopné soustavy a ohřevu TUV. To vyžaduje větší investici do studie a projektové dokumentace. Při neodborném návrhu riskuje investor neefektivnost systému
- Poměrně vysoká poruchovost a případná nákladná oprava. Tato teze je samozřejmě založena na obecnosti tepelných čerpadel a nezohledňuje kvalitnější a méně kvalitní typy a výrobce

3.7.2 Elektrokotel

Mezi nejjednodušší přípravu tepla pro rodinné domy patří možnost použití přímé přeměny elektrické energie na energii tepelnou. Při tomto systému je většinou použit jeden elektrokotel, který dodává teplou vodu do otopného systému a na přípravu TUV.

Díky rozložení cen elektrické energie na nízký a vysoký tarif je pro takto velký objekt s bazénem potřeba docílit minimálního využívání VT. Přibližné schéma zapojení elektrokotle s integrovaným zásobníkem TUV, ohřevu bazénu a vytápění viz Obr. 2.



Obr. 2 - Schéma kotelny s elektrokotlem

3.7.2.1 Ekonomická bilance

Z Tabulky 10 je možno vyčíst roční potřebu energie na vytápění, ohřev TUV a ohřev bazénu. Po výpočtu tepelného výkonu pro ohřev je možné utvořit ekonomickou bilanci této varianty. Pro výpočet ekonomické bilance bude počítáno s variantou podlahového topení a elektrokotle s účinností 98 %. Cena energie bude brána jako průměrná s přihlédnutím k možnosti řízení elektrokotle pomocí HDO spínače. V tomto případě bude přibližná cena elektrické energie (tarif D26d) 2,3 Kč/kWh. Životnost elektrokotle je stanovena na 20 let. Výsledné finanční nároky jsou vztaheny k čisté současné hodnotě peněz (míra roční inflace ČR je 1 %) a k průměrnému 5% ročnímu zdražování energií.

Popis	Realizace	1. rok	5 let	10 let	15 let	20 let
Pořizovací náklady zdroje	22 000 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Pořizovací náklady připojení	3 500 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Pořizovací náklady ostatních komponentů	10 000 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Provozní náklady	0 Kč	437 Kč	2 366 Kč	5 244 Kč	8 746 Kč	13 007 Kč
Ohřev elektrokotlem	0 Kč	122 452 Kč	663 239 Kč	1 470 170 Kč	2 451 925 Kč	3 646 381 Kč
Roční náklady celkem	35 500 Kč	122 889 Kč	665 605 Kč	1 475 414 Kč	2 460 672 Kč	3 659 388 Kč

Tab. 12 - Ekonomická bilance vytápění elektrokotlem

3.7.2.2 Výhody a nevýhody

Výhody:

- Elektrokotel se dá snadno instalovat a pro realizaci není nutná rozšiřující projektová dokumentace
- Velice nízké pořizovací náklady
- Poměrně nízká poruchovost a dlouhá životnost, při poruše zařízení bývá oprava velice rychlá a nenákladná
- Přívod elektrické energie do objektu je běžná záležitost

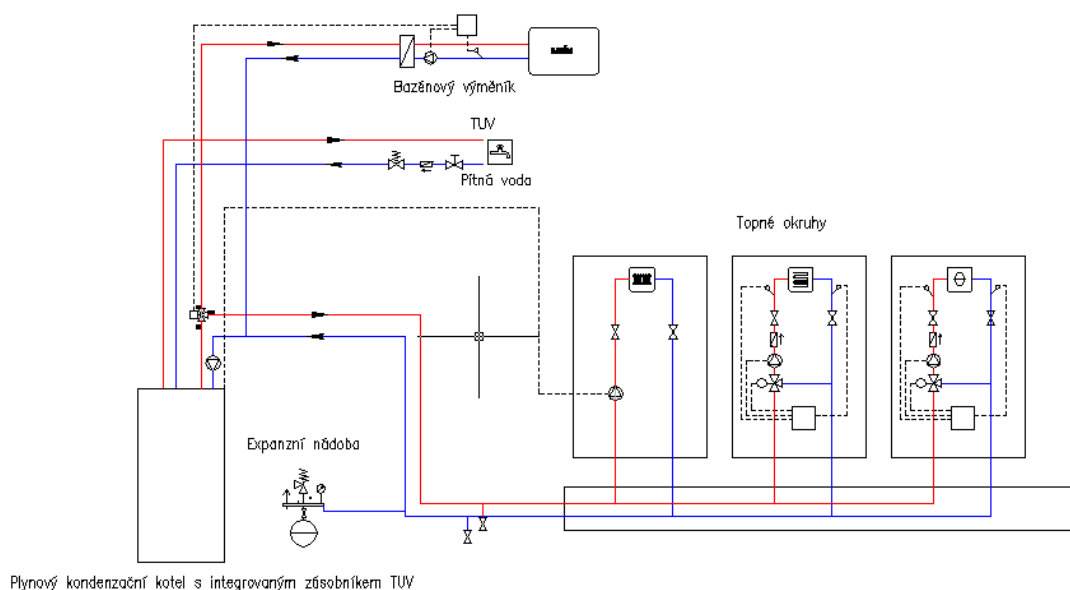
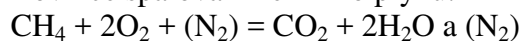
Nevýhody

- Levné pořizovací náklady jsou neekvivalentně vyvážené nákladným provozem. Jedná se téměř o nejdražší možnou variantu vytápění.

3.7.3 Kondenzační plynový kotel

„Při spalování zemního plynu (metanu CH_4) nebo propanu (C_3H_8) vzniká určité množství vody. Hořením dochází k jejímu ohřevu. Ta pak v podobě vodní páry spolu s oxidem uhličitým tvoří spaliny hoření a odchází. Tepelné spaliny s sebou nesou část skryté tepelné energie, tzv. latentní teplo. Pokud tyto spaliny ochladíme pod teplotu jejich rosného bodu, dojde ke změně skupenství - kondenzaci obsažené vodní páry a k následnému uvolnění tohoto tepla. V kondenzačním kotli se takto uvolněná energie pomocí výměníku využívá k předehřevu vratné vody.“ [7]

Rovnice spalování zemního plynu:



Obr. 3 - Schéma kotelny s plynovým kondenzačním kotlem

3.7.3.1 Ekonomická bilance

Z Tabulky 10 je možno vyčíst roční potřebu energie na vytápění, ohřev TUV a ohřev bazénu. Po výpočtu tepelného výkonu pro ohřev je možné utvořit ekonomickou bilanci této varianty. Pro výpočet ekonomické bilance bude počítáno s variantou podlahového topení a plynového kondenzačního kotle s účinností 97 %. Cena energie je brána jako průměrná cena plynu 1,3 Kč za kWh. Životnost kondenzačního kotle je stanovena na 20 let. Výsledné finanční nároky jsou vztaženy k čisté současné hodnotě peněz (míra roční inflace ČR je 1 %) a k průměrnému 5% ročnímu zdražování energií.

	Realizace	1. rok	5 let	10 let	15 let	20 let
Pořizovací náklady zdroje	45 000 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Pořizovací náklady připojení a přípojky	82 000 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Pořizovací náklady komponentů	15 000 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Provozní náklady, paušální poplatek a revize		4 985 Kč	27 001 Kč	59 851 Kč	99 819 Kč	148 446 Kč
Ohřev plynem		69 212 Kč	374 874 Kč	830 966 Kč	1 385 871 Kč	2 060 998 Kč
Roční náklady celkem	142 000 Kč	74 197 Kč	401 875 Kč	890 817 Kč	1 485 690 Kč	2 209 444 Kč

Tab. 13 - Ekonomická bilance vytápění kondenzačním plynovým kotlem

3.7.3.2 Výhody a nevýhody

Výhody:

- Nositel energie pro kondenzační kotle je plyn, který je jednou z běžných dostupných energií, která má velice přijatelné ceny
- Při srovnatelné ceně za kWh energie je plynový kondenzační kotel na rozdíl od kotlů na tuhá paliva bezobslužný
- Vysoká výhřevnost plynu je důvodem nízkého množství zplodin, které jsou nežádoucí pro životní prostředí
- Poměrně nízká poruchovost a dlouhá životnost, při poruše zařízení bývá oprava velice rychlá
- Při volbě plynového vytápění objektu je možnost připojit ostatní domácí spotřebiče na plyn. Například vaření na plynovém hořáku je úspornější a uživatelsky příjemnější

Nevýhody:

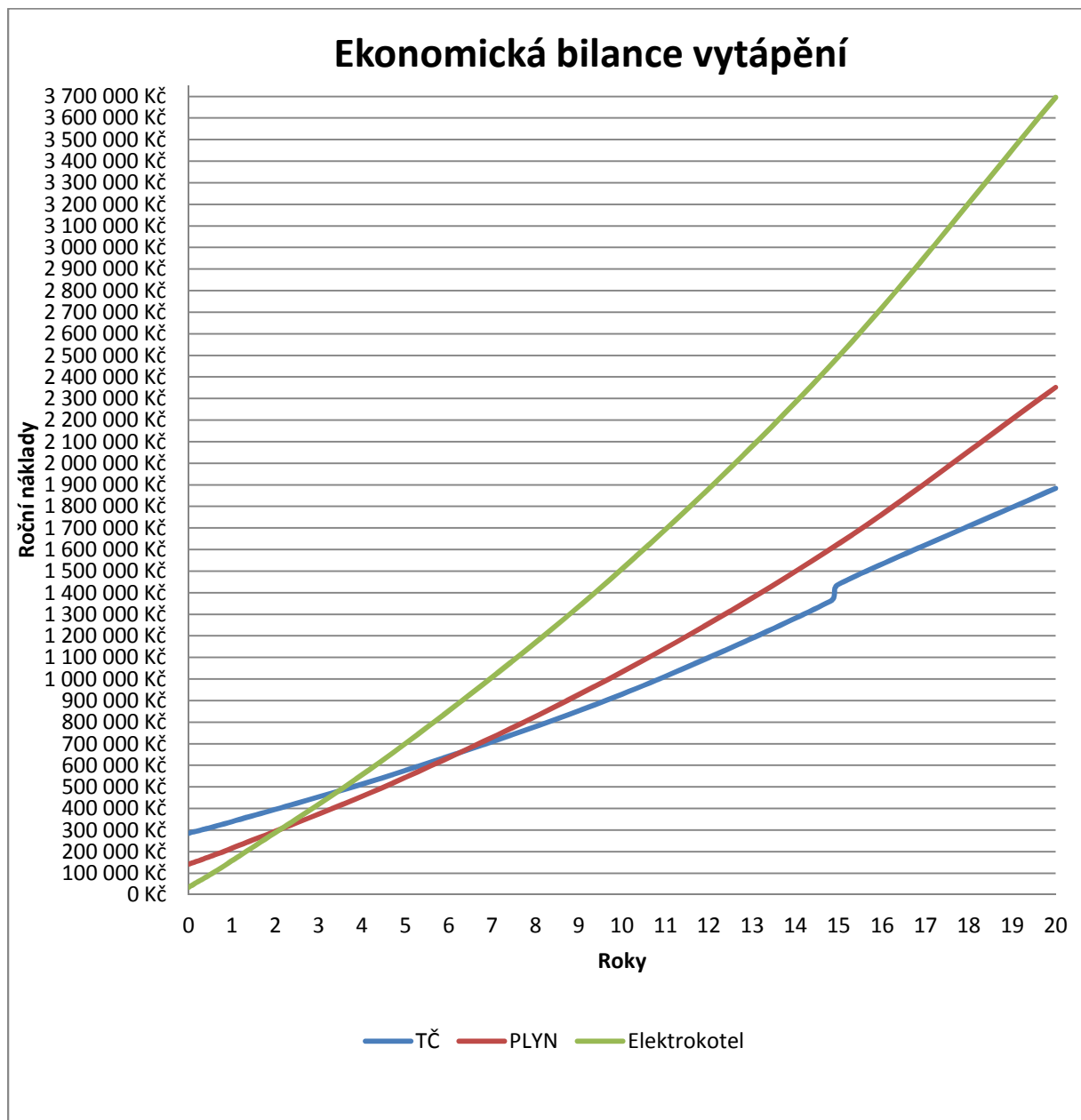
- Plynová přípojka do objektu vyžaduje nemalé pořizovací náklady. Mimo nákladů na realizaci je potřeba vypracovat rozšiřující projektovou dokumentaci a uhradit náklady za revizi vedení
- Plynová přípojka není součástí každé stavební parcely

- Vytápění plynem je zatíženo požadavkem na revize zařízení, což přináší další náklady a starosti
- Pro chod plynového kotle je třeba vybudovat odkouření

3.8 Výběr varianty

3.8.1 Ekonomické posouzení

Dle vypočtených hodnot ekonomických bilancí jednotlivých typů vytápění je vytvořen graf ekonomické bilance variant vytápění.



Graf 2 – Ekonomická bilance vytápění

Z grafu a vypočtených hodnot je zřetelné, že byt' je pořizovací cena funkčních celků vytápění rozdílná, tak platí, že investice je úměrná ročním nákladů. Pořizovací náklady elektrokotle jsou oproti ostatním systémům téměř nulové, nicméně roční náklady jsou výrazné. Při zvolených parametrech bude elektrokotel schopen konkurovat vytápění plynem pouze 2,5 roku a posléze již jeho provozní náklady budou pouze prohlubovat ztrátu. Z tohoto faktu můžeme říci, že investice do kondenzačního plynového kotle bude navržena zhruba za 2,5 roku.

Byť jsou pořizovací náklady tepelného čerpadla nejvyšší ze zvoleného spektra systémů, tak roční náklady na provoz jsou nižší než provoz plynového kondenzačního kotle a elektrokotle. Prostá doba návratnosti tepelného čerpadla je vypočtena na cca 3,5 roku oproti elektrokotli a cca 6,5 roku oproti plynovému kondenzačnímu kotli.

Prostá doba návratnosti tepelného čerpadla 6,5 roku je velice zajímavá a z hlediska ekonomické výhodnosti je výrazný favorit. Jednoznačnou volbou z hlediska ekonomie pořízení a provozu je **tepelné čerpadlo**. Prostá doba návratnosti 6,5 let je při realizaci novostavby velice příznivá doba, která dává investorovi prostor ušetřit během dalších let provozování objektu zajímavé částky.

3.8.2 Celkové zhodnocení a výběr varianty

Hlavním kritériem pro výběr varianty bude pravděpodobně ekonomická bilance. Z hlediska provozních nákladů je příprava tepelné energie tepelným čerpadlem výrazný favorit. Mimo ekonomické bilance přípravy tepla bude výhodné zvolit tuto variantu z důvodu levnější elektrické energie sazebníku D57d.

Po studii projektové dokumentace nebylo shledáno překážek, které by bránily v realizaci systému s tepelným čerpadlem, a po zvážení veškerých kritérií bude pro zvolený objekt vypracována projektová dokumentace s tepelným čerpadlem jakožto hlavním zdrojem tepelné energie.

4 Zamyšlení

Veškeré výše uvedené výpočty a úvahy jsou brány velice konzervativně a normově. Například u nuceného větrání je dle norem uvažováno kontinuální větrání objektu 24 hodin 365 dnů v roce. V běžném provozu však většinou uživatel objektu nectí požadované objemy větraného vzduchu a nastaví si VZT jednotku tak, aby byla v provozu pouze v době, kdy je objekt obsazen osobami, což má za následek snížení nákladů a prodloužení životnosti zařízení.

Pro teplovodní vytápění byla vypočtena programem NKN dílčí dodaná energie, nicméně program pravděpodobně nezohledňuje fakt, že v běžném provozu rodinného domu nebude objekt na určitou dobu v zimním období užíván (dovolená, návštěva rodiny o svátcích atd.) a může být pouze temperován na 10 °C a větrán na minimální hodnoty, což opět ovlivňuje roční náklady na přípravu tepla.

Poslední úvaha patří vytápění bazénu. Dle mého názoru je to nejvíce konzervativní položka v celém výpočtu. Nejzásadnější otázkou je, zdali bude uživatel objektu ochoten

využívat teplý bazén při venkovní teplotě 13 °C, nebo zdali zkrátí období vytápění na běžnou koupací sezónu, kdy se teplota vzduchu bude pohybovat minimálně okolo teploty 20 °C.

I po zvážení těchto parametrů bude příprava tepla pomocí tepelného čerpadla nejvýhodnější variantou, nicméně se posune doba prosté návratnosti přibližně o 2,5 roku.

Z výše uvedených výpočtů se může zdát roční náklad na vytápění, ohřev TUV a dohřev bazénu poměrně vysoký, což je pravda, avšak pravděpodobně díky zmíněným faktům uvedeným v zamyšlení se náklady budou pohybovat v řádech desítek procent níže. Velikost ročních nákladů je také ovlivněna velikostí objektu. Objekt nepředstavuje typický malý rodinný dům.

5 Závěr

Po zvážení ekonomické bilance, výsledné proveditelnosti a uživatelské nenáročnosti byla pro zvolený rodinný dům vybrána varianta nuceného rovnotlakého větrání s rekuperací tepla. Za stejných kritérií byl jakožto hlavní zdroj tepelné energie zvoleno tepelné čerpadlo voda vzduch s kombinací bivalentního elektrického zdroje.

Z prostorové dispozice vyplývá jako nejefektivnější varianta volba dvou VZT jednotek s téměř totožnými parametry. Přívod vzduchu bude orientován do místností určených pro pobyt osob, kdežto odvod vzduchu bude situován do místností toalet, umýváren, koupelen a jiných místností s nadměrnou produkcí škodlivin. VZT jednotka bude vybavena rekuperátorem o minimální účinnosti 90 % a k ohřevu vzduchu bude použit teplovodní ohřívač.

K vytápění objektu bude tedy využito energie z tepelného čerpadla. Díky pracovním diagramům tepelných čerpadel je očekávaná maximální teplota systému 45 °C. Z tohoto a dalších důvodů je zvoleno podlahové vytápění jakožto hlavní otopná plocha. Podlahové vytápění bude podpořeno deskovými či trubkovými otopnými plochami v koupelnách a místnostech nepřímo určených pro pobyt osob. V ložnicích 2. NP budou díky velice nízkým tepelným ztrátám zvoleny nízkospádové konvektory. Celý systém by měl být navržen tak, aby byla možná regulace a řízení dle ekvitermní křivky.

Pro výše zmíněný popis větrání a vytápění zadaného objektu je vypracována projektová dokumentace.

6 Seznam literatury a použitých zdrojů

- [1] ČSN EN 15665. *ČSN EN 15665/Z1: Požadavky na větrání obytných budov*. 2009. Český normalizační institut, 2005.
- [2] JOKL, Miloslav. Tab. 1 Požadavky na větrání obytných budov. In: *Tzb-info.cz* [online]. [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>
- [3] *Vyhláška č. 194/2007 Sb.: Pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody*. In: . Praha, 2007, číslo 194.
- [4] ČSN EN 12831. *ČSN EN 1283: Tepelné soustavy v budovách*. Březen 2005. Český normalizační institut, 2005.
- [5] ČSN 06 0210. *ČSN 06 0210: VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT BUDOV PŘI ÚSTŘEDNÍM VYTÁPĚNÍ*. Květen 1994. Praha: Český normalizační institut, 1993, 1994.
- [6] MATHAUSEROVÁ, Zuzana. Tab. 8 Požadavky na vnitřní prostředí obytných budov. In: *Tzb-info.cz* [online]. 2013 [cit. 2017-03-23]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>
- [7] FUČÍK, Zdeněk. *Stručná teorie kondenzace u kondenzačních plynových kotlů* [online]. 2004 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kondenzace/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>
- [8] *Korado* [online]. Dostupné také z: <https://www.korado.cz>
- [9] *NIBE* [online]. Dostupné také z: <http://www.nibe.cz/cs>
- [10] PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. Bratislava: Jaga, 2005, 2005. ISBN 80-807-6020-9.
- [11] *Atrea s.r.o* [online]. Dostupné také z: <http://www.atrea.cz/>
- [12] *Rehau* [online]. Dostupné také z: <https://www.rehau.com>
- [13] *Tzb-info.cz* [online]. Dostupné také z: <http://www.tzb-info.cz/>
- [14] BAŠTA, Jiří a Karel KABELE. *Otopné soustavy teplovodní (sešit projektanta č. 1)*. 2008. STP - Společnost pro techniku prostředí, 2008.

7 Přílohy

Část	Označení	Popis
VZT	V0	Vzduchové výkony, VZT zařízení 1 a 2
VZT	V1	Technické výpočty - VZT zařízení 1, 2, 3 a 4
VZT	1	Půdorys 1. NP - VZT
VZT	2	Půdorys 2. NP - VZT
VZT	3	Půdorys střechy - VZT
VZT	4	Vzduchotechnické schéma
VZT	5	Detaily VZT
VZT	TZVZT1	Technická zpráva VZT zařízení 1, 2, 3 a 4
Vytápění	H0	Tepelné ztráty po místnostech
Vytápění	H1	Technické výpočty - Vytápění
Vytápění	1	Půdorys 1. NP - Vytápění
Vytápění	2	Půdorys 2. NP - Vytápění
Vytápění	3	Půdorys 1. NP - Podlahové vytápění
Vytápění	4	Půdorys 2. NP - Podlahové vytápění
Vytápění	5	Schéma vytápění
Vytápění	6	Kotelna
Vytápění	TZVYT1	Technická zpráva vytápění