



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

VYTÁPĚNÍ PANELOVÉHO DOMU TEPELNÝM ČERPADLEM

BLOCK OF FLAT HEATING USING HEAT PUMP

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MILAN ŠMARDÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ HEJČÍK, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Milan Šmarda

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Technika prostředí (2301T024)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Vytápění panelového domu tepelným čerpadlem

v anglickém jazyce:

Block of Flat heating using heat pump

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Náklady na vytápění bytů jsou v případě dálkového vytápění nejvyšší položkou v nákladech na bydlení. Není tedy divu, že se celá řada společenství vlastníků bytů snaží o nalezení levnějšího způsobu vytápění jimi vlastněných nemovitostí. Trendem posledních let je náhrada dálkového vytápění za vytápění pomocí tepelných čerpadel.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je navrhnout systém vytápění panelového domu pomocí tepelných čerpadel a určit maximální investiční náklady, při kterých je tento způsob vytápění ekonomicky výhodný.

Seznam odborné literatury:

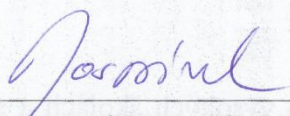
- [1] ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu. Praha: ČNI, 2005
- [2] ČSN 73 0540. Tepelná ochrana budov. Praha: ČNI, 2007.
- [3] www.tzb-info.cz

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Hejčík, Ph.D.

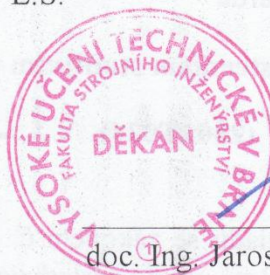
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně dne 3. 11. 2014

L.S.



doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá změnou zdroje tepla pro bytový dům za účelem snížení nákladů na vytápění. V práci jsou uvedeny výpočty související s energetickými požadavky domu, a to jak na vytápění, tak na ohřev teplé vody.

Na základě těchto požadavků je navrženo několik variant vytápění domu s využitím tepelných čerpadel. Jednotlivé varianty jsou porovnány se stávajícími provozními náklady a vyčísleny potenciální možnosti úspor nákladů na vytápění a maximální výše investičních nákladů.

ABSTRAKT

Diploma thesis deals with change of heating source for a block of flats with aim to reduce heating costs. Thesis contains calculations of energy requirements of house, including requirements for heating and domestic hot water preparation.

Several ways of heating by a heat pump were designed based on the calculated values. Each variant of the designed heating system is compared with current operational costs. Possible cost economies and maximum value of investment costs of the heating system were assessed.

KLÍČOVÁ SLOVA

Tepelné čerpadlo, bivalentní zdroj, vytápění, ohřev vody, tepelné ztráty, investiční náklady, provozní náklady

KEY WORDS

Heat pump, bivalent source, heating, domestic hot water preparation, heat losses, investment costs, operating costs

Prohlášení o originalitě

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma vytápění panelového domu tepelným čerpadlem vypracoval sám, bez cizí pomoci. Pouze za pomoci odborné literatury a dalších podkladů uvedených v seznamu použité literatury.

.....

Milan Šmarda

Bibliografická citace

ŠMARDA, M. *Vytápění panelového domu tepelným čerpadlem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 55 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Hejčík, Ph.D.

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce ing. Jiřímu Hejčíkovi, Ph.D. za poskytnuté rady a materiály, jež mi byly velice nápomocny v průběhu celé práce.

Obsah

ABSTRAKT	5
KLÍČOVÁ SLOVA	5
Prohlášení o originalitě	7
Bibliografická citace	7
Poděkování	9
Obsah	11
1 Úvod	13
2 Popis bytového domu Popelákova	15
2.1 Obvodový plášť	16
2.1.1 Nadzemní obvodové zdivo	16
2.1.2 Zdivo pod úrovní terénu	16
2.2 Střecha	16
2.3 Nejnížší podlaha	17
3 Výpočet tepelných ztrát	18
3.1 Ztráta prostupem	18
3.1.1 Ztráta z vytápěné místnosti do venkovního prostředí	18
3.1.2 Ztráta z vytápěné místnosti do nevytápěného prostoru	19
3.1.3 Ztráta z vytápěné místnosti do vytápěného prostoru	19
3.1.4 Ztráta z vytápěné místnosti do zeminy	20
3.2 Ztráta větráním	20
3.3 Celková tepelná ztráta	21
3.4 Vyhodnocení stavu objektu	22
4 Objem teplé vody	25
4.1 Výpočet velikosti zásobníku na teplou vodu	25
4.1.1 Výpočet potřeby tepla na přípravu TV	26
4.1.2 Pro celý kalendářní rok:	26
4.2 Stanovení křivky odběru a dodávky tepla	27
4.2.1 Křivka odběru:	27
4.2.2 Ztráty tepla vedením v potrubí:	27
4.2.3 křivka dodávky:	28
5 Ekvitermní křivky	30
5.1 Výpočet	30
5.1.1 Tepelná ztráta Φ :	30
5.1.2 Rozdíl vstupní/výstupní teploty vody Δt :	31
5.1.3 Průměrná teplota topné vody t_m :	31

5.2 Výkon radiátorů při vypočteném teplotním spádu:.....	31
5.3 Návrh tepelného čerpadla.....	33
5.4 Porovnání TČ	34
5.5 Výběr tepelného čerpadla.....	35
5.5.1 Program pro návrh a porovnání TČ	35
5.5.2 Roční bilanční výpočet.....	37
6 Ekonomické zhodnocení	40
6.1 Náklady na otopný systém	40
6.1.1 Investiční náklady	40
6.1.2 Provozní náklady.....	40
6.1.3 Náklady na likvidaci	45
6.2 Dosažitelné úspory	46
6.3 Maximální investiční náklady	47
6.4 Možnosti realizace v bytovém domě Popelákova 10, 12.....	53
7 Závěr	55
Použitá literatura	57
Seznam příloh	59

1 Úvod

V dnešní době je trendem dbát na ekologii a snažit se získávat energii převážně z obnovitelných zdrojů, jichž je kolem nás celá řada, ať už se jedná o větrnou, solární, nebo jinou energii.

Tyto alternativní zdroje jsou považovány za velice pokrokové a v mnohých případech jsou i výhodnější pro získávání tepelné energie než prosté spalování fosilního paliva nebo dálkový rozvod tepla. Proto je k vidění stále více takovýchto zařízení na pozemcích našich sousedů, administrativních budovách i jiných objektech. Tato relativně nová zařízení si každým rokem nacházejí cestu k většímu počtu lidí díky skvělému marketingu a velké propagaci úspory energie a financí, které jsou hlavním kritériem pro přechod z jednoho systému na jiný, nový.

U tepelných čerpadel tomu není jinak. Jsou to zařízení, které zhodnocují nízkopotenciální teplo a za pomoci malého množství elektrické energie jsou schopny dodat větší množství tepelné energie, prakticky čtyřikrát více. Takto to můžeme vidět i v různých prospektech výrobců tepelných čerpadel. Dokonce i Evropská unie vydala směrnici 2010/31/EU, ve které chce do roku 2020 redukovat podíl spotřeby energie budov v zemích EU o 20 %, stejně tak jako zvýšit podíl energie z obnovitelných zdrojů na 20 % z celkového množství spotřebované energie a rovněž snížit emise skleníkových plynů alespoň o 20% oproti roku 1990.

Práce se zabývá vytápěním bytového domu na ulici Popeláková v Brně-Líšni, v němž je dálkový rozvod tepla, což je ovšem velmi nákladné. Proto jsme se jej rozhodli nahradit tepelným čerpadlem.

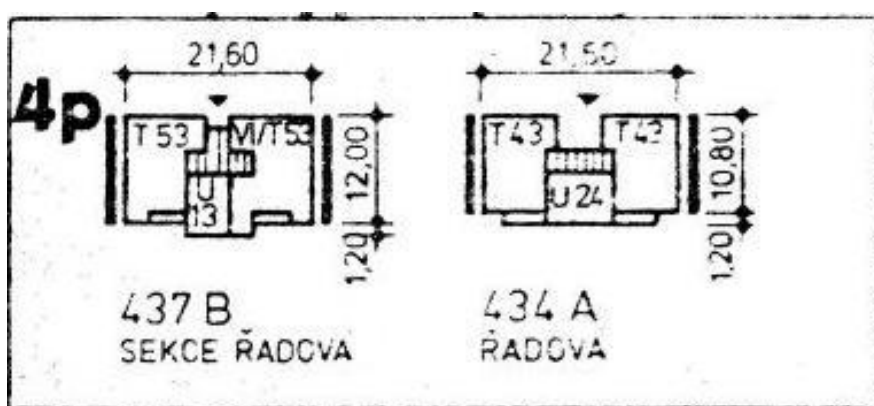
Tento způsob vytápění je udáván jako jeden z nejvíce ekonomických. A tak jsme chtěli zjistit jeho ekonomické zhodnocení oproti stávajícímu způsobu vytápění. Jestli je možné, aby se náklady na pořízení tohoto zařízení vrátili v dohledné době, popřípadě, jestli by se vrátili alespoň za dobu životnosti nebo jaké podmínky vstupních investic, budou muset být splněny, aby tato změna byla přínosem a v dlouhodobém výhledu snížila výdaje spojené s vytápěním.

2 Popis bytového domu Popelákova

Jedná se o 5 podlažní panelové domy postavené v roce 1981 v zástavbě sídliště. Soustava objektů obsahuje pouze jeden vstup tepelné energie, a to do objektu Popelákova 10. Vytápění je navrženo jako ústřední s nuceným oběhem topné vody a tepelným spádem $92,5\text{ }^{\circ}\text{C}/67,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. systém vytápění je navržen dvoutunový se spodním horizontálním rozvodem. Objekty jsou stavěny v konstrukčním stylu B70. Jednotlivé domy se od sebe liší pouze dvojím dispozičním uspořádáním suterénu a to následovně [4]:

typ B12 – suterén se skládá z bytu 2+1, kočárkárny, prádelny, sušárny, kolárny, namáčírny a ze sklepních kójí. Jedná se o č. p. 10

Typ B52 – zde má suterén stejnou skladbu, ale navíc obsahuje žehlírnu. Jedná se o č. p. 12



Obr. 1 Schéma typu bytového domu.[1]

Jednotlivé bytové celky se sestávají z:

- Suterén viz výše
- Čtyři nadzemní podlaží. V každém z nich se nachází tři (2x 4+1, 1x1+KK) byty, dohromady dvanáct.

V domě je vždy 13 bytů na vchod, dohromady tedy 26 bytových jednotek.



Obr. 2 Reálný pohled na dům Popelákova 10

2.1 Obvodový plášť

2.1.1 Nadzemní obvodové zdivo

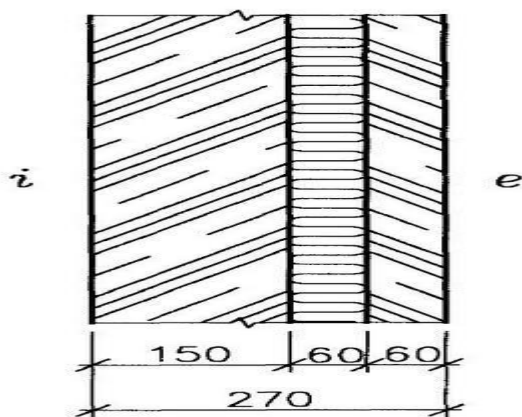
Jedná se o všechny plochy v přímém styku se vzduchem – u čelní strany je to plocha fasády pro 5 pater, ze zadní strany je to plocha fasády pouze 4 pater, dům je totiž z části zapuštěn do svahu. Dále nadzemní část bočních stěn [4].

Plášť se skládá z následujících vrstev:

- | | |
|--|--------|
| - Omítka | 20 mm |
| - Železobetonový sendvičový panel B 70 | 270 mm |

Obvodový panel typu B 70 se skládá z těchto vrstev:

- | | |
|--|--------|
| - Krycí vrstva (železobeton) | 60 mm |
| - Tepelně izolační vrstva (polystyren) | 60 mm |
| - Nosný panel (železobeton) | 150 mm |



Obr. 3 Řez betonovým panelem před zateplením domu [1]

2.1.2 Zdivo pod úrovní terénu

Jedná se o plochy, které jsou v přímém styku se zeminou – jedno patro zadní strany objektu a podzemní část bočních stěn [4].

Plášť se skládá z následujících vrstev:

- | | |
|--|--------|
| - Omítka | 20 mm |
| - Železobetonový sendvičový panel B 70 | 270 mm |
| - Nástříková hydroizolace | |

2.2 Střecha

Jedná se o jednoplášťovou plochou střechu. Nosnou konstrukci střechy tvoří stropní panely nad posledním podlažím [4].

Střecha se skládá z následujících vrstev:

- | | |
|-------------------------|-----------|
| - Omítka | 20 mm |
| - Železobetonový panel | 150 mm |
| - Spádový podsyp | 30–160 mm |
| - Izolační desky POLSID | 50 mm |
| - Ochranný posyp | 50 mm |
| - Asfaltové pásy | |



Obr. 4 Pohled na střechu objektu

2.3 Nejnižší podlaha

Nejnižší podlaha je v přímém styku se zeminou, je to podlaha prvního nadzemního podlaží a skládá se z těchto významných tepelně izolačních vrstev [4]:

- | | |
|-------------------|--------|
| - štěrkový podsyp | 400 mm |
| - podkladní beton | 100 mm |
| - nášlapná vrstva | 60 mm |

3 Výpočet tepelných ztrát

Původní tepelná ztráta budovy činila 100,62 kW pro vchod č. p. 10 a 96,19 kW pro č. p. 12 tedy dohromady 196,81 kW [7] při venkovní výpočtové teplotě -12 °C. V roce 2006 prošel dům celkovým zateplením polystyrénem o tloušťce 100 mm a jeho tepelná ztráta se tak výrazně snížila.

Naším úkolem bylo zjistit kolik je aktuální tepelná ztráta, abychom mohli navrhnout vhodné tepelné čerpadlo. Vzorový výpočet tepelných ztrát je uveden pro vytápěné schodiště nacházející se v přízemí domu s č. p. 10.

3.1 Ztráta prostupem

Prvním úkolem tedy bylo spočítání tepelných ztrát. Provedli jsme tak podle normy ČSN EN 12831.

Venkovní teplota byla vzata pro Brno s nadmořskou výškou 227 m, kde se samozřejmě dům nachází, jako hodnota -12 °C a vnitřní byla stanovena podle účelu místnosti (pokoj 20 °C, kuchyně 20 °C, toaleta 20 °C a koupelna 24 °C)

$$\Phi_{prostup} = (H_{VP} + H_{NP} + H_{vytP} + H_{ZEM}) \cdot (t_{in} - t_{out}) \quad [3] \quad (1)$$

3.1.1 Ztráta z vytápěné místnosti do venkovního prostředí

Tuto ztrátu jsme počítali jako průchod tepla přes původní konstrukci pláště domu a zateplení 100 mm tlustou vrstvou polystyrenu.

Jedině ztrátu střechou jsme si lehce zjednodušili, a to tak, že místo původního složení střechy viz výše, jsme vytvořili ekvivalentní složení střechy, kde uvažujeme její tloušťku v každém místě stejnou, odpadá tedy vyšší náročnost výpočtu prostupu tepla. Ekvivalentní střechy se uvažuje jako zcela rovná, tedy bez spádování.

Zjednodušené složení střechy je následovné:

- | | |
|-------------------------|--------|
| - Železobetonový panel | 150 mm |
| - Spádový podsyp | 50 mm |
| - Izolační desky POLSID | 110 mm |

Velikost této ztráty byla počítána podle vzorce:

$$H_{VP} = \sum_K A_K \cdot U_K \cdot e_K \quad [3] \quad (2)$$

kde A_K – plocha stavební části, U_K – součinitel prostupu tepla stavební částí, e_K – korekční činitel povětrnostních vlivů (základní hodnota součinitele je 1,0)

$$H_{VPchodba} = 0 [m^2] \cdot 0.24 \left[\frac{W}{m \cdot K^2} \right] \cdot 1 = 0 \frac{W \cdot m}{K^2}$$

Tato místnost nebude mít žádnou tepelnou ztrátu do venkovního prostředí, protože je obklopena pouze vytápěným prostorem a sklepními kóji.

3.1.2 Ztráta z vytápěné místnosti do nevytápěného prostoru

Velikost tepelné ztráty do nevytápěného prostoru je jednou z nejmenších ztrát, protože se v domě nacházelo pouze několik málo místností, které nebyly vytápěny. Tyto místnosti se nacházely v přízemním poschodí. Byly to samozřejmě sklepy a chodby ke společným užitkovým prostorům.

$$H_{NP} = \sum_K A_K \cdot U_K \cdot b_u \quad [3] \quad (3)$$

Kde b_u – teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi venkovním prostorem a návrhovou teplotou nevytápěného prostoru. Hodnota tohoto činitele byla vzata z výše uvedené normy.

$$H_{NPchodba} = A_{K,stěna} \cdot U_{K,stěna} \cdot b_u + A_{K,dveře} \cdot U_{K,dveře} \cdot b_u$$

$$H_{NPchodba} = 26,27 [m^2] \cdot 2,47 \left[\frac{W}{m \cdot K^2} \right] \cdot 0,4 + 4,8 [m^2] \cdot 1,2 \left[\frac{W}{m \cdot K^2} \right] \cdot 0,4$$

$$H_{NPchodba} = 28,3 \frac{W \cdot m}{K^2}$$

3.1.3 Ztráta z vytápěné místnosti do vytápěného prostoru

Pro obytné místnosti byla ztráta mezi vytápěnými místnostmi prakticky zanedbatelná (i když samozřejmě zanedbána nebyla), ale pro společné vytápěné schodiště představovala značný tepelný zisk. Z toho důvodu má tato místnost velmi malé nároky na vytápění. Je to způsobeno velkým rozdílem teplot oproti jiným místnostem a malou plochou stěny sousedící s venkovním prostředím. Počítali jsme s teplotou vytápěného schodiště, jež v normě ČSN EN 12831 byla uvedena 10 °C, teplotami pokojů 20 °C a teplotou v koupelně 24 °C.

$$H_{VytP} = \sum_K f_{i,j} \cdot U_K \cdot A_K \quad [3] \quad (4)$$

Kde $f_{i,j}$ – redukční teplotní činitel, který koriguje teplotní rozdíl mezi místnostmi a venkovním prostorem.

$$f_{i,j} = \frac{t_{in} - t_{sm}}{t_{in} - t_{out}} \quad [3] \quad (5)$$

Nejprve je nutno vypočítat korekční činitel mezi místnostmi, ve vzorovém výpočtu mezi chodbou a ostatními místnostmi s ní sousedící, kde t_{in} je teplota na chodbě t_{out} je teplota venkovního prostředí a t_{sm} je teplota v místnosti se kterou chodba sousedí.

$$f_{chodba,103-1} = \frac{10 - 15}{10 - (-12)} = -0,23$$

$$f_{chodba,111-1} = \frac{10 - 20}{10 - (-12)} = -0,45$$

$$f_{chodba,112-1} = \frac{10 - 24}{10 - (-12)} = -0,63$$

$$f_{chodba,105-1} = \frac{10 - 20}{10 - (-12)} = -0,45$$

$$H_{VytP} = (-0,23 \cdot 2,47 \cdot 5,36) + (-0,45 \cdot 2,47 \cdot 7,08) + (-0,63 \cdot 2,47 \cdot 5,24) +$$

$$+(-0,45 \cdot 2,47 \cdot 0,84) + (-0,23 \cdot 1,2 \cdot 0,96) + (-0,45 \cdot 1,2 \cdot 0,96)$$

$$H_{VytP} = -20,96 \frac{W \cdot m}{K^2}$$

3.1.4 Ztráta z vytápění místnosti do zeminy

Jelikož je dům částečně zapuštěný do svahu, tak jsme uvažovali různé součinitele prostupu tepla pro různé hloubky a to 0 m, 1,5 m a 3 m. Před zjištěním součinitele prostupu bylo nutné, abychom zjistili charakteristický parametr B' , který je počítán pro celou budovu jako poměr uvažované podlahové konstrukce k jejímu obvodu. Po provedení výpočtu nám vyšlo $B' = 8$. Uvažovali jsme, že byla podlaha bez izolace a pro tento druh podlahy jsme stanovili U_{equiv} pro 0 m $U = 0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$, 1,5 m $U = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$ a 3 m $U = 0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$.

$$H_{ZEM} = f_{g1} \cdot f_{g2} (\sum_K U_{equiv} \cdot A_K) \cdot G_w \quad [3] \quad (5)$$

$$H_{ZEM} = 1,45 \cdot 0,22 \cdot (0,44 \cdot 15,86) \cdot 1 = 2,25 \frac{W \cdot m}{K^2}$$

Celková ztráta prostupem, jak bylo uvedeno výše, se bude rovnat:

$$\Phi_{prostup} = (H_{VP} + H_{NP} + H_{vytP} + H_{ZEM}) \cdot (t_{in} - t_{out}) \quad [3] \quad (6)$$

$$\Phi_{prostup} = (0) + (28,3) + (-20,96) + (2,25) \cdot (10 - (-12))$$

$$\Phi_{prostup} = 9,6 \cdot 22 = 211 \text{ W}$$

3.2 Ztráta větráním

Budova není vybavena žádným klimatizačním ani větracím zařízením kromě kuchyní, kde jsou umístěny odsavače par. Z důvodu výjimečného používání kuchyňských odsavačů par, jejichž instalace v malých kuchyních není prakticky vůbec zapotřebí, protože se zde připravuje jen malé množství jídel a vzniká tedy malé množství par a škodlivin, budeme uvažovat i v kuchyních, jako ve zbylých místnostech, přirozené větrání otevřenými okny. Tepelná ztráta větráním byla počítána pro minimální hygienické množství vzduchu, které je nutno vyměňovat ve vytápěném prostoru.

$$\Phi_{větrání} = H_V \cdot (\theta_{in} - \theta_{out}) = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{min} \cdot (\theta_{in} - \theta_{out}) \quad [3] \quad (7)$$

$$\Phi_{větrání, chodba} = H_{Vchodba} \cdot (\theta_{chodba} - \theta_{out}) = 0,34 \cdot V_{chodba} \cdot n_{min} \cdot (\theta_{chodba} - \theta_{out})$$

$$H_{Vchodba} = 0,34 \cdot 44,42 \cdot 0,5 = 7,6 \frac{W \cdot m}{K^2}$$

$$\Phi_{větrání, chodba} = 7,6 \cdot (10 - (-12)) = 167 \text{ W}$$

Po získání ztrát větráním a prostupem musíme spočítat celkovou ztrátu místnosti.

3.3 Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta je součtem dílčích ztrát, jež se skládají z následujících částí dle vzorce:

$$\Phi_c = \Phi_{\text{prostup}} + \Phi_{\text{větrání}} \quad [3] \quad (8)$$

$$\Phi_{c, \text{chodba}} = 211 + 167 = 378 \text{ W}$$

Celková tepelná ztráta pro oba vchody vyšla 90 653 W. Oproti původní ztrátě 196,81 kW je to zlepšení o 46,1 %.

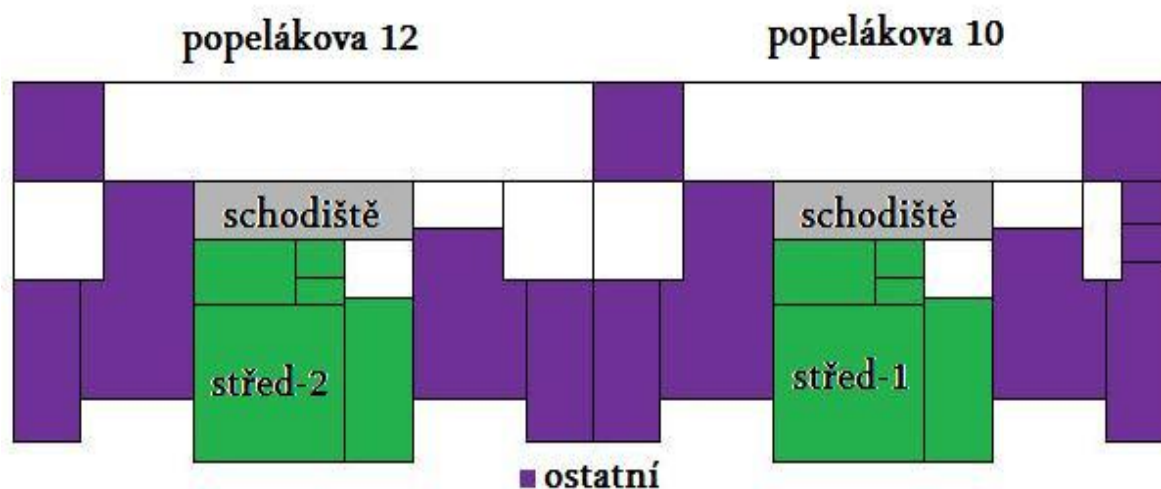
Jak bylo předpokládáno byty, jejichž poloha je uprostřed bytového celku má nižší energetické nároky než byty na kraji. Největší ztráty bytů jsou pro jednotku Popelákova 10, má přibližně o 3 % větší tepelnou ztrátu na obytné prostory. Je to způsobeno tím, že tento blok je krajní a tudíž má větší ztrátu do venkovního prostoru.

Porovnání tepelných ztrát celého domu pro jednotlivé místnosti je v následující tabulce.

Tab. 1 Tepelné ztráty jednotlivých bytů

TEPELNÉ ZTRÁTY JEDNOTLIVÝCH BYTŮ ve WATTECH										
LEVÁ ČÁST - POPELÁKOVA 12					PRAVÁ ČÁST - POPELÁKOVA 10					celkem
Levá-2	Střed-2	Pravá-2	Schody-2	Ostatní-2	Levá-1	Střed-1	Pravá-1	Schody-1	Ostatní-1	
0,0	3 066,6	0,0	378,0	5 408,4	0,0	3 066,6	0,0	378,0	3 747,9	16 045,5
4 672,3	2 078,0	4 578,3	-335,2	0,0	4 672,3	2 078,0	4 957,2	-335,2	0,0	22 365,7
2 865,1	2 078,0	3 274,6	-335,2	0,0	2 865,1	2 078,0	3 558,8	-335,2	0,0	16 049,2
2 865,1	2 078,0	3 274,6	-335,2	0,0	2 865,1	2 078,0	3 558,8	-335,2	0,0	16 049,2
3 649,1	2 399,9	4 105,8	-225,0	0,0	3 649,1	2 399,9	4 390,0	-225,0	0,0	20 143,8
celková tepelná ztráta										90 653,4

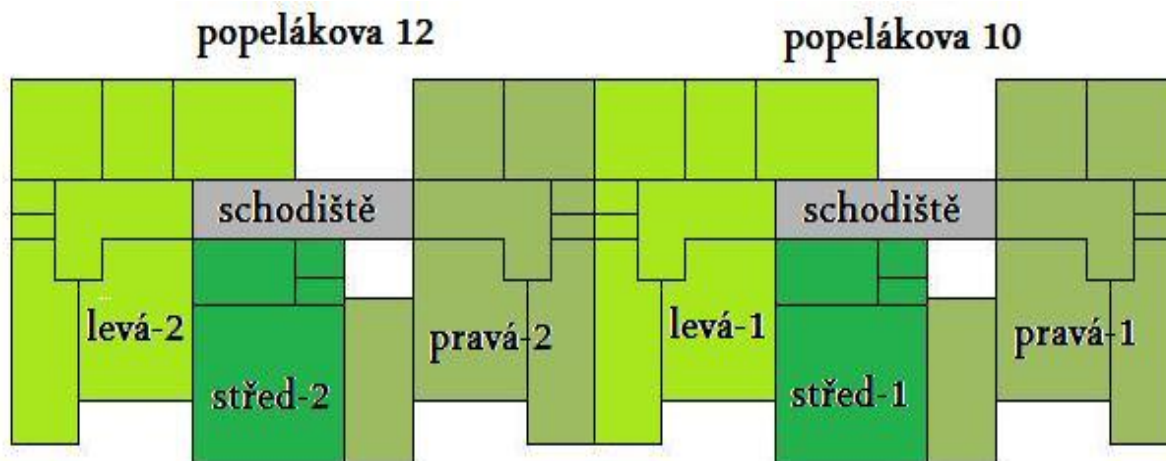
Schéma bytových částí k tabulce tepelných ztrát bytů:
Suterén:



Obr. 5 Schéma bytu pro 1. NP (suterén)

Suterén se skládá ze dvou bytů 2+KK. Oba byty jsou nazvány jako střed, jsou očíslovány podle toho, v jakém vchodě se nachází. Taktéž obsahuje vytápěné schodiště a několik vytápěných místností, určených převážně ke společnému užívání jsou to kočárkárny, kolárny aj. tyto místnosti jsou označeny jako „ostatní“. Tepelné ztráty těchto místností jsou uvedeny v tabulce tepelných ztrát, viz výše. Ostatní místnosti jako sklepní kóje, nevytápěné místnosti a chodby jsou ponechány bez označení. Tím, že neprobíhá jejich přímé vytápění, ale teplota v je v nich v závislosti na teplotě venkovního prostředí a okolních místností jejich ztráty nemusely být brány v potaz.

Patro:



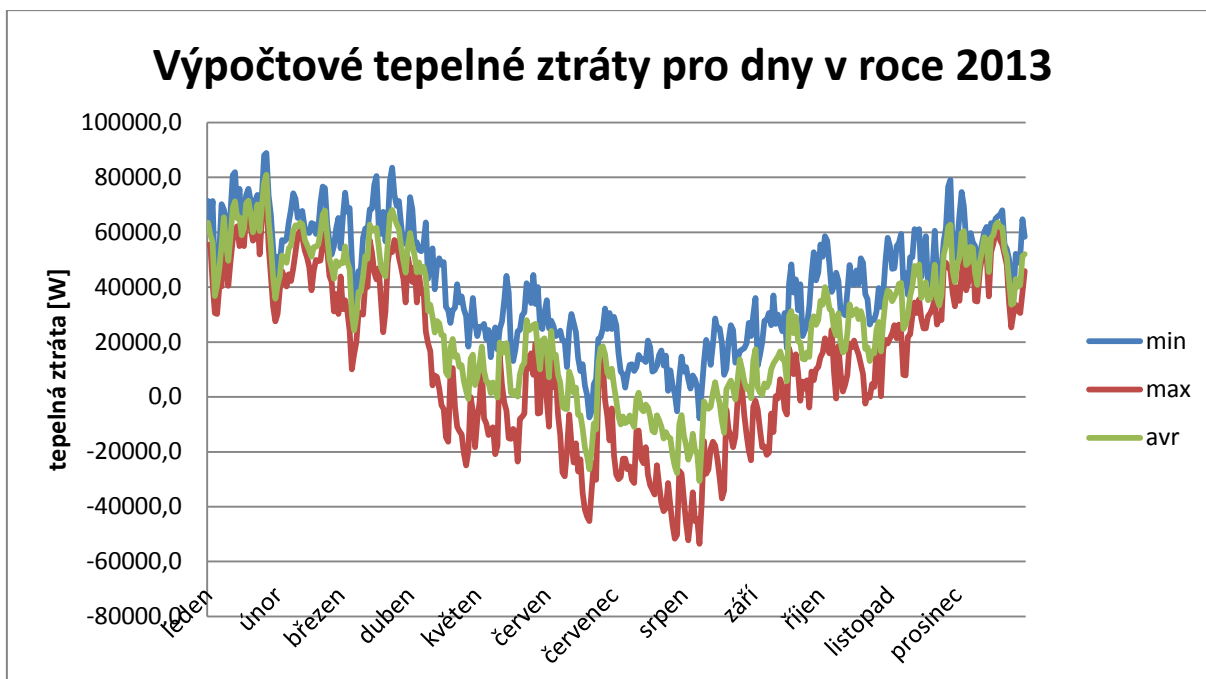
Obr. 6 Schéma bytu pro 2-4 NP

Skladba prvního patra, respektive 2. Nadzemního podlaží a každé další vyšší, je stěna pro každý vchod. Obsahuje 3 byty, byt 4+1 nazván jako levá, byt 1+KK nazván jako střed a byt 4+1 nazván jako pravá a společnou místnost se schodištěm. Těmto bytům jsou zase přiřazena čísla podle toho, ve kterém vchodě se nachází. Toto složení se neliší pro druhé až čtvrté nadzemní podlaží, z toho vycházel i výpočet tepelných ztrát mezi jednotlivými byty a úvaha, že v každém bytě se bude topit na stejnou teplotu, tedy ztráty mezi jednotlivými místnostmi (vertikálně) jak ze spodu tak z vrchu budou nulové.

3.4 Vyhodnocení stavu objektu

V následujícím grafu je vidět, jak vypadal průběh tepelných ztrát v roce 2013, graf je vytvořen z naměřených hodnot ČMÚ a tepelná ztráta dopočítána z rozdílu vnitřní a venkovní teploty. Je zde taktéž patrné, že se po většinu otopného období pohybovala průměrná tepelná ztráta (označená jako avr) pod hodnotou 60 kW.

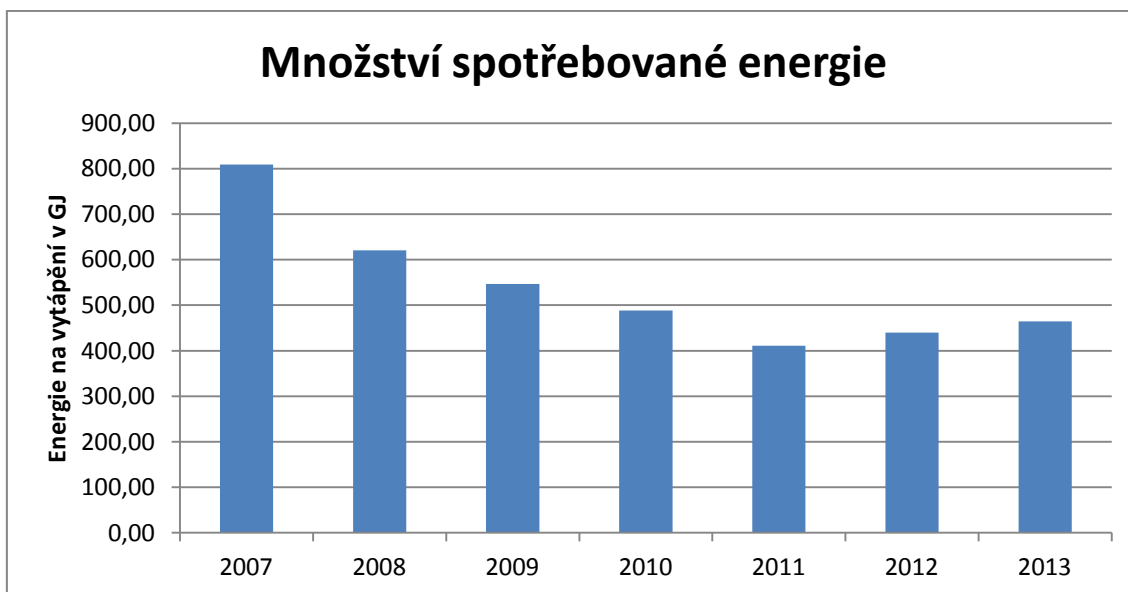
Maximální ztráta (označená jako max) je vypočtena z minimálních naměřených venkovních teplot a minimální (označená jako min) zase naopak. Bohužel není známo v kolik hodin a jak dlouho se teploty pohybovaly v blízkosti naměřených extrémů, proto nejvíc vypovídající údaj o tepelné ztrátě je pro průměrnou denní teplotu. Abychom mohli tyto údaje uznat za vypovídající, kontrolovali jsme je s dlouhodobými průměrnými měsíčními teplotami a výsledky byly téměř totožné.



Obr. 7 Výpočtové tepelné ztráty

Podle spotřeb, které byly evidovány od roku 2007 stavebním bytovým družstvem Mír [10], bylo zjištěno, že po zateplení domu výrazně klesly nároky na energii potřebnou k vytápění a to více než byly vypočteny teoretické nároky na provoz budovy.

Průměrná roční spotřeba energie potřebná k vytápění byla stanovena na 470 GJ z údajů poskytnutých od bytového družstva Mír [10] dle následujícího grafu. Od roku 2008 byl již dům zcela zateplený. Hodnota 808 GJ naměřená v roce 2007 byla způsobena dokončením zateplení, jež bylo v tu dobu pouze z jedné části objektu.



Obr. 8: Množství spotřebované energie od roku 2007 [10]

Ovšem výpočtová hodnota potřebné energie na vytápění byla spočítána na 881,4 GJ, z čehož prostup tepla činí 439,1 GJ a větrání 442,3 GJ. Tento rozdíl mezi naměřenou a vypočítanou hodnotou je způsobený především tím, že nebylo uvažováno s žádnými tepelnými zisky.

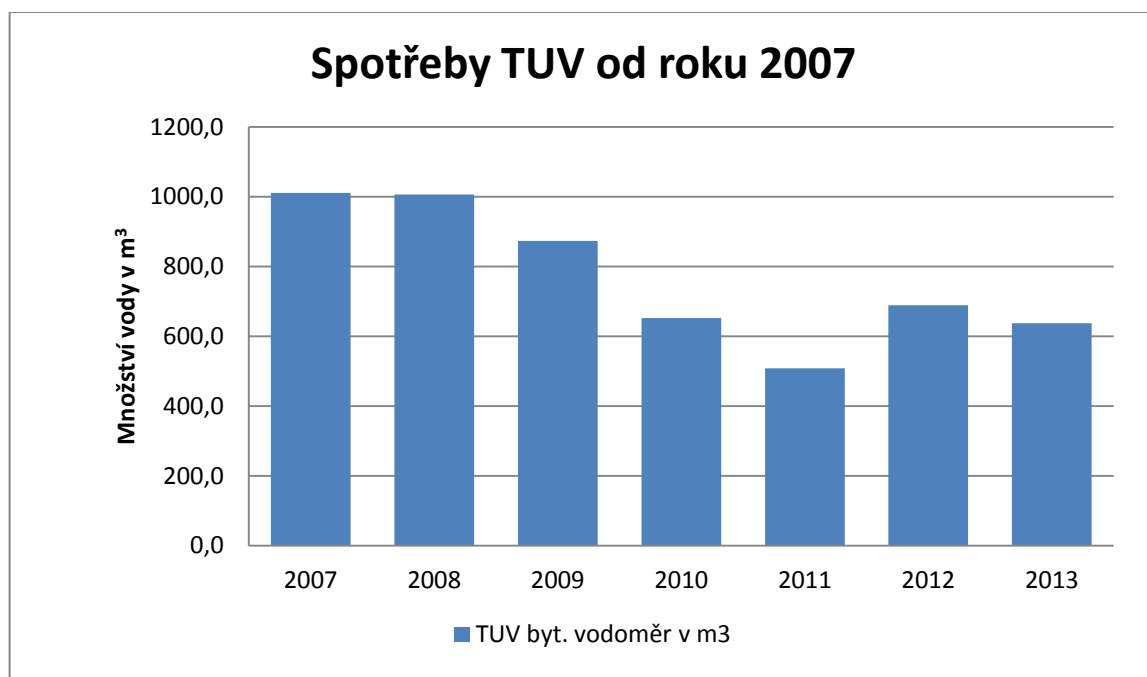
V dané lokalitě totiž není příliš velké zastínění okolním prostředím a vzdálenosti mezi jednotlivými řadami panelových budov jsou značné. To je hlavní důvod, proč se dají předpokládat solární zisky. Taktéž má každá domácnost v dnešní době alespoň jednu televizi, počítač a nemalé množství kuchyňských spotřebičů, tudíž zisky z vnitřních zdrojů a z osob mohou pokrýt část tepelné ztráty.

Z toho plyne, že návrh čerpadla, které bude vytápět dům, bude lehce nadhodnocený, a tedy by měl být schopen vytápění celého domu na vyšší teploty než jen 20 °C, popřípadě při nižších teplotách než je výpočtová.

4 Objem teplé vody

Objem vody, přiváděné do bytů je přímo závislý na počtu obyvatel. Uvádí se, že pro jednu osobu se objem denní spotřeby vody pohybuje okolo 115 litrů [8]. Z čehož je hygienické minimum přibližně devadesát litrů. Do tohoto množství je zahrnuta veškerá spotřeba člověka. Značnou část toho množství spotřebuje mytí rukou, sprchování popřípadě koupání, poté voda používána pro splachování toalety, následována vodními nároky na uklízení a vaření. Pouze malé procento tvoří voda, jež je spotřebovávána přímo na pití. Z tohoto závratného množství spotřebované vody je bráno přibližně 30 %, kterou přímo odebíráme jako teplou.

Abychom zjistily její množství, tak jsme na velikost bytů úměrně zvolili počet obyvatel. Podle velikosti bytů, respektive počtu místností bylo stanoveno, že budovu může obývat celkem 76 lidí. Na každého obyvatele domu bylo počítáno 36 litrů teplé vody. Tohle množství dělá celkovou denní spotřebu vody 2736 litrů, za rok tedy 998,64 m³ teplé vody. Podle spotřeby tepla a teplé vody, které bylo evidováno pro stavební bytové družstvo Mír [10] od roku 2007 do roku 2013 (pro rok 2014 data nejsou ještě k dispozici) je toto množství více než dostačující, viz graf spotřeby vody.



Obr. 9: Spotřeba TV od roku 2007 [10]

4.1 Výpočet velikosti zásobníku na teplou vodu

Jelikož odběr teplé vody v domácnosti neprobíhá kontinuálně, nýbrž nárazově podle potřeby obyvatel. Může se tedy velmi výrazně měnit odběr teplé vody v průběhu celého dne. Proto, abychom v každé hodině mohli využívat komfort teplé vody, to ať na koupání, sprchování nebo na mytí nádobí, a nestalo se, že nám najednou poteče, třeba ve sprše, místo příjemně teplé, prudce osvěžující studená. Musí být nadbytek tepelné energie, který vznikne v průběhu dne, skladován v akumulární nádrži. Naopak v době, kdy odběr převyšuje

množství teplé vody, jež jsme schopni vyrobit, musí být možnost odběru teplé vody z této nádrže.

Z toho důvodu se určuje velikost zásobníku pro teplou vodu. Pro určení jeho objemu je nutné znát celkové množství tepla potřebného pro ohřátí vody na jeden den, i na celý kalendářní rok. Toto bylo vypočteno podle normy ČSN 06 0320, kde je rozdělen denní odběr teplé vody na čtyři úseky.

4.1.1 Výpočet potřeby tepla na přípravu TV

Abychom měli představu o tom, kolik energie bude zapotřebí pro ohřátí vody pro celodenní provoz systému, musíme vypočítat její množství.

Pro jeden den:

$$Q_{TV,den} = (1 + z) \cdot \rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1) \quad [9] \quad (9)$$

Kde z je poměrný koeficient (u průtočného ohřevu je $z = 0$, jinak je závislý na celkové délce rozvodů TV, $z = 0,3$ až $0,7$)

V_{2p} je množství vody v m^3/den

t_1 a t_2 jsou teplota TV vstup a výstup

$$Q_{TV,den} = (1 + 0,5) \cdot 1000 \cdot 1,1611 \cdot 2,736 \cdot (55 - 5)$$

$$Q_{TV,den} = 0,772 \text{ GJ/den}$$

4.1.2 Pro celý kalendářní rok:

Teoreticky by bylo možné pro zjištění celoroční spotřeby energie uplatnit předchozí vzorec. Ovšem by nebylo zohledněno rozdílné vstupní teploty pro zimní a letní období a spotřeba energie by byla zbytečně nadhodnocena. Toto nadhodnocení by nebylo nijak markantní, v našem případě by dosahovalo 281,7 GJ. Toto je o 16 % větší roční potřeba, než jaká by byla reálně.

$$Q_{TV} = Q_{TV,den} \cdot d + 0,8 \cdot \frac{t_2 - t_{1,l\acute{e}to}}{t_2 - t_{1,zima}} \cdot (N - d) \quad [9] \quad (10)$$

Kde N je počet pracovních dní soustavy

d je počet dní v otopném období

$t_{1,zima}$ a $t_{1,l\acute{e}to}$ jsou teploty přiváděné vody v létě a v zimě

$$Q_{TV} = Q_{TV,den} \cdot 225 + 0,8 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot (365 - 225)$$

$$Q_{TV} = 242,859 \text{ GJ/rok}$$

4.2 Stanovení křivky odběru a dodávky tepla

Jak již bylo zmíněno, odběr teplé vody je rozdělen na čtyři úseky. První úsek je od počátku dne do pěti hodin. V tuto denní dobu totiž prakticky nikdo nevykonává žádnou činnost, která by vedla k většímu odběru teplé vody, předpokládá se tudíž její nulová spotřeba.

Druhý úsek je od pěti hodin ráno do pěti odpoledne. Dvanáctihodinový úsek, na který připadá 35 % celkové spotřeby TV. Předpokládá se zde obvyklá spotřeba tepla začínající vstáváním pracujících a školáků, a konče jejich návratem zpět domů. Těchto dvanáct hodin je lépe rozvrstveno v normě ČSN 15 316-3, kde při výsledném výpočtu velikosti akumulčního zásobníku vyjde menší objem. Z mého pohledu se však použitá metoda jeví lépe a velikost zásobníku nevyjde zase o tolik větší.

Třetí úsek je nejkratší. Trvá od sedmnácti do dvaceti hodin, avšak připadá na něj celá polovina celkové denní spotřeby TV. Je to způsobeno větším počtem lidí, jež se v tuto dobu buď koupají, nebo sprchují, popřípadě jinak ve velkém množství odebírají TV.

Poslední, čtvrtý úsek pouze zohledňuje zbytkový odběr. Tento je způsoben povětšinou přípravou na další den a drobným úklidem domácnosti. Trvá od osmi večer až do půlnoci a připadá na něj zbylých 15 %.

4.2.1 Křivka odběru:

Křivka odběru představuje soubor hodnot odebírané v průběhu celého dne. Bere se jako teoretická hodnota odběru teplé vody při kontinuálním odběru bez ztráty energie například při průchodu potrubím nebo ze zásobníku TV nedokonalou (reálnou) izolací. Výpočet křivky odběru:

$$Q_{2p} = V_{2p} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1) [Wh \cdot den^{-1}] \quad [9] \quad (11)$$

Kde V_{2p} [m^3] je denní spotřeba vody, ρ [kg/m^3] je hustota, c [kWh/m^3K] je měrná tepelná kapacita vody, t_2 a t_1 [$^{\circ}C$] teploty vody na vstupu/výstupu do systému

$$Q_{2p} = 2,736 \cdot 1000 \cdot 1,163 \cdot (55 - 10)$$

$$Q_{2p} = 143\,188,6 \, Wh \cdot den^{-1}$$

4.2.2 Ztráty tepla vedením v potrubí:

Počítání ztráty je velmi důležitou součástí pro zjištění celkového množství tepla potřebného pro ohřátí spotřebovávané vody. Závisí na poměrném koeficientu, jehož hodnota zohledňuje celkovou délku rozvodů potrubí.

Výpočet ztráty tepla vedením v potrubí:

$$Q_{2z} = Q_{2p} \cdot z [Wh \cdot den^{-1}] \quad [9] \quad (12)$$

Kde z je poměrný koeficient a volí se v rozmezí hodnot $0,3 \div 0,7$; u průtočného ohřevu je roven nule

$$Q_{2z} = 143\,188,6 \cdot 0,5$$

$$Q_{2z} = 71\,594,3 \text{ Wh} \cdot \text{den}^{-1}$$

4.2.3 křivka dodávky:

Pro výslednou hodnotu množství energie potřebné pro ohřátí TV pro denní spotřebu uživatele, slouží křivka dodávky. Prakticky je to křivka kontinuálního odběru navýšená o ztráty na vedení v potrubí.

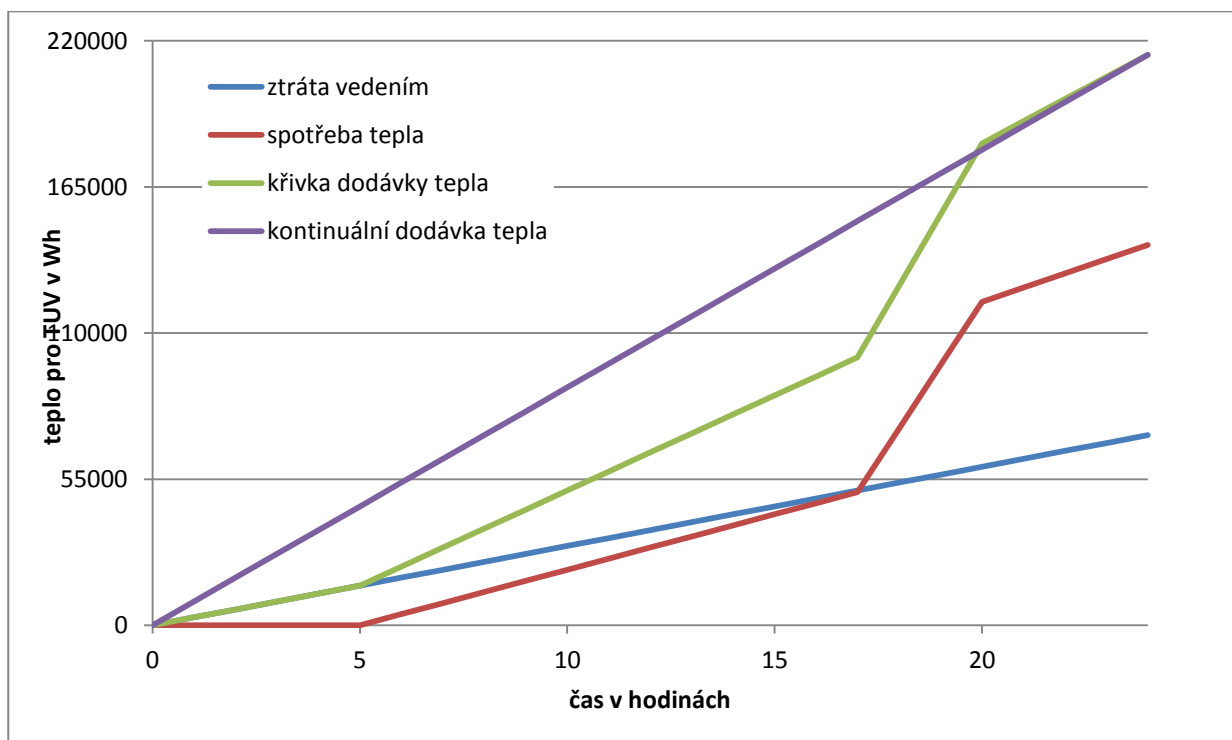
Výpočet křivky dodávky:

$$Q_{1p} = Q_{2p} + Q_{2z} [\text{Wh} \cdot \text{den}^{-1}] \quad [9] \quad (13)$$

$$Q_{1p} = 143\,188,6 + 71\,594,3$$

$$Q_{1p} = 214\,782,9 \text{ Wh} \cdot \text{den}^{-1}$$

Tyto hodnoty jsou zaneseny do grafu a rozděleny na úseky podle výše zmíněného schématu.



Obr. č. 10: Graf spotřeby a dodávky tepla pro TV

V sedmáct hodin je největší rozdíl mezi energií kontinuálně vyráběnou a dosud odebranou. Z tohoto rozdílu vypočítáme velikost zásobníku, jenž bude sloužit k akumulaci, zatím přebytečné, energie a uvolnění této energie v následujících hodinách. Taktéž z maximální potřebné energie vypočítáme výkon zdroje nutný k získání této energie v průběhu jednoho dne.

$$V_{zásobník} = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (t_2 - t_1)} [9] \quad (14)$$

$$V_{zásobník} = \frac{51,3 \text{ kW}}{1,163 * (55 - 10)} = 0,98 \text{ m}^3 \cong 1 \text{ m}^3$$

$$Q_{zdroj} = \frac{Q_{zp}}{\tau} [9] \quad (15)$$

$$Q_{zdroj} = \frac{214782,9 \text{ W}}{24 \text{ hod}} = 8949,3 \text{ W} \cong 9 \text{ kW}$$

Velikost akumulční nádrže byla zvolena 1 m³ a výkon zdroje tepla potřebný pro ohřátí tohoto množství vody 9 kW.

5 Ekvitermní křivky

Jeden z hlavních prvků pro řízení tepelného čerpadla je Ekvitermní regulace. Určuje teplotu topné vody v závislosti na venkovní teplotě. Při vytápění s konstantní teplotou topné vody 92,5 °C, jak byl v původním návrhu otopné soustavy navržen tepelný spád, 92,5/67,5 °C by při vyšších teplotách mohlo docházet k přetápění a tím zvýšení potřeby energie. Ale hlavně, se zvyšující se teplotou topné vody dochází ke snížení topného faktoru, pro vytápění by vzrůstala potřeba elektrické energie pro provoz kompresoru tepelného čerpadla a tím by se snížila ekonomičnost provozu.

Obyčejné nízkoteplotní tepelné čerpadlo by ani nedosáhlo k této teplotě. Maximální teploty výstupní vody se pohybují okolo 55 °C a to s velmi nízkým COP. Vysokoteplotní TČ by se k maximální teplotě daného teplotního spádu sice přiblížilo, ale taktéž s velmi nízkým COP.

5.1 Výpočet

Ekvitermní křivka byla počítána pro návrhové vnitřní teploty 20 ÷ 26 °C a venkovní teploty od -12°C do 26 °C, protože při dosažení srovnatelné vnitřní a venkovní teploty nedochází k přenosu tepla. Při větší venkovní teplotě se ztráty mění na zisky a není důvod vytápět.

Výpočet spočívá i v zahrnutí tepelného výkonu radiátorů, umístěných v domě. Otopná tělesa (OT) nebyla měněna při rekonstrukci, kromě několika výměn z důvodu požadavků majitelů bytů. Tělesa jsou v celém objektu převážně žebrová značky Viadrus-kalor, pouze v několika místnostech jsou trubkové registry (12 trubkových registrů) a radiátory od firmy Korado – Radik (18 deskových OT). Celkový výkon všech těles při teplotním spádu 75/65/20 je 75 053 W (Popeláková 10) a 73 296 W (Popeláková 12), dohromady 148 349 W

Vzorový výpočet byl prováděn pro vnitřní teplotu 20 °C a venkovní teplotu -11 °C.

5.1.1 Tepelná ztráta Φ :

Vzorec udává změnu velikosti tepelné ztráty při odlišných parametrech. Tím rozumíme změnu venkovní teploty případně při rozdílné vnitřní teplotě.

$$\Phi = \Phi_c \cdot \frac{t_{in,n} - t_{out,n}}{t_{in,v} - t_{out,v}} \quad (16)$$

Kde, Φ_c výpočtová tepelná ztráta, $t_{in,n}$ je návrhová vnitřní teplota, $t_{in,v}$ je výpočtová vnitřní teplota, $t_{out,n}$ je návrhová venkovní teplota, $t_{out,v}$ je výpočtová venkovní teplota

$$\Phi = 90,65 \text{ kW} \cdot \frac{20 - (-11)}{20 - (-12)}$$

$$\Phi = 87,82 \text{ kW}$$

5.1.2 Rozdíl vstupní/výstupní teploty vody Δt :

Vzorec udává rozdíl teploty vody při uvažování rozdílných teplot, než byly výpočtové, respektive ukazuje, jaký bude rozdíl teplot přírodní a vratné vody při změně venkovní teploty. Při zachování stejného průtoku soustavou.

$$\Delta t = (t_{w,in} - t_{w,out}) \cdot \frac{\phi_c}{Q_{rad}} \cdot \frac{t_{in,n} - t_{out,n}}{t_{in,v} - t_{out,v}} \quad (17)$$

Kde $t_{w,in}$ je vstupní teplota vody, $t_{w,out}$ je výstupní teplota vody, Q_{rad} je instalovaný výkon radiátoru při teplotním spádu $t_{w,in}/t_{w,out}$

$$\Delta t = (75 - 65) \cdot \frac{90,65 \text{ kW}}{148,35 \text{ kW}} \cdot \frac{20 - (-11)}{20 - (-12)}$$

$$\Delta t = 5,92 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

5.1.3 Průměrná teplota topné vody t_m :

Udává průměr mezi vstupní a vratnou teplotou. Vypočítá se z ní již zmíněná teplota vstupní a vratné vody (teplotní spád) pro danou tepelnou ztrátu respektive výkon otopných těles.

$$t_m = t_{in,n} + \left(\frac{\Delta t}{t_{w,in} - t_{w,out}} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot \frac{t_{w,in} - t_{w,out}}{2} - t_{in,v} \quad (18)$$

Kde n je teplotní exponent otopného tělesa

$$t_m = 20 + \left(\frac{5,92}{75 - 65} \right)^{\frac{1}{1,3}} \cdot \frac{75 - 65}{2} - 20$$

$$t_m = 53,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Po přičtení poloviny rozdílu vstupní/výstupní teploty Δt k průměrné teplotě topné vody t_m dostaneme teploty teplotního spádu t_{w1}/t_{w2} (56,3/50,4) tzn. jeden bod ekvitemní křivky pro teploty $t_{in} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $t_{out} = -11 \text{ }^{\circ}\text{C}$

5.2 Výkon radiátorů při vypočteném teplotním spádu:

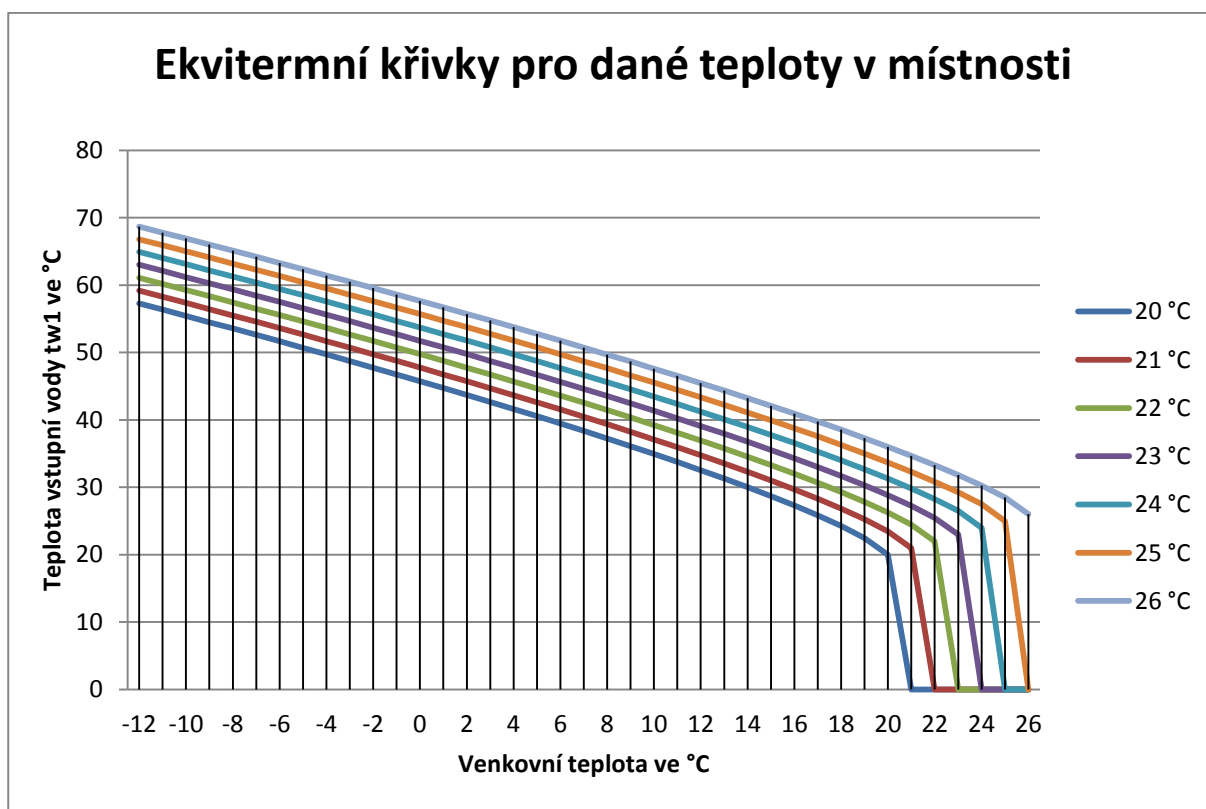
Abychom si ověřili správnost výpočtů, je nutné, aby se velikost tepelné ztráty pro danou vnitřní a venkovní teplotu rovnali výkonu radiátoru při daném teplotním spádu. V našem případě byl odvozen vzorec pro přepočtení výkonu bez použití iterační metody. Tento způsob je mnohem rychlejší a přehlednější.

$$Q_{rad,v} = Q_{rad} \cdot \left(\frac{t_m - t_{in,n}}{\frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_{in,v}} \right)^n \quad (19)$$

$$Q_{rad,v} = 148,35 \cdot \left(\frac{53,4 - 20}{\frac{75 + 65}{2} - 20} \right)^{1,3}$$

$$Q_{rad,v} = 87,82 \text{ kW}$$

Velikost výkonu radiátorů $Q_{rad,v}$ se shoduje s tepelnou ztrátou domu Φ , tedy výpočet je správný.



Obr. 11: Graf ekvitemních křivek

Z grafu je vidět, že maximální teplota, kterou bude v otopném období muset TČ dosáhnout se pohybuje do teploty 70 °C a to pouze pro teplotu v místnosti 26 °C. Pro námi uvažovanou teplotu 20 °C, pro niž byla počítána tepelná ztráta objektu a veškeré další výpočty se uvažuje nejvyšší teplotní spád 57,3/51,2 °C.

Při návrhu vytápění budeme raději uvažovat s teplotou v obytných prostorách 22 °C z důvodu udržení tepelné pohody a taktéž kvůli ženám. U nichž je tepelná pohoda dosahována v prostředí o dva stupně teplejším, než je tomu u mužů. V tomto případě je požadovaný tepelný spád 61,1/54,6 °C.

Nízkoteplotní TČ jsou schopny dosáhnout teploty topné vody okolo 55 °C, při venkovní teplotě cca 0 °C. Dohřátí na vyšší teplotu by muselo být řešeno dalším zdrojem tepla například plynovým kotlem popřípadě kogenerační jednotkou. Vysokoteplotní TČ by s těmito teplotními spády neměli mít problém, lze u nich dosáhnout teploty vody kolem 80 °C.

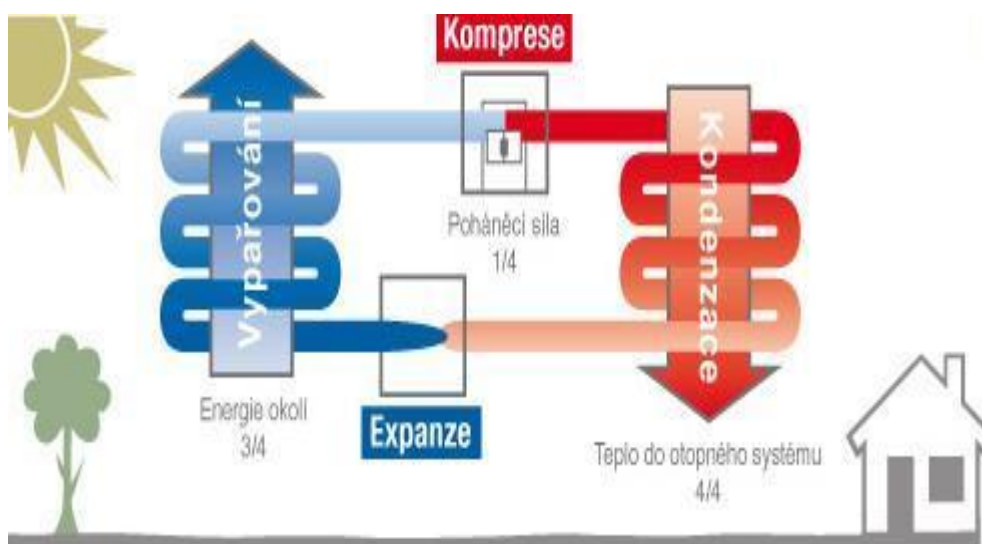
Tab. 2: Maximální teploty topné vody

Maximální hodnoty topné vody pro pokojové teploty						
vnitřní teplota °C	tepelná ztráta [kW]	ΔT [°C]	T_m [°C]	T_{w1} [°C]	T_{w2} [°C]	$Q_{rad,v}$ [kW]
20	90,65	6,11	54,23	57,29	51,18	90,65
21	93,49	6,30	56,05	59,20	52,90	93,49
22	96,32	6,49	57,87	61,11	54,62	96,32
23	99,15	6,68	59,67	63,02	56,33	99,15
24	101,99	6,87	61,48	64,92	58,04	101,99
25	104,82	7,07	63,28	66,81	59,74	104,82
26	107,65	7,26	65,07	68,70	61,44	107,65

5.3 Návrh tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo je stroj, který odebírá energii z jednoho prostředí a předává ji do prostředí druhého s použitím cizího zdroje práce. Dá se používat buď k chlazení, nebo k vytápění, což je náš případ.

TČ pracují na principu obráceného Carnotova cyklu. Chladivo v plynném stavu je stlačeno kompresorem, odtud odejde do kondenzátoru. V kondenzátoru odevzdává svoje skupenské teplo. Chladivo projde přes škrcení do výparníku, v něm přijme skupenské teplo a dojde zde k jeho odpaření. Následně se cyklus opakuje [11]. Důležitým parametrem pro TČ je topný faktor, jehož hodnota je poměr vyrobeného tepla ke spotřebované energii a udává účinnost TČ.



Obr. 12: Princip tepelného čerpadla [11]

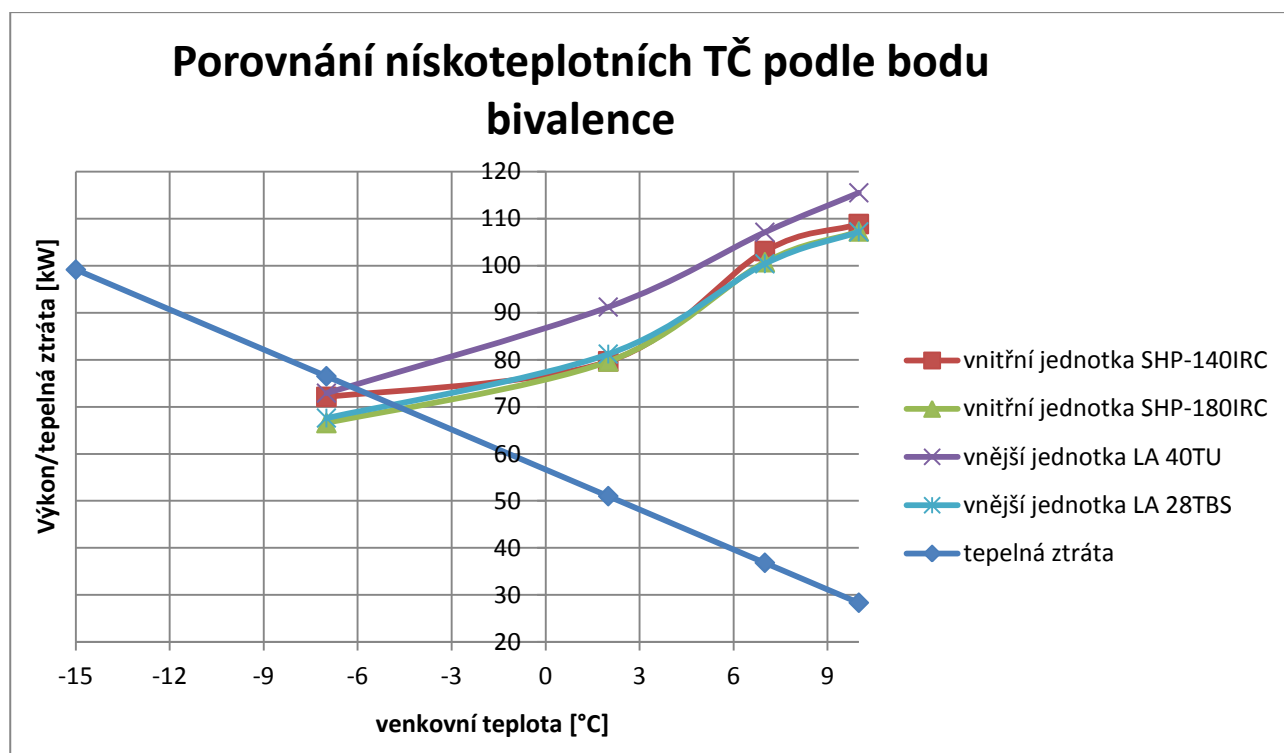
Obvykle se používají TČ země/voda, vzduch/voda popřípadě voda/voda. TČ země/voda odebírá teplo zemině z hlubinného vrtu popřípadě plošného kolektoru. V letních měsících může fungovat na chlazení a energii odebranou z místností může regenerovat zeminu v kolektoru, tím je možné kolektory využívat více let než dojde k jejich vyčerpání a musí být regenerovány buď přirozenou cestou, nebo stejným způsobem jaký zde byl popsán, ale takovýto způsob dodatečné regenerace by byl energeticky velice náročný.

Pro nás je nejvhodnější použití TČ vzduch/voda, jež je bohužel přímo závislé na teplotě vzduchu. Ovšem má pro nás velkou výhodu, která spočívá v kompaktnosti systému, resp. v tom, že zařízení lze instalovat například na střeše budovy a nepotřebuje žádnou plochu pro zemní kolektor, ať už plošný nebo hlubinný. Zemní kolektor je velmi nákladný a v dané situaci, kdy kolem domu nezbývá, pro jeho vybudování, dostatek místa, jak kvůli komunikacím, tak kvůli blízkosti dalších objektů, je prakticky nemožné jej vybudovat. Jako předešlý typ je možno i toto čerpadlo použít v letních měsících pro chlazení objektu. V našem případě jej budeme využívat pouze pro vytápění. Není totiž k dispozici další soustava, která by byla zařízena na distribuci chladu. V domě je pouze otopná teplovodní soustava s žebrovými a deskovými tělesy, která není pro tento účel vhodná.

Výběr je tedy především závislý na prostorových dispozicích přilehlého pozemku. Abychom se mohli vyvarovat zbudování zemního kolektoru, bude TČ umístěno na střeše objektu a ve společných prostorách v suterénu.

5.4 Porovnání TČ

Byla zvolena tepelná čerpadla vzduch/voda a porovnávána podle bodu bivalence. Jelikož byl jejich výkon různý, bylo uvažováno jejich množství takové, aby při teplotě venkovního vzduchu 7 °C a teplotě vody 35 °C dosahovala stejného nebo vyššího výkonu (v závislosti na množství, protože stejného výkonu by mohlo být dosaženo pouze s uvažování neceločíselného počtu TČ, tedy byl použit nejbližší vyšší počet), než je zapotřebí pro vytápění a ohřev TV při maximální uvažované ztrátě, tedy při výpočtové venkovní teplotě -12 °C.



Obr. 13: Bivalentní body nízkoteplotních čerpadel

Nejprve byla porovnávána nízkoteplotní TČ, ovšem jak je vidět z grafu na obr. 13, nezáleželo příliš na výrobci ani na výkonu (od 15 do 40 kW). Při použití více čerpadel se

pohyboval bod bivalence okolo $-4 \div -6$ °C, což by znamenalo pořízení a především používání pomocného zdroje tepla.

Vzhledem k tomu, že má být tepelné čerpadlo v objektu použito nejen k vytápění, ale i ohřevu teplé vody na požadovanou teplotu 55 °C, čemuž odpovídá teplota topné vody 60 °C, lze u nízkoteplotních tepelných čerpadel očekávat problémy s přípravou teplé vody. V dalších krocích jsou již uvažována pouze vysokoteplotní tepelná čerpadla.

5.5 Výběr tepelného čerpadla

Tepelná čerpadla se vyznačují relativně omezeným výkonem. Pokud mají zůstat ekonomická, je důležité porovnávat změny COP, protože s klesající teplotou venkovního vzduchu se jejich topný faktor snižuje. Při výběru čerpadla je tedy dobré dbát na to, aby se při velmi nízkých teplotách hodnota COP příliš nesnižovala a nedocházelo k velkému poklesu topného výkonu tepelného čerpadla.

Kdyby toto nastalo, musel by být dům vytápěn ještě cizím zdrojem, nehledě na to, že kdyby výkon klesl na dostatečně nízkou úroveň, bylo by výhodné čerpadlo odpojit a vytápět přímo dodatkovým zdrojem. Proto je dobré zjistit, kolik energie bude budova potřebovat, kolik jí bude schopno dodat čerpadlem ať samotným nebo v kaskádě a také kolik jí bude zapotřebí doplnit dodatkovým zdrojem energie.

5.5.1 Program pro návrh a porovnání TČ

Pro pomoc s výběr TČ byla použita aplikace NTC [5], jež vznikla za podpory projektu specifického výzkumu FAST-S-12-17 – „Systémy techniky prostředí pro trvale udržitelnou stavbu“ na Fakultě stavební Vysokého učení technického v Brně. Aplikace slouží k návrhu tepelného čerpadla podle normy ČSN EN 15316-4-2.

Pro program byla vytvořena tabulka s parametry hodnocených TČ vzduch/voda, a to teplotami vody, vzduchu, hodnoty výkonu, příkonu a topného faktoru. Z těchto dat byly hodnoty přepočítány pro teploty vzduchu od -14 °C do 32 °C a lokalitu Brno - Kuchařovice.

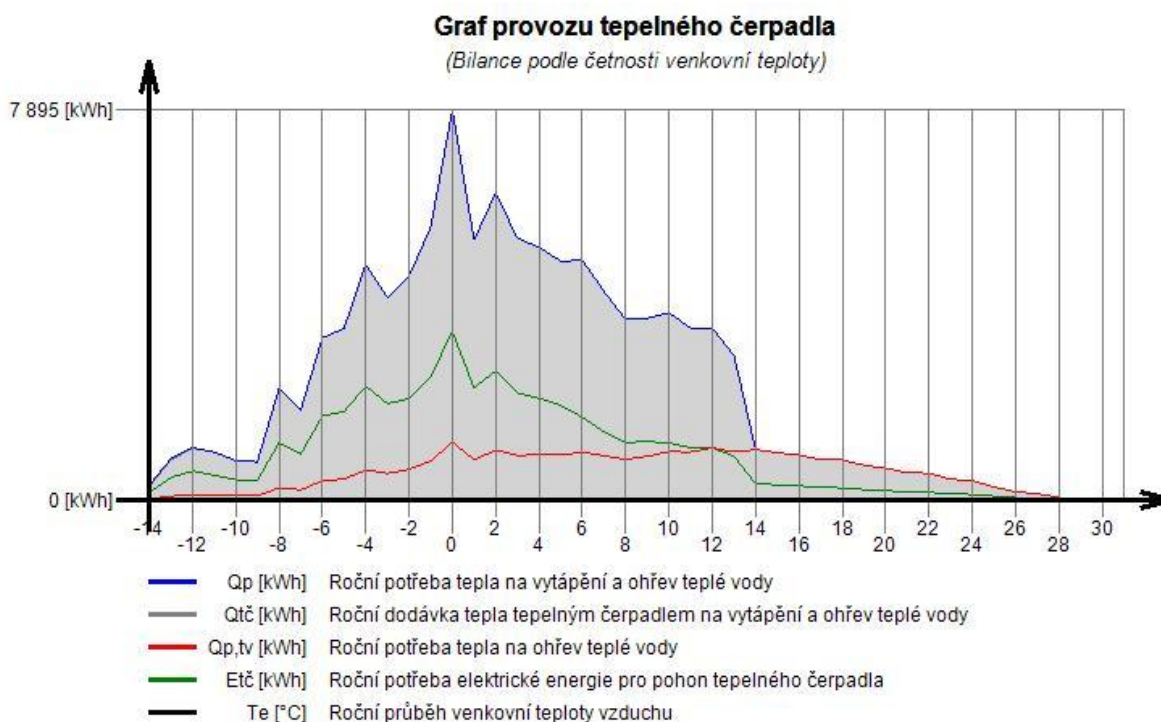
Do programu se zadává teplota připravované vody v soustavě, teplotu v objektu, teplotu topné a vratné vody. Aby program mohl správně vyhodnotit provoz TČ musí být zadány roční spotřeby tepla na TV a vytápění.

Protože nebudeme používat pro uspokojení potřeby tepla pouze jedno čerpadlo, byly pro daná TČ přepočítány tyto hodnoty podle jejich počtu, samozřejmě jejich nejbližší vyšší množství.

Tab. 3: porovnání TČ

výrobce	název	Výkon [kW]	počet	Q topení [kWh]	Q TV [kWh]
Mastertherm	Box air 45l	15,3	6	40787,0	13009,3
Sinclair	vnitřní jednotka SHP-180IRC	17,9	6	40787,0	13009,3
Dimplex	vnější jednotka LA 40TU	38,5	3	81574,1	26018,5
Rotex	HPSU 11 v vzduch	11,0	9	27191,4	8672,8
Daikin	Altherma Flex EMRQ16	44,8	3	81574,1	26018,5

Navzdory tomu, že jsme už hodnotili první tři výrobce TČ zasadili jsme je do výpočtu také, ale především se nám jednalo o porovnání vysokoteplotních čerpadel výrobců Sinclair, Rotex a Daikin.



Obr. 14: Grafický výstup z programu NTC pro zjištění bodu bivalence

Jak je vidět z grafu na obr. 14., tak při použití třech TČ Daikin Altherma FLEX EMRQ 16 nebude zapotřebí použití pomocného zdroje tepla. Tento výsledek je pro nás více než výhodný, protože nás oprostí od dalších případných nákladů.

Při použití ostatních uvedených TČ vycházel bod bivalence okolo $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a roční potřeba energie na provoz pomocného zdroje průměrně 6 000 kWh/rok. Pro lepší hodnocení jsou výsledky z programu NTC převedeny do tabulky tab. 4.

Tab. 4: Výsledky porovnání TČ

výrobce	název	Výkon [kW]	Počet kusů	E_TČ [kWh/rok]	E_Biv [kWh/rok]	SCOP
Mastertherm	Box air 45l	15,3	6	85 572	9 504	3,66
Sinclair	vnitřní jednotka SHP-180IRC	17,9	6	85 710	8 442	3,67
Dimplex	vnější jednotka LA 40TU	38,5	3	158 166	4 374	2,01
Rotex	HPSU 11 v vzduch	11,0	9	108 360	0	2,98
Daikin	Altherma Flex EMRQ16	44,8	3	130 419	177	2,47

5.5.2 Roční bilanční výpočet

Použitý program NTC provádí porovnání jednotlivých tepelných čerpadel pomocí intervalové metody, avšak již neumožňuje porovnat kaskádu tepelných čerpadel.

Pro porovnání chování domu s kaskádou tepelných čerpadel byl sestaven jednoduchý bilanční výpočet, který simuluje chování domu v průběhu jednoho roku.

Vstupní parametry pro výpočet jsou:

- Informace o budově. Tyto informace zahrnují tepelnou ztrátu, výpočtové vnitřní a vnější teploty, požadovanou vnitřní teplotu a rezervu na výkonu
- Informace o otopné soustavě. Jsou to informace o výkonu, teplotním spádu a parametru na použitých tělesech. Prakticky jsou to informace při návrhových podmínkách soustavy.
- Výkon potřebný pro ohřev teplé vody.
- Informace o kaskádě tepelných čerpadel. Jsou to údaje o množství čerpadel použitých v kaskádě, jejich typu, velikosti akumulární nádrže a tepelné ztráty akumulární nádrže.
- Výkon bivalentního zdroje
- Parametry regulace kaskády. Jedná se o délku regulační smyčky, limitní gradient pro připnutí/odepnutí dalšího zdroje, teplota pro ukončení vytápění a doba jejího trvání.
- Hodinová meteorologická data. Tato data byla vzata z databáze METEONORM pro Brno.
- Počáteční stav. Zde byla vkládána informace o teplotě v akumulární nádrži a počet tepelných čerpadel, jež jsou v daném okamžiku spuštěna

Vlastní výpočet probíhal s vteřinovým krokem. Kdy v každém kroku byly přepočítávány tepelné ztráty objektu a výkony kaskády tepelných čerpadel. Na základě vypočtených hodnot byla stanovena energetická bilance akumulární nádrže. Vybíjení akumulární nádrže je simulováno jako úbytek energie v důsledku tepelných ztrát objektu, ohřívání teplé vody a také tepelné ztráty dané akumulární nádrže. Rychlost dobíjení je dána množstvím zapojených tepelných čerpadel a zapojením bivalentního zdroje. Tyto parametry jsou měněny na základě jednoduchého modelu regulátoru.

Regulátor mění množství zapojených čerpadel v závislosti na potřebě dobíjení akumulární nádrže. Při příliš pomalém dobíjení připojuje další čerpadla, popřípadě při rychlém jedno po druhém odepíná. Při tomto provozu teplota v akumulární nádrži osciluje okolo jedné hodnoty a při dosažení jednotlivých maxim regulace dochází k mírnému přetopení. Díky tomu jsou hodnoty spotřebované energie mírně vyšší než při použití programu NTC v minulé kapitole.

Z jednotlivých výkonů, získaných v průběhu každého časového kroku, jsou dopočítávány hodnoty celkového množství tepelné energie dodané kaskádou tepelných čerpadel a bivalentním zdrojem, spotřebovaná elektrická energie na provoz tepelných čerpadel a počet startů tepelných čerpadel v průběhu roku. Nakonec je ze získaných hodnot energií dopočítán stupeň pokrytí spotřeby domu s využitím tepelných čerpadel a sezónní topný faktor kaskády tepelných čerpadel.

Jak je z výše uvedeného patrné, vyžaduje sestavený model informace o velikosti akumulční nádrže a nějaké základní parametry pro regulaci teploty v akumulční nádrži. Pro potřeby porovnání jednotlivých řešení byly základní hodnoty modelu regulátoru nastaveny shodně, s výjimkou hodnoty maximálního teplotního gradientu pro připnutí/odepnutí jednotlivých zdrojů v kaskádě, viz tab. 6.

Počet tepelných čerpadel v kaskádě byl volen tak, aby výsledná teplota bivalence ležela pod průměrnou teplotou v otopném období (pro Brno uvažována hodnota 4 °C) a výkon bivalentního zdroje vycházel do 35 kW. Počet tepelných čerpadel v kaskádě, body bivalence a uvažované výkony doplňkového zdroje pro jednotlivá uvažovaná tepelná čerpadla jsou uvedeny v tab. 5.

Tab. 5 Základní informace o kaskádě tepelných čerpadel

Výrobce	Model	Počet čerpadel	Bod bivalence		Dodatečný zdroj
			Vytápění	Vytápění + TV	
Sinclair	SHP - 180	6	-4 °C	-2 °C	25 kW
Rotex	HPSU Hitemp 16 kW	7	-8 °C	-5 °C	
Daikin	Altherma FLEX *	9	-10 °C	-8 °C	

* U tepelného čerpadla Daikin Altherma Flex je uvažováno se 3 ks venkovní jednotky EMRQ 16, kdy ke každé jsou připojeny 3 vnitřní jednotky

Pro každý zdroj tepla byla uvažována akumulční nádrž takové velikosti, která umožňuje provoz jednoho čerpadla po dobu 10 minut, přičemž se voda v nádrži ohřeje o 5 K. Na základě takto stanoveného požadovaného objemu byly zvoleny akumulční nádrže o nejbližším větším objemu dle katalogu firmy ROLF [14]. V případě tepelného čerpadla Daikin byla akumulční nádrž volena jednak podle výkonu venkovní jednotky a dále pak dle výkonu jedné vnitřní jednotky. U tepelného čerpadla Rotex byla navíc posuzována ještě varianta, kdy objem nádrže je shodný s nádrží pro tepelné čerpadlo Sinclair. Celkem tedy bylo vybráno a posuzováno 5 variant provedení kaskády tepelných čerpadel s bivalentním zdrojem, tab. 6.

Tab.6 Posuzované varianty

Varianta	Výrobce	Počet čerpadel	Akumulační nádrž		Dodatečný zdroj [kW]	Gradient pro regulaci [K]
			Objem [l]	Tepelné ztráty [W/K]		
1	Sinclair	6	750	2,2	25	1,4
2	Rotex	7	500	1,8	25	2
3	Daikin	9	1200	3,1	25	2,4
4	Daikin	9	500	1,8	25	2
5	Rotex	7	750	2,2	25	1,4

Jednotlivé varianty byly zadány do vytvořeného bilančního výpočtu, ze kterého byl vyhodnocen počet startů tepelných čerpadel, sezónní topný faktor SCOP a stupeň pokrytí spotřeby tepelné energie pomocí tepelných čerpadel. Výsledky těchto simulací jsou uvedeny v tab. 7.

Tab. 7 Výsledky provedených simulací

Varianta	Výrobce	Počet startů	SCOP	Pokrytí spotřeby tepla
1	Sinclair	18722	2,6	97,17%
2	Rotex	16298	2,8	98,96%
3	Daikin	12873	2,6	99,64%
4	Daikin	15171	2,6	99,64%
5	Rotex	15027	2,8	98,97%

Jak je z tab. 7 patrné, dosahují hodnoty sezónních topných faktorů pro kaskády s tepelnými čerpadly Sinclair a Daikin stejných hodnot. Nejvyšší sezónní topný faktor mají kaskády s tepelným čerpadlem Rotex. Pro všechny varianty také vychází stupeň pokrytí spotřeby tepla pomocí tepelných čerpadel vyšší než 97 %, což znamená, že maximálně 3 % z roční spotřeby energie budou vyrobeny jiným zdrojem, než je tepelné čerpadlo.

6 Ekonomické zhodnocení

Jako důležitý faktor pro výběr tepelného čerpadla je v první řadě zvážení investičních nákladů. Tento způsob je oproti jiným, konvenčním systémům jako např. topení plynem, topným olejem popř. biomasou z pohledu investic náročnější. Jeho provozní náklady jsou ovšem mnohem nižší než u jiných způsobů. Takže se potřebujeme přesvědčit o tom, jaký systém se nám vyplatí, tedy jestli náklady vynaložené na otopný systém využívající TČ přinesou dostatečný finanční efekt oproti současnému systému s dálkovým vytápěním.

6.1 Náklady na otopný systém

Veškeré náklady lze rozdělit do tří skupin: investiční náklady, provozní náklady, náklady na likvidaci.

6.1.1 Investiční náklady

Investičními náklady jsou veškeré náklady spojené s koupí zařízením. Rozumí se jimi

- Náklady na projekt
- Náklady na stavební práce a úpravy
- Náklady na zařízení a montáž
- Náklady na uvedení do provozu

Samozřejmě tyto náklady mohou zahrnovat i různé zemní práce, rekonstrukce elektrických, plynových přípojek z důvodů posílení nebo i likvidaci předešlého systému. Taktéž obnovu prostor při změně atd.

V případě bytového domu Popelákova 10, 12 v Brně Líšni se investiční náklady v současnosti nedají vyčíslit. Jsou totiž závislé na dostatečných kapacitách přípojek elektrické energie, popř. plynu, které se bohužel nepodařilo zjistit. Výše investičních nákladů dále závisí na rozhodnutí okolních domů (Popelákova 14 – 24), u kterých je dodávka tepla zajištěna přes dům Popelákova 10, 12, ve kterém je patní měřidlo. V případě odpojení od zdroje CZT, tak může vzniknout požadavek od současného dodavatele tepla na přeložení jeho vedení, což by výrazně ovlivnilo investiční náklady.

Posouzení výhodnosti jednotlivých navržených variant tedy bude provedeno tak, že pro jednotlivé varianty budou vyčísleny úspory v dodávkách tepla. Na základě těchto úspor bude stanovena maximální výše investice, která zajistí za dobu životnosti systému (uvažujeme 15 let) vytvoření přiměřeného zisku.

6.1.2 Provozní náklady

Provozní náklady jsou:

- Náklady na energie
- Náklady na servis a údržbu
- Náklady na záruční a pozáruční opravy

Veškeré náklady spojená s provozem TČ jsou brány jako náklady na toto zařízení za období jednoho roku. Největší část nákladů tvoří cena za elektrickou energii. Většinou pro

majitele TČ je účtován jeden tarif, který umožňuje odběr energie za nižší cenu během daného úseku dne. Po zbytek dne je účtována vyšší cena za energii. Tyto sazby jsou vhodné především pro systémy s akumulací tepla, aby toto zvýšení mohlo být překlenuto a zbytečně nevzrůstal účet za energie. Pro velmi přesnou analýzu spotřeby energie by se dala brát sezónní spotřeba energií a jiné.

Náklady na servis probíhají většinou jako jednorázové roční platby při pravidelné roční údržbě. Po záručním období jsou opravy buď fakturovány zvlášť, nebo jsou připisovány k nákladům na údržbu.

Pro porovnání uvažovaných variant je nezbytně nutné také určit provozní náklady možných bivalentních zdrojů. Jako doplňkové (bivalentní) zdroje jsou uvažovány:

- Elektrokotel – uvažovaná účinnost elektrokotle činí 95 %, z důvodu tepelných ztrát a ztrát na vedení el. energie. Použití elektrokotle se jeví jako velmi výhodné, nemusí se uvažovat žádné další náklady na zřizování systému odvodu spalin, jen pouze cena za nákup elektrokotle. Nevýhodou elektrického dotápění jsou však vyšší provozní náklady z důvodu vyšší ceny elektrické energie oproti např. plynu.



Obr. 15 Elektrokotel firmy Thermona[19]

- Plynový kondenzační kotel – kotel je provozován za bodem bivalence, čemuž odpovídá požadovaná teplota otopné vody nad 52 °C. Jedná se tedy o oblast, kde kondenzační kotle pracují s účinností max. 100 % (vztaženo na výhřevnost), což představuje 90% účinnost kotle při uvažování spalného tepla. Toto řešení by mohlo být docela dobré s ohledem na cenu plynu, která není nijak velká a

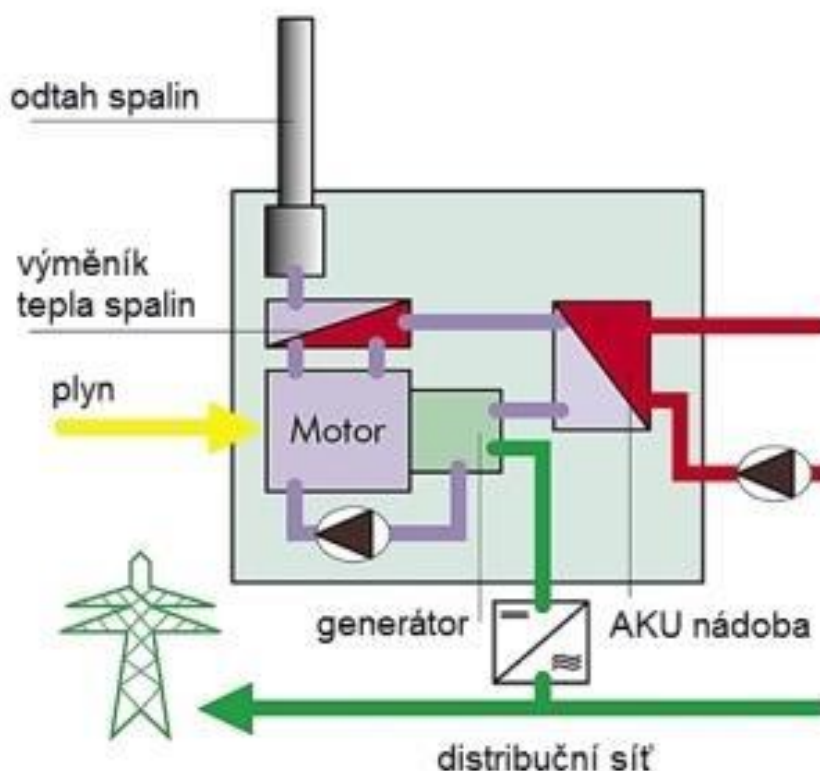
pohybuje se kolem hodnoty 1,46 Kč/kWh. Nastával by zde však problém se zbudováním odvodu spalin. Investiční náklady by se tímto zvýšili o náklady na zbudování komína



Obr. 16 Kondenzační kotel firmy Baxi[18]

- Centrální zásobování teplem (CZT) – teplo by bylo dodáváno ze sítě Tepláren Brno. Varianta se nám možná může zdát lehce nelogická, už proto, že jej chceme nahradit tepelným čerpadlem. Ale z pohledu investice by se mohla zdát celkem uvažovatelná. Kvůli již zavedenému způsobu vytápění a ohřevu vody u ní odpadají jakékoli náklady související se zřízením přípojky a náklady na údržbu jsou taktéž zcela nulové.
- Kogenerační jednotka – cena tepla pro tento zdroj je stanovena na základě technických dat kogenerační jednotky. Uvažuje se tak, že z dodaného zemního plynu je vyrobena tepelná energie a elektřina. Elektřina je využita v tepelném čerpadle s topným faktorem 2 a takto vyrobené teplo je přičteno k přímo vyrobenému teplu. Od nákladů na zemní plyn je odečten zelený bonus (1 635 Kč/MWh) za vyrobenou a spotřebovanou elektrickou energii. Uvažované kogenerační jednotky jsou mikroturbínová jednotka ENERTWIN od společnosti MTT a TEDOM MICRO 7 od společnosti TEDOM. Výhodou použití tohoto zařízení by bylo získání zeleného bonusu, který by podstatně snižoval provozní náklady. Její nevýhoda naopak v nezanedbatelném snížení účinnosti ve chvílích,

kdy jednotka nedosahuje plného výkonu. Obdobně jako u plynového kotle je také u kogenerační jednotky nutno zbudovat komín.



Obr. 17 Schéma kogenerační jednotky [22]

Ceny tepla z jednotlivých bivalentních zdrojů jsou uvedeny v tab. 8 a náklady na servis a provoz tepelných čerpadel a bivalentních zdrojů v tab. 9. Při výpočtu cen za dodávanou tepelnou energii se vychází z ceny elektřiny pro sazbu D56d v tarifu Elektřina [15], kde je ve vysokém tarifu účtována částka 3 076,59 Kč/MWh a v nízkém tarifu 2 369,79 Kč/MWh, což při době trvání nízkého tarifu 22 hodin představuje průměrnou cenu elektřiny 2 428,69 Kč/MWh.

Cena plynu je převzata z tarifu TERMO 33 od společnosti RWE, kdy pro spotřebu plynu od 7 560 kWh do 15 000 kWh je účtována cena 1,45909 Kč/kWh a stálý plat 258,59 Kč/měsíc [16]. Všechny ceny jsou uvedeny včetně DPH.

Tab. 8 Ceny tepla z jednotlivých zdrojů

Elektrokotel	
Účinnost	95%
Cena tepla	710,14 Kč/GJ
Kondenzační kotel	
Účinnost	90%
Cena tepla	450,34 Kč/GJ
Teplárny Brno [17]	
Cena tepla	667,92 Kč/GJ
Kogenerační jednotka MTT - ENERTWIN	
Elektrický výkon	3 kW
Tepelný výkon	15 kW
Spotřeba plynu	1,87 Nm ³ /h
Cena tepla	319,37 Kč/GJ
Kogenerační jednotka TEDOM MICRO 7	
Elektrický výkon	7 kW
Tepelný výkon	17,2 kW
Spotřeba plynu	2,7 Nm ³ /h
Cena tepla	271,52 Kč/GJ
Kogenerační jednotka TEDOM MICRO 7 + spalínový výměník	
Elektrický výkon	7 kW
Tepelný výkon	19,8 kW
Spotřeba plynu	2,7 Nm ³ /h
Cena tepla	250,64 Kč/GJ

Pozn. U kogeneračních jednotek MTT a Tedom je uvedena cena tepla pro 100% výkon jednotky. Při částečném zatížení cena roste. U jednotek Tedom je cena tepla při 50% zatížení 354,50 Kč/GJ a 327,23 Kč/GJ

Tab. 9 Roční náklady

Elektrokotel		
Účel platby	Kč/rok	Cena elektrovevizí není do nákladu uvažována, neboť revize jsou i tak prováděny v pravidelných intervalech.
Servisní prohlídka	800,00	
Celkem	800,00	
Tepelné čerpadlo		
Účel platby	Kč/rok	Cena závisí od realizační firmy. Uvedená cena za 1 tepelné čerpadlo (vnitřní jednotku).
Kontrola těsnosti	2 000,00	
Celkem	2 000,00	
Plynový kotel		
Účel platby	Kč/rok	Jelikož dům v současné době nevyužívá plyn ve společných prostorách, je i stálý plat nákladem navíc
Spalinové cesty	900,00	
Servisní prohlídka	1 450,00	
Stálý plat	3 103,08	
Celkem	5 453,08	
Teplárny		
Účel platby	Kč/rok	
Servis	0,00	
Celkem	0,00	
Kogenerační jednotka		
Účel platby	Kč/rok	Servis kogenerační jednotky závisí jak na provozní době, tak i na době od poslední prohlídky. Uvažujeme cenu kompletní prohlídky 0,60 Kč/kW při provozu 3000 h. Cena vyčíslena pro jednotku TEDOM. Očekáváme však, že servis MTT by byl podobný vzhledem k náročnější technologii mikroturbíny.
Spalinové cesty	900,00	
Servisní prohlídka	12 600,00	
Stálý plat	3 103,08	
Celkem	16 603,08	

6.1.3 Náklady na likvidaci

Náklady na likvidaci jsou pouze náklady na recyklaci a likvidaci. Poslední dobou se však zahrnují do investičních nákladů a jejich cena je započítávána do nákladů na zařízení. V případě provedeného srovnání nejsou náklady na likvidaci uvažovány.

6.2 Dosažitelné úspory

Porovnání jednotlivých variant a vyčíslení dosažitelných úspor je provedeno na základě průměrné spotřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody za období let 2009 – 2013. Hodnoty spotřeb v jednotlivých letech jsou uvedeny v tab. 10

Tab. 10 Spotřeby tepla a TV v bytovém domě Popelákova 10, 12

Rok	2009	2010	2011	2012	2013	Průměr
Spotřeba tepla na vytápění [GJ]	546,34	488,46	411,10	439,64	464,14	470
Měrná spotřeba tepla na ohřev TV [GJ/m ³]	0,435	0,474	0,531	0,467	0,457	0,47
Spotřeba TV [m ³]	873,31	652,34	508,55	689,39	638,00	672,32

Průměrná spotřeba tepla za posledních 5 let v bytovém domě činila:

$$470 + 672,32 \cdot 0,47 = 787,78 \text{ GJ} \quad (20)$$

Současným dodavatelem tepla je společnost Teplárny Brno, která dodává teplo za cenu 667,92 Kč/GJ, při dodávce ze sekundární sítě a měřené na patě domu (teplo pro vytápění), popř. za 644,35 Kč/GJ při dodávce ze sekundární sítě, měřené ve výměňkové stanici (příprava TV). [17]

Průměrné roční náklady na vytápění vyjádřené v cenách roku 2015 tedy jsou:

$$470 \cdot 667,92 + 672,32 \cdot 0,47 \cdot 644,35 = 518\,685,15 \text{ Kč} \quad (21)$$

Při porovnání jednotlivých variant tepelných čerpadel vycházíme z výsledků simulací uvedených v tab. 7, kdy množství tepla vyrobeného tepelným čerpadlem určíme z průměrné spotřeby tepla pomocí stupně pokrytí spotřeby a potřebné množství elektrické energie vypočteme z množství tepla vyrobeného tepelným čerpadlem a sezónního topného faktoru SCOP. Při ceně elektrické energie 2 428,69 Kč/MWh dostaneme celkové náklady na elektrickou energii pro pohon tepelných čerpadel, viz tab. 11.

Tab. 11 Množství vyrobeného tepla a náklady na el. energii pro pohon TČ

Varianta	Výrobce	Vyrobené teplo [GJ]		Roční náklady na el. energii
		TČ	Bivalence	
1	Sinclair	765,45	22,33	199 114,80 Kč
2	Rotex	779,57	8,21	188 355,86 Kč
3	Daikin	784,92	2,86	202 859,25 Kč
4	Daikin	784,98	2,80	200 242,82 Kč
5	Rotex	779,64	8,14	188 605,76 Kč

Celkové náklady na vytápění pro jednotlivé varianty a bivalentní zdroje, včetně zohlednění cen tepla z jednotlivých zdrojů a nákladů na servis, jsou uvedeny v tab. 12 a dosažitelné úspory v tab. 13.. Nejnižších nákladů na vytápění je dosaženo u varianty 2 (tepelná čerpadla ROTEX + akumulční nádrž 500 l) s bivalentním zdrojem Teplárny Brno.

Nejvyšších nákladů dosahuje varianta 3 (tepelná čerpadla DAIKIN + akumulční nádrž 1200 l) s využitím mikroturbíny jako bivalentního zdroje. Jak je dále patrné z tab. 13, dosahují úspory hodnot od cca 280 tis. Kč, až po cca 310 tis. Kč.

Tab. 12 Celkové roční náklady na vytápění

Varianta	Bivalence					
	Elektrokotel	Kondenzační kotel	Teplárny Brno	MTT ENER TWIN	MICRO 7	MICRO 7 + výměník
1	227 774,75 Kč	226 625,45 Kč	226 031,76 Kč	234 850,39 Kč	233 781,90 Kč	233 315,44 Kč
2	208 984,16 Kč	211 504,95 Kč	207 837,63 Kč	221 580,03 Kč	221 187,38 Kč	221 015,96 Kč
3	223 688,97 Kč	227 599,47 Kč	222 768,29 Kč	238 375,13 Kč	238 238,39 Kč	238 178,69 Kč
4	221 033,08 Kč	224 958,02 Kč	220 114,74 Kč	235 740,96 Kč	235 606,87 Kč	235 548,34 Kč
5	209 187,21 Kč	211 725,14 Kč	208 043,46 Kč	221 808,86 Kč	221 419,37 Kč	221 249,32 Kč

Tab. 13 Dosažitelné roční úspory v nákladech na vytápění

Varianta	Bivalence					
	Elektrokotel	Kondenzační kotel	Teplárny Brno	MTT ENER TWIN	MICRO 7	MICRO 7 + výměník
1	290 910,40 Kč	292 059,70 Kč	292 653,39 Kč	283 834,76 Kč	284 903,25 Kč	285 369,71 Kč
2	309 700,99 Kč	307 180,20 Kč	310 847,52 Kč	297 105,12 Kč	297 497,77 Kč	297 669,19 Kč
3	294 996,18 Kč	291 085,67 Kč	295 916,86 Kč	280 310,02 Kč	280 446,76 Kč	280 506,45 Kč
4	297 652,07 Kč	293 727,13 Kč	298 570,41 Kč	282 944,19 Kč	283 078,28 Kč	283 136,81 Kč
5	309 497,94 Kč	306 960,01 Kč	310 641,69 Kč	296 876,28 Kč	297 265,78 Kč	297 435,82 Kč

6.3 Maximální investiční náklady

Ačkoliv je v provedeném porovnání dosahováno poměrně vysokých ročních úspor, neposkytuje tento údaj žádnou vypovídací hodnotu o vhodnosti té či oné varianty, neboť neobsahuje informaci o požadovaných investičních nákladech. Jelikož jsou tyto náklady neznámé, je stanovena maximální výše těchto nákladů pro různé doby návratnosti (splácení) vynaložené investice.

Při stanovení výše maximálních investičních nákladů jsou zohledňovány dosažitelné úspory výši 280 tis. Kč, 290 tis., 305 tis. Kč a 310 tis. Kč a různé způsoby financování od hotovostního (prostá návratnost) až po úvěrové s různou mírou RPSN. Úvěrové financování vychází z předpokladu, že společenství vlastníků nemá žádné volné peníze a musí si na celou investici půjčit. Výši roční splátky přitom musí pokrýt roční úspora v nákladech na vytápění.

Maximální výše investičních nákladů je uvedena v tab. 14 – tab. 17.

Tabulky vypovídají o možnosti návratnosti investované částky a z toho vyplývajícího zisku. Je patrné, že při velmi krátké době návratnosti budeme moci uvažovat značný zisk a naopak, přičemž při navrácení investic v době konce životnosti zařízení by nevznikl žádný, tedy by byl nulový.

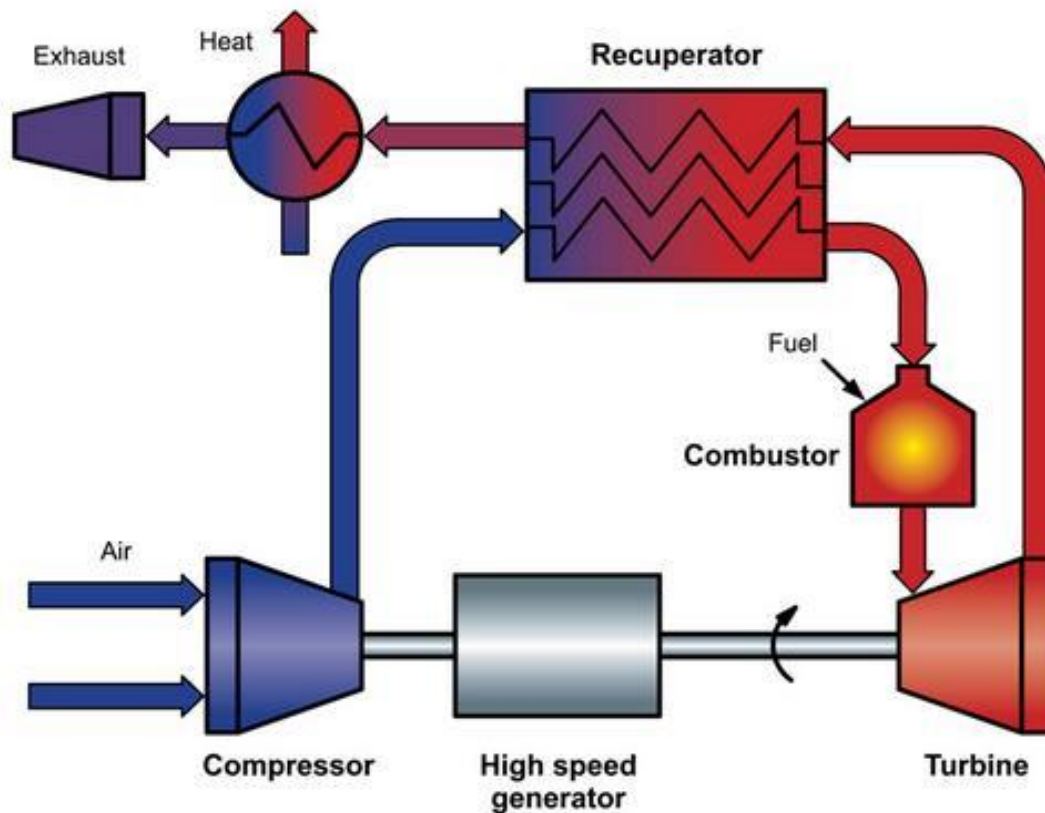
Takto navržená soustava by se taktéž dala brát jako jakési splnění požadavků, ovšem při sebemenší změně parametrů by se změnila ve ztrátovou. Obrácená varianta, kdy by se nám měli investice vrátit, řekněme do pěti let, není o nic výhodnější. Teoreticky je možné

dosáhnout značných zisků, ovšem při vyčíslení částky, jež je možná investovat bychom marně hledali vhodného výrobce zařízení. Pohybujeme se zde okolo částky 1,2 milionů, za níž prakticky není možno tepelná čerpadla pořídit.

Pro naše účely by bylo nejvhodnější pohybovat se v rozmezí doby návratnosti od 8 do 10 let. Jednak už se při této uvažované době návratnosti dá disponovat značnou sumou, přibližně 1,8 milionů, jež by byla dostačující jak na nákup tepelných čerpadel, tak by zbylo i na dodatkové práce např. na úpravy budoucích kotlen. Ale převážně by se daly uvažovat zisky dostatečně velké, které by při náhlých událostech mohli utlumit sníženou výdělečnost systému a minimalizovat riziko ztrát.

Prakticky nejlépe, pro všechny varianty tepelných čerpadel, je použití jako bivalentního zdroje stávající dálkový rozvod tepla. Další možností by bylo použití elektrokotle nebo kondenzačního kotle, tyto dvě možnosti dosahují podobných hodnot úspor.

Pro nás nejméně zisková možnost by bylo použití systému mikroturbíny Enertwin v kombinaci spolu s tepelným čerpadlem Daikin.



Obr. 18 Schéma mikroturbíny enertwin [12]

Tab. 14 Maximální investiční náklady pro varianty s úsporou vyšší jak 280 000 Kč

Maximální investiční náklady v Kč						
Návratnost v letech	Hotovost (prostá návratnost)	Úvěr s RPSN				Zisk pro životnost 15 let
		2 %	5 %	8 %	11 %	
1	280 000,00	276 990,11	272 561,85	268 234,91	264 006,51	3 920 000,00
2	560 000,00	548 499,97	531 857,63	515 912,68	500 631,10	3 640 000,00
3	840 000,00	814 638,01	778 533,03	744 608,80	712 713,73	3 360 000,00
4	1 120 000,00	1 075 510,50	1 013 202,31	955 777,97	902 799,83	3 080 000,00
5	1 400 000,00	1 331 221,63	1 236 449,81	1 150 763,44	1 073 170,79	2 800 000,00
6	1 680 000,00	1 581 873,51	1 448 831,47	1 330 805,52	1 225 871,41	2 520 000,00
7	1 960 000,00	1 827 566,25	1 650 876,15	1 497 049,43	1 362 734,41	2 240 000,00
8	2 240 000,00	2 068 397,95	1 843 086,95	1 650 552,64	1 485 402,41	1 960 000,00
9	2 520 000,00	2 304 464,79	2 025 942,51	1 792 291,60	1 595 347,67	1 680 000,00
10	2 800 000,00	2 535 861,05	2 199 898,17	1 923 167,89	1 693 889,76	1 400 000,00
11	3 080 000,00	2 762 679,13	2 365 387,11	2 044 014,01	1 782 211,37	1 120 000,00
12	3 360 000,00	2 985 009,61	2 522 821,41	2 155 598,66	1 861 372,54	840 000,00
13	3 640 000,00	3 202 941,28	2 672 593,10	2 258 631,62	1 932 323,37	560 000,00
14	3 920 000,00	3 416 561,18	2 815 075,14	2 353 768,29	1 995 915,40	280 000,00
15	4 200 000,00	3 625 954,60	2 950 622,33	2 441 613,82	2 052 911,87	0,00

Tab. 15 Maximální investiční náklady pro varianty s úsporou vyšší jak 290 000 Kč

Maximální investiční náklady v Kč						
Návratnost v letech	Hotovost (prostá návrtnost)	Úvěr s RPSN				Zisk pro životnost 15 let
		2 %	5 %	8 %	11 %	
1	290 000,00	286 882,62	282 296,20	277 814,73	273 435,32	4 060 000,00
2	580 000,00	568 089,26	550 852,54	534 338,14	518 510,78	3 770 000,00
3	870 000,00	843 732,22	806 337,78	771 201,97	738 167,80	3 480 000,00
4	1 160 000,00	1 113 921,59	1 049 388,10	989 912,90	935 042,68	3 190 000,00
5	1 450 000,00	1 378 765,26	1 280 608,74	1 191 862,14	1 111 498,32	2 900 000,00
6	1 740 000,00	1 638 369,00	1 500 575,46	1 378 334,29	1 269 652,54	2 610 000,00
7	2 030 000,00	1 892 836,47	1 709 836,01	1 550 515,48	1 411 403,50	2 320 000,00
8	2 320 000,00	2 142 269,30	1 908 911,48	1 709 500,95	1 538 452,50	2 030 000,00
9	2 610 000,00	2 386 767,10	2 098 297,60	1 856 302,01	1 652 324,37	1 740 000,00
10	2 900 000,00	2 626 427,51	2 278 465,97	1 991 852,45	1 754 385,82	1 450 000,00
11	3 190 000,00	2 861 346,24	2 449 865,22	2 117 014,51	1 845 861,78	1 160 000,00
12	3 480 000,00	3 091 617,10	2 612 922,17	2 232 584,32	1 927 850,13	870 000,00
13	3 770 000,00	3 317 332,05	2 768 042,85	2 339 297,03	2 001 334,92	580 000,00
14	4 060 000,00	3 538 581,22	2 915 613,54	2 437 831,44	2 067 198,09	290 000,00
15	4 350 000,00	3 755 452,98	3 056 001,70	2 528 814,31	2 126 230,15	0,00

Tab. 16 Maximální investiční náklady pro varianty s úsporou vyšší jak 305 000 Kč

Maximální investiční náklady v Kč						
Návratnost v letech	Hotovost (prostá návrtnost)	Úvěr s RPSN				Zisk pro životnost 15 let
		2 %	5 %	8 %	11 %	
1	305 000,00	301 721,37	296 897,73	292 184,45	287 578,52	4 270 000,00
2	610 000,00	597 473,19	579 344,92	561 976,32	545 330,31	3 965 000,00
3	915 000,00	887 373,55	848 044,91	811 091,72	776 348,89	3 660 000,00
4	1 220 000,00	1 171 538,23	1 103 666,80	1 041 115,29	983 406,95	3 355 000,00
5	1 525 000,00	1 450 080,71	1 346 847,12	1 253 510,18	1 168 989,61	3 050 000,00
6	1 830 000,00	1 723 112,22	1 578 191,43	1 449 627,44	1 335 324,22	2 745 000,00
7	2 135 000,00	1 990 741,80	1 798 275,80	1 630 714,55	1 484 407,13	2 440 000,00
8	2 440 000,00	2 253 076,33	2 007 648,28	1 797 923,42	1 618 027,63	2 135 000,00
9	2 745 000,00	2 510 220,57	2 206 830,24	1 952 317,64	1 737 789,43	1 830 000,00
10	3 050 000,00	2 762 277,21	2 396 317,65	2 094 879,31	1 845 129,92	1 525 000,00
11	3 355 000,00	3 009 346,91	2 576 582,39	2 226 515,26	1 941 337,39	1 220 000,00
12	3 660 000,00	3 251 528,33	2 748 073,32	2 348 062,82	2 027 566,52	915 000,00
13	3 965 000,00	3 488 918,19	2 911 217,48	2 460 295,16	2 104 852,24	610 000,00
14	4 270 000,00	3 721 611,28	3 066 421,13	2 563 926,17	2 174 122,13	305 000,00
15	4 575 000,00	3 949 700,55	3 214 070,75	2 659 615,05	2 236 207,57	0,00

Tab. 17 Maximální investiční náklady pro varianty s úsporou vyšší jak 310 000 Kč

Maximální investiční náklady v Kč						
Návratnost v letech	Hotovost (prostá návrtnost)	Úvěr s RPSN				Zisk pro životnost 15 let
		2 %	5 %	8 %	11 %	
1	310 000,00	306 667,62	301 764,90	296 974,36	292 292,92	4 340 000,00
2	620 000,00	607 267,83	588 842,38	571 189,04	554 270,15	4 030 000,00
3	930 000,00	901 920,65	861 947,28	824 388,31	789 075,92	3 720 000,00
4	1 240 000,00	1 190 743,77	1 121 759,70	1 058 182,75	999 528,38	3 410 000,00
5	1 550 000,00	1 473 852,52	1 368 926,58	1 274 059,53	1 188 153,37	3 100 000,00
6	1 860 000,00	1 751 359,96	1 604 063,42	1 473 391,82	1 357 214,78	2 790 000,00
7	2 170 000,00	2 023 376,91	1 827 755,73	1 657 447,58	1 508 741,67	2 480 000,00
8	2 480 000,00	2 290 012,01	2 040 560,55	1 827 397,57	1 644 552,67	2 170 000,00
9	2 790 000,00	2 551 371,73	2 243 007,78	1 984 322,84	1 766 277,78	1 860 000,00
10	3 100 000,00	2 807 560,44	2 435 601,55	2 129 221,59	1 875 377,95	1 550 000,00
11	3 410 000,00	3 058 680,46	2 618 821,44	2 263 015,51	1 973 162,59	1 240 000,00
12	3 720 000,00	3 304 832,07	2 793 123,70	2 386 555,65	2 060 805,32	930 000,00
13	4 030 000,00	3 546 113,57	2 958 942,36	2 500 627,86	2 139 358,02	620 000,00
14	4 340 000,00	3 782 621,30	3 116 690,33	2 605 957,74	2 209 763,48	310 000,00
15	4 650 000,00	4 014 449,74	3 266 760,44	2 703 215,30	2 272 866,71	0,00

6.4 Možnosti realizace v bytovém domě Popelákova 10, 12

V bytovém domě Popelákova 10, 12 v Brně Líšni je uvažováno s umístěním kotelny v prostorách prádelny a máčírny, umístěných ve vchodu Popelákova 10. Tyto prostory byly vybrány z toho důvodu, že v současnosti nejsou nijak využívány a zároveň je v prostorách prádelny umístěno předávací místo současného dodavatele tepla. Napojení na současné rozvody by tak představovalo minimum bouracích prací.

Pro tyto dvě místnosti byly vypracovány situační plány jednotlivých variant, viz Příloha 5, 6 a 7.

Z těchto plánů vyplývá, že realizace systému s tepelnými čerpadly Daikin je poměrně prostorově náročná a vyžádala by si pravděpodobně vyšší investiční náklady na úpravu místností kotelny. Na druhou stranu poskytují tepelná čerpadla Daikin jednodušší napojení venkovní jednotky, neboť je zapotřebí protáhnout pouze 3 propojovací vedení.

Pro skutečnou realizaci se tak jeví jako vhodnější použití variant s tepelnými čerpadly Rotex a Sinclair, které kladou menší požadavky na již tak malý prostor vyhrazený pro kotelnu.

Problém také vzniká s instalací bivalentního zdroje, poněvadž dům není vybaven komínem, který by tak bylo zapotřebí zbudovat, což přináší další investiční náklady. Vzhledem k tomu, že varianty využívající jako bivalentní zdroj kondenzační kotel či kogenerační jednotky dosahují nižších úspor, než je tomu v případě variant s elektrokotlem a dálkovým vytápěním, lze tyto varianty z možných řešení vyloučit.

Všechna řešení by byla realizována velmi podobně. Kaskáda tepelných čerpadel by se musela napojovat na otopnou soustavu, která je v současnosti v bytovém domě zbudována. Napojení na ni by bylo nejlépe v místě stávající přípojky dálkového rozvodu tepla. Toto místo je na přípoj velmi výhodné, protože prakticky slouží jako vstup do otopné soustavy a je velmi blízko k naší kaskádě tepelných čerpadel. Prakticky jen přes zeď. Je umístěno v menší technické místnosti.

Taktéž by se muselo realizovat propojení mezi vnitřními a venkovními jednotkami. Nejlépe tak, aby bylo pro dům co nejméně invazivní. Jedna varianta by mohla být vedení chladivového potrubí po fasádě objektu. Toto by ovšem bylo velmi neefektivní, potrubí by muselo být dobře izolováno. Po vizuální stránce by to mírně rušilo estetický vzhled budovy.

Nejlepším řešením by tedy bylo vést toto chladivové potrubí vnitřkem budovy. Toto by se dalo realizovat tak, že by se toto potrubí vedlo skrze společné schodiště. Tedy jediné invazivní práce na domě by spočívaly ve vytvoření průchodu mezi místnostmi s tepelnými čerpadly a přivedení tohoto potrubí na společné schodiště. Zde by bylo vedeno přímo horizontálně vzhůru na střechu. Pro průchod z nejnižšího patra až na střechu objektu by byly prakticky dvě varianty. První z nich by bylo vytvořit otvory provedené někde v rohové části místnosti, kudy by potrubí bylo vedeno a jako finální úpravu je zakrýt lištou nebo falešným rohem (to pouze z estetického hlediska). A druhá varianta by se dala řešit tak, že by se pouze zvětšili otvory po odstranění otopných těles, která jsou umístěna na schodišti v každém z podlaží. Z výpočtu tepelných ztrát totiž vyplynulo, že schodiště má velmi malou tepelnou ztrátu a převládá u něj tepelný zisk z okolních místností, viz tab. 1.

Vytápění této místnosti tedy není příliš potřeba, navíc odpojená otopná tělesa by mohla být uskladněna a použita při výměně například opotřebovaných těles, popřípadě prodána aby nemusela být skladována.

7 Závěr

Naším úkolem bylo navrhnout systém vytápění panelového domu tepelným čerpadlem a určit maximální investiční náklady, při kterých je tento způsob vytápění ekonomicky výhodný.

Nejprve jsme si zjistili energetickou potřebu domu. Potřeba teplé vody byla ve výpočtech mírně nadhodnocena kvůli rezervě pro uživatele, ale v dlouhodobém průměru, vypočteném z naměřených hodnot, je toto nadhodnocení minimální.

U potřeby tepla na vytápění se nám hodnoty naměřené lišily od vypočtených hodnot daleko výrazněji. Vypočtené hodnoty byly větší, což je pro nás pozitivní, a díky tomu je návrh tepelného čerpadla nadhodnocen a je možnost jej použít i v případě, kdy by se energetické požadavky domu zvýšily.

Byli bráni v úvahu tři výrobci vysokoteplotních tepelných čerpadel Daikin, Sinclair a Rotex, jejichž výrobky byly navzájem porovnávány v kombinaci s různými bivalentními zdroji a velikostmi akumulčních nádrží. Pro potřeby tohoto porovnání byl sestaven výpočtový model otopného systému s akumulční nádrží a kaskádou tepelných čerpadel, který pro jednotlivá porovnávaná tepelná čerpadla stanovil stupeň pokrytí potřeby domu pomocí tepelného čerpadla a sezónní topný faktor.

Po porovnání a vyčíslení nákladů na elektrickou energii nejlépe vycházelo použití tepelných čerpadel Rotex jejichž nároky na elektrickou energii dělali 188 tisíc Kč/rok. Tepelná čerpadla zbylých dvou výrobců se přiblížila k částce 200 tisíc Kč/rok, avšak rozdíly mezi nimi už nebyly tak výrazné.

Z bilančního výpočtu na druhou stranu vychází provoz čerpadel Daikin výhodněji. Při použití 25kW dodatkového zdroje energie se u něj dostáváme do bodu bivalence při samostatném vytápění na teplotu $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a při současném ohřevu TV na $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tyto klimatické podmínky v ČR trvají pouze krátkou dobu, tedy je možno předpokládat dostačující výkon těchto čerpadel v průběhu skoro celého rok. Použití tepelných čerpadel by tedy po většinu roku mohlo být bez dodatkového zdroje.

Jednotlivé varianty kaskád s tepelnými čerpadly byly dále rozšířeny o řešení bivalentního ohřevu pomocí elektrokotle, kondenzačního kotle, stávajícího dodavatele Teplárny Brno a kogenerační jednotky, čímž bylo vytvořeno 30 variant řešení zdroje tepla pro panelový dům. Pro všechny varianty byly stanoveny roční náklady na provoz, které se pohybovali v rozmezí od 207 do 238 tisíc. Nejúspornějším řešením je použití tepelného čerpadla Rotex spolu s bivalentní dodávkou tepla ze sítě Tepláren Brno. Na druhou stranu nejméně úsporné je použití TČ Daikin s mikroturbínovou kogenerační jednotkou.

Při zhodnocení systému z hlediska návratnosti, počítaje s výší roční úspory 280-310 tisíc, docházíme k závěru, že do výše investičních nákladů 3,9 milionů s dobou návratnosti 14 let (bez úvěru) bude systém stále ziskový. Zisk bude však po rozpočítání nepatrný a jakákoliv chyba v instalaci nebo změna při odebírání energie by způsobila ztrátovost provozu systému.

Abychom předešly ztrátám, je vhodné uvažovat dostatečnou rezervu v době návratnosti. Příkladně bych se k době 10 nejvýše 11 let, kde za zbylou dobu do konce životnosti je možné dosáhnout zisk, jenž by mohl pokrýt větší část obnovy systému.

Je ale nutné říci, že každá z hodnocených variant má svá pro a proti a hlavním zdrojem úspor je vlastní spotřeba energií, tedy v době kdy bude například tuhá zima, se mi vyplatí použití kaskády tepelných čerpadel více, protože bude větší spotřeba tepla a možný rozdíl mezi jejím použitím a stávajícím zdrojem tepla bude mnohem větší. V případě teplejšího otopného období a velmi nízké spotřebě TV by zisky byly mnohem menší a použití tepelných čerpadel by nemuselo být výhodné.

Použitá literatura

- [1] *Panelové domy, Ekowatt* [online]. [2011] [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/b-70>
- [2] *Tepelná čerpadla: studijní materiály pro certifikační kurs*. Osmé, upravené - duben 2014. 2014.
- [3] *Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu*. Praha: ČNI, 2005.
- [4] *Energetická agentura DEA, Energetický audit, Objekt: Popeláková 10 – 24, Brno*. Brno, říjen 2004.
- [5] *NTC - software pro návrh tepelného čerpadla* [online]. 2013 [cit. 2015-05-29]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/tzb/energie/ntc-software-pro-navrh-tepelneho-cerpadla>
- [6] *Tepelná čerpadla Sinclair* [online]. 2015 [cit. 2015-05-29]. Dostupné z: <http://www.sinclairheatpumps.eu/cs/vyrobky/vnitri-jednotky/shp-180irc/>
- [7] Stavoprojekt, technická zpráva - Ústřední vytápění, sídliště líšeň, III. B st. Dům A-23 Brno, květen 1981
- [8] *Brněnské vodárny a kanalizace* [online]. 2015 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.bvk.cz/zakaznikum/odpovedi-faq/prumerna-spotreba-vody/>
- [9] *Tepelné soustavy v budovách: Příprava teplé vody - Navrhování a projektování*, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Praha, 2006
- [10] *Stavební bytové družstvo Mír* [online]. 2015 [cit. 2015-05-29]. Dostupné z: <http://www.mirsbd.cz/dokumenty/statistiky>
- [11] *TC MACH. tepelná čerpadla* [online]. [2015][cit.2015-05-29]. Dostupné z: <http://www.tepelna-cerpadla-mach.cz/tepelna-cerpadla-pro-rodinne-domy/princip-tepelneho-cerpadla.php>
- [12] *The EnerTwin micro turbine: reliable technology* [online]. [2015] [cit. 2015-05-29]. Dostupné z: <http://www.enertwin.com/enertwin-en/the-micro-turbine-technology>
- [13] *TEDOM. Kogenerační jednotky* [online]. [2015] [cit. 2015-05-29]. Dostupné z: <http://kogenerace.tedom.com> Tedom
- [14] *Akumulační nádrže ROLF* [online]. [23. 3. 2015] [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.rolf>.

- [15] *Ceník dodávek elektřiny* [online]. 2015 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z:
<http://www.eon.cz/file/edee/cs/domacnosti/produkty-a-ceny-elektriny/eon-cenik-elektrina-01012015-domacnost-eon.pdf>
- [16] *Ceník RWE plyn* [online]. 2014 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z:
http://www.rwe.cz/files/ceniky/ZP_CEN_T33_150501_RWE.pdf
- [17] *Ceník tepla* [online]. © 2014. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z:
<http://www.teplarny.cz/stranka/63/cena-tepla/>
- [18] *Plynové kotle* [online]. 2015 [cit. 2015-05-29]. Dostupné z: www.baxi.cz
- [19] *Elektrokotle* [online]. [2015] [cit. 2015-05-29]. Dostupné z:
<http://www.thermona.cz/therm-el-8-15-23-30-38-45>
- [20] TZB-INFO. *Kogenerace* [online]. 2015 [cit. 2015-05-29]. Dostupné z:
<http://energetika.tzb-info.cz/kogenerace>

Seznam příloh

- Příloha 1: Technická dokumentace TČ Daikin
- Příloha 2: Technická dokumentace TČ Sinclair 180IRC
- Příloha 3: Technická dokumentace TČ Rotex
- Příloha 4: Technická dokumentace akumulčních nádrží Rolf
- Příloha 5: Návrh rozmístění TČ Daikin
- Příloha 6: Návrh rozmístění TČ Rotex
- Příloha 7: Návrh rozmístění TČ Sinclair

Příloha 1: Technická dokumentace TČ Rotex

Příloha 2: Technická dokumentace TČ Sinclair 180IRC

<http://www.sinclairheatpumps.eu/cs/vyroby/vnitri-jednotky/shp-180irc/>

Napětí / fáze / frekvence	V / ph / Hz	400 / 3 / 50
Rozsah provozních teplot	Teplota	-20 ~ +40 °C
Rozsah teplot ohřívání vody	Teplota	+12 ~ +65 °C
Chladivo	Typ / množství	R-407C / 8,0 kg
Elektrický ohřev (bivalence)		3,0 kW
Počet kompresorů		1ks
Kompresor	Typ	COPELAND EVI scroll
Potrubí kapaliny	Průměr	12 mm
Potrubí plynu	Průměr	22 mm
Potrubí pro vodu	Průměr	DN25
Hladina akustického tlaku L _{pA} v 1 m		51 dB
Rozměry	Š x V x H	602 x 1035 x 638 mm
Hmotnost		150 kg



"A10" značí vstupní teplotu vzduchu 10 °C a "W35" značí výstupní teplotu vody 35 °C

Design a technické parametry jsou platné k lednu 2013 a mohou být bez upozornění změněny.

Příloha 3: Technická dokumentace TČ Daikin

http://www.verdeon.cz/public/img/daikin_cenik_2014.pdf



Vnitřní jednotka				EKHBRD011ACV1	EKHBRD014ACV1	EKHBRD016ACV1	EKHBRD011ACY1	EKHBRD014ACY1	EKHBRD016ACY1	
Provoz				Pouze vytápění						
Opláštění	Barva			Šedá metaliza						
	Materiál			Pozinkovaný ocelový plech						
Rozměry	jednotka	VxŠxH		mm	705/600/695					
Hmotnost	jednotka			kg	144.25		147.25			
Provozní rozsah	vytápění	Venkovní	min.~max.	°C	-20~-20					
		Výstupní voda	min.~max.	°C	25~80					
	Teplá užitková voda	Venkovní	min.~max.	°C	-20~-35					
		Výstupní voda	min.~max.	°C	25~80					
Chladivo	Typ			R-134a						
	Množství			kg	3.2					
Hladina akust. tlaku	Jmen.			dBA	43 ¹ 46 ²	45 ¹ 46 ²	46 ¹ 46 ²	43 ¹ 46 ²	45 ¹ 46 ²	46 ¹ 46 ²
	Tichý mód	Level 1		dBA	40 ¹	43 ¹	45 ¹	40 ¹	43 ¹	45 ¹
Napájení	Označení			V1			Y1			
	Fáze			1~			3~			
	Frekvence			Hz	50					
	Napětí			V	220-240			380-415		
Proud	Doporučené jištění			A	25			16		

(1) EW 55°C; LW 65°C; Dt 10°C; okolní podmínky: 7°CDB/6°CWB

(2) EW 70°C; LW 80°C; Dt 10°C; okolní podmínky: 7°CDB/6°CWB |

Příloha 4: Technická dokumentace akumulčních nádrží Rolf
<http://www.rolf.cz/portals/67/Sys41/file2/6917.pdf>



Objem (litr)	Průměr nádrže bez izolace (mm)	Průměr nádrže vč. izolace (mm)	Výška nádrže (mm)	Výprodej !!! cena nádrže (Kč/ks)	Cena izolace (Kč/ks)
200	500	595	1 260	4 890,-	3 790,-
300	500	595	1 760	5 590,-	4 490,-
400	600	800	1 665	6 490,-	4 790,-
500	600	800	1 915	6 890,-	5 190,-
750	790	990	1 725	7 890,-	6 390,-
800	790	990	1 820	8 290,-	6 590,-
900	790	990	1 975	8 590,-	6 790,-
1 200	950	1 150	2 050	12 290,-	7 890,-
1 500	950	1 150	2 450	13 990,-	8 890,-

Ceny jsou uvedeny bez DPH

Příloha 5: Návrh rozmístění TČ Daikin

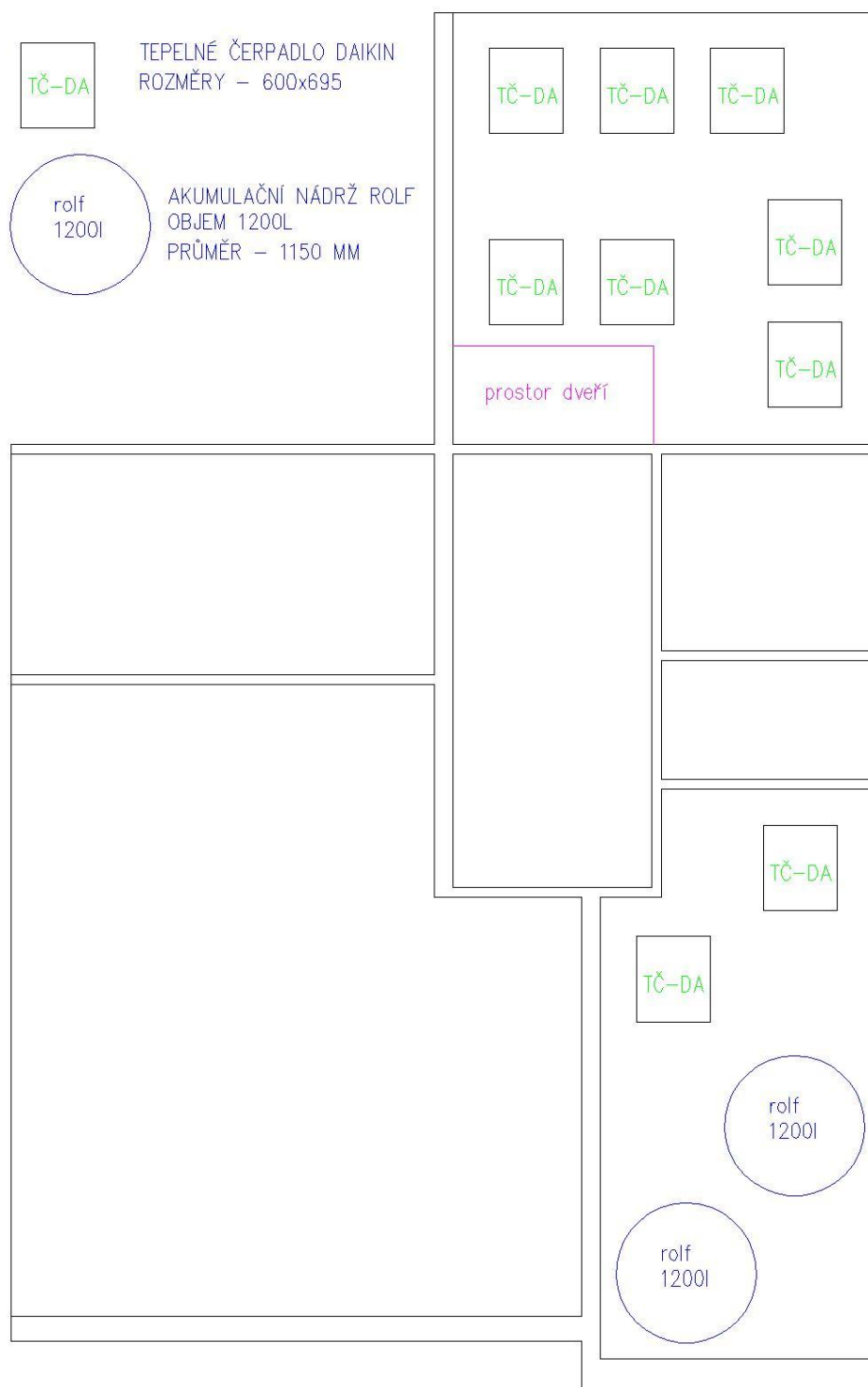


Schéma č.1

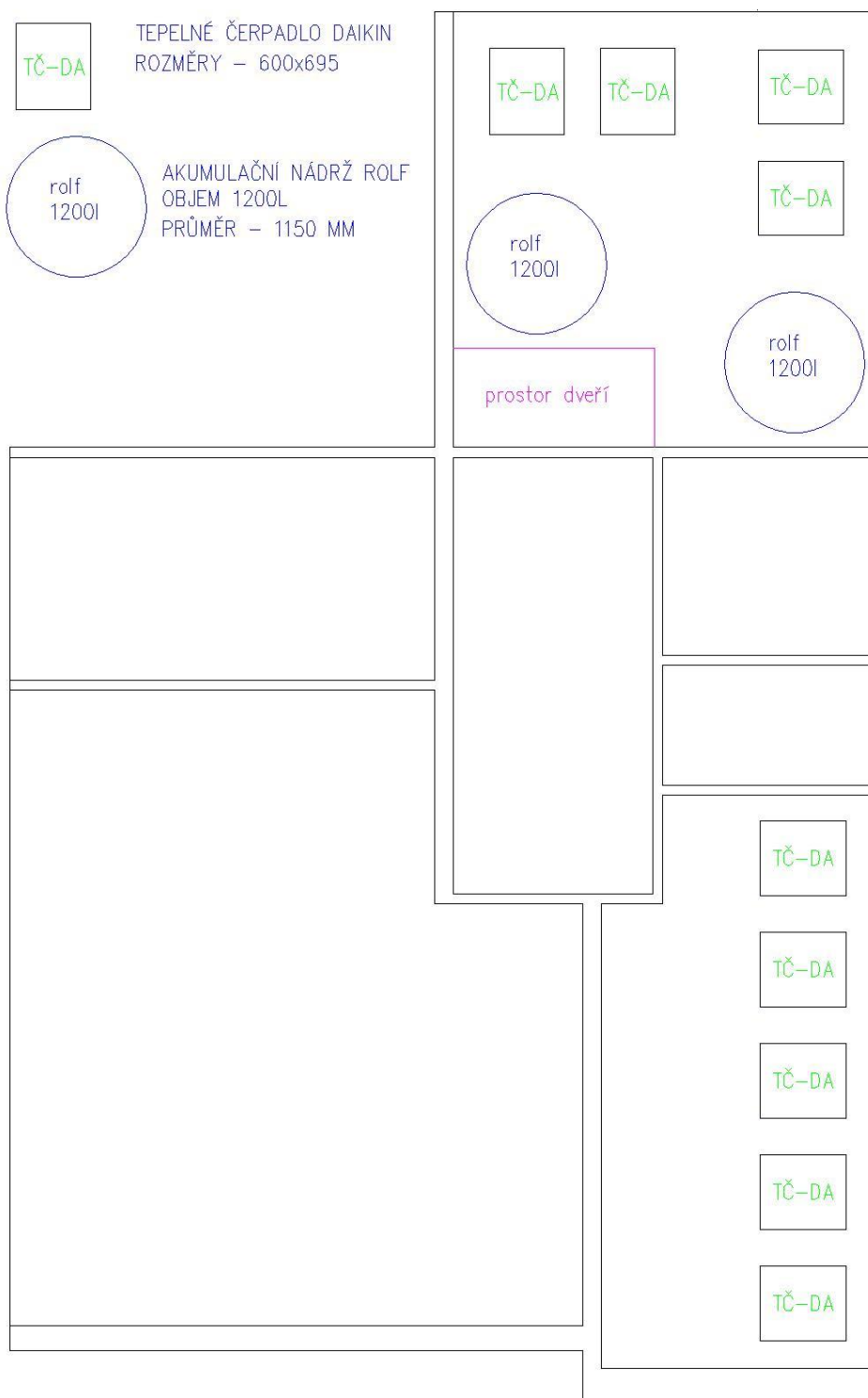


Schéma č.2

Příloha 6: Návrh rozmístění TČ Rotex

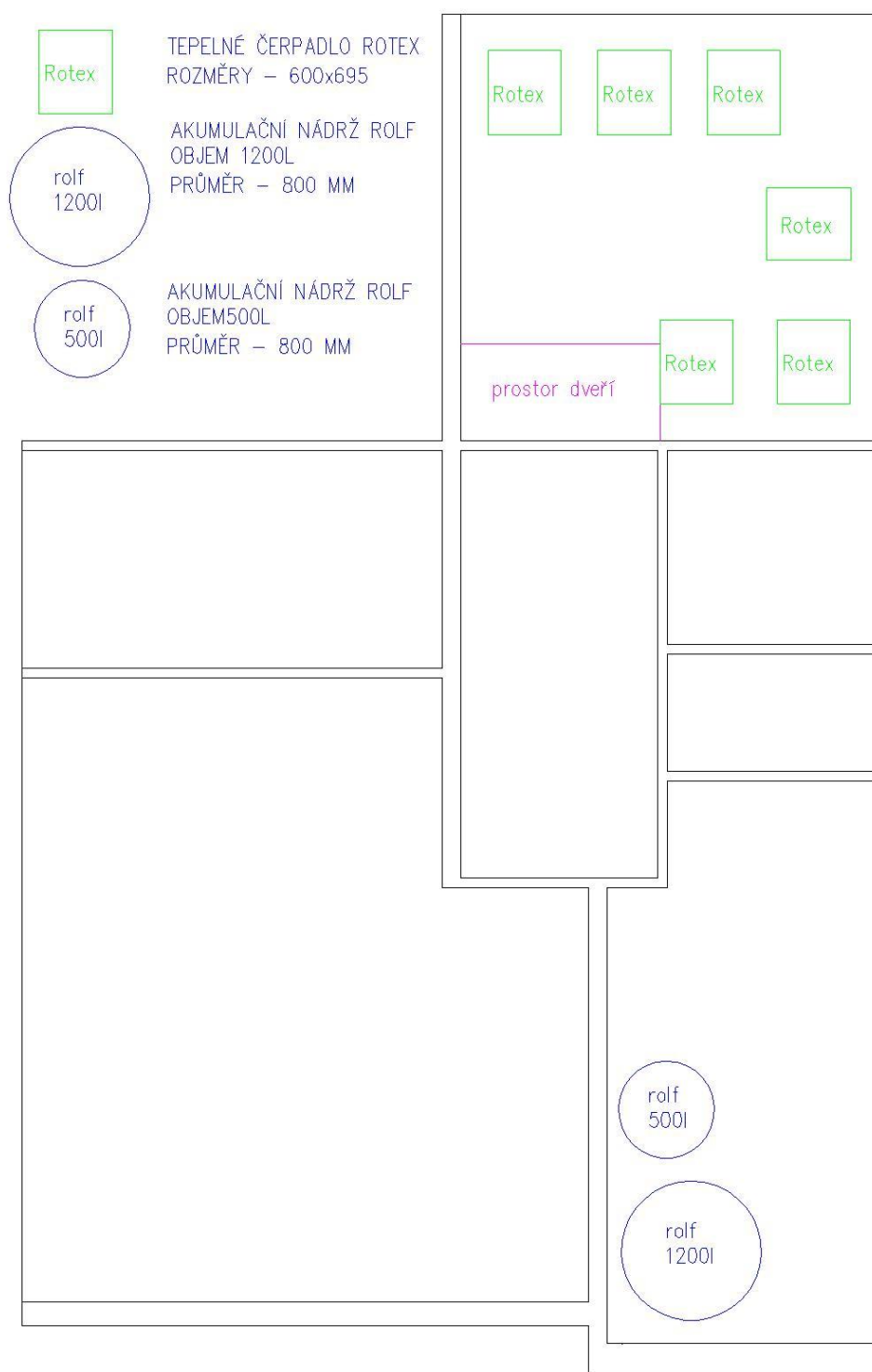


Schéma č.1

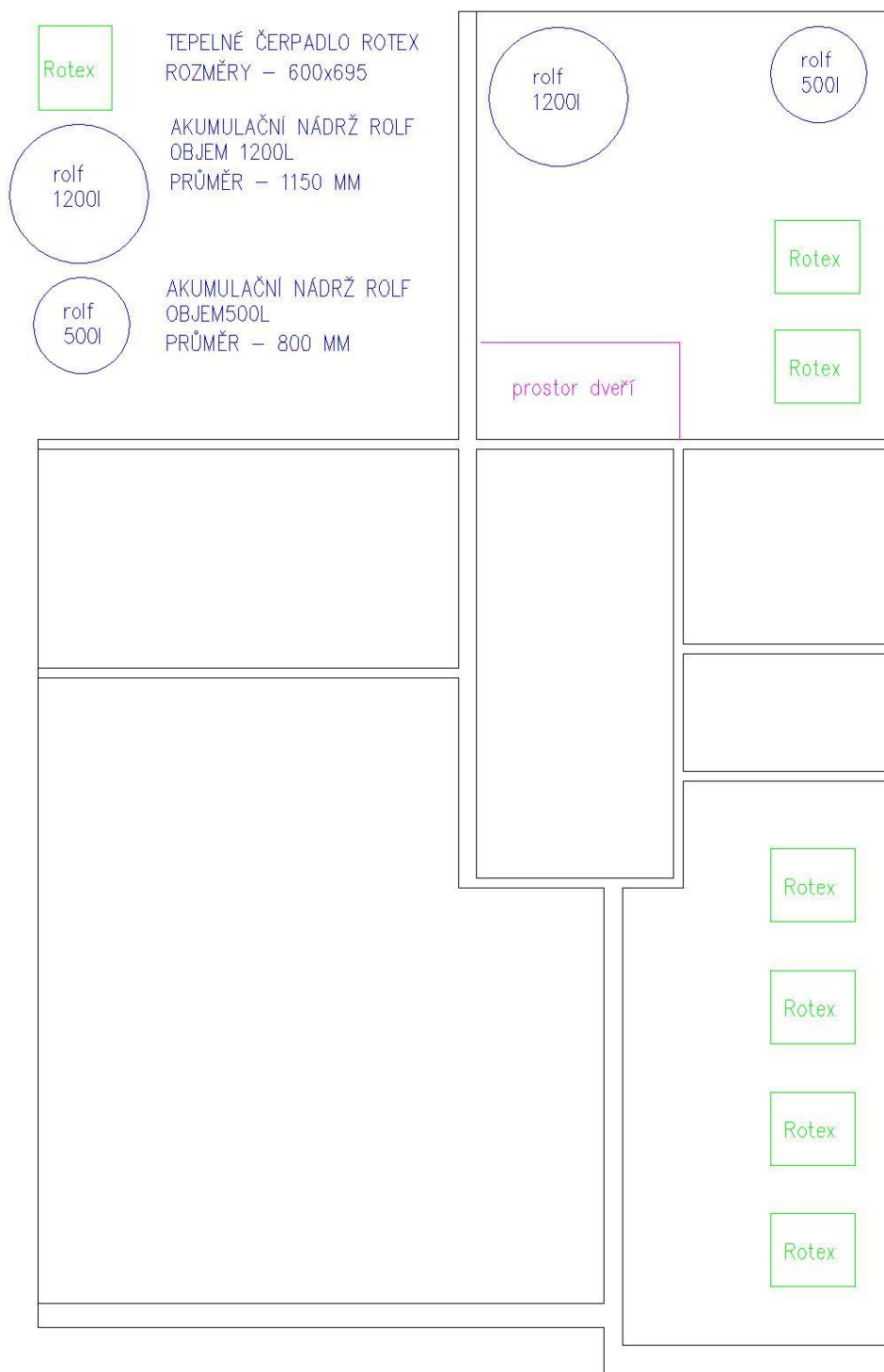


Schéma č.2

Příloha 7: Návrh rozmístění TČ Sinclair

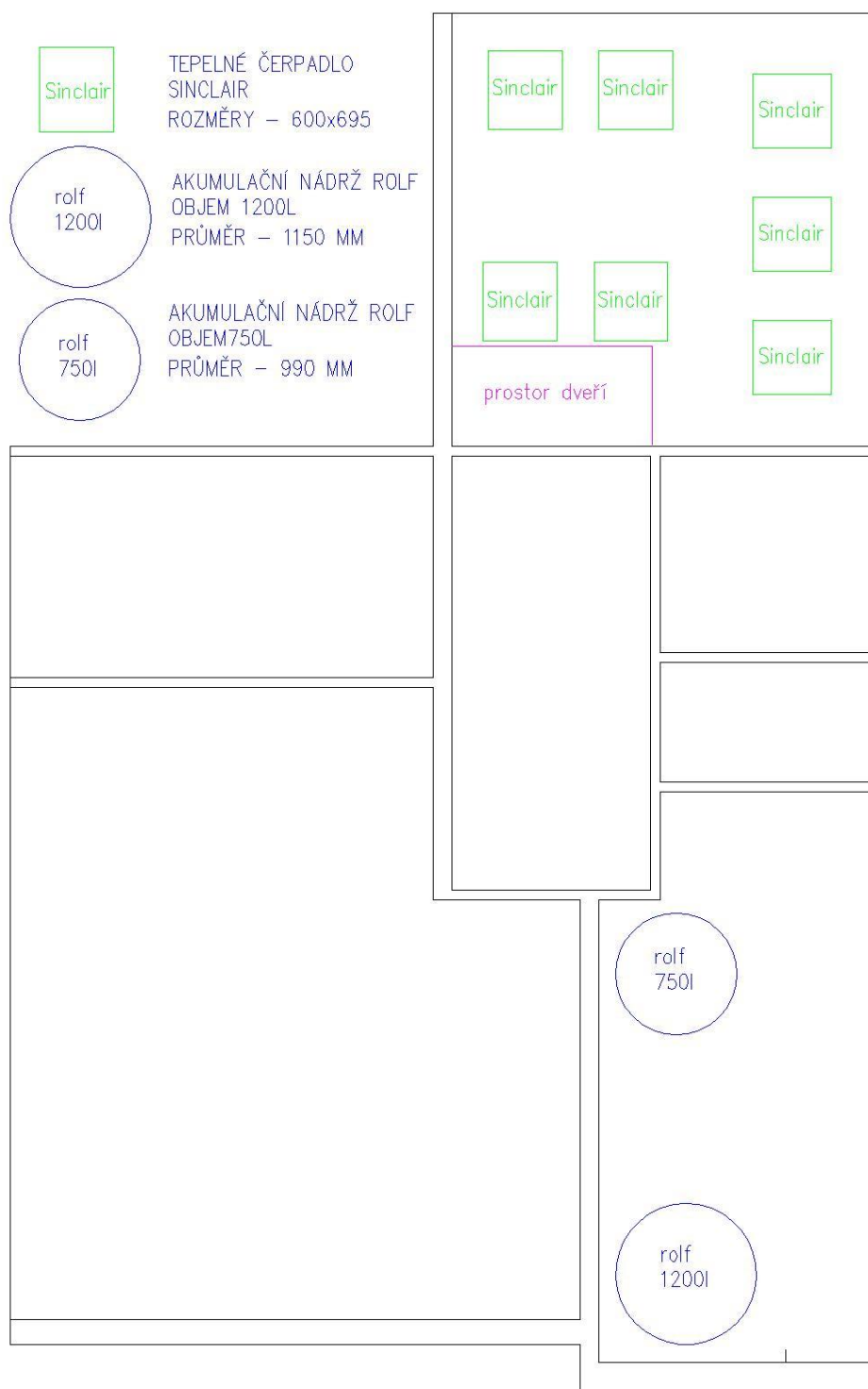


Schéma č.1

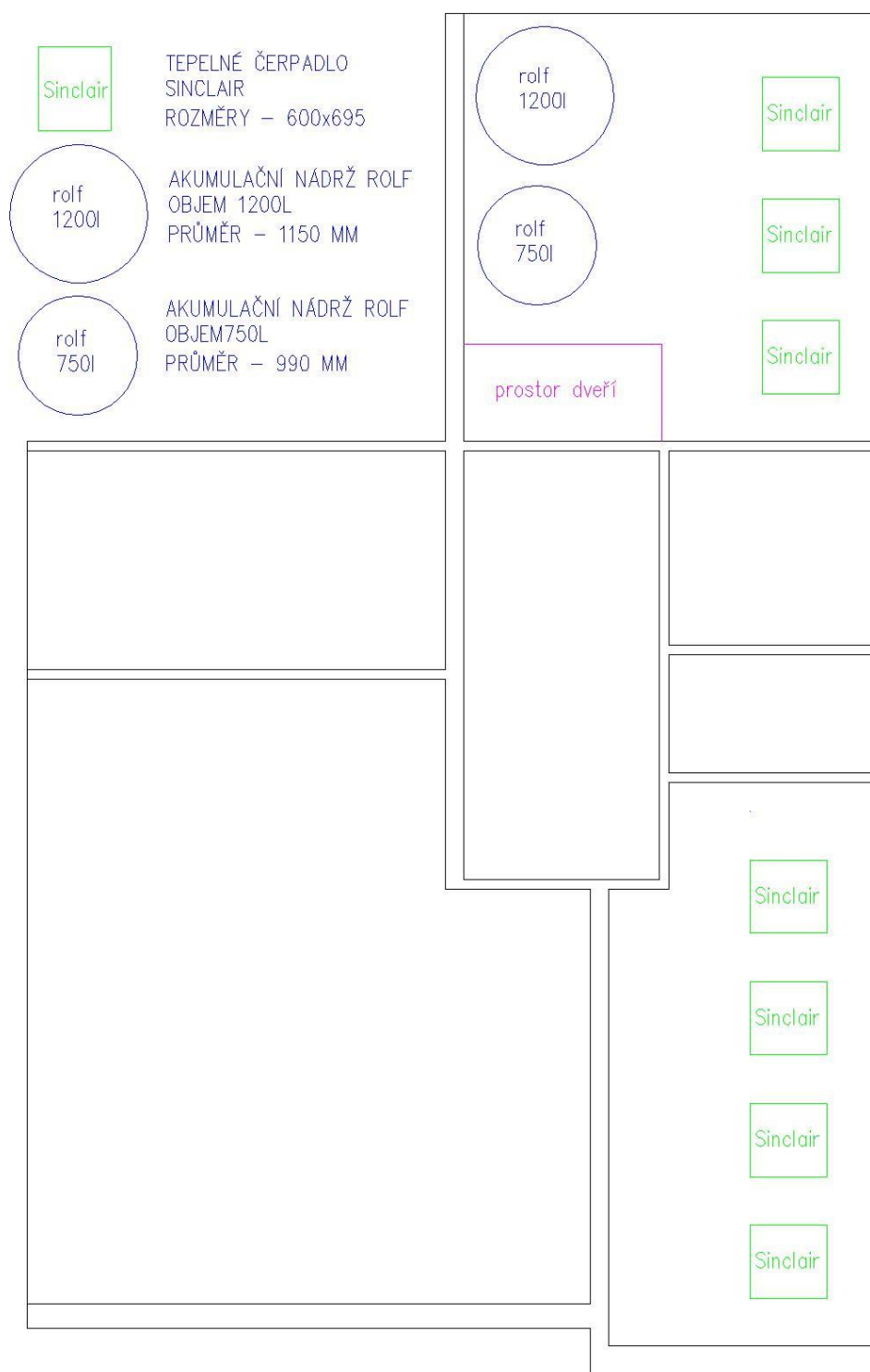


Schéma č.2