

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ  
KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Využití tepelných čerpadel pro vytápění v bytových domech

Martin Máša

2015/2016

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**Fakulta elektrotechnická**  
Akademický rok: 2015/2016

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin MÁŠA**  
Osobní číslo: **E13B0515P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Technická ekologie**  
Název tématu: **Využití tepelných čerpadel pro vytápění v bytových domech**  
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

**Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**

1. Popište současný stav využití tepelných čerpadel pro vytápění rodinných a bytových domů.
2. Porovnejte tento stav s ostatními způsoby vytápění, zejména s centrálním zásobováním tepla CZT.
3. Vyhodnoťte tyto způsoby z hlediska energetické, environmentální a ekonomické přijatelnosti.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

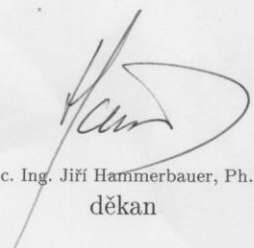
Seznam odborné literatury:

**Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**

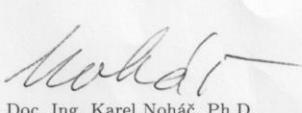
Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Eduard Ščerba, Ph.D.**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2016**

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

## Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce se zabývá využitím tepelných čerpadel pro vytápění v bytových domech.

V první části je popsán princip tepelného čerpadla, jeho základní části a hlavní parametry. Dále jsou pak porovnána tepelná čerpadla s ostatními způsoby vytápění, zejména s centrálním zásobováním tepla. V hlavní části jsou vyhodnoceny způsoby vytápění z ekonomického, environmentálního a energetického hlediska.

Přínosem této práce je reálné porovnání nejpoužívanějších druhů vytápění v ČR a dále se tato práce snaží poukázat na všechny faktory při výběru zdroje vytápění.

## Klíčová slova

Tepelné čerpadlo, topný výkon, bivalentní provoz, bod bivalence, monovalentní provoz, ekvitemní křivka, Carnotův cyklus, Rankinův cyklus

## Abstract

The present thesis deals use of heat pumps for heating in residential houses.

In first part is described principle of heat pumps, its primary portion and main parameters. Then there are compared heat pumps with other heating methods, particularly with central heat supply. In main part are evaluated heating methods of economic, environmental and energy aspect.

The benefit of this thesis is real comparsion the most used of species heating in the Czech republic and tries to point out on all factors when choosing a heating source.

## Key words

Heat pumps, coefficient of performance, bivalent working, monovalent working, ekviterm curve, Carnot cycle, Rankin cycle

## Prohlášení

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

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

.....

podpis

V Plzni dne 27.5.2016

Martin Máša

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce Mgr. Eduardu Šcerbovi, Ph.D. za odborné vedení, za cenné rady a věcné připomínky, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. Děkuji také Ing. Václavu Ježkovi, Ph.D a Ing. Jiřímu Králi za spolupráci při získávání informací pro praktickou část.

# 1 Obsah

<b>1</b>	<b>OBSAH .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>SOUČASNÝ STAV VYUŽITÍ TEPELNÝCH ČERPADEL PRO VYTÁPĚNÍ.....</b>	<b>11</b>
4.1	TEPELNÁ ČERPADLA OBECNĚ .....	11
4.2	TČ VZDUCH/VODA .....	12
4.3	TČ ZEMĚ/VODA.....	12
4.4	TČ VODA/VODA .....	13
4.5	PARAMETRY.....	14
4.6	PRINCIP ČINNOSTI TEPELNÝCH ČERPADEL.....	16
4.6.1	<i>Carnotův a Rankinův cyklus.....</i>	<i>18</i>
4.6.2	<i>Kompresor.....</i>	<i>19</i>
4.6.3	<i>Výměník tepla.....</i>	<i>20</i>
4.6.4	<i>Expanzní ventil.....</i>	<i>20</i>
4.6.5	<i>Chladivo.....</i>	<i>20</i>
4.7	PROVOZ TEPELNÝCH ČERPADEL .....	21
<b>5</b>	<b>REALIZACE TEPELNÝCH ČERPADEL V BYTOVÝCH DOMECH.....</b>	<b>23</b>
5.1	DIMENZOVÁNÍ A REALIZACE .....	23
5.2	PRAKTICKÁ REALIZACE TČ V BYTOVÝCH DOMECH .....	25
<b>6</b>	<b>SROVNÁNÍ SOUČASNÉHO STAVU VYTÁPĚNÍ POMOCÍ TEPELNÝCH ČERPADEL S CZT A OSTATNÍMI TYPY VYTÁPĚNÍ .....</b>	<b>27</b>
6.1	MODELOVÝ BYTOVÝ DŮM.....	28
<b>7</b>	<b>VYHODNOCENÍ ZPŮSOBŮ VYTÁPĚNÍ.....</b>	<b>30</b>
7.1	VYHODNOCENÍ Z EKONOMICKÉHO HLEDISKA.....	30
7.1.1	<i>Technická a ekonomická analýza.....</i>	<i>33</i>
7.2	VYHODNOCENÍ Z ENVIRONMENTÁLNÍHO HLEDISKA .....	34
7.3	VYHODNOCENÍ Z ENERGETICKÉHO HLEDISKA .....	37
7.4	KONEČNÉ SROVNÁNÍ- SWOT ANALÝZA .....	40
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>42</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ.....</b>	<b>44</b>
<b>10</b>	<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>46</b>



## 2 Úvod

V následujících stránkách bude popsán současný stav tepelných čerpadel v ČR, obecné rozdělení, princip tepelných čerpadel a konečné porovnání s různými druhy vytápění z energetického, ekonomického a environmentálního hlediska.

V první části je popsán princip TČ, hlavní parametry, rozdělení a části. Jsou zde vysvětleny pouze základní informace k porozumění funkce TČ. Pokračuje popis provozů tepelného čerpadla a také jeho dimenzování. Následně je psáno o realizaci TČ v bytových domech a pokračuje porovnání TČ s CZT. Je zde ukázán na modelovém objektu přínos tepelného čerpadla z finanční náročnosti při odpojení od CZT. V poslední části je porovnání s ostatními druhy vytápění a následuje vyhodnocení z ekonomického hlediska. Dále jsou porovnány zdroje tepla z hlediska environmentálního, kde jsou porovnány druhy vytápění dle vyprodukovaných emisí a dopad TČ na životní prostředí. Z energetického porovnání vyplývá spotřeba samotné energie či paliv k vytápění. Závěrem je shrnuta praktická část této práce ze všech již popsaných hledisek.

### 3 Seznam symbolů a zkratek

TČ	tepelné čerpadlo
COP	topný faktor
SCOP	sezónní topný faktor
CZT	centrální zásobování tepla
TUV	teplá užitková voda
NO <sub>x</sub>	oxidy dusíku
SO <sub>2</sub>	oxid siřičitý
CO	oxid uhelnatý
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
ZP	zemní plyn
ŽP	životní prostředí

## 4 Současný stav využití tepelných čerpadel pro vytápění

### 4.1 Tepelná čerpadla obecně

Tepelná čerpadla patří v dnešní době mezi velmi používané zdroje tepelné energie. Počet instalací tepelných čerpadel jak v rodinných, tak bytových domech stále roste a předpokládá se další vzestup. Tento typ vytápění je vhodným řešením z energetického a ekologického hlediska, protože využívá teplo z okolního prostředí. TČ pro chod samozřejmě potřebuje elektrickou energii a je tedy nutné využívat neobnovitelné zdroje energie při její výrobě. Ve většině případů je doplněno ještě sekundárním zdrojem tepla, který opět spotřebovává neobnovitelný zdroj.

Tepelná čerpadla využívají okolní energii z různých médií. Mezi ně patří vzduch, voda a země. Dále se tyto tři média kombinují a vznikají specifická tepelná čerpadla. V názvu TČ se vždy objevují dvě média (např. vzduch/voda). První slovo říká, odkud se odebírá teplo (energie) a druhé slovo označuje, jakým médiem se energie dostává do vytápěného objektu.

V první řadě je dobré si uvědomit rozdíl mezi teplotou a teplem. Teplo je označováno jako množství energie, naopak teplota je pouze okamžitý stav. TČ funguje na principu výměny tepla mezi dvěma médii. Při průtoku vody v topení se médium zchladí ze 70 °C na 65°C a předá tedy své teplo okolnímu prostředí, zde vzduchu v místnosti. To samé se děje i při velmi nízkých teplotách, i pod bodem mrazu. Jakmile se chladící médium TČ zchladí z 0°C na -5°C, lze z něj získat to samé množství tepla jako v předchozím příkladě.[1]

V následující kapitole jsou vysvětleny principy základních typů TČ. Mezi další, méně používané, zdroje tepelné energie patří vnitřní vzduch. Tento typ je možné použít pouze v případě, že objekt je vybaven nuceným větráním. Nevýhodou je však omezené množství vzduchu. TČ se dá použít i jako klimatizace. Dá se nastavit tak, aby v zimě topilo a naopak v létě chladilo. Mezi další způsoby patří kombinace se solárním systémem nebo využití

odpadní vody. Bylo zkoušeno i využívat tepelnou energii ze septiku, ale zde je problém s biologickými procesy a po úpravě by septik ztratil svoji funkci. [2]

## 4.2 TČ vzduch/voda

Základní TČ funguje na principu vzduch/voda, kde zdrojem tepla je venkovní vzduch, který předává tepelnou energii do vody. Vzduch je nasáván ventilátorem a následně předává svoji tepelnou energii chladicímu médiu. Energie, která je obsažena ve vzduchu, silně souvisí s jeho vlhkostí. Jakmile je vzduch studený, obsahuje i málo vody a proto množství energie obsažené ve vzduchu výrazně klesá s jeho teplotou. Nastává zde tedy problém při nízkých teplotách, kdy je největší potřeba tepla v objektech a pracuje proto TČ s nižším topným faktorem (viz kapitola 4.5) a s nižším výkonem. Tento typ TČ je schopný pracovat až do teplot  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ale při dnech, kdy venkovní teplota klesne pod maximální hodnotu, je nutné zajistit sekundární zdroj tepla. TČ je většinou dimenzováno na vyšší teploty (okolo  $-5^{\circ}\text{C}$ ) a při nižší teplotě pracuje záložní zdroj. Kvůli provozu za nízkých teplot a umístění hlavní jednotky vně objektu může ve výměníku vzduchu docházet k namrzání a je nutné zajistit tzv. odtávání. TČ je vhodné umístit do větraných a otevřených míst z důvodu neustálého nasávání chladného vzduchu. [2]

Je vhodné právě pro rodinné domy s menším pozemkem, kde je problém s umístěním. Zabírá poměrně málo místa, je snadné ho nainstalovat a patří mezi finančně nejméně náročné. Je vhodné tento typ používat pro bivalentní provoz.

## 4.3 TČ země/voda

Dalším typem je TČ země/voda, které je dále rozděleno na dva typy.

Prvním z nich je plošný typ, kde se teplo odebírá z plochy- půdního kolektoru (například zahrada). Pod povrchem plochy je umístěn systém potrubí, ve kterém proudí nemrzoucí směs. Hloubka umístění systému potrubí je mezi 1,5 – 2 metrů, nachází se tedy v nezámrzné hloubce. Nejvíce energie se odebírá z povrchu nad systémem potrubí, ve kterém je naakumulováno teplo ze solární energie. Problémem při realizaci tohoto typu TČ je vysoký nárok na plochu pozemku a i hloubku zeminy k potřebným výkopům. Ideální je tento typ realizovat při samotných výkopech před zahájením stavby. Pořizovací náklady se tím velmi

sníží. Topný faktor během roku kolísá, ale nejnižší hodnotu má koncem topné sezóny, kdy je půda velmi chladná.

Druhým typem je vrt, do kterého je vpuštěna sonda opět s nemrznoucí směsí. Hloubka a počet vrtů se odvíjí od velikosti požadované vytápěné plochy a od místních geologických podmínek (tabulka). Hlavním zdrojem tepelné energie je zemské jádro. S hloubkou roste teplota hornin a to obvykle každých 100 metrů přibližně o 3°C a teplota v hloubce 100 metrů je okolo 10°C. Lepší je vytvořit hlubší vrt (více jak 15 m), protože teplota může kolísat působením venkovního vzduchu. [2]

*Tabulka 1: Dimenzování hloubky vrtu pro různé horniny*

<b>Hornina</b>	<b>Hloubka vrtu pro TČ s topným faktorem 3,0 [m/kW]</b>
Suché nezpevněné horniny	33
Štěrky, písky (suché)	>33
Hlíny, jíly	18-24
Žuly	9,5-12

#### **4.4 TČ voda/voda**

Tepelná čerpadla, u kterých hlavním médiem je voda, se dělí opět na dva druhy.

Jakmile je teplo odebíráno ze spodních vod, mluvíme o TČ voda/voda, které se pomocí čerpadla dostávají ze studny do výměníku a po předání tepla vodě v sekundárním okruhu se vracejí zpět do země, do druhé studny. Hlavní výhodou je konstantní teplota podzemních vod ve všech ročních obdobích. V hloubkách nad 10 m je teplota spodních vod 8-10 °C. Proto má tento TČ voda/voda největší topný faktor ze všech typů TČ. Problém však může nastat na území, kde hrozí vysychání spodních vod.

Druhým typem je TČ, kde se teplo odebírá z vodní plochy. Zde je na dně vodní plochy rozmístěn opět systém potrubí s nemrznoucí směsí. Ovšem problémem je nutnost větší vodní

plochy v okolí vytápěného objektu a i povolení k zásahu. Povrchová voda se příliš pro TČ nehodí, protože její teplota je velmi nízká a může i zamrznat.

## 4.5 Parametry

Hlavními parametry TČ jsou tepelný výkon a topný faktor. Tepelný výkon se zjistí součtem odebrané energie z média a potřebné elektrické energie nutné pro chod TČ, ale musí se zde zohlednit i určité ztráty.

Dalším parametrem, a jedním z nejdůležitějších, je tzv. topný faktor COP (z angličtiny: Coefficient of performance). Jedná se o bezrozměrnou jednotku a udává teoretický poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou elektrickou energií (potřebnou pro chod TČ). Vzorec vyplývá z Carnotova cyklu (viz Obrázek 3.), kdy tepelná energie získaná z nízkopotenciálního zdroje je rovna  $Q_{IN}$  a energie dodaná ze sítě je značena  $Q_{EL}$ . [1]

Pak výsledný vzorec pro výpočet topného faktoru bude:

$$COP = \frac{Q_{IN} + Q_{EL}}{Q_{EL}} > 1$$

Pro TČ s topným faktorem 3 je tedy zřejmé, že z 1kWh spotřebované elektrické energie se získají 3 kWh tepelné energie. Proto tepelné čerpadlo s vyšším COP je lepší z hlediska provozu. Hodnota topného faktoru se obvykle pohybuje od 2,5 do 5,0. Aby bylo TČ co nejefektivnější, musí být venkovní teplota okolního média co nejvyšší a naopak teplota chladicího média v okruhu TČ co nejnižší, aby bylo možné přenést co největší tepelnou energii. Tato hodnota však není konstantní, protože se během roku mění teplota okolního média. Z toho je vidět, že nejlepším TČ z tohoto hlediska je typ země/voda(vrt), kde se teplota podzemních vod během ročních období moc nemění.

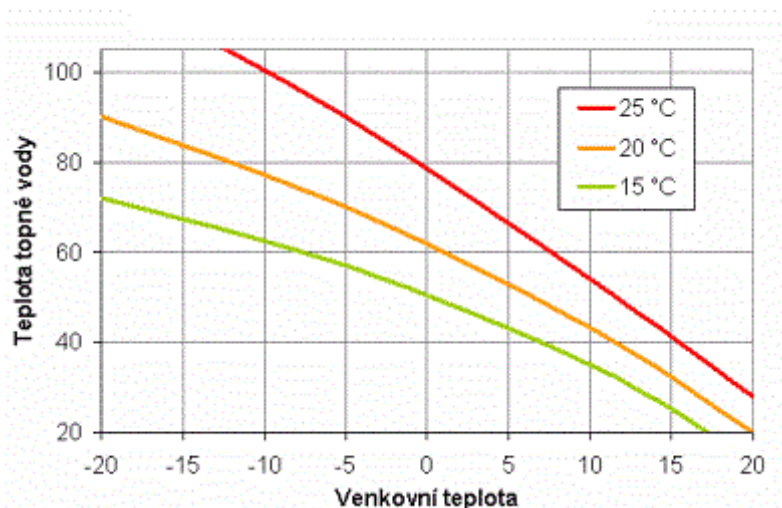
Prodejci TČ by měli správně udávat hodnotu topného faktoru při určitých podmínkách. Proto se udává například topný faktor 3 při teplotě vody vstup/výstup 0/45 °C a to u konkrétního typu TČ. To hraje důležitou roli v rozhodování, protože jiný výrobce může udávat COP 4, ale neinformuje o podmínkách, které mohou být například 10/45 °C a je tedy

horší než dříve zmíněné TČ s topným faktorem 3. COP již mnoho výrobců neudává mezi své parametry, ale přesnějším a v dnešní době závazným parametrem je sezónní topný faktor. [2]

Již zmíněný sezónní průměrný topný faktor SCOP je stanoven na základě testovacích dat jednotlivých TČ při určitých provozních podmínkách. Každé TČ je zkoušeno v laboratořích při teplotě například 0°C a z klimatických dat je poté určeno, kolik je za rok průměrně dní s touto teplotou. Následně je dopočítána vyrobená a spotřebovaná energie. Proces zkoumání se provádí takto pro každou teplotu, záleží velmi na typu TČ, ale většinou interval teplot se pohybuje od -20°C do 20°C. V poslední řadě jsou všechny testované hodnoty sečteny a je zjištěn SCOP tepelného čerpadla. Tento parametr je sice přesnější informací při koupi TČ, ale také nejde tvrdit, že hodnota SCOP je v každém provozu dosažitelná. Důležitou roli hraje lokalita a teplota otopné soustavy. Pro Českou republiku je počítáno s klimatickými daty, kdy nejnižší teplota neklesá pod -10°C. Ovšem skutečnost je jiná, kdy teploty klesají často až k -20°C, takže SCOP je značně snížen díky umístění TČ. Druhým problémem je teplota otopné soustavy, která se udává na 35°C. To je poté nejvyšší teplota, kterou má topný systém při již zmíněných -10°C, ale ve většině případů se dimenzuje TČ na vyšší teploty. Další věcí, která není zahrnuta při testování TČ, je ohřev teplé vody. Při výpočtech hodnoty SCOP není počítáno s ohřevem vody a SCOP opět klesá. Na závěr je nutno podotknout, že hodnota SCOP hraje důležitou roli při výběru TČ.[21]

Z praxe je však zřejmé, že TČ využívá pomocnou energii (nejčastěji elektrickou) pro správný chod. Spotřebovává ji jak kompresor, tak i oběhová čerpadla či ventilátory (záleží na typu TČ). Potřebná energie pro oběhová čerpadla (ventilátory) je poměrně malá, ale při výpočtech ji nelze zanedbávat. O spotřebě elektrické energie více v kapitole 7.3.

Tepelná čerpadla obsahují tzv. ekvitermní regulaci. Díky ní se upravuje teplota topné vody, která vstupuje do topného systému objektu. Je závislá na venkovní teplotě, kdy při nízkých teplotách je požadováno, aby se do topného systému dostávala voda o vyšší teplotě a naopak při vyšších teplotách voda o nižší teplotě. To z důvodu vyrovnání dodávaného tepla s tepelnými ztrátami objektu, aby teplota v místnostech zůstala konstantní. Ekvitermní regulace tedy šetří peníze, protože čím nižší teplota topné vody, tím je provoz tepelného čerpadla levnější. [4]



Obrázek 1: Ekvitemní křivky pro různé teploty v místnosti. Převzato z [4]

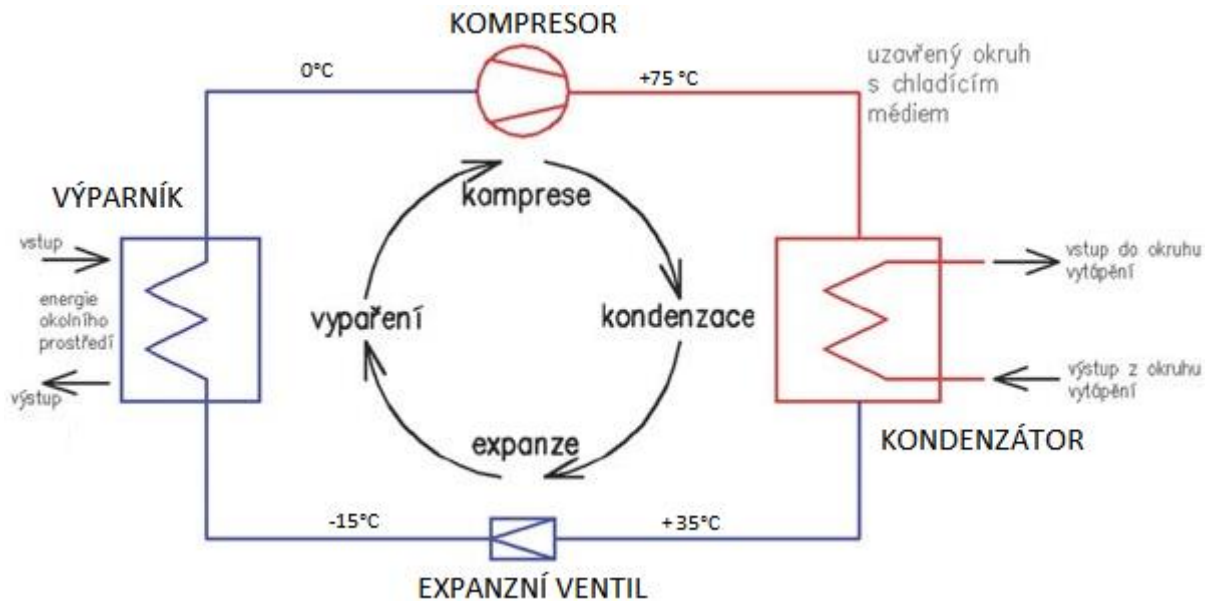
## 4.6 Princip činnosti tepelných čerpadel

Tepelná čerpadla se skládají ze dvou okruhů. Primárního, složeného ze čtyř základních stavebních prvků, a ze sekundárního okruhu, který přenáší teplo ke spotřebiči tepla.

Mezi základní části primárního okruhu patří výparník (výměník), kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Ve výparníku dochází k odebírání tepla z okolního média (voda, vzduch, země), které se následně za poměrně nízkých teplot, i pod bodem mrazu, a nízkého tlaku předává chladicímu médiu (voda, vzduch). Předávání tepla z okolního média na chladicí médium funguje díky 2. zákonu termodynamiky, který nám říká, že se teplo předává z teplejšího prostředí do chladnějšího. Chladicí médium se ve výparníku mění na páru díky vyššímu tlaku a díky tomu se pomocí stěn výparníku předává teplo z okolního média na chladicí médium v podobě páry. Do výparníku vstupuje chladicí médium o teplotě  $-15\text{ °C}$ , ale z výparníku už vychází médium o teplotě  $0\text{ °C}$  a to díky výměně tepla. Již ohřáté, ale stále velice studené páry se z výparníku přemísťují směrem ke kompresoru, kde se za vysokého tlaku stlačují. Tím dojde k extrémnímu navýšení teploty chladicího média přibližně na  $70\text{ °C}$ . Ohřáté chladicí médium proudí dále do kondenzátoru, ve kterém se teplo předá do topné soustavy opět díky 2. termodynamickému zákonu. Může se tedy využívat jak pro ohřev užitkové vody, tak pro vytápění. V topné soustavě je opět chladnější médium, okolo  $30\text{ °C}$ . Po předání tepla médiu v topné soustavě má chladicí médium teplotu přibližně  $35\text{ °C}$ . Zde velmi záleží na spotřebiči tepla. Dále v okruhu dochází ke zpětné kondenzaci ohřátých par



chladičím média za vysokého tlaku a následně se pomocí expanzního ventilu sníží tlak zkondenzovaného chladícího média a tím se i sníží teplota požadovaná opět pro výparník, na požadovaných  $-15^{\circ}\text{C}$ . Expanzní ventil rozděluje primární okruh chladícího média na část s vysokým tlakem a na část s nízkým tlakem. Tento cyklus se stále opakuje. [1]



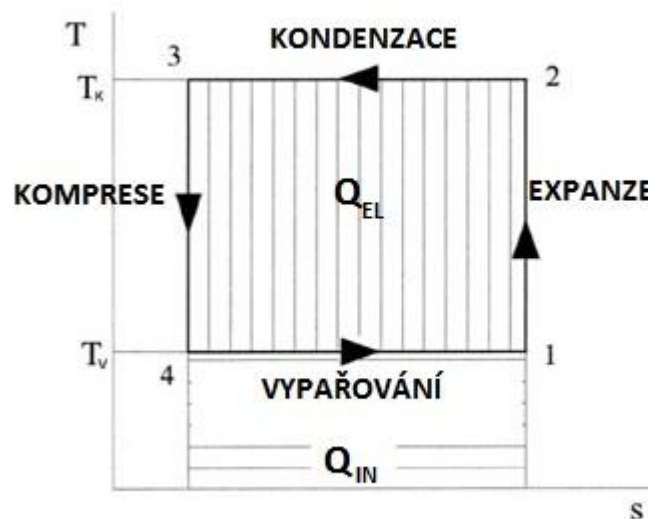
Obrázek 2: Schéma tepelného čerpadla s uvedenými teplotami média v primárním okruhu (typ země/voda). Převzato z [23]

Teplo z primárního okruhu se dále předává do sekundární části TČ. Zde mluvíme o otopné soustavě. Základem této soustavy je samozřejmě samotné TČ, dále se teplo přenáší potrubní sítí až k samotnému spotřebiči tepla. Spotřebičem tepla se rozumí různá otopná tělesa jako například radiátory, konvektory a další. U TČ se v otopné soustavě nejčastěji nachází teplá voda a je tedy dimenzována na různé teploty. Zde mluvíme o nízkoteplotním (do  $65^{\circ}\text{C}$ ), teplovodním (do  $115^{\circ}\text{C}$ ) nebo horkovodním (nad  $115^{\circ}\text{C}$ ), ovšem u TČ se využíváno pouze nízkoteplotní. V poslední řadě se dělí otopné soustavy dle druhu oběhu. Prvním z nich je nucený oběh, který je zajištěný většinou čerpadlem. Druhým typem je přirozený oběh, který je dán rozdílnou teplotou a hustotou teplé a chladné vody. [5]

#### 4.6.1 Carnotův a Rankinův cyklus

Princip tepelného čerpadla znázorňuje tzv. T-S diagram, který je nazývaný Carnotův cyklus. Jedná se o teoretický průběh děje TČ, v reálu probíhá poněkud jinak a tento děj připomíná spíše Rankinův cyklus.

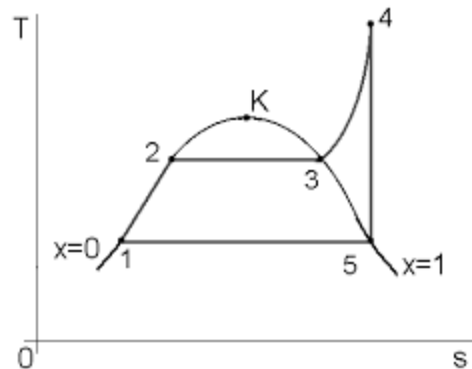
Funkci TČ znázorňuje obrácený, tedy levotočivý T-S diagram. Je složen ze 4 dějů. Prvním z nich je izotermické vypařování (4-1). Při tomto ději nedochází ke změně teploty, mění se pouze tlak. Při dalším ději dochází k adiabatické kompresi (1-2). Ta probíhá za stálého tlaku, ale mění se teplota. Následuje izotermická kondenzace (2-3), při které je opět konstantní teplota. Posledním je adiabatická expanze (3-4), která vrací látku opět na počáteční stav. Ta probíhá při stálém tlaku a mění se opět teplota. [3]



Obrázek 3: Carnatův cyklus. Převzato z [23]

Přesnější průběh naznačuje tzv. Rankinův oběh. Je teoretickým uzavřeným cyklem, ve kterém jsou využívány změny skupenství média, u TČ vody. Do oběhu je dodáváno médium čerpadlem (stav 1) a médium je stlačováno a zviší se teplota (stav 2). Následuje přeměna syté vody na sytou páru ve výparníku. Zde se nemění teplota, pouze skupenství a médium se dostává do stavu (stav 3) připraveného k přehřívání, kdy dochází k dramatickému zvýšení teploty (stav 4). Následně probíhá adiabatická expanze (stav 5), zde

předává médium svojí tepelnou energii do otopné soustavy a následně pára v kondenzátoru opět mění své skupenství zpět na vodu (stav 1). Celý cyklus se neustále opakuje. [3]



Obrázek 4: Rankinův cyklus. Převzato z [3]

#### 4.6.2 Kompresor

Nejpodstatnější částí TČ je kompresor. Ten zajišťuje zvýšení teploty a tlaku chladiva, aby bylo možné při následující kondenzaci v kondenzátoru předat teplo dál. Pro TČ jsou nejčastěji používány kompresory poháněné elektromotorem, a to z důvodu jednoduchosti zapojení a provozu.

Základním typem je pístový kompresor. Ten je opatřen pístem, který ve válci stlačuje plyn, který je odváděn dále do okruhu. Při poloze ventilu v dolní části válce se médium nasává a při pohybu pístu nahoru se médium stlačuje a následně je vytlačeno pryč z kompresoru. TČ s tímto kompresorem se již příliš nepoužívají. [6]

Dalším typem, který je v mnoho ohledech lepší, než pístový, je kompresor typu SCROLL. Je tvořen dvěma spirálami, z nichž jedna je pevná a druhá pohyblivá. Pohyblivá spirála je spojena s hřídelí motůrku. Díky tomu, že mezi spirálami dochází ke vzniku tzv. kapes, které díky pohybující spirále mění svojí polohu a směrem ke středu spirál se tyto kapsy zmenšují, dochází opět ke stlačování média a tedy ke zvýšení tlaku a teploty. Funguje dobře i za horších podmínek, kdy je teplota okolního média velmi nízká. [7]

V současné době je nejpoužívanější dvojitý rotační kompresor. Ten je tvořen dvěma pevnými komorami, ve kterých se otáčejí excentrické vačky, které stlačují chladivo za pomoci

s pohyblivou komorovou přepážkou. Jsou společně uloženy na jedné hřídeli, ale protilehle, aby bylo zajištěno vyrovnání namáhání hřídele a ložisek rotoru. Výhodou tohoto typu je malé mechanické namáhání a je tedy i menší potřeba mazání. Jsou velmi tiché a velmi účinné. [22]

### 4.6.3 Výměník tepla

Tento stavební prvek zajišťuje výměnu tepla mezi médii, ale nesmí dojít k fyzickému kontaktu. Platí 2. věta termodynamická, a pro správný chod musí nastat teplotní rozdíl mezi oběma médii. Teplo se zde předává ze zdroje tepla do chladiva a odtud pak do otopného systému. Hlavním parametrem je plocha, přes kterou se obě média setkávají.

Nejrozšířenějším typem je deskový výměník. Je složen z několika desek, které jsou speciálně tvarované. Při složení vzniknou dvě skupiny kanálek, kterými pak proudí teplotná média. Výhodou je velká účinnost a malé rozměry. [1]

### 4.6.4 Expanzní ventil

Úkolem tzv. termostatického expanzního ventilu (TEV) je vstříknout správného množství kapalného chladiva do výparníku. Základním prvkem je tryska dávající právě kapalně chladivo. TEV řídí tepelné čidlo, které tvoří malá nádoba s médiem. To s rostoucí teplotou zvyšuje tlak, který je dále přenesen pomocí kapiláry na membránu TEV. Tento tlak drží trysku zavřenou. Na druhé straně membrány roste tlak s teplotou ve výparníku, a jakmile překoná hodnotu z druhé strany membrány, tryska se otevře. V současné době je nejvíce používán elektronicky řídicí expanzní ventil. [1]

### 4.6.5 Chladivo

Důležité pro správný chod kompresoru a tedy i TČ je důležité zvolit vhodné chladicí médium. Do kompresoru jsou nasávány páry tohoto média a jsou stlačovány na větší tlaky. Chladivo musí mít vhodné vlastnosti, aby bylo schopné odebírat tepelnou energii z okolí. Dříve používaný freon se nesmí využívat pro jeho negativní vliv na ozónovou vrstvu a tak se přešlo na chladiva typu HFC (částečně fluorované uhlovodíky). Ty jsou dále dělena do různých tříd, kdy v současné době jsou nejpoužívanější chladivo R410A, které je nehořlavé, nevýbušné a nejedovaté. Je používáno v TČ vzduch/voda. Mezi další patří R407C (v TČ

zemně/voda, voda/voda) a R404A (v TČ vzduch/voda). Tyto chladiva tvoří směsy a mají nulový vliv na poškozování ozónové vrstvy, ale stále způsobují skleníkový efekt. [1],[8]

#### 4.7 Provoz tepelných čerpadel

TČ se také rozlišují dle provozu. Může se využívat pouze TČ a není třeba záložní zdroj. Zde mluvíme o monovalentním provozu. Druhým, a využívanějším, je bivalentní provoz. O tomto rozdělení dále v této kapitole. TČ se také využívají jak k vytápění, tak k ohřevu teplé užitkové vody. Většina domácností však využívá jiné druhy vytápění a to z mnoho důvodů. Nejzávažnějším je finanční dostupnost. Výhody, ale i nevýhody TČ budou podrobněji popsány dále.

Před samotnou realizací je nutné zvolit vhodný typ TČ dle podmínek pozemku, vybrat správné místo, vyřídit nutná povolení na stavebním úřadu. Důležité je si zjistit tepelné ztráty objektu, které se zohledňují při návrhu TČ. Pro TČ se můžeme rozhodnout jak při prvotním projektu nové stavby nebo již při realizace na již postaveném objektu. V tomto případě se doporučuje nejdříve objekt zateplit z důvodu nižších pořizovacích nákladů TČ. Při nezateplení domu by muselo být TČ dimenzováno na vyšší výkon, což by znamenalo vyšší náklady na realizaci zdroje tepelné energie a samozřejmě náklady na hlavní jednotku. Naopak při výstavbě se může díky projektové dokumentaci lépe připravit objekt (např. umístění a rozvody) a realizace je snadnější a určitě i finančně výhodnější. TČ se musí umístit na takové místo dle návrhu rozměrů TČ, kde nebude rušit majitele objektu, protože během chodu se od něj mohou šířit vibrace a hluk. Dále je dobré vybrat takové místo, kde bude připojení k odběru TUV nebo napojení k otopné soustavě (soubor obsahující zdroj tepla, rozvodnou síť a spotřebič tepla) co nejkratší. Je nutné zajistit elektroinstalaci pro správný chod TČ, která bude výkonově a technicky odpovídat nárokům na provoz TČ.

TČ se dimenzuje tak, aby i při nízkých teplotách byla vnitřní teplota nejméně 20 °C. Vychází se z průměrné denní teploty a počtem dnů za rok, kdy tato situace nastane. Při návrhu se také počítá s tím, že jakmile klesne venkovní teplota pod 15 °C, je nutné topit. TČ se pak navrhuje na výkon, aby při bivalentním provozu odpovídal 50-80 % tepelným ztrátám objektu a při monovalentním provozu až 100 % tepelným ztrátám.

Bivalentní provoz TČ je specifický tím, že pro vytápění se využívá ještě jeden zdroj tepla. Navrhnout TČ na maximální výkon, aby byly pokryty 100 % tepelné ztráty, je finančně nevýhodné, proto se pořizuje další zdroj (elektrokotel, kotel na plyn, na dřevo atd.). Musí se však poté zajistit, aby oba zdroje správně spolupracovaly. Díky tomu se potom celková roční potřeba tepla ze sekundárního zdroje pohybuje pouze okolo 5-10%. [9]

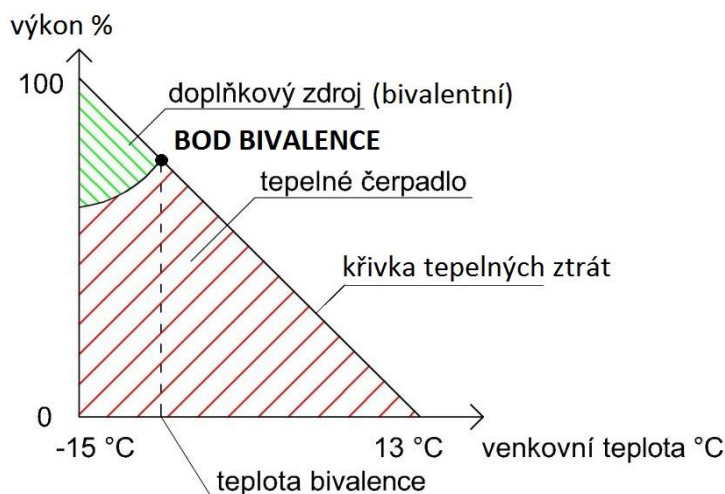
Druhým typem je monovalentní provoz. Tento typ je vhodný pouze v dobře zaizolovaných domech, kde je tepelná ztráta velmi malá (do 10 kW). Hlavní výhodou je, že není potřeba sekundárního zdroje tepla. Tento typ provozu však není vhodný pro všechny typy TČ a to hlavně pro typ vzduch/voda v místech, kde klesá během roku teplota venkovního vzduchu standardně pod velmi nízké hodnoty. V ČR se s ním také moc neseznamujeme. [9]

## 5 Realizace tepelných čerpadel v bytových domech

### 5.1 Dimenzování a realizace

Před samotnou realizací se v první řadě musí provést přesný výpočet tepelných ztrát. Dále je nutností zjistit možnosti zdrojů obnovitelné energie v okolí objektu, druh hornin, zjistit kapacitu elektrické přípojky a poté vybrat vhodné TČ. Podle doporučení výrobců je ideální volit výkon tepelného čerpadla v rozmezí 65-90 % tepelných ztrát objektu u typu vzduch/voda a u typu země/voda 55-75 %.

Je vhodné také vytvořit graf, který má za úkol zjistit tzv. bod bivalence. Tento bod vzniká na průsečíku dvou křivek. První z nich je křivka tepelných ztrát a druhá naznačuje průběh topného výkonu TČ při odlišných venkovních teplotách. Ideální je, aby bod bivalence vyšel pod teplotou 0°C, nejlépe v rozmezí -5 °C až -7°C a to z důvodu malého počtu dnů v roce, kdy tato teplota nastává, protože při této teplotě je až nutné spínat sekundární zdroj tepelné energie, tzv. bivalentní zdroj.



Obrázek 5: Graf tepelných ztrát objektu. Převzato z [24]

Z grafu je vidět, že TČ pokryje výkonově přibližně 70 %, ale u většiny TČ je tato hodnota okolo 90-95 % tepelných ztrát.

TČ se dimenzují tak, aby pokryly tepelné ztráty do nízkých teplot (až do -10°C), ovšem u větších objektů a i tedy u bytových domů, jsou dimenzovány přibližně na teplotu do -5°C.

Klesne-li teplota pod nižší hodnotu, je nutné zajistit právě bivalentní zdroj. Při návrhu se však může počítat s nižší investicí a poté se TČ může nadimenzovat pouze do teplot okolo 0°C a zbytek tepelných ztrát pokryje záložní zdroj. Tímto se však zvýší provozní náklady. [10]

Jakmile je TČ využíváno i k ohřevu TUV, je důležitým faktorem denní/roční spotřeba teplé užitkové vody. Dle normy je průměrná denní hodnota okolo 40 litrů na osobu. S tím se musí počítat při dimenzování a musí se výkon TČ zvýšit.

Posledním bodem pro zajištění správného chodu TČ je zjištění vhodnosti otopné soustavy a i její regulace. Ta patří mezi nejdůležitější pro ideální chod TČ, proto by se na ní nemělo zapomínat. Otopnou soustavu lze buď přímo dimenzovat při realizaci tepelného čerpadla, ale ve většině případů postačí zlepšení energetické náročnosti budovy (například zateplení, výměna oken). [10]

Nejčastěji se TČ v bytových domech, aby pokrývali tepelné ztráty, řadí kaskádně. Soustavu tvoří více TČ, záleží na velikosti vyhřívaného objektu a tepelných ztrát. Tepelná čerpadla mají nižší výkony a to z důvodu, že při výpadku jedné jednotky zajistí provoz zbylá TČ. Naopak kdyby soustavu tvořila méně TČ s vyšším výkonem, tak při výpadku jednoho by ostatní nezajistila správný chod.

Umístění tepelných čerpadel se provádí u bytových domů buď na střeše objektu, kde je nutností zabránit šíření vibrací do konstrukčních prvků budovy a druhým řešením jsou společné prostory. Ty se nacházejí v suterénu a je nutné zajistit dostatečný odvod a přívod vzduchu.





Obrázek 6: Tepelná čerpadla vzduch/voda zapojena kaskádně. Převzato z [11]

## 5.2 Praktická realizace TČ v bytových domech

Pro plně funkční systém s tepelným čerpadlem, je nutné porovnat náklady na vytápění a za odběr teplé užitkové vody během několika posledních sezón z několika realizací na bytových domech. Je výhodně sledovat tyto náklady i po instalaci TČ, a to díky softwaru, a optimalizovat poté jeho parametry tak, aby byl provoz co nejvýhodnější z ekonomického hlediska.

Pro příklad jsou zde představeny dva bytové domy s následným porovnáním nákladů před a po realizaci TČ. Prvním objektem je bytový dům o kapacitě 24 bytů v Jirkově. TČ jsou seřazena kaskádně a jedná se o typ vzduch/voda. Celkový výkon je 80 kW a bivalentním zdrojem pro vytápění a ohřev vody je zde použit elektrokotel. Jak se po zapojení TČ změnila náklady na vytápění naznačuje tabulka 2. Cena 1 GJ tepla z CZT v Jirkově byla v roce 2013 okolo 550 korun. Z výpočtů pak vyplývá, že cena za spotřebovaného teplo pro jednu bytovou jednotku je necelých 7 300 korun. Průměrný topný faktor vychází na 2,3 a zahrnuje TČ i bivalentní zdroj. [11]

Tabulka 2: První modelový objekt

Před instalací TČ		Po instalaci TČ	
Roční spotřeba tepla- vytápění [GJ]	427	Roční spotřeba tepla- vytápění [GJ]	330
Roční spotřeba tepla- ohřev vody [GJ]	189	Roční spotřeba tepla- ohřev vody [GJ]	158
Celkem při ceně 550 Kč/GJ	338 800 ,-	Celková cena za elektrickou energii	174 400,-
<b>Úspory činí 164 000,-</b>			

Pro tento objekt nebylo rozhodnutí pro TČ tak jednoznačné a to z důvodu poměrně přijatelné ceny CZT. Ale i tak jsou výrazné úspory vidět.

Druhý bytový dům má také snížené energetické nároky a pro srovnání je to objekt s pouze třemi podlažimi o kapacitě 7 bytů. Obytná plocha je potom 440 m<sup>2</sup> a jsou zde nainstalována TČ kaskádně typu vzduch/voda o celkovém výkonu 40 kW. Jako bivalentní zdroj slouží opět elektrokotel. TČ se záložním kotlem jsou opět použity jak pro vytápění, tak k ohřevu TUV. Zde cena tepla CZT šplhala velmi vysoko a to až k 950 Kč/GJ za vytápění a 800 Kč/GJ za ohřev TUV. Celková roční spotřeba objektu činila 154 GJ za vytápění a 110 GJ za ohřev užitkové vody. Po realizaci TČ se snížily finanční výdaje o 70 % a jedna bytová jednotka tak platí průměrně za teplo 10 000 korun. Tabulka 3 opět lépe porovnává výdaje před a po realizaci TČ. Průměrný COP činí 2,53 a zahrnuje TČ i bivalentní zdroj.

Tabulka 3: Druhý modelový objekt

Před instalací TČ		Po instalaci TČ	
Roční spotřeba tepla- vytápění [GJ]	154	Roční spotřeba tepla- vytápění [GJ]	154
Roční spotřeba tepla- ohřev vody [GJ]	110	Roční spotřeba tepla- ohřev vody [GJ]	71
Celkem při ceně 900 Kč/GJ	235 000,-	Celková cena za elektrickou energii	69 000,-
<b>Úspory činí 166 000,-</b>			

## 6 Srovnání současného stavu vytápění pomocí tepelných čerpadel s CZT a ostatními typy vytápění

Cena tepla je obvykle řešena na prvním místě. Bytové domy mají různé možnosti, jak snížit náklady na tepelnou energii. V prvním případě je nutností rekonstrukce, při čemž klesnou tepelné ztráty objektu. Následným řešením je odpojení od CZT (centrální zásobování tepla). Dálkové vytápění se však v posledních letech stává moderním a ekologickým způsobem zajištění tepla v domácnostech. Cena tepla se v krajích ČR podstatně liší, například cena tepla v Plzni se pohybuje okolo 500 Kč/GJ, v Brně je cena už 660 Kč/GJ tepla a v Liberci dokonce 760 Kč/GJ. V závislosti na lokalitě a ceně tepla se poté může domácnost rozhodnout, zda je výhodné odpojení od CZT. Ceny tepla se pohybují v České republice od 500 do 800 korun za GJ. [12]

Nastává tedy otázka, zda je vhodným řešením tepelné čerpadlo. Podle odborníků mohou TČ snížit náklady na teplo až o 70%, kdy cena za teplo se pohybuje mezi 150-250 Kč/GJ, ale pořizovací náklady se pohybují velmi vysoko. Je tedy dobré si uvědomit všechny pochybnosti s tím spojené, které jsou podrobněji probrány v poslední části této práce. V předchozí kapitole, kde jsou porovnány bytové domy před a po odpojení od CZT, nejsou do financí započítány právě investice.

U CZT se platí všechny náklady již v ceně 1 GJ, ale je nutné započítávat i ztráty při výrobě a přenosu. Naopak u ostatních druhů vytápění je potřeba koupě kotle, solárních panelů, TČ a poté započítávat jejich průměrnou životnost, která se pohybuje okolo 15 let. Musejí se započítávat náklady na provoz, kontroly, revize a údržbu. U CZT se nemusíme skoro o nic starat, prostě se platí a je teplo. Důležitá je potom také účinností zdrojů tepla. Ta je samozřejmě větší u modernějších a nových zdrojů. Tabulka 4 porovnává účinnosti a ceny jednotlivých zdrojů tepla. [25]

Odpojení bytového domu od CZT je poměrně složité a finančně náročné, musejí být splněny podmínky dle norem a veškeré náklady hradí ten, kdo žádá o odpojení. Řešením je používat CZT jako bivalentní zdroj a sjednat tak s distributorem nižší dodávku tepla.

Uvažovat o odpojení od CZT je tedy výhodné tehdy, přesahuje-li cena za teplo přibližně 700 Kč/GJ.

Výhodou připojení bytového domu k tepelnému čerpadlu je, že je zařízení vybaveno akumulací nádrží a tak nemůže nastat nedostatek teplé vody při špičce, ovšem tento problém nenastane ani u CZT. Je však výhodou u jiných zdrojů tepla. Dále má každý uživatel přístup pomocí internetu k regulaci tepelného čerpadla.

Tabulka 4: Náklady na vytápění a ohřev teplé vody. Převzato z [25]

Zdroj tepla	Účinnost zdroje [%]	Cena [Kč/GJ]
CZT	95	16 000
zemní plyn	70	15 000
Elektřina- přímotop	95	21 000
Kotel- hnědé uhlí	85	5 400
Tepelné čerpadlo	55	8 300

## 6.1 Modelový bytový dům

Ke srovnání několika nejvýznamnějších druhů vytápění je zvolen modelový dům o obytné ploše 1800 m<sup>2</sup>. Průměrná spotřeba tepla před realizací tepelných čerpadel byla 472 GJ a zdrojem tepelné energie byla plynová výtopena. Celková cena za vytápění za celý rok je 408 000 korun. Pro ohřev teplé užitkové vody byla také využívána plynová výtopena a spotřebovaná energie potřebná pro ohřev byla za jeden rok 236 GJ a celková cena za teplou vodu 204 000 korun. [13]

Po zavedení TČ s průměrným topným faktorem 2,8 pro vytápění, při sazbě elektrické energie D56d, kdy pokrývalo 95% potřeby tepla, vyšla předpokládaná cena za rok 95 000 korun. Zbylých 5% pokryl bivalentní zdroj, za který se zaplatí necelých 15 000 korun. K celkové ceně za vytápění se musí připočítat roční plat za rezervovaný příkon, který činí

přibližně 21 000 korun. Poté celková cena za vytápění bytového domu je 132 000 korun a úspora za teplo bude ročně průměrně 270 000 korun. [13]

Stejně TČ je využito i pro ohřev teplé užitkové vody, zde je však udáván nižší COP (pouze 2,5). Opět při sazbě elektrické energie D56d pokryje tepelné čerpadlo potřebu TUV z 95% a cena bude okolo 60 000 korun. Bivalentní zdroj pokryje 5% a cena za TUV bude necelých 8000 korun. Opět je nutné započítat rezervovaný příkon a výsledná cena za TUV vyjde 67 000 korun a úspora činní skoro 40 000 korun. Díky TČ ušetří bytový dům ročně okolo 400 000 korun, ale tento návrh nezapočítává návratnost počátečních vkladů za realizaci TČ. Ušetřené finance potom budou výrazně nižší. Je dobré také vzít v úvahu, kde se aktuální dům nachází a zda není výhodnější zvolit jiný typ vytápění. [13]

Podrobný rozpis cen je obsažen v příloze A.

## 7 Vyhodnocení způsobů vytápění

### 7.1 Vyhodnocení z ekonomického hlediska

Pořizovací náklady na zdroje tepla jsou odlišné a odvíjí se od druhu, stavu a umístění objektu. Je dobré si uvědomit, že počáteční finance na TČ budou mnohonásobně vyšší než náklady na plynový kotel. V tomto případě je u každého zdroje nutností vytvoření otopné soustavy, která je pro většinu způsobů vytápění nadimenzována podobně a není tedy započítána do finančních nákladů. Tabulka ukazuje pořizovací náklady na vytápění a ohřev vody zatepleného objektu. Srovnání je pouze orientační a při samotném výběru se musejí znát přesné tepelné ztráty, množství potřebného tepla k vytápění a ohřevu vody.

Tabulka 5: Pořizovací náklady. Převzato z: [27]

Způsob vytápění	hlavní jednotka	plynová přípojka	komín	ostatní	celkem
Tepelné čerpadlo	180 000	-	-	100 000	280 000
Kotel na zemní plyn	55 000	50 000	30 000	100 000	170 000
Elektrický přímotop	45 000	-	-	25 000	70 000

TČ se na našem trhu pohybují v rozmezí 150-450 tisíc korun za hlavní jednotku. Další finance jsou potřebné k instalaci, zde se jedná o částku do 50 tisíc korun u TČ vzduch/voda. Navýšení realizačních nákladů nastává při přípravě TČ typu země/voda a voda/voda. Zde se investice za samotnou instalaci dostává přes 100 tisíc korun. Nutností pro správný výběr TČ a i podmínkou pro získání dotací je výpočet tepelných ztrát objektu, který se pohybuje okolo 8 tisíc korun.

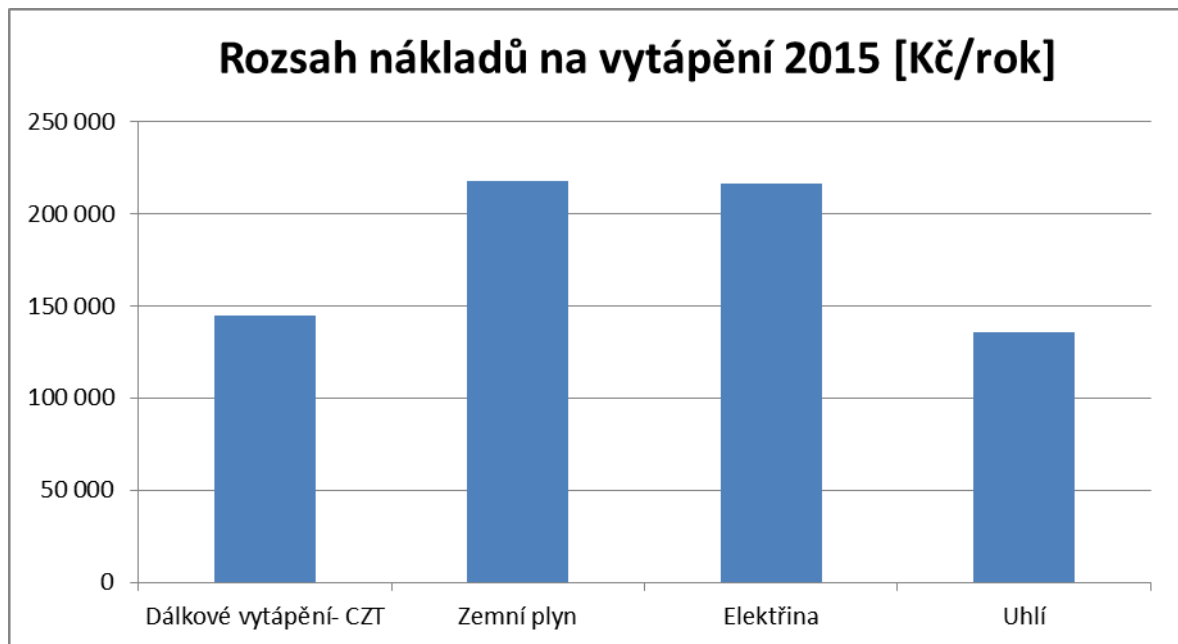
V další části jsou již porovnané konečné náklady na provoz. K ekonomickému porovnání alternativ druhů vytápění byl zvolen bytový dům s průměrnou spotřebou 250 GJ tepla. Jsou zde zvoleny průměrné ceny a konečné náklady se mohou pohybovat v poměrně velkém rozptylu. Reálné porovnání je poté nutno udělat přímo na daném objektu. Jak je vidět,

vytápění s CZT patří mezi neekonomičtější zdroje. U ostatních způsobů je nutné započítávat, jak již bylo zmíněno, provozní a investiční náklady.

Tabulka 6: Náklady na provoz. Převzato z [25]

Způsob vytápění	Cena [Kč/GJ]	Cena za teplo [Kč/rok]	Celkové náklady za teplo [Kč/rok]
CZT	400-800	100 000-200 000	100 000-200 000
	<b>palivo/energie [Kč/rok]</b>	<b>investiční a provozní náklady [Kč/rok]</b>	
Zemní plyn- klasický kotel	130 000-190 000	66 000	196 000-256 000
Zemní plyn- kondenzační kotel	100 000-160 000	77 000	177 000-237 000
Elektřina- přímotop (tarif D26d)	180 000-230 000	15 000	195 000-245 000
Elektřina- akumulace (tarif D26d)	150 000-190 000	31 000	181 000-221 000
Kotel na černé uhlí	80 000	55 000	135 000
Elektřina- tepelné čerpadlo (tarif D56d) SCOP 2,5	100 000-140 000	100 800	208 000-248 000

Následující graf ukazuje, že nejvýhodnějším řešením je automatický kotel na černé uhlí. Naopak mezi nejnáročnější patří právě tepelná čerpadla na elektřinu. Důvodem může být jak složitá technologie a náročnost oprav, ale i poměrně zdlouhavá návratnost počátečních investic. Z tohoto hlediska je tedy TČ nevýhodné, ale nedá se to říci jednoznačně, protože na jednom místě se TČ vyplatit nemusí, ale na stejném objektu nacházejícím se na jiném místě může být nejvýhodnějším řešením.

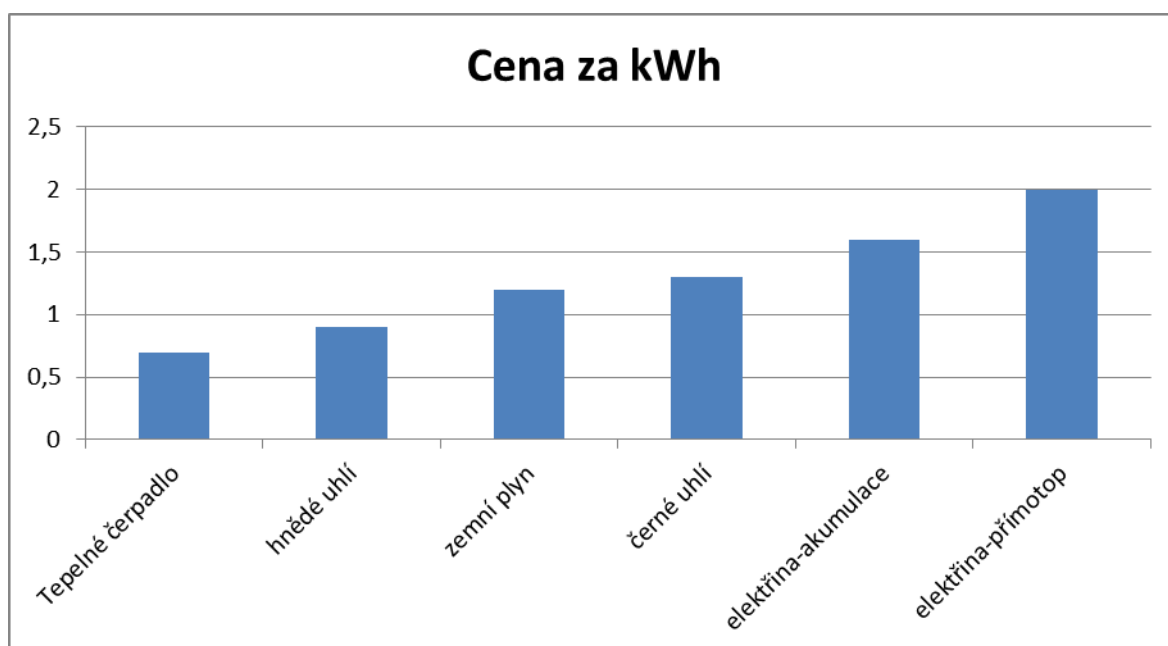


Obrázek 7: Graf výše nákladů na vytápění

Je nutné podotknout, že realizace TČ se nevyplácí pro objekt s nízkou tepelnou ztrátou. Jakmile se jedná o nízkoenergetický či pasivní dům, kde i samotná spotřeba tepla je velmi nízká díky technologii výstavby, nevyplácí se koupě TČ. Samotné pořizovací náklady jsou vysoké a návratnost by trvala desítky let, proto zde je výhodnějším řešením jiný zdroj tepla. Z toho plyne, že TČ je ideální pro budovy s většími tepelnými ztrátami, kde se návratnost projeví v kratším intervalu od samotné realizace.

Posledním srovnáním je cena energie z různých zdrojů tepla. Ceny se liší regionálně a proto jsou opět hodnoty pouze orientační. Je zde porovnání více typů paliv s průměrnou cenou za 1 kWh. [2]





Obrázek 8: Graf nákladů za 1 kWh. Převzato z [2]

### 7.1.1 Technická a ekonomická analýza

V první řadě je nutné si od dodavatelů TČ nechat zpracovat nabídky na dodávku a instalaci. Z analýzy nabídek bylo zjištěno, že informace udávané dodavateli nejsou tak výhodné, jak tvrdí. Pomocí ekvitermní křivky se určí již zmíněný bod bivalence. Výrobci však udávají ekvitermní křivku při teplotě topné vody 55°C a při venkovní teplotě -15°C. To může znamenat nedotápění objektu pomocí otopné vody při nízkých teplotách a nutnost většího využití bivalentního zdroje. Dalším parametrem byl výkon, který byl udáván pro teplotu nasávaného vzduchu 2°C a výstupní teplotě vody 35°C. Důležitý je také topný faktor. Ten je zjištěn při ideálních podmínkách v laboratořích při teplotách topné vody 35°C a 55°C. Při zvýšení teploty topné vody dojde ke snížení topného faktoru a následně i zvýšení spotřeby elektrické energie. Topný faktor COP je tedy hodně klamavý a proto se zjišťuje SCOP, tzv. sezónní topný faktor. Ten zohledňuje změny venkovních teplot v topné sezóně. Podle německých testů se tento parametr pohybuje okolo 2,6 pro výstupní teplotu vody 35°C. Ovšem u dodavatelů TČ se tato hodnota dostává na 3 a více a proto náklady na elektrickou energii jsou poté vyšší, než by se čekalo. [26]

Dalším problémem je neudání celkových nákladů na vytápění TČ. Jsou uvažovány pouze náklady na dodávku, montáž a velikost spotřebované elektrické energie při chodu TČ, ale nikoli náklady na údržbu, servis, obsluhu, není zmíněna amortizace zařízení (snížení hodnoty zařízení opotřebením), ani není započítáno většinou nutné posílení elektrické přípojky. Dodavatelé poté inzerují cenu tepla z TČ ve výši 250-300 korun, ale ta však neobsahuje všechny nutné provozní náklady. [26]

Před 1. dubnem 2016 mohli bytové domy využívat tarif D56d (nízký tarif 22 hodin). Nyní však je v platnosti nový tarif D57d (pouze nízký tarif 20 hodin) a došlo tedy k navýšení nákladů na provoz TČ. [26]

Závěrem je tedy nutno říci, že tepelná čerpadla pro bytové domy nejsou až tak výhodným řešením. Při vytápění CZT se může začít uvažovat o změně zdroje tepla až v případě, kdy se cena za 1 GJ tepla od tepláren vyšplhá nad 700 korun. Proto v libereckém kraji se v poslední době odpojila od CZT přes polovinu domácností a nejvýhodnějším řešením bylo právě TČ. [26]

## 7.2 Vyhodnocení z environmentálního hlediska

Šetrnost TČ na životní prostředí lze rozdělit na dva aspekty. Prvním z nich je spotřeba elektrické energie. Ta je nutností pro správný chod TČ a při výrobě elektřiny se jedná většinou o spotřebu primárních neobnovitelných zdrojů energie. V ČR je vyráběna ze zdrojů, jako je černé uhlí, zemní plyn, jaderná energie a i tak, že TČ spotřebuje asi o třetinu méně elektrické energie než jiné druhy vytápění, stále toto množství není zanedbatelné. Musí se vzít v úvahu, že ztráty při výrobě a přenosu elektrické energie činí přibližně 70%. Tepelné čerpadlo poté šetří prakticky stejně velkou část energie, která se ztrácí při její výrobě a přenosu z elektrárny až ke spotřebiteli. [14]

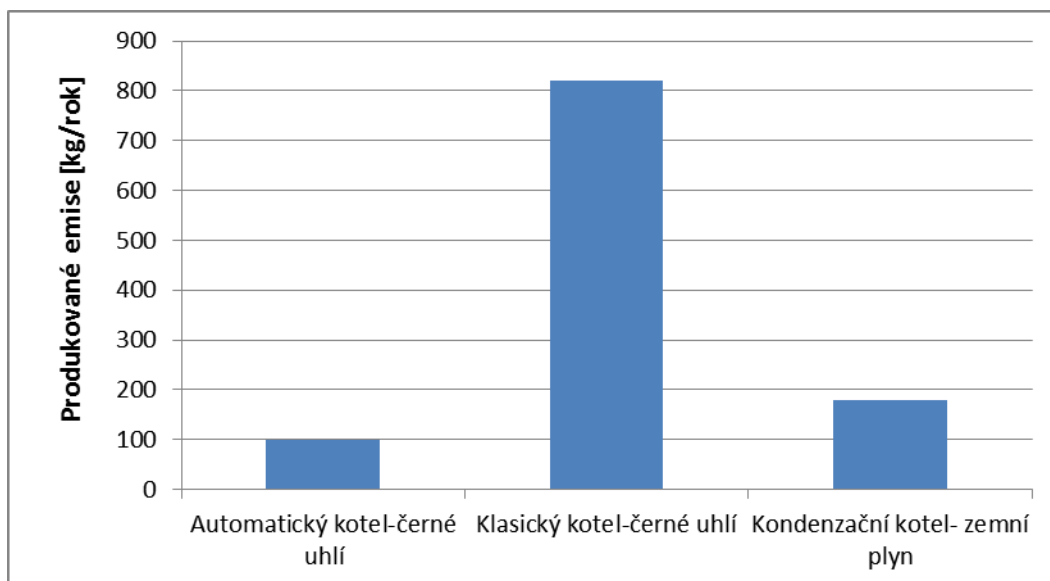
Při srovnání s ostatními typy vytápění šetří tepelné čerpadlo primární neobnovitelné energetické zdroje jen velmi nepatrně. Ekologičtější řešením by byl způsob dodávky elektrické energie přímo od spotřebitele pomocí fotovoltaických panelů, biomasy či palivových článků. Stejným řešením by byla i náhrada neobnovitelných zdrojů obnovitelnými

při výrobě elektřiny při centrální výrobě. Poté by se mohlo říci, že TČ je plně ekologický a úsporný zdroj tepla. Ale opět při výrobě například fotovoltaických panelů dochází k takovému znečišťování ovzduší, že by se oba faktory opět vykompenzovaly. Bude ještě dlouho trvat, než se najde šetrný způsob, jak chránit životní prostředí.

Druhým problémem u TČ je chladicí okruh a v něm používaná chladiva. Jak již bylo zmíněno, freon je zakázáno používat a proto se na trhu objeví nová chladiva. Ty nejsou tak škodlivá jako freon, ale stále způsobují skleníkový efekt ovšem nepoškozují skoro ozónovou vrstvu. Proto je zapotřebí dbát opatrné manipulace s chladicími okruhy, aby zbytečně nedocházelo k úniku freonu do ovzduší. [14]

Samozřejmě výroba TČ nebude také příliš ekologická, ale z tohoto hlediska není žádný nabízený zdroj tepla na trhu šetrný k životnímu prostředí při výrobě.

Hlavními znečišťovateli ovzduší od lokálního vytápění jsou Nox (oxidy dusíku), oxid siřičitý a oxid uhelnatý. Jak je většině z nás známo, největší problém s emisemi má Moravskoslezský kraj. I když v posledních letech stále klesají emise, stále není problém zdaleka vyřešen. Řešením jsou právě TČ, kdy okolí nebude emisemi znečišťováno. Při výrobě elektrické energie samozřejmě také unikají do ovzduší škodlivé látky, ale modernizací jsou opět snižovány odsiřovacími jednotkami a řízením spalovacího procesu se omezuje také tvorba oxidu uhelnatého. Následující graf ukazuje průměrné vyprodukované emise z klasických druhů vytápění z roku 2014 při celkovém zateplení objektu. [15]



Obrázek 9: Graf množství vyprodukovaných emisí. Převzato z [15]

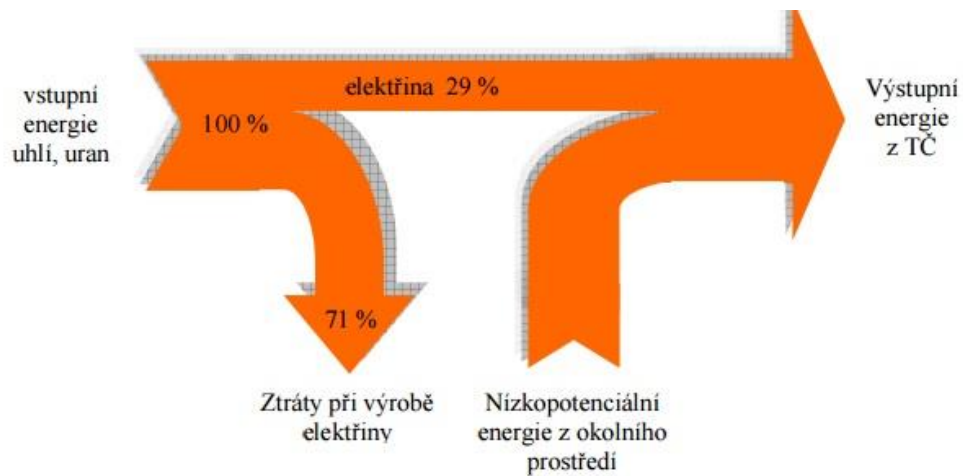
Tabulka 7 porovnává zdroje vytápění právě z hlediska vyprodukovaných emisí. Z ní je vidět, že TČ je ekologičtější zdroj teple energie vzhledem ke spalování uhlí a vytápění elektřinou. Naopak šetrnějším zdrojem než TČ jsou kotle na zemní plyn. Proto realizace TČ je z environmentálního přínosu vhodná pouze tehdy, není-li v blízkosti objektu přiveden zemní plyn. Samozřejmě s novější technologií se emise snižují. [2]

Tabulka 7: Vyprodukované emise. Převzato z [2]

Zdroj tepla	Emise látek [kg/rok]				
	Tuhé látky	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CO <sub>2</sub>
Uhlí	105	178	27,3	409	15 300
Zemní plyn	0,1	0,0	4,8	1,0	5 900
Elektřina-přímotop	9,9	49,3	41,8	10,5	23 600
Elektřina- TČ	3,1	15,6	13,2	3,3	7 500

### 7.3 Vyhodnocení z energetického hlediska

Jak již bylo zmíněno, TČ potřebuje ke svému chodu elektrickou energii. I když spotřebuje přibližně o třetinu méně elektrické energie než jiné druhy vytápění, stále toto množství není zanedbatelné. Sankyeův diagram ukazuje kompletní přenos energie pro TČ. Při výrobě elektřiny dochází ke ztrátám při výrobě a pouze necelých 30% vstupní energie se dostane do TČ. Výsledná výstupní energie je pak dána součtem elektřiny a nízkopotenciální energie z okolního prostředí (vzduch, voda, půda). [2]



Obrázek 10: Sankyeův digram. Převzato z [2]

Nejlepším vyhodnocením z energetického hlediska je porovnání několika stejných typů TČ za plného provozu. Následující tabulka ukazuje vyhodnocení německých testů jak je to ve skutečnosti se spotřebovanou energií. [16]

Tabulka 8: Udávaná a skutečná energetická náročnost. Převzato z [16]

Průměrná vytápěná plocha [m <sup>2</sup> ]	142
<b>Výpočtové hodnoty</b>	
Roční potřeba na vytápění [MWh]	7,9
Roční potřeba na ohřev teplé vody [MWh]	1,8
Potřeba energie celkem [MWh]	9,7
<b>Skutečné naměřené hodnoty</b>	
Roční spotřeba na vytápění [MWh]	11,2
Roční spotřeba na ohřev teplé vody [MWh]	1,8
Spotřeba energie celkem [MWh]	13,0

Z toho je vidět, že udávané hodnoty pro výpočet nejsou z daleka pravdivé a výsledné náklady tak jsou v reálu větší, než udává výrobce.

V další části je porovnání spotřeby paliva. Počítá se opět s bytovým domem se spotřebou tepla 250 GJ ročně na vytápění i ohřev vody. TČ spotřebují nejméně energie, ale jak již bylo zmíněno, z hlediska pořízení, údržby a servisu patří mezi finančně nejnáročnější. [17]

Tabulka 9: Průměrná spotřeba paliva/energie. Převzato z [17]

Zdroj (palivo)	Spotřeba paliva za rok
Kotel (černé uhlí)	17 000 kg
Kondenzační kotel (zemní plyn)	97 000 kWh
Elektrokotel	99 000 kWh
TČ vzduch/voda	44 000 kWh
TČ země/voda	37 000 kWh

Typickou roční spotřebu elektrické energie a ceny pro domácnost za rok (ohřev vody, vytápění) ukazuje následující tabulka. Jedná se o průměrnou spotřebu a v případě vytápění hraje důležitou informaci rozloha a při ohřevu TUV počet osob v domácnosti. [18]

*Tabulka 10: Typická roční spotřeba elektrické energie. Převzato z [18]*

<b>Počet osob v domácnosti</b>	<b>1-2 osoby</b>	<b>3-5 osob</b>
<b>Ohřev teplé vody [kWh/rok]</b>	2 000	5 000
<b>Rozloha [m<sup>2</sup>]</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
<b>Vytápění [kWh/rok]</b>	8 250	11 000

Jako další zdroj energie může posloužit zemní plyn. V tabulce 11 je typická průměrná spotřeba zemního plynu k ohřevu TUV a vytápění. [19]

*Tabulka 11: Typická roční spotřeba zemního plynu. Převzato z [18]*

<b>Počet osob v domácnosti</b>	<b>1-2 osoby</b>	<b>3-5 osob</b>
<b>Ohřev teplé vody [kWh/rok]</b>	2 500	5 000
<b>Rozloha [m<sup>2</sup>]</b>	<b>75</b>	<b>100</b>
<b>Vytápění [kWh/rok]</b>	8 000	13 000

Je očividné, že TČ spotřebuje nejméně paliva, tedy elektřiny. Na druhou stranu elektrokotel a kotel na zemní plyn spotřebují až třikrát více energie a proto je TČ z energetického hlediska nejvýhodnější a šetří i finance. Opět by zde tedy nastalo řešení výroby elektrické energie přímo v místě provozu TČ například pomocí fotovoltaických panelů, které jsou skoro bezztrátové. Tím by se vykompenzovaly ztráty při přenosu elektrické energie od dodavatele až ke zdroji tepla.

## 7.4 Konečné srovnání- SWOT analýza

Tabulka 12: SWOT analýza- zemní plyn

<b>Zemní plyn</b>	
Silné stránky	Cena za ZP, šetrnost k ŽP, vysoká účinnost, nízké ztráty
Slabé stránky	Nutná plynová přípojka, nutnost komínu
Příležitosti	Rozšíření páteřní sítě, dotace
Hrozby	Neobnovitelný zdroj energie, růst cen ZP

Tabulka 13: SWOT analýza- CZT

<b>CZT</b>	
Silné stránky	Pohodlí
Slabé stránky	Nemožnost regulace teploty, závislost na teplárnách
Příležitosti	Možnost výhodnějšího připojení k CZT, modernizace technologie, využití obnovitelných zdrojů energie, snížení ceny za teplo
Hrozby	Růst cen, ztráty při výrobě a přepravě tepla, odstávky tepla



Tabulka 14: SWOT analýza- tepelné čerpadlo

<b>Tepelné čerpadlo</b>	
Silné stránky	Regulace, návratnost, nízká nezávislost
Slabé stránky	Bivalentní zdroj, tarif elektřiny, cena realizace u TČ země/voda a voda/voda
Příležitosti	Dotace, výroba elektřiny u TČ, zvýšení cen u CZT, moderní technologie
Hrozby	Životnost (cena oprav), špatný návrh TČ, změna klimatu

Zemní plyn patří v současné době mezi nejlevnější palivo a to nejspíše z důvodu vysoké distribuce pro Evropu, kde je spotřebována pouze přibližně třetina dodávaného množství. Výhodou jsou skoro nulové ztráty při přenosu a vyprodukované emise, které jsou nejnižší u všech zdrojů vytápění. Nízká cena je však budoucím rizikem, kdy je pravděpodobné, že s rozšiřujícím se připojováním k zemnímu plynu, bude cena stoupat, ale na druhou stranu je zde možnost dostat od státu dotaci (v současné době ne však pro bytové domy).

Na rozdíl od zemního plynu je CZT velmi ztrátové a cena je díky tomu vyšší. Potrubní síť u CZT je uzavřená a tak cena je navýšena i o čištění již ohřáté teplé vody k jejímu dalšímu zpracování, tedy opět k ohřevu. Modernizací se mohou ztráty snížit, ale i tu zaplatí konečný spotřebitel. To je však vykompenzováno pohodlím, kde se vlastník nemusí o nic starat. Regulace u CZT je samozřejmě také možná, ale není stále možnost regulace na dálku, jako například u TČ a v letním období není většinou možné topit.

Ve většině případů je TČ využíváno v bivalentním provozu a je tedy nutností záložní zdroj. Ten sice pracuje jen velmi málo, ale tvoří další investici. Možnost dotace u bytových domů zatím není možná, ovšem tarify elektřiny pro provoz zdrojů tepla finance šetří. Výhodou je regulace, kdy se TČ dá na dálku nastavit či kontrolovat a zvyšuje se tak pohodlí při jeho provozu.

## 8 Závěr

Úvodem této práce byl popsán princip tepelného čerpadla. Vysvětlení principu funkce a představení různých druhů čerpadel bylo jen teoretickou částí a hlavním cílem této práce bylo porovnat tepelné čerpadlo jako zdroj tepelné energie s ostatními způsoby vytápění.

Z porovnání tepelných zdrojů vyplývá, že nejde jednoznačně tvrdit jaké je nejvýhodnější řešení. Ze SWOT analýzy je vidět, že všechny nejvyužívanější zdroje tepla mají své výhody i nevýhody. Také záleží velmi na ovlivňujících faktorech, jako tepelných ztrátách objektu či lokalitě. TČ vyžadují větší vstupní investici, návratnost je závislá opět na typu objektu a na typu samotného TČ a velmi záleží na klimatických podmínkách z porovnávané sezóny. V posledních letech nejsou v ČR tak velké zimy a je tedy nutno konstatovat, že ze získaných informací tak nelze tvrdit favorita ve vytápění. Jakmile přijde zima, kdy bude dva měsíce pod  $-20^{\circ}\text{C}$ , může se stát, že TČ nebudou tak úsporná, jak se tvrdí. Samozřejmě nejčastěji realizovaným TČ je typ vzduch/voda, kde hraje právě důležitou roli venkovní teplota. Větší vstupní investici vyžaduje typ země/voda a voda/voda, ale výkon TČ a stálost topného faktoru je stálá během celého roku a tak se může ušetřit na bivalentním zdroji. Zde poté nenastává problém s nízkými teplotami.

Napříč ČR jsou rozdílné ceny tepla z CZT a proto v jednom kraji je TČ lepším východiskem, ale na jiných místech se prostě nevyplatí jeho realizace. Už samotné odpojení bytového domu od CZT je velmi náročné a nákladné. Dále je nutno říci, že ceny tepelné, tak elektrické energie se každým rokem mění a proto výsledné porovnání je pouze orientační v období posledních let. Předpokládá se, že ceny energií budou stále stoupat, ale to z důvodu modernizace jejich výroby. Troufám tvrdit, že ceny budou několik let stále růst, ale se zdokonalující se technologií a možnostmi využívat jinou energii, tím myslím obnovitelné zdroje energie, se jednou vývoj cen zastaví a je možné předpokládat i mírný pokles. Jakmile se domácnosti budou osvobozovat od podniků vyrábějící energie, nezbyde těmto korporacím nic jiného, než nalákat je právě snížením ceny zpět na svoji stranu. Zde však nastává otázka, zda bude výhodné opět připojovat bytový dům k CZT.

Z environmentálního hlediska není TČ nejlepším řešením. Ovšem každý zdroj již splňuje ekologické parametry a emise, které způsobuje, a díky moderní technologii se stále snižují. Nemůžeme porovnávat tedy deset let starý kotel na zemní plyn, se starou technologií, s novým kotlem, který již splňuje požadovaná kritéria. To samé platí u všech ostatních zdrojů. Je očividné, že TČ je šetrnější k životnímu prostředí než jiné zdroje, ale stále nepatří mezi nejekologičtější. Důležité je ale environmentální přínos zdrojů tepelné energie srovnávat globálně a ne pouze v místě spotřeby. Kdyby pak měli všichni tepelná čerpadla, emise z elektráren by byly stále stejně vysoké, proto nejlepším východiskem by byla výroba elektřiny přímo u TČ, například pomocí solárních panelů.

Naopak z energetického hlediska vyšlo TČ nejlépe ze všech a spotřebuje tedy nejméně elektrické energie. Potřeba elektrické energie je nutností skoro u všech moderních zdrojů, ale u TČ je potřeba o mnoho menší. Ovšem při samotné výrobě elektřiny dochází opět ke ztrátám a tak výsledná spotřeba je o něco vyšší.

Na tomto případě je vidět, že se vše prolíná se vším (ekonomika, energetika a environmentálnost) a není tedy jednoznačného východiska, jaký zdroj tepla vybrat. Cílem této práce nebylo vystihnout plusy tepelných čerpadel, ale porovnat je s ostatními druhy a představit možnosti, výhody a nevýhody nejvyužívanějších zdrojů tepelné energie.

## 9 Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1]: ŽERAVÍK, Antonín. Stavíme tepelné čerpadlo: [návratnost i za jeden rok]. Vyd. 1. Přerov: Antonín Žeravík, 2003. ISBN 80-239-0275-X.
- [2]: SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA. Tepelná čerpadla. 2., aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2007. 21. století. ISBN 978-80-7366-089-5.
- [3]: KAMINSKÝ, Jaroslav a Mojmír VRTEK. Obnovitelné zdroje energie. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1998. ISBN 80-7078-445-8.
- [4]: Ekvitermní regulace-princip a využití v systémech regulace vytápění. *tzbinfo* [online]. 2010 [cit.2016-03-18]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/6294-ekvitermni-regulace-princip-a-vyuziti-v-systemech-regulace-vytapani>
- [5]: Jaké jsou druhy otopných soustav. *snizujeme.cz* [online]. 2013 [cit.2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.snizujeme.cz/clanky/druhy-otopnych-soustav/>
- [6]: Kompresor. *Wikipedie* [online]. 2016 [cit.2016-03-20]. Dostupné z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kompresor>
- [7]: Jak funguje SCROLL kompresor v tepelných čerpadlech? *vytápění.cz* [online]. 2010 [cit.2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.vytapani.cz/okenko/scroll-kompresor>
- [8]: Chladiva používána v tepelných čerpadlech. *tzbinfo* [online]. 2015 [cit.2016-03-21]. Dostupné z <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/12647-chladiva-pouzivana-v-tepelnych-cerpadlech>
- [9]: Dimenzování tepelného čerpadla vzduch-voda, bivalentní/záložní zdroj. *tzbinfo* [online]. 2011 [cit.2016-04-02]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/7995-dimenzovani-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda-bivalentni-zalozni-zdroj>
- [10]: Dimenzování tepelných čerpadel vzduch/voda pro bytové domy. *tzbinfo* [online]. 2013 [cit.2016-04-02]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/9808-dimenzovani-tepelnych-cerpadel-vzduch-voda-pro-bytove-domy>
- [11]: Tepelná čerpadla na bytových domech v praxi. *tzbinfo* [online]. 2014 [cit.2016-04-05]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/11903-tepelna-cerpadla-na-bytovych-domech-v-praxi>
- [12]: Dálkové vytápění-ekologické teplo bez starosti. *TEPLÁRENSKÉ SDRUŽENÍ* [online]. 2015 [cit.2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.naseteplo.cz/?id=1005>
- [13]: Vytápění bytového domu: Tepelná čerpadla a plynový kotel. *tzbinfo* [online]. 2013 [cit.2016-04-20]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/9621-vytapani-bytoveho-domu-tepelna-cerpadla-a-plynovy-kotel>

- [14]: Tepelná čerpadla pro každého (IV). *tzbinfo*[online]. 2002 [cit.2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/974-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-iv>
- [15]: Množství produkovaných emisí v Moravskoslezském kraji a možnost snížení. *tzbinfo* [online].2014[cit.2016-04-25]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/10810-mnozstvi-produkovanych-emisi-v-moravskoslezskem-kraji-a-moznosti-snizeni>
- [16]: Jak doopravdy fungují tepelná čerpadla?. *tzbinfo* [online]. 2007[cit.2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4526-jak-doopravdy-funguji-tepelna-cerpadla>
- [17]: Porovnání nákladů na vytápění TZB-info. *tzbinfo*[online].[cit.2016-04-25]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>
- [18]: Jak odhadnout spotřebu elektřiny v domácnosti. *Dodavatel elektřiny*[online]. [cit.2016-04-26]. Dostupné z: <http://dodavatelektriny.cz/uzitecne-informace/jak-odhadnout-spotrebu-elektriny>
- [19]: Jak odhadnout spotřebu plynu v domácnosti. *Dodavatel elektřiny*[online]. [cit.2016-04-26]. Dostupné z: <http://dodavatelektriny.cz/uzitecne-informace/jak-odhadnout-spotrebu-plynu>
- [20]: 2. výzva pro bytové domy. *Nová zelená úsporám*[online].[cit.2016-04-28]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/bytove-domy/2-vyzva-bytove-domy/vyse-podpory-c/>
- [21]: Topný faktor SCOP. *ABECEDA*. [online].[cit.2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/topny-faktor-scop>
- [22]: Kompresory pro tepelná čerpadla. *tzb-info*. [online].[cit.2016-05-14]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13498-kompresory-pro-tepelna-cerpadla>
- [23]: Specifikace tepelných čerpadel pro využití v TZB. *Časopis stavebnictví* [online]. 2007 [cit.2016-03-05]. Dostupné z: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/specifikace-tepelnych-cerpadel-pro-vyuziti-v-tzb\\_A517\\_I11-12\\_07](http://www.casopisstavebnictvi.cz/specifikace-tepelnych-cerpadel-pro-vyuziti-v-tzb_A517_I11-12_07)
- [24]: Využívání a provozování tepelných čerpadel v nízkoenergetických domech. *tzbinfo* [online].2015.[cit.:2016-04-18]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/12211-vyuzivani-a-provozovani-tepelnych-cerpadel-v-nizkoenergetickych-domech>
- [25]: Hospodářské noviny. Jaké vytápění má budoucnost. ANDĚROVÁ, Alena. 2015.
- [26]: Internetový časopis podnikatelů v teplárenství. Technická a ekonomická analýza instalace tepelných čerpadel v bytových domech. Praha: Teplárenské sdružení České republiky,2016, 8, 2-3. ISSN 1804-8129
- [27]: Hitparáda vytápění: Dřevo, uhlí, elektřina, nebo plyn?. *peníze.cz* [online].2015 [cit.:2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.penize.cz/bydleni/305071-hitparada-vytapani-drevo-uhli-elektrina-nebo-plyn>

## 10 Přílohy

Příloha A: převzato z [13]

### Ekonomická rozvaha změny zdroje vytápění

#### 1. Vytápění

Vytápěná bytová plocha (odhad)	1 800,00 m <sup>2</sup>
Průměrná spotřeba tepla na vytápění v předchozím období	472,00 GJ = 131,1 MWh
Tepelná ztráta ze spotřeby tepla	54,59 kW

#### PLYNOVÁ VÝTOPNA

Cena tepla na vytápění z plynové výtopy v roce 2012	864,00 Kč/GJ s DPH 14 %
<b>Předpokládaná celková cena za vytápění v roce 2013</b>	<b>407 808,00 Kč s DPH 15 %</b>
Cena za vytápění 1 m <sup>2</sup> /rok z plynové výtopy	226,56 Kč/m <sup>2</sup> s DPH 15 %

#### TEPELNÉ ČERPADLO

Cena el. energie pro tepelné čerpadlo	
Dodavatel el. energie	Česká energie
Sazba D56d - Tepelné čerpadlo	
Nízký tarif NT	2 389,58 Kč/MWh s DPH 21 %
Vysoký tarif VT	2 758,63 Kč/MWh s DPH 21 %

#### Průměrný topný faktor

**COP 2,8**

(Bezrozměrné číslo, které udává průměrný poměr tepelného výkonu k elektrickému příkonu. Číslo je vždy vyšší než 1. V literatuře se označuje zkratkou COP - Coefficient of Performance.)

Tepelné čerpadlo pokryje energetickou potřebu tepla z	95%
Bivalentní/záložní zdroj pokryje energetickou potřebu tepla z	5%
Cena za vytápění tepelným čerpadlem	95 598,96 Kč s DPH 21 %
Cena za vytápění bivalentním/záložním zdrojem	14 293,44 Kč s DPH 21 %
Cena za vytápění	109 892,39 Kč s DPH 21 %
Roční plat za rezervovaný příkon	21 605,76 Kč s DPH 21 %
<b>Celková cena za vytápění tepelným čerpadlem</b>	<b>131 498,15 Kč s DPH 21 %</b>
Cena za vytápění 1 m <sup>2</sup> /rok tepelným čerpadlem	73,05 Kč s DPH 21 %

Předpokládaná úspora energie přechodem na nízkoteplotní systém	10 %
	47,20 GJ

Poznámka: Jedná se o eliminování ztrát tepla všech rozvodů v objektu a rozvodů mezi výměňkovou stanicí.

<b>Úspora za vytápění</b>	<b>276 309,85 Kč/rok</b>
<b>Úspora za vytápění na m<sup>2</sup></b>	<b>153,51 Kč/rok</b>

Poznámka: Za navýšení jističe se platí jednorázový poplatek 500,- Kč s DPH 21 % za každý A.

**2. Ohřev užitkové vody**

Průměrná roční spotřeba TV z CZT ohřáté na 53 °C	1 320,00 m <sup>3</sup>
Průměrná denní spotřeba TV z CZT ohřáté na 53 °C	3,62 m <sup>3</sup>
Předpokládaná roční spotřeba TV ohřáté na 50 °C - TČ	1 419,00 m <sup>3</sup>
Předpokládaná denní spotřeba TV ohřáté na 50 °C -TČ	3,89 m <sup>3</sup>

**Plynová výtopna**

Spotřebovaná energie na TV	236,00 GJ/rok
Cena tepla z plynové výtopny na TV v roce 2013	864,00 Kč/GJ s DPH 15 %
<b>Cena za TV z plynové výtopny</b>	<b>203 904,00 Kč s DPH 15 %</b>
Cena za 1 m <sup>3</sup> /rok z plynové výtopny	143,70 Kč s DPH 15 %

**Tepelné čerpadlo**

Cena el. energie pro tepelné čerpadlo	
Dodavatel el. energie	Česká energie
Sazby D56d - Tepelné čerpadlo	
Nízký tarif NT	<b>2 389,58 Kč/MWh s DPH 21 %</b>
Vysoký tarif VT	<b>2 758,63 Kč/MWh s DPH 21 %</b>

**Průměrný topný faktor**

(Pro TV uvažujeme nižší COP než u vytápění)	<b>COP 2,5</b>
tepelné čerpadlo pokryje energetickou potřebu tepla z	95%
bivalentní/záložní zdroj pokryje energetickou potřebu tepla z	5%
Tepelná energie nutná k ohřevu 1419,0 m <sup>3</sup> vody ročně	28,19 MWh
Cena za TV tepelným čerpadlem	59 527,11 Kč s DPH 21 %
Cena za TV bivalentním/záložním zdrojem	7 832,51 Kč s DPH 21 %
Cena za TV	67 359,62 Kč s DPH 21 %
Roční plat za rezervovaný příkon	započten ve vytápění
<b>Celková cena za TV - Tepelné čerpadlo</b>	<b>67 359,62 Kč s DPH 21 %</b>
Cena za ohřev 1 m <sup>3</sup> /rok tepelným čerpadlem	47,47 Kč s DPH 21 %

<b>Úspora za TV</b>	<b>136 544,38 Kč/rok</b>
---------------------	--------------------------

<b>Úspora za 1 m<sup>3</sup> TV</b>	<b>96,23 Kč/rok</b>
-------------------------------------	---------------------

**Celková úspora**

Úspora za vytápění	276 309,85 Kč/rok
Úspora za ohřev užitkové vody	136 544,38 Kč/rok
<b>Celkem</b>	<b>412 854,23 Kč/rok</b>