

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Ekonomické aspekty zhodnocení zdrojů energie pro
tepelná čerpadla

Vedoucí práce: prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

Autor práce: Jan Netolička

Praha 2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Netolička

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Ekonomické aspekty zhodnocení zdrojů energie pro tepelná čerpadla

Název anglicky

Economic aspects of appreciation energy sources for heat pumps

Cíle práce

Cílem práce je ekonomicky vyhodnotit náklady na realizaci a provoz tepelných čerpadel v rodinných domech, při využití různých zdrojů nízkopotenciální energie v primárním okruhu (vzduch, voda, horizontální zemní výměník, vertikální horninový výměník).

Metodika

1. Rešerše o současném stavu řešení problematiky v ČR a v zahraničí.
2. Analýza poznatků z rešerše z hlediska pohonů kompresoru tepelného čerpadla, zdrojů energie pro výparník, teploty kondenzace, dosaženého sezónního topného faktoru. Ekonomické vyhodnocení energetických efektů z hlediska investičních a provozních nákladů s ohledem na typ nízkopotenciálního zdroje a druh fosilního paliva, jehož spotřeba je eliminována.
3. Specifikace prognózy využití tepelných čerpadel pro vytápění.

Diskuse a závěr.

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

nízkopotenciální energie; tepelné čerpadlo; rodinný dům; vzduch, voda; zemní výměník; horninový výměník

Doporučené zdroje informací

DVOŘÁK, Z., L. KLAZAR a J. PETRÁK. Tepelná čerpadla. Praha: SNTL Nakladatelství technické literatury, 1987. 04-232-87.

Inflow: tzbinfo-stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov [online časopis]. 2010 – 2014. Dostupné z <http://www.tzb-info.cz/>. ISSN 1801-4399

KOLEKTIV. Topenářská příručka. Svazek 1. Praha: GAS s.r.o., 2001. ISBN 80-86176-82-7.

KOLEKTIV. Topenářská příručka. Svazek 3. Praha: Agentura ČSTZ s.r.o., 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.

PETRÁŠ Dušan. Vytápění rodinných a bytových domů. Bratislava: Vydavatelství Jaga group, s.r.o., 2005. ISBN 80-8076-020-9.

Vytápění větrání instalace. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2000 – 2015. ISSN 1801-4399

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra mechaniky a strojnictví

Elektronicky schváleno dne 18. 2. 2015

doc. Ing. Pavel Neuberger, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 4. 2015

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 08. 03. 2016

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Ekonomické aspekty zhodnocení zdrojů energie pro tepelná čerpadla“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 17. 3. 2016

Podpis:.....

Poděkování

Rád bych poděkoval panu prof. Ing. Radomírovi Adamovskému, DrSc. za odbornou konzultaci k této práci.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou tepelných čerpadel. V jednotlivých kapitolách teoretické části je popsán jejich princip, parametry hodnocení sloužící ke vzájemnému porovnávání. Tepelná čerpadla jsou dělena podle jednotlivých systémů, a také je v práci věnovaná poměrně rozsáhlá část nízkoteplotním zdrojům, které jsou pro tepelná čerpadla nezbytnou součástí. Tvrzení, která se vyskytují v teoretické části, potom dokládají zpracované tabulky a z nich vytvořené grafy v kapitole zabývající se ekonomickým zhodnocením. Primárně se práce zabývá zhodnocením nákladů na instalaci tepelných čerpadel. Pro dokreslení dané problematiky je uvedeno také ekonomické srovnání tepelných čerpadel a jiných fosilních zdrojů tepla.

Klíčová slova: nízkopotenciální energie, tepelné čerpadlo, rodinný dům, vzduch, voda, zemní výměník, horninový výměník

Economic aspects of appreciation energy sources for heat pumps

Summary: This bachelor thesis deals with heat pumps. The individual chapters of the theoretical part describe the principle parameters of evaluation used to allow comparison. Heat pumps are divided to individual systems, and there is a quite big part of the bachelor thesis which describes low-temperature resources that are necessary for heat pumps. Claiming that occur in the theoretical part, then prove processed tables and have created charts in the chapter dealing with the economic evaluation. Primarily, the bachelor thesis deals with the evaluation of the cost of installing heat pumps. To illustrate the issue there is also mentioned the economic comparison of heat pumps and other fossil sources of heat.

Key words: low potential energy, heat pump, family house, air, water, underground heat exchanger, geothermal exchanger

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíl práce.....	2
3. Metodika práce.....	3
4. Situace v České republice	4
5. Princip tepelného čerpadla.....	5
5.1 Bivalentní provoz	6
5.2 Monovalentní provoz.....	6
6. Hodnocení parametrů tepelných čerpadel.....	7
6.1 COP	7
6.2 SCOP	7
6.3 SPF.....	8
6.4 PER.....	8
7. Systémy tepelných čerpadel.....	9
7.1 Země/voda	9
7.2 Voda/voda.....	10
7.3 Vzduch/voda.....	10
7.4 Vzduch/vzduch	11
8. Nízkoteplotní zdroje tepla.....	12
8.1 Vzduch.....	12
8.2 Odpadní a větrací vzduch	13
8.3 Voda.....	14
8.4 Země	15
8.4.1 Plošný kolektor.....	16
8.4.2 Geotermální vrt	17
8.5 Sluneční energie	18
8.6 Geologické poměry-ovlivnění provozu	18
9. Základní komponenty	19
9.1 Kompresor	19
9.1.1 Scroll kompresor	19
9.1.2 Evi scroll kompresor	20
9.1.3 Digital scroll kompresor.....	20
9.1.4 Dvojitý rotační kompresor	21

9.2	Výparník	21
9.3	Kondenzátor.....	22
9.4	Expanzní ventil	23
10.	Chladiva/pracovní látky v tepelných čerpadlech.....	24
11.	Ekonomické zhodnocení	25
11.1	Zhodnocení tepelných čerpadel	25
11.2	Porovnání tepelných čerpadel a jiných zdrojů.....	28
12.	Závěr.....	31
13.	Seznam použitých zdrojů	33
14.	Přílohy	35
15.	Seznam obrázků	41

Seznam zkratek

COP – Coefficient of Performance – Topný faktor

SCOP – Seasonal Coefficient of Performance – Sezonní topný faktor

SPF – Seasonal Performance Factor – Sezonní topný faktor

PER – Primary Energy Ratio – Poměr primární energie

TGWI – Total global warming impact – Celkový dopad globálního oteplování

GWP – Global warming potencial – Potenciál globálního oteplování

ODP – Ozon Depletion Potencial – Poškození ozonové vrstvy

1. Úvod

Vytápění jako takové se stalo nedílnou součástí a komfortním standardem našeho života. Vzhledem k omezenému množství fosilních zdrojů energie, je v poslední době kladen velký důraz na jejich úsporu a hlavně na ekologii ve všech směrech z důvodu globálního oteplování. V oblasti vytápění tepelná čerpadla nabízejí částečné řešení těchto dvou celosvětových problémů. Nabízejí kompromis mezi úsporou energie získanou z fosilních zdrojů a tím zároveň snižují znečištění okolního prostředí. Od samotného začátku došlo k obrovskému pokroku a neustálému zlepšování těchto produktů, které se stávají nedílnou součástí mnoha objektů. Vzhledem ke zmíněnému vysokému důrazu kladenému na ekologii, jsou tepelná čerpadla správným krokem v tomto směru, a proto je důležité zabývat se jejich vývojem, výzkumem a postupným zdokonalováním. Do budoucna by se vývoj měl ubírat hlavně směrem k využívání obnovitelných zdrojů energie jako přídatný zdroj pohonu tepelných čerpadel a tím snížit nebo úplně eliminovat znečištění vzduchu a devastaci životního prostředí.

2. Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je především ekonomické zhodnocení nízkoteplotních zdrojů energie pro tepelná čerpadla, které jsou pro provoz nutností. Zhodnocení je postavené na dvou hlavních kritériích.

První kritérium vychází z poznatků získaných na základě vytvořené rešerše, která mapuje oblast tepelných čerpadel a popisuje základní principy a další rozšířené poznatky, ať už se jedná o obecné vlastnosti, či o konkrétní prostředí rodinného domu, se kterým téma této bakalářské práce je spojeno.

Druhým a důležitějším kritériem jsou hodnoty, ze kterých hodnocení vychází. Vycházejí z reálného prostředí a mají za cíl zmapovat a ukázat jednotlivé náklady, co se provozu a instalace tepelných čerpadel týká.

3. Metodika práce

Obsáhlejší část této práce tvoří rešerše mapující situaci ohledně tepelných čerpadel. Poznatky, v ní obsažené, vycházejí z odborných publikací a z odborných článků.

Ekonomické zhodnocení bylo vytvořeno na základě údajů z odborné literatury a z nabídky firmy zabývající se realizací tepelných čerpadel. Tato část, tedy část týkající se konkrétních hodnot, ukazuje podstatu tepelných čerpadel a jednotlivých zdrojů nízkoteplotní energie. Výsledné ekonomické zhodnocení úzce souvisí s fakty o jednotlivých systémech tepelných čerpadel, které byly popsány a zmíněny v rešerši. Jde tedy o dokladování těchto faktů skutečnými hodnotami. V části týkající se zhodnocení se navíc vyskytuje i porovnání tepelných čerpadel s jinými způsoby vytápění fosilními palivy. Na toto téma však není kladen velký důraz. Jde pouze o dokreslení celé situace, co se způsobu vytápění rodinných domů tepelnými čerpadly týká, a také dokládá tvrzení, která se vyskytují v obecné části této práce.

4. Situace v České republice

Začátek se datuje do roku 1990. Tehdy se začala v omezeném množství dovážet tepelná čerpadla do České republiky. Situace v té době, týkající se nízkého počtu dovážených kusů, byla ovlivněna dvěma faktory. Prvním z nich byla nízká cena energií a druhým téměř žádný rozvoj, co se ekologické oblasti týká. Z počátku byli hlavními dovozci do České republiky firmy ze zemí Rakouska, Švédska a Německa. (1)

Současným trendem v Evropské unii a tedy i v České republice je zajistit tepelnou stabilitu využitím obnovitelných zdrojů. Efektivnost provozu a zároveň vysoká účinnost-to jsou hlavní požadavky. Správným využitím a zvolením vhodného typu tepelného čerpadla lze těchto požadavků poměrně snadno dosáhnout. (2)

Již od roku 2000 dochází k velkému rozvoji, co se používání tepelných čerpadel v prostředí rodinných domů týká. V roce 2011 bylo odhadováno, že na český trh dodává tepelná čerpadla 80 výrobců z různých zemí celého světa. To poukazuje na nespočetně velké množství výrobků, kdy u některých mohlo docházet k uvádění neodpovídajících informací, ať už se jedná o údaje z hlediska provozu nebo energetických úspor.

Mylné informace byly uváděny z jednoduchého důvodu a to získání dotací od státu na tepelná čerpadla, která však neodpovídala požadavkům v programu Zelená úsporám. Z důvodu uvádění nepravdivých informací a klamání zákazníků vytvořili evropští odborníci pravidla pro porovnávání a hodnocení tepelných čerpadel. K hodnocení slouží speciální pracoviště, které po splnění kritérií, oceňují výrobky značkou kvality „European Quality Label for Heat Pumps“. (3)

V dnešní době má svého zástupce v oblasti testovacích pracovišť i Česká republika. Tato státní zkušebna se nachází v Brně. (4)

Co se programu Zelená úsporám týká, ten začal fungovat počátkem měsíce dubna roku 2009. Jeho cílem bylo podpořit dotacemi tepelná čerpadla, u kterých byla prokazatelná úspora energie. Krátce po zavedení však došlo k využití dotací jen výjimečně. Muselo tedy dojít k přepracování původního programu, po jehož zavedení se o dotace zvýšil zájem. (1)

5. Princip tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo pracuje na velmi podobném až, dalo by se říci, stejném principu jako chladicí zařízení. Rozdíl nastává v pojetí jeho funkce. U chladicího zařízení se využívá jako „produkt“ chlad, avšak u tepelného čerpadla jde o teplo. Na vstupu do tepelného čerpadla jsou tepelné toky a část energie, která je potřebná k chodu zařízení. Výstupem z něj jsou pak tepelné toky s vyšší teplotou než tepelné toky původně přijaté. (5)

Jedná se o alternativní přívod energie z obnovitelných zdrojů. Ve většině případů se skládá z venkovní a vnitřní části. Venkovní část má za účel odebírat z nízkoteplotních zdrojů teplo. Zdrojem mohou být vzduch, voda nebo země, přičemž záleží na zvoleném typu tepelného čerpadla. Jak již bylo zmíněno, u tepelných čerpadel se teplo získává z okolního prostředí, které je předáváno kapalině v oběhu, tedy pracovní látce. (6)

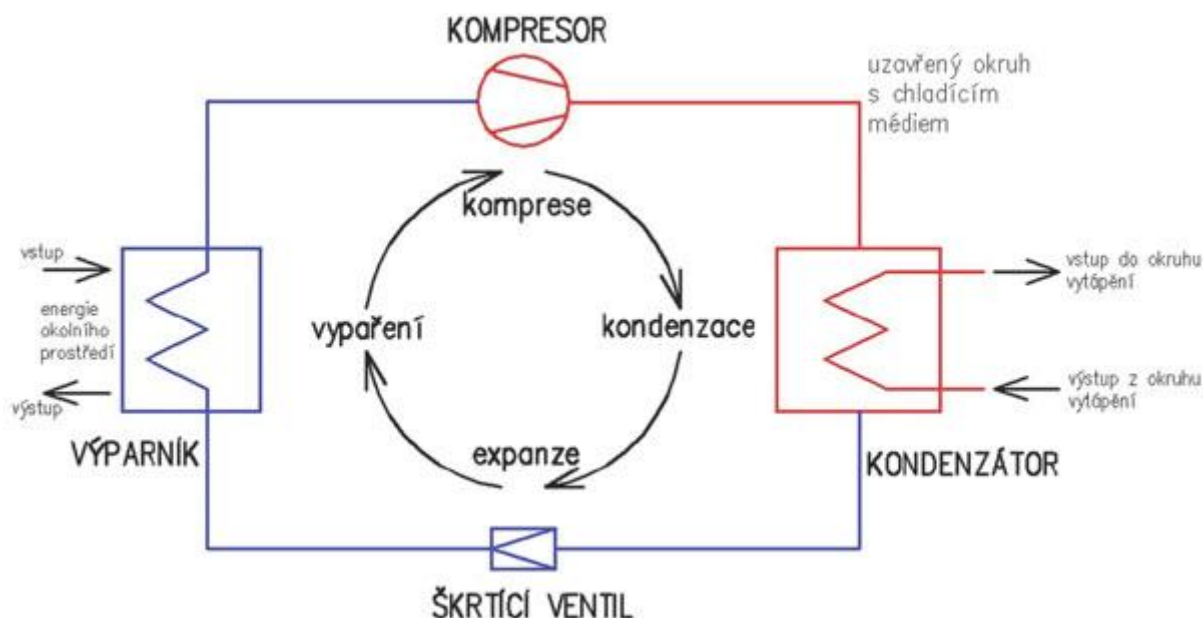
Pracovní látka na vstupu do okruhu má nižší teplotu i tlak, čímž se přivádí teplo do oběhu a následně se toto teplo při vyšším tlaku a teplotě odevzdává. U pracovní látky tímto dochází k termodynamickým změnám, které jsou často spojeny se změnou skupenství a jedná se buď o jev vypařování anebo naopak kondenzaci. (5)

Důležitá je především ekologie provozu tepelného čerpadla, tedy i jednotlivé systémy jsou tak navrženy. Navzdory tomu je nezbytně nutná i energie elektrická, která je obvykle vyráběna z neobnovitelných zdrojů, jako jsou uhlí nebo jaderná energie. Ta slouží pro pohon elektromotoru kompresoru.

Podstatou tepelného čerpadla z ekologického hlediska je fakt, že oproti jiným zdrojům vytápění, ať už se jedná například o akumulární vytápění, spotřebovává tepelné čerpadlo přibližně o dvě třetiny méně elektrické energie. Jde ale stále o množství, které nelze zanedbat. V případě, že by nastala situace, při které by se jednalo o dodávání elektrické energie z lokálních zdrojů, tedy například fotovoltaické panely, nebo z obnovitelných zdrojů, pak by bylo možné skutečné říci a tepelné čerpadla označit jako velice úsporný a šetrný zdroj tepla. (7)

Celý oběhový systém tepelného čerpadla je znázorněn na Obr. 1. Pracovní látka v kapalném stavu je ohřátá z venkovních zdrojů (země, vzduch...) a dále odváděna do výparníku, kde dojde k předání nízkoteplotního tepla do oběhu. Základními částmi oběhu jsou výše zmíněný výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní neboli škrtící ventil. Tyto součásti jsou podrobněji popsány v dalších kapitolách. (6)

Obr. 1 Oběh tepelného čerpadla



Zdroj: http://www.casopisstavebnictvi.cz/specifikace-teplnych-čerpadel-pro-vyuziti-v-tzb_A517_I11-12_07

5.1 Bivalentní provoz

Jelikož je značně nevýhodné dimenzovat výkon tepelných čerpadel na pokrytí celkové tepelné ztráty objektu, používá se tedy kombinace tepelného čerpadla a dalšího záložního zdroje. Tento záložní zdroj je využíván v případě poklesu okolní teploty pod bod bivalence, kdy už samostatné tepelné čerpadlo nestačí. Bivalentní provoz lze tedy jednoduše popsat tak, že tepelné čerpadlo funguje samostatně, dokáže-li zajistit dostatečný přísun tepla, v opačném případě, kdy už tepelné čerpadlo nestačí, je zapojen náhradní zdroj, aby dodal potřebnou energii. (8)

5.2 Monovalentní provoz

Opačný případ provozu tepelného čerpadla než bivalentní je provoz monovalentní. Jak už je z názvu patrné jedná se o tepelné čerpadlo samostatné bez záložního zdroje. Monovalentní systémy byly poměrně málo využívány, kvůli výši nákladů na provoz. V dnešní době je tepelné čerpadlo dimenzováno tak, aby pokrylo tepelnou ztrátu objektu i s rezervou, kdy tepelné čerpadlo nepracuje. Jedná se o dobu dvou hodin, kdy dle tarify sazby energie pro tepelná čerpadla D56d, platí vysoká cena za odběr elektrické energie. Tepelná čerpadla pro monovalentní provoz nabízejí buď systém, který tepelné čerpadlo po dobu vysokého tarify vypne, anebo nevypne, tedy umožní tepelnému čerpadlu pracovat neomezenou dobu. (2) (8)

6. Hodnocení parametrů tepelných čerpadel

Při vzájemném srovnávání čerpadel lze použít dvě metody hodnocení. První metoda se zabývá ekonomickým zhodnocením a to náklady, spojené s realizací daného typu tepelného čerpadla, a náklady na jeho provoz. Druhá metoda hodnotí jeho parametry, kterých dosahuje při provozu. (9)

6.1 COP

Základní parametr pro posuzování tepelných čerpadel je COP neboli topný faktor (z anglického Coefficient of performance). Tento faktor udává teoretický poměr na základě vyrobeného tepla, díky tepelnému čerpadlu, a spotřebou energie, která je na vyrobení potřeba.

Pro zhodnocení a porovnání více druhů čerpadel je výhodné požadovat COP co nejvyšší. U tohoto faktoru platí nepřímá úměra, čím vyšší dosahuje hodnoty, tím nižší cena na provoz čerpadla.

Ukazatel COP se u obvyklých druhů tepelných čerpadel nejčastěji pohybuje v rozmezí mezi 2,5 až 5. Není ovšem výjimkou, že u velmi dobrých čerpadel dosahuje hodnoty 7. Dále je třeba zdůraznit, že topný faktor není vždy stálý a při provozu může kolísat nebo naopak stoupat. Vše záleží na okolních podmínkách, za kterých je tepelné čerpadlo provozováno.

Výpočet COP faktoru se pro každý systém čerpadla (vzduch/voda, země/voda, atd.) provádí za jiných podmínek, například pro systém země/voda se hodnoty udávají při 0°C/35°C, kdežto pro systém vzduch voda při 2°C/35°C. (6)

6.2 SCOP

Druhým výrazným parametrem v posuzování je SCOP neboli sezónní topný faktor. Jde o ukazatel efektivity definovaných provozních podmínek. Pro výpočet tohoto ukazatele se Evropa dělí na 3 klimatické oblasti. Česká republika se nejvíce blíží „průměrné“ klimatické oblasti. Zbývajícími částmi je chladnější a teplejší pásmo. Pro určování hodnoty SCOP je nutné znát jmenovitou tepelnou ztrátu budovy a naměřené hodnoty týkajícího se tepelného výkonu a topného faktoru v podmínkách pro provoz. (10)

6.3 SPF

Faktory COP a SCOP jsou pouze teoretické, jelikož výpočty jsou prováděny na základě přesně stanovených a dodržovaných principů. Jedná se tedy o hodnoty standardizované, které ne vždy musí odpovídat podmínkám, ve kterých je později tepelné čerpadlo provozováno.

Výpočet SPF neboli také sezonního topného faktoru, je mnohem podrobnější, jelikož zahrnuje i další potřebné elektrické energie. Zakládá se na metodě intervalů, do kterých je otopná sezóna rozdělena podle středních venkovních teplot a doby, po kterou tyto střední hodnoty trvají.

Faktor hodnocení SPF se může získávat buď výpočtem, anebo druhou možností je provedení dlouhodobého měření přímo na konkrétním systému v objektu. (11)

6.4 PER

Primary energy ratio zkráceně PER se používá v případě, kdy je potřeba porovnat tepelné čerpadlo a zařízení s různými zdroji tepla, které mohou využívat i jiný zdroj energie než dané tepelné čerpadlo.

Z důvodu kladení vysokých požadavků na ekologii je vhodné tento ukazatel vztahovat k fosilním zdrojům energie. Jelikož se PER používá hlavně v porovnávání fosilních zdrojů, je tento faktor výhodný i v případě, že nastane situace, kdy v některé zemi jsou dávky neobnovitelné energie nějakým způsobem omezeny. Lze takto uměle zvýšit vstupní hodnotu při výpočtu, čímž se u konkrétních zdrojů dosáhne horšího výsledku. Zmíněná regulovatelná vstupní hodnota se nazývá Konverzní faktor. Každý stát má nastaveny rozdílné hodnoty pro jednotlivé typy fosilní energie. Například v České republice má nejvyšší hodnotu elektrická energie. (11)

7. Systémy tepelných čerpadel

V páté kapitole, popisující princip, bylo zmíněno, že tepelná čerpadla jsou tvořena ze dvou okruhů, vnějšího a vnitřního. Tato část má za cíl přiblížit a popsat jednotlivé typy systémů, které jsou rozdílné právě podle druhů okruhů, popsat podmínky instalace systémů a jejich využití v provozu.

Zpravidla jsou jednotlivé systémy od sebe odlišeny už podle názvu a to na principu pojmenování podle látky, ze které teplo přijímají a látky, které teplo dávají. Nejběžnější typy kombinací látek jsou vzduch/vzduch, vzduch/voda, voda/voda a země/voda. (12)

U tepelných čerpadel by mělo obecně platit, že jeho výkon by měl dokázat pokrýt při nejnižší výpočtové teplotě 50 až 70% tepelných ztrát vytápěného objektu, nezávisle na jednotlivých systémech. (13)

7.1 Země/voda

Jak bylo již zmíněno, u tepelných čerpadel velmi záleží na okolních podmínkách, za kterých jsou provozována. Toto tvrzení však tak trochu vyvrací systém země/voda, který lze použít téměř kdekoli a to i v nepříznivých podmínkách, kde teploty klesají až pod -25°C . Nejčastěji je však provozován v bivalentním provozu, tedy v místech, kde teplota klesá pod bod bivalence (-5°C až -8°C). V takovém případě se zapojí přídatný zdroj tepla. (6)

U tohoto systému se rozlišují dva hlavní druhy a to podle polohy kolektoru. V prvním případě se jedná o kolektor horizontální nazývaný také zemní, ve druhém případě jde kolektor vertikální občas nazývaný jako kolektor geotermální.

Za velikou nevýhodu lze označit fakt, že pro instalaci tohoto systému tepelného čerpadla je nutností provedení zemních prací a to z důvodu čerpání tepla. Tato položka má velmi výrazný vliv na náklady spojené s instalací systému. Zejména u vertikálních kolektorů se jedná o poměrně vysoké náklady. O druhu polohy kolektoru rozhoduje nejvíce geologická situace a umístění budovy. U novostaveb se více upřednostňují kolektory horizontální, nejsou-li však pro jejich instalaci vhodné podmínky volí se druhý způsob. Druhý typ vertikální je doporučován v případě, že je stavba umístěna v kompaktních horninách. Více jsou jednotlivé druhy uložení kolektoru popsány v kapitole zabývající se nízkoteplotními zdroji. (6)

Oproti provozu tradičního systému topení lze využitím tepelného čerpadla země/voda ušetřit až 70% nákladů, které jsou s provozem spojeny, a navíc se jedná o velmi spolehlivý systém s dlouhou životností. Dlouhá životnost je úzce spojena s kvalitou vybraných materiálů, z nichž se oběh skládá. Vzhledem k faktu, že opravy okruhu u tepelného čerpadla země/voda jsou velmi obtížné, klade se velký důraz na výběr kvalitních materiálů. (6)

7.2 Voda/voda

U systému tepelného čerpadla voda/voda je nutné zdůraznit, že dosahuje nejvyššího topného faktoru. Je však velmi málo lokalit, kde je instalace vhodná.

Odběr tepelné energie je prováděn, buď z vody podzemní, nebo z vody povrchové. Ideálním zdrojem je první zmíněná možnost, ta ovšem závisí na geologických podmínkách a je-li podzemní pramen dostatečně vydatný. Obrovskou předností podzemních vod je, že si dokáží udržet stabilní teplotu, právě z tohoto důvodu jsou lepší než vody povrchové. Nutností jsou však dvě studny. Jedna aby plnila funkci zdrojovou a druhá funkci vsakovací. Jestliže by se v projektu rodinného domu uvažovalo o tomto systému, je třeba neopomenout požadavek na vzdálenost těchto dvou studní alespoň 15 metrů. Vydatnost pramene by měla být nejméně 0,5l /s. (6)

Zda vydatnost pramene skutečně odpovídá, se lze jednoduše dozvědět na základě studií provedené v dané lokalitě, kde má být systém vytvořen. Studie je založena na principu čerpání vody.

Obecně u tepelných čerpadel se systémem voda/voda platí, že náklady na jejich provoz jsou vyšší než u tepelných čerpadel se systémem země/voda s geotermálním vrtem (vertikální kolektor). Toto tvrzení je spojeno právě se zmíněným čerpáním podzemních vod. (6)

7.3 Vzduch/voda

Nejjednodušší z nabízených systémů a to z důvodu velmi snadné, nenákladné instalace a vhodnosti umístění téměř na každou stavbu nebo objekt. Při realizaci není zapotřebí žádného zásahu do okolní země. Z tohoto tvrzení vyplývá, že ani náklady spojené s instalací nebudou příliš vysoké. (6)

Další velkou výhodou tohoto systému je, že všechny části oběhového zařízení jsou snadno přístupné v případě opravy. Ačkoliv se jedná o nejrozšířenější systémy, je třeba zdůraznit i jejich hlavní nevýhody a to, že mají kratší životnost a vyšší náklady na provoz

v porovnání s jinými systémy. Například při porovnání s tepelným čerpadlem se systémem země/voda jsou náklady až o 25% vyšší. (14)

7.4 Vzduch/vzduch

Princip funkce u čerpadel s tímto systémem je stejný jako u čerpadel vzduch/voda. Rozdíl nastává pouze tehdy, kdy dochází k předání tepla z primárního okruhu na okruh sekundární. V případě čerpadla vzduch/voda se jednalo o předání tepla ze vzduchu do vody, kdežto u tohoto systému se předává teplo dále do interiérového vzduchu. Toto řešení je z důvodu malých rozměrů vhodné do bytů či chat. Zde hraje poměrně důležitou roli fakt, že primárním cílem je vytápnout místnost, v níž je tepelné čerpadlo umístěno, a všechny další místnosti se tím stávají poněkud obtížnější pro vytápění. (6)

8. Nízkoteplotní zdroje tepla

Jedná se o typ obnovitelných zdrojů energie dostupných v přírodě. Rozhodujícími fakty jsou kvalita zdroje a jeho množství. Závisí především na klimatických podmínkách v dané lokalitě. Množství energie ze zdrojů získané ovlivňuje i sezónní doba, kdy je zdroj využíván.

Nelze opomenout i další důležité požadavky. Jedním z nich je zásada, že doprava nízkoteplotního média by měla být co nejméně náročná. Dále by zvolený zdroj tepla měl odpovídat geologickým podmínkám, které jsou v dané lokalitě, a neměl by působit jak fyzikálně, tak ani chemicky na výměník tepla. V případě, kdy nebude dodrženo toto pravidlo, týkající se chemického/fyzikálního působení, bude docházet ke korozi nebo inkrustaci.

Nelze jednoznačně určit, který ze zdrojů nízkoteplotní energie je ten nejlepší. Vzhledem k výše zmíněným podmínkám, které si v některých případech zdrojů i navzájem odporují, je vždy nutné vybrat takový zdroj, který bude pro daný návrh řešené situace nejvhodnější. (5)

8.1 Vzduch

Vzduch je nejdostupnější a neomezený zdroj. Za jeho další přednost lze považovat vlastnost, že nejméně ovlivňuje venkovní prostředí, jelikož teplo ze vzduchu odebrané se vrací zpět v podobě tepelných ztrát vytápěného objektu. (15)

Je ovšem nutné zdůraznit, že tento zdroj tepla je velmi nestálý, ať už se jedná o jednotlivá klimatická pásma, či změny teploty. K těm dochází v průběhu roku, ale často i v kratších intervalech například v průběhu dne.

Jako zdroj energie pro tepelná čerpadla je vzduch nejvýhodnější využít tam, kde bývají dlouhé, ale ne příliš chladné zimy. Je ale nezbytně nutné provést důkladné šetření, které mapuje průměrné teploty během jednotlivých ročních období. Na základě tohoto šetření poté rozhodnout, zda je vzduch skutečně vhodný jako zdroj do systému. Neméně důležité je i vysledovat a zmapovat v jakém rozmezí se pohybují průměrné denní teploty a délku jejich trvání. Vzduch by se neměl používat jako zdroj, dochází-li často k vysoké hodnotě vlhkosti okolního vzduchu při teplotách pohybujících se v rozmezí $+2^{\circ}\text{C}$ až -8°C . Kombinací těchto teplot a vlhkého vzduchu dochází k vzniku námrazy, která má negativní dopad na funkčnost systému. (5)

I přes velký důraz, který je v poslední době kladen na provozní parametry u tepelných čerpadel pracujících se vzduchem, stále hrozí riziko, že při nízkých teplotách, kdy je vysoký požadavek na přísun tepla do vytápěného objektu, nedokáže tepelné čerpadlo dodat jeho dostatečné množství. K tomuto jevu může docházet převážně v zimním období. Naopak na jaře a na podzim, kdy se teplota vzduchu pohybuje v rozmezí 0°C až 12°C, je za těchto podmínek volba vzduchu jako zdroje nízkoteplotní energie téměř ideální.

Pokud se bude jednat přímo konkrétně o celý systém tepelných čerpadel pracujících se vzduchem (Obr. 2), je třeba i zvážit hladinu hluku, kterého dosahují. V tomto případě se jedná o velice subjektivní pocit. Jsou zde i jistá technická řešení, jak vzniklému hluku zabránit. Jedním z nich může být použití tlumičů. Jako další řešení se nabízí rozmístění otvorů pro přísun nebo odvod vzduchu, tak aby při odvodu vzduchu nedocházelo k jeho opětovnému nasátí zpět. (6) (16)

Obr. 2 Systém odebírající vzduch



Zdroj: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda>

8.2 Odpadní a větrací vzduch

Zajímavým řešením je využití odpadního a větracího vzduchu u čerpadel pracujících se vzduchem. Lze tak ušetřit celkem až 40% energie spotřebované na vytápění.

U rodinných domů, kde je odpadní a větrací vzduch jako zdroj aplikován, se využívá speciálně tepelného čerpadla, jehož výkon se pohybuje v rozsahu 1,5 až 2 kW. Pro zajištění odběru tepla z odpadního vzduchu je toto výkonové rozhraní dostačující. V případě, kdy je třeba odebírat teplo i z jiných zdrojů, je nutné použít tepelné čerpadlo o vyšším výkonu.

Pokud není teplo z odpadního vzduchu zrovna využíváno, dochází k jeho ukládání do země. Tím je zvyšována její teplota a tepelné čerpadlo po celý rok pracuje s vyšším topným faktorem. Díky tomuto procesu, kdy dojde ke zvýšení teploty země, je možné vytvářet méně hluboké vrty nebo zmenšit velikost zemního kolektoru. (6)

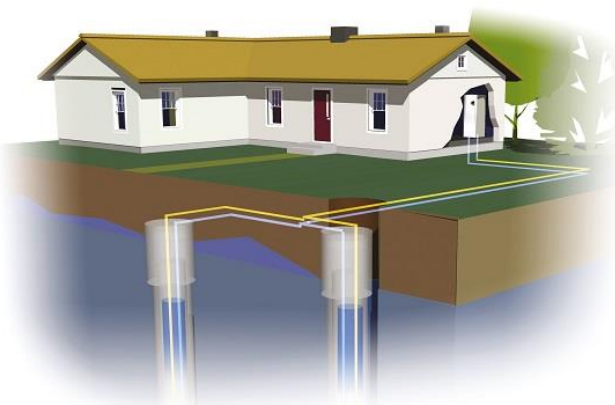
8.3 Voda

U tohoto zdroje, jedná-li se o zdroj tepla pro tepelná čerpadla, je nutné dbát na jeho dostatečné množství v dané lokalitě. Dalším důležitým požadavkem je čistota vody. Nesmí se v ní objevovat nečistoty, které by mohly zapříčinit zanesení filtru či výměníku. Za nevhodné lze považovat i vysoký obsah železa a minerálů. V úvahu by měla být brána i hloubka, ze které je voda čerpána.

V případě, kdy je čerpána z příliš velké hloubky, stávají se náklady na její získání vyšší, čímž může dojít k neefektivnosti provozu celého systému. Tím dojde ke ztrátě podstaty pořízení tepelného čerpadla. Maximální hloubka, ze které by se měla voda čerpat u rodinných domů, dosahuje 25 m. (6)

Navzdory předchozím podmínkám, které je potřeba dodržet, se voda řadí k nejlepším nízkoteplotním zdrojům tepla. Jelikož dosahuje vysokých hodnot tepelné kapacity, má dobré vlastnosti a předpoklady pro přenos tepla. Nutno rozlišit zda, pro realizaci projektu bude využívána spodní či povrchová voda. První zmíněná možnost je vhodnějším zdrojem, protože teplota spodní vody, jak bylo dříve zmíněno, se udržuje na konstantní hodnotě. U systémů tepelných čerpadel pracujících se spodní vodou v primárním okruhu bylo zmíněno, že je nutné vytvořit dvě studny (Obr. 3). (5)

Obr. 3 Dvě studny v systému odebírajícím teplo ze spodních vod

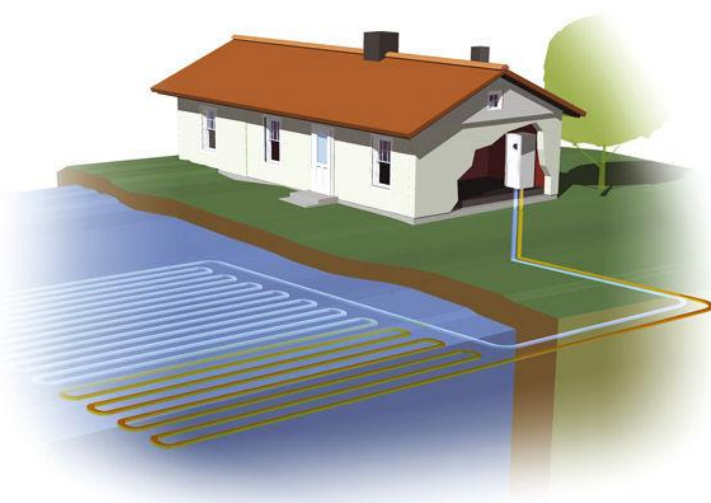


Zdroj: <http://www.nwt.cz/vyroba-a-uspora-energie/vytapeni/tepelna-cerpadla/>

Při využití povrchové vody dochází k jejímu omezení v případě, že teplota klesne pod úroveň 3°C až 4°C tedy pod bod jejího využití. K tomuto jevu dochází často v zimních měsících. (5)

V případě využití zdrojů vody z povrchového toku (málo časté), je teplo odebíráno ze dna díky kolektorům (Obr. 4), které tvoří PE hadice. Ty jsou umístěny na dno a zatíženy závažím. Tento způsob řešení je využíván ve většině případů, jedná-li se o zdroj z povrchových vod, avšak povrchové vody jsou využívány spíše výjimečně. (6)

Obr. 4 Odebírání tepla z povrchových vod



Zdroj: <http://www.bydleni.cz/firma/Tepelna-čerpadla-IVT-s-r-o>

8.4 Země

Odběr energie je založen na principu ohřevu půdy z okolních zdrojů, které se do ní akumulují. Jde především o zdroj energie ze Slunce. Horní vrstva země přijímá teplo buď v přímé formě, tedy záření, anebo v nepřímé formě, kde se jedná například o déšť. U systému tepelného čerpadla země/voda bylo zmíněno, že se rozlišují dva druhy kolektorů, plošný a horizontální. (6)

Co se týká požadovaného množství energie, které ze země v dané lokalitě lze získat, zjistí se provedením geologického průzkumu terénu. Ten je při projektování nezbytný, aby byla odhalena podzemní voda a její množství a zejména pak o jaký druh zeminy se v dané lokalitě jedná. Na základě zjištěného typu zeminy se následně odvodí její součinitel tepelné vodivosti. (9)

8.4.1 Plošný kolektor

Plošný kolektor (Obr. 5), který slouží k odebrání zmíněného nízkoteplotního tepla, je uložen pod zem do určité hloubky (v České republice obvykle 1,2-1,5 m). V projektování kolektoru je nutné dbát na splnění jeho velikosti, co se plochy týká. Správná velikost plochy je ve výsledku mnohem důležitější, než způsob jeho uložení. Způsobů uložení plošného kolektoru se nabízí hned několik (Obr. 6).

Obr. 5 Plošný kolektor



Zdroj: <http://www.topinstal.cz/tepelna-cerpadla.html>

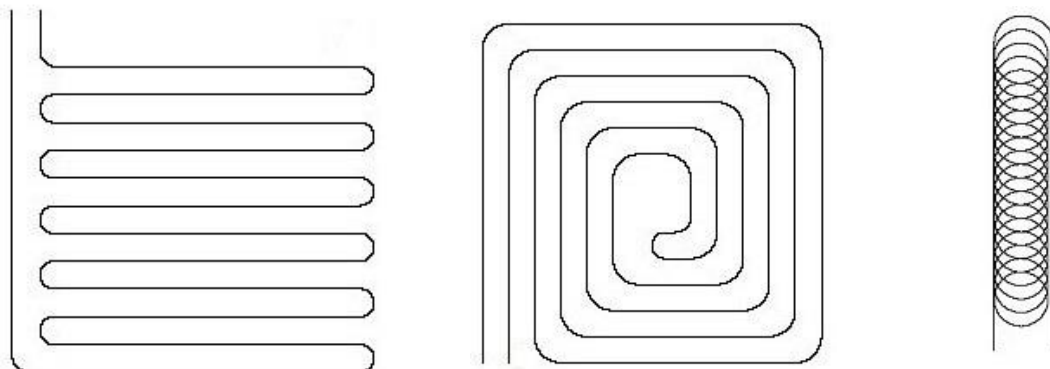
První možností je klasické uložení, kdy jednotlivé smyčky na sebe postupně navazují. Tento způsob zaručuje, že čerpání energie bude rovnoměrně rozděleno na celou plochu, jež kolektory zabírají.

Další možností je uložení do spirály. Při řešení kolektorů do spirály se docílí ideálního rozložení čerpané energie ze země. Jde o poměrně jednoduchý princip, kdy se studenější část potrubí ohřívá teplejší částí.

Budou-li při projektování systému značně omezeny prostorové podmínky pro uložení kolektorů, pak je vhodné zvolit speciální uložení. Speciální uložení, zvané slinky, totiž umožňuje vzájemné překrývání jednotlivých okruhů, čímž dojde ke zmenšení potřebného prostoru k instalaci. (6)

Jelikož je systém čerpání energie ze země, tedy země jako zdroj tepla pro tepelná čerpadla, poměrně dost náročný na velikost pozemku, je zde možnost, že vedení kolektoru se smí křížit s ostatními typy vedení. Tuto možnost lze použít jen v případě, že obě vedení budou dostatečně izolována. (6)

Obr. 6 Klasické uložení; uložení do spirály; speciální uložení tzv. slinky



Zdroj: <http://www.gerotop.cz/cs/sluzby/tepelna-cerpadla-primarni-okruhy/tepel-cerpadlo-s-kolektorem/instalace-plosneho-kolektoru/>

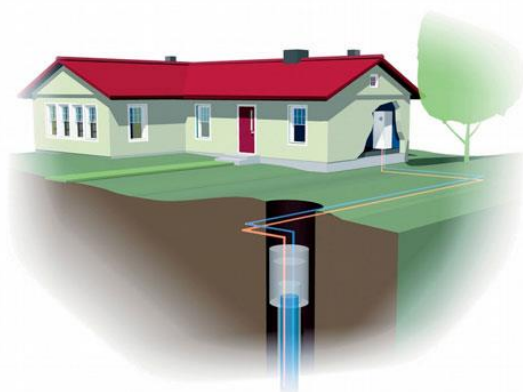
8.4.2 Geotermální vrt

V České republice jsou nejrozšířenější geotermální vrty (Obr. 7), jako zdroj energie odebírané ze země. I při zohlednění negativního faktu, že toto řešení je poměrně nákladné, však ve výběru často vítězí právě geotermální vrt. (6)

Jde o jednoduchou, avšak velice výhodnou vlastnost, kdy tento způsob odběru nízkopotenciální energie je nezávislý na vlivěch a teplotě okolního prostředí. Při instalaci je nutné dodržovat jisté předepsané postupy. Špatná instalace, špatný postup i špatné umístění může značně ovlivnit výsledek, tedy rozdílné množství tepla získané z vrtu.

Hloubka vrtů se nejčastěji pohybuje mezi 70 až 140 m. Při špatných vlastnostech půdy je někdy nutné provést rozložení celkové délky na několik kratších stejně dlouhých vrtů. I přesto však geotermální vrty zůstávají nenáročné na prostorové vlastnosti pozemku a případné jeho znehodnocení při instalaci. (6)

Obr. 7 Geotermální vrt



Zdroj: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/tepelna-cerpadla.php>

8.5 Sluneční energie

Oproti předchozím zmíněným zdrojům nízkoteplotní energie je sluneční energie u tepelných čerpadel brána spíše jako doplňkový zdroj. V případě poklesu pod teplotu bivalence. (17)

Jedná se o velice účinný zdroj, avšak náklady s pořízením tohoto systému jsou relativně vysoké. S tímto tvrzením je spojena návratnosti investice do solárních kolektorů na získání sluneční energie. K té zpravidla dochází až na pokraji doby životnosti kolektorů. (6)

8.6 Geologické poměry-ovlivnění provozu

U hornin, pokud dojde k ukládání nevyužitého tepla, jsou dvě důležité vlastnosti. První z nich je měrná objemová tepelná kapacita. Jedná se o vlastnost, kdy hornina pohltí tepelnou energii, kterou následně sdílí. Druhá neméně důležitá vlastnost je výměna tepla mezi okolními částicemi horniny. Jde o takzvanou tepelnou vodivost. Z podílu těchto dvou vlastností lze získat informaci, jak rychle se dokáže šířit teplotní změny v dané hornině, ať je zahřívána nebo naopak ochlazována. Odborně se tento podíl nazývá teplotní difuzivitou. Je nutné samozřejmě rozlišovat, jaký objem hornina v konkrétní lokalitě zaujímá a jaké je její uspořádání na daném místě. (18) (19)

Voda se vyznačuje špatnou tepelnou vodivostí, avšak na druhou stranu dokáže dosáhnout velké objemové kapacity, co se tepla týká. Jinými slovy špatně teplo přenáší, ale dokáže ho uchovat velké množství. O mnoho více než zmíněné horniny. Tato vlastnost vody se vztahuje k tepelným čerpadlům pracujícím se systémem země/voda. Jedná se tedy o vlastnosti využívané z podzemní vody u geotermálních pramenů. (18)

9. Základní komponenty

Následující část má za cíl popsat a přiblížit základní komponenty, ze kterých jsou tepelná čerpadla tvořena.

9.1 Kompresor

Nezbytnou součástí tepelného čerpadla je právě kompresor. Musí se klást důraz na jeho správné zvolení a to nejen z důvodu provozní výkonnosti, ale i dalších kritérií jako například hluk nebo vibrace vznikající při provozu. Velmi vysoké požadavky jsou také kladeny na jeho životnost.

U návrhu kompresoru je vhodné zohlednit i fakt, že naopak oproti kompresorům v chladicích zařízeních je vhodné zamezit ztrátám tepla do okolí. V případě, že kompresor používá vzduch, měl by být konstruován tak, aby zvládl výparné teploty pohybující se v rozmezí -35°C až 15°C .

Elektromotor, jímž je kompresor poháněn, by měl být zkonstruován tak, aby nedocházelo k jeho přehřívání při všech provozních podmínkách, ve kterých bude tepelné čerpadlo pracovat.

Obecně se kompresory dělí na dvě hlavní skupiny. Tou první je skupina kompresorů objemových a do druhé skupiny se řadí kompresory dynamické, jiným názvem také rychlostní kompresory. Tyto dvě základní skupiny se dále dělí ještě podrobněji na menší podkategorie. (5)

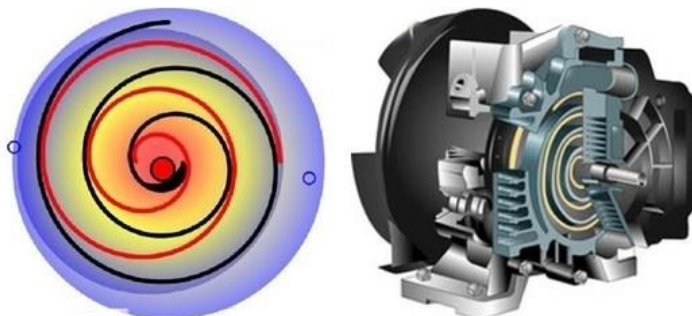
Jedná-li se konkrétně o kompresory u tepelných čerpadel, pak jsou v současné době nepoužívanější dva typy, spadající do hlavní kategorie objemových kompresorů a podrobněji do její podkategorie rotační kompresory. Jsou to kompresory scroll a dvojité rotační kompresory. (20)

9.1.1 Scroll kompresor

Základem tohoto kompresoru jsou dvě spirály. Jedna pevná a druhá nesoustředně kroužící. Spirály jsou do sebe vzájemně vloženy. Scroll kompresor (Obr. 8) funguje tak, že spirály nasají médium, které stlačí do středu. Tímto jevem dojde ke zvýšení tlaku a teplotě na požadované hodnoty. Je nutné zajistit nepřetržité mazání spirál, v opačném případě by docházelo k nežádoucí ztrátě média.

Tento typ kompresoru by měl být provozován zejména při stálých otáčkách. V opačném případě při nižších otáčkách dochází k menší účinnosti mazání a tím se kompresor může opotřebit. Vzhledem ke konstrukci je možné použití tam, kde jsou široké škály hodnot teploty a tlaku. (20)

Obr. 8 Scroll kompresor



Zdroj: <http://www.eurosystemy.cz/tepelna-cerpadla/novinky/img/kompresory-tepelne-cerpadlo.jpg>

9.1.2 Evi scroll kompresor

Novější typ scroll kompresorů s označením EVI. Přisává chladné páry, pracovní látky kompresoru, do části prostoru mezi rotory a to v průběhu, kdy dochází ke stlačování par. Pro zvýšení výkonu, je v daný okamžik možné, vstříkovanou pracovní látku použít za účelem podchlazení za kondenzátorem. Vyšší výkon odpovídá většímu množství pracovní látky, dochází tím ale i ke zvýšení příkonu kompresoru při vstřiku. Obvykle však i přes tento jev je účinnost kompresoru vyšší.

Jak bylo nyní zmíněno, EVI scroll kompresor dosahuje vyššího příkonu, který sice nesnižuje účinnost, ale jde o nevýhodnou vlastnost tohoto typu. Jako druhou nevýhodu je třeba zmínit, že na kompresor je vyvíjena větší mechanická zátěž. (20)

9.1.3 Digital scroll kompresor

Digital scroll kompresor byl poprvé v provozu využit v roce 2000, tedy o sedm let později od začátku jeho vývoje. Jedná se o nejnovější typ z řady kompresorů pracujících na základních principech typických pro scroll kompresory. Navíc digital scroll kompresor umožňuje pohyb rotorů v jejich ose. Díky této vlastnosti přerušuje fáze stlačování, protože se jednotlivé rotory od sebe oddálí. Výhodou přerušování stlačování je, že lze přizpůsobit spotřebovanou energii ale i výkon a tím je umožněno regulovat u kompresoru jmenovitý výkon. Rozsah regulace se pohybuje mezi 10 až 100%. Naopak nevýhodou této technologie je, že kapacita může být regulována pouze při ztrátě účinnosti. (20) (21)

9.1.4 Dvojitý rotační kompresor

Dvojitý rotační kompresor je o něco mladším typem v porovnání se scroll kompresorem. V současnosti nejrozšířenější a nejpoužívanější typ. Jedná se o celistvé kompresory s vysokou účinností provozu. Velikou předností je jejich tichý chod jen s malými vibracemi. Výkon dvojitého rotačního kompresoru (Obr. 9) lze jednoduchým způsobem regulovat, jelikož výkon kompresoru přiměřeně odpovídá otáčkám, které za pomoci měniče frekvence je možné usměrňovat. Základ kompresoru tvoří dvě pevné komory, kde v každé je umístěna excentrická vačka. Ta společně s pohybuje se komorovou přepážkou slouží ke stlačování pracovní látky. (20)

Obr. 9 – Dvojitý rotační kompresor



Zdroj: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-čerpadla/13498-kompresory-pro-tepelna-čerpadla>

9.2 Výparník

Jedná se o výměník tepla, který je umístěn na primárním okruhu tepelného čerpadla. Právě v něm dochází ke zmíněné změně skupenství oběhové látky.

Ve většině případů u tepelných čerpadel lze najít výměníky deskové (Obr. 10). Jsou to prolisované desky vyrobené z nerezové oceli. U tepelného čerpadla se systémem vzduch/voda se výparníky umísťují ven. S tím je spojena i značná nevýhoda, tedy že při nižších teplotách dochází k jeho namrzání. Pokud jde o systém země/voda, tam se výměník tepla vyrábí z plastu. (22)

Nejen podle materiálu ale i dle pracovního procesu, který vykonávají, se dělí na rekuperační, regenerační a směšovací. Rekuperační výparník lze stručně charakterizovat tak, že je založený na principu dvou látek od sebe oddělených pomocí teplovýměnné plochy. K přenosu tepla dochází nepřerušovaně v případě, že je zajištěn tok obou látek. U regeneračního výměníku probíhají dva cykly. Při prvním dojde k akumulaci tepla uvnitř výměníku z teplejší látky a ve druhém dochází k jeho odevzdání chladnější látce. U třetího typu tedy u směšovacího výměníku dochází současně k přenosu tepla a látky při smíchávání chladného s teplým proudem. Z hlediska posouzení kvality u výměníků se posuzuje jednak cena a hlavně schopnost přenosu tepla. K porovnání slouží tzv. přenosové charakteristiky. (5)

Obr. 10 Deskový výměník



Zdroj: <http://www.esl.cz/cms/obsah/tisk.php?id=alfalaval&lng=1>

9.3 Kondenzátor

Jde o výměník tepla, který se nachází v sekundární části oběhu, v němž dochází k přenosu kondenzačního tepla. K tomuto jevu dochází při výměně mezi pracovní látkou a ohřívanou látkou. Jev, který s tímto přenosem taktéž současně nastává, je ochlazení přehřátých pár do stavu jejich nasycení a postupně dochází ke kondenzaci mokrých pár. (5)

Stejně jako u výparníků, tak i u kondenzátorů jsou nejčastěji používány výměníky deskové. Vhodný kondenzátor by měl být zvolen tak, aby nedocházelo k namrzání odcházejícího kondenzátu a tím k ucpaní a zastavení celého systému tepelného čerpadla. Toto tvrzení platí zejména u systému vzduch/voda. Existují různé způsoby, jak tomuto jevu zabránit, například pomocí elektrického topného kabelu vyhřívat odvodní potrubí. (22)

9.4 Expanzní ventil

Expanzní, jiným slovem škrtící, ventil slouží k dávkování pracovní látky dále do oběhu. Konkrétně do výparníku, ve kterém zabezpečuje dostatečný přísun pracovní látky. V opačném případě, je-li množství příliš velké, usměrňuje velikost proudu. (5)

Expanzní ventily jsou rozlišovány na elektronický (Obr. 11) a termostatický. Hlavním rozdílem mezi nimi je, že elektronický expanzní ventil kontroluje tok pracovní látky vstupující do výparníku a to na základě signálů, které jsou vysílány z elektronického regulátoru. (23)

V praxi u tepelných čerpadel se používají dva druhy termostatických expanzních ventilů. Ty se od sebe odlišují podle způsobu vyrovnávání tlaku. Jedná se tedy o expanzní ventil s vnitřním a expanzní ventil s vnějším vyrovnáváním tlaku. (5)

Obr. 11 Elektronický expanzní ventil



Zdroj:http://www.carel.com/electronic-expansion-valve/-/journal_content/56_INSTANCE_i4q5KIMLIInKK/10191/95217

10. Chladiva/pracovní látky v tepelných čerpadlech

Odebírat energii při nízké teplotě ve výparníku a dále prostřednictvím tepelného oběhu ji předávat v kondenzátoru, k tomuto účelu slouží chladiva/pracovní látky v tepelných čerpadlech. Během oběhu v systému mění své skupenství z kapalného na plynné nebo naopak. (24)

Co se použití pracovních látek týká, jedná se o velice specifické téma, které je v poslední době velmi diskutované. Hlavním důvodem je snižování emisí CO₂ a halogenovaných uhlovodíků požadované Evropskou unií. Cílem je především zmenšit dopad na ozonovou vrstvu a skleníkový efekt.

Téměř po celém světě platí shoda, týkající se zákazu použití látek poškozujících ozonovou vrstvu. Mezi ně patří zejména těžké freony. K účelu posouzení vlivu pracovní látky na globální oteplování slouží tzv. potenciál globálního oteplování, zkráceně GWP (Global warming potencial). Tento ukazatel porovnává vztah mezi CO₂ a daným plynem. Cílem je zjistit a porovnat, o kolik více přispívá ke skleníkovému efektu než CO₂.

Další možností je ukazatel TEWI (Total global warming impact), který se při porovnání s GWP jeví jako lepší řešení, zejména z důvodu, že dokáže poskytnout přesnější odhad, jak daný plyn skutečně přispívá ke globálnímu oteplování.

S pracovními látkami je taktéž spojován ukazatel ODP (ozon depletion potencial). Jedná se o poměrnou hodnotu k látce R11, která je nyní už zakázána, udávající tendenci k poškození ozonové vrstvy. (25)

11. Ekonomické zhodnocení

Nejprve jsou vzájemně srovnávána čtyři tepelná čerpadla s rozdílnými systémy pro získávání nízkoteplotního tepla. Jde o popsání nákladů na jejich realizaci.

V druhé části zhodnocení se nachází porovnání nákladů na realizaci a vytápění objektu mezi tepelnými čerpadly a jinými fosilními zdroji.

11.1 Zhodnocení tepelných čerpadel

Tato část práce je zaměřená na ekonomické porovnání jednotlivých druhů systémů tepelných čerpadel. Jedná se o nabídku na realizaci čtyř systémů, kterou nabízí firma Úsporné vytápění s.r.o., a všechny systémy tepelných čerpadel jsou dimenzovány podle totožné modelové situace na vytápění rodinného domu. Při sestavování jednotlivých nabídek (příloha 1, 2, 3, 4) se vychází z případu novostavby rodinného domu s topným systémem prostřednictvím radiátorů a tepelná ztráta objektu činí 15 kW.

Jedná se tedy o vzájemné porovnání rozdílných systémů tepelných čerpadel, avšak všechna tepelná čerpadla splňují cíl a to vytápění modelového objektu. Je nutné zdůraznit, že nabídky byly vytvořeny na základě určitých předpokládaných podmínek a v případě realizace, na konkrétním pozemku se ceny mohou lišit např. díky větší či menší náročnosti instalace.

Pro lepší přehlednost a porovnání jsou jednotlivé ceny zaznamenány v tabulce 1. Cílem je popsat a ukázat rozdílnou náročnost na realizaci těchto čtyř systémů tepelných čerpadel:

- Voda/voda;
- Vzduch/voda;
- Země/voda – plošný kolektor;
- Země/voda – geotermální vrt.

Nejdůležitější v celém systému je jednoznačně tepelné čerpadlo. Jedná se o nejdražší položku v sestavě přesahující hranici 150 000 Kč. Konkrétně u nejméně nákladného tepelného čerpadla se systémem voda/voda stojí 153 805 Kč. Nejdražší v tomto případě je tepelné čerpadlo u systému vzduch/voda za 172 805 Kč. U obou systémů země/voda se jedná o totožný typ tepelného čerpadla, tedy náklady na pořízení jsou přibližně 160 000 Kč.

Již první položka, tedy tepelné čerpadlo, vytváří první zásadní nákladové rozdíly, kdy jednotlivé částky mezi sebou se odchyľují v řádech deseti tisíců korun.

Nedílnou součástí sestavy je i akumulací zásobník. Ve všech čtyřech případech se jedná o shodný typ, proto jsou náklady na pořízení stejné a to 7 290 Kč. Do základní sestavy také patří zásobník na vodu. U systému voda/voda jde o zásobník s menším objemem a to 300 l, proto je levnější o 1000 Kč. V ostatních systémech má zásobník objem 400 l a stojí 11 950 Kč.

Tabulka 1 Přehled cen

	voda/voda	vzduch/voda	země/voda (plošný kolektor)	země/voda (geotermál. vrt)
Sestava				
Tepelné čerpadlo	153 805 Kč	172 805 Kč	161 010 Kč	161 010 Kč
Akumulací zásobník	7 290 Kč	7 290 Kč	7 290 Kč	7 290 Kč
Zásobník smaltovaný (bojler)	10 950 Kč	11 950 Kč	11 950 Kč	11 950 Kč
Ostatní materiál				
Ventil trojcestný	1 000 Kč	1 000 Kč	1 000 Kč	1 000 Kč
Servopohon pro trojcestný v.	1 200 Kč	1 200 Kč	1 200 Kč	1 200 Kč
Montáž				
Montáž strojovny	34 900 Kč	34 900 Kč	34 900 Kč	34 900 Kč
Montáž elektroinstalace	7 900 Kč	8 900 Kč	7 900 Kč	7 900 Kč
Primární okruh				
Ponorné čerpadlo	34 900 Kč	-	-	-
PE potrubí atd.	-	-	90 000 Kč	24 000 Kč
Vyvtání a vystrojení vrtu	-	-	-	225 000 Kč
Cena				
Celková cena	251 945 Kč	238 045 Kč	315 250 Kč	474 250 Kč
Celková cena (+15% DPH)	289 737 Kč	273 752 Kč	362 538 Kč	545 388 Kč

Při realizaci je nutné pořídit trojcestný ventil, kde tato položka u všech systémů je cenově totožná 1000 Kč. Dále je třeba servomotor na jeho pohon, který stejně jako trojcestný ventil je shodný u všech systémů a stojí 1 200 Kč.

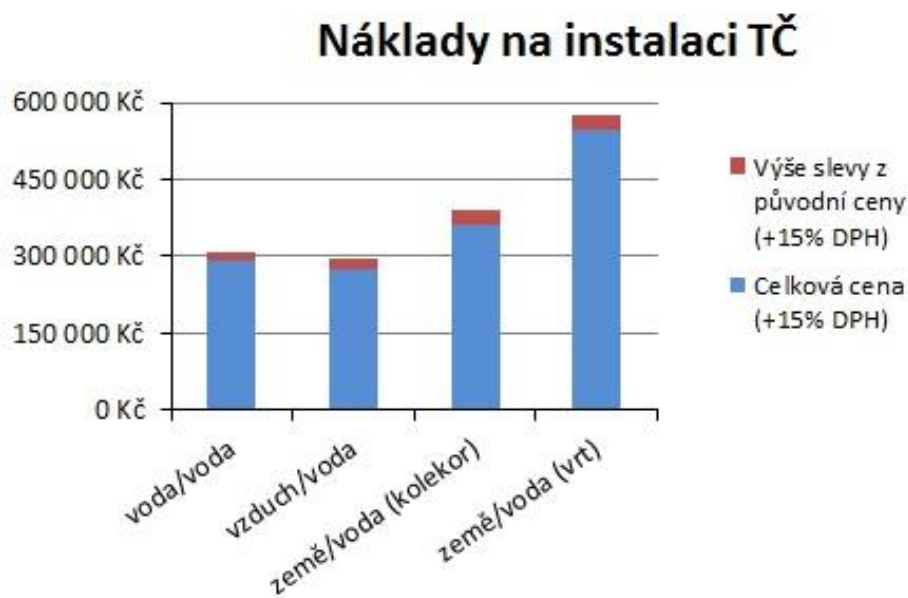
Ani montáž nevytváří žádný zásadní rozdíl u jednotlivých systémů tepelných čerpadel. Cenově jde téměř o totožné hodnoty, kdy jediný rozdíl nastává v případě systému vzduch/voda, kde montáž elektroinstalace je o 1000 Kč dražší. Celková montáž u všech typů stojí přibližně 43 000 Kč.

Hlavní a zásadní rozdíly vznikají při vytváření primárního okruhu. Žádné další finance nejsou potřeba u systému vzduch/voda, který vytvářet primární okruh nepotřebuje. U systému voda/voda je nutné pořídit ponorné čerpadlo, které stojí 34 900 Kč. Co se týká systému země/voda, tak zde primární okruh vytváří největší cenový rozdíl v porovnání s ostatními systémy. Jedná-li se o plošný kolektor, je nutné vytvořit PE potrubí, jehož položení, připojení, naplnění a dále následné zprovoznění okruhu vyjde cenově na 90 000 Kč. V tomto případě se uvažuje, že se položí 900 m PE potrubí, kdy cena jednoho metru je 100 Kč. Druhou možností u systému země/voda je geotermální vrt. Na realizaci je potřeba vynaložit několikanásobně více financí než v ostatních případech. Jako u plošného kolektoru i zde se vytváří PE potrubí, kdy celý proces položení a zprovoznění stojí 24 000 Kč. Ceny PE potrubí jsou zde rozdílné, jeden metr stojí 1 200 Kč a zde na realizaci je třeba 20 m. Nejzásadnější rozdíl, který téměř zdvojnásobuje výši nákladů u systému tepelného čerpadla země/voda odebírající teplo z geotermálního vrtu, vytváří zrealizování právě onoho geotermálního vrtu. Jde o částku 225 000 Kč. Je tedy jasně patrné, že tento systém, co se ceny týká, bude právě díky vytvoření geotermálního vrtu řádově o sta tisíce korun dražší.

Položky, které jsou výše popsány a zobrazeny v tabulce, jsou základní a nezbytně nutné položky na vytvoření těchto systémů. V jednotlivých nabídkách, které jsou uvedeny jako přílohy, se vyskytují dále položky, díky kterým lze rozšířit základní výbavu jednotlivých čerpadel. Využitím těchto doplňků se cena může navýšit ještě přibližně o 50 000 Kč. Ve všech případech se jedná o totožné doplňky se shodnou cenou.

Ze vzájemného porovnání jednotlivých systémů, co se ceny realizace a pořízení týká, vyšel jako nejlepší způsob systém vzduch/voda. Téměř dvojnásobek jeho ceny stojí systém země/voda s geotermálním vrtem. Ceny na realizaci, které byly výše zmíněny, jsou sníženy o slevu na daná čerpadla 10% a slevu na zásobník 50%, kterou firma poskytuje. Jelikož se jedná o procentuální slevu, při které platí přímá úměra, tedy bude-li původní částka vyšší, tím je sleva znatelnější, je taktéž zahrnuta v grafu 1. Jde o zobrazení celkové ceny realizace po slevě, kterou firma nabízí, a velikost této slevy. Výše skutečných nákladů bez slevy je graficky vyjádřena součtem těchto dvou hodnot.

Graf 1 Náklady na instalaci tepelných čerpadel



11.2 Porovnání tepelných čerpadel a jiných zdrojů

Cílem je ukázat hlavní rozdíl mezi vytápěním objektu pomocí tepelných čerpadel a jiných zdrojů. Následující situace byla vytvořena v prostředí rodinného domu, jehož tepelná ztráta činí 7,5 kW a spotřeba el. energie zejména na ohřev teplé vody a vytápění objektu je 4 500 kWh za rok. Jde o srovnání těchto čtyř způsobů vytápění:

- Tepelné čerpadlo země/voda – bivalentní provoz – plošný kolektor;
- Tepelné čerpadlo vzduch/voda – bivalentní provoz;
- Elektrokotel;
- Kotel na pelety.

Srovnání týkající se realizace jednotlivých způsobů vychází z odborné literatury a původní tabulky nákladů (příloha 5). Autor srovnává ještě s kotlem na plyn. Vzhledem k okolnostem, kdy často dochází k nezapočítání nákladu na realizaci plynové přípojky a je zahrnuta už v nákladech na pořízení daného pozemku, je v tomto porovnání vynechána a to z důvodu informací, které mohou být zkreslené, co se výše ceny pozemku týká.

Při sečtení cen jednotlivých položek a připočtením DPH 15% je nejnákladnějším způsobem na realizaci tepelné čerpadlo se systémem země/voda s plošným kolektorem a to za 343 630 Kč. O trochu levněji vyjde druhé tepelné čerpadlo a to se systémem vzduch/voda 317 630 Kč. Zásadní rozdíl vzniká v případě realizace jiných zdrojů vytápění.

O přibližně 100 000 Kč vychází levněji v porovnání s tepelnými čerpadly kotel na pelety, jehož cena činí 209 818 Kč. Přibližně čtyřikrát levněji než realizace nejdražšího tepelného čerpadla v tomto srovnání vychází realizace elektro-kotle a to na částku 84 295 Kč.

Pro stejné čtyři způsoby vytápění rodinného domu je vytvořeno i následující srovnání, co se výše nákladů na vytápění týká. Porovnání taktéž vychází z odborné literatury a pro lepší přehlednost je zaznamenáno v tabulce (příloha 6). Ceny v ní zobrazené jsou přepočteny dle aktuálních cen poskytovaných společností ČEZ a.s. a u tepelných čerpadel se jedná o tarif D56d (příloha 7). Ten zahrnuje dvě rozdílné ceny za den. První z nich je pro tzv. nízký tarif, který platí po dobu 22 hodin. Druhá je pro vysoký tarif, který platí po zbývajících dvě hodiny. Dále je třeba sledovat i aktuální cenu jednoho kilogramu pelet (příloha 8). Veškeré náklady na jednotlivé způsoby vytápění jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2 Náklady na vytápění objektu

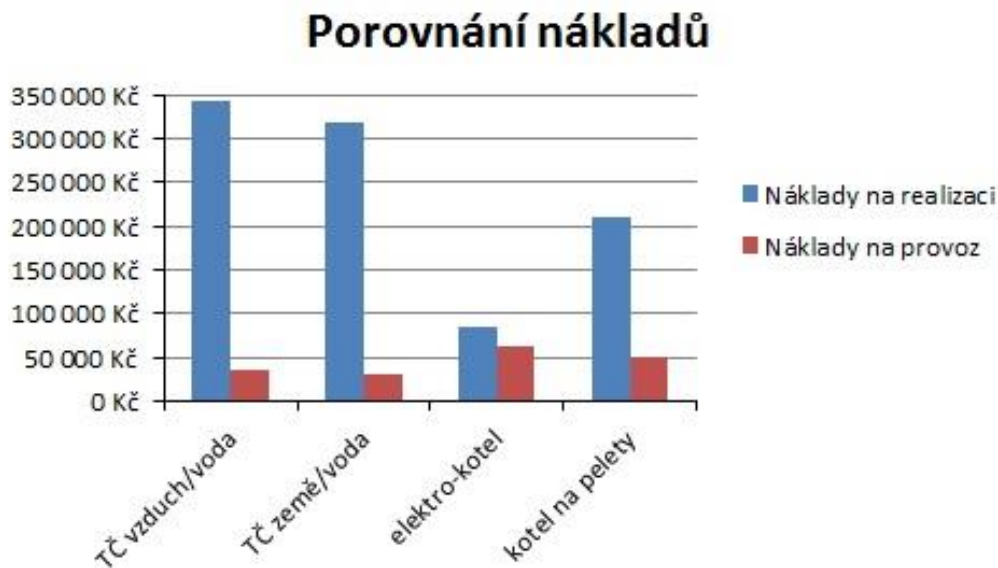
položka	TČ vzduch/voda	TČ země/voda	elektro-kotel	kotel na pelety
spotřeba el. energie v NT na vytápění a ohřev TV	7 176 kWh	6 005 kWh	19 250 kWh	-
spotřeba pelet na vytápění a ohřev TV	-	-	-	4 406 kg
ostatní spotřeba el. energie v NT	4 140 kWh	4 140 kWh	4 040 kWh	4 500 kWh
ostatní spotřeba el. energie v VT	360 kWh	360 kWh	460 kWh	
cena el. energie NT	26 649 Kč	23 891 Kč	54 848 Kč	19 512 Kč
cena el. energie VT	956 Kč	956 Kč	1 221 Kč	-
paušál za elektroměr	6 818 Kč	6 818 Kč	6 818 Kč	1 608 Kč
cena paliva	-	-	-	29 036 Kč
celkem provoz	34 423 Kč	31 666 Kč	62 888 Kč	50 156 Kč
úspora provozních nákladů vůči elektro-kotli	28 464 Kč	31 222 Kč	0 Kč	12 732 Kč
procento úspor	45,26 %	49,65 %	0,00 %	20,25 %

V obecné části této práce bylo zmíněno, že tepelná čerpadla spotřebují o jednu třetinu méně elektrické energie na vytápění, což dokazuje první řádek tabulky týkající se vytápění a ohřevu teplé vody. Zde vzniká hlavní a zásadní rozdíl mezi elektrokotlem a tepelnými

čerpady, který se promítne do celkových nákladů na provoz. U kotle na pelety, co se týká ohřevu teplé vody a vytápění objektu, je uvedeno množství pelet v kilogramech. Tento údaj není zcela porovnatelný s ostatními třemi způsoby, jelikož jde o jiný zdroj, proto nelze porovnávat množství spotřeby. Lze ale díky vynásobení spotřebovaného množství a cenou jednoho kilogramu pelet získat náklady na ohřev a vytápění, tedy 29 036 Kč. Hodnota sice mapuje náklady, avšak s ostatními způsoby vytápění stále není srovnatelná. Podrobněji srovnatelné jsou tepelná čerpadla a elektro-kotel, kde jsou rozepsány jednotlivé náklady a množství spotřeby. Pokud jde o celkové srovnání všech čtyř způsobů je rozhodující až součet všech nákladů na jejich provoz. V tabulce je také zobrazeno, jaké částky lze uspořit v porovnání s nejnákladnější způsobem vytápění (elektro-kotel) a částky ještě přepočteny na procenta.

Při srovnání nákladů na realizaci a nákladů na vytápění objektu u jednotlivých systémů vzniká poměrně kontrastní výsledek (graf 2). Je jasně patrné, že ačkoliv tepelná čerpadla stojí několikanásobně více, lze díky nim uspořit až 50% nákladů na provoz.

Graf 2 Porovnání nákladů



12. Závěr

Tepelná čerpadla jsou momentálně nezpochybnitelným trendem, co se vytápění objektů týká. Zejména v posledním desetiletí je kladený velký důraz na ekologii v globálním měřítku, což vedlo k obrovskému rozšíření těchto zařízení v České republice i po celém světě. I díky speciálním dotačním benefitům se tak mnohokrát stává tepelné čerpadlo nedílnou součástí nejen velkých objektů, ale i rodinných domů. Poměrně rozmanitá škála možností instalace a jednotlivých systémů okruhu, zaručují, že tepelné čerpadlo je vhodné téměř kamkoliv.

Cílem této práce bylo vysvětlit základní principy a funkci tepelných čerpadel. Ukázat jednotlivé systémy, jejich základní vlastnosti a technologie, a dále popsat prostředí, ve kterém bude daný systém nejvhodnější použít.

Poměrně rozsáhlá část byla věnována zdrojům nízkoteplotního tepla, které jsou nezbytnou součástí celého systému. Byly popsány jednotlivé zdroje a podmínky, za jakých okolností lze jednotlivé druhy využít.

Dále práce poukazuje na rozvoj a současnou situaci v České republice, co se tepelných čerpadel týká.

V závěru práce je uvedeno porovnání a ekonomické zhodnocení nejrozšířenějších systémů tepelných čerpadel u rodinných domů. Popisuje náklady spojené s jejich instalací a spuštěním. Důležité je však poznamenat, že srovnávána mezi sebou byla kvalitativně odpovídající čerpadla v jednotlivých kategoriích. V případě použití jiných kvalitativních typů se mohou výsledky výrazně lišit.

Z porovnání vyplynulo, že systém země/voda je nejdražší, naopak systém vzduch/voda nejlevnější. Neznamená to však, že by systém země/voda byl nějak zásadně horší nebo lepší, jde pouze o ekonomický pohled na danou problematiku. Vzhledem k náročnosti instalace celého systému oběhu se ale dá předpokládat, že tento systém bude nejdražší i v případě použití tepelných čerpadel z jiných kvalitativních kategorií než právě porovnávaná tepelná čerpadla.

Ačkoliv tato práce se zabývala převážně ekonomickým zhodnocením, ne vždy však cena musí být rozhodujícím kritériem. Je nutné zmapovat konkrétní podmínky, které daný pozemek, okolní prostředí nebo projekt poskytuje. Důležité je sledovat, jakých hodnot porovnávacích faktorů, které jsou v práci popsány, jednotlivé systémy, či výkonové typy

tepelných čerpadel dosahují. Vždy se nabízí několik možností, ať už se jedná o zdroje nízkoteplotního tepla celého systému nebo o druh provozu.

Dále byla srovnávána tepelná čerpadla a jiné zdroje vytápění v rodinných domech. Cílem tohoto porovnání bylo ukázat, že tepelná čerpadla, jsou sice několika násobně dražší při instalaci systému, avšak při provozu jsou náklady na vytápění naopak několikanásobně menší. Z výsledků porovnání s jinými fosilními zdroji tepla na vytápění skutečně vyplynulo, že zmíněné částky na instalaci tepelných čerpadel jsou několikanásobně vyšší. To je jednoznačně jejich největší nevýhodou. V případě, že se však zákazník nebo projektant rozhodne pro volbu tepelného čerpadla, v budoucnu na tomto rozhodnutí jednoznačně vydělá. Jak je v práci zmíněno, instalací tepelného čerpadla lze ušetřit až 70% nákladů na vytápění objektu. Této hodnoty však zkoumaná tepelná čerpadla nedosáhla, nicméně ušetřených téměř 50% v porovnání s elektrokotlem, potvrzuje myšlenku, že tepelná čerpadla při provozu jsou mnohem výhodnější.

U tepelných čerpadel také platí přímá úměra, čím větší prostor tepelné čerpadlo má za cíl vytápět, tím se investice do jeho instalace dříve vrátí v podobě ušetřených nákladů.

Z porovnání rozdílných zdrojů a tepelných čerpadel lze také jednoduše zjistit, že pokud v budoucnu bude docházet ke zvyšování cen energií, stanou se tepelná čerpadla ještě daleko výhodnějším systémem pro vytápění, než nyní jsou.

13. Seznam použitých zdrojů

1. **SLOVÁČEK, Josef.** Časopis stavebnictví. *www.casopisstavebnictvi.cz*. [Online] 12. 11. 2009. [Citace: 3. 3. 2016.] http://www.casopisstavebnictvi.cz/tepelna-cerpadla-v-programu-zelena-usporam_N2894.
2. **MASTNÝ, Petr.** Časopis stavebnictví. *www.casopisstavebnictvi.cz*. [Online] 12. 11. 2007. [Citace: 3. 3. 2016.] http://www.casopisstavebnictvi.cz/specifikace-tepelných-cerpadel-pro-vyuziti-v-tzb_N517.
3. **ADAMOVSKEÝ, Radomír.** Tzb-info. *www.tzb-info.cz*. [Online] 20. 6. 2011. [Citace: 3. 3. 2016.] <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/7573-znacka-kvality-pro-tepelna-cerpadla>.
4. **KUCHYNKA, Lubomír.** Tzb-info. *www.tzb-info.cz*. [Online] 3. 2. 2016. [Citace: 3. 3. 2016.] <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13770-komentar-k-situaci-ohledne-registrace-necertifikovanych-zarizeni>.
5. **MEČIARIK, Karol, HAVELSKÝ, Václav a FÜRI, Belo.** *Tepelné čerpadlá*. Bratislava : Alfa, 1988.
6. **KARLÍK, Robert.** *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. Praha : Garda, 2009. ISBN 978-80-247-2720-2.
7. **HOŘEJŠÍ, Miroslav.** Tzb-info. *www.tzb-info.cz*. [Online] 3. 5. 2002. [Citace: 3. 3. 2016.] <http://www.tzb-info.cz/974-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-iv>.
8. **HONZÍK, Jiří.** Tzb-info. *www.tzb-info.cz*. [Online] 3. 11. 2011. [Citace: 3. 3. 2016.] <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/7995-dimenzovani-tepelneho-cerpadla-vzduch-voda-bivalentni-zalozni-zdroj>.
9. **JELÍNEK, Vladimír a LINHARTOVÁ, Vladimíra.** Tzb-info. *www.tzb-info.cz*. [Online] 10. 1. 2015. [Citace: 3. 3. 2016.] <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/12211-vyuzivani-a-provozovani-tepelných-cerpadel-v-nizkoenergetických-domech>.
10. **SEDLÁŘ, Jan.** Tzb-info. *www.tzb-info.cz*. [Online] 30. 11. 2015. [Citace: 3. 3. 2016.] <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13507-hodnoceni-scop-tepelných-cerpadel-pro-vytapeni>.
11. **MATUŠKA, Tomáš.** Tzb-info. *www.tzb-info.cz*. [Online] 5. 10. 2015. [Citace: 3. 3. 2016.] <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13272-parametry-pro-hodnoceni-efektivitu-soustav-s-tepelnými-cerpadly-spf-a-per>.
12. **HOŘEJŠÍ, Miroslav.** Tzb-info. *www.tzb-info.cz*. [Online] 19. 4 2002. [Citace: 3. 3. 2016.] <http://www.tzb-info.cz/957-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-ii>.
13. **MATUŠKA, Tomáš, SCHWARZER, Jan a ŠOUREK, Bořivoj.** Tzb-info. *www.tzb-info.cz*. [Online] 31. 10. 2005. [Citace: 3. 3. 2016.] <http://www.tzb-info.cz/2820-tepelna-cerpadla-teorie-a-schemata-i>.
14. **PONCAROVÁ, Jana.** Tzb-info. *www.tzb-info.cz*. [Online] 9. 3. 2011. [Citace: 3. 3. 2016.] <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/7216-vybirame-tepelne-cerpadlo-jaka-kriteriia-sledovat>.
15. **ŠMÍDA, Igor.** Tzb-info. *www.tzb-info.cz*. [Online] 6. 12. 2002. [Citace: 3. 3. 2016.] <http://www.tzb-info.cz/1271-tepelna-cerpadla-a-jejich-pouziti-v-otopných-soustavach-i>.

16. **PETRÁK, Jiří a DVOŘÁK, Zdeněk.** *Tepelná čerpadla*. Praha : Editační středisko Českého vysokého učení technického, 1991.
17. **MASTNÝ, Petr.** Tzb-info. *www.tzb-info.cz*. [Online] 26. 3. 2007. [Citace: 3. 3. 2016.]
<http://www.tzb-info.cz/3999-tepelne-cerpadlo-a-aktivni-solarni-system-v-kombinovanem-provozu-i>.
18. **ČÍŽEK, Petr.** Tzb-info.cz. *www.tzb-info.cz*. [Online] 15. 10. 2004. [Citace: 3. 3. 2016.]
<http://www.tzb-info.cz/2190-jak-geologicke-pomery-ovlivnuji-provoz-tepelnych-cerpadel>.
19. **HAZDROVÁ, Milena a kol.** *Geotermální energie a její využití*. Praha : ÚÚG, 1981.
20. **DAVID, Petr.** Tzb-info. *www.tzb-info.cz*. [Online] 26. 11. 2015. [Citace: 3. 3. 2016.]
<http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13498-kompresory-pro-tepelna-cerpadla>.
21. Bine. *www.bine.info*. [Online] 7. 2012. [Citace: 3. 3. 2016.]
<http://www.bine.info/en/publications/themeninfos/publikation/elektrisch-angetriebene-waermepumpen/leistungsregelung-der-waermepumpe/>.
22. **ŽERAVÍK, Antonín.** Tzb-info. *www.tzb-info.cz*. [Online] 27. 2. 2006. [Citace: 3. 3. 2016.]
<http://www.tzb-info.cz/3099-pravidla-udrzby-tepelnych-cerpadel>.
23. **TOMCZYK, John.** Archnews. *www.archnews.com*. [Online] 28. 7. 2004. [Citace: 13. 3. 2016.]
<http://www.achrnews.com/articles/95056-electronic-expansion-valves-the-basics>.
24. **KRAINER, Robert a DUDA, Jiří.** Tzb-info. *www.tzb-info.cz*. [Online] 4. 5. 2015. [Citace: 3. 3. 2016.]
<http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/12647-chladiva-pouzivana-v-tepelnych-cerpadlech>.
25. **SEDLÁŘ, Jan.** Tzb-info. *www.tzb-info.cz*. [Online] 28. 12 2015. [Citace: 3. 3. 2016.]
<http://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/13626-chladiva-uvod-definice-historie>.

14. Přílohy

Příloha 1 Náklady systém voda/voda

Sestava	Cena	Množství	Akční sleva	Celková cena
Tepeiné čerpadlo AquaMaster-37Z-2012	161 900 Kč	1	5%	153 805 Kč
Akumulační zásobník-G200 S/K	7 290 Kč	1		7 290 Kč
Zásobník smaltovaný (bojler)-G300/4MAX S/K	21 900 Kč	1	50%	10 950 Kč
Primární okruh - voda				
Pomomé čerpadlo, položení, připojení a zprovoznění okruhu	34 900 Kč	1		34 900 Kč
Volitelná výbava k tepelnému čerpadlu				
Připojení na internet + záruka 7let	11 800 Kč	0		0 Kč
Připojení na internet	6 900 Kč	0		0 Kč
Režim chlazení reverzací	17 900 Kč	0		0 Kč
Modul pro pasivní chlazení (od 17Z do 37Z)	21 900 Kč	0		0 Kč
Terminál pAD kompenzace teploty	2 900 Kč	0		0 Kč
Terminál pADh chlazení podlahou	4 300 Kč	0		0 Kč
Desuperheater	8 300 Kč	0		0 Kč
Elektrokotel 4,5 kW nebo 6,0 kW nebo 7,5 kW	8 300 Kč	0		0 Kč
Softstart 15A	6 800 Kč	0		0 Kč
Softstart 25A	8 000 Kč	0		0 Kč
Sledovač fázi	1 300 Kč	0		0 Kč
Modul rozšířené regulace	6 700 Kč	0		0 Kč
Barvy tepelného čerpadla: červená nebo šedá	0 Kč	1		0 Kč
Ostatní materiál				
Ventil trojcestný SF-25-E	1 000 Kč	1		1 000 Kč
Servopohon pro trojcestný ventil	1 200 Kč	1		1 200 Kč
Prostorový termostat drátový	1 950 Kč	0		0 Kč
Projekční práce				
Prováděcí projekt otopné soustavy	10 000 Kč	0		0 Kč
Prováděcí projekt strojovny	5 000 Kč	0		0 Kč
Výpočet tepelných ztrát objektu	3 000 Kč	0		0 Kč
Posouzení otopné soustavy	1 400 Kč	0		0 Kč
Montáž (do 5m vedení potrubí/kabelů mezi jednotlivými technologiemi)				
Montáž strojovny (včetně ostatního materiálu)	34 900 Kč	1		34 900 Kč
Montáž elektroinstalace (včetně ostatního materiálu)	7 900 Kč	1		7 900 Kč
Celkem bez DPH				251 945 Kč
Celkem s DPH 15%				289 737 Kč

Zdroj: www.uspornevytapeni.cz

Příloha 2 Náklady systém vzduch/voda

Sestava	Cena	Množství	Akční sleva	Celková cena
Tepelné čerpadlo BoxAir-45Z-2012	181 900 Kč	1	5%	172 805 Kč
Akumulační zásobník-G200 S/K	7 290 Kč	1		7 290 Kč
Zásobník smaltovaný (bojler)-G400/5MAX S/K	23 900 Kč	1	50%	11 950 Kč
Volitelná výbava k tepelnému čerpadlu				
Připojení na internet + záruka 7let	11 800 Kč	0		0 Kč
Připojení na internet	6 900 Kč	0		0 Kč
Režim chlazení reverzací	5 200 Kč	0		0 Kč
Terminál pAD kompenzace teploty	2 900 Kč	0		0 Kč
Terminál pADh chlazení podlahou	4 300 Kč	0		0 Kč
Sledovač fáze	1 300 Kč	0		0 Kč
Softstart 15A	6 800 Kč	0		0 Kč
Modul rozšířené regulace	6 700 Kč	0		0 Kč
Barvy tepelného čerpadla: červená nebo šedá nebo stříbrná	0 Kč	1		0 Kč
Ostatní materiál				
Ventil trojcestný SF-25-E	1 000 Kč	1		1 000 Kč
Servopohon pro trojcestný ventil	1 200 Kč	1		1 200 Kč
Nemrznoucí směs CT-ECO-P, koncentrát, ředění s vodou na -20°C = 40:60 (NUTNÁ!)	78 Kč	0		0 Kč
Projektční práce				
Prováděcí projekt otopné soustavy	10 000 Kč	0		0 Kč
Prováděcí projekt strojovny	5 000 Kč	0		0 Kč
Výpočet tepelných ztrát objektu	3 000 Kč	0		0 Kč
Posouzení otopné soustavy	1 400 Kč	0		0 Kč
Montáž (do 5m vedení potrubí/kabelů mezi jednotlivými technologijemi)				
Montáž strojovny (včetně ostatního materiálu)	34 900 Kč	1		34 900 Kč
Montáž elektroinstalace (včetně ostatního materiálu)	8 900 Kč	1		8 900 Kč
Celkem bez DPH				238 045 Kč
Celkem s DPH 15%				273 752 Kč

Zdroj: www.uspornevytapani.cz

Příloha 3 Náklady systém země/voda – plošný kolektor

Sestava	Cena	Množství	Akční sleva	Celková cena
Tepelné čerpadlo AquaMaster-45Z-2012	178 900 Kč	1	10%	161 010 Kč
Akumulační zásobník-G200 S/K	7 290 Kč	1		7 290 Kč
Zásobník smaltovaný (bojler)-G400/5MAX S/K	23 900 Kč	1	50%	11 950 Kč
Prímární okruh - plošný kolektor GEROTOP				
PE potrubí, rozdělovač-sběrač, položení, připojení, naplnění a zprovoznění okruhu	100 Kč	900m		90 000 Kč
Volitelná výbava k tepelnému čerpadlu				
Připojení na internet + záruka 7let	11 800 Kč	0		0 Kč
Připojení na internet	6 900 Kč	0		0 Kč
Režim chlazení reverzací	17 900 Kč	0		0 Kč
Modul pro pasivní chlazení (od 17Z do 37Z)	21 900 Kč	0		0 Kč
Terminál pAD kompenzace teploty	2 900 Kč	0		0 Kč
Terminál pADh chlazení podlahou	4 300 Kč	0		0 Kč
Desuperheater	8 300 Kč	0		0 Kč
Elektrokotel 4,5 kW nebo 6,0 kW nebo 7,5 kW	8 300 Kč	0		0 Kč
Softstart 15A	6 800 Kč	0		0 Kč
Softstart 25A	8 000 Kč	0		0 Kč
Sledovač fáze	1 300 Kč	0		0 Kč
Modul rozšířené regulace	6 700 Kč	0		0 Kč
Barvy tepelného čerpadla: červená nebo šedá	0 Kč	1		0 Kč
Ostatní materiál				
Ventil trojcestný SF-25-E	1 000 Kč	1		1 000 Kč
Servopohon pro trojcestný ventil	1 200 Kč	1		1 200 Kč
Prostorový termostát drátový	1 950 Kč	0		0 Kč
Projekční práce				
Prováděcí projekt otopné soustavy	10 000 Kč	0		0 Kč
Prováděcí projekt strojovny	5 000 Kč	0		0 Kč
Výpočet tepelných ztrát objektu	3 000 Kč	0		0 Kč
Posouzení otopné soustavy	1 400 Kč	0		0 Kč
Montáž (do 5m vedení potrubí/kabelů mezi jednotlivými technologijemi)				
Montáž strojovny (včetně ostatního materiálu)	34 900 Kč	1		34 900 Kč
Montáž elektroinstalace (včetně ostatního materiálu)	7 900 Kč	1		7 900 Kč
Celkem bez DPH				315 250 Kč
Celkem s DPH 15%				362 538 Kč

Zdroj: www.uspornevytapeni.cz

Příloha 4 Náklady systém země/voda – geotermální vrt

Sestava	Cena	Množství	Akční sleva	Celková cena
Teplné čerpadlo AquaMaster-45Z-2012	178 900 Kč	1	10%	161 010 Kč
Akumulační zásobník-G200 S/K	7 290 Kč	1		7 290 Kč
Zásobník smaltovaný (bojler)-G400/5MAX S/K	23 900 Kč	1	50%	11 950 Kč
Primární okruh - vrt				
Vyvtání a vystrojení vrtu	900 Kč	250m		225 000 Kč
Páteční PE potrubí, rozdělovač-sběrač, připojení, naplnění a zprovoznění okruhu	1 200 Kč	20m		24 000 Kč
Volitelná výbava k tepelnému čerpadlu				
Připojení na internet + záruka 7let	11 800 Kč	0		0 Kč
Připojení na internet	6 900 Kč	0		0 Kč
Režim chlazení reverzací	17 900 Kč	0		0 Kč
Modul pro pasivní chlazení (od 17Z do 37Z)	21 900 Kč	0		0 Kč
Terminál pADh kompenzace teploty	2 900 Kč	0		0 Kč
Terminál pADh chlazení podlahou	4 300 Kč	0		0 Kč
Desuperheater	8 300 Kč	0		0 Kč
Elektrokotel 4,5 kW nebo 6,0 kW nebo 7,5 kW	8 300 Kč	0		0 Kč
Softstart 15A	6 800 Kč	0		0 Kč
Softstart 25A	8 000 Kč	0		0 Kč
Sledovač fáze	1 300 Kč	0		0 Kč
Modul rozšířené regulace	6 700 Kč	0		0 Kč
Barvy tepelného čerpadla: červená nebo šedá	0 Kč	1		0 Kč
Ostatní materiál				
Ventil trojcestný SF-25-E	1 000 Kč	1		1 000 Kč
Servopohon pro trojcestný ventil	1 200 Kč	1		1 200 Kč
Prostorový termostat drátový	1 950 Kč	0		0 Kč
Projekční práce				
Prováděcí projekt otopné soustavy	10 000 Kč	0		0 Kč
Prováděcí projekt strojovny	5 000 Kč	0		0 Kč
Výpočet tepelných ztrát objektu	3 000 Kč	0		0 Kč
Posouzení otopné soustavy	1 400 Kč	0		0 Kč
Montáž (do 5m vedení potrubí/kabelů mezi jednotlivými technologiemi)				
Montáž strojovny (včetně ostatního materiálu)	34 900 Kč	1		34 900 Kč
Montáž elektroinstalace (včetně ostatního materiálu)	7 900 Kč	1		7 900 Kč
Celkem bez DPH				474 250 Kč
Celkem s DPH 15%				545 388 Kč

Zdroj: www.uspornevytapeni.cz

Příloha 5 Náklady na realizaci TČ a jiných zdrojů (6)

položka	tepelné čerpadlo země/voda	tepelné čerpadlo vzduch/voda	elektro-kotel	konden-zační kotel na plyn	kotel na pelety
zdroj	207 000	149 800	15 200	46 850	80 500
bojler vč. připojení	vestavěn	38 800	17 500	27 300	31 200
ekvitermní regulátor	vestavěn	13 200	4 500	11 500	10 950
akumulátor vč. připojení	není potřeba	11 350	není potřeba	není potřeba	18 500
primární okruh vč. montáže, dopravy a stavebních prací	54 600	vestavěn	není potřeba	není potřeba	není potřeba
sekundární okruh venkovní části vč. montáže a dopravy	není potřeba	19 350	není potřeba	není potřeba	není potřeba
plynová přípojka vč. přivedení do objektu	není potřeba	není potřeba	není potřeba	30 000	není potřeba
odkouření / komín	není potřeba	není potřeba	není potřeba	14 000	8 000
připojení k topnému systému	24 700	29 000	28 600	24 500	26 800
uvedení do provozu	6 000	4 000	2 500	2 500	3 000
elektroinstalace	6 500	11 500	5 000	3 500	3 500

Příloha 6 Náklady na vytápění TČ a jiné zdroje (6)

položka	tepelné čerpadlo vzduch/voda	tepelné čerpadlo země/voda	elektro-kotel	konden-zační kotel na plyn	kotel na pelety
spotřeba el. energie v NT na vytápění a ohřev TV	7 176 kWh	6 005 kWh	19 250 kWh	-	-
spotřeba zemního plynu na vytápění a ohřev TV	-	-	-	20 960 kWh	-
spotřeba pelet na vytápění a ohřev TV	-	-	-	-	4 406 kg
ostatní spotřeba el. energie v NT	4 140 kWh	4 140 kWh	4 040 kWh	4 500 kWh	4 500 kWh
ostatní spotřeba el. energie v VT	360 kWh	360 kWh	460 kWh	-	-
cena el. energie NT	$11\,316 \times 2,063 = 23\,345$ Kč	$10\,145 \times 2,063 = 20\,929$ Kč	$23\,290 \times 2,063 = 48\,420$ Kč	$4\,500 \times 4,336 = 19\,512$ Kč	$4\,500 \times 4,336 = 19\,512$ Kč
cena el. energie VT	$360 \times 2,424 = 873$ Kč	$360 \times 2,424 = 873$ Kč	$460 \times 2,424 = 1\,115$ Kč	-	-
paušál za elektroměr	$12 \times 340 = 4\,080$ Kč	$12 \times 340 = 4\,080$ Kč	$12 \times 340 = 4\,080$ Kč	$12 \times 134 = 1\,608$ Kč	$12 \times 134 = 1\,608$ Kč
cena paliva	-	-	-	$20\,960 \times 1,22 = 25\,571$ Kč	$4\,406 \times 4 = 17\,624$ Kč
paušál za plynoměr	-	-	-	$12 \times 301 = 3\,612$ Kč	-
celkem provoz	28 298 Kč	25 882 Kč	53 615 Kč	50 303 Kč	38 744 Kč
úspora provozních nákladů vůči elektrokotli	25 317 Kč	27 733 Kč	0 Kč	3 312 Kč	14 871 Kč
procento úspor	47,2%	51,7%	0%	6,1%	27,7%

Příloha 7 Ceny el. energie v březnu 2016

		E.ON	PRE	ČEZ
cena 1 MWh v Kč	vysoký tarif	3074,72	2545,24	2655,26
	nizký tarif	2401,60	2138,35	2355,83

Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/14-prehled-cen-elektricke-energie#d56>

Příloha Cena pelet v březnu 2016

výrobek	výrobce	váha	balení	cena bez DPH	cena vč. 15% DPH
dřevěné pelety bílé - Ö-Norm	<u>Enviterm</u>	1 kg	-	5,73 Kč	6,59 Kč

Zdroj: <http://espedi.esel.cz/w/1761/cenik-pelet-briket-dreva-a-uhli>

15. Seznam obrázků

Obr. 1 – Oběh tepelného čerpadla	6
Obr. 2 – Systém odebírající vzduch	13
Obr. 3 – Dvě studny v systému odebírajícím teplo ze spodních vod	14
Obr. 4 – Odebírání tepla z povrchových vod.....	15
Obr. 5 – Plošný kolektor.....	16
Obr. 6 – Klasické uložení; uložení do spirály; speciální uložení tzv. slinky	17
Obr. 7 – Geotermální vrt	17
Obr. 8 – Scroll kompresor	20
Obr. 9 – Dvojitý rotační kompresor.....	21
Obr. 10 – Deskový výměník.....	22
Obr. 11 – Elektronický expanzní ventil	23