



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

TEPELNÉ ČERPADLO PRO VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

DOMESTIC HEAT PUMPS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAKUB VEVERKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Doc. Ing. JIŘÍ POSPÍŠIL, Ph.D.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student(ka): Jakub Veverka

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

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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

Tepelné čerpadlo pro vytápění rodinného domu

v anglickém jazyce:

Domestic heat pump

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce je zaměřena na realizaci dodávky tepelné energie pro topný systém rodinného domu s využitím tepelného čerpadla. Vlastní řešení zahrnuje návrh TČ odpovídající aktuálním potřebám objektu a technicko-ekonomické zhodnocení návrhu.

Cíle bakalářské práce:

1. Představte princip tepelných čerpadel a jejich základní rozdělení.
2. Uveďte zdroje nízkopotenciálního tepla využívané tepelnými čerpadly.
3. Popište vybraný objekt, současný systém dodávky tepla a návrh dodávky tepla za pomoci využití tepelného čerpadla.
4. Proveďte základní technicko-ekonomické zhodnocení navrženého řešení.

Seznam odborné literatury:

Volker Quaschnig, Obnovitelné zdroje energií, GRADA, 2008

Ibler, Zbyněk a kol., Technický průvodce energetika, BEN, 2002

Lázněvaský M. a kol., Vytápění rodinných domků, ISBN 80-901975-2-3, 1996

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 15. 11. 2011

L. S.

doc. Ing. Zdenek Skála, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Bakalářská práce zabývající se tématem „Tepelná čerpadla a vytápění RD“ je rozdělena do čtyř hlavních částí. První část stručně popisuje princip fungování a jednotlivé druhy tepelných čerpadel (typy voda – voda, vzduch – voda, země – voda) včetně výhod a nevýhod jejich využití. Funkce tepelných čerpadel spočívá zejména ve vytápění rodinných domů a využití k ohřevu teplé užitkové vody. Je zde popsán přenos tepla mezi kondenzátorem a topným potrubím.

Druhá část zahrnuje návrh použití konkrétního tepelného čerpadla, stručný popis vybraného objektu a výpočet tepelných ztrát objektu. Třetí část věnuje pozornost výpočtu energetické náročnosti budovy. Ekonomické zhodnocení zvoleného systému a finanční návratnost jsou obsaženy ve čtvrté části této práce.

Klíčová slova: tepelné čerpadlo, kondenzátor, návratnost, topné potrubí

Abstract

The aim of the *Bachelor's thesis* is the „Heat pumps and house heating ". The thesis is divided into four main parts. The first part briefly describes the principle of operation and the types of heat pumps (The variants are water to water, air to water, earth to water), including the advantages and disadvantages of their use. Heat pumps are effective solutions to home and hot water heating. The part describes the heat transfer between the condenser and the heating pipes.

The second part includes a proposal for using the specific heat pump, a brief description of the selected object and calculate the heat loss. The third part pays attention to calculating the energy performance of buildings. Economic evaluation of the selected system and financial returns are contained in the fourth part of this work.

Key words: Heat pump, capacitor, return of investments, rating pipes

Bibliografická citace

VEVERKA, J. *Tepelné čerpadlo pro vytápění rodinného domu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 37s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně na základě uvedené odborné literatury a pod vedením doc. Ing. Jiřího Pospíšila, Ph.D.

.....
Jakub Veverka

V Brně dne 14. května 2012

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Pospíšilovi, Ph.D., za jeho cenné rady a připomínky. Rovněž děkuji za vstřícný přístup, trpělivost a čas, který mi věnoval.

Obsah

Úvod	11
1 Tepelné čerpadlo	12
1.1 Historie tepelného čerpadla.....	12
1.2 Princip a funkce TČ	12
1.3 Topný faktor.....	14
1.4 Geotermální energie.....	14
1.5 Nízkopotenciální teplo	15
1.6 Carnotův cyklus	15
1.7 Pohony kompresorových čerpadel.....	16
1.8 Rozdělení TČ podle zdroje tepla.....	16
1.8.1 Typ voda – voda	16
1.8.2 Typ vzduch – voda	17
1.8.3 Typ země – voda.....	18
2 Tepelné ztráty objektu.....	20
2.1 Popis objektu.....	20
2.2 Výpočet tepelných ztrát objektu	20
3 Náklady na vytápění a ohřev TUV.....	26
3.1 Náklady na vytápění bez TČ.....	26
3.2 Náklady na vytápění s instalovaným TČ	26
4 Návržnost investic	30
4.1 Náklady na pořízení TČ	30
4.2 Náklady na vytápění plynovým kotlem	30
4.3 Úspora financí za rok při použití TČ	30
4.4 Návržnost investic.....	31
Závěr.....	32

Seznam použité literatury.....	33
Seznam použitých zkratek a symbolů.....	34
Seznam příloh	36

Úvod

V současné době, kdy jsou ceny energií velmi vysoké a stále stoupají, je dobré uvažovat nad tím, jakým způsobem chceme vytápět naše domovy. Druhou stránkou věci, vedle finančních nákladů, je také dopad na životní prostředí a minimalizace ekologické zátěže. Současné modernizace v oblasti vytápění a energetiky nám umožňují využití tepelných zdrojů s vysokou účinností a také obnovitelných zdrojů energie, v tomto případě využití tepla z okolního prostředí, které je zdarma. Tepelné čerpadlo využívá obnovitelnou energii obsaženou v zemi, vodě nebo ve vzduchu.

Účelem této bakalářské práce je zhodnocení daného obytného objektu z hlediska úspory za pomoci vytápění tepelným čerpadlem. Výsledkem této práce bude odhad přínosu jeho nasazení z ekonomického a environmentálního hlediska.

Práce je rozdělena do čtyř hlavních částí. V první části se nachází všeobecný úvod do problematiky tepelných čerpadel – typy, možnosti získávání tepla a princip funkce. Druhá část obsahuje výpočet tepelných ztrát domu a návrh konkrétního typu tepelného čerpadla. V části třetí jsou prezentovány náklady na vytápění a ohřev TUV v daném objektu. Obsahem čtvrté části pak je zhodnocení ekonomického a environmentálního přínosu nasazení tepelného čerpadla na vytápění domu a ohřev TUV.

1 Tepelné čerpadlo

1.1 Historie tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo (TČ) pracuje v podstatě na stejném principu jako chladnička, rozdíl nastává pouze ve funkci. Už v roce 1805 vytvořil O. Evans popis chladicího zařízení s parním oběhem. V návaznosti na práce S. N. L. Carnota pak pronesl základní ideu principu fungování TČ v roce 1852 známý fyzik William Thomson, lord Kelvin, ve své druhé větě termodynamické. Ta má několik částí, nejdůležitější pro princip funkce tepelného čerpadla je však tvrzení, že „teplo se šíří vždy ve směru od teplejší ke studenější části“¹, čehož princip tepelného čerpadla využívá.

Prvním, kdo sestrojil funkční tepelné čerpadlo, byl americký vynálezce Robert C. Weber ve 40. letech 20. století. Jeho objev spadá do kategorie „náhod“. Když prováděl pokusy s hlubokým zamrazením, omylem se dotkl výstupního potrubí mrazicího přístroje a popálil si dlaň. „To ho přivedlo na myšlenku propojit výstup z mrazničky s bojlerem na teplou vodu. Jelikož však měl stále přebytek tepla, napojil horkou vodu na potrubní smyčku a pomocí malého větráku začal vhnět teplý vzduch do domu. Následně zkusil úspěšně čerpat teplo ze země pomocí zemních kolektorů.“²

Už před R. C. Weberem bylo první tepelné čerpadlo uvedeno do praxe v roce 1924 ve Švýcarsku. Další vývoj a rozvoj tepelných čerpadel byl podmíněn nástupem nových druhů chladiv, která by byla méně zdraví škodlivá. Následný velký skok znamenalo použití bezpečných nejedovatých a chemicky stálých chladiv. Tato chladiva byla založena na chlorových uhlovodících, nicméně na přelomu 70. a 80. let 20. století se ukázalo, že i tyto prostředky jsou zdraví nebezpečné a hlavně ohrožují ozónovou vrstvu Země. Musely proto být nahrazeny chladivy ekologickými, jejichž vývoj však trval dlouhé roky. To je jeden z důvodů, proč se zavádění tepelných čerpadel dlouho nedařilo v masovém měřítku. Další příčinou je fakt, že počáteční investice jsou poněkud vysoké. Zvrat ve prospěch rozšíření TČ přišel s rychlým vzestupem cen energií. Lidé i přes vysoké pořizovací náklady stále více a více zavádějí do svých domovů tepelná čerpadla, neboť se ukázala v dnešní době jako standardní zdroj tepla a mohou zajistit v rámci domácnosti nemalé úspory.

1.2 Princip a funkce TČ

Princip funkce tepelného čerpadlo (TČ) spočívá v získávání nízkopotenciálního tepla z okolního prostředí, kterým je vzduch, voda nebo země. V těchto živlech je ukryt potenciál obrovského množství energie, kterou ovšem v tomto původním stavu nelze využít, proto musí být odebírané teplo pomocí TČ transformováno na vyšší hladinu teploty. V této podobě je už energie snáze využitelná pro vytápění objektů či ohřev TUV. Tepelné čerpadlo funguje

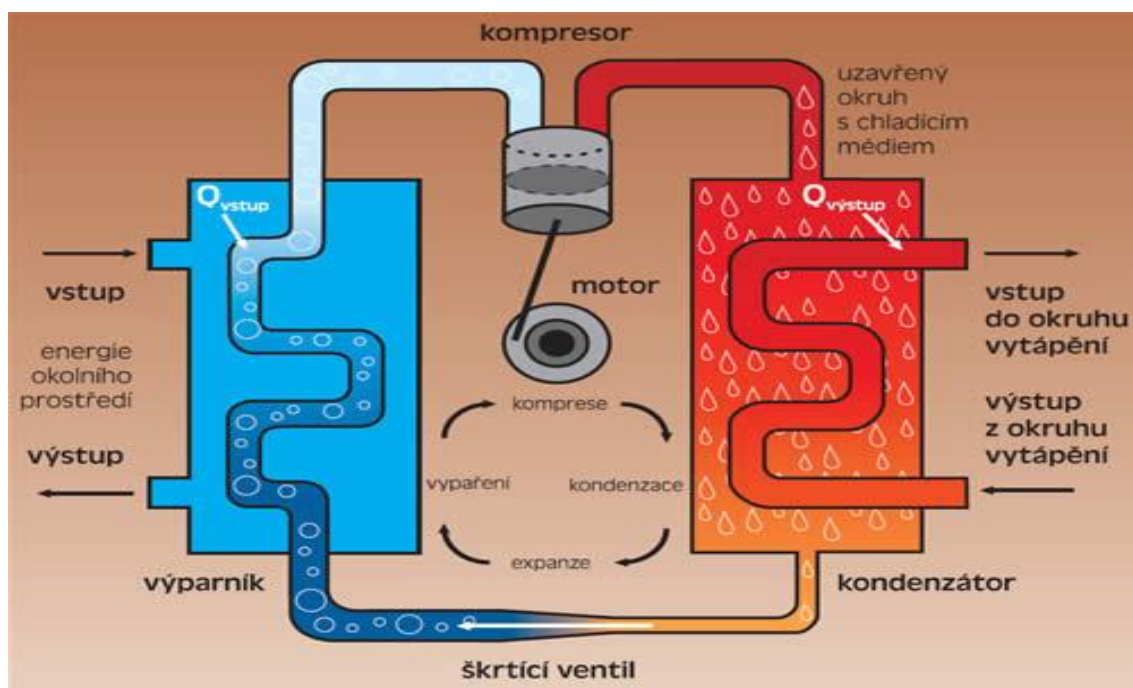
¹ Tepelná čerpadla. *ITepelnáČerpadla.cz* [online]. 2006 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://www.itepelnacerpadla.cz/>

² O vzniku. FRÁNEK, Ing. Tomáš. TEPELNÁ ČERPADLA OVA S.R.O. *IVT Tepelná čerpadla* [online]. 2008-2012 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://www.ivtostrava.cz/cs/o-vzniku.html>

v podstatě na principu velmi podobném jako domácí chladnička, rozdíl nastává v tom, že TČ využívá vyzařované teplo na rozdíl od ochlazovaného prostoru u chladničky.

TČ sestává z primární a sekundární části. Primární část tvoří výměník tepla, nazývaný výparník. Hlavní funkce výparníku spočívá v odebrání nízkopotenciálního tepla z okolí prostřednictvím teplonosného média, jež v něm koluje. Neodmyslitelnou součástí uzavřeného okruhu systému je kompresor, který stlačuje plyn nesoucí získané teplo odebrané z okolního prostředí, a následně jej stlačuje na vyšší teplotu. Stlačený plyn se v prostoru výtlaku kompresoru dostane do výměníku tepla - do kondenzátoru, který je součástí sekundární strany. S kondenzátorem je pevně spojen topný okruh. Zásada druhého zákona termodynamického zaručuje, že plyn zahřátý v kondenzátoru změní své skupenství v kapalné a převede teplo do chladnějšího topného okruhu. Zkapalněné teplonosné médium je poté přiváděno k expanznímu ventilu, jenž vlivem nižšího tlaku za sebou zaručí expanzi kapalného média zpět do výparníku. Rozpínáním plynu dojde ke snížení teploty média pod hladinu teploty okolního prostředí; tato skutečnost díky zásadě již zmíněného druhého zákona termodynamiky umožní odebírat tepelnou energii z okolního prostředí. Tímto se cyklus, opakující se stále dokola, uzavírá.

Z okolního prostředí lze získat energii zpravidla 1,5 – 4x větší, než jakou potřebujeme pro pohon tepelného čerpadla. Princip fungování TČ je uveden na obrázku 1.



Obr. 1 Princip fungování TČ

1.3 Topný faktor

Topný faktor, zkratkou COP a COP_{SK} (Coefficient of Performance), je jedním z nejdůležitějších parametrů tepelného čerpadla. COP udává spotřebu elektřiny na produkci tepla, neboli poměr tepelného výkonu TČ vůči elektrickému příkonu. COP_{SK} uvádí hodnotu poměru tepelného výkonu a příkonu, do tohoto poměru je zahrnuta topná soustava se všemi svými prvky. Označuje se veličinou ε .

Hodnotu ε vypočítáme pomocí vzorce:

$$\varepsilon = \frac{Q_{OUT}}{Q_{EL}} = \frac{Q_{IN} + Q_{EL}}{Q_{EL}} = \frac{T_{OUT}}{T_{OUT} - T_{IN}} \quad [-] \quad (1.1)$$

Q_{OUT} – výsledná energie [W]

Q_{IN} – energie získaná z okolí [W]

Q_{EL} – energie pro pohon kompresoru [W]

T_{IN} – teplota zdroje tepla [°C]

T_{OUT} – teplota na výstupu [°C]

Jedná o bezrozměrnou veličinu, jejíž hodnota je vždy větší jak 1. Obvyklá velikost se nachází v rozhraní hodnot 2 – 4. Může se stát, že výrobci někdy uvádějí mnohem vyšší hodnotu topného faktoru, ale hodnota vyšší než 4 bývá nereálná, a to z toho důvodu, že se většinou jedná o hodnoty měřené v ideálních podmínkách a na ideálních modelech, které však nejsou z praktického hlediska dosažitelné.

1.4 Geotermální energie

Geotermální energie patří k nejstarším na Zemi, za příznivých podmínek jde o skvělý zdroj energie využitelné k vytápění objektů či k produkci elektrické energie v geotermálních elektrárnách. Vzniká rozpadem radioaktivních látek uvnitř Země a působením slapových sil. Tato energie se v přírodě projevuje zejména ve formě erupcí sopek, pramenů horké vody a gejzírů.

Globálnímu využívání geotermálního tepla brání velká rozptýlenost této energie ve vnějších 10 km zemské kůry. Nejvhodnější území se nacházejí na okrajích tektonických desek, v oblastech s vysokou tektonickou a sopečnou aktivitou. Při lokálním využívání je třeba počítat se stoupající teplotou v ložisku na základě tzv. geotermického stupně, tzn. průměrně o 1°C na každých 33 m. V hloubce 3 km se tedy teplota pohybuje kolem 100°C.

V zemské kůře, jejíž mocnost se pohybuje v rozmezí od 6 km do 70 km, se nacházejí rozlehlá podzemní jezera. Tyto zásobárny vody mohou být spojeny se zdrojem tepla blízko povrchu, tj. horkou vodou či horkou párou, které mohou stoupat rozsedlinami nebo trhlinami na povrch země. Na základě teploty této kapaliny je možno vyčlenit systémy:

- vysokoteplotní, s teplotou nad 150°C;
- středněteplotní, teplota v rozmezí 90 – 150°C;
- nízkoteplotní, teplota pod 90°C;
- nízkoteplotní, podle teploty okolí tzv. nízkopotenciální.

1.5 Nízkopotenciální teplo

Nízkopotenciální teplo vzniká jako důsledek dopadající sluneční energie a jako důsledek geotermální energie. Teplotní úroveň těchto zdrojů je příliš nízká, takže jejich potenciál nelze využít přímo. V našich podmínkách je možno využít nízkopotenciální teplo zejména prostřednictvím tepelných čerpadel. Jejich princip spočívá v odejmutí tepla okolnímu prostředí, převedení na vyšší potenciálovou hladinu a předání energie pro potřeby vytápění nebo ohřev TUV. Hlavními zdroji tepla pro TČ jsou zemská kůra, odpadní teplo, okolní vzduch, podzemní a povrchové vody.

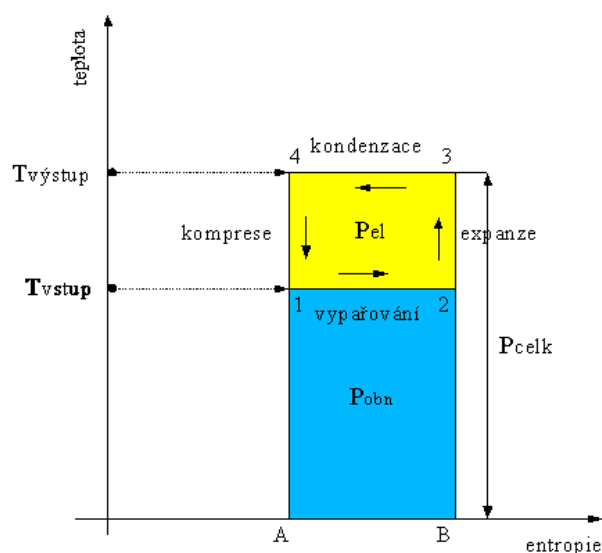
Některé země si stanovily ekologii jako prioritu, zde už pak nemluvíme o alternativním zdroji energie. Například ve Švédsku je více než 90%³ nových rodinných domů vybaveno tepelným čerpadlem. Díky tomu se ve Švédsku ušetří více energie, než je schopna vyprodukovat jaderná elektrárna Temelín při plném výkonu.

Instalace tepelného čerpadla vedle ekologického hlediska přináší také úsporu nákladů na vytápění objektu a ohřev teplé užitkové vody. Určité typy tepelných čerpadel mají i funkci chladicí, mohou tudíž v horkém létě nahradit drahou klimatizaci.

1.6 Carnotův cyklus

Carnotovým cyklem je nazýván pracovní cyklus, na jehož principu tepelné čerpadlo funguje. Jeho název vznikl podle francouzského fyzika Nicolase Léonarda Sadi Carnota, který jej poprvé popsal teoreticky, a to v textu „Úvahy o hybné síle ohně“⁴. Tento Carnotův cyklus je oběh, který vykazuje největší teoretickou tepelnou účinnost. Sestává ze dvou izotermických a dvou adiabatických dějů; zobrazuje jej T-S diagram zachycený na obrázku 1.2.

Prostor ohraničený body A, B, 2 a 1 je označen jako P_{obn} , což představuje energii, která je získávána z okolního prostředí. Oblast označená body 1, 2, 3 a 4 zobrazuje množství elektrické energie (P_{el}), jež je dodána do systému pro pohon kompresoru, P_{celk} pak označuje výslednou energii, kterou lze získat jako výsledek práce TČ.



Obr. 2 T-S diagram Carnotova cyklu

³ Tepelná čerpadla. *EKOserver* [online]. 2006 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://www.ekoserver.cz/index.php/write/clanek/303/>

⁴ Nicolas Léonard Sadi Carnot. *Www.converter.cz* [online]. 2002 [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/fyzici/carnot.htm>

Popis jednotlivých fází Carnotova cyklu:

- 1–2 izotermické vypařování (rozpínání plynu)
- 2–3 adiabatická komprese (stlačování plynu)
- 3–4 izotermická kondenzace
- 4–1 adiabatická expanze

1.7 Pohony kompresorových čerpadel

Nejběžnějším typem používaných TČ jsou kompresory Scroll. Lze je rozdělit do několika druhů pohonů; nejčastěji se vyčleňují pohony pomocí:

- a) plynového motoru
- b) spalovacího motoru
- c) naftového motoru
- d) elektrického motoru.

Nejčastěji používaným druhem je pohon pomocí elektrického motoru, a to z mnoha důvodů: vyznačuje se vysokou spolehlivostí, dlouhou životností a navíc se chová ekologicky k životnímu prostředí, neboť nevyklučuje žádné spaliny a není třeba řešit systém odvětrávání. Mezi další výhody patří naprosto minimální tepelné ztráty a nízké nároky na běžnou údržbu. Co se hlučnosti týče, v současné době je tato vlastnost snížena na absolutní minimum.

1.8 Rozdělení TČ podle zdroje tepla

1.8.1 Typ voda – voda

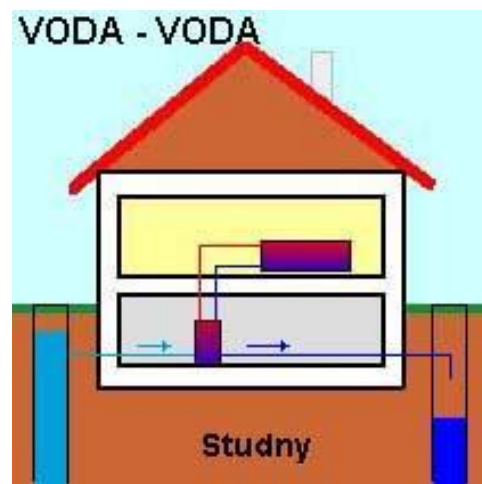
Typ tepelného čerpadla voda – voda využívá jako zdroj povrchovou, podzemní nebo spodní vodu. Ze zdroje (obvykle ze studny) je odebrána voda, ta projde výměníkem tepelného čerpadla (výparníkem), jenž z ní odejme část tepla, poté je voda navracena zpět do země druhou (tzv. vsakovací) studnou. Vzdálenost mezi vrtky by měla být aspoň 10 m.

Pokud jsou k dispozici potřebné podmínky, dává se většinou systému voda - voda přednost před ostatními variantami, protože finanční nákladnost nebývá příliš vysoká, jelikož mnoho rodinných domů má vlastní studnu.

Systém voda – voda je nejúčinnějším ze všech typů tepelných čerpadel, a to z toho důvodu, že podzemní voda má stálou průměrnou teplotu okolo 10°C, která se nemění s teplotními změnami na povrchu. Jde tedy o nejteplejší zdroj energie. Hodnota topného faktoru se pohybuje okolo čísla 6, s touto hodnotou může tento systém ušetřit až 80% nákladů na vytápění. Systém voda – voda se vyskytuje v podstatě ve dvou variantách, a to a) studna, b) řeka nebo rybník.

1.8.1.1 Varianta studna

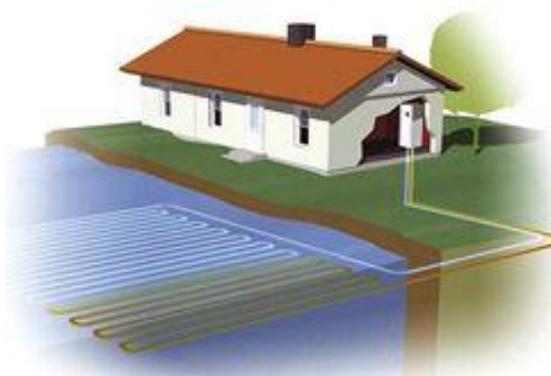
U této varianty je potřeba zaručit pro fungování tepelného čerpadla dostatečně silný zdroj přírodní vody. Pro průměrný rodinný dům se většinou udává jako nutná vydatnost 0,5 l/s, proto je důležité provést hydrogeologické posouzení vydatnosti studny prostřednictvím tzv. čerpací zkoušky. Jde o to, že po dobu 14 dnů se bude odčerpávat voda určitou rychlostí pomocí ponorného čerpadla. V případě, že odsávání vody neohrozí hladinu vody u okolních studen a pokud se nevyčerpá ve studni voda do určité hladiny, je tento systém realizovatelný. Podle výsledků provedené zkoušky se pak vydává povolení k užívání podzemní vody.



Obr. 3 Varianta studna

1.8.1.2 Varianta řeka, rybník

Také u tohoto typu přírodního zdroje dochází k využití tepla vody. Nevýhodou tohoto systému oproti studnám je, že teplota vody se dlouhodobě pohybuje pod hranicí 5°C a není stálá, což znemožňuje její přímé ochlazení. Proto se používá systém výměníku, který se zavede do říčního koryta nebo na dno velké vodní plochy. Systém výměníku je naplněn nemrznoucí směsí.



Obr. 4 Varianta rybník

Tento systém využívání přírodního zdroje energie musí povolit správce toku, většinou je jím povodí, pod něž spadá daný vodní tok, nebo meliorační správa či příslušný obecní úřad. Tento systém se nevyskytuje často, jedná se však o velmi kvalitní zdroj energie. Využití tekoucí vody k získání energie má své specifické rysy, mj. je potřeba provést přesný výpočet velikosti výměníku pro každý případ zvlášť.

1.8.2 Typ vzduch – voda

1.8.2.1 Tepelné čerpadlo vzduch – voda: princip funkce

Princip systému vzduch – voda spočívá v nasávání vzduchu, ze kterého je odebírána tepelná energie, poté je tento vzduch (už ochlazený) vyháněn zpět do venkovního prostoru. Vnější jednotka, tj. výparník s ventilátorem, je umístěna vně objektu, vnitřní jednotka se nachází v interiéru objektu. Moderní tepelná čerpadla fungují spolehlivě i při velmi nízkých venkovních teplotách, a to až do -20°C.

1.8.2.2 Účinnost tepelných čerpadel vzduch - voda

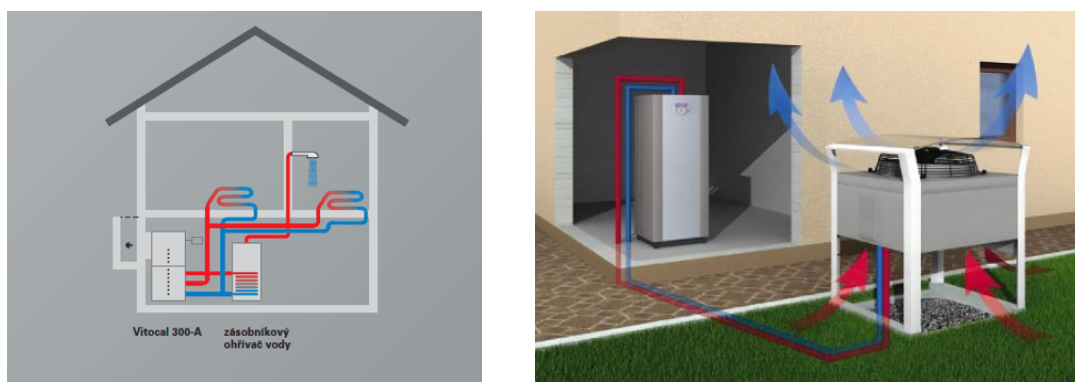
Průměrný topný faktor systému tepelného čerpadla vzduch - voda v celé topné sezóně se příliš neliší od systému čerpadla země - voda. Je to dáno tím, že na začátku a na konci topné sezóny je teplota vzduchu vyšší než teplota země. Převedeno na peníze, u rodinného domu s průměrnou tepelnou ztrátou lze s tepelným čerpadlem země – voda ušetřit cca pouze o 2000 Kč/rok více než s typem vzduch - voda. Investiční rozdíl může však činit až 100 000 Kč díky ceně vrtů u systému země - voda.

1.8.2.3 Dimenzování tepelných čerpadel vzduch - voda

Výkon tepelného čerpadla vzduch - voda se dimenzuje na 100% tepelných ztrát domu, tzn. není třeba mít žádné obavy, pokud je dobře proveden výpočet tepelných ztrát, tepelné čerpadlo dům spolehlivě vytopí. Navíc jako součást každé instalace se dodává záložní elektrokotel, který případný nedostatek výkonu TČ automaticky doplní.

1.8.2.4 Požadavky na přírodní zdroj

Vnější jednotka systému musí být umístěna na volném prostranství s dobrým přístupem vzduchu. Důležitým požadavkem je, aby se ochlazený, vyfoukávaný vzduch nevracel nazpět. Vytvořila by se tak smyčka, která by podstatně snížila účinnost a výkon tepelného čerpadla. Optimální umístění se doporučuje na jižní, slunečnou stranu rodinného domu, a to buď na fasádu, střechu nebo jako volně stojící mimo objekt. Vzdálenost vnější a vnitřní jednotky je max. 12m.



Obr. 5 Vhodné umístění jednotky TČ typu vzduch - voda

1.8.3 Typ země – voda

1.8.3.1 Princip funkce tepelných čerpadel země – voda

V plastové trubce, která je několik set metrů dlouhá (tzv. zemní kolektor), cirkuluje nemrznoucí směs, která se při průchodu zemí „ohřívá“ o několik stupňů Celsia (v nezamrzné hloubce se stálá teplota pohybuje kolem 4°C). Následně se směs dostane do výměníku tepelného čerpadla (výparníku), kde nastane ochlazení, tj. odebere se onen tepelný přírůstek, a ochlazená směs pokračuje zpět do kolektoru k opětovnému zahřátí. Tento cyklus se neustále opakuje.

Odebírat nízkopotenciální energii ze země lze prostřednictvím horizontálního plošného kolektoru nebo z vertikálního vrtu.

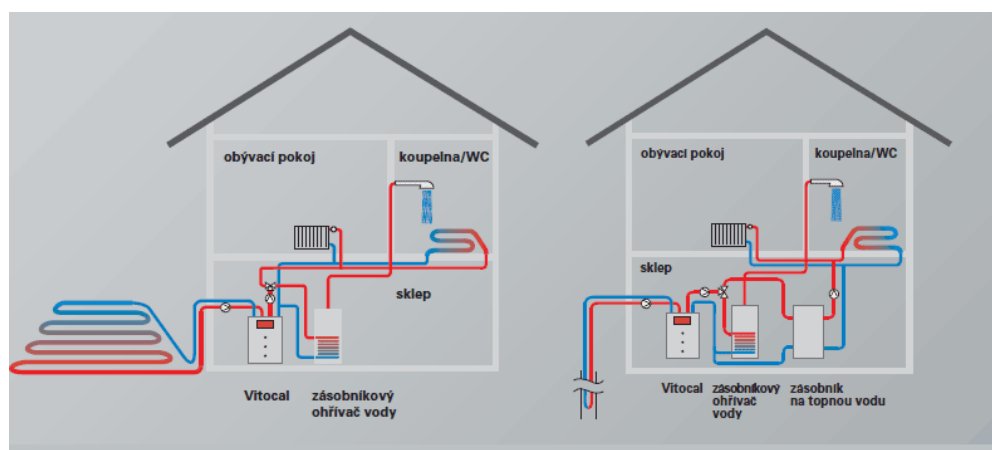
1.8.3.2 Dimenzování tepelných čerpadel země – voda

Pro naše klimatické a ekonomické podmínky platí pravidlo nastavit výkon tepelného čerpadla typu voda – voda a země – voda na zhruba 70% tepelných ztrát objektu. Zbytek tepelných ztrát se při nejnižších teplotách prostředí (jedná se pouze o několik dní topné sezóny) pokryje doplňkovým - bivalentním - zdrojem tepla, zpravidla elektrokotlem.

Pokud by byl výkon tepelného čerpadla instalován na 100 % tepelných ztrát objektu, přineslo by to podstatné zvýšení investičních nákladů, znamenalo by však velmi malou další úsporu provozních výloh. Jedná se tudíž o ideální kompromis mezi investičními a provozními náklady.

1.8.3.3 Varianta plošný kolektor

Výkon tepelného čerpadla i vlastnosti půdy jsou rozhodující faktory definující rozlohu pozemku nutnou ke zbudování zdroje energie. Čím je vyšší vlhkost půdy, tím větší je energetická vydatnost. Lze konstatovat, že na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je nutná rozloha cca 30 m² pozemku.



B

Obr. 6 Varianta plošný kolektor, varianta vrt

1.8.3.4 Varianta vrt

Tento systém má velkou výhodu: nepotřebuje téměř žádný pozemek, na druhé straně – samotné vrtné práce z něj činí finančně nejnákladnější variantu tepelného čerpadla. Systém tvoří zemní tepelný výměník ve tvaru dvojitého U, který je umístěn v zemním vrtu. Maximální hloubka jednoho vrtu je 100 m. Pokud je třeba pro tepelné čerpadlo zajistit více energie, odnímá se teplo z více vrtů. Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je potřeba cca 12 m vrtu.

2 Tepelné ztráty objektu

2.1 Popis objektu

Pro návrh tepelného čerpadla vzduch – voda byl zvolen rodinný dům z katalogu firmy www.futur.cz s názvem REGGINA a byl umístěn do obce Moravský Žižkov v okrese Břeclav. Jedná se o dvoupatrový nepodsklepený dům o velikosti 5+1. Vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o novostavbu, byl navržen alternativní způsob vytápění pomocí plynového kotle PROTHERM TIGER 24 KOZ o jmenovitém výkonu 3,4 – 12,4 kW, jako primární zdroj vytápění a pro ohřev TUV bylo navrženo TČ NIBE F2025 – 10. K ohřevu TUV je osazen zásobníkový ohříváč vody o objemu 180 l s elektrickým přímotopem. Dům je vybaven okny Vekra Technic (výška oken = 1500 mm) a dveřmi Albo DV68 EASY. Objekt je zároveň zateplen šedým polystyrenem GreyWall 033 tl. 15 cm.

2.2 Výpočet tepelných ztrát objektu

Roční potřeba tepla:

Vyjadřuje celkové množství energie, která je do objektu dodána za kalendářní rok.

$$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} + Q_{TECH,r} + Q_{VZT,r} \quad (2.2.1)$$

Q_r - roční potřeba tepla [Wh/rok]

$Q_{VYT,r}$ - roční potřeba tepla pro vytápění [Wh/rok]

$Q_{TUV,r}$ - roční potřeba tepla pro TUV [Wh/rok]

$Q_{TECH,r}$ - roční potřeba tepla pro technologii [Wh/rok]

$Q_{VZT,r}$ - roční potřeba tepla pro ohřev vzduchu ve vzduchotechnických zařízeních [Wh/rok]

U tohoto objektu není instalována žádná vzduchotechnika ani jiné zařízení, s nímž by bylo nutno počítat ve výpočtu, proto z uvedeného vzorce dojde k vypuštění hodnot $Q_{VZT,r}$ a $Q_{TECH,r}$. Vzorec se následně zjednoduší na:

$$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} \quad (2.2.2)$$

Roční potřeba tepla pro vytápění:

$$Q_{VYT,r} = \frac{24 \cdot Q_c \cdot \varepsilon \cdot e \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \quad [\text{Wh/rok}] \quad (2.2.3)$$

Q_c - tepelná ztráta objektu dle ČSN 73 0540 [W]

e - opravný součinitel na snížení teploty, krácení doby vytápění, nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací [-]

D - počet denostupňů [d*K]

t_{is} - průměrná výpočtová vnitřní teplota [°C]

t_e - výpočtová venkovní teplota [°C]

ε – opravný součinitel zohledňující otopné přestávky [-]

Uvažované hodnoty: $t_{is} = 20^\circ\text{C}$
 $t_e = -12^\circ\text{C}$
 $\varepsilon = 1$

Tepelná ztráta objektu: $Q_c = Q_z + Q_v$ [Wh]

(2.2.4)

Q_z – tepelná ztráta objektu prostupem [W]

Q_v – tepelná ztráta větráním [W]

Uvažované hodnoty:

Q_z - při výpočtu tepelných ztrát objektu prostupem uvažujeme jednotlivé ochlazované plochy objektu a jejich součinitele prostupu tepla U [W/(m²*K)]

	plocha fasády - ven	plocha - do garáže	okna	dveře	střecha	země
A[m ²]	197,4778	15,2622	31,5	11,6	113,4756	113,4756
U[W/(m ² *K)]	0,18	0,18	1,2	1,1	0,25	0,38
te[°C]	venkovní teplota	0	venkovní teplota			5

Tabulka 2.2.1

- z toho určíme $Q_z = \sum(A * U * (t_i - t_e))$ [W] (2.2.5)
- pro návrhovou venkovní teplotu -12°C uvažujeme hodnotu 4656,691 W

Tepelná ztráta způsobená větráním:

$$Q_v = V_i * n * \rho * c * (t_{is} - t_e) / 3600 \quad [W] \quad (2.2.6)$$

- n - uvažovaná výměna vzduchu [m³/hod]
- V_i - uvažovaný objem vzduchu v budově [m³]
- t_{is} - průměrná výpočtová vnitřní teplota [°C]
- t_e - výpočtová venkovní teplota [°C]
- ρ - hustota vzduchu [kg/m³]
- c - měrná tepelná kapacita [J/(kg*K)]

Uvažované hodnoty:

$n = 0,6$ (Minimální výměna vzduchu v obytných místnostech je $n_{\min} = 0,5$ m³/hod., uvažovaná hodnota $n = 0,6$ m³/hod. zohledňuje i zvýšenou výměnu vzduchu v ostatních místnostech, např. v kuchyni a koupelnách.)

$t_{is} = 20^\circ\text{C}$

$t_e = -12^\circ\text{C}$

Uvažovaný objem vzduchu v budově:

Zjednodušený vzduchový objem budovy je možno stanovit z vnějších rozměrů budovy se snížením na 80% celkového objemu:

$$V_i = 0,8 * a * b * h \quad [m^3] \quad (2.2.7)$$

a – šířka budovy [m]

b – délka budovy [m]

h – výška budovy [m]

Použité konstanty: a = 10,26
b = 11,06
h = 6

$$\text{Po dosazení: } V_i = 0,8 * 10,26 * 11,06 * 6 = 544,683m^3 \quad (2.2.8)$$

Po dosazení do vzorce lze vypočítat tepelné ztráty větráním:

$$Q_V = 544,68 * 0,6 * 1,2 * 1010 * (20 - (-12))/3600 = 3520,830 W \quad (2.2.9)$$

Na závěr lze po dosazení spočítat celkové ztráty:

$$Q_C = 4656,691 + 3520,830 = 8177,521 W \quad (2.2.10)$$

$$\text{Opravný součinitel: } e = \frac{e_i * e_t * e_d}{\eta_0 * \eta_r} \quad [-] \quad (2.2.11)$$

e - opravný součinitel [-]
 e_i - součinitel nesoučasnosti tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem, rozmezí volby 0,8 – 0,9 [-]
 e_t - součinitel snížení teploty během dne resp. noci, volba hodnoty závisí na potřebném výkonu během 24 hodin v rozmezí 0,8 – 1 [-]
 e_d - součinitel zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu, volí se v závislosti na využití budovy v průběhu týdne v rozmezí 1 – 0,8 [-]
 η_0 - účinnost rozvodu, volí se v rozmezí 0,95 – 0,98 v závislosti na provedení
 η_r - účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy, volí se v rozmezí 0,9 - 1

Použité konstanty: $e_i = 0,85$
 $e_t = 0,9$
 $e_d = 0,9$
 $\eta_0 = 0,97$
 $\eta_r = 0,95$

$$\text{Po dosazení do vzorce: } e = \frac{0,85 * 0,9 * 0,9}{0,97 * 0,95} = 0,747 \quad (2.2.12)$$

Počet denostupňů: $D = (t_{is} - t_{es}) * d$ [K * d]

(2.2.13)

- t_{is} - průměrná výpočtová vnitřní teplota v budově [°C]
 t_{es} - průměrná venkovní teplota v otopném období [°C]
 d - počet dnů otopného období v roce

Výpočtové hodnoty: $t_{is} = 20^{\circ}\text{C}$
 $t_{es} = 4,4^{\circ}\text{C}$
 $d = 224$

Po dosazení do vzorce: $D = (20 - 4,4) * 224 = 3494,4 \text{ K} * d$ (2.2.14)

Následně celková potřeba na vytápění činí:

$$Q_{VYT,r} = \frac{24 * 8177,521 * 1 * 0,747 * 3494,4}{32} = 16009,44 \text{ kWh/rok}$$
 (2.2.15)

Požadovaný výkon zdroje na ohřev TUV:

Uvažujeme zásobníkový ohřev vody, tudíž: $Q_{TUV} = Q_{TUV,d} / 24$ (2.2.16)

Po dosazení do vzorce: $Q_{TUV} = \frac{17304}{24} = 721 \text{ W}$ (2.2.17)

Roční potřeba tepla pro ohřev TUV:

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} * d + 0,8 * Q_{TUV,d} * \frac{55 - t_{svl}}{55 - t_{svz}} * (365 - d)$$
 [Wh/rok]
(2.2.18)

- $Q_{TUV,d}$ - denní potřeba tepla pro ohřev TUV [Wh/rok]
 d - počet dnů otopného období v roce
 $0,8$ - součinitel zohledňující snížení spotřeby TUV v létě [-]
 t_{svl} - teplota studené vody v létě [°C]
 t_{svz} - teplota studené vody v zimě [°C]
 365 - počet pracovních dní soustavy v roce, kdy se ohřívá TUV

Výpočtové hodnoty: $d = 224$
 $t_{svl} = 15^{\circ}\text{C}$
 $t_{svz} = 5^{\circ}\text{C}$

Denní potřeba tepla pro ohřev TUV:

$$Q_{TUV,d} = \frac{\rho * c * V_{4p} * (t_2 - t_1)}{3600} \quad [Wh] \quad (2.2.19)$$

- ρ - hustota vody [kg/m^3]
- c - měrná tepelná kapacita vody [$\text{J}/\text{kg} * \text{K}$]
- V_{4p} - celková potřeba TUV za den pro 4 osoby [m^3/den]
- t_2 - teplota teplé vody [$^{\circ}\text{C}$]
- t_1 - teplota studené vody [$^{\circ}\text{C}$]
- n - počet osob v domácnosti

Výpočtové hodnoty: $\rho = 998 \text{ kg}/\text{m}^3$
 $c = 4182 \text{ kJ}/\text{kg} * \text{K}$
 $V_{4p} = n * 0,082 = 4 * 0,082 = 0,328 \text{ m}^3/\text{den}$
 $t_2 = 55^{\circ}\text{C}$

Teplota studené vody t_1 :

$$t_1 = (t_{svz} * d + t_{svl} * (365 - d)) / 365 \quad (2.2.20)$$

- t_1 - teplota studené vody [$^{\circ}\text{C}$]
- t_{svl} - teplota studené vody v létě [$^{\circ}\text{C}$]
- t_{svz} - teplota studené vody v zimě [$^{\circ}\text{C}$]
- d - počet dnů otopného období v roce

Uvažované hodnoty: $t_{svl} = 15^{\circ}\text{C}$
 $t_{svz} = 5^{\circ}\text{C}$
 $d = 224$

Po dosazení:

$$t_1 = \frac{5^{\circ}\text{C} * 224 + 15^{\circ}\text{C} * (365 - 224)}{365} = 8,863^{\circ}\text{C} \quad (2.2.21)$$

Po dosazení:

$$Q_{TUV,d} = \frac{998 * 4182 * 0,328 * (55 - 8,863)}{3600} = 17,304 \text{ kWh} \quad (2.2.22)$$

Roční potřeba tepla pro TUV je:

$$Q_{TUV,r} = 17304 * 224 + 0,8 * 17304 * \frac{55 - 15}{55 - 5} * (365 - 224) = 5437,608 \text{ kWh}/\text{rok} \quad (2.2.23)$$

Požadovaný výkon tepelného zdroje v závislosti na venkovní teplotě

te	Qz	Qtuv	Qv	celkem:
-20	5572,147	721	4401,038	10694,18
-18	5343,269	721	4180,986	10245,25
-16	5114,4	721	3960,934	9796,333
-14	4885,539	721	3740,882	9347,421
-12	4656,691	721	3520,83	8898,521
-10	4427,855	721	3300,778	8449,634
-7	4084,634	721	2970,7	7776,335
-6	3970,237	721	2860,674	7551,912
-4	3741,464	721	2640,623	7103,086
-2	3383,36	721	2420,571	6524,931
0	3154,66	721	2200,519	6076,179
2	2839,469	721	1980,467	5540,936
4	2524,277	721	1760,415	5005,692
4,4	2461,239	721	1716,405	4898,644
6	2209,086	721	1540,363	4470,449
7	2051,49	721	1430,337	4202,828
10	1578,704	721	1100,259	3399,963
12	1263,512	721	880,2075	2864,72
14	948,321	721	660,1557	2329,477
15	790,7254	721	550,1297	2061,855

Tabulka 1

Celková roční potřeba tepla:

Konečným sečtením roční potřeby tepla pro vytápění a roční potřeby tepla pro ohřev TUV je dosaženo konečné hodnoty celkové roční potřeby tepla.

$$Q_r = 16009,44 + 5437,608 = 21447,048 \text{ kWh/rok} \quad (2.2.24)$$

3 Náklady na vytápění a ohřev TUV

3.1 Náklady na vytápění bez TČ

Nejprve spočítáme roční náklady na vytápění a ohřev TUV s tím, že budeme uvažovat jako jediný zdroj plynový kotel na zemní plyn.

Dle ceníku JMP a tarifu TOPÍM platného od 1. 1. 2012 s množstvím odběru 20 000 kWh/rok až 25000 kWh/rok je dána cena 1,51 Kč/kWh se stálým měsíčním platem 268,63 Kč/měsíc. Při propočítání měsíčního platu s cenou 1 kWh je výsledkem částka 1,63 Kč/kWh.

Při vytápění plynovým kotlem tudíž budou roční náklady činit:

$$N_{KOT,rl} = Q_r * 1,63 \quad [Kč] \quad (3.1.1)$$

Po dosazení:

$$N_{KOT,rl} = 21447,048 * 1,63 = 34958,7 \text{ Kč} \quad (3.1.2)$$

3.2 Náklady na vytápění s instalovaným TČ

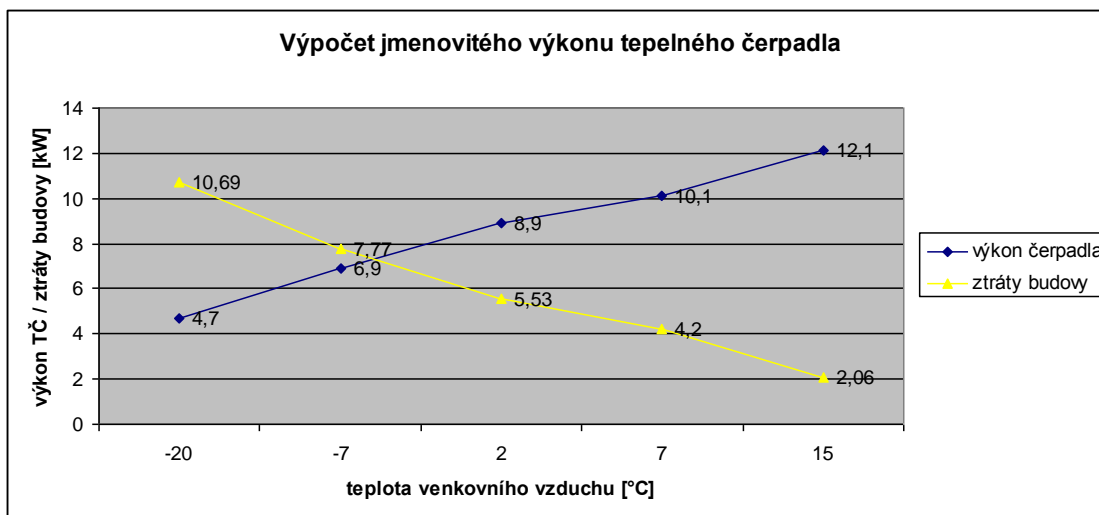
Při průměrné venkovní teplotě 4,4°C během otopného období bude podíl výkonu TČ:

$$P_{TČ} = \frac{Q_{TČ}}{Q_C} * 100 \quad [\%] \quad (3.2.1)$$

$Q_{TČ}$ - teplo dodané pomocí tepelného čerpadla [W]

Q_C - celková potřeba tepla [W]

Následně:



Graf 1

Uvažované hodnoty:

$Q_{T\check{c}}$ – z grafu jsem pomocí lineární interpolace vyjádřil hodnoty jmenovitého výkonu tepelného čerpadla v bivalentním bodě
= 6050 W

Potom:
$$P_{T\check{c}} = \frac{6050}{8898,52} * 100 = 68 \% \quad (3.2.2)$$

Otopné období čítá 224 dní v roce, tudíž podíl energie TČ a plynového kotle v tomto období bude:

Celkové teplo za otopné období:
$$Q_{224} = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,224} \quad [kW] \quad (3.2.3)$$

$Q_{TUV,224}$ – teplo potřebné pro ohřev TUV během otopného období

Teplo potřebné pro ohřev TUV v otopném období:

$$Q_{TUV,224} = Q_{TUV,d} * d \quad [kW] \quad (3.2.4)$$

Po dosazení:

$$Q_{TUV,224} = 17,304 * 224 = 3876,1 \text{ kW} \quad (3.2.5)$$

Souhrnná potřeba tepla v otopném období tudíž bude:

$$Q_{224} = 16009,44 + 3876,1 = 19885,54 \text{ kW} \quad (3.2.6)$$

Teplo dodané pomocí TČ v otopném období při podílu 68% bude:

$$Q_{T\check{c},68\%} = P_{T\check{c}} * Q_r \quad [W] \quad (3.2.7)$$

Po dosazení:
$$Q_{T\check{c},68\%} = 0,68 * 19885,54 = 13522,2 \text{ kW} \quad (3.2.8)$$

Zbýlých 32 % přebírá plynový kotel:
$$Q_{KOT,32\%} = Q_r - Q_{T\check{c},68\%} \quad (3.2.9)$$

Po dosazení do vzorce:
$$Q_{KOT,32\%} = 19885,54 - 13522,2 = 6362,85 \text{ kWh} \quad (3.2.10)$$

Je třeba zohlednit skutečnost, že vlivem sazby D56 je tepelné čerpadlo během dvou hodin denně vypnuté, celý jeho výkon v této době přebírá plynový kotel. Proto je nutno počítat s faktem, že TČ je během dne v provozu jen 22 hodin, což činí 91,7% celkového času, a proto:

$$P_Z = 91,7\%$$

P_Z - podíl času, kdy je v TČ v provozu

Následně skutečné teplo v otopném období, které přebírá TČ, je:

$$Q_{TČ,224,SKUT} = Q_{224} * P_{TČ} * P_Z \quad [kW] \quad (3.2.11)$$

Po dosazení do vzorce:

$$Q_{TČ,224,SKUT} = 19885,54 * 0,68 * 0,917 = 12399,52 \text{ kW} \quad (3.2.12)$$

Plynový kotel dodá během otopného období teplo :

$$Q_{KOT,224,SKUT} = Q_{224} - Q_{TČ,224,SKUT} \quad [kW] \quad (3.2.13)$$

Po dosazení:

$$Q_{KOT,224,SKUT} = 19885,54 - 12399,52 = 7485,53 \text{ kW} \quad (3.2.14)$$

Ve zbylém čase, mimo otopné období, které trvá 141 dní, je potřeba zajistit pouze ohřev TUV, což zaručí TČ. Následná potřeba tepla v neotopném období při průměrné teplotě studené vody 15°C bude:

$$Q_{TUV,141} = 0,8 * Q_{TUV,d} * \frac{55 - t_{svl}}{55 - t_{svz}} * (365 - d) \quad [Wh] \quad (3.2.15)$$

$Q_{TUV,141}$ - potřeba tepla pro ohřev TUV mimo otopné období

$$Q_{TUV,141} = 0,8 * 17304 * \frac{55 - 15}{55 - 5} * (365 - 224) = 1561,51 \text{ kWh} \quad (3.2.16)$$

Výsledkem je množství energie dodané pouze TČ, jehož výkon mimo otopné období plně postačí pokrýt potřebu energie.

$$Q_{TČ,141} = 1561,51 \text{ kWh}$$

$Q_{TČ,141}$ - teplo, které mimo otopné období zajistí TČ

Za 1 kWh elektrické energie platí odběratel podle platného ceníku E-ON v dvoutarifové sazbě D56 d, která je určena pro vytápění objektů s instalovaným TČ. Do provozu byl tarif uveden 1. 4. 2005. V nízkém tarifu trvajícím 22 hod/den se jedná o 2,58 Kč/kWh a ve vysokém tarifu, který trvá 2 hod/den, je to 3,42 Kč/kWh. Stálý měsíční plat za hodnotu hlavního jističe nad 3 x 20 A do 3 x 25 A včetně je stanoven na částku 346 Kč. Při započtení měsíčního platu do ceny 1 kWh vychází v nízkém tarifu částka 2,76 Kč/kWh, ve vysokém tarifu pak 3,60 Kč/kWh.

Podíl výloh TČ potřebě energie za rok:

$$N_{T\check{c},r} = \left(\frac{Q_{T\check{c},224,SKUT}}{\varepsilon_1} + \frac{Q_{T\check{c},141}}{\varepsilon_2} \right) * 2,76 \quad [K\check{c}] \quad (3.2.17)$$

ε_1 - topný faktor při průměrné venkovní teplotě 4,4°C v otopném období

ε_2 - topný faktor při průměrné venkovní teplotě 15°C v neotopném období

Po dosazení:

$$N_{T\check{c},r} = \left(\frac{12399,52}{2,86} + \frac{1561,51}{3,47} \right) * 2,76 = 13207,5 \text{ Kč} \quad (3.2.18)$$

Podíl výloh plynového kotle na roční potřebě energie:

$$N_{KOT,r2} = Q_{KOT,224,SKUT} * 1,63 \quad [K\check{c}] \quad (3.2.19)$$

Po dosazení:

$$N_{KOT,r2} = 7485,53 * 1,63 = 13128,3 \text{ Kč} \quad (3.2.20)$$

Souhrnné náklady na roční potřebu energie při zavedení TČ budou:

$$N_{T\check{c},r+KOT,r2} = N_{T\check{c},r} + N_{KOT,r2} \quad [K\check{c}] \quad (3.2.21)$$

Po dosazení:

$$N_{T\check{c},r+KOT,r2} = 13207,5 + 13717,6 = 26925,1 \text{ Kč} \quad (3.2.22)$$

4 Návratnost investic

4.1 Náklady na pořízení TČ

V pořizovacích nákladech je zahrnuta jednotka tepelného čerpadla typu vzduch – voda s příslušenstvím. Další položku investičních nákladů tvoří kvůli nedostačující kapacitě stávajícího zásobníkového ohřívače zásobníkový ohřívač o kapacitě 180 l, který je schopen pokrýt potřebu TUV pro 4 osoby. Následující výlohy zahrnují práci spojenou s instalací a nastavením systému.

TČ NIBE F2025 – 10	190 000 Kč
Plynový kotel Moratop METEOR plus 24 KK.N022	14 000 Kč
Zásobníkový ohřívač Dražice OKC 180	9500 Kč
Instalace + příslušenství	20 000 Kč
Celkem	233 500 Kč = $N_{TČ}$

4.2 Náklady na vytápění plynovým kotlem

Plynový kotel Protherm TIGER 24 KOZ	22 000 Kč
Zásobníkový ohřívač Dražice OKC 180	9500 Kč
Instalace + příslušenství	15 000 Kč
Celkem	46 500 Kč = N_{PL}

Rozdíl nákladů:

$$N_R = N_{TČ} - N_{PL} \quad (4.2.1)$$

Po dosazení:

$$N_R = 233500 - 46500 = 187000 \text{ Kč} \quad (4.2.2)$$

4.3 Úspora financí za rok při použití TČ

Roční úspora peněz při instalaci TČ je vypočtena jako rozdíl nákladů na vytápění pouze plynovým kotlem a vytápění tepelným čerpadlem s pomocí bivalentního zdroje, který představuje plynový kotel.

Roční úspora činí:

$$N_{U,r} = N_{KOT,r1} - N_{TČ,r+KOT,r2} \quad [\text{Kč}] \quad (4.3.1)$$

$$N_{U,r} = 34958,7 - 26925,1 = 8033,6 \text{ Kč} \quad (4.3.2)$$

4.4 Návratnost investic

Návratnost investic je vyjádřena v podílu celkových nákladů na pořízení a úspory financí za kalendářní rok.

$$K = \frac{N_R}{N_{U,r}} \quad (4.4.1)$$

N_N - celkové náklady na pořízení a instalaci TČ [Kč]

Po dosažení:

$$K = \frac{187000}{8033,6} = 23,28 \text{ roku} \quad (4.4.2)$$

Závěr

Účelem této bakalářské práce bylo zhodnocení daného obytného objektu z hlediska úspory za pomoci vytápění tepelným čerpadlem. Výsledkem této práce pak je odhad přínosu nasazení tohoto TČ z ekonomického i environmentálního hlediska.

Na základě údajů získaných výpočty a v souladu s dostupnými cenami energií činí zpětná návratnost prostředků pro vypočítanou úsporu financí a investic celkovou dobu 23,28 let. Tento údaj překračuje dobu životnosti zvoleného tepelného čerpadla firmy NIBE, která uvádí průměrnou životnost zařízení 20 let. Tato dlouhá doba návratnosti investic je způsobena vysokými pořizovacími náklady TČ, přispívá k tomu i vyšší cena elektrické energie v přepočtu na kWh na rozdíl od ceny za kWh u zemního plynu.

Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem shledávám navržený systém pro vytápění a ohřev TUV s tepelným čerpadlem jako neefektivní, navrhuji jako hlavní zdroj vytápění plynový kotel.

V současnosti tepelná čerpadla získávají nezastupitelné místo v oboru využití obnovitelných zdrojů energie. Počáteční nedůvěra k těmto systémům spočívala především v nedokonalosti prvotních technologií využívaných při stavbě; dosti důležitým aspektem byla i nedostatečná informovanost široké veřejnosti. V současné době stále existuje vážná překážka, která brání masovému zavádění tepelných čerpadel, a to skutečnost, že pro instalaci tohoto systému je potřeba počítat s investičními náklady v řádech statisíců, což pro mnohé lidi znamená vážný problém. Na druhé straně však stojí fakt, že již od prvního dne zapojení TČ se investované finanční prostředky úspěšně vracejí. V případě vhodně navrženého systému a správně zvoleného TČ uspořená suma během pouhých několika let převyší hodnotu tohoto systému. Příroda sama nám poskytuje nepřeberné množství energie zdarma, doufám tedy, že se naučíme ještě lépe ji využívat.

Seznam použité literatury

- Tepelná čerpadla. *ITepelnáČerpadla.cz* [online]. 2006 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://www.itepelnacerpadla.cz/>
- O vzniku. FRÁNEK, Ing. Tomáš. TEPELNÁ ČERPADLA OVA S.R.O. *IVT Tepelná čerpadla* [online]. 2008-2012 [cit. 2012-04-15]. Dostupné z: <http://www.ivtostrava.cz/cs/o-vzniku.html>
- Tepelná čerpadla. SPVEZ. *Www.spvez.cz* [online]. [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: <http://www.spvez.cz/pages/tepcerp.htm>
- Nicolas Léonard Sadi Carnot. *Www.converter.cz* [online]. 2002 [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/fyzici/carnot.htm>
- Tepelná čerpadla. *Www.uni-top.cz* [online]. 2008 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.uni-top.cz/cerpadla.html>
- Vrty do horninového masivu - zdroj energie pro tepelná čerpadla (II). ING. RYŠKA, CSC., Jiří. *Tzbinfo* [online]. 1.11.2006 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://www.tzbinfo.cz/3634-vrty-do-horninoveho-masivu-zdroj-energie-pro-tepelna-cerpadla-ii>
- Geotermální energie. *Zdroje energie* [online]. 31. října 2008 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://zdrojeenergie.blogspot.com/2008/10/geotermalni-energie.html>
- Tepelná čerpadla. *Spetech technology* [online]. 2011 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: http://www.spetech.cz/tepelna_cerpadla.html
- Tepelná čerpadla země - voda. *Tepelná čerpadla Spirála* [online]. 2011 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://www.tepelna-cerpadla-spirala.cz/tepelne-cerpadlo-zeme-voda>
- Tepelná čerpadla. *EKOserver* [online]. 2006 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://www.ekoserver.cz/index.php/write/clanek/303/>

Seznam použitých zkratk a symbolů

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
a	[m]	Šířka budovy
b	[m]	Délka budovy
h	[m]	Výška budovy
COP		Topný faktor
ČEZ		České energetické závody
c	[kJ/kg.K]	Měrná tepelná kapacita vody
D	[d.K]	Počet denostupňů
d		Počet dnů otopného období v roce
ε		Topný faktor
ε_1		Topný faktor při průměrné venkovní teplotě 4,4°C v otopném období
ε_2		Topný faktor při průměrné venkovní teplotě 15°C v neotopném období
e		Opravný součinitel
e_i		Součinitel nesoučasnosti tep. ztráty infiltrací tep. ztráty prostupem tepla
e_t		Součinitel snížení teploty během dne
e_d		Součinitel zkrácení doby vytápění
JMP		Jihomoravská plynárenská
K	roky	Návratnost investic
n	[m ³ /hod]	Uvažovaná výměna vzduchu
N_T		Nízký tarif
$N_{KOT,r1}$	Kč	Celoroční náklady při vytápění plynovým kotlem
$N_{KOT,r2}$	Kč	Podíl ročních nákladů plynového kotle při instalovaném TČ
$N_{TČ,r}$	Kč	Podíl nákladů TČ na roční spotřebě energie
$N_{TČ,r+KOT,r2}$	Kč	Celoroční náklady na spotřebu energie při instalovaném TČ
$N_{U,r}$	Kč	Roční úspora financí
N_N	Kč	Celoroční náklady na pořízení a instalaci TČ včetně příslušenství
N_R	Kč	Rozdíl nákladů
η_o		Účinnost rozvodu
η_f		Účinnost obsluhy
P_E		Polyethylen
$P_{TČ}$	%	Podíl tepelného čerpadla
P_z	%	Podíl času, kdy je TČ v provozu
Q_{OUT}	[W]	Výsledná energie
Q_{IN}	[W]	Energie získaná z okolí
Q_{EL}	[W]	Energie pohonu kompresoru
Q_c	[W]	Celkové tepelné ztráty domu
Q_{TUV}	[W]	Potřeba tepla pro ohřev TUV

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
Q_{Σ}	[W]	Celková potřeba tepla domu
Q_r	[Wh/rok]	Roční potřeba tepla
$Q_{VYT,r}$	[Wh/rok]	Roční potřeba tepla pro vytápění
$Q_{TUV,r}$	[Wh/rok]	Roční potřeba tepla pro ohřev TUV
$Q_{TECH,r}$	[Wh/rok]	Roční potřeba tepla pro technologii
$Q_{VZT,r}$	[Wh/rok]	Roční potřeba pro ohřev vzduchu
$Q_{TUV,d}$	[Wh]	Denní potřeba tepla pro ohřev TUV
$Q_{T\check{C}}$	[W]	Teplo dodané tepelným čerpadlem
Q_{KOT}	[W]	Teplo dodané plynovým kotlem
Q_{TUV224}	[W]	Teplo potřebné pro ohřev TUV v otopném období
Q_{224}	[W]	Celkové teplo v otopném období
$Q_{T\check{C},224,SKUT}$	[W]	Skutečné celkové teplo v otopném období, které přebírá TČ
$Q_{KOT,224,SKUT}$	[W]	Skutečné celkové teplo v otopném období, které přebírá plynový kotel
Q_{TUV141}	[W]	Teplo potřebné pro ohřev TUV mimo otopné období
$Q_{T\check{C}141}$	[W]	Teplo potřebné pro ohřev TUV mimo otopné období, které dodá TČ
Q_V	[W]	Tepelná ztráta větráním
Q_Z	[W]	Tepelná ztráta objektu prostupem
ρ	[kg/m ³]	Měrná hmotnost vody
S	[kJ/kg]	Entropie
$T\check{C}$		Tepelné čerpadlo
T_{IN}	[°C]	Teplota zdroje tepla
T_{OUT}	[°C]	Teplota na výstupu
TUV		Teplá užitková voda
t	[°C]	Venkovní teplota
t_e	[°C]	Venkovní výpočtová teplota
t_{es}	[°C]	Průměrná teplota v otopném období
t_{svl}	[°C]	Teplota studené vody v létě
t_{svz}	[°C]	Teplota studené vody v zimě
t_2	[°C]	Teplota ohřáté vody
t_1	[°C]	Teplota studené vody
t_{is}	[°C]	Prům. vnitřní výpočtová teplota
V_i	[m ³]	Uvažovaný objem vzduchu budovy
VT		Vysoký tarif
V_{4p}	[m ³ /den]	Celková potřeba TUV za den

Seznam příloh

Příloha 1 Tabulka technických parametrů TČ

Příloha 1

Tabulka technických parametrů TČ [F2025 – 10]

Technická data

TYP		F2025-6	F2025-8	F2025-10	F2025-14
Výkon/příkon*/topný faktor (COP) 2/35 °C**	(kW)	5,88/1,53/3,84	7,6/2,1/3,62	9,4/2,5/3,76	12,7/3,5/3,63
Výkon/příkon*/topný faktor (COP) 7/35 °C**	(kW)	6,74/1,55/4,35	8,8/2,1/4,19	10,8/2,7/4,00	14,5/3,7/3,92
Výkon/příkon*/topný faktor (COP) -7/45 °C**	(kW)	4,17/1,76/2,36	5,7/2,2/2,59	7,1/2,8/2,54	9,6/3,8/2,53
Výkon/příkon*/topný faktor (COP) 0/45 °C**	(kW)	5,30/1,81/2,93	7,1/2,3/3,09	8,6/2,9/2,97	11,7/4,0/2,93
Výkon/příkon*/topný faktor (COP) 7/45 °C**	(kW)	6,50/1,85/3,51	8,5/2,4/3,54	10,3/3,1/3,32	14,1/4,3/3,28
Výkon/příkon*/topný faktor (COP) -7/50 °C**	(kW)	4,19/1,93/2,17	5,5/2,5/2,2	6,9/3,1/2,23	9,6/4,2/2,29
Výkon/příkon*/topný faktor (COP) 2/50 °C**	(kW)	5,44/2,00/2,72	7,3/2,6/2,81	8,9/3,2/2,78	12,2/4,5/2,71
Výkon/příkon*/topný faktor (COP) 7/50 °C**	(kW)	6,21/2,03/3,06	8,3/2,6/3,19	10,1/3,3/3,06	13,8/4,6/3,00
Výkon/příkon*/topný faktor (COP) 15/50 °C**	(kW)	7,55/2,07/3,64	9,8/2,7/3,63	12,1/3,5/3,46	16,6/4,8/3,46
Výkon/příkon*/topný faktor (COP) -20/50 °C**	(kW)	2,63/1,84/1,43	3,60/2,1/1,71	4,70/2,90/1,62	6,60/3,90/1,69
Startovací proud	(A)	17	19	27	37
Motorová ochrana	(A)	5	7	9	11
Omezovač startovacího proudu		standardní vybavení			
Napětí		3x400V + N +PE 50 Hz			
Kompresor		scroll kompresor			
Průtok topného média, nom.	(l/s)	0,16	0,2	0,25	0,34
Pokles tlaku při nominálním průtoku	(kPa)	1,3	1,5	2,2	2,7
Minimální/Maximální tlak v topném okruhu	(Bar)	0,5/2,5			
Průtok vzduchu	(m ³ /h)	1500	1320/1750	1320/1750	2250/3050
Nomin. výkon ventilátoru	(W)	70	155/185	155/185	175/190
Jištění	(A)	10	10	16	16
Třída ochrany		IP 24			
Maximální výstupní teplota	(°C)	58			
Množství chladiva (R404A)	(kg)	1,9	2,1	2,1	2,3
Připojení, topné médium ext. Ø		G1" (28mm)			
Systém odtávání		horkým plynem, reverzní chladicího okruhu			
Přerušovací hodnota VT presostatu	(bar)	29			
Přerušovací hodnota NT presostatu	(bar)	0,3			
Rozdíl na VT presostatu	(bar)	-7			
Rozdíl na NT presostatu	(bar)	0,7			
Výška včetně podstavce	(mm)	1045			
Šířka	(mm)	1200			
Hloubka	(mm)	520			
Hmotnost	(kg)	120	126	132	140
Barva		nerez/tmavá šedá metalíza			
Nejnižší provozní teplota, venk.teplota/ výstup z TČ	°C	-20/50 (-7/58)			
Nejvyšší provozní teplota, venk.teplota/výstup z TČ	°C	35/58			
Objednací číslo		064016	064017	064018	064019