

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra ekonomiky



Bakalářská práce

Tepelná čerpadla – zdroje energie a jejich možnosti

Petr Kožíšek

© 2011 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Petr Kožíšek

obor Provoz a ekonomika

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název tématu: **Tepelná čerpadla - zdroje energie a jejich možnosti**

Struktura bakalářské práce:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Literární rešerše(charakteristika odvětví, princip funkce, členění nákladů)
4. Výsledky(technologické porovnání, ekonomicko-investiční porovnání)
5. Závěr
6. Seznam literatury
7. Přílohy

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Tepelná čerpadla – zdroje energie a jejich možnosti" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3. 2011

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Michalu Malému Ph.D. za připomínky při zpracovávání bakalářské práce, Ing. Janu Porkertovi za cenné rady v oboru energetiky a firmě Tepelná čerpadla IVT s.r.o. za poskytnutí podkladů a softwaru, bez kterých by tato práce nemohla být sepsána.

Tepelná čerpadla – zdroje energie a jejich možnosti

Heat pumps – resources of energy and their possibilities

Tepelná čerpadla – zdroje energie a jejich možnosti

Tepelná čerpadla – zdroje energie a jejich možnosti

Souhrn

Tématem této práce je analýza investičních a provozních nákladů za účelem výběru optimální varianty zdroje energie. První část je věnována historii a charakteristice odvětví až po současnost, dále je zde popsán princip fungování čerpadla a jednotlivé systémy podle druhu prostředí, z něhož získávají tepelnou energii. Součástí je i charakteristika jejich vlivu na životní prostředí.

Druhá část práce se zabývá technologickým a ekonomicko – investičním porovnáním dvou vybraných systémů tepelných čerpadel v protikladu s využitím zemního plynu. Jsou srovnávány náklady na vybudování a pozdější provoz obou zařízení, jejich návratnost a úspora v pozdějším období.

Rozmach využívání tepelných čerpadel v posledních letech je nepřehlédnutelný. Důvodem je technologický rozvoj zařízení, růst cen energií a paliv a sílící dotační politika ze strany státu. Výsledkem je konkurenceschopnost konvečním zdrojům a dobré perspektivy do budoucna.

Klíčová slova: tepelné čerpadlo, alternativní zdroj energie, topný faktor, tepelná ztráta, prostá návratnost, diskontovaná návratnost

Heat pumps – resources of energy and their possibilities

Heat pumps – resources of energy and their possibilities

Summary

The theme of this work is to analyze the investment and operating costs in order to select the optimal source of energy. The first part is devoted to the history and characteristics of the sector to the present, there is also described the principle of operation of the pump and the various systems of the type of environment from which to acquire heat energy. It also includes characteristics of their impact on the environment.

The second part deals with technological and economic - investment by comparing the two selected heat pump systems as opposed to using natural gas. They compared the costs of construction and subsequent operation of both facilities, return on investment and savings in later years.

The expansion of the use of heat pumps in recent years can not be ignored. The reason is the technological development of equipment, rising energy prices and rising fuel and subsidy policy of the state. The result of the competitiveness of conventional resources and good prospects for the future.

Keywords: heat pumps, alternative sources of energy, fuel factor, heat loss, free returns, discounted return

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. CÍL PRÁCE A METODIKA	10
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	14
3.1. Charakteristika odvětví	14
3.2. Princip funkce	16
3.2.1. Přehled systémů TČ	17
3.2.2. Energetika provozu	20
3.2.3. Pracovní způsoby tepelného čerpadla	21
3.2.4. Primární zdroje tepla	22
3.2.5. Ekologie provozu	30
3.3. Členění nákladů	32
3.3.1. Investiční náklady (IN)	32
3.3.2. Provozní náklady (PN)	32
4. VÝSLEDKY	34
4.1. Technologické porovnání	34
4.1.1. Systém vzduch/voda	34
4.1.2. Systém země/voda	35
4.2. Ekonomicko-investiční porovnání	37
4.2.1. Tepelná ztráta objektu	37
4.2.2. Porovnání nákladů RD pro systém vzduch/voda	39
4.2.3. Porovnání nákladů RD pro systém země/voda	46
5. ZÁVĚR	51
7. PŘÍLOHY	55

1. ÚVOD

Tepelná čerpadla jsou v současnosti neustále rostoucí oblastí alternativních zdrojů energie. Vyznačují se šetrností k životnímu prostředí a energetickou úsporností. Ta je obzvláště zajímavá vzhledem k postupnému vyčerpávání ložisek nerostných surovin, ochraně životního prostředí a stále rostoucím cenám energií a paliv.

V posledním desetiletí počet uživatelů tepelných čerpadel každoročně narůstal. Důvodů bylo hned několik. Po vcelku energeticky nenákladných 90. letech opět začaly růst ceny energií a paliv, byly spuštěny dotační programy pro podporu úsporných řešení vytápění a ohřevu užitkové vody a v neposlední řadě byla na trh uvedena široká škála zařízení jednotlivých systémů zdrojů tepla, která při přiměřené spotřebě elektřiny dosahovala vyšších výkonů než starší modely. V neposlední řadě tento trend podpořila i sílící odborná osvětová činnost mezi veřejností, které se daří vyvracet některé mýty spojené s tepelnými čerpadly. Lze očekávat, že trend růstu počtu instalací bude pokračovat i v následujících letech a tepelná čerpadla se stanou plně etablovaným zdrojem energie.

První část práce charakterizuje historii odvětví tepelných čerpadel ve světě i v České republice, dále pak princip fungování včetně způsobu hodnocení energetiky provozu a představuje jednotlivé druhy čerpadel dle prostředí, ze kterého je získávána tepelná energie sloužící k vytápění a ohřevu TUV.

Ve druhé části je provedena případová studie pokrytí energetické potřeby pro vytápění a ohřev TUV v modelovém rodinném domě při využití kotle na zemní plyn versus dva nejrozšířenější typy tepelných čerpadel. Jednotlivé varianty jsou porovnávány z hlediska investičních a provozních nákladů, z nich vyplývajících úspor a návratnosti investic.

2. CÍL PRÁCE A METODIKA

Cíl práce

Cílem této práce je ekonomická analýza investičních a provozních nákladů za účelem výběru optimální varianty zdroje energie jakožto plnohodnotného způsobu vytápění a ohřevu TUV v objektu. Na ni navazuje analýza investičních a provozních nákladů dvou různých systémů, totiž konvenčního v podobě kotle na zemní plyn v porovnání s dvěma nejrozšířenějšími typy tepelných čerpadel, na případové studii modelového rodinného domu.

dílčí cíle:

- charakteristika historie odvětví ve světě i v ČR a principu fungování tepelného čerpadla
- charakteristika jednotlivých druhů tepelných čerpadel dle prostředí zisku tepelné energie
- rozbor technologie vybraných zástupců
- analýza investičních a provozních nákladů mezi kotlem na zemní plyn a oběma typy čerpadel
- zhodnocení posuzovaných systémů z hlediska návratnosti vkládaných prostředků v posuzovaném období

Zájemci o problematiku tepelných čerpadel by práce měla poskytnout jednak přehled o odvětví a principech funkce, zejména však dodat informace o způsobu hodnocení provozních a investičních nákladů včetně možných státních dotací a návratnosti vložených prostředků a při jeho případném rozhodování pomoci se rozhodnout při volbě jednotlivých alternativ.

Metodika

Při zpracování tématu byla nejprve prostudována odborná literatura a internetové odborně zaměřené stránky týkající se tepelných čerpadel jakožto alternativního zdroje energie, zejména fyzikálního principu fungování a následně jednotlivých systémů lišících se dle prostředí zdroje tepelné energie. Na tuto řešeršní část navazovaly konzultace v Energetickém konzultačním a informačním středisku MPO s energetickým poradcem, který poskytl praktické informace ohledně způsobů hodnocení provozu tepelných čerpadel. Následně proběhly i konzultace ve firmě Tepelná čerpadla IVT s.r.o., která poskytla podklady k jejich produktům a umožnila využít výpočetní program PROTECH verze 9.1.7. pro kalkulaci tepelných ztrát a energetické potřeby modelového objektu a poskytla přístup k programu pro podrobné ekonomické hodnocení variant FINAL verze 2.0, což je programový produkt pro ekonomickou a finanční analýzu investic v energetice, který umožňuje výběr ekonomicky optimální varianty podnikatelského záměru v daných nebo i prognózovaných podmínkách s respektováním časové změny cen paliv, elektrické energie a ostatních nákladů v hodnoceném časovém období.

V něm byly namodelovány varianty porovnání investic do plynového kotle a zvolených typů tepelných čerpadel, tedy vzduch/voda a země/voda. A to z hlediska úspory provozních nákladů, prosté návratnosti investic a diskontované návratnosti investic.

Metody

Technologické porovnání dvou zástupců jednotlivých systémů tepelných čerpadel s ohledem na vypočtenou tepelnou ztrátu objektu, kterou je nutné pokrýt. Použití programu PROTECH verze 9.1.7.

Roční provozní náklady = spotřeba energie / (topný faktor * cena energií) (2.1.) [10]

Prostá návratnost zdroje je vypočítána jako podíl investičních nákladů na vybudování zdroje s tepelným čerpadlem a s plynovým kotlem a rozdílu mezi provozními náklady při vytápění plynovým kotlem a tepelným čerpadlem.

$$\text{Prostá návratnost} = (IN_{T\check{c}} - IN_{PK}) / (PN_{PK} - PN_{T\check{c}}) \quad (2.2.) \quad [8]$$

kde: $IN_{T\check{c}}$...celkové investiční náklady na instalaci tepelného čerpadla

IN_{PK} ...celkové investiční náklady na instalaci plynového kotle

$PN_{T\check{c}}$...roční provozní náklady tepelného čerpadla

PN_{PK} ...roční provozní náklady plynového kotle

Diskontovaná návratnost investic¹

Ekonomické hodnocení variant v systému FINAL je provedeno :

- pro určité časové hodnotící období
- pro dané roční náklady a tržby
- pro dané investiční náklady
- pro daný růst cen paliv a elektrické energie a ostatních položek, které mají vliv na ekonomické hodnocení variant v hodnotícím období
- pro základní parametry ekonomického prostředí (diskontní sazba, sazba daně ze zisku, podíl vlastního a cizího kapitálu, doba splácení úvěru, úroková sazba)

Diskontovaná návratnost

- vnitřní výnosové procento (IRR) se odvíjí od rozšířeného vzorce pro čistou současnou hodnotu (NPV)

$$NPV = \sum_0^t \frac{CF_t}{(1+r)^t} = \sum_1^t \frac{CF_t}{(1+r)^t} - IN \quad (2.3.) \quad [10]$$

kde: IN ...vstupní investice

¹ Zdroj: konzultace v Tepelná čerpadla IVT s.r.o.

r.....diskont

CF_t...roční přínosy projektu (změna peněžních toků pro realizaci projektu)

t.....pořadí daného časového období

- pro IRR pak platí, že:

$$\sum_1^t \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} - IN = 0 \quad (2.4.) [10]$$

kde: IN.....vstupní investice

IRR...vnitřní výnosové procento

t.....pořadí daného časového období

- reálná doba návratnosti, doba splacení investice při uvažování diskontní sazby T se vypočte z podmínky:

$$\sum_{\tau=1}^T CF_{\tau} * (1+r)^{-1} - IN = 0 \quad (2.5.) [10]$$

kde: IN.....vstupní investice

CF_t.....roční přínosy projektu (změna peněžních toků pro realizaci projektu)

r.....diskont

(1+r)⁻¹...odúročitel

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

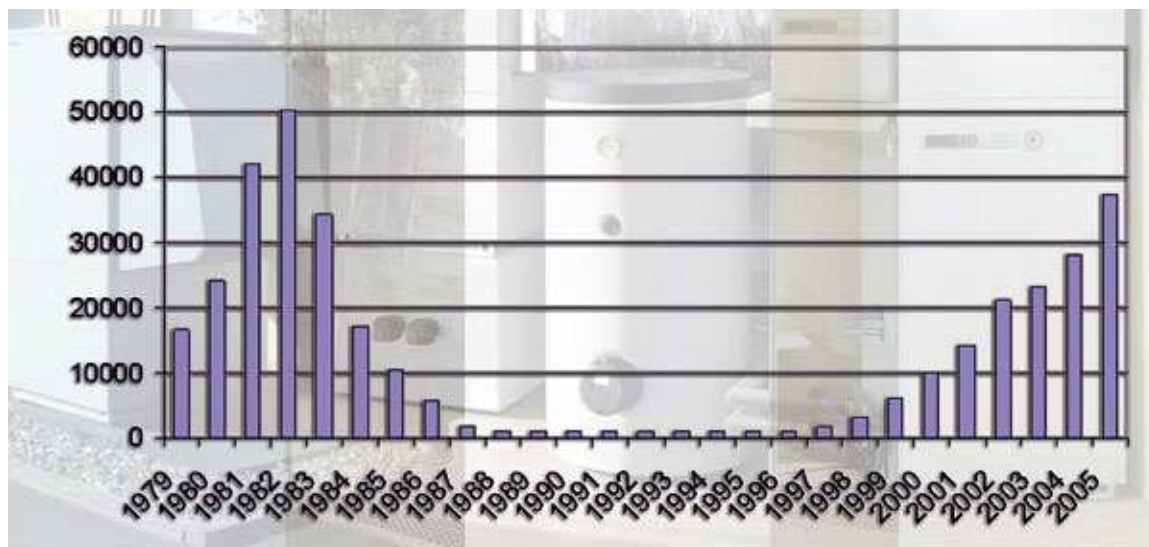
3.1. Charakteristika odvětví

Princip této technologie byl popsán již roku 1852 anglickým fyzikem lordem Williamem Thompsonem Kelvinem. První prototyp tohoto zařízení sestrojil na konci 40. let 20. století americký vynálezce Robert C. Weber, přičemž významným impulsem pro něj byly pokusy s hlubokým zamrazováním, během nichž si uvědomil, že odejmuté teplo je možné využívat dále pro ohřev vody a vytápění.[16]

K masivnímu rozšíření TČ ve světě však došlo až po energetické krizi odstartované roku 1973 Jomkipurskou válkou a podpořenou Íránskou revolucí z roku 1979. V důsledku těchto událostí se několikanásobně zvýšila cena energií a paliv a lidé se začali více zajímat o alternativní možnosti vytápění objektů a ohřevu TUV. Na přelomu 70. a 80. let si TČ začínají nacházet cestu do domácností a již v roce 1981 je v Evropě instalováno 100 000 kusů, v Japonsku 500 000 kusů a v USA dokonce 3 miliony kusů tepelných čerpadel.

V souvislosti s poklesem cen energie v 90. letech 20. století a především nevhodnosti připojení TČ na původní otopné soustavy, které byly projektovány pro kotle na olej či uhlí a fungování s TČ nebylo ideální, došlo k výraznému poklesu počtu instalací. Tento trend se podařilo zvrátit až na konci 90. let, kdy se technologická úroveň čerpadel podstatně zvýšila, firmy již dokázaly projektovat otopné soustavy optimálněji a především ceny energií začaly opět vzrůstat. Růst počtu instalací trvá dodnes.[14]

Graf č. 1: Vývoj počtu instalací tepelných čerpadel ve Francii

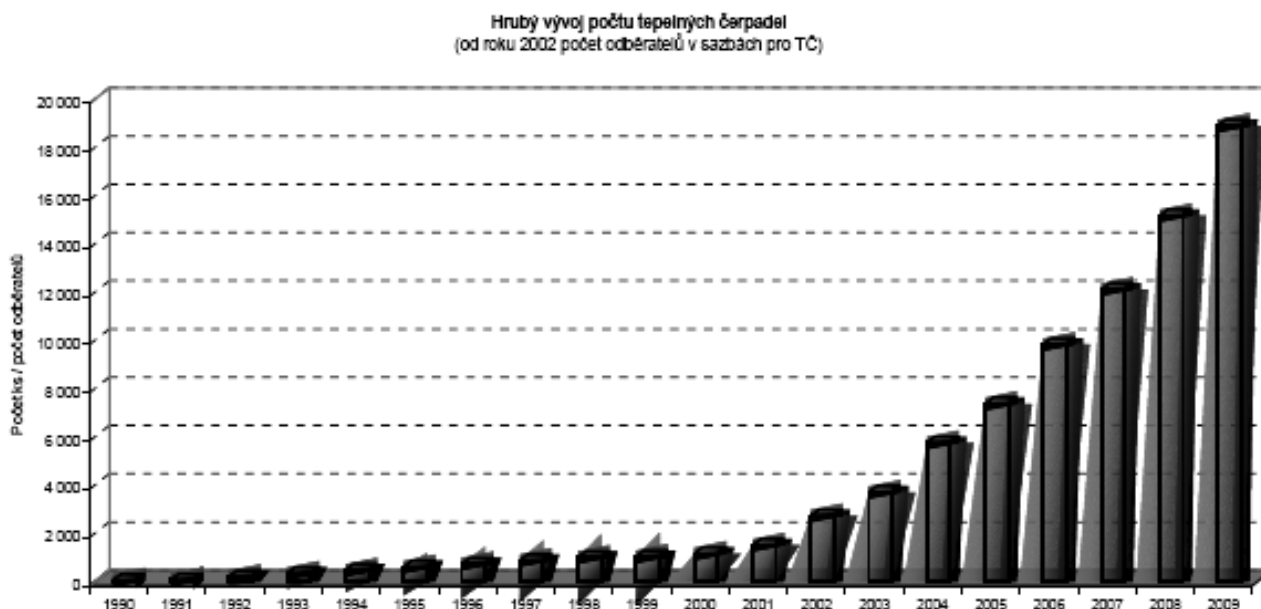


Zdroj: <http://www.asb-portal.cz/tzb/vytapeni/historie-a-vyvoj-tepelnych-cerpadel-v-cr-a-eu-1651.html> [cit. 2011-2-12]

V České republice před rokem 1990 existovalo pouze několik kusů TČ instalovaných především z propagačních důvodů. Po roce 1990 se začala dovážet první čerpadla, a to zejména ze zemí, ve kterých měli s jejich instalací a provozem delší zkušenosti (Švédsko, Německo, Rakousko, Francie). V průběhu 90. let se jednalo pouze o desítky, ke konci období stovky instalací za rok. Důvodem bylo jednak nízké povědomí o fungování TČ mezi veřejností, hlavně však nízká cena paliv a energií, které značně prodlužovala dobu návratnosti investice až na hranici životnosti zařízení, která se pohybuje okolo 20-ti let, což minimalizovalo množství důvodů k jeho pořízení. S tím souvisí i nulová podpora státu prostřednictvím podpůrných programů.

Zlom nastal v roce 2000. Tehdy SFZP stanovil podmínky dotační politiky na instalaci tepelných čerpadel, byla založena Asociace pro využití tepelných čerpadel, která se stala prostředníkem při jednání s orgány státní správy, a byly zavedeny speciální zvýhodněné sazby za elektrickou energii pro TČ v rodinných domech (D 55) a podnikatelských subjektech (C 55). Souběžně začaly znovu růst ceny energií a paliv, takže ekonomická návratnost klesla pod 10 let, tedy na polovinu oproti předcházejícímu období.[14]

Graf č. 2: Hrubý vývoj počtu tepelných čerpadel v ČR



Zdroj: <http://www.mpo.cz/dokument80034.html> [cit. 2011-02-12]

3.2. Princip funkce

Jedná se v podstatě o chladicí zařízení, jehož primárním cílem je produkce tepla. Tím je také určen způsob jeho použití. Lze je použít především pro vytápění, ať již vodní či vzduchové. Často se užívá ve větracích a klimatizačních jednotkách, neboť může větrací vzduch dle potřeby ohřát i ochladit. Z toho vyplývá dvojitý pracovní režim zařízení – topný a chladicí. Další velmi rozšířenou aplikací je ohřev TUV, ohřev bazénů apod.[3]

Princip fungování TČ lze zjednodušeně přiblížit na příkladu vodního čerpadla, které přečerpává vodu z nižší hladiny do vyšší, stejně tak TČ přečerpává teplo z hladiny nižší do vyšší. Je tedy stejný jako u domácí chladničky. Výměníkem tepla na své zadní straně chladnička hřeje a vytápí prostor, ve kterém je umístěna. Zbavuje se tak tepla, které převedla z nižší hladiny (asi +3 °C uvnitř chladničky) na hladinu vyšší (asi +30 °C na povrchu výměníku tepla). TČ tedy není ničím jiným než „chladničkou“, která místo potravin ochlazuje jiný zdroj tepla. Tím může být například:

- vzduch v okolí domu, na půdě , ve sklepě
- vzduch odváděný větracím (klimatizačním) systémem
- podzemní voda (v hlubinných vrtech)
- povrchová voda (řeka, rybník)
- pramen geotermální vody
- půda v okolí domu, na zahradě
- odpadní teplá voda (kuchyní, technologických procesů) [3]

Podstata činnosti TČ je následující. Ve výparníku se teplem z vhodného zdroje tepla odpařuje chladivo. Tím se zdroj tepla ochladí o energii Q_{vst} . Odpařené chladivo se nasává do kompresoru, kde se stlačuje. Ke stlačení je potřeba dodat kompresoru energii E_k . Chladivo, které se stlačením ohřálo na vyšší teplotu, se přivádí do kondenzátoru. Zde ohřáté chladivo předá energii $Q_{výst}$ vodě v topném okruhu (případně jinému teponosnému médiu). Tím se chladivo ochladí tak, že zkondenzuje. Na konci cyklu projde škrtkicím ventilem, čímž se sníží tlak, a vstoupí znovu do výparníku, kde opět přijímá teplo ze zdroje. [2]

Platí (při zanedbání ztrát):

$$Q_{výst} = Q_{vst} + E_k \quad [2]$$

kde: $Q_{výst}$... vyrobené teplo

E_kenergie kompresoru

3.2.1. Přehled systémů TČ

TČ mohou pracovat na třech různých principech, které se používají i v chladírenství.

- kompresorová
- absorpční
- hybridní

Dalším typem je dělení dle druhu ohřívání a ochlazovaného média. Na tom je závislá konstrukce kompresoru, druh výměníku tepla a použité chladivo.

Kompresorová

V současnosti nejrozšířenější druh, který se používá u většiny komerčních zařízení, v klimatizaci i sériově vyráběných TČ. [1]

pístový kompresor

Píst, který se pohybuje ve válci, stlačuje nasátý plyn a ten odchází z válce otevřeným výfukovým ventilem. Po dosažení horní polohy se výfukový ventil uzavře a otevře se sací, kterým se do válce dostává nová dávka plynu. Cyklus se poté opakuje. Čerpadla s tímto typem kompresoru jsou levnější, pracují hlučněji a disponují horším topným faktorem. [4]

rotační kompresor

Tělo tohoto typu tvoří válcové těleso, které se pohybuje po vnitřním obvodu komory téhož tvaru. Pohyblivá přepážka pak odděluje sací a výtlačnou část komory. Je méně účinný než pístový. [4]

spirálový kompresor (typu SCROLL)

Využívá se především u TČ typu vzduch/voda a jeho zásadní výhodou je efektivní chod až do teplot venkovního vzduchu dosahujících $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ při stále velmi vysokém topném faktoru. Hlavní částí kompresoru je šroubovice, která se odspoda nahoru zužuje a transportuje chladivo. Velkou výhodou je neexistence hluchých prostor, jako tomu je v případě mezery mezi pístem v horní poloze a válcem u pístového typu.[4]

Jako chladivo se používají freony (HCFC, HFC, CFC), v poslední době nastává odklon od tzv. tvrdých freonů (R12) k tzv. měkkým freonům (R22, R125), které tolik nenarušují ozónovou vrstvu. Alternativou je použití čpavku (NH_3), který je z hlediska poškozování ozonoféry mnohonásobně méně škodlivý. Jím plněná chladicí zařízení i TČ

se vyráběla v době před masivním rozšířením freonů v 50. letech 20.století. Z hlediska konstrukce a provozu TČ mají však freony lepší vlastnosti.[2]

Absorpční

Princip funkce: pro zvýšení tlaku par je použito pochodu absorpce chladiva do roztoku, jeho přečerpání do vypuzovače a následné vypuzení chladiva z roztoku při kondenzačním tlaku. Hnací tepelná energie může být dodávána parou, horkou vodou nebo spalováním paliva.

Předností je naprosto bezhlučný chod, protože nemají kompresor. Používají se hlavně v klimatizacích automobilů a u chladniček. Taktéž využívají freony. Nevýhodou je vyšší spotřeba oproti kompresorovým. Mají nižší účinnost a používají se zřídka. [1]

Hybridní

Obvykle se jedná o velká, průmyslová zařízení. Oběh chladiva je kombinací absorpčního a kompresorového principu. Výhodou je poměrně vysoká energetická účinnost, a tím pádem i nízká spotřeba zařízení s tímto typem oběhu. Jde však o investičně nákladnější variantu než předchozí. Chladivem jsou nejčastěji freony, avšak použití čpavku je zde mnohem efektnější než v předešlých případech.[4]

Tab.č. 1: Teplotní hodnoty běžných chladiv

označení	Název	bod varu při tlaku 1 bar	teplota zkapalnění při tlaku 26 barů
R 12	Dichorfluormetan	-30	86
R 143a	1,1,1,2 - Tetrafluoretan	-26	80
R 290	Propan	-42	70
R 404A	Směs fluorovaných uhl.	-47	55
R 407C	Směs fluorovaných uhl.	-45	58
R 410A	Směs fluorovaných uhl.	-51	43
R 600a	Butan	-12	114
R 717	Amoniak	-33	60
R 744	CO2	-57	-11
T 1070	Propen	-48	61

Zdroj: Obnovitelné zdroje energií, 2010

3.2.2. Energetika provozu

TČ funguje plně v souladu s prvním a druhým termodynamickým zákonem, které praví, že energii nelze vyrábět z ničeho, ale je možné ji přeměňovat, respektive teplo nemůže samovolně přecházet z chladnějšího tělesa na teplejší.

K chlazení (neboli přečerpávání tepla na vyšší energetickou hladinu) je zapotřebí energie, jak to vyplývá z druhého termodynamického zákona. TČ se nejčastěji pohánějí elektřinou, je však možné použít i jiný zdroj energie (např. palivo). Běžná TČ dodají dvakrát až čtyřikrát více tepla, než spotřebují elektrické energie. Je tedy logické, že čím menší rozdíl hladin teplot musí TČ překonávat, tím méně energie spotřebuje. Vhodné tedy je snažit se získat co nejteplejší zdroj tepla a teplo odevzdávat při co nejnižší teplotě. [2]

Klasické běžné otopné soustavy s radiátory ohřívají vodu v topení až na 90 °C. Pro vytápění objektu TČ je výhodné použít teplovzdušné nebo podlahové vytápění, kde se maximální teplota otopné vody pohybuje v intervalu 40 až 50 °C. „Ušetřený“ rozdíl teplot je značný.[5]

Pro celkovou spotřebu energie je také významná tepelná hladina zdroje tepla. Čím je vyšší, tím méně energie (např. elektřiny) TČ spotřebuje na vlastní provoz. TČ ochlazující venkovní vzduch bývá schopno pracovat až do teplot -25 °C. Systémy využívající hluboké podzemní vrty ochlazují vodu v nich až na 0 °C. Je-li však k dispozici odpadní teplo (vzduch z klimatizace, odpadní voda z výrobních procesů apod.), tedy zdroj o poměrně vysoké teplotě vody (cca 20 až 40 °C), bude provoz tohoto TČ velmi výhodný.[1]

Topný faktor (\mathcal{E}_T) je nejdůležitějším parametrem TČ.

$\mathcal{E}_T = \text{tepelný výkon/elektrický příkon kompresoru}$ [2]

Vyjadřuje, kolik tepla získáme na jednotku příkonu. Elektrickým příkonem se zde obvykle rozumí příkon hnacího motoru.

Topný faktor závisí na teplotách ve výparníku a kondenzátoru. Je-li teplota vypařování T_0 a teplota kondenzace T_K , platí vztah:

$$\varepsilon_T = T_K / (T_K - T_0) \quad [2]$$

kde: T_K ...teplota kondenzace

T_0 ...teplota vypařování

Přitom teplota zdroje musí být o něco vyšší než teplota vypařování T_0 a teplota topné vody (resp. teplota v topném okruhu) o něco nižší než teplota kondenzace T_K .

V případě kompresorového TČ se topný faktor vypočítá ze vztahu:

$$\varepsilon_T = Q_{\text{vyst}}/E_K = (Q_{\text{vst}}+E_K)/E_K = Q_{\text{vst}}/E_K+1 \quad [2]$$

kde: Q_{vst} ...teplo odebrané okolnímu prostředí

Q_{vyst} ...vyrobené teplo

E_Kenergie kompresoru

Čím je tento faktor vyšší, tím je zařízení efektivnější. U běžných zařízení se jeho hodnota pohybuje mezi 2,5 až 4,0. To znamená, že například TČ s topným faktorem 3,0 spotřebuje 1 kWh elektrické energie a dodá 3 kWh tepla. V porovnání s elektrickým topením je tedy třikrát efektivnější. [2]

3.2.3. Pracovní způsoby tepelného čerpadla

Podmínky, ve kterých TČ pracují, se liší dle lokalit, ve kterých jsou umístěná. Na základě těchto specifíků se rozlišuje několik možných pracovních režimů, v nichž zařízení plně kryje energetickou potřebu budovy, nebo je instalovaný tepelný výkon čerpadla nižší (např. 60%) a zbytek výkonu kryje jiný zdroj tepla (obvykle elektrokotel). [2]

- monovalentní provoz

TČ je v objektu jediným vytápěcím zařízením. Tento způsob je vhodný pro nízkoteplotní vytápění s teplotou otopné vody do maximálně 65 °C.

- monoenergetický provoz

Vytápěcí systém nevyžaduje žádné další vytápěcí zařízení. Avšak např. TČ vzduch/voda pracuje běžným způsobem až do venkovní teploty $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, ale od určité venkovní teploty, kdy již jeho výkon nestačí, se případně přidavý elektrický ohřev.

- alternativně bivalentní provoz

TČ pokrývá celou potřebu tepla až do určité, předem stanovené, teploty venkovního vzduchu (např. $0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Poklesne-li teplota pod tuto hodnotu, TČ se vypne a produkci tepla přebírá další tepelný zdroj. Tento způsob lze použít u všech vytápěcích systémů pracujících s teplotou otopné vody do maximálně $90\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- paralelně bivalentní provoz

Až do určité venkovní teploty produkuje potřebné teplo pouze TČ. Při nízkých teplotách se případně druhý tepelný zdroj. Oproti bivalentnímu provozu je podíl TČ na celoroční produkci tepla větší. Tento způsob je vhodný pro podlahové vytápění a vytápění pomocí otopných těles do teplot otopné vody $65\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- částečně paralelně bivalentní provoz

TČ produkuje potřebné teplo samo až do určité venkovní teploty. Poklesne-li teplota pod tuto hodnotu, připojí se k němu další tepelný zdroj. Jestliže TČ neprodukuje vodu o teplotě odpovídající teplotě topné vody, TČ se vypne. Tento provozní způsob je vhodný pro všechny vytápěcí systémy pracující s teplotou topné vody přes $65\text{ }^{\circ}\text{C}$. [2]

3.2.4. Primární zdroje tepla

Zdrojem tepla je prostředí s jeho přebytkem, jde o tzv. nízkopotenciální teplo (NPT), které TČ přečerpává do míst, kde je ho nedostatek. V úvahu připadají tři druhy prostředí odběru.

Vzduch

Primárním zdrojem NPT je vzduch. Jeho využití je především v nižších nadmořských výškách ČR (do cca 500 m n.m.), kde je provozně nejefektivnější. Ve srovnání s ostatními systémy jsou náklady na jeho pořízení nejnižší. Rozlišujeme dva základní systémy dělící se dle druhu ohřívaného média v otopné soustavě objektu.[3]

vzduch – vzduch

Z okolního vzduchu

Pokud je zdrojem tepla venkovní vzduch, dodává mu teplo slunce. Tato čerpadla mohou poskytovat dostatek tepla ještě při teplotách $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, avšak topný faktor takového čerpadla značně klesá, což je způsobeno větší disperzí tepelné energie při nižších teplotách a zachytávání tepla při těchto podmínkách je mnohem obtížnější. Pro kompenzaci snížené kapacity TČ se přidává pomocný tepelný zdroj.

Vzduch se ochlazuje ve výměníku tepla, který je umístěn vně budovy. Teplota vzduchu je však nejnižší právě v době maximální spotřeby tepla, TČ tak musí překonávat velký rozdíl teplotních hladin a zároveň dodávat velké množství tepla. V důsledku toho je energetická i ekonomická efektivita provozu nízká. Pokud by se takové čerpadlo použilo jako jediný zdroj tepla, bylo by velmi nákladné. Využívá se proto kombinace s jiným zdrojem (uhlí, plyn, elektřina) v tzv. bivalentním provozu. Nevýhodou je určitá hladina hlukosti (obvykle okolo 40 dB), která zatěžuje okolí určitým hlukem, byť v rámci hygienických norem, přesto může způsobovat problémy např. v sousedských vztazích.[2]

Ze vzduchu na půdě nebo ve sklepech

Oproti způsobu zisku tepla z okolního vzduchu je tento výhodnější v tom, že vzduch z půdních prostor či sklepa je poněkud teplejší než vně budovy. V tomto případě jsou stěny sklepa výměníkem, kterým se odebírá teplo zemině v okolí domu. Nevýhodou je zvýšení tepelné ztráty okolních místností. [2]

Z odpadního vzduchu

V tomto případě se ochlazuje vzduch odváděný větracím systémem objektu. Jeho využití je v klimatizovaných budovách a průmyslových podnicích. Větrací vzduch má vždy relativně vysokou teplotu a čerpadlo může pracovat poměrně efektivně. Další výhodou je možnost dvojího provozního režimu, kdy TČ v zimě topí a v létě ochlazuje vzduch přiváděný do místnosti. V současnosti je tento typ již nahrazován rekuperátory (systémy zpětného získávání tepla), které pracují na jiném principu a jsou méně nákladné.[2]

vzduch – voda

Pokud je zdrojem tepla venkovní vzduch, je potřeba při dimenzování čerpadla počítat s tím, že při poklesu venkovní teploty stoupá spotřeba tepla v objektu a současně klesá tepelný výkon čerpadla. Často proto dochází ke kombinaci s druhým vytápěcím zařízením, které po krátkou dobu ve zvláště chladných dnech s vytápěním pomáhá. V tomto případě se jedná o bivalentní provoz zařízení, kdy se TČ navrhne tak, aby krylo topný výkon jen do určité venkovní teploty (např. 0 °C), což je teplota bivalence, a při nižších teplotách se připne další zdroj. Tím se dosáhne i úspora nákladů na čerpadlo.

Při zisku tepla z venkovního vzduchu však nastává problém, jelikož teplota se v průběhu roku mění a chlazení vzduchu na výparníku je provázáno kondenzací vlhkosti obsažené ve vzduchu. Při vyšších teplotách vzduchu kondenzát volně odtéká (odvod musí být zajištěn), ale při teplotě nižší než +7 °C kondenzát namrzá na ploše výparníku a tvoří námrazu. Ta se musí pravidelně odstraňovat odtáváním, jinak by došlo k selhání funkce výparníku a tím i celého TČ. Způsoby odtávání jsou nejčastěji vnitřním (reverzace chodu čerpadla) či vnějším (pomocí elektricky napájeného topného tělesa) způsobem.[7]

Venkovní instalace nevyžaduje žádné nákladné zemní práce, je potřeba TČ umístit poblíž vytápěného objektu, v němž je jeho ostatní příslušenství. Dále musí být přístupné ze všech stran kvůli obsluze a servisu.

Vnitřní instalace nevyžaduje žádné zemní práce; není třeba ani vlastní pozemek. Instalace je nejčastější v garáži, kotelně, na půdě. [7]

Voda

Primárním zdrojem NPT je voda. Tu je možné čerpat buď přímo, nebo jí odebírat teplo prostřednictvím nemrznoucí směsi kolující v uzavřeném systému TČ. Rozlišujeme tyto systémy podle zdroje primárního tepla.

voda – voda

Z povrchových vod

Teplo z vodního toku nebo rybníka lze odebírat výměníkem umístěným přímo ve vodě nebo blízko břehu. Vodu je také možné přivádět potrubím přímo k TČ a ochlazenou vypouštět zpět, v tomto případě však hraje roli znečištění použité vody, což může způsobovat zanášení potrubí a výměníku nečistotami. Povrchová voda z řek a jezer musí splňovat stejné požadavky jako voda podzemní (složení, teplota, čistota, množství)

Dalšími komplikacemi jsou platby za odběr povrchových vod a při delší vzdálenosti objektu od potenciálního zdroje je často stavba potrubí neúnosně drahá. V zimě má čerpaná voda nízkou teplotu, pod +4 °C je pro běžná TČ nevyužitelná a nelze ji dále ochlazovat, protože by zmrzla, Nelze opomenout ani majetkoprávní vztahy se správcem vodního toku či plochy.[1]

Ze dvou studní (podzemní vody)

Spodní voda je dobrým zásobníkem slunečního tepla. I po dobu nejchladnějších zimních dnů si udržuje stálou teplotu +8 až +12 °C. V důsledku toho je topný faktor čerpadla po celý rok příznivý a TČ pracuje velmi vyrovnaně a účinně při nízkých nákladech. Tento způsob je založen na existenci dvou hlubokých studní. Z jedné (zdrojové) je odebírána podzemní voda, která se ochladí (odebere se jí teplo) a vypustí se do druhé, tzv. zasakovací studny. Pro výstavbu takového systému je nutné geologicky vhodné podloží, protože spodní voda není všude v dostatečném množství a kvalitě k dispozici. Hloubka studní se nejčastěji pohybuje mezi 5 a 15 m a vzdálenost mezi nimi musí být minimálně 15 m, přičemž zasakovací studna je zbudována výše po spádnicí než zdrojová, aby se ochlazená voda nevracela do okruhu přes kruh zdrojové.

Další nutností je provedení čerpací zkoušky v trvání 72 hodin, kdy se testuje vydatnost zdroje, jehož minimální hodnoty se musí pohybovat mezi 40 až 50 l/min pro TČ o výkonu 10 kW. Čerpadlo je potřeba chránit proti výpadku dodávky zdrojové vody, jinak hrozí okamžité zamrznutí výměníku. Voda nesmí být mineralizovaná (především prvky železa a manganu) ani jinak znečištěná a pro legální provoz je nutné povolení příslušného vodohospodářského úřadu.[2]

Z hlubinných vrtů

Tento systém je v současnosti velice rozšířený. Využívá vrtů hlubokých 50 až 150 m při vzájemné rozteči 10 m, které se zaplavují vodou. Je možné vést vrty nejen kolmo, ale i šikmo na různé strany (dle místních podmínek), což šetří náklady na sběrné potrubí mezi jednotlivými vrty. Teplota vody do 3 metrů hloubky je ovlivněna změnami podmínek ve vzduchu a její hodnota je $t=10\text{ }^{\circ}\text{C}$, přičemž na každých 100 m hloubky teplota vody stoupá o $t=3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Této vodě, ohřáté okolní zeminou, skálou nebo jiným podložím, se odebírá teplo výměníkem z polyetylenových trubek naplněných nemrznoucí směsí. PE hadice kolektoru se do vrtu zasune ihned po odvrtání a vrt se pak zasype pískem nebo vytěženým materiálem. Při dimenzování systému se na 1 kW výkonu TČ počítá s 12 až 18 m hloubky dle geologických podmínek. Vrty se hloubí v blízkosti domu i pod ním (v případě novostaveb) z důvodu snížení nákladů na propojovací materiál mezi nimi a samotné TČ umístěné uvnitř objektu.[3]

Teplo z geotermálních hloubek

Nehomogenní struktura hornin v zemské kůře představuje pro zavodnělé vrstvy obrovský výměník tepla s velkým povrchem, přes nějž může voda přijímat velkou část geotermálního toku. Vody se mohou dostávat na povrch buď přirozenou cestou (lázeňské prameny) nebo technickými prostředky (čerpáním), vždy však mají vyšší teplotu než vody povrchové.

Na území Česka jsou již dlouho využívány termální vody k rekreačním a lázeňským účelům. Nejznámější a nejteplejší jsou karlovarské prameny s teplotou až $72,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jejich celková vydatnost bez umělého čerpání dosahuje až $40\text{ dm}^3/\text{s}$, nevýhodou je

však značná mineralizace, jež je překážkou technického využití. Dalším významným zdrojem jsou geotermální prameny v Teplicích v Čechách, jejichž teplota je až 42 °C a vydatnost rovněž 40dm³/s. Ostatní lázeňsky využívaná místa mají již vody o nižších teplotách, jen 28 až 32 °C (Jáchymov, Janské Lázně, Lázně Bludov, Losiny, Teplice nad Bečvou). Zbylé minerální prameny jsou označeny za chladné a mají teplotu do 20 °C.

Teplé geotermální vody o teplotách 50 °C lze využívat k vytápění a ohřívání užitkové vody v podstatě přímo pouhou výměnou tepla v rekuperačním výměníku. Tepelný potenciál vod s nižší teplotou lze využívat tepelnými čerpadly. TČ jsou však investičně náročnější než rekuperační výměníky tepla, a proto jejich efektivní využití musí být předmětem specifického ekonomického šetření v místních podmínkách.

K energeticky využitelným geotermálním vodám patří také vody čerpané na činných dolech rudných, uhelných či jiných. Vody z dolů se totiž musí odčerpávat pro umožnění vlastní těžby nerostných surovin. Tam, kde teplota důlní vody dosahuje nebo přesahuje 20 °C, vždy stojí za to přehodnotit možnosti jejího energetického využití.[2]

Z odpadních vod

Specifický případ vhodný zejména pro průmyslové aplikace, kde se zužitkovává teplá voda z různých technologických procesů. Experimentuje se i s využitím odpadní teplé vody z kuchyní, prádeln, koupelen.[6]

Z chladících systémů

Spojení vytápění objektu či ohřevu vody s chladícím zařízením. V zemědělství se velmi často používá zařízení na chlazení mléka, které zároveň ohřívá TUV.[6]

Země

Primárním zdrojem NPT je země. Ta svou tepelnou energii předává nemrznoucí směsi (nejčastěji solanka) kolující v PE trubkách v uzavřeném okruhu. Tyto mohou být umístěny dvěma způsoby: horizontálně v zemním kolektoru nebo vertikálně v hloubkovém vrtu. Otopnou látku je v tomto případě voda. [1]

Zemní kolektor

Teplu z půdy se odebírá výměníkem z PE trubek a umísťuje se „hadovitě“ ve výkopech vedle objektu nejméně 1,2 m hluboko v nezámrazné hloubce a nejméně 0,6 m od sebe. Velikost takovéto plochy je minimálně trojnásobkem plochy vytápěné. Na 1 W výkonu TČ je tedy třeba 5-8 m délky výkopu (dle geologických podmínek).

Měrný výkon kolektorů se pohybuje okolo 40W/m^2 u půdy s výskytem spodní vody a 10 až 15W/m^2 u suchých, písčitých půd. Pro využívání tepla země je rozhodující teplo naakumulované od Slunce přímým zářením, přestupem tepla ze vzduchu a teplo pocházející od srážek. Toto jsou také energetické zdroje pro rychlou regeneraci podchlazené půdy po topném období.[2]

Využitelné množství tepla, a tím i velikost potřebné plochy, silně závisí na termofyzikálních vlastnostech půdy a na energii získané zářením, tedy na klimatických poměrech. Termofyzikální vlastnosti, jako objemová kapacita a tepelná vodivost, jsou silně závislé na složení a jakosti půdy. Rozhodující je především obsah vody, minerálů (jako křemen a živec) a podíl a velikost vzduchových pórů. Lze tedy říci, že akumulační schopnost a tepelná vodivost jsou tím větší, čím více vody je v půdě, čím větší je podíl minerálů a čím méně je vzduchových pórů.[3]

V kolektorech z umělohmotných trubek cirkuluje teplonosná látka (např. solanka) o koncentraci, která vylučuje zamrznutí a teplo, které získala od země předává TČ. Teplonosná látka musí být samozřejmě takového charakteru, aby při případné netěsnosti nedošlo k ohrožení spodních vod.

Zemní kolektor zhoršuje využitelnost pozemku (nelze stavět např. bazén). Předností je menší závislost tepelného výkonu na počasí oproti systémům pracujícím na bázi venkovního vzduchu či povrchové vody.[2]

Tab.č. 2: Tepelná vydatnost plošných kolektorů

Tepelná vydatnost plošných kolektorů (energetický zisk)			
Druh půdy	Vydatnost na běžný m potrubí	Vydatnost na m ² pozemku	Plocha potřebná na 1kW topného výkonu
suchá, nesoudržná	6W/m	10W/m ²	70 m ²
vlhká, soudržná	12÷18W/m	20÷30W/m ²	40÷26 m ²
mokrá sypká	25W/m	35W/m ²	20 m ²

Zdroj: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-prostredi-geotermalni-energie-tepelna-cerpadla> [cit. 2010-11-20]

Zemní sondy

Svislé zemní sondy na rozdíl od zemních kolektorů vyžadují jen málo místa, poněvadž se dají pomocí vrtných zařízení umístit do hloubek až 100 m. Ve Švédsku se začíná experimentovat s tepelnými vrty do hloubek až 300 m, v Česku byl v roce 2009 proveden vrt do hloubky 245 m, což je doposud maximální dosažená hloubka. Tyto zemní sondy sestávají z patky sondy a ze svislých souvislých trubek z polyetylenu. Sonda se instaluje do předem připraveného zemního vrtu, po zavedení trubek se celý vrt zpevní vhodnou suspenzí (např. bentonit). Ta musí po vytvrdnutí zabezpečit těsné, trvalé a fyzikálně stabilní spojení zemní sondy s okolní horninou, tím se docílí dobrý přestup tepla.

Stejně jako u zemních kolektorů systémem cirkuluje teponosná látka (např. solanka), která teplo zemi odnímá. Měrný výkon takovéto sondy je závislý na složení půdy a pohybuje se mezi 30 (vrt v suchých nánosech s nízkou tepelnou vodivostí) W a 100 (hornina s velkým výskytem spodních vod) W na metr zemní sondy. Podle typu tepelného čerpadla a podle jakosti půdy se pro jedno vytápěcí zařízení může zřídit případně i více sond. V těchto případech je však třeba posouzení a schválení příslušným místním úřadem.[3]

Lokality ležící v 1.pásmu lázní a minerálních vod mají **absolutní zákaz** provádět vrty a čerpat podzemní vody (např. Karlovy Vary). Ve 2.ochranném pásmu lázní a minerálních vod lze vrtat jen s písemným povolením Inspektorátu lázní a zřidel (ČIL) při Ministerstvu zdravotnictví ČR. Ve 3.pásmu je ohlašovací povinnost ČIL při vrtu do

hloubky nad 30 m. V těchto lokalitách je využití zemského tepla hlubinnými vrtvy nemožné, anebo obtížné.[1]

Tab.č. 3: Tepelná vydatnost vrtů

Tepelná vydatnost vrtů (energetický zisk)		
Typ podloží	Vydatnost na 1m hloubky vrtu	Hloubka vrtu pro 1kW topného výkonu
Suché usazeniny	30W/m	25 m
Jíl, břidlice	60W/m	13 m
Skála, pevné horniny	80W/m	10 m

Zdroj: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-prostredi-geotermalni-energie-tepelna-cerpadla> [cit. 2011-11-20]

Ze solárního kolektoru

Zdrojem tepla je vakuovaný plochý kapalinový kolektor se selektivní vrstvou. Tento dokáže i v zimě ohřát teplonosnou kapalinu, kterou je naplněn, na teplotu 10 až 30 °C, dle stupně oblačnosti. Toto teplo se poté používá pro ohřev teplé vody, která se akumuluje v bojleru, systém tedy pracuje pouze ve dne.

V létě bývá TČ mimo provoz a kolektor ohřívá vodu v zásobníku přímo.[6]

3.2.5. Ekologie provozu

Tepelné čerpadlo je z hlediska ochrany životního prostředí velmi ohleduplné. Podle své výkonnosti dokáže ušetřit 60 až 80% elektrické energie ve srovnání s vytápěním elektřinou a v místě instalace je plně bezemisním zdrojem energie. Zdrojem tepla, které TČ odčerpává, je sluneční záření, jehož energie se akumuluje ve vzduchu, půdě a vodě, je tedy plně obnovitelným zdrojem s nevyčerpatelnou kapacitou.

Jisté ekologické hrozby představuje chladivo, které obíhá v uzavřeném okruhu TČ a přenáší teplo z primárního do sekundárního okruhu. V případě jeho úniku dochází k poškození životního prostředí.[7]

Tab.č. 4: Klasifikace běžných chladiv

označení	Název	skupina	potenciál skleníkového efektu
R 12	Dichlorfluormetan	PFC	6640
R 143a	1,1,1,2 - Tetrafluoretan	HFC	1300
R 404A	Směs fluorovaných uhl.	HFC	3260
R 407C	Směs fluorovaných uhl.	HFC	1530
R 410A	Směs fluorovaných uhl.	HFC	1730
R 290	Propan	bez PFC	3
R 600a	Butan	bez PFC	3
R 717	Amoniak	bez PFC	0
R 744	CO ₂	bez PFC	1
T 1070	Propen	bez PFC	3

Zdroj: Alternativní zdroje energií, 2010

Prvním typem používaného chladiva byly fluorované uhlovodíky (PFC), jinak též nazývané freony, které při uvolnění do atmosféry poškozovaly ozonovou vrstvu. Tyto látky byly roku 1987 přijetím Montrealského protokolu označeny za původce poškození a jejich užívání povoleno do roku 1995, poté zákaz.

Náhradou se staly hydrogenované fluorovodíky (HFC), které ozonovou vrstvu nepoškozují, mají však vysoký potenciál tvorby skleníkového efektu, což znamená kolika tunám CO₂ se rovná 1 t chladiva při úniku do atmosféry.

Nejekologičtějšími látkami tak je třetí skupina, která neobsahuje žádné fluorované uhlovodíky (bez PFC) a potenciál skleníkového efektu je zanedbatelný. Jejich nevýhodou je vysoká těkavost a zápalnost, což jsou zanedbatelná rizika při provozování.[7]

3.3. Členění nákladů

3.3.1. Investiční náklady (IN)

Náklady na výstavbu TČ se liší podle druhu zvoleného systému. Je rozdíl mezi typem odebírajícím primární teplo ze vzduchu, u kterého není nutné provádět výkopové a vrtné práce, ukládat desítky metrů potrubí, hloubit studně a provádět různé tlakové a čerpací zkoušky, což u ostatních systémů je bezpodmínečné.

Pokud se jedná o nově postavený objekt, který splňuje současné normy pro tepelné ztráty a jeho vytápění je zvoleno nízkoteplotní (podlahové, stěnové), pak pořízené TČ může být nižšího výkonu při stále velmi vysokém topném faktoru.

V případě vytápění zemním plynem je nutné přivedení plynu k pozemku a následně až do domu, vybudování rozvodů v objektu, výstavba komínu či odkouření. Ke srovnatelným nákladům s TČ patří instalace samotného plynového kotle (resp. čerpadla).

Na TČ lze získat státní dotaci z programu SFZP „Zelená úsporám“, na plynový kotel se žádné dotace neudělují.[17]

3.3.2. Provozní náklady (PN)

Náklady při vytápění a ohřevu TUV tepelným čerpadlem jsou tvořeny sazbami za elektrickou energii, kterou distributoři poskytují ve speciálním tarifu přímo pro TČ. Od 1.1. 2005 platí sazba D56d skládající se z nízkého tarifu (NT), jenž platí 22 hodin, a vysokého tarifu (VT), který platí 2 hodiny. Tyto ceny jsou platné pro veškerý odběr v objektu, takže provoz ostatních domácích spotřebičů a svícení je velmi výhodné oproti běžným sazbám. Je třeba ještě započítat poplatky za instalovaný jistič.

Servisní náklady jsou v této studii zanedbány, neboť hlavním cílem je ukázat rozdíl v nákladech na výrobu tepla a TUV.

V případě využití zemního plynu se platí za spotřebovaný zemní plyn dle tarifu dodavatele a elektřinu pro provoz domácnosti, která není sazebně zvýhodněná.[12]

Tab.č.5: Paušální platby při odběru ZP a elektřiny

		měsíčně	ročně
Jistič	3 x 25 A	144,00 Kč	1 728 Kč
paušál	zem.plyn	296,82 Kč	3 562 Kč
<hr/>			
Jistič TČ	do 32 A	445,20 Kč	5 342 Kč
		Diference	53 Kč

Zdroj: PRE a.s. + PP a.s.

K poplatkům za jistič se přidává ještě paušální poplatek distributorovi plynu. Tyto platby se svou výší téměř rovnají a vzájemně se tak vyruší. Při celkové výši investice je diference naprosto zanedbatelná a nebude s ní tedy dále kalkulováno.

4. VÝSLEDKY

4.1. Technologické porovnání

Pro porovnání dvou rozdílných způsobů získávání tepla pomocí tepelných čerpadel byly vybrány systémy vzduch/voda a země/voda. Konkrétně výrobky švédské firmy IVT Industrie AB, která je součástí koncernu BOSCH Thermotechnik GmbH, což je největší evropský dodavatel topenářské techniky. Jejím výhradním zástupcem na českém trhu je firma Tepelná čerpadla IVT s.r.o. Této značce připadá cca 24 000 nainstalovaných TČ na území ČR, což odpovídá čtvrtinovému zastoupení na trhu a činí z ní jedničku na trhu.

4.1.1. Systém vzduch/voda

Zástupcem tohoto systému bylo zvoleno tepelné čerpadlo Mitsubishi Electric ZUBADAN 14 určené pro venkovní instalaci.

Tab.č. 6: TČ vzduch/voda Mitsubishi Electric ZUBADAN 14

Parametr	Hodnota
Výkon při 2 °C/ 35 °C	14 kW
Příkon	5,19 kW
Topný faktor při 2 °C/ 35 °C	2,7
Výkon při -7 °C/ 35 °C	13 kW
Příkon	5,6 kW
Topný faktor při -7 °C/ 35 °C	2,32
Celoroční průměrný topný faktor	3,3
Doporučená velikost jističe	16 A
Hladina akustického tlaku	52 db
Maximální výstupní teplota topné vody	55 °C do te= -15 °C (48 °C při te= -20 °C)
Minimální provozní venkovní teplota	- 25°C
Chladicí médium	bezfreonové chladivo R 407 C

Zdroj: Tepelná čerpadla IVT s.r.o.

Čerpadlo disponuje maximálním výkonem 14 kW při vstupu venkovního vzduchu o teplotě 2 °C a výstupní teplotě z čerpadla 35 °C při topném faktoru 2,7. To znamená, že z 1

kW poskytnuté elektrické energie TČ vyprodukuje 2,7 kW topné energie. Při vstupní teplotě -7 °C poskytuje čerpadlo výkon 13 kW při topném faktoru 2,32, což při této záporné hodnotě venkovní teploty je velmi mírný pokles. Celoroční průměrný topný faktor pak výrobce udává v hodnotě 3,3. Tyto údaje jsou uvedeny podle EN 14511. Maximální výstupní teplota topné vody je 55 °C a to až do venkovní teploty – 15 °C, což při použití nízkoteplotního vytápění v objektu, tedy podlahového nebo stěnového, postačuje i při extrémně nízkých venkovních teplotách. V těch lze tento typ TČ využívat až do -25 °C, kdy stále poskytuje dostatek tepla, ovšem za zvýšeného příkonu a tím i vzrůstající spotřeby elektrické energie. Součástí zařízení není vestavěný elektrokotel, neboť čerpadlo zvládá pracovat v monovalentním provozu a plně pokrývat energetické nároky objektů s tepelnou ztrátou do 13 kW. Pro objekt s vyšší ztrátou by přicházelo v úvahu buď výkonnější čerpadlo nebo instalace jiného systému, nejspíše země/voda.

Výhodou systému vzduch/voda je možnost jeho využívání i v letním období jako klimatizační jednotky. Nevýhodou pak nutnost pořízení externího zásobníku na teplou vodu, pro tento typ je nejvhodnější model IVT DBV o objemu 285 l, který je výrobcem schválen jako kompatibilní k zařízení o výkonu 14 kW.

TČ je možné instalovat na různých místech: na stěně domu, střeše, v zahradě.

4.1.2. Systém země/voda

Zástupcem tohoto systému bylo zvoleno tepelné čerpadlo IVT Greenline LC C 11 určené pro vnitřní instalaci.

Tab.č. 7: TČ země/voda IVT Greenline LC C 11

Parametr	Hodnota
Výkon při 0 °C/ 35 °C	10,9 kW
Příkon	2,17 kW
Topný faktor při 0 °C/ 35 °C	5,02
Výkon při 0 °C/ 50 °C	10,1 kW
Příkon	2,9 kW
Topný faktor při 0 °C/ 50 °C	3,5
Celoroční průměrný topný faktor	3,5
Množství teplé užitkové vody	185 l
Množství topné vody	40 l
Doporučená velikost jističe	25 A
Hladina akustického výkonu Lw	49 db
Max. vstupní teplota primárního okruhu	20 °C
Max. výstupní teplota topné vody	65°C
Chladící medium	bezfreonové chladivo R 407 C
Elektrokotel	kaskádně řízený 3-6-9 kW

Zdroj: Tepelná čerpadla IVT s.r.o.

Čerpadlo disponuje maximálním výkonem 10,9 kW při vstupní teplotě 0 °C a výstupní 35 °C při topném faktoru 5,02, což je v tomto segmentu silně nadprůměrná hodnota. Při vstupní teplotě 0 °C a výstupní 50 °C dosahuje výkonu 10,1 kW při topném faktoru 3,5, tedy stále vysoké hodnotě. Celoroční průměrný topný faktor pak výrobce udává v hodnotě 3,5. Tyto oficiální údaje se udávají dle EN 255. Vzhledem k tomu, že TČ odebírá teplo ze země, není nijak provozně limitováno a nemusí tedy být konstruováno pro široký rozsah teplot. Je tedy výhodnější pro zachování co nejvyššího topného faktoru pracovat v bivaletním provozu, který zajišťuje vestavěný elektrokotel a TČ nemusí plně pokrývat energetickou potřebu objektu. Rozdíl mezi tepelnou ztrátou a výkonem čerpadla dokryje právě elektrokotel. Jelikož je maximální výstupní teplota otopné vody 65 °C, lze čerpadlo připojit i ke standardní otopné soustavě tvořené deskovými radiátory, avšak za cenu snížení topného faktoru a tím zvýšení provozních nákladů. Součástí celého zařízení je vestavěný dvouplášťový zásobník na teplou a topnou vodu o celkovém objemu 225 l.

Celé zařízení je určeno pro vnitřní instalaci, nejčastěji se umísťuje do sklepa či garáže z důvodu co nejkratšího propojení se zdrojem tepla.

4.2. Ekonomicko-investiční porovnání

Vytápění a příprava TUV tepelným čerpadlem jsou spolu s kotlem na zemní plyn ekonomicky i ekologicky dostupné varianty i pro jednotlivé domácnosti. Liší se však jak výší počátečních investičních nákladů na pořízení a instalaci, tak i ročních provozních nákladů. Tato práce si klade za cíl analyzovat, který z nich je z dlouhodobého hlediska výhodnější.

Pro porovnání byl zvolen vzorový rodinný dům obývaný čtyřmi osobami situovaný do Prahy, jehož energetická spotřeba by byla kryta tepelným čerpadlem. V úvahu jsou brány dvě varianty: vzduch/voda s TČ Mitsubishi Electric ZUBADAN 14 a země/voda s TČ IVT Greenline LC C 11. Obě jsou porovnány s možností vytápění kotlem na zemní plyn.

Vzhledem k parametrům objektu a TČ bylo zvoleno podlahové topení, které je pro nízkoteplotní vytápění nejvhodnější. Protějškem je vytápění a ohřev TUV novým plynovým kotlem s 90% účinností.

4.2.1. Tepelná ztráta objektu

Teplu uniká z objektu prostupem skrze konstrukce a větráním. Hodnota tepelné ztráty objektu je proto určující pro celkovou spotřebu energie na vytápění domu.

Tab.č. 8a: Výpočet tepelných ztrát – vstupní hodnoty

<u>Výpočet tepelných ztrát</u>	
Název akce:	Tepelná ztráta RD
Kubatura objektu:	958 m ³
Vnitřní průměrná teplota:	20 stupňů
Venkovní výpočtová teplota:	-12 stupňů
Intenzita výměny vzduchu n:	0,4 /hod

Zdroj: Výpočetní program PROTECH verze 9.1.7., upravil Petr Kožíšek

V modelovém případě byl zvolen dům o ploše 105 m² a kubatuře 958 m³. Vnitřní průměrná teplota nastavena na 20 °C (požadovaný interval 19 až 21 °C), venkovní výpočtová teplota na -12 °C pro klimatickou lokalitu Praha - Karlov a intenzita výměny vzduchu odpovídá normě pro nová těsná okna.

Tab.č. 8b: Výpočet tepelných ztrát - výsledky

Typ konstrukce	Plocha m ²	Plocha skutečná	Souč. K W/m ² K	Teplota venkovní	Tep.ztráta W
PODLAHA	105	105	0,8	5	1260
STĚNA	160	72	0,45	-12	1036,8
OKNA	86	86	1,6	-12	4403,2
DVEŘE, VRATA	2	2	3	-12	192
STĚNA II	0	0	0	-12	0
OKNA II	0	0	0	-12	0
DVEŘE, VRATA II	0	0	0	-12	0
JINÁ KONSTRUKCE	0	0	0	-12	0
STŘECHA	120	114,6	0,3	-12	1100,16
OKNA VE STŘEŠE	5,4	5,4	2,1	-12	362,88
CELKEM TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM KONSTRUKCEMI:					8,4
TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM PRO n =			0,4 /hod	4,1	
TEPELNÁ ZTRÁTA OBJEKTU:					12,5 kW

Zdroj: Výpočetní program PROTECH verze 9.1.7., upravil Petr Kožíšek

Výsledkem je tepelná ztráta objektu o hodnotě 12,5 kW, která je určující pro odpovídající výkon instalovaného tepelného čerpadla.

Tab.č. 9: Energetická náročnost objektu

Tepelná ztráta objektu:	12,5	kW
Roční spotřeba energie na vytápění:	25 650	kWh
Roční spotřeba energie pro ohřev TUV:	5 000	kWh
Ostatní spotřeba elektrické energie:	5 000	kWh
Celková spotřeba energie v objektu	35 650	kWh

Zdroj: Výpočetní program PROTECH verze 9.1.7., upravil Petr Kožíšek

Roční spotřeba energie na vytápění byla určena na 25650 kWh, což odpovídá 2052 kWh na 1 kW tepelné ztráty objektu, a roční spotřeba energie pro ohřev TUV byla stanovena na 5000 kWh a odpovídá provozu čtyřčlenné domácnosti. Ostatní spotřeba elektrické energie je 5000 kWh a odpovídá roční spotřebě středně velkého RD.

Ceny energií byly zvoleny dle ceníků Pražské energetiky a Pražské plynárenské platných pro 1Q roku 2011.

4.2.2. Porovnání nákladů RD pro systém vzduch/voda

Investiční náklady

Tab.č.10: IN na plynovou kotelnu a TČ vzduch/voda ZUBADAN 14

Cena plynového kotle s montáží	40 000 Kč
Komín nebo odkouření kotle	12 000 Kč
Rozvody plynu v domě a přípojka	15 000 Kč
Cena za přivedení plynu na pozemek	40 000 Kč
<i>Celkem plynová kotelna</i>	107 000 Kč
<i>Celkem náklady na instalaci TČ</i>	316 000 Kč
Dotace	55 000 Kč
<i>Celkem náklady na TČ s dotací</i>	261 000 Kč

Zdroj: Ing. Jan Porkert, energetický konzultant; upravil Petr Kožíšek

V nákladech na vybudování TČ je započítáno samotné čerpadlo, externí zásobník na teplou vodu a veškeré instalační rozvody a zařízení. Náklady na vybudování kotelny na zemní plyn jsou zřetelně nižší (o 209 000 Kč). Na TČ vzduch/voda je možné získat dotaci 55 000 Kč ze státního programu Zelená úsporám.

Provozní náklady

Nejvýznamnější položkou jsou ceny energií. V 1Q roku 2011 stojí 1 kWh elektřiny dle ceníku PRE 2,40 Kč a 1 kWh zemního plynu 1,68 Kč dle ceníku PP a.s.

Roční provozní náklady (RPN) se vypočítají dle vztahu (2.1.)

Tab.č.11: Roční provozní náklady vzduch/voda TČ ZUBADAN 14

	TČ	PK	jednotky
spotřeba energie	30 650	30 650	kWh
topný faktor	3,3	1	-
cena za kWh	2,4	1,68	Kč
provozní náklady	22 291	51 492	Kč/kWh

Zdroj: vlastní výpočet, Petr Kožíšek

Při celkové spotřebě energie 30 650 kWh činí provozní náklady pro TČ 22 291 Kč/rok ve srovnání s 51 492 Kč/rok při provozování plynového kotle, což je o 56,7% méně.

Navržená doba návratnosti investice je 15 let, což je v odvětví energetiky tepelných čerpadel nejfrekventovanější časový úsek, který zhruba odpovídá minimální životnosti zařízení. Za toto období, tj. mezi roky 2012 až 2027, bude každý rok docházet k rozdílu v provozních nákladech, který bude označen jako úspora provozních nákladů.

Tab.č.12: Úspory celkem(tis. Kč.) pro vzduch/voda ZUBADAN 14

rok		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
teplo ZP	tis. Kč	51,492	51,492	51,492	51,492	51,492	51,492	51,492
teplo TČ	tis. Kč	-22,32	-22,32	-22,32	-22,32	-22,32	-22,32	-22,32
Celkem:		29,172	29,172	29,172	29,172	29,172	29,172	29,172
Úspory celkem:		29,172	29,172	29,172	29,172	29,172	29,172	29,172
2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
51,492	51,492	51,492	51,492	51,492	51,492	51,492	51,492	51,492
-22,32	-22,32	-22,32	-22,32	-22,32	-22,32	-22,32	-22,32	-22,32
29,172	29,172	29,172	29,172	29,172	29,172	29,172	29,172	29,172
29,172	29,172	29,172	29,172	29,172	29,172	29,172	29,172	29,172

Zdroj: vlastní výpočet, Petr Kožíšek

Výsledné roční úspory udávají roční úsporu provozních nákladů při vytápění a ohřevu TUV tepelným čerpadlem vzduch/voda ve srovnání s plynovým kotlem. Každý rok se tak uspoří **29 172 Kč**.

Prostá návratnost investic

Po zjištění roční provozní úspory lze nyní vypočíst prostou návratnost investice. Ta je počítána jako podíl investičních nákladů a roční úspory tepla ve finančním vyjádření. Srovnává investiční projekty bez ohledu na časovou hodnotu peněz a jejich požadovanou výnosnost z hlediska výhodnosti v oblasti kumulovaných nákladů. Pro krátkou dobu využívání bude lepší volba varianty s nižšími počátečními výdaji, pro dlouhou dobu provozní úspory vyrovnají vyšší počáteční výdaj. Cílem metody je stanovit zlomovou dobu využívání, pro kterou přestává být lepší volba varianty z investičního hlediska méně náročné.[8]

Na TČ lze získat po kladném stanovisku energetického auditora ze státního programu Zelená úsporám dotaci ve výši 55 000 Kč. Proto budou brány v potaz obě varianty financování, s dotací i bez ní.

Výpočet prosté návratnosti je proveden dle vztahu (2.2.)

Bez dotace:

$IN_{tč}$	=	316 000 Kč
IN_{pk}	=	107 000 Kč
$PN_{tč}$	=	22 320 Kč
PN_{pk}	=	51 492 Kč
úspora pr. nákladů	=	29 172 Kč
prostá návratnost	=	7,2 let

S dotací 55 000 Kč:

$IN_{tč}$	=	261 000 Kč
IN_{pk}	=	107 000 Kč
$PN_{tč}$	=	22 320 Kč
PN_{pk}	=	51 492 Kč
úspora pr. nákladů	=	29 172 Kč
prostá návratnost	=	5,3 let

Z provedených výpočtů je vidět, že navržené opatření je návratné v době kratší než je požadovaná doba návratnosti 15 let. Bez poskytnuté dotace činí 7,2 let, s dotací dokonce pouhých 5,3 let, za které se vyšší investiční náklady vrátí díky úspornému provozu a investice začne být zisková.

Diskontovaná návratnost investic

Toto kritérium eliminuje jeden ze závažných nedostatků doby úhrady spojený s tzv. časovou hodnotou peněz, kdy stejná výše určité peněžní částky získaná (vydaná) dnes nemá stejnou hodnotu jako stejná částka získaná (vydaná) později. Diskontní sazba je

úroková míra, která odpovídá minimálnímu výnosu z investice, pokud bychom peníze uložili např. na bankovní účet. Vnitřní výnosové procento (VVP) se pak chápe jako výnosnost (rentabilita), kterou projekt poskytuje během svého života. Určuje, zda projekt zamítnout či přijmout. Pokud je VVP nižší než diskontní sazba, měl by se zamítnout. Čím je však vyšší (resp. čím více převyšuje požadovanou výnosnost projektu, danou diskontní sazbou), tím je projekt ekonomicky výhodnější. [9]

Pro hodnocení je použit program FINAL verze 2.0, což je programový produkt pro ekonomickou a finanční analýzu investic v energetice. Umožňuje výběr ekonomicky optimální varianty investičního záměru v daných nebo i prognózovaných podmínkách s respektováním časových změn. Hodnocení je provedeno jak z hlediska projektu, tak i z hlediska investora. Hledisko projektu hodnotí záměr bez ohledu na způsob financování a bez vlivu daní, zabývá se pouze investičními a provozními náklady. V pohledu investora je možno zahrnout kromě investičních a provozních nákladů i daňový systém, inflaci, dotace, způsob financování (vlastní či cizí), které jsou rozhodující pro investiční rozhodování subjektu, který chce záměr realizovat, neboť spočívá nejen ve výběru optimální varianty technického řešení investice, ale i v nalezení optimálního způsobu financování celé akce.

Program pracuje s výpočetními vztahy (2.4.) a (2.5.).

Tab. č. 13: TČ ZUBADAN 14 – bez dotace

VÝSLEDNÁ TABULKA CF

Hodnocené období	2012 - 2027	rok
Rok hodnocení (diskontování)	2012	rok
Diskontní sazba	3,0	%
Daň z příjmů v 1. roce	0,0	%
Mastní prostředky	209	tis. Kč
Cizí kapitál	0	tis. Kč
Výše poskytnutých dotací	0	tis. Kč
Podíl cizího kapitálu k celkovým investicím	0,0	%

	Projekt	Investor	
Celkový diskontovaný zisk	164	179	tis. Kč
Průměrný roční diskontovaný zisk	13	14	tis. Kč
Celkový diskontovaný CF	168	168	tis. Kč
Průměrný roční diskontovaný CF	13	13	tis. Kč
Vnitřní výnosové procento	13,9	13,9	%
Doba návratnosti investice	7	7	rok

teplo ZP

Minimální cena		tis. Kč/MWh
Cena v 1. roce	1,680	tis. Kč/MWh

teplo TČ

Minimální cena		tis. Kč/MWh
Cena v 1. roce	2,400	tis. Kč/MWh

Zdroj: Program FINAL verze 2.0.

Diskontní sazba byla nastavena na hladině 3%. Vyjadřuje minimální výši zhodnocení investovaných prostředků, podle které se posuzuje, zda projekt přijmout či zamítnout. Vnitřní výnosové procento (IRR) dosahuje 13,9 %, bezpečně tedy přesahuje stanovenou hladinu a činí projekt rentabilní. Celkový diskontovaný zisk, který udává sumu úspor za dobu hodnocení, je 179 tis. Kč. Doba návratnosti investice vychází na 7 let, tedy na méně než polovinu minimální plánované životnosti zařízení. Za tuto dobu se tak investice do dražšího TČ vrátí zpět.

Tab. č. 14: TČ ZUBADAN 14 s dotací 55 000 Kč

VÝSLEDNÁ TABULKA CF

Hodnocené období	2012 - 2027	rok
Rok hodnocení (diskontování)	2012	rok
Diskontní sazba	3,0	%
Daň z příjmů v 1. roce	0,0	%
Vlastní prostředky	209	tis. Kč
Cizí kapitál	0	tis. Kč
Výše poskytnutých dotací	55	tis. Kč
Podíl cizího kapitálu k celkovým investicím	0,0	%

	Projekt	Investor	
Celkový diskontovaný zisk	164	179	tis. Kč
Průměrný roční diskontovaný zisk	13	14	tis. Kč
Celkový diskontovaný CF	168	223	tis. Kč
Průměrný roční diskontovaný CF	13	18	tis. Kč
Vnitřní výnosové procento	13,9	22,2	%
Doba návratnosti investice	7	5	rok

teplo ZP

Minimální cena		tis. Kč/MWh
Cena v 1. roce	1,680	tis. Kč/MWh

teplo TČ

Minimální cena		tis. Kč/MWh
Cena v 1. roce	-2,400	tis. Kč/MWh

Zdroj: Program FINAL verze 2.0.

Při stejně nastavené diskontní sazbě (3 %) dosahuje IRR 22,2 %, což je o 8,3 % více než v případě bez dotace. Návratnost investice je 5 let, dotace ji tedy uspíší o celé 2 roky.

4.2.3. Porovnání nákladů RD pro systém země/voda

Investiční náklady

Tab.č. 15: IN na plynovou kotelnu a TČ země/voda Greenline C 11

Cena plynového kotle s montáží	40 000 Kč
Komín nebo odkouření kotle	12 000 Kč
Rozvody plynu v domě a přípojka	15 000 Kč
Cena za přivedení plynu na pozemek	40 000 Kč
<i>Celkem plynová kotelna</i>	107 000 Kč
Celkem náklady na instalaci tepelného čerpadla	341 000 Kč
Dotace	75 000 Kč
<i>Celkem náklady na TČ s dotací</i>	266 000 Kč

Zdroj: Ing. Jan Porkert, energetický konzultant

V nákladech na vybudování TČ je započítáno samotné čerpadlo, veškeré instalační rozvody a zařízení. Zásobník na TUV o objemu 225l je součástí. Náklady na vybudování kotelny na zemní plyn jsou zřetelně nižší (o 234 000 Kč). Na TČ země/voda je možné získat dotaci 75 000 Kč ze státního programu Zelená úsporám.

Provozní náklady

Nejvýznamnější položkou jsou ceny energií. V 1Q roku 2011 stojí 1 kWh elektřiny dle ceníku PRE 2,40 Kč a 1 kWh zemního plynu 1,68 Kč dle ceníku PP a.s.

Roční provozní náklady (RPN) se vypočítají dle vztahu (2.1.)

Tab.č. 16: Roční provozní náklady země/voda Greenline C 11

	TČ	PK	jednotky
spotřeba energie	30 650	30 650	kWh
topný faktor	3,5	1	-
cena za kWh	2,4	1,68	Kč
provozní náklady	21 017	51 492	Kč/kWh

Zdroj: Vlastní výpočet, Petr Kožíšek

Při celkové spotřebě energie 30 650 kWh činí provozní náklady pro TČ 21 017 Kč/rok ve srovnání s 51 492 Kč/rok při provozování plynového kotle, což je o 40,8 % méně.

Navržená doba návratnosti investice je 15 let, což je v odvětví energetiky tepelných čerpadel nejfrekventovanější časový úsek, který zhruba odpovídá životnosti zařízení. Za toto období, tj. mezi roky 2012 až 2027, bude každý rok docházet k rozdílu v provozních nákladech, který bude označen jako úspora provozních nákladů.

Tab.č. 17: Úspory celkem (tis. Kč.) pro země/voda GREENLINE C 11

		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
teplo ZP	tis. Kč	51,492	51,492	51,492	51,492	51,492	51,492	51,492
teplo TČ	tis. Kč	-21,017	-21,017	-21,017	-21,017	-21,017	-21,017	-21,017
Celkem:		30,4749	30,4749	30,4749	30,4749	30,4749	30,4749	30,4749
Úspory celkem:		30,4749	30,4749	30,4749	30,4749	30,4749	30,4749	30,4749
<i>2019</i>	<i>2020</i>	<i>2021</i>	<i>2022</i>	<i>2023</i>	<i>2024</i>	<i>2025</i>	<i>2026</i>	<i>2027</i>
51,492	51,492	51,492	51,492	51,492	51,492	51,492	51,492	51,492
-21,017	-21,017	-21,017	-21,017	-21,017	-21,017	-21,017	-21,017	-21,017
30,4749	30,4749	30,4749	30,4749	30,4749	30,4749	30,4749	30,4749	30,4749
30,4749	30,4749	30,4749	30,4749	30,4749	30,4749	30,4749	30,4749	30,4749

Zdroj: vlastní výpočet, Petr Kožíšek

Výsledné roční úspory udávají roční úsporu provozních nákladů při vytápění a ohřevu TUV tepelným čerpadlem země/voda ve srovnání s plynovým kotlem. Každý rok se tak uspoří **30 475 Kč**.

Prostá návratnost investic

Na TČ lze získat po kladném stanovisku energetického auditora ze státního programu Zelená úsporám dotaci ve výši 75 000 Kč. Proto budou brány v potaz obě varianty financování, s dotací i bez ní.

Výpočet prosté návratnosti je proveden dle vztahu (2.2.)

Bez dotace

$IN_{TČ}$	=	341 000 Kč
IN_{PK}	=	107 000 Kč
$PN_{TČ}$	=	21 017 Kč
PN_{PK}	=	51 492 Kč
úspora pr. nákladů	=	30 475 Kč
prostá návratnost	=	7,7 let

S dotací

$IN_{TČ}$	=	261 000 Kč
IN_{PK}	=	107 000 Kč
$PN_{TČ}$	=	22 320 Kč
PN_{PK}	=	51 492 Kč
úspora pr. nákladů	=	29 172
prostá návratnost	=	5,3 let

Z provedených výpočtů je jasně vidět, že navržené opatření je návratné v době kratší než je požadovaná doba návratnosti 15 let. Bez poskytnuté dotace činí 7,7 let, s dotací dokonce pouhých 5,3 let, za které se vyšší investiční náklady vrátí díky úspornému provozu a investice začne být zisková.

Diskontovaná návratnost investic

Program pracuje s výpočetními vztahy (2.4.) a (2.5.)

Tab. č. 18: TČ GREENLINE C 11 – bez dotace

VÝSLEDNÁ TABULKA CF

Hodnocené období	2012 - 2027	rok
Rok hodnocení (diskontování)	2012	rok
Diskontní sazba	3,0	%
Daň z příjmů v 1. roce	0,0	%
Vlastní prostředky	234	tis. Kč
Cizí kapitál	0	tis. Kč
Výše poskytnutých dotací	0	tis. Kč
Podíl cizího kapitálu k celkovým investicím	0,0	%

	Projekt	Investor	
Celkový diskontovaný zisk	156	173	tis. Kč
Průměrný roční diskontovaný zisk	12	14	tis. Kč
Celkový diskontovaný CF	160	160	tis. Kč
Průměrný roční diskontovaný CF	13	13	tis. Kč
Vnitřní výnosové procento	12,4	12,4	%
Doba návratnosti investice	8	8	rok

teplo ZP

Minimální cena		tis. Kč/MWh
Cena v 1. roce	1,680	tis. Kč/MWh

teplo TČ

Minimální cena		tis. Kč/MWh
Cena v 1. roce	-2,400	tis. Kč/MWh

Zdroj: Program FINAL verze 2.0.

Při diskontní sazbě 3% bylo dosaženo vnitřního výnosového procenta (IRR) 12,4%,, což bezpečně převyšuje hladinu zamítnutí projektu a činí projekt rentabilní.

Návratnost z tohoto časově ošetřeného pohledu dosahuje 8 let. Nachází se tedy zhruba v polovině hodnoceného období. Celková úspora vyplývající z celkového diskontovaného zisku je 173 tis. Kč. Celková návratnost investice je 8 let, po uplynutí této doby je překonána prvotní nevýhoda v podání vyšších investičních nákladů v porovnání s kotlem na zemní plyn.

Tab. č. 19: TČ GREENLINE C 11 – s dotací 75 000 Kč

VÝSLEDNÁ TABULKA CF

Hodnocené období	2012 - 2027	rok
Rok hodnocení (diskontování)	2012	rok
Diskontní sazba	3,0	%
Daň z příjmů v 1. roce	0,0	%
Vlastní prostředky	234	tis. Kč
Cizí kapitál	0	tis. Kč
Výše poskytnutých dotací	75	tis. Kč
Podíl cizího kapitálu k celkovým investicím	0,0	%

	Projekt	Investor	
Celkový diskontovaný zisk	156	173	tis. Kč
Průměrný roční diskontovaný zisk	12	14	tis. Kč
Celkový diskontovaný CF	160	235	tis. Kč
Průměrný roční diskontovaný CF	13	19	tis. Kč
Vnitřní výnosové procento	12,4	22,6	%
Doba návratnosti investice	8	5	rok

teplo ZP

Minimální cena		tis. Kč/MWh
Cena v 1. roce	1,680	tis. Kč/MWh

teplo TČ

Minimální cena		tis. Kč/MWh
Cena v 1. roce	-2,400	tis. Kč/MWh

Zdroj: Program FINAL verze 2.0.

Při diskontní sazbě 3 % činí vnitřní výnosové procento (IRR) u varianty s dotací 22,6 %, což je oproti variantě bez dotace o 10,2 % více. Návratnost investice je 5 let, zvýšené investiční náklady se v případě dotační podpory navrátí 8 roky dříve než bez ní.

5. ZÁVĚR

V této práci byla provedena ekonomická analýza investičních a provozních nákladů za účelem výběru optimální varianty zdroje energie pro vytápění objektu RD a ohřevu TUV.

Nejprve byl shrnut vývoj a princip fungování tepelných čerpadel. Byly popsány příčiny počátku využívání, následného útlumu a v posledním desetiletí opětovného růstu počtu instalací.

Byly charakterizovány nejrozšířenější systémy TČ dělicí se podle prostředí, ze kterého získávají tepelnou energii. Jsou jimi vzduch, voda a země. Pro analytickou část práce byly zvoleny systémy vzduch/voda a země/voda, jelikož svojí univerzalitou instalace nedochází k omezení při výběru lokality. Na dvou vybraných modelech od firmy IVT Tepelná čerpadla s.r.o. došlo k technologickému rozboru zařízení, zejména nejdůležitějších částí, na kterých závisí výkonnost a efektivita soustrojí.

V ekonomické části byla provedena analýza investičních a provozních nákladů obou vybraných systémů v porovnání s konvenčním zdrojem – kotlem na zemní plyn.

Ukázalo se, že počáteční vysoké náklady na pořízení a instalaci TČ jsou záhy vyrovnávány nízkonákladovostí provozu, tudíž v horizontu 7 až 8 let se investice zaplatí a přitom zařízení je sotva v polovině své životnosti. Pokud je na projekt získána dotace ze státních podpůrných programů, návratnost se snižuje až na 5 let, což znamená značné úspory v pozdějším provozu v porovnání s konvenčními zdroji.

Nebyly zjištěny výraznější rozdíly mezi výsledky získané výpočtem prosté a diskontované návratnosti. Pokud by však byl projekt určen pro firemní využití a do výpočtu by byla zahrnuta problematika daní a financování cizím kapitálem, dá se předpokládat, že doby návratnosti by se rozcházely razantněji.

Co se obou sledovaných systémů týče, nebyly nalezeny výrazné rozdíly ve výkonnosti i návratnosti jednotlivých systémů. Rozhodnutí, který z nich bude aplikován,

záleží z velké míry hlavně na místních podmínkách. Velikou předností je nulová produkce emisí v místě provozu, šetrnost k životnímu prostředí a vysoká energetická efektivnost, tudíž se snižuje celková závislost na produkci elektrické energie.

Segment tepelných čerpadel je velmi dynamicky se rozvíjející oblast vytápění a ohřevu teplé vody v rámci obnovitelných zdrojů energie. Značný podíl na tom mají dotační programy státu a speciální zvýhodněné sazby distributorů elektřiny, které urychlují zvyšující se počty nových uživatelů. S tím se zvyšuje i konkurence mezi výrobci a nové modely jsou úspornější, výkonnější a spolehlivější než předchozí generace. Tím pádem lze TČ instalovat prakticky na kterémkoliv místě v ČR.

V souvislosti s trvale rostoucími cenami paliv bude v příštích letech provoz TČ nadále zlevňovat a s tím se bude vázat i stále větší ochota lidí zvolit si tento moderní, provozně efektivní a k životnímu prostředí šetrný zdroj energie. Lze tvrdit, že trh s tepelnými čerpadly bude v oblasti energetiky jeden z nejprogresivnějších.

6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SRDEČNÝ, Karel; TRUXA, Jan: *Tepelná čerpadla*, Brno, ERA, 2005, 68 s., ISBN: 80-7366-031-8
- [2] BROŽ, Karel; ŠOUREK, Bořivoj: *Alternativní zdroje energie*, Praha, Vydavatelství ČVUT, 2003, 213 s., ISBN: 80-01-02802-X
- [3] BERANOVSKÝ, Jiří; TRUXA, Jan: *Alternativní energie pro váš dům*, Brno, ERA, 2004, 152 s., ISBN: 80-86517-89-60
- [4] ŽERAVÍK, Antonín: *Stavíme tepelné čerpadlo*, Kroměříž, A. Žeravík, 2003, 311 s., ISBN: 80-239-0275-X
- [5] PETRÁŠ, Dušan a kol.: *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*, Bratislava, Jaga, 2008, 207 s., ISBN: 978-80-8076-069-4
- [6] Kolektiv autorů: *Obnovitelné zdroje energie*, Praha, FCC Public, 2002, 208 s.
- [7] QUASCHNING, Volker: *Obnovitelné zdroje energií*, Praha, Grada, 2010, 296 s., ISBN: 978-80-247-3250-3
- [8] SCHOLLEOVÁ, Hana: *Investiční kontroling*, Praha, Grada, 2009, 285 s., ISBN: 978-80-247-2952-7
- [9] FOTR, Jiří; SOUČEK, Ivan: *Podnikatelský záměr a investiční rozhodování*, Praha, Grada, 2005, 356 s., ISBN: 80-247-0939-2
- [10] Zákon o hospodaření energií, příloha č. 7 k vyhlášce č. 213/2001 Sb, in Sbíрка zákonů č 61/2008

Internetové zdroje

- [11] <http://www.cerpadla-ivt.cz/>
- [12] <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty?obor=2>
- [13] <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-prostredi-geotermalni-energie-tepelna-cerpadla>
- [14] <http://www.asb-portal.cz/tzb/vytapeni/historie-a-vyvoj-tepelnych-cerpadel-v-cr-a-eu-1651.html>
- [15] <http://www.mpo.cz/dokument80034.html>

- [16] <http://www.svet-bydleni.cz/stavba-a-rekonstrukce/predstavujeme-tepelna-cerpadla-1-dil-pohled-do-historie-aneb-jak-to-vse-vzniklo-.aspx>
- [17] <http://www.zelenausporam.cz/sekce/613/vyse-podpory-pro-rodinne-domy/#R-C.1,C.2>

7. PŘÍLOHY

1. Zkratky použité v textu
2. Seznam tabulek
3. Seznam grafů
4. Obrázky

1. Zkratky použité v textu

TČ – tepelné čerpadlo

PK – plynový kotel

TUV – teplá užitková voda

SFZP – Státní fond životního prostředí

NPT – nízkopotenciální teplo

ČIL – Inspektorát lázní a zřídels

IN – investiční náklady

PN – provozní náklady

RD – rodinný dům

PRE – Pražská energetika a.s.

PP – Pražská plynárenská a.s.

IRR – vnitřní výnosové procento

NPV – čistá současná hodnota

2. Seznam tabulek

Tab.č. 1: Teplotní hodnoty běžných chladičů

Tab.č. 2: Tepelná vydatnost plošných kolektorů

Tab.č. 3: Tepelná vydatnost vrtů

Tab.č. 4: Klasifikace běžných chladičů

Tab.č.5: Paušální platby při odběru ZP a elektřiny

Tab.č. 6: TČ vzduch/voda Mitsubishi Electric ZUBADAN 14

Tab.č. 7: TČ země/voda IVT Greenline LC C 11
Tab.č. 8a: Výpočet tepelných ztrát – vstupní hodnoty
Tab.č. 8b: Výpočet tepelných ztrát – výsledky
Tab.č. 9: Energetická náročnost objektu
Tab.č.10: IN na plynovou kotelnu a TČ vzduch/voda ZUBADAN 14
Tab.č.11: Roční provozní náklady vzduch/voda TČ ZUBADAN 14
Tab.č.12: Úspory celkem(tis. Kč.) pro vzduch/voda ZUBADAN 14
Tab. č. 13: TČ ZUBADAN 14 – bez dotace
Tab. č. 14: TČ ZUBADAN 14 s dotací 55 000 Kč
Tab.č. 15: IN na plynovou kotelnu a TČ země/voda Greenline C 11
Tab.č. 16: Roční provozní náklady země/voda Greenline C 11
Tab.č. 17: Úspory celkem (tis. Kč.) pro země/voda GREENLINE C 11
Tab. č. 18: TČ GREENLINE C 11 – bez dotace
Tab. č. 19: TČ GREENLINE C 11 – s dotací 75 000 Kč

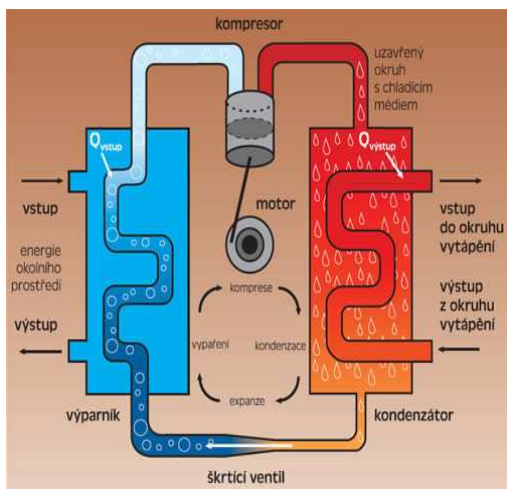
3. seznam grafů

Graf č. 1: Vývoj počtu instalací tepelných čerpadel ve Francii

Graf č. 2: Hrubý vývoj počtu tepelných čerpadel v ČR

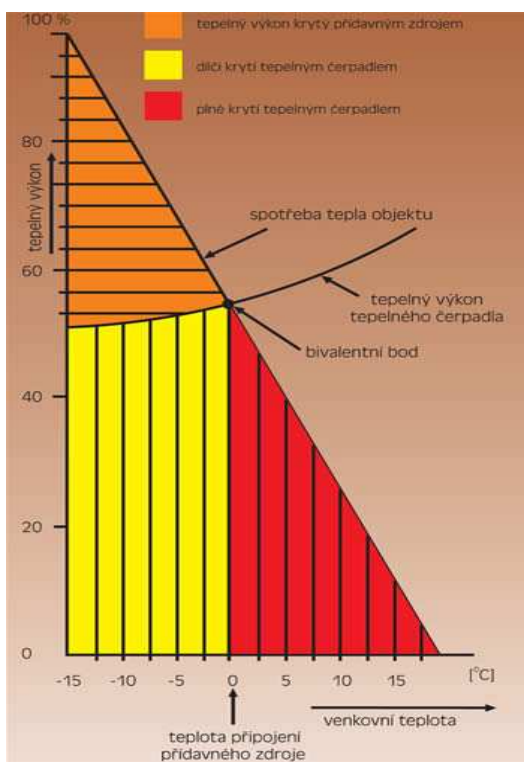
4. Obrázky

Obr.č. 1: Plánek TČ



Zdroj: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-prostredi-geothermalni-energie-teplna-cerpadla> [cit. 2011-03-13]

Obr.č. 2: Bivalentní chod TČ



Zdroj: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-prostredi-geothermalni-energie-teplna-cerpadla> [cit. 2011-03-13]