

MORAVSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA OLMOUC

Ústav managementu a marketingu

Eliška Tavlaridu

**Ekonomické zhodnocení investice do energeticky úsporného
opatření využívajícího tepelné čerpadlo**

The Economic Evaluation of Investments in Energy Efficiency
Measures Based on a Heat Pump

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Ladislav Chmela

Olomouc 2013

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené informační zdroje.

Olomouc

vlastnoruční podpis

Ráda bych touto cestou vyjádřila poděkování Ing. Ladislavu Chmelovi za jeho cenné rady a trpělivost při vedení mé bakalářské práce. Rovněž bych chtěla poděkovat své rodině a blízkým za trpělivost, kterou věnovali mým studiím.

.....
podpis

OBSAH

ÚVOD.....	6
I TEORETICKÁ ČÁST.....	7
1 Investiční rozhodování.....	7
1.1 Klasifikace investičních projektů.....	9
1.1.1 Vztah projektů k rozvoji firmy	9
1.1.2 Věcná náplň projektů	10
1.1.3 Míra závislosti projektů	11
1.1.4 Forma realizace projektů	11
1.1.5 Charakter peněžních toků	12
1.1.6 Velikost projektu.....	12
1.2 Financování investic	12
2 Hodnocení efektivnosti investic.....	15
2.1 Metody hodnocení efektivnosti investic	16
2.1.1 Metoda výnosnosti investic	17
2.1.2 Metoda doby úhrady	17
2.1.3 Metoda čisté současné hodnoty	19
2.1.4 Metoda čistého vnitřního výnosového procenta	20
2.1.5 Ekonomická přidaná hodnota EVA v hodnocení investičních projektů. 21	
3 Tepelné čerpadlo.....	21
3.1 Tepelné čerpadlo typu země / voda	24
3.2 Tepelné čerpadlo typu vzduch / voda	25
3.3 Tepelné čerpadlo typu voda / voda	26
3.4 Tepelné čerpadlo typu vzduch / vzduch	27
4 Výběr tepelného čerpadla	28
5 Ekonomika tepelného čerpadla.....	30
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	33
6 Sportovní areál a tepelné čerpadlo.....	33
6.1 Současný stav.....	33
6.2 Návrhy opatření	35
6.3 Cenová kalkulace investice.....	36
6.4 Ekonomické vyhodnocení investice	37
7 Bytový dům a tepelné čerpadlo	39

7.1	Současný stav.....	39
7.2	Návrhy opatření	41
7.3	Cenová kalkulace investice.....	41
7.4	Ekonomické vyhodnocení investice	43
8	Rodinná vila.....	44
8.1	Současný stav.....	44
8.2	Návrhy opatření	46
8.3	Cenová kalkulace investice.....	47
8.4	Ekonomické vyhodnocení investice	48
9	Diskuse.....	50
	ZÁVĚR	53
	ANOTACE	55
	LITERATURA A PRAMENY	57
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	58
	SEZNAM TABULEK	59
	SEZNAM GRAFŮ	60

ÚVOD

V dnešní společnosti stále narůstá spotřeba energie a dochází k úbytku tradičních zásob, jako je zemní plyn, uhlí nebo ropa. Důsledkem je zájem energetiků o objevování alternativních (obnovitelných) energetických zdrojů. Mezi takové zdroje patří tepelné čerpadlo, které vynalezl již v roce 1852 lord W. T. Kelvin.¹ Nyní je instalace tepelných čerpadel stále častějším jevem a jeho výhody umocňuje i skutečnost, že se neustále zvyšují ceny energií.

Cílem mojí bakalářské práce je ekonomické zhodnocení investic do tepelného čerpadla pomocí ekonomických nástrojů hodnocení investic a úspor. Bakalářská práce je rozdělena do dvou částí, teoretické a praktické. Teoretická část je založena na schopnosti pracovat s odbornou literaturou a stanovit si vědomostní a metodologický základ k řešení praktické části práce. Uvádím základní pojmy z oblasti investičního rozhodování, financování investic a hodnocení jejich efektivnosti. Součástí práce je i popis technologií, kde zmiňuji základní informace a vlastnosti všech typů tepelných čerpadel. V praktické části aplikuji poznatky z části teoretické. Vypracuji případové studie různých sestav na stejné budově a jednotlivé sestavy na vybraných typech budov. Instalaci tepelného čerpadla ovlivňuje mnoho faktorů, a proto pracuji s odlišnými sestavami. V každé případové studii uvádím úspory, návratnost a doporučení konkrétní sestavy tepelného čerpadla na konkrétní objekt. Dokazuji, že úspory nejsou nereálné a že se vyplatí do instalace tepelného čerpadla investovat, což může velmi pozitivně ovlivnit rodinný, ale i firemní rozpočet.

¹ Srov. KARLÍK, R., *Tepelné čerpadlo pro váš dům*, s. 7.

I TEORETICKÁ ČÁST

Podkladem teoretické části je odborná literatura, kterou jsem shromáždila z knihovny a z internetu. V oboru investičního rozhodování bylo publikováno mnoho knih a odborných článků. Při popisu technologií tepelných čerpadel jsem se potýkala s nedostatkem odborné literatury, proto jsem použila informace z interní dokumentace firmy TD metal s.r.o., která se zabývá chlazením a topením již 22 let.

1 Investiční rozhodování

Podle profesora Fotra a inženýra Součka „*investiční rozhodování patří mezi nevýznamnější druhy rozhodování*“.² Investice můžeme chápat jako činnost, která je zaměřena zejména na rozšíření, popřípadě obnovu hmotného a nehmotného dlouhodobého majetku. Z finančního hlediska jsou to jednorázově vynaložené zdroje, které v budoucnu přinesou firmě nebo jednotlivci ekonomický prospěch. V našem národním hospodářství provádějí investice firmy, jednotlivci a také domácnosti. V teoretické části této práce se zaměřím zejména na firmy, ale všechny postupy a principy platí i pro domácnosti a jednotlivce, čehož využiji v praktické části.

Investiční rozhodování je spíše strategického charakteru a mělo by vycházet z firemní strategie, která určuje základní firemní cíle a způsob jejich dosažení. Obecně mezi základní firemní cíle patří maximalizace zisku, snižování nákladů a dosažení růstu hodnoty firmy. Právě investiční rozhodování je spolehlivý nástroj, pomocí kterého tohoto růstu můžeme dosáhnout.³ Je však velmi důležité zvážit všechny aspekty, zda investici realizovat či nikoliv, včetně zohlednění externích faktorů spojených s prostředím firmy. Jako příklad externího faktoru mohu uvést cenu energie, která pro nás bude důležitá zejména v praktické části této práce. Neefektivní a špatně zvolená investice může firmu finančně vážně poškodit nebo přivést k úpadku. Investiční rozhodování na rozdíl od operativního rozhodování má dlouhodobé účinky a přináší dva problémy:

² FOTR, J. a SOUČEK, I., *Investiční rozhodování a řízení projektů*, s. 16.

³ Srov. tamtéž.

- je nutné brát v úvahu faktor času
- je nutné se vyvarovat nejistotě a riziku, které přináší budoucnost.⁴

Podle profesora Valacha můžeme investice označit jako úspory. Pomocí úspor se tvoří kapitálové statky k vývoji nových technologií a získání lidského kapitálu.⁵ Tato definice investice úzce souvisí s tématem této práce, jelikož budu posuzovat energeticky úsporné opatření využívající tepelné čerpadlo.

Velmi důležité je makroekonomické a mikroekonomické pojetí investic. Makroekonomickým významem investic v ekonomické teorii se rozumí „*kapitálová aktiva sestávající ze statků, které nejsou určeny pro bezprostřední spotřebu (nazýváme je investiční statky nebo kapitálové statky nebo výrobní statky), ale jsou určeny pro užití ve výrobě spotřebních statků nebo dalších kapitálových statků*“.⁶ Je tedy zřejmé, že makroekonomické investice mají dlouhodobý vliv na rozšiřování majetku a okamžitý vliv na zaměstnanost a výrobu. Z makroekonomického hlediska se investice společnosti dělí na hrubé a čisté investice. Důležité je zmínit definici investičních a spotřebních statků, které tvoří celkový produkt společnosti. Investiční statky v ekonomice jsou statky, které slouží k další výrobě, a spotřební statky slouží k okamžité spotřebě. Potom můžeme říct, že hrubé investice jsou existující investiční statky v ekonomice za určité období spolu s novými investičními statky. Novými investičními statky rozumíme budovy, hmotné zásoby, zařízení a stroje (můžeme zde zařadit i tepelná čerpadla). Čistá investice je na rozdíl od hrubých investic pouze čistý přírůstek nových investičních statků v daném období.⁷

O investicích z mikroekonomického hlediska můžeme říct totéž co o investicích z hlediska makroekonomického, tedy že podnikové statky nejsou určeny k bezprostřední spotřebě, ale pro výrobu nových investičních statků. Podle profesora Synka z hlediska finančního jsou podnikové investice „*jednorázově (v relativně krátké době) vynaložené zdroje, které budou přinášet peněžní příjmy během delšího budoucího období*“.⁸ Jako příklad můžeme uvést zakoupení a instalaci tepelného čerpadla, které nám může přinést peněžní úspory v budoucnu.

⁴ Srov. SYNEK, M. a kol., *Manažerská ekonomika*, s. 282.

⁵ Srov. VALACH, J. a kol., *Investiční rozhodování a dlouhodobé financování*, s. 18.

⁶ SYNEK, M. a kol., *Manažerská ekonomika*, s. 282.

⁷ Srov. tamtéž.

⁸ Tamtéž, s. 283.

1.1 Klasifikace investičních projektů

V odborné literatuře můžeme najít různé klasifikace investičních projektů. Rozhodla jsem se zaměřit na klasifikaci podle profesora Fotra a inženýra Součka, kteří investice třídí z hlediska vztahu investičních projektů k rozvoji podniku, podle věcné náplně, z hlediska míry závislosti projektů, formy realizace projektů, charakteru peněžních toků nebo z hlediska velikosti projektů.⁹

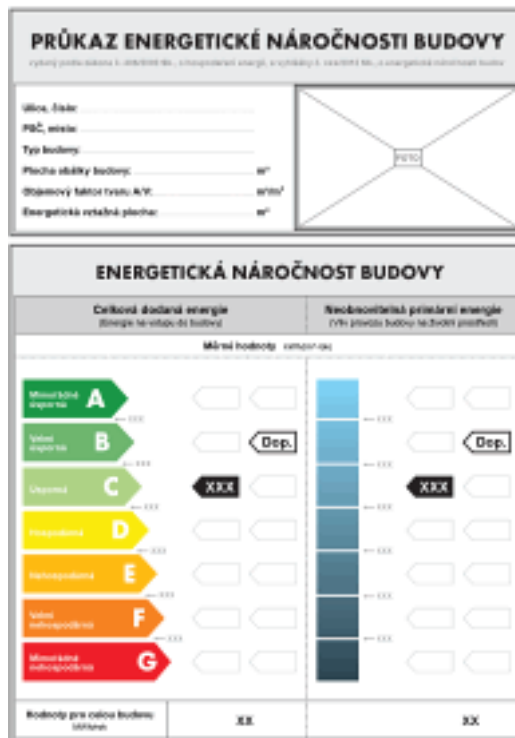
1.1.1 Vztah projektů k rozvoji firmy

Investiční projekty z hlediska jejich vztahu k rozvoji podniku můžeme rozlišit na projekty:

- Rozvojové a orientované na expanzi. Jsou to projekty, které podporují výrobu a prodej nových produktů nebo služeb. Jde tedy o zvýšení objemu produkce.
- Obnovovací, tj. obnova již nefunkčního nebo zastaralého výrobního zařízení. V případě nefunkčního zařízení je investice samozřejmá pro budoucí chod firmy a v případě obnovy zastaralého zařízení se jedná spíše o modernizaci a snížení nákladů. Do této skupiny patří investice do instalace tepelného čerpadla.
- Mandatorní neboli regulatorní. Tyto investiční projekty nejsou zaměřeny na ekonomický efekt, ale na to, aby firma dosáhla dodržení nově vydaných zákonů, norem nebo předpisů. Nejčastěji jsou to zákony, normy a předpisy, které se týkají životního prostředí, hygieny, bezpečnosti práce atd.¹⁰ Zde mohu uvést průkaz energetické náročnosti budovy podle Zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií. Od 1. ledna 2009 je průkaz energetické náročnosti budovy součástí projektové dokumentace pro stavební povolení novostaveb či rekonstrukcí staveb s větší podlahovou plochou než 1000 m². Energetická náročnost těchto budov musí být nejhůře v kategorii C. Jednou z variant pro snížení energetické náročnosti budov je instalace tepelného čerpadla. Na následujícím obrázku je průkaz energetické náročnosti budovy dle výše uvedeného zákona.

⁹ Srov. FOTR, J. a SOUČEK, I., *Investiční rozhodování a řízení projektů*, s. 16.

¹⁰ Srov. tamtéž, s. 17.



Obrázek 1 - Energetický štítek¹¹

1.1.2 Věcná náplň projektů

Z hlediska věcné náplně můžeme investiční projekty rozlišit na:

- Zavedení nových výrobků a technologií, tj. zavedení výrobků nebo technologií, které jsou nové pro zavádějící firmu, ale na trhu již existují. Nejčastěji se jedná o zavádění nových výrobních zařízení.
- Výzkum a vývoj nových technologií a výrobků. Tyto projekty jsou často řazeny mezi velmi rizikové investiční projekty s obtížným hodnocením.
- Inovace informačních systémů. Stejně jako u investičních projektů zaměřených na výzkum a vývoj jsou výsledky velmi obtížně hodnoceny.
- Zvýšení bezpečnosti práce nebo snížení negativního vlivu na životní prostředí. Jde nejčastěji o projekty mandatorní a jejich ekonomická efektivnost je velmi obtížně hodnotitelná. Do této kategorie patří investiční projekty zaměřené na energetické úspory a obnovitelné zdroje energií. Můžeme zde zařadit investici zaměřenou na instalaci tepelného čerpadla. Tepelné čerpadlo je zařízení, které

¹¹ *Technická zařízení budov* [online], <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov>, [2013-03-03].

nezatěžuje životní prostředí. Naopak je vědecky dokázáno, že kladně ovlivňuje globální životní klima.

- Infrastrukturní projekty jsou nejčastěji součástí větších projektů. Jako příklad můžeme uvést výstavbu kanalizace, vozovky nebo vlastní elektrárny.¹²

1.1.3 Míra závislosti projektů

Z hlediska míry závislosti projektů rozlišujeme investiční projekty do míry vzájemné závislosti:

- Vzájemně se vylučující projekty. Jsou to projekty, kde se liší vstupní veličina a které nemohou být realizovány současně.
- Plně závislé projekty. Jde o dva nebo více projektů, které společně plní určité požadavky. Aby tyto požadavky byly splněny, musí být všechny investiční projekty realizovány. Tyto projekty musíme vždy hodnotit jako celek.
- Komplementární projekty podporující další navazující projekty.
- Ekonomicky závislé projekty. U těchto projektů se může projevit substituční efekt. Například při zavedení prodeje nové generace tepelných čerpadel se očekává pokles prodeje dosavadních produktů.
- Statisticky nebo stochasticky závislé projekty. Pro tyto projekty platí nepřímá nebo přímá závislost. Pod pojmem nepřímá závislost rozumíme růst (pokles) nákladů nebo výnosů u jednoho projektu a pokles (růst) nákladů nebo výnosů u druhého projektu. Přímá závislost je růst (pokles) nákladů nebo výnosů u jednoho projektu a ten samý efekt u druhého projektu.¹³

1.1.4 Forma realizace projektů

Dále můžeme projekty rozlišit podle formy realizace:

- Investiční výstavby - zavedení nových technologií, produktů, rozšíření výrobní kapacity v již existujícím podniku.

¹² Srov. FOTR, J. a SOUČEK, I., *Investiční rozhodování a řízení projektů*, s. 17.

¹³ Tamtéž, s. 18.

- Akvizice. Cílem těchto projektů je nákup již existujících podniků a rozšíření aktivit nabyvatele.¹⁴

1.1.5 Charakter peněžních toků

Z hlediska peněžních toků rozlišujeme na projekty:

- Standardní peněžní toky - projekty se záporným peněžním tokem na začátku investičního projektu (investiční výdaje s kladným peněžním tokem v provozním období) Do této skupiny můžeme zařadit projekty spojené s instalací tepelného čerpadla.
- Nestandardní peněžní toky - projekty, kde se záporné a kladné peněžní toky různě střídají v průběhu celého života projektu.¹⁵

1.1.6 Velikost projektu

Poslední klasifikace projektů je podle velikosti investičních nákladů potřebných na realizaci investičního projektu. Nejčastěji členíme na projekty malého, středního a velkého rozsahu, kde tyto pojmy závisí na velikosti firmy.¹⁶

1.2 Financování investic

„Financování podnikových investic je činnost zabývající se získáváním finančních zdrojů pro založení, chod a rozvoj podniku, a to v potřebném objemu, čase a struktuře, při optimálních nákladech na jejich obstarání a s definovanou cenou za jejich používání.“¹⁷ Zdroje financování investic nejčastěji dělíme na vlastní zdroje (vlastní kapitál) a na zdroje cizí (vypůjčené). Rozdíl mezi vlastním a cizím zdrojem financování je, že financování vlastními zdroji je bezpečnější. Je samozřejmé, že cizí

¹⁴ Srov. FOTR, J. a SOUČEK, I., *Investiční rozhodování a řízení projektů*, s. 17.

¹⁵ Tamtéž, s. 19.

¹⁶ Tamtéž, s. 18.

¹⁷ Tamtéž, s. 44.

zdroje jsou rizikovější než ty vlastní, jelikož firma musí cizí zdroje splatit včetně nákladů (úroků) potřebných na jejich pořízení.

Financování z vlastních zdrojů většinou tvoří základní vklady vlastníků a společníků, navýšení základního kapitálu, nerozdělený zisk z minulých období, výnosy z prodeje majetku, odpisy hmotného a nehmotného majetku, dary nebo také vlastní zdroje, jako jsou kapitálové fondy. Cizí zdroje jsou většinou investiční úvěry, dodavatelské úvěry, obligace, dlouhodobé rezervy, splátkový prodej, leasing, rizikový kapitál, dotace nebo prostředky z EU.¹⁸ Firmy nejčastěji získávají cizí zdroje k financování investičních projektů od bankovních institucí po předložení podnikatelského plánu. Důležité je také zmínit nestandardní formy financování projektů, tedy BOOT, PPP a rizikový kapitál. Realizace projektu formou BOOT (Build-Own-Operate-Transfer) spočívá v tom, že je založena jedna organizace (nejčastěji konsorcium), která zrealizuje plánovaný investiční projekt. Tato organizace navrhne výsledný projekt, zrealizuje, zafinancuje a v poslední řadě tento projekt dočasně provozuje po předem stanovenou dobu.¹⁹ Po uplynutí provozní doby, nejčastěji po stabilizaci provozu a získání zkušenosti, se vlastnictví převede na poskytovatele „koncese“. Tato organizace často bývá členem konsorcia. Tato metoda financování projektu je realizována mezi veřejným a soukromým sektorem. Další metoda, která představuje partnerství veřejného a soukromého partnerství je PPP (Public Private Partnership). Podle výkladového slovníku profesora Synka je PPP „*financování samotného podnikatelského záměru (projektu), který v budoucnu bude generovat samostatné příjmy; financují developři projektu, banky*“²⁰. Poslední metodou financování, kterou zmíním, je rizikový kapitál neboli Venture Capital. Je to kapitál vkládaný prostřednictvím rizikového fondu do základního kapitálu rizikových organizací, které nejsou obchodovatelné na veřejném trhu. Navýšení základního kapitálu pomáhá s financováním počáteční činnosti firmy, zlepšuje pozici organizace na trhu a usnadňuje získání dalších externích zdrojů financování.²¹ Vzhledem k tématu bakalářské práce je důležité zmínit financování pomocí dotací. Dotace jsou peněžní prostředky z EU, rozpočtu ČR, evropských fondů a další podpory poskytované kraji nebo jinými subjekty, které podporují podnikání a inovace podniků, vzdělávání, životní

¹⁸ Srov. SYNEK, M. a kol., *Manažerská ekonomika*, s. 289.

¹⁹ Srov. DOLEŽAL, J., MÁCHAL, P., LACKO, B. a kol., *Projektový management podle IPMA*, s. 495.

²⁰ SYNEK, M. a kol., *Manažerská ekonomika*, s. 459.

²¹ Srov. FOTR, J. a SOUČEK, I., *Investiční rozhodování a řízení projektů*, s. 56.

prostředí, lidské zdroje a zaměstnanost, dopravu, operační programy, bydlení, cestovní ruch a mnoho dalších odvětví. Jako příklad uvedu projekt Zelená úsporám, tj. „*program Ministerstva životního prostředí administrovaný Státním fondem životního prostředí ČR zaměřený na úspory energie a obnovitelné zdroje energie v rodinných a bytových domech.*“²² Tento program podporuje instalace tepelných čerpadel. Požádat o podporu mohou fyzické osoby podnikající i nepodnikající, společenství vlastníků bytových jednotek, bytová družstva, města a obce (včetně městských částí), podnikatelské subjekty, případně další právnické osoby.²³ Trendem současného trhu je služba EPC (Energy Performance Contracting), volně do češtiny můžeme přeložit jako energetické služby se zárukou. „*Metodu EPC lze charakterizovat jako zaručení předpokládaného snížení spotřeby energie, které se projeví v úsporách provozních nákladů, použitých na splácení původní investice.*“²⁴ Pokud bychom uvažovali využít službu EPC k financování investičního projektu zaměřeného na energetické úspory, konkrétně elektrické přímotopy bychom nahradili tepelným čerpadlem, poskytovatel uhradí všechny investiční náklady na instalaci tepelného *včetně energetického auditu. Firma poskytovateli uhradí tyto náklady ve splátkách, nejčastěji měsíčních. Výše splátek je dána rozdílem provozních nákladů před investicí a po investici (smluvně garantované úspory). Tato metoda je pro firmy velmi výhodná, jelikož všechna rizika nese poskytovatel služby.

Považuji za důležité zmínit vhodné zdroje financování v případě, že předmětem investičního projektu je instalace tepelného čerpadla. Je zřejmé, že vlastní financování je nejbezpečnější a je tedy vhodné použít jakékoliv vlastní zdroje. V případě, že firma nedisponuje vlastním kapitálem, je velmi efektivní investiční projekty financovat pomocí služby EPC nebo dotacemi, které jsou zaměřené na energetické úspory. V případě využití dotací je však vždy značná spoluúčast. Další způsob financování jsou bankovní úvěry (střednědobé, dlouhodobé úvěry nebo dodavatelské úvěry, poskytované dodavatelem tepelného čerpadla). Typickým způsobem financování nových strojů a výrobních zařízení je leasing. V našem případě by leasing představoval pronájem tepelného čerpadla za sjednané nájemné a po ukončení leasingu bude převedeno nájemci do vlastnictví. Je velmi důležité zvážit všechny možné zdroje financování.

²² *Popis programu* [online], <http://www.zelenausporam.cz/sekce/470/popis-programu>, [2012-10-10].

²³ Srov. tamtéž.

²⁴ *Technická zařízení budov* [online], <http://www.tzb-info.cz/epc-energy-performance-contracting>, [2012-12-04].

Dle mého názoru nejefektivnější financování instalace tepelného čerpadla je pomocí dotace, popřípadě kombinace dotace, vlastního kapitálu nebo bankovního úvěru.

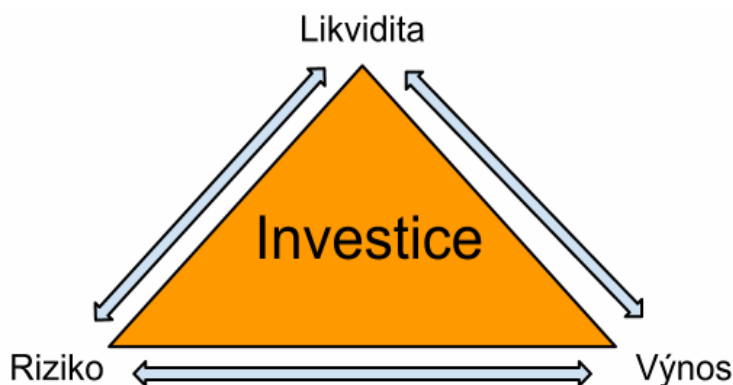
2 Hodnocení efektivity investic

Ekonomické hodnocení investičních projektů je velmi důležité při rozhodování o realizaci, zamítnutí projektů nebo při zvolení nejvýhodnější varianty investičního projektu. V praktické části pro nás bude toto hodnocení klíčové, jelikož budeme posuzovat efektivnost investic využívajících různé typy tepelných čerpadel na jednom objektu.

Rozhodování o investičních projektech můžeme rozdělit na rozhodování investiční a finanční. Investiční rozhodování se zaměřuje na náplň investičního projektu, to je například předmět investice, velikost projektu, technologické postupy. Může obsahovat různé investiční varianty. Finanční rozhodování se týká zdrojů, kterými bude investice hrazena. Stručný přehled těchto zdrojů jsem uvedla v předchozí kapitole.

Kriteria hodnocení efektivity jsou:

- Výnosnost neboli rentabilita - vztah výnosů z investice a nákladů za pořízení a provoz investice.
- Rizikovost - míra pravděpodobnosti neúspěchu investice.
- Likvidita - nejkratší doba, za kterou investici přeměníme zpět na peněžní formu.²⁵



Obrázek 2 - Magický trojúhelník

²⁵ Srov. SYNEK, M. a kol., *Manažerská ekonomika*, s. 292.

Tyto tři základní prvky investice v sobě spojuje tzv. magický trojúhelník investice (obrázek 2). Z trojúhelníku vyplývá, že s rostoucím výnosem roste riziko a s rostoucí rizikovostí investice roste výnos. Mezi likviditou a výnosem platí nepřímá úměra, tj. čím má investice vyšší likviditu, tím je menší výnosnost. Mezi likviditou a rizikem platí nepřímá úměra. Když roste rizikovost investice, klesá její likvidita. Ideální investici si představujeme jako investici s nejnižší rizikovostí, vysokou likviditou a velkou výnosností. Ve skutečnosti jsou takové investice nereálné.

2.1 Metody hodnocení efektivnosti investic

Tato kapitola je velmi důležitá pro vyhodnocení efektivnosti investice do instalace tepelného čerpadla, kterou budeme v praktické části posuzovat. Obecně platí, aby byla investice efektivní, musí být náklady nižší než příjmy z investice. Tedy:

$$\text{míra výnosnosti} = \frac{\text{částka obdržená} - \text{částka investovaná}}{\text{částka investovaná}}.$$

Tento vztah vyjadřuje, kolik korun vynese každá koruna investovaná.²⁶ Je tedy zřejmé, že pokud je částka záporná, investice není efektivní. Tento příklad vyhodnocení efektivnosti investice je jeden z jednodušších z hlediska výpočtu. V následujících podkapitolách některé popíšu. Obecně se tyto metody obvyklé dělí na dva základní typy:

- Metody statické - metody nepřihlížející k působení faktoru času a lze je použít v případech, kde je časový faktor zanedbatelný, a u investičních projektů s krátkodobou životností.
- Metody dynamické - metody přihlížející k působení faktoru času. Do této skupiny patří většina investičních projektů. Do této kategorie patří i investiční projekty zaměřené na tepelná čerpadla.²⁷

²⁶ Srov. SYNEK, M. a kol., *Manažerská ekonomika*, s. 301.

²⁷ Srov. tamtéž.

2.1.1 Metoda výnosnosti investic

Metoda výnosnosti investic *ROI* (Return on Investment), neboli v českém překladu návratnost investice, patří mezi metody statické, jelikož nebere v úvahu faktor času a rozložení zisku v čase. Obecně víme, že za kladný efekt investice považujeme zisk. A právě tato metoda se opírá o zisk plynoucí z investice.

Vzorec pro výpočet výnosnosti investic je:

$$ROI = \frac{Z_r}{IN},$$

kde Z_r je průměrný čistý roční zisk plynoucí z investice a IN jsou náklady na investice. Abychom zjistili, zda je investice výhodná či nikoli, musíme srovnat *ROI* a míru zúročení investora (v procentech stanovená odměna za půjčení kapitálu). Pokud je *ROI* vyšší, je investice výhodná, a pokud je nižší, je nevýhodná a neměli bychom ji realizovat.²⁸ V případě, že bychom investovali do instalace tepelného čerpadla, za průměrný čistý roční zisk budeme uvažovat průměrnou roční ušetřenou částku za energie. Celkové investiční náklady budou pořizovací cena a výdaje na instalaci tepelného čerpadla.

2.1.2 Metoda doby úhrady

Doba úhrady neboli payback period se definuje jako „*doba potřebná pro úhradu celkových investičních nákladů projektu jeho budoucími příjmy*“.²⁹ To znamená, že za uvedené období přinese investorovi zpět veškeré investiční náklady vynaložené na projekt. Tento výpočet vychází z pohybu čistého cash flow, tj. z výdajů a příjmů za celou dobu životnosti projektu.

Uvedu příklad investičního projektu s celkovou dobou životnosti deset let. Firma se rozhodla vyměnit elektrické přímotopy za tepelné čerpadlo typu vzduch / voda v kancelářské budově o rozloze 100 m² a tepelnou ztrátou 15 kW. Doba instalace tepelného čerpadla trvá necelé dva týdny, přičemž po instalaci projekt zahajuje činnost. Investiční náklady činí celkem 245 tis. Kč (tepelné čerpadlo včetně jeho instalace a pravidelných ročních servisů). Likvidační hodnota projektu se odhaduje na 36 tis. Kč.

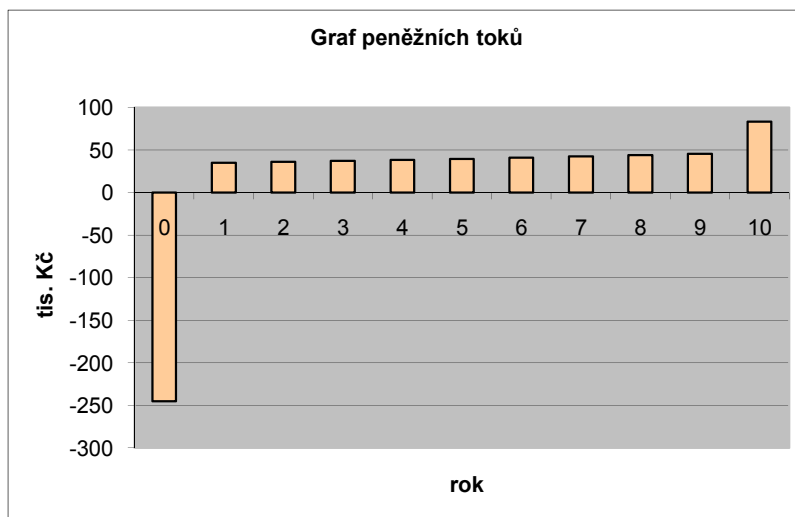
²⁸ Srov. SYNEK, M. a kol., *Manažerská ekonomika*, s. 302.

²⁹ FOTR, J. a SOUČEK, I., *Investiční rozhodování a řízení projektů*, s. 70.

Dle dodavatele zařízení je stanovena roční úspora 40 tis. Kč na energiích. Z následující tabulky je zřejmé, že projekt vydělal investorovi 146 tis. Kč. Doba úhrady je dána nulovým kumulovaným čistým ziskem, zde 6 let. Čisté provozní náklady každým rokem vzrostou o 3 % vzhledem k růstu ceny energií a investiční náklady každý rok vzrostou o 3 %. Růst investičních nákladů ovlivňuje inflace.

Tabulka 1 - Payback - Peněžní tok projektu

Položka (tis. Kč)	Rok										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Čisté provoz. úspory		40,0	41,2	42,5	43,8	45,3	46,8	48,4	50,2	52,0	54,1
Likvidační hodnota											36,0
Příjmy celkem		40,0	41,2	42,5	43,8	45,3	46,8	48,4	50,2	52,0	90,1
Investiční náklady	245										
Provozní náklady		5,0	5,2	5,3	5,5	5,7	5,8	6,1	6,3	6,5	6,8
Čistý peněžní tok	-245	35,0	36,1	37,2	38,3	39,6	40,9	42,4	43,9	45,5	83,3
Kumulov. cash flow	-245	-210	-174	-137	-98	-59	-18	24	68	114	197



Graf 1 - Graf peněžních toků

Je zřejmé, že čím je kratší doba úhrady, tím je investice výhodnější. Doba úhrady musí být vždy kratší než životnost projektu. Tato metoda je stejně jako metoda výnosnosti investic velmi jednoduchá a srozumitelná, a proto je vhodná k rychlému počátečnímu posouzení investičního projektu. Nevýhodou je nerespektování časového faktoru a rizika projektu.³⁰

³⁰ Srov. FOTR, J. a SOUČEK, I., *Investiční rozhodování a řízení projektů*, s. 70.

2.1.3 Metoda čisté současné hodnoty

„Čistá současná hodnota *NPV* (*Net Present Value*) představuje rozdíl mezi současnou hodnotou očekávaných příjmů a náklady na investici.“³¹ Můžeme tedy říct, že čistá současná hodnota je součet diskontovaného čistého cash flow v průběhu celé životnosti projektu. Tedy:

$$NPV = PVCF - IN = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - IN,$$

kde *NPV* je čistá současná hodnota investic,
PVCF je současná hodnota cash flow,
CF je očekávaná hodnota cash flow v období *t*,
IN jsou náklady na investici,
k jsou kapitálové náklady na investici (podniková diskontní sazba),
t je období 1 až *n*,
n je doba životnosti investice.³²

Obecně platí, že pokud je *NPV* nulové, je investiční projekt neutrální a nezvyšuje ani nesnižuje hodnotu podniku. V případě kladné *NPV* je realizace projektu pro podnik výhodná a zvyšuje bohatství podniku. Pokud je *NPV* záporná, podnik musí takovou investici zamítnout. Čím je *NPV* vyšší, tím je investiční projekt pro podnik efektivnější. Metoda čisté současné hodnoty je mnohem přesnější než metoda doby úhrady, jelikož respektuje časovou hodnotu peněz. Nevýhodou tohoto faktu je však obtížné stanovení diskontní sazby.

Tuto metodu názorně ukážeme na příkladě z předchozí kapitoly. Pořizovací cena tepelného čerpadla je 245 tis. Kč (včetně výdajů na dopravu a instalaci zařízení). Likvidační hodnota tepelného čerpadla je 36 tis. Kč. Podniková diskontní míra je 10% (pro zjednodušení počítáme se stejnou výší diskontní míry po celou dobu životnosti a diskontní míra zahrnuje riziko *WACC*).

³¹ SYNEK, M. a kol., *Manažerská ekonomika*, s. 305.

³² Srov. tamtéž.

Tabulka 2 -Metoda NPV - Peněžní tok projektu

Položka (tis. Kč)	Rok t										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Čisté provozní úspory		40,0	41,2	42,5	43,8	45,3	46,8	48,4	50,2	52,0	54,1
Likvidační hodnota											36,0
Příjmy celkem		40,0	41,2	42,5	43,8	45,3	46,8	48,4	50,2	52,0	90,1
Investiční náklady IN	245	5,0	5,2	5,3	5,5	5,7	5,8	6,1	6,3	6,5	6,8
Čistý peněžní tok	-245	35,0	36,1	37,2	38,3	39,6	40,9	42,4	43,9	45,5	83,3
Kum. čistý cash flow CF_t	-245	-210	-174	-137	-98	-59	-18	24	68	114	197
Podnik. diskontní sazba k	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
NPV	-245	-196	-149	-108	-73	-42	-16	7	26	42	69

Z tabulky vyplývá, že do 6. roku životnosti projektu je NPV záporná. Realizace tohoto investičního projektu pro podnik je tedy výhodná a zvyšuje bohatství podniku až v 7. roce životnosti projektu.

2.1.4 Metoda čistého vnitřního výnosového procenta

Metoda čistého vnitřního výnosu IRR (Internal Rate of Return) je založena na rovnosti výdajů investice a současné hodnotě očekávaného cash flow z investice. Potom IRR je rovno takové diskontní sazbě k , při které platí:

$$PVCF = IN \Rightarrow PVCF - IN = 0$$

$$\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} = IN.$$

Pomocí uvedeného vztahu musíme iterativně najít k , tedy diskontní míru. Tato metoda patří mezi složitější metody z hlediska výpočtu, a proto je nutné použít výpočetní techniku. Pokud je IRR vyšší než diskontní sazba k , potom je investiční projekt pro podnik výhodný. Čím vyšší je IRR , tím je projekt efektivnější. V případě, že IRR je nižší než diskontní sazba k , podnik musí projekt zamítnout. Metoda čistého vnitřního výnosu IRR stejně jako metoda čisté současné hodnoty NPV patří do kategorie dynamických metod hodnocení efektivnosti investic.

Opět metodu ukážeme na výše uvedeném příkladu. Pomocí funkce „MÍRA. VÝNOSNOSTI“ v aplikaci MS Excel vypočítáme vnitřní výnosové procento.

Výsledkem je 11 %, a jelikož je vnitřní výnosové procento větší než diskontní míra zahrnující riziko, je projekt i přes riziko přijatelný.

2.1.5 Ekonomická přidaná hodnota EVA v hodnocení investičních projektů

Ekonomická přidaná hodnota *EVA* (Economic Value Added) je měřítko, pomocí kterého se posuzuje výkonnost podniku. Nevychází z cash flow, ale z ekonomického zisku před úroky a zdaněním (*EBIT*). Základní vzorec pro výpočet ekonomické přidané hodnoty je:

$$EVA = \sum [EBIT_i \times (1 - t) - C_i \times WACC],$$

kde *EVA* je ekonomická přidaná hodnota,
EBIT je zisk před úroky a zdaněním,
t je sazba daně z příjmu (% / 100),
C_i podnikové náklady kapitálu,
WACC je investovaný kapitál.³³

EVA je v blízkém vztahu se změnou hodnoty podniku. Pokud roste *EVA*, roste hodnota podniku. Je tedy logickým předpokladem, že by měl podnik dosahovat kladné *EVA* pomocí výhodných investičních projektů. V případě, že má *EVA* zápornou hodnotu, musí alespoň postupně růst, jelikož v opačném případě hodnota podniku bude klesat.

3 Tepelné čerpadlo

Odborné literatury zaměřené na tepelná čerpadla je velmi málo, a proto budu čerpat, mimo jiné, z odborných internetových stránek www.TZB-info.cz, neboli Technická zařízení budov. Tato stránka kromě velkého množství odborných článků obsahuje také mnoho tabulek a výpočtů, které využiji zejména v praktické části.

³³ Srov. SYNEK, M. a kol., *Manažerská ekonomika*, s. 309.

„*Tepelná čerpadla jsou jedním z alternativních zdrojů obnovitelné energie.*“³⁴

Tepelná čerpadla jsou většinou dvoudílné systémy skládající se z venkovní a vnitřní jednotky. Pomocí kompresorového okruhu venkovní jednotka odebírá energii z venkovního prostředí (vzduchu, vody a země) a ve vnitřní jednotce se mění na teplou vodu nebo vzduch k vytápění a ohřevu užitkové vody. Považuji za velmi důležité zmínit, že tepelná čerpadla jsou zařízení ekonomická a ekologická.

Základní princip tepelného čerpadla vyslovil už v roce 1852 anglický fyzik Lord Kelvin a koncem 40. let minulého století ho sestrojil americký vynálezce Robert C. Weber, který propojil mrazák s bojlerem na teplou vodu. Vzhledem k tomu, že měl přebytek tepla, napojil horkou vodu na potrubní smyčku a větrákem vháněl teplý vzduch do domu.³⁵

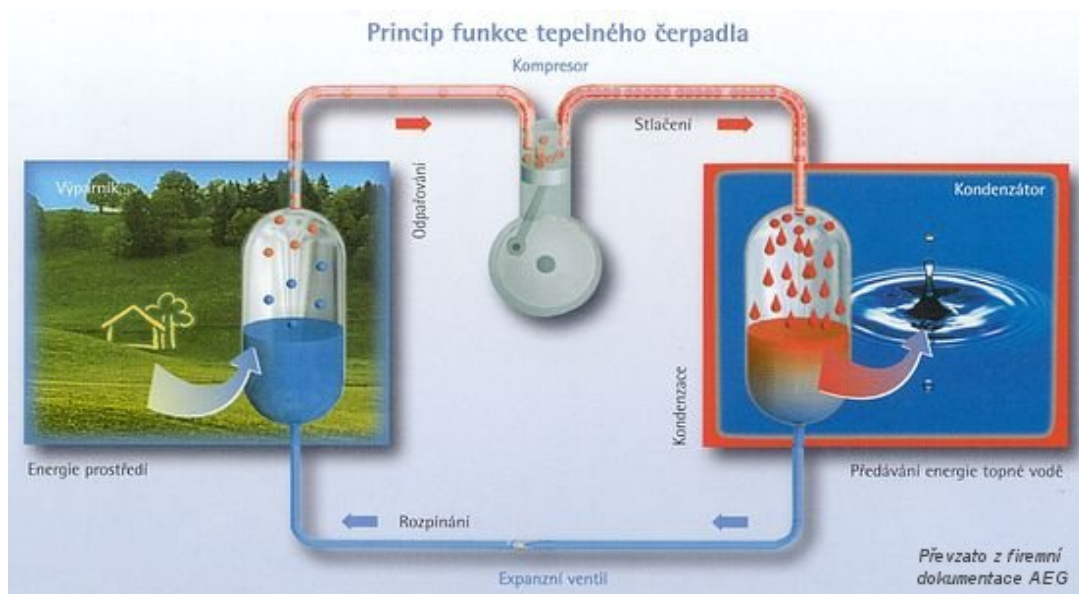
Tepelné čerpadlo můžeme přirovnat k ledničce nebo mrazáku, tj. k chladicímu zařízení. Chladicí zařízení odebírají teplo z předmětů, které chladí, a vypouští dané teplo do svého okolí. Tepelné čerpadlo odebírá teplo z okolního prostředí, tj. z vody, vzduchu a země, a rozvádí k využití pro vytápění nebo ohřev vody, tj. přírodní nízkopotenciální teplo. Ve vodě, vzduchu a zemi je však velmi nízká teplotní hladina, a proto tepelné čerpadlo ji musí převést na teplotu vyšší. Z technického hlediska je základem tepelného čerpadla chladicí okruh, který se skládá z kompresoru, výparníku, kondenzátoru a expanzního ventilu. Tyto komponenty jsou propojeny trubkami do hermeticky uzavřeného okruhu naplněného chladivem. Přírodní nízkopotenciální teplo z vody, země nebo vzduchu odebírá výparník, který zároveň prostředí ochlazuje (stejně jako lednička potraviny). Kompresor předává přírodní nízkopotenciální teplo s vyšší teplotou cca 80°C do topných systémů. Klíčovou funkcí tepelného čerpadla má chladivo, které, jak jsem uvedla, trvale obíhá hermeticky uzavřeným okruhem v tepelném čerpadle. Použité chladivo v tepelném čerpadle v posledních letech splňuje ekologické a bezpečnostní podmínky. Jedná se o bezfreonová chladiva (R410A a R407C), která při úniku do ovzduší nemohou narušit ozónovou vrstvu Země. Chladivo, které obíhá trvale uzavřeným okruhem v zařízení, mění své skupenství z plynného na kapalné a naopak. Ve výparníku při odebírání nízkopotenciálního tepla se chladivo přemění z kapalného skupenství na plynné a v kompresoru se stlačí a zahřeje na vyšší teplotu. Kompresorem zahřáté teplo putuje do kondenzátoru, kde zkondenzuje a přemění se z plynného skupenství opět na kapalné. Z kondenzátoru kapalné chladivo

³⁴ KARLÍK, R., *Tepelné čerpadlo pro váš dům*, s. 7.

³⁵ Srov. tamtéž.

přes expanzní ventil putuje zpět do výparníku, kde expanzní ventil chladivo opět prudce ochladí. Tento cyklus se neustále opakuje. Přečerpává teplo z vody, vzduchu nebo země do vytápění a ohřevu vody.³⁶

Pro převedení přírodního nízkopotenciálního tepla na vyšší teplotní hladinu a na provoz tepelného čerpadla je potřeba dodat určité množství energie. Obecně můžeme říct, že tepelné čerpadlo spotřebovává přibližně jednu třetinu svého výkonu ve formě elektrické energie a dvě třetiny tvoří převedené energie z vody, vzduchu nebo země. V následujícím obrázku je popsán velmi stručně princip tepelného čerpadla.



Obrázek 3 - Princip tepelného čerpadla

Hlavním kritériem dělení tepelných čerpadel do skupin je způsob, jakým odebírají ze svého okolí teplo a jakým způsobem ho předávají dál. Můžeme je tedy rozdělit do následujících skupin:

- tepelná čerpadla typu země / voda,
- tepelná čerpadla typu vzduch / voda,
- tepelná čerpadla typu voda / voda,
- tepelná čerpadla typu vzduch / vzduch.

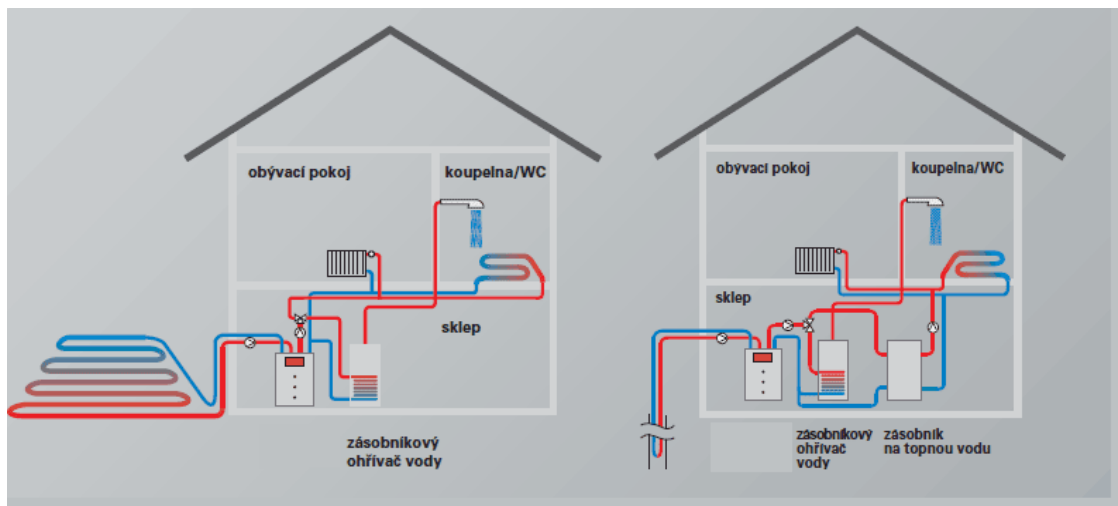
Například tepelné čerpadlo typu vzduch / voda odebírá přírodní nízkopotenciální teplo ze vzduchu a předává ho do topné vody (radiátory, bojler apod.).

³⁶ Srov. KARLÍK, R., *Tepelné čerpadlo pro váš dům*, s. 8.

3.1 Tepelné čerpadlo typu země / voda

Tepelné čerpadlo typu země / voda patří z hlediska investice mezi ekonomicky nejnáročnější tepelná čerpadla, ale zároveň se tento systém hodnotí jako „nejstabilnější“. Tepelné čerpadlo země / voda umí čerpat geotermální energii ze země, tedy je vhodné pro jakýkoliv objekt umístěný na pozemku. Je však nutné zjistit, zda je pozemek vhodný z hlediska hydrogeologických možností. Tento typ tepelných čerpadel se doporučuje jak u nových staveb, tak i u starších staveb s dostatečným pozemkem pro vertikální nebo horizontální kolektory. Zařízení se na trhu většinou prodává v kompaktním provedení (tepelné čerpadlo včetně bojleru na užitkovou vodu a doplňkového zdroje) nebo v standardním provedení (pouze tepelné čerpadlo).³⁷

Aby tepelné čerpadlo země / voda mohlo čerpat geotermální energii ze země, potřebuje horizontální kolektory, tj. zemní kolektory v hloubce 1,2 – 1,6 m pod povrchem země a ve vzdálenosti 0,6 – 1 m od sebe nebo vertikální kolektory, tj. geotermální vrty až do hloubky 150 m. V následujícím obrázku jsou zobrazeny horizontální kolektory (vlevo) a vertikální kolektory (vpravo) u rodinného domu.



Obrázek 4 - Horizontální a vertikální kolektory

Pro volbu vhodného typu kolektorů je nutné zvážit geologickou polohu a umístění stavby nebo objektu. V případě vertikálních kolektorů je cena velmi vysoká, ale nejsou náročné na prostor. Jsou vhodné pro novostavby, kde se dají umístit pod objekty a tím ušetřit prostor pozemku. Tyto geotermální vrty se nejčastěji provádí

³⁷ Srov. KARLÍK, R., *Tepelné čerpadlo pro váš dům*, s. 12.

v kompaktních horninách. Horizontální kolektory jsou cenově dostupnější než vertikální, ale jedná se o náročné zemní práce. V případě novostaveb s pozemkem jsou horizontální kolektory nejvhodnějším řešením. Nevýhodou horizontálních kolektorů je fakt, že nesmí být zastavěny a v případě poškození dojde k rozsáhlým výdajům.

I přes fakt, že investiční náklady na instalaci tepelného čerpadla země / voda jsou velmi vysoké, je tato technologie velmi spolehlivá. Čerpání geotermální energie ze země není závislé na venkovní teplotě vzduchu, na sluneční aktivitě nebo na dalších zdrojích energie. Pro správný chod tepelného čerpadla země / voda je nutný výpočet tepelné ztráty budovy a kolektory musí mít odpovídající délku (hloubku), aby celý systém nebyl poddimenzovaný, což by mohlo způsobit špatný chod nebo kratší životnost zařízení.

3.2 Tepelné čerpadlo typu vzduch / voda

Tepelné čerpadlo typu vzduch / voda odebírá přírodní nízkopotenciální teplo ze vzduchu a předává ho do topné vody (radiátory, bojler, podlahové topení, bazén apod.). Je to zařízení nenáročné na instalaci a umístění, proto je vhodné na jakoukoliv stavbu, tj. novostavby i starší budovy. Vzhledem k tomu, že nejsou potřebné kolektory a zemní práce spojené s umístěním kolektorů, jsou investiční náklady nižší, než bylo u tepelného čerpadla země / voda.

Na rozdíl od tepelného čerpadla země / voda se výkon tepelného čerpadla vzduch / voda mění podle teploty venkovního vzduchu, což znamená, že při vyšších teplotách vzrůstá výkon zařízení a při nižších teplotách výkon zařízení klesá. Na trhu jsou v současné době zařízení, která fungují až do -20°C . Jako příklad můžu uvést tepelné čerpadlo Versati od čínského výrobce GREE, které pracuje při venkovním rozsahu -20°C až 45°C . Tepelná čerpadla vzduch / voda není vhodné použít ve vysokohorských oblastech nebo v zemích, kde teploty dlouhodobě klesají pod -20°C .

Tento systém se obvykle skládá ze dvou dílů, tj. z vnitřní a venkovní jednotky. Na trhu se však prodávají i kompaktní tepelná čerpadla, kde celé tepelné čerpadlo může stát venku nebo uvnitř objektu. V případě děleného systému se vnitřní jednotka, která zajišťuje ohřev teplé vody a topného systému, umístí uvnitř budovy, nejčastěji v technické místnosti. Venkovní jednotka může být umístěna na střeše nebo v okolí

budovy a přijímá okolní vzduch. Nevýhodou tohoto typu tepelného čerpadla je značná hlučnost, která je ovlivněna výkonem.³⁸



Obrázek 5 - Venkovní jednotka tepelného čerpadla Versati

3.3 Tepelné čerpadlo typu voda / voda

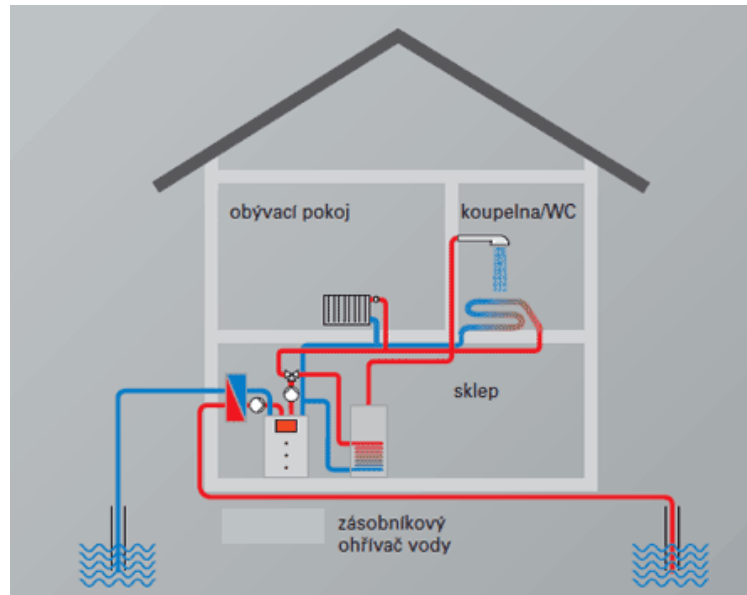
Tepelné čerpadlo voda / voda odebírá nízkopotenciální teplo z podzemní či povrchové vody. Výhodou tohoto typu tepelného čerpadla je vysoký topný faktor. Obzvláště podzemní voda je velmi vhodná pro tepelná čerpadla, hlavně díky stabilní teplotě a nezávislosti na venkovních teplotách. Nevýhodou je možnost využití pouze v lokalitách s dostatkem podzemní vody nebo u vhodného zdroje geotermální vody. Přesto, že pořizovací náklady na tepelné čerpadlo voda / voda jsou poměrně nízké, tento systém vyžaduje pravidelnou údržbu filtrů a výměníku. Náklady na servis jsou tedy vyšší.

V případě tepelného čerpadla odebírajícího nízkopotenciální teplo ze spodní vody jsou potřeba dvě studny. Spodní voda je vyčerpávaná z první zdrojové studny, v tepelném čerpadle se ochlazuje a zavádí do druhé vsakovací studny. Zdrojová a vsakovací studna musí být od sebe vzdáleny minimálně 15 metrů.³⁹ Důležitá je kvalita

³⁸ Srov. KARLÍK, R., *Tepelné čerpadlo pro váš dům*, s. 14.

³⁹ Srov. tamtéž, s. 16.

spodní vody a získání povolení od odboru životního prostředí na základě hydrogeologického posudku. V následujícím obrázku si můžete prohlédnout systém odebírající teplo z vody ze zdrojové studny.



Obrázek 6 - Tepelné čerpadlo voda / voda

U instalace tepelných čerpadel odebírajících nízkopotenciální teplo z povrchové vody jsou na dně povrchové vody položeny plastové hadice se zátěžkami naplněné chladivem. Chladivo přenáší teplo mezi vodou a tepelným čerpadlem. Instalace tohoto typu tepelných čerpadel jsou sporadické a hlavním důvodem je náročná administrativa.

3.4 Tepelné čerpadlo typu vzduch / vzduch

Tepelné čerpadlo typu vzduch / vzduch neboli klimatizace odebírá přírodní nízkopotenciální teplo ze vzduchu a předává ho do vnitřního vzduchu budovy. Tento systém se skládá z venkovní a vnitřní jednotky (nástěnné, parapetní / podstropní, kanálové, stojanové).



Obrázek 7 - Nástěnná klimatizace

Tento typ tepelného čerpadla je vhodný pro doplnění budov vytápěných elektrokotlem nebo elektrickými přímotopy. V přechodném období (jaro, podzim) může snížit provozní náklady bez složitých stavebních úprav a vysokých investic. Investiční náklady tohoto systému jsou velmi nízké a instalace je jednoduchá. Kromě funkce vytápění tepelné čerpadlo vzduch / vzduchu má také funkci chlazení a odvlhčování (klimatizace). Nevýhodou je nízká výkonnost a nízký topný faktor při nižších venkovních teplotách, kde dochází k zamrznání venkovní jednotky. Nedoporučovala bych instalaci, pokud by tento systém představoval primární zdroj tepla v budově.

4 Výběr tepelného čerpadla

První krok při výběru tepelného čerpadla je stanovení tepelné ztráty objektu pomocí postupů uvedených v platné normě ČSN EN 12831 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu⁴⁰. Pro zjednodušený výpočet použijte on-line kalkulačku úspor a dotací Zelená úsporám⁴¹. Podle Roberta Karlíka „*tepelné čerpadlo země / voda obvykle dimenzujeme na výkon, který odpovídá 60–80 % tepelné ztráty (pro bivalentní provoz) nebo na 100 % (pro monovalentní provoz). Tepelné čerpadlo vzduch / voda navrhujeme na výkon, který odpovídá 70–90 % tepelné ztráty (pro bivalentní provoz).*“⁴² S tímto krokem úzce souvisí rozhodnutí, zda budeme instalovat

⁴⁰ Česká technická norma ČSN EN 12831:2005, Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu.

⁴¹ *Technická zařízení budov* [online], <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>, [2013-03-03].

⁴² KARLÍK, R., *Tepelné čerpadlo pro váš dům*, s. 53.

tepelné čerpadlo pro bivalentní provoz nebo pro monovalentní provoz. Pro tepelné čerpadlo do monovalentního provozu se můžeme rozhodnout v případě, že tepelná ztráta budovy se pohybuje do 10 kW. Nejčastěji se jedná o nové nebo rekonstruované budovy, které jsou dobře izolované. V tomto případě tepelné čerpadlo nemusí spolupracovat s bivalentním (záložním) zdrojem tepla, ale je nutné brát v úvahu rezervu výkonu. Pokud tepelné čerpadlo není dimenzované na 100 % tepelné ztráty, je nutné zvolit bivalentní provoz. Zde volíme kombinaci tepelného čerpadla a bivalentního (záložního) zdroje tepla. V předchozích kapitolách jsem uvedla, že výkon tepelného čerpadla vzduch / voda klesá při nižších venkovních teplotách. Bivalentní systém umožňuje využití tepelného čerpadlo do určité venkovní teploty a záložní zdroj dodává chybějící energii, pokud teplota klesne přibližně pod hranici, kdy je výstupní výkon nedostačující (u zemních tepelných čerpadel mohou být teploty nižší dle geologické situace).

Po výpočtu tepelných ztrát budovy, určení výkonu tepelného čerpadla a rozhodnutí, zda využijeme bivalentní nebo monovalentní provoz tepelného čerpadla, stanovíme investiční a provozní náklady pro různé typy tepelných čerpadel. Vhodným nástrojem je energetický audit. Tento audit je často nedílnou součástí žádostí o dotace z dotačních programů, které jsou zaměřeny na úspory energie a obnovitelné zdroje energie, nebo k případnému financování investičních projektů formou EPC. Výsledkem energetického auditu je posouzení několika variant a stanovení varianty nejvýhodnější. Tím získáme jistotu, že vynaložené investice budou použity opravdu účelně. V energetickém auditu můžeme tedy porovnat následující možnosti:

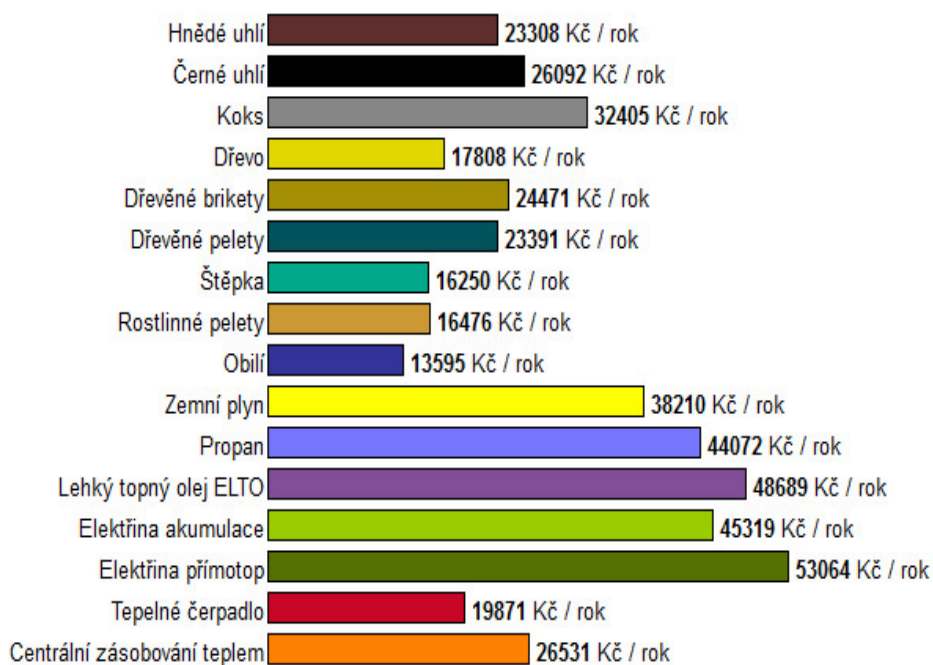
- Bivalentní a monovalentní provoz tepelného čerpadla.
- Tepelné čerpadlo země / voda, vzduch / voda, voda / voda a vzduch / vzduch.
- Provoz tepelného čerpadla pouze na vytápění a provoz na vytápění a ohřev teplé vody.
- Vytápění pomocí tepelného čerpadla a vytápění alternativním zdrojem, například elektřinou, dřevem nebo plynem.⁴³

Kromě porovnání provozních a investičních nákladů energetický audit zkoumá také vliv provozu tepelného čerpadla na životní prostředí, citlivost na růst cen energií, návratnost investice nebo prostředí v okolí budovy.

⁴³ TRUXA, J. a SRDEČNÝ, K. *Tepelná čerpadla*, s. 61.

5 Ekonomika tepelného čerpadla

Každá firma se snaží optimalizovat své náklady. V současné době se cena energií neustále zvyšuje a firmy hledají způsob, jak snížit náklady na vytápění svých budov. Podle odborníků je dnes nejperspektivnější zdroj tepla kotel na biomasu a tepelné čerpadlo. Tepelná čerpadla oproti kotlům na biomasu mají výhodu automatického provozu, jelikož není potřeba zajišťovat palivo na provoz.⁴⁴ V následujícím obrázku jsou znázorněny roční náklady na vytápění budovy se spotřebou 65 GJ tepla.⁴⁵ Je důležité si uvědomit, že se jedná pouze o náklady spojené s nákupem (odběrem) paliva.



Obrázek 8 - Náklady na vytápění⁴⁶

Z výše uvedeného obrázku je zřejmé, že náklady na pořízení paliva k vytápění budov biomasou jsou nejnižší. Je však důležité počítat s dalšími náklady, které jsou spojené se spotřebou elektrické energie a paušálem za elektroměr. V následující tabulce si tyto výdaje názorně ukážeme. Porovnáme investiční náklady na pořízení různých

⁴⁴ Srov. KARLÍK, R., *Tepelné čerpadlo pro váš dům*, s. 88.

⁴⁵ Srov. *Technická zařízení budov* [online], <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/269-porovnaní-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>, [2012-10-10].

⁴⁶ Tamtéž.

zdrojů tepla a provozní náklady na vytápění, ohřev vody a ostatní potřebu elektrické energie (4500 kWh/rok), kde zdrojem tepla je tepelné čerpadlo vzduch / voda, elektrokotel, kondenzační kotel na plyn a kotel na pelety u rodinného domu. Rodinný dům má tepelnou ztrátu 7,5 kW, ohřev vody pro čtyři uživatele s běžnou spotřebou a bude vytápěn radiátory.⁴⁷

Tabulka 3 - Porovnání investičních a provozních nákladů⁴⁸

	TČ vzduch / voda	elektro- kotel	kotel na plyn	kotel na pelety
investiční náklady	301 930 Kč	79 900 Kč	174 560 Kč	198 870 Kč
spotřeba el. energie v NT na vytápění a ohřev TV	7 176 kWh	19 250 kWh	-	-
spotřeba zemního plynu na vytápění a ohřev TV	-	-	20 960 kWh	-
spotřeba pelet na vytápění a ohřev TV	-	-	-	4 406 kg
ostatní spotřeba el. energie v NT	4 140 kWh	4 040 kWh	4 500 kWh	4 500 kWh
ostatní spotřeba el. energie v VT	360 kWh	460 kWh	-	-
cena el. energie NT	11 316 × 2,2 = 24 895 Kč	23 290 × 2,2 = 51 238 Kč	4 500 × 4,6 = 20 700 Kč	4 500 × 4,6 = 20 700 Kč
cena el. energie VT	360 × 2,5 = 900 Kč	460 × 2,5 = 1 150 Kč	-	-
paušál za elektroměr	12 × 340 = 4 080 Kč	12 × 340 = 4 080 Kč	12 × 134 = 1 608 Kč	12 × 134 = 1 608 Kč
cena paliva	-	-	20 960 × 1,34 = 28 086 Kč	4 406 × 5,2 = 22 911 Kč
paušál za plynoměr	-	-	12 × 301 = 3 612 Kč	-
celkem provoz	29 875 Kč	56 468 Kč	50 394 Kč	45 219 Kč

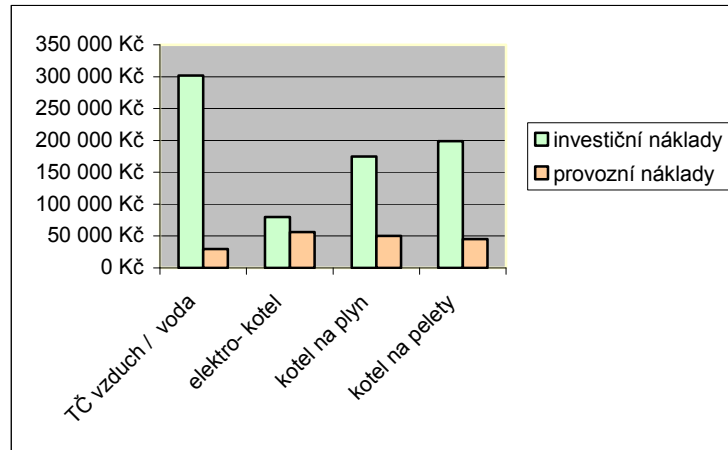
TČ - tepelné čerpadlo, NT - nízký tarif, TV - teplá voda, VT - vyšší tarif
ceny energie ČEZ 2012, ceny pelet TZB-info 2012

Z předchozí tabulky je zřejmé, že provozní náklady tepelného čerpadla vzduch / voda jsou nejnižší, ale investiční náklady jsou zřejmě nejvyšší. Abychom rozhodli, která investice je nejvýhodnější z finančního hlediska, je důležité provést

⁴⁷ Srov. KARLÍK, R., *Tepelné čerpadlo pro váš dům*, s. 93.

⁴⁸ Srov. tamtéž, s. 90.

srovnání. V případě, že budeme preferovat instalaci tepelného čerpadla před elektrokotlem, budou roční úspory na provozních nákladech 26 593 Kč. Rozdíl investičních nákladů tepelného čerpadla a elektrokotle je 222 030 Kč a návratnost při výše uvedené úspoře je 8,3 let.



Graf 2 – Porovnání investičních a provozních nákladů

II PRAKTICKÁ ČÁST

Cílem praktické části méj bakalářské práce je využití znalostí uvedených v teoretické části a jejich aplikování na konkrétní případy. Zvolila jsem tři typově různé budovy, kde navrhuji ekonomicky úsporné opatření využívající tepelná čerpadla. Na českém trhu je celá řada tepelných čerpadel, která se liší kvalitou a cenou. V následujících kapitolách navrhuji tepelná čerpadla vzduch / vzduch a vzduch / voda značky GREE (jeden z největších čínských výrobců chladicí a tepelné techniky) a tepelná čerpadla země /voda a voda / voda značky HotJet (český výrobce tepelných čerpadel). U všech případů se vždy bude jednat o monovalentní provoz tepelných čerpadel. Informace v této části práce jsou čerpány z interních materiálů firmy TD metal s.r.o. a na přání majitele firmy nebudou uvedeny konkrétní názvy objektů.

6 Sportovní areál a tepelné čerpadlo

První zkoumaná budova je sportovní areál v Olomouci. Posoudím stávající stav vytápění, ohřevu teplé vody a technologie z hlediska ekonomiky a efektivnosti provozu.

6.1 Současný stav

Sportovní areál v Olomouci je rozdělen do dvou částí. První část je klubovna, restaurace, chodby a sociální zázemí s tepelnou ztrátou 27 kW. Zdrojem tepla v této části je elektrokotel o výkonu 30 kW a vytápění je řešeno otopnými tělesy a termohlavicemi s projektovaným teplotním spádem 75/60°C. TUV (teplá užitková voda) je připravována ve dvou zásobnících o objemu 400 l (každý má topnou spirálu 4,5 kW). Spotřeba TUV je přibližně 0,7 m³. Dále je v provozu vířivka a má odběr energie elektrickým ohřevem pro objem vody 2,1 m³.

Druhá část je tenisová hala a vstupní chodba do haly s barem a tepelnou ztrátou 74,5 kW. Vytápění v této části je nyní řešeno teplovzdušně pomocí vzduchotechnické jednotky o průtoku 12.570 m³/h. Dohřev vzduchu je řešen hořákem o výkonu 100 kW na lehký topný olej.

Důležité je definovat současnou potřebu tepla na vytápění a ohřev TUV. Tento krok provedeme pomocí tabulky na webové stránce Technická zařízení budov. Jako ukázkou uvedu výpočet pro vytápění a ohřev vody při minimálním odběru vody 0,7 m³.

Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Lokalita (Tabulka)		<input type="radio"/> t _{em} = 12 °C <input checked="" type="radio"/> t _{em} = 13 °C <input type="radio"/> t _{em} = 15 °C ???
Město	Olomouc	Délka topného období d = 231 [dny]
Venkovní výpočtová teplota t _e =	-15 °C	Prům. teplota během otopného období t _{es} = 3.8 °C
<input checked="" type="checkbox"/> Vytápění		<input checked="" type="checkbox"/> Ohřev teplé vody
Tepelná ztráta objektu Q _c =	27 kW	t ₁ = 10 °C ??? ρ = 1000 kg/m ³ ???
Průměrná vnitřní výpočtová teplota t _{is} =	17 °C ???	t ₂ = 55 °C ??? c = 4186 J/kgK ???
Vytápěcí denostupně		V _{2p} = 0,7 m ³ /den ???
D = d · (t _{is} - t _{es}) =	3049 K.dny	Koeficient energetických ztrát systému z = 2 ???
Opravné součinitele a účinnosti systému		Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody
e _i = 0.85 ??? η _o = 0.95 ???		$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 109.9 \text{ kWh}$
e _t = 0.90 ??? η _r = 0.95 ???		Teplota studené vody v létě t _{svl} = 15 °C
e _d = 1.00 ???		Teplota studené vody v zimě t _{svz} = 5 °C
Opravný součinitel ε ???		Počet pracovních dní soustavy v roce N = 365 [dny]
<input checked="" type="radio"/> ε = e _i · e _t · e _d = 0.765		$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0.8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$
<input type="radio"/> ε = 0.765		$Q_{TUV,r} = \left\langle \begin{array}{l} 125.3 \text{ GJ/rok} \\ 34.8 \text{ MWh/rok} \end{array} \right\rangle \text{ Náklady}$
$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$		
$Q_{VYT,r} = \left\langle \begin{array}{l} 188.4 \text{ GJ/rok} \\ 52.3 \text{ MWh/rok} \end{array} \right\rangle \text{ Náklady}$		
Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody		
313.7 GJ/rok		
$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left\langle \begin{array}{l} 125.3 \text{ GJ/rok} \\ 34.8 \text{ MWh/rok} \end{array} \right\rangle \text{ Náklady}$		
87.1 MWh/rok		

Obrázek 9 - Potřeba tepla pro vytápění a ohřev vody⁴⁹

Vytápění klubovna	52,3 MWh / rok
Ohřev TUV (0,7 m ³) klubovna	34,8 MWh / rok
Ohřev vířivka	47,9 MWh / rok
Potřeba tepla celkem	135,0 MWh / rok
Vytápění tenisová hala	137,5 MWh / rok
Potřeba tepla celkem	137,5 MWh / rok

⁴⁹Technická zařízení budov [online], <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>, [2012-12-06].

Provozovatel sportovního areálu má sjednanou smlouvu s distributorem ČEZ s tarifem D 45 d (dvoufázová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 20 hodin). Cena 1 kWh v Kč je 2,74841 Kč (nízký tarif) bez DPH. Je nutné připočítat i měsíční jednorázový poplatek ve výši 786,5 Kč. Cena za 1 MWh spalování lehkého topného oleje v hořáku vychází při nákupu 1 l lehkého topného oleje za 15 Kč přibližně 1 250 Kč bez DPH. Provozní náklady na vytápění a ohřev teplé vody v klubovně a tenisové hale jsou 256 050 Kč + 400 002 Kč = 656 052 Kč bez DPH ročně.

6.2 Návrhy opatření

Hlavní požadavek investora je monovalentní provoz tepelného čerpadla. Z hydrogeologického posudku vychází, že oblast sportovního klubu není bohatá na spodní vodu a v blízkosti se nevyskytuje žádný zdroj vody (řeka, rybník, atd.). U tenisové haly je volba jednoznačná, jelikož se jedná o vytápění objektu vzduchem. Aby v hale nedocházelo k „průvanovému efektu“, který je způsobený nízkou výstupní teplotou vzduchu přes vodní výměník (cca 40°C až 45°C) vytvořenou tepelným čerpadlem voda / voda, země / voda nebo vzduch / voda, je nutné zvolit variantu tepelné čerpadlo vzduch / vzduch. Tato varianta jako jediná umožňuje, aby se výstupní teplota vzduchu pohybovala nad 50°C. Tepelná ztráta tenisové haly je 74,5 kW a v současné době je vzduchotechnika osazena hořákem s výkonem 100 kW, budu tedy vycházet i z tohoto faktu. Navrhuji instalaci třech tepelných čerpadel vzduch / vzduch s přímým napojením do vzduchotechniky s nominálním výkonem 120 kW, která i při extrémních mrazech dodají výkon 65 kW topení.

Klubovna má tepelnou ztrátu 27 kW a denně je spotřeba teplé vody přibližně 0,7 m³. V tomto případě navrhnu a srovnám investiční a provozní náklady na tepelné čerpadlo vzduch / voda a země / voda. V případě tepelného čerpadla vzduch / voda pro vytápění navrhuji tři tepelná čerpadla v součtu s nominálním výkonem 48 kW, kde při extrémních mrazech dodají celkový výkon 22 kW. Aby produkce TUV při všech extrémních mrazech byla zajištěna a přitom nebyla ponížena výroba teplé vody pro topení, lze instalovat doplňkové cirkulační tepelné čerpadlo standardní ekonomické řady s nominálním výkonem 17,6kW pro dohřev TUV. Systém jsem úmyslně naddimenzovala, jelikož se jedná o monovalentní provoz. Pokud zvolíme tepelné

čerpadlo země / voda, můžeme zvolit pouze variantu hloubkového vrtu, jelikož není možné uložit horizontální kolektory pod antukové dvorce. Tento systém je velmi stabilní a výkon budu dimenzovat na 100 % tepelné ztráty, tedy na 27 kW (topení a TUV).

6.3 Cenová kalkulace investice

Cenové kalkulace všech investic jsem vypracovala dle platného ceníku firmy TD metal s.r.o.. Jak už jsem uvedla v předchozí kapitole, první cenová kalkulace bude obsahovat tepelná čerpadla vzduch / vzduch značky GREE, která budou umístěna v tenisové hale, a tepelná čerpadla země / voda značky HotJet, která budou umístěna v klubovně tenisového klubu. Druhá varianta bude obsahovat tepelná čerpadla vzduch / vzduch značky GREE, která stejně jako v prvním případě budou umístěna v tenisové hale, a tepelná čerpadla vzduch / voda značky GREE, která budou umístěna v klubovně tenisového klubu.

Tabulka 4 - Tenisový klub - Varianta 1⁵⁰

1. Cenová kalkulace tepelné čerpadla vzduch / vzduch a země / voda				
Popis	ks	cena	celkem	
TČ HotJet 16W 15,0 kW	2	175 400 Kč	350 800 Kč	
hloubkový vrt	1	550 000 Kč	550 000 Kč	
bojler OKC 300 NTRR/SOL 300 litrů / 24 kW	1	24 000 Kč	24 000 Kč	
sběrač / rozdělovač	1	14 800 Kč	14 800 Kč	
oběhové čerpadlo primáru	1	17 800 Kč	17 800 Kč	
montáž, spojov. potrubí, mater. klubovna, TUV	2	22 500 Kč	45 000 Kč	
ostatní materiál (expanzní nádoba, filtry, atd.)	1	25 000 Kč	25 000 Kč	
TČ GREE FGR-40Na-M 42kW	3	159 000 Kč	477 000 Kč	
výměník tříokruhový (REMAK)	1	30 000 Kč	30 000 Kč	
ventilátor Remak 16.800 m3/h	1	28 600 Kč	28 600 Kč	
montáž, spojovací potrubí, materiál - hala	3	14 000 Kč	42 000 Kč	
měď spojovacího potrubí - metry	30	1 100 Kč	33 000 Kč	
elektro, chladiivo	1	15 000 Kč	15 000 Kč	
stavební práce	1	25 000 Kč	25 000 Kč	
doprava, administrativa	1	12 000 Kč	12 000 Kč	
			celkem: 1 690 000 Kč	

⁵⁰ Zdroj: vlastní zpracování hodnot z interních materiálů firmy TD metal s.r.o.

Tabulka 5 - Tenisový klub - Varianta 2⁵¹

2. Cenová kalkulace tepelné čerpadla vzduch / vzduch a vzduch / voda			
popis	ks	cena	celkem
TČ GREE GRS-CQ16Pd/Na-M 16 kW	3	132 600 Kč	397 800 Kč
TČ GREE GRS-S16/Na-M 17,6 kW	1	155 900 Kč	155 900 Kč
bojler OKC 300 NTRR/SOL 300 litrů / 24 kW	1	24 000 Kč	24 000 Kč
montáž, spojov. potrubí, materiál klubovna, TUV	4	8 000 Kč	32 000 Kč
měď spojovacího potrubí - metry	40	470 Kč	18 800 Kč
TČ GREE FGR-40Na-M 42kW	3	159 000 Kč	477 000 Kč
výměník tříokruhový (REMAK)	1	30 000 Kč	30 000 Kč
ventilátor Remak 16.800 m3/h	1	28 600 Kč	28 600 Kč
montáž, spojovací potrubí, materiál - hala	3	14 000 Kč	42 000 Kč
měď spojovacího potrubí - metry	30	1 100 Kč	33 000 Kč
elektro, chladivo	1	15 000 Kč	15 000 Kč
stavební práce	1	25 000 Kč	25 000 Kč
doprava, administrativa	1	12 000 Kč	12 000 Kč
celkem:			1 291 100 Kč

Z cenových přehledů je zřejmé, že první varianta s tepelnými čerpadly země / voda HotJet je dražší než druhá varianta, kde jsem využila tepelná čerpadla vzduch / voda. Rozdíl je 285 700 Kč bez DPH. V následující kapitole vyhodnotím ekonomicky obě varianty investic.

6.4 Ekonomické vyhodnocení investice

Nyní je důležité vyhodnotit, která varianta přinese investorovi vyšší úspory a rychlejší návratnost. Doba amortizace tepelných čerpadel se pohybuje mezi 15 až 20 roky. Ekonomická výhodnost se mírně zvýší změnou tarifu z D 45d na D 55d (dvoufázová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 22 hodin). Výpočet těchto nákladů provedu pomocí on-line kalkulačky na stránkách Technická zařízení budov.⁵² V následujícím obrázku je výpočet nákladů na vytápění haly tepelnými čerpadly vzduch / vzduch.

⁵¹ Zdroj: vlastní zpracování hodnot z interních materiálů firmy TD metal s.r.o.

⁵² *Technická zařízení budov* [online], <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>, [2013-03-02].

Spotřeba tepla: 493,2 GJ = 137,5 MWh						
Tepelné čerpadlo	387,2 Kč/měsíc + NT: 2,75204 /kWh	Průměrný roční topný faktor: 3	0,95	45667 kWh	130322,-	
ceny a tarify ??? D55d jistič nad 3x50 A do 3x63 A						

Obrázek 10 - Výpočet ročních nákladů haly (tepelné čerpadlo vzduch / vzduch)⁵³

Varianta 1 - Tepelné čerpadla vzduch / vzduch a země / voda

Klubovna :	108 865 Kč bez DPH
Hala :	130 322 Kč bez DPH

Náklady celkem po realizaci opatření	239 187 Kč bez DPH
Náklady celkem před realizací opatření	656 052 Kč bez DPH

Úspora v Kč / rok celkem 416 865 Kč bez DPH

Varianta 2 - Tepelné čerpadla vzduch / vzduch a vzduch / voda

Klubovna :	127 065 Kč bez DPH
Hala :	130 322 Kč bez DPH

Náklady celkem po realizaci opatření	257 387 Kč bez DPH
Náklady celkem před realizací opatření	656 052 Kč bez DPH

Úspora v Kč / rok celkem 398 665 Kč bez DPH

Abych mohla porovnat návratnost a efektivitu obou variant, využiji metodu doby úhrady, kterou jsem již uvedla v teoretické části. V následujících tabulkách je uveden výpočet pomocí této metody pro obě varianty. Návratnost první varianty pro tepelná čerpadla vzduch / vzduch (hala) a země / voda (klubovna) je 5 let a návratnost druhé varianty pro tepelná čerpadla vzduch / vzduch (hala) a vzduch / voda (klubovna) je 4 roky.

Tabulka 6 - Sportovní klub - Výpočet návratnosti - Varianta 1 - TČ země / voda

Položka (tis. Kč)	Rok									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Čisté provoz. úspory		416,0	428,5	441,7	455,8	470,7	486,6	503,6	521,8	541,2
Příjmy celkem		416,0	428,5	441,7	455,8	470,7	486,6	503,6	521,8	541,2
Investiční náklady	1690									
Provozní náklady		20,0	20,6	21,2	21,9	22,6	23,4	24,2	25,1	26,0
Čistý peněžní tok	-1690	396,0	407,9	420,5	433,8	448,1	463,2	479,4	496,7	515,2
Kumul. cash flow	-1690	-1294	-886	-466	-32	416	879	1359	1856	2371

⁵³ *Technická zařízení budov* [online], <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>, [2013-03-02].

Tabulka 7 - Sportovní klub - Výpočet návratnosti - Varianta 2 - TČ vzduch / voda

Položka (tis. Kč)	Rok							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Čisté provoz. úspory		398,0	427,9	441,7	455,8	470,7	486,6	503,6
Příjmy celkem		398,0	427,9	441,7	455,8	470,7	486,6	503,6
Investiční náklady	1291							
Provozní náklady		15,0	15,5	15,9	16,4	17,0	17,5	18,2
Čistý peněžní tok	-1291	383,0	412,5	425,7	439,3	453,7	469,1	485,4
Kumul. cash flow	-1291	-908	-496	-70	370	823	1292	1778

Tepelné čerpadlo země / voda je velmi stabilní. V zimním období nedochází k zamrazování venkovní jednotky a systém je připraven vytápět a ohřívat TUV téměř bez omezení. Přesto když porovnáme obě kombinace, je zřejmé, že efektivnější bude investice do druhé varianty. Roční úspory první varianty jsou sice vyšší, ale pořizovací cena tepelného čerpadla země / voda je finančně mnohem náročnější.

7 Bytový dům a tepelné čerpadlo

V tomto případě se bude jednat o dvoupatrový bytový dům na okraji Olomouce. Na každém patře domu jsou tři bytové jednotky. Budova je po kompletní rekonstrukci pláště a výměně původních netěsnících oken za plastová. Všechny bytové jednotky jsou v osobním vlastnictví.

7.1 Současný stav

Tepelná ztráta bytového domu po rekonstrukci, zateplení a výměně oken je 30,2 kW. Zdrojem tepla a TUV je centrální zásobování firmou Olterm & TD Olomouc, a.s.. Vytápění je řešeno radiátory s původním projektovaným teplotním spádem 75 / 65°C. Průměrná spotřeba TUV v celém objektu je 0,8 m³ denně.

Nyní definuji současnou spotřebu tepla na vytápění a ohřev TUV. Tento krok provedeme pomocí tabulky na webové stránce Technická zařízení budov. Níže naleznete výpočet pro vytápění a ohřev vody při odběru vody 0,8 m³ pro celý bytový dům.

Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Lokalita (Tabulka) $t_{em} = 12\text{ °C}$ $t_{em} = 13\text{ °C}$ $t_{em} = 15\text{ °C}$???

Město Délka topného období $d =$ [dny]

Venkovní výpočtová teplota $t_e =$ °C Prům. teplota během otopného období $t_{es} =$ °C

Vytápění

Tepelná ztráta objektu $Q_c =$ kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} =$ °C ???

Vytápěcí denostupně
 $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 4204$ K.dny

Opravné součinitele a účinnosti systému

$e_i =$??? $\eta_o =$???
 $e_t =$??? $\eta_r =$???
 $e_d =$???

Opravný součinitel ε ???

$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$
 $\varepsilon =$

$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$

$Q_{VYT,r} = \langle \begin{matrix} 251.3 \text{ GJ/rok} \\ 69.8 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \rangle$ Náklady

Ohřev teplé vody

$t_1 =$ °C ??? $\rho =$ kg/m³ ???
 $t_2 =$ °C ??? $c =$ J/kgK ???

$V_{2p} =$ m³/den ???

Koeficient energetických ztrát systému $z =$???

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 125.6$ kWh

Teplota studené vody v létě $t_{svl} =$ °C
Teplota studené vody v zimě $t_{svz} =$ °C
Počet pracovních dní soustavy v roce $N =$ [dny]

$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$

$Q_{TUV,r} = \langle \begin{matrix} 143.2 \text{ GJ/rok} \\ 39.8 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \rangle$ Náklady

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \langle \begin{matrix} 394.5 \text{ GJ/rok} \\ 109.6 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \rangle$ Náklady

Obrázek 11 - Potřeba tepla pro vytápění a ohřev vody⁵⁴

Vytápění	69,8 MWh / rok
Ohřev TUV (0,8 m ³)	39,8 MWh / rok
Potřeba tepla celkem	109,6 MWh / rok

Ceny centrální zásobovací firmy Olterm & TD Olomouc, a.s. jsou následující. Cena tepelné energie z centrálních zdrojů pro teplo do ústředního topení je 521,20 Kč / GJ bez DPH a cena tepelné energie z centrálních zdrojů pro TUV

⁵⁴Technická zařízení budov [online], <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>, [2012-12-06].

je 495,50 Kč / GJ bez DPH.⁵⁵ Provozní náklady na vytápění a ohřev teplé vody v bytovém domě jsou 133 651 Kč + 72 454 Kč = 206 105 Kč bez DPH ročně.

7.2 Návrhy opatření

Bytový dům se nachází na okraji městské okrajové zástavby u koryta řeky. Požadavek majitelů bytových jednotek je snížení celkových nákladů na vytápění a TUV. Hlavním důvodem jsou vysoké ceny firmy Olterm & TD Olomouc, a.s. Tepelná ztráta objektu je 30,2 kW a průměrná denní spotřeba teplé vody je 0,8 m³. Vzhledem ke skutečnosti, že se budova nachází v blízkosti vhodného zdroje geotermální vody, navrhuji instalaci tepelného čerpadla voda / voda. Hydrogeologický posudek určil, že je možné ochlazenou vodu vracet zpět přímo do řeky, jelikož se budova nenachází v ochranném pásmu zdroje pitné vody. Z toho vyplývá, že stačí vybudovat pouze zdrojovou studnu. Tento systém nabízí nejvyšší topný faktor, protože podzemní voda má stabilní teplotu kolem 10°C. Výkon budu dimenzovat na 100 % tepelné ztráty, tedy na 30,2 kW. Druhou variantou je instalace tepelných čerpadel vzduch / voda. Tento systém, jako v předchozím případě, naddimenzuji tak, aby při extrémních mrazech byl zajištěn jeho bezproblémový chod. Bude se jednat o čtyři tepelná čerpadla v součtu s nominálním výkonem 67,2 kW.

Vzhledem k tomu, že budova byla již v minulosti zateplena a stará okna jsou nahrazena plastovými, stačí, aby radiátory měly teplotní spád 45 / 50°C.

7.3 Cenová kalkulace investice

První cenová kalkulace bude obsahovat čtyři tepelná čerpadla vzduch / voda značky GREE a součástí druhé cenové kalkulace budou dvě tepelná čerpadla voda / voda značky HotJet a zemní práce nutné pro výstavbu zdrojové studny.

⁵⁵ Srov. *Olterm & TD Olomouc, a.s.* [online], <http://www.olterm.cz/teplo/ceny>, [2013-03-03].

Tabulka 8 - Bytový dům - Varianta 1⁵⁶

1. Cenová kalkulace tepelná čerpadla voda / voda				
Popis	ks	cena	celkem	
TČ HotJet 33W 41,0 kW	1	232 500 Kč	232 500 Kč	
bojler OKC 300 NTRR/SOL 300 litrů / 24 kW	1	24 000 Kč	24 000 Kč	
ponorné čerpadlo	1	64 000 Kč	64 000 Kč	
studna zdrojová	1	200 000 Kč	200 000 Kč	
montáž, spoj. potrubí, materiál, TUV	2	20 000 Kč	40 000 Kč	
ostatní materiál (filtry, atd.)	1	50 000 Kč	50 000 Kč	
elektro, chladiivo	1	10 000 Kč	10 000 Kč	
stavební práce	1	20 000 Kč	20 000 Kč	
doprava, administrativa	1	20 000 Kč	20 000 Kč	
celkem:			660 500 Kč	

Tabulka 9 - Bytový dům - Varianta 2⁵⁷

2. Cenová kalkulace tepelná čerpadla vzduch / voda				
popis	ks	cena	celkem	
TČ GREE GRS-CQ16Pd/Na-M 16 kW	2	132 600 Kč	265 200 Kč	
TČ GREE GRS-S16/Na-M 17,6 kW	2	155 900 Kč	311 800 Kč	
bojler OKC 300 NTRR/SOL 300 litrů / 24 kW	1	24 000 Kč	24 000 Kč	
montáž, spoj. potrubí, materiál, TUV	4	8 000 Kč	32 000 Kč	
měď spojovacího potrubí - metry	40	470 Kč	18 800 Kč	
elektro, chladiivo	1	10 000 Kč	10 000 Kč	
stavební práce	1	15 000 Kč	15 000 Kč	
doprava, administrativa	1	6 000 Kč	6 000 Kč	
celkem:			682 800 Kč	

V tomto návrhu jsou investiční náklady na instalaci tepelných čerpadel vzduch / voda téměř stejné jako u instalace tepelných čerpadel voda / voda. V následující kapitole bude důležité zohlednit vysoký topný faktor tepelného čerpadla voda / voda a zároveň náročnost tohoto systému co se týče pravidelné údržby výměníků a filtrů. V případě, že by u druhé varianty bylo nutné vybudovat vsakovací studnu, investiční náklady by se navýšily minimálně o 200 000 Kč.

⁵⁶ Zdroj: vlastní zpracování hodnot z interních materiálů firmy TD metal s.r.o.

⁵⁷ Tentýž.

7.4 Ekonomické vyhodnocení investice

Distributor elektrické energie firma ČEZ stávající tarif nahradí tarifem D 55d (dvoufázová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 22 hodin) určeným pro budovy využívající tepelná čerpadla k vytápění. Výpočet nákladů provedu pomocí on-line kalkulačky na stránkách Technická zařízení budov.⁵⁸

Varianta 1 - Tepelná čerpadla vzduch / voda

Náklady celkem po realizaci opatření	97 466 Kč bez DPH
Náklady celkem před realizací opatření	205 105 Kč bez DPH

Úspora v Kč / rok celkem 107 639 Kč bez DPH

Varianta 2 - Tepelná čerpadla voda / voda

Náklady celkem po realizaci opatření	65 544 Kč bez DPH
Náklady celkem před realizací opatření	205 105 Kč bez DPH

Úspora v Kč / rok celkem 139 561 Kč bez DPH

Návratnost a efektivnost opět vypočítám pomocí metody doby úhrady. V následujících tabulkách je důležité správně vyčíslit každoroční údržbu obou typů tepelných čerpadel, jelikož cena údržby vodního výměníku a filtrů systému využívajícího tepelné čerpadlo voda / voda je dvojnásobná než cena údržby tepelného čerpadla vzduch / voda.

Tabulka 10 - Bytový dům - Výpočet návratnosti - Varianta 1 - TČ vzduch / voda

Položka (tis. Kč)	Rok							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Čisté provoz. úspory		107,0	110,2	113,6	117,2	121,1	125,2	129,5
Příjmy celkem		107,0	110,2	113,6	117,2	121,1	125,2	129,5
Investiční náklady	660							
Provozní náklady		20,0	20,6	21,2	21,9	22,6	23,4	24,2
Čistý peněžní tok	-660	87,0	89,6	92,4	95,3	98,4	101,8	105,3
Kumul. cash flow	-660	-573	-483	-391	-296	-197	-95	10

⁵⁸ *Technická zařízení budov* [online], <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>, [2013-03-02].

Tabulka 11 - Bytový dům - Výpočet návratnosti - Varianta 2 - TČ voda / voda

Položka (tis. Kč)	Rok							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Čisté provoz. úspory		139,0	111,2	113,7	117,2	121,1	125,2	129,5
Příjmy celkem		139,0	111,2	113,7	117,2	121,1	125,2	129,5
Investiční náklady	682							
Provozní náklady		10,0	10,3	10,6	11,0	11,3	11,7	12,1
Čistý peněžní tok	-682	129,0	100,9	103,1	106,3	109,8	113,5	117,4
Kumul. cash flow	-682	-553	-452	-349	-243	-133	-20	98

Doba návratnosti obou variant je 7 let, ale jak můžeme vyčíst z výpočtů, investice do první varianty bude splacena o několik měsíců dříve. I přes vyšší náklady na údržbu vodního výměníku a filtru je investice do tepelného čerpadla voda / voda efektivnějším řešením. Do budoucna přinese investorům mnohem větší celkové úspory. Z důvodu problematického získávání velkého množství vody s vyšší teplotou (cca 10°C) tato velká výhodnost není častým jevem. V následující kapitole uvedu příklad, na kterém dokážu, že není pravidlem fakt, že je efektivnější investice do tepelného čerpadla voda / voda než do tepelného čerpadla vzduch / voda.

Obecně instalace tepelných čerpadel voda / voda není velmi častá, jelikož je spojena s náročnou administrativou a vhodných lokalit pro jejich instalaci je velmi málo.

8 Rodinná vila

Jako poslední příklad uvedu instalaci tepelných čerpadel v rodinné vile v Olomouci. Nový majitel se rozhodl udělat kompletní rekonstrukci historické vily, která delší dobu chátrá.

8.1 Současný stav

Starší dvoupatrová vila je před začátkem kompletní rekonstrukce. Součástí bude výměna oken, rekonstrukce interiéru, vzduchotechniky, elektroinstalace, rozvodů, fasády a zahrady. Dům s obytnou plochou 200 m² byl původně vytápěn elektrokotlem s výkonem 18 kW a radiátory, pro přípravu TUV sloužil bojler. V domě bude bydlet

čtyřčlenná rodina a předpokládá se průměrná denní spotřeba vody $0,1 \text{ m}^3$. Podle energetického auditu bude po kompletní rekonstrukci tepelná ztráta objektu 8 kW . Majitel domu požaduje vytápět všechny prostory domu s průměrnou tepelnou pohodou 22°C . V následující tabulce najdete výpočet pro vytápění a ohřev vody dle výše uvedených skutečností.

Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Lokalita (Tabulka) $t_{em} = 12^\circ\text{C}$ $t_{em} = 13^\circ\text{C}$ $t_{em} = 15^\circ\text{C}$???

Město: Olomouc Délka topného období: $d = 231$ [dny]

Venkovní výpočtová teplota $t_e = -15$ $^\circ\text{C}$ Prům. teplota během otopného období $t_{es} = 3,8$ $^\circ\text{C}$

Vytápění

Tepelná ztráta objektu $Q_c = 8$ kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} = 22$ $^\circ\text{C}$???

Vytápěcí denostupně
 $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 4204$ K.dny

Opravné součinitele a účinnosti systému

$e_i = 0,85$??? $\eta_o = 0,95$???

$e_t = 0,90$??? $\eta_r = 0,95$???

$e_d = 1,00$???

Opravný součinitel ϵ ???

$\epsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0,765$

$\epsilon = 0,765$

$Q_{VYT,r} = \frac{\epsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$

$Q_{VYT,r} = \langle \begin{matrix} 66,6 \text{ GJ/rok} \\ 18,5 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \rangle$ **Náklady**

Ohřev teplé vody

$t_1 = 10$ $^\circ\text{C}$??? $\rho = 1000$ kg/m^3 ???

$t_2 = 55$ $^\circ\text{C}$??? $c = 4186$ J/kgK ???

$V_{2p} = 0,1$ m^3/den ???

Koeficient energetických ztrát systému $z = 0,5$???

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 7,8$ kWh

Teplota studené vody v létě $t_{svl} = 15$ $^\circ\text{C}$

Teplota studené vody v zimě $t_{svz} = 5$ $^\circ\text{C}$

Počet pracovních dní soustavy v roce $N = 365$ [dny]

$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$

$Q_{TUV,r} = \langle \begin{matrix} 9 \text{ GJ/rok} \\ 2,5 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \rangle$ **Náklady**

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \langle \begin{matrix} 75,5 \text{ GJ/rok} \\ 21 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \rangle$ **Náklady**

Obrázek 12 - Potřeba tepla pro vytápění a ohřev vody⁵⁹

Vytápění	18,5 MWh / rok
Ohřev TUV ($0,1 \text{ m}^3$)	2,5 MWh / rok
Potřeba tepla celkem	21,0 MWh / rok

⁵⁹ *Technická zařízení budov* [online], <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>, [2013-03-03].

Spotřeba tepla: 75.5 GJ = 21 MWh					
Elektřina přímotop <small>ceny a tarifů ???</small> D45d jistič nad 3x25 A do 3x32 A	525,14 Kč/měsíc + NT: 2,74841 /kWh	Elektrokotel (95%)	3,19	22076 kWh	66975,-

Obrázek 13 - Výpočet ročních nákladů - Elektrokotel⁶⁰

Nyní vypočítáme provozní náklady na vytápění v případě, že by po celkové rekonstrukci byl zachován původní elektrokotel s bojlerem na teplou vodu. V předcházející tabulce naleznete výpočet ročních nákladů ve výši 66 975 Kč.

8.2 Návrhy opatření

Majitel domu se vzhledem k trvalému růst cen energií rozhodl zvolit k vytápění domu a přípravě TUV tepelné čerpadlo. Hlavním důvodem je sice ekonomická výhodnost, ale také fakt, že se jedná o uživatelsky příjemné a ekologicky šetrné vytápění. Tepelná ztráta domu je stanovena na 8 kW a průměrná denní spotřeba vody na 0,1 m³.

Dům se nachází na velkém pozemku (1500 m²) a zahradu čeká rozsáhlá rekonstrukce. Jako první variantu navrhuji instalaci tepelného čerpadla země / voda s horizontálními kolektory v hloubce 1,5 m. Tepelné čerpadlo dimenzuji na 100 % tepelné ztráty, tedy na 8 kW. Horizontální kolektory budou umístěny 1 m od sebe na rozloze 810 m². Vypracovaný hydrogeologický posudek uvádí, že v blízkosti domu je dostatek podzemní vody, a proto druhou variantou je instalace tepelného čerpadla voda / voda s výkonem 8 kW se zdrojovou a vsakovací studnou. Poslední a nejméně náročné řešení je instalace tepelného čerpadla vzduch / voda. Vzhledem k velmi nízké spotřebě TUV mohu systém nadimenzovat na 200 % tepelné ztráty $2 \times 8 \text{ kW} = 16 \text{ kW}$ pro dostačující výkon i v extrémních mrazech. Vzhledem k tomu, že dojde k rozsáhlé rekonstrukci podlah v celém domě, navrhuji odstranit staré radiátory a instalovat podlahové topení.

⁶⁰ *Technická zařízení budov* [online], http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva?energie_gj=75.5, [2013-03-03].

8.3 Cenová kalkulace investice

V první a druhé variantě je nutné uvést v kalkulaci zemní práce spojené s výstavbou zdrojové a vsakovací studny a položení horizontálních kolektorů. Přesto, že podlahové topení je součástí soustavy, nebude oceněno v kalkulaci, jelikož budu hodnotit pouze zdroj tepla a TUV.

Tabulka 12 - Rodinná vila - Varianta 1⁶¹

1. Cenová kalkulace tepelné čerpadlo voda / voda			
Popis	ks	cena	celkem
TČ HotJet 9W 9,8 kW	1	110 000 Kč	110 000 Kč
bojler OKC 100 NTRR/SOL 100 litrů	1	15 000 Kč	15 000 Kč
ponorné čerpadlo	1	28 800 Kč	28 800 Kč
studna zdrojová	1	30 000 Kč	30 000 Kč
studna vsakovací	1	45 000 Kč	45 000 Kč
montáž, spojovací potrubí, materiál, TUV	1	8 000 Kč	8 000 Kč
měď spojovacího potrubí - metry	25	470 Kč	11 750 Kč
elektro, chladiivo	1	4 000 Kč	4 000 Kč
stavební práce	1	3 000 Kč	3 000 Kč
doprava, administrativa	1	4 000 Kč	4 000 Kč
		celkem:	259 550 Kč

Tabulka 13 - Rodinná vila - Varianta 2⁶²

2. Cenová kalkulace tepelné čerpadlo země / voda			
popis	ks	cena	celkem
TČ HotJet 12W 10,0 kW	1	117 500 Kč	131 300 Kč
bojler OKC 100 NTRR/SOL 100 litrů	1	15 000 Kč	15 000 Kč
sběrač / rozdělovač	1	14 800 Kč	14 800 Kč
oběhové čerpadlo primáru	1	17 800 Kč	17 800 Kč
výkopové práce, kolektory	1	48 800 Kč	48 800 Kč
montáž, spojovací potrubí, materiál, TUV	1	30 000 Kč	30 000 Kč
měď spojovacího potrubí - metry	25	470 Kč	11 750 Kč
elektro, chladiivo	1	7 000 Kč	7 000 Kč
stavební práce	1	3 000 Kč	3 000 Kč
doprava, administrativa	1	6 000 Kč	6 000 Kč
		celkem:	271 650 Kč

⁶¹ Zdroj: vlastní zpracování hodnot z interních materiálů firmy TD metal s.r.o.

⁶² Tentýž.

Tabulka 14 - Rodinná vila - Varianta 3⁶³

3. Cenová kalkulace tepelné čerpadlo vzduch / voda				
popis	ks	cena	celkem	
TČ GREE GRS-S16/Na-M 17,6 kW	1	155 900 Kč	155 900 Kč	
bojler OKC 100 NTRR/SOL 100 litrů	1	15 000 Kč	15 000 Kč	
montáž, spojovací potrubí, materiál, TUV	1	8 000 Kč	8 000 Kč	
měď spojovacího potrubí - metry	25	470 Kč	11 750 Kč	
elektro, chladiivo	1	4 000 Kč	4 000 Kč	
stavební práce	1	3 000 Kč	3 000 Kč	
doprava, administrativa	1	4 000 Kč	4 000 Kč	
celkem:			201 650 Kč	

Z cenových kalkulací vychází, že investiční náklady na tepelné čerpadlo vzduch / voda jsou mnohem nižší než investiční náklady na instalaci tepelného čerpadla voda / voda nebo země / voda. Tento rozdíl je způsoben vysokou cenou rozsáhlých zemních prací spojených s instalací těchto typů tepelných čerpadel. Investiční náklady instalace tepelného čerpadla voda / voda a země / voda jsou téměř stejné.

8.4 Ekonomické vyhodnocení investice

Stejně jako v předchozích dvou případech vypočítáme pomocí on-line kalkulačky provozní náklady na vytápění a výrobu TUV tepelným čerpadlem voda / voda, země / voda a vzduch / voda. Tyto provozní náklady srovnám s provozními náklady původního zdroje tepla, tj. elektrokotle.

Varianta 1 - Tepelné čerpadlo voda / voda

Náklady celkem po realizaci opatření	13 767 Kč bez DPH
Náklady celkem před realizací opatření	66 975 Kč bez DPH

Úspora v Kč / rok celkem 53 208 Kč bez DPH

Varianta 2 - Tepelné čerpadlo země / voda

Náklady celkem po realizaci opatření	18 239 Kč bez DPH
Náklady celkem před realizací opatření	66 975 Kč bez DPH

Úspora v Kč / rok celkem 48 736 Kč bez DPH

⁶³ Zdroj: vlastní zpracování hodnot z interních materiálů firmy TD metal s.r.o.

Varianta 3 - Tepelné čerpadlo vzduch / voda

Náklady celkem po realizaci opatření	19 787 Kč bez DPH
Náklady celkem před realizací opatření	66 975 Kč bez DPH

Úspora v Kč / rok celkem **47 188 Kč bez DPH**

Podle celkových ročních nákladů před realizací a po realizaci opatření jsem vypočítala, že roční úspora v procentech pro tepelné čerpadlo voda / voda je 80 %, pro země / voda 72 % a pro tepelné čerpadlo vzduch / voda 70 %.

Z následujících tabulek vyplývá, že návratnost investice do instalace tepelného čerpadla vzduch / voda je 5 let. Je to nejvýhodnější investice z hlediska návratnosti. Investice do instalace tepelného čerpadla voda / voda je 8 let a návratnost je prodloužena zejména vysokými provozními náklady, které jsou spojeny s údržbou výměníku a filtrů. Návratnost investice do tepelného čerpadla země / voda je 6 let.

Tabulka 15 - Rodinná vila - Výpočet návratnosti - Varianta 1 - TČ voda / voda

Položka (tis. Kč)	Rok								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Čisté provoz. úspory		53,0	54,6	56,3	58,1	60,0	62,0	64,2	66,5
Příjmy celkem		53,0	54,6	56,3	58,1	60,0	62,0	64,2	66,5
Investiční náklady	259								
Provozní náklady		20,0	20,6	21,2	21,9	22,6	23,4	24,2	25,1
Čistý peněžní tok	-259	33,0	34,0	35,0	36,2	37,3	38,6	39,9	41,4
Kumul. cash flow	-259	-226	-192	-157	-121	-83	-45	-5	36

Tabulka 16 - Rodinná vila - Výpočet návratnosti - Varianta 2 - TČ země / voda

Položka (tis. Kč)	Rok						
	0	1	2	3	4	5	6
Čisté provoz. úspory		49,0	54,5	56,3	58,1	60,0	62,0
Příjmy celkem		49,0	54,5	56,3	58,1	60,0	62,0
Investiční náklady	271						
Provozní náklady		10,0	10,3	10,6	11,0	11,3	11,7
Čistý peněžní tok	-271	39,0	44,2	45,7	47,1	48,7	50,3
Kumul. cash flow	-271	-232	-188	-142	-95	-46	4

Tabulka 17 - Rodinná vila - Výpočet návratnosti - Varianta 3 -TČ vzduch / voda

Položka (tis. Kč)	Rok					
	0	1	2	3	4	5
Čisté prov. úspory		47,0	54,4	56,3	58,1	60,0
Příjmy celkem		47,0	54,4	56,3	58,1	60,0
Investiční náklady	201					
Provozní náklady		10,0	10,3	10,6	11,0	11,3
Čistý peněžní tok	-201	37,0	44,1	45,6	47,1	48,7
Kumul. cash flow	-201	-164	-120	-74	-27	22

9 Diskuse

Výše ročních úspor záleží na topném faktoru tepelného čerpadla a na druhu primárního zdroje tepla. V osmé kapitole v obrázku č. 8 naleznete srovnání nákladů na vytápění a TUV podle druhu paliva. Například pokud by v hale sportovního klubu byl původní zdroj tepla elektrokotel místo kotle na LTO (úspora 50 %), byla by úspora 60 % až 70 %. V následující tabulce uvádím souhrn všech úspor z předchozích kapitol v procentech. Celkové roční úspory se pohybují v rozmezí 50 % až 80 %, kde nejvyšší úsporu přináší tepelné čerpadlo voda / voda, kde je důvodem vysoký topný faktor tohoto systému.

Tabulka 18 - Shrnutí úspor ročních provozních nákladů investice

Zdroj	Hala	Klubovna	Klubovna
Původní:	Lehký topný olej	Elektrokotel	Elektrokotel
Nový:	TČ vzduch / vzduch	TČ vzduch / voda	TČ země / voda
Procenta:	50 %	68 %	72 %

Zdroj	Bytový dům	Bytový dům	Rodinná vila
Původní:	Centrální zásobování	Centrální zásobování	Elektrokotel
Nový:	TČ vzduch / voda	TČ voda / voda	TČ země / voda
Procenta:	52 %	68 %	72 %

Zdroj	Rodinná vila	Rodinná vila
Původní:	Elektrokotel	Elektrokotel
Nový:	TČ voda / voda	TČ vzduch / voda
Procenta:	80 %	70 %

Tepelné čerpadlo vzduch / vzduch se nevyužívá velmi často k vytápění budov ze dvou důvodů. Pomocí tohoto systému nelze ohřívat TUV a také nedává pocitovou

pohodu domácího vytápění. Používá se spíše ke komerčnímu vytápění. Vzhledem k těmto faktům nebudu porovnávat úspory a topný faktor s ostatními čerpadly. Pod pojmem tepelné čerpadlo vzduch / vzduch se „schovává“ zařízení známé jako klimatizace a výhodou je tedy možnost chlazení v letním období. Ve sportovním klubu je tedy možné tepelné čerpadlo vzduch / vzduch využít k chlazení v letních dnech.

Tepelné čerpadlo voda / voda má nejlepší topný faktor a přináší až 80 % úspory. Přesto je jeho instalace velmi sporadická. Zejména instalace kolektorů do jezer a řek je téměř raritou, vzhledem k náročné administrativě (hydrogeologický posudek) a získání souhlasů správce vodohospodářství je skoro nemožné. Investiční náklady jsou srovnatelné s náklady instalace tepelného čerpadla země / voda (horizontální kolektory). Provozní a servisní náklady jsou mnohem vyšší než u ostatních tepelných čerpadel (výměna filtrů a čištění výměníků).

Investice do tepelného čerpadla země / voda s horizontálními kolektory je srovnatelná s investicí do tepelného čerpadla voda / voda. Důležité je si uvědomit, že v případě poruchy kolektorů umístěných například na zahradě, jsou servisní náklady vysoké. Pořízení tepelného čerpadla země / voda s hloubkovými vrty je finančně nejnáročnější investice a je nutné vypracování geologického posudku. Hned po tepelném čerpadle voda / voda přináší nejvyšší úspory. V rodinné vile a bytovém domě dochází až k 72 % úsporám oproti původnímu zdroji.

Nejméně náročná je instalace tepelného čerpadla vzduch / voda. Nejsou potřeba zemní práce a servisní náklady jsou vzhledem k ostatním systémům nejméně nákladné. Investiční náklady tepelného čerpadla vzduch / voda jsou nejnižší vzhledem k ostatním čerpadlům. Tento systém má ale nejnižší topný faktor a úspory se pohybují okolo 68 %, pokud původním zdrojem tepla je elektrokotel.

Nyní srovnám návratnost investic. Ve všech případech jsem použila metodu payback neboli metodu doby úhrady, jelikož ji považuji za nejvhodnější pro moje vyhodnocení. V následující tabulce naleznete výsledky návratností jednotlivých investic.

Tabulka 19 - Shrnutí návratností investic

	Sportovní klub	Sportovní klub
Původní zdroj:	LTO + elektrokotel	LTO + elektrokotel
Nový zdroj:	TČ země / voda	TČ vzduch / voda
Návratnost	5 let	4 roky
Investiční náklady	1 690 tis.	1 291 tis.

	Bytový dům	Bytový dům
Původní zdroj:	Centrální zásobování	Centrální zásobování
Nový zdroj:	TČ vzduch / voda	TČ voda / voda
Návratnost	7 let	7 let
Investiční náklady	682 tis.	660 tis.

	Rodinná vila	Rodinná vila	Rodinná vila
Původní zdroj:	Elektrokotel	Elektrokotel	Elektrokotel
Nový zdroj:	TČ voda / voda	TČ vzduch / voda	TČ země / voda
Návratnost:	8 let	5 let	6 let
Investiční náklady	259 tis.	201 tis	271 tis.

Životnost tepelných čerpadel je 15 až 25 let, ale lze ji prodloužit výměnou kompresoru. U každé investice musí být životnost zařízení delší než doba návratnosti. Návratnost ovlivňuje výše investičních nákladů, provozních a servisních nákladů, inflace, diskontní sazba a výše úspor. Při výpočtech návratnosti investic jsem počítala s inflací a s ročními náklady na údržbu a servis tepelných čerpadel. Diskontní sazbu jsem nepočítala, jelikož v konkrétních případech není zadáno budoucí financování těchto investic. Doba návratnosti investice do tepelného čerpadla vzduch / voda je ve všech případech nejkratší. Důvodem jsou nejnižší investiční a servisní náklady. Z tabulky vychází, že doba návratnosti investice do tepelných čerpadel se pohybuje v rozmezí 3 až 8 let. Považuji za důležité zmínit, že investiční náklady se mohou lišit podle volby výrobce tepelných čerpadel.

Tepelné čerpadlo voda / voda a země / voda díky vysokému topnému faktoru přináší větší úspory než tepelné čerpadlo vzduch / voda, ale investor musí počítat s určitými riziky, která jsem uvedla výše. Dle mého názoru je proto mnohem efektivnější investovat do tepelného čerpadla vzduch / voda a eliminovat možná rizika.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce je ekonomické zhodnocení investic do tepelného čerpadla pomocí ekonomických nástrojů hodnocení investic a úspor. Tento cíl jsem splnila ve dvou krocích v praktické části. Nejprve jsem zvolila typ a výkon tepelného čerpadla a následně vyhodnotila pomocí ekonomických nástrojů investiční a provozní náklady jednotlivých tepelných čerpadel. Výsledkem vyhodnocení je shrnutí úspor a návratností jednotlivých investic.

Při volbě výkonu a typu tepelného čerpadla záleží na mnoha okolnostech. Musíme znát tepelnou ztrátu budovy, zda budeme ohřívat TUV nebo vodu v bazénu. Je důležité, aby tepelná čerpadla byla dobře dimenzována. V případě, že je systém poddimenzovaný, dochází k jeho zatěžování a zkracování životnosti. U tepelných čerpadel země / voda a voda / voda musíme brát na zřetel lokalitu, ve které je budova postavena. Důležitá je také venkovní teplota lokality, zejména u tepelných čerpadel vzduch / voda, kde by mohlo dojít k „zamrzání“ venkovní jednotky a v důsledku toho by tepelné čerpadlo nedodávalo dostatečný výkon. Každý zájemce o vytápění pomocí tepelného čerpadla by měl zvážit všechny možnosti lokality.

Po výběru vhodného typu a výkonu tepelného čerpadla následuje vyhodnocení investičních a provozních nákladů. Každý typ systému má určité vlastnosti a rizika, která je nutno akceptovat a kalkulovat s nimi. Jako příklad mohu uvést časté znečištění vodních filtrů u tepelných čerpadel voda / voda, vysoké výdaje za zemní práce v případě poškození zemních kolektorů nebo poddimenzování tepelného čerpadla s následkem poškození kompresoru. Vhodnými nástroji jsou metody hodnocení efektivnosti investic, které jsem uvedla v teoretické části. V praktické části jsem využila metodu doby úhrady, neboli metodu payback.

Využití tepelného čerpadla k vytápění, výrobě TUV nebo ohřívání bazénu je v dnešní době velký trend. Je mnoho dotačních programů, které podporují instalaci ekologických tepelných čerpadel místo kotlů na pelety, elektrokotlů, plynových kotlů a dalších neefektivních a neekologických zdrojů tepla. Investoři mohou využít k financování dotační programy Zelená úsporám a programy pro rozvoj v podnikání programu CzechInvest. Nevýhodou těchto programů je náročná administrativa (časově i finančně). V případě, že investor nezíská dotace, může využít základní hypoteční úvěr. Délka úvěru je délka doby návratnosti investice, kdy měsíční splátky jsou měsíční

úspory vzniklé investicí. Dalším způsobem financování je metoda EPC, kterou jsem zmínila v teoretické části této práce. Předpokládám, že s rostoucí cenou paliv a energií v kombinaci s dotačními programy můžeme očekávat další „vlnu“ zájmu o tepelná čerpadla.

ANOTACE

Příjmení a jméno autora:	Eliška Tavlaridu
Instituce:	Moravská vysoká škola Olomouc
Název práce v českém jazyce:	Ekonomické zhodnocení investice do energeticky úsporného opatření využívajícího tepelné čerpadlo
Název práce v anglickém jazyce:	The Economic Evaluation of Investments in Energy Efficiency Measures Based on a Heat Pump
Vedoucí práce:	Ing. Ladislav Chmela
Počet stran:	60
Rok obhajoby:	2013
Klíčová slova v českém jazyce:	tepelné čerpadlo, investice, efektivnost, investiční rozhodování, financování, EPC, dotace, EVA.
Klíčová slova v anglickém jazyce:	heat pump, investment, efficiency, investment decision, financing, EPC, subsidies, EVA.

Cílem mé bakalářské práce je ekonomické zhodnocení investic do tepelného čerpadla pomocí ekonomických nástrojů hodnocení investic a úspor. Součástí práce je popis technologií všech typů tepelných čerpadel a případové studie různých sestav na stejné budově a jednotlivé sestavy na vybraných typech budov, tj. sportovní klub, bytový dům a rodinná vila. Poslední část je shrnutí úspor, kladů, záporů, návratnosti a doporučení konkrétní sestavy tepelného čerpadla na konkrétní objekt.

The aim of my thesis is the economic evaluation on investment in heat pump using economic evaluation models of investments and savings. Part of the thesis is a discussion of the technologies, all types of heat pumps and case studies of different

assembly device on the same building and individual assembly on selected types of buildings, i.e. sport club, residential house and villa. The final part of the thesis is the summary of savings, negatives, positives and feasibility and recommendations of specific heat pump to a particular object

LITERATURA A PRAMENY

Knižní publikace:

- DOLEŽAL, J., MÁCHAL, P., LACKO, B. a kol., *Projektový management podle IPMA*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2848-3.
- FOTR, J. a SOUČEK, I. *Investiční rozhodování a řízení projektů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010. 416 s. ISBN 978-80-247-3293-0.
- KARLÍK, R. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. 112 s. ISBN 978-80-247-2720-2.
- SYNEK, M. a kol. *Manažerská ekonomika*. 4. aktualizované a rozšířené vyd. Praha: Grada, 2007. 464 s. ISBN 978-80-247-1992-4.
- TRUXA, J. a SRDEČNÝ, K. *Tepelná čerpadla*. 2. aktualizované vyd. Brno: ERA, 2007. 65 s. ISBN 978-80-7366-089-5.
- VALACH, J. a kol. *Investiční rozhodování a dlouhodobé financování*. Praha: VŠE, 2000. ISBN 80-7079-520-4.

Internetové zdroje:

- Technická zařízení budov* [online]. Topinfo. [cit. 2012-10-11]. Dostupné na WWW: <www.tzb-info.cz>. ISSN 1801-4399.
- Zelená úsporám* [online]. Ministerstvo životního prostředí. [cit. 2012-10-11]. Dostupné na WWW: <www.zelenausporam.cz>.
- Olterm & TD Olomouc, a.s.* [online]. [cit. 2013-03-03]. Dostupné na WWW: <www.olterm.cz>.

Další zdroje:

- Česká technická norma ČSN EN 12831:2005, Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu.
- Dokumentace firmy TD metal s.r.o. (dovozce tepelných čerpadel GREE)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Energetický štítek.....	10
Obrázek 2 - Magický trojúhelník.....	15
Obrázek 3 - Princip tepelného čerpadla.....	23
Obrázek 4 - Horizontální a vertikální kolektory.....	24
Obrázek 5 - Venkovní jednotka tepelného čerpadla Versati	26
Obrázek 6 - Tepelné čerpadlo voda / voda	27
Obrázek 7 - Nástěnná klimatizace	28
Obrázek 8 - Náklady na vytápění	30
Obrázek 9 - Potřeba tepla pro vytápění a ohřev vody.....	34
Obrázek 10 - Výpočet ročních nákladů haly (tepelné čerpadlo vzduch / vzduch)	38
Obrázek 11 - Potřeba tepla pro vytápění a ohřev vody.....	40
Obrázek 12 - Potřeba tepla pro vytápění a ohřev vody.....	45
Obrázek 13 - Výpočet roční nákladu - Elektrokotel	46

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Payback - Peněžní tok projektu	18
Tabulka 2 - Metoda NPV - Peněžní tok projektu	20
Tabulka 3 - Porovnání investičních a provozních nákladů.....	31
Tabulka 4 - Tenisový klub - Varianta 1	36
Tabulka 5 - Tenisový klub - Varianta 2	37
Tabulka 6 - Sportovní klub - Výpočet návratnosti - Varianta 1 - TČ země / voda.....	38
Tabulka 7 - Sportovní klub - Výpočet návratnosti - Varianta 2 - TČ vzduch / voda	39
Tabulka 8 - Bytový dům - Varianta 1	42
Tabulka 9 - Bytový dům - Varianta 2	42
Tabulka 10 - Bytový dům - Výpočet návratnosti - Varianta 1 - TČ vzduch / voda	43
Tabulka 11 - Bytový dům - Výpočet návratnosti - Varianta 2 - TČ voda / voda	44
Tabulka 12 - Rodinná vila - Varianta 1	47
Tabulka 13 - Rodinná vila - Varianta 2	47
Tabulka 14 - Rodinná vila - Varianta 3	48
Tabulka 15 - Rodinná vila - Výpočet návratnosti - Varianta 1 - TČ voda / voda.....	49
Tabulka 16 - Rodinná vila - Výpočet návratnosti - Varianta 2 - TČ země / voda.....	49
Tabulka 17 - Rodinná vila - Výpočet návratnosti - Varianta 3 -TČ vzduch / voda.....	50
Tabulka 18 - Shrnutí úspor ročních provozních nákladů investice	50
Tabulka 19 - Shrnutí návratností investic	52

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Graf peněžních toků	18
Graf 2 - Porovnání investičních a provozních nákladů.....	32