



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

ALTERNATIVNÍ ZDROJE ENERGIE PRO RODINNÝ DŮM

ALTERNATIVE ENERGY SOURCES FOR FAMILY HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RADEK STACHA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. ET ING. JAN ŠKVAŘIL

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Radek Stacha

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

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

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

Alternativní zdroje energie pro rodinný dům

v anglickém jazyce:

Alternative energy sources for family house

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Náplní práce jsou alternativního energetické zdroje a jejich využití pro pokrytí energetické spotřeby rodinného domu.

Cíle bakalářské práce:

1. Proved'te rešerši alternativních energetických zdrojů použitelných pro rodinný dům.
2. Uved'te konkrétní případ využití těchto zdrojů u rodinného domu včetně stručné technické a ekonomické charakteristiky.

Seznam odborné literatury:

Barney L. Capehart. Encyclopedia of energy engineering and technology. Boca Raton: Taylor & Francis, Inc., 2007. ISBN 978-0-8493-3653-9

TZB-info. [online] dostupný na www: (<http://www.tzb-info.cz>)

Beranovský, Jiří; Truxa, Jan. Alternativní zdroje energie pro váš dům. 2. vyd. Brno: EkoWATT: ERA, 2004. 125 s. ISBN 80-86517-89-6

Brož, Karel; Šourek, Bořivoj. Alternativní zdroje energie. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. 213s. ISBN 80-01-02802-X

Vedoucí bakalářské práce: Ing. et Ing. Jan Škvařil

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 22.10.2009

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt:

Bakalářská práce je zaměřena na alternativní zdroje energie pro rodinný dům a jejich zhodnocení. V úvodní části je zaměřena na obecný pohled týkající se alternativních zdrojů energie a konkretizuje dům, pro který bude provedeno zhodnocení jednotlivých zdrojů. V dalších kapitolách jsou rozebírány jednotlivé druhy obnovitelných zdrojů, pro které bude v závěru každé části také provedeno jejich dílčí zhodnocení vůči danému domu. V závěru práce je vypracováno zhodnocení nákladů vybraných typů alternativních energie ke zdrojům obvykle používaným.

Abstract:

Bachelor thesis is focused on alternative sources of energy for the house and their evaluation. The first part focuses on the general view on alternative energy sources and making explicit the house of each resource of which the assessment is undertaken. The next chapters are focused on each types of renewables for which will be the conclusion in the end of each section for the assessment of a given house. The conclusion is evaluated for the selected type of alternative energy resources towards normally used ones.

Klíčová slova:

Větrná energie, biomasa, geotermální energie, solární energie, fotovoltaika, fototermika, vodní energie, investiční náklady, zhodnocení.

Key words:

Wind energy, biomass, geothermal energy, solar energy, photovoltaics, solar collectors, water energy, investment costs, evaluation.

STACHA, R. *Alternativní zdroje energie pro rodinný dům*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 55 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. et Ing. Jan Škvařil.

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Alternativní zdroje energie pro rodinný dům vypracoval samostatně, pod vedením Ing et. Ing Jana Škvařila. Vycházel jsem ze svých znalostí a odborných konzultací a z použitých pramenů a literatury uvedené v bibliografii.

V Brně dne 28. května 2010

Autor

Poděkování:

Zde bych velmi rád chtěl mnohokrát poděkovat vedoucímu mé závěrečné práce panu Ing et. Ing Janu Škvařilovi za čas, ochotu, připomínky a konzultace, které mé práci věnoval. Poděkovat bych chtěl dále mé rodině a všem blízkým za podporu.

Obsah

Úvod.....	12
1 Větrná energie.....	14
1.1 Princip větrné elektrárny.....	14
1.2 Schéma větrné elektrárny	15
1.3 Regulace větrné elektrárny	16
1.4 Vítr.....	17
1.5 Lokality	17
1.6 Větrné elektrárny a životní prostředí	18
1.7 Zhodnocení.....	18
2 Biomasa.....	20
2.1 Potenciál biomasy.....	20
2.2 Biomasa jako palivo.....	21
2.3 Rozdělení zpracování biomasy:.....	21
2.4 Princip spalování fytomasy.....	22
2.5 Spalovací zařízení.....	24
2.6 Využití v podmínkách ČR.....	24
2.7 Zhodnocení.....	25
3 Geotermální energie	26
3.1 Potenciál čerpání geotermální energie	26
3.2 Systémy teplených čerpadel.....	26
3.3 Zdroje tepla a využití.....	27
3.3.1 Země.....	27
3.3.2 Vzduch	27
3.3.3 Voda	28
3.4 Topný faktor.....	28
3.4.1 Optimální topný faktor.....	28
3.4.2 Reálný topný faktor.....	29
3.4.3 Provozní režimy.....	29
3.5 Zhodnocení.....	31
4 Solární energie	32
4.1 Lokality	32

4.2	Fotovoltaické kolektory	33
4.2.1	Princip fotovoltaického panelu.....	33
4.2.2	Umístění fotovoltaiky	35
4.3	Fototermické kolektory.....	35
4.3.1	Princip fototermického panelu	36
4.3.2	Umístění fototermiky	37
4.3.3	Zhodnocení.....	38
5	Vodní energie.....	39
5.1	Lokality	39
5.2	Princip chodu vodní elektrárny	39
5.3	Zhodnocení.....	40
6	Celkové zhodnocení obnovitelných zdrojů pro rodinný dům.....	41
6.1	Naměřené hodnoty tepelné ztráty objektu	42
6.2	Vyběr typu a určení počátečních investic do zdrojů	43
6.3	Provozní náklady.....	45
6.4	Výpočet investic do zdrojů tepelné energie.....	47
7	Závěr	50
8	Bibliografie	51
9	Seznam použitých tabulek.....	55
10	Seznam použitých ilustrací.....	55

Úvod

„Globální civilizace může uniknout pasti fosilních paliv ohrožujících život v případě razantního přechodu na obnovitelné zdroje. Tento přechod je změnou, která nemá od dob průmyslové revoluce obdoby. Ekonomická výhodnost výroby energie z fosilních a jaderných paliv je mýtus, který stojí na státem garantovaných privilegiích. Regionální zdroje OZE lze využívat efektivněji i ekonomičtěji.“ [1]

Alternativní zdroje energie, nebo také obnovitelné zdroje energie (dále jen OZE) jsou termíny, které označují formy energie. Nazývají se obnovitelné proto, že se neustále díky slunečnímu záření a dalším procesům obnovují a z hlediska lidské existence je možné je brát jako nevyčerpatelné. Většinu z nich tvoří Slunce a jaderné reakce v jeho nitru. Mezi dalšími zdroji je to soustava Země-Měsíc a geotermální energie samotné Země. Lidé danou energii čerpají ve formě slunečního záření, vodní energie, větrné energie, biomasy, geotermální energie, energie přílivu a dalších.

Je faktem, že zásoby fosilních paliv nejsou nevyčerpatelné a že extrémně rychlé vyčerpávání zásob fosilních paliv vede k nevratnému narušení přírody, např. díky zvyšování množství skleníkového plynu CO₂ v atmosféře, vedoucí k rapidnímu zhoršování životních podmínek. Všeobecně proto používání alternativní energie na místo fosilních paliv není žádný módní trend, který se za chvíli vytratí, ale je to nezbytná věc, pokud lidstvo chce nadále existovat v přijatelném životním prostředí.

Například Evropská unie si ve své energetické politice klade za cíl maximální využívání alternativních zdrojů a mezi její hlavní priority patří vytvoření místních energetických systémů a přednostní výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Je potřeba vytvářet energii v místě spotřeby, a to takovým způsobem, aby se co nejlépe využil jejich potenciál.

Pokud jde o míru využití OZE v ČR, pak podle serveru Tzb.info [2] byla hrubá výroba elektřiny 5,2 % (2008) a podíl na primárních energetických zdrojích 5 %, podíl na výrobě tepelné energie 7 %. Server se dále odvolává na MPO, kde se uvádí 6,8 % jako podíl OZE z konečné spotřeby el. Energie v ČR.

OZE pro rodinné domy jsou perspektivní. Majitel ušetří a má výhodu v tom, že dům, který má elektrickou energii ze Slunce a tepelnou energii z kotle na biomasu, bude fungovat, i v opuštěných místech bez jakékoliv možnosti napojení na elektrifikační síť či plynovod.

V České republice funguje řada dotací jako podpora využívání OZE. Na výběr jsou dvě varianty, jak uvádí server Wikipedie [3]. První variantou jsou výkupní ceny a druhou zelené bonusy. V prvním případě veškerou vyrobenou energii od investora skupuje distributor, který je povinen ji odebrat. Zelené bonusy jsou zde pro investory, kteří se rozhodnou spotřebovávat svou energii. Bonus se vztahuje na veškerou vyprodukovanou energii a nespotřebované zbytky může investor bez dané hranice prodávat distributorovi s tím, že se částka přičte k danému bonusu.

Tato práce bude konkretizována pro dům v lokalitě severní Moravy na souřadnicích N49.765006, E18.418306. Dům je orientován čelní stranou na jih a v jeho okolí je zástavba převážně rodinných domů



0-1 Satelitní pohled na vybraný dům pořízený v roce 2006 [49]

1 Větrná energie

Větrná energie je tvořena sluncem a jeho zářením. Energie větru [4] by se dala definovat jako horizontální složka proudění vzduchu tvořená skládáním ostatních složek, které jsou tvořeny tlakovými rozdíly. Tlakové rozdíly vznikají nerovnoměrným rozdělením slunečního tepla, protože rotační osa země je nakloněna o $23,5^\circ$, dochází tedy k tomu, že sluneční energie je absorbována různě na pólech a rovníku. Navíc místa na zemské kůře se ochlazují a ohřívají rychleji než oceán. To má za následek cirkulaci studeného a teplého vzduchu.

Větrná energie je jedna z nejvíce oplývajících energií na planetě, a toto místo si drží i v ČR. Chybí zde však jistá míra konzistence. Energie větru je dost přerušovaná, jelikož jak vítr, tak jeho směr se neustále mění. Je tedy nutné používat i speciální ukládání energie a regulaci produkce, aby se docílilo konstantní produkce do distribuční sítě.

Na tuto formu energie jsou používána různá převodní zařízení už od starověku (nejstarší větrné mlýny), které transformovaly pohyb větru na jiný pohyb (např. vodního čerpadla) nebo tlakovou energii, energii páry nebo elektrickou energii.



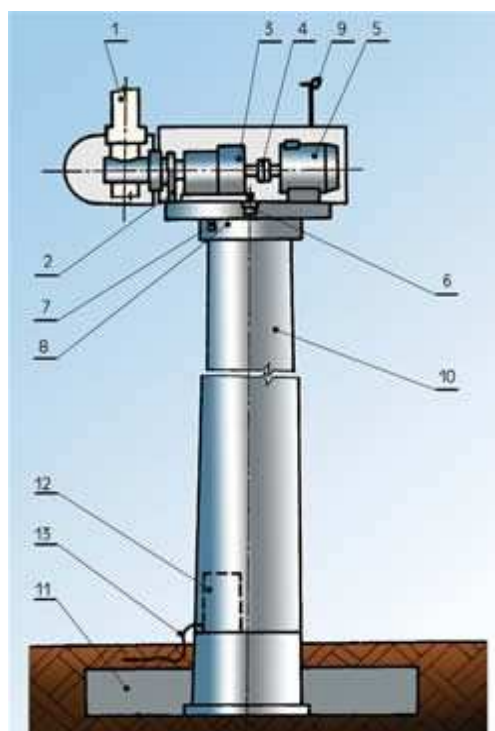
1-1 Situování větrné elektrárny v krajině

1.1 Princip větrné elektrárny

Princip Větrné elektrárny uvádí ve své knize Eric Hau [5]. Síly větru proudící kolem listů rotoru roztáčí rotor, který převádí kinetickou energii větru na rotační mechanickou energii, která vedoucí přes převodovku a v generátoru je převedena na energii elektrickou. Jsou i větrné elektrárny, které převodovku nemají, to záleží na kapacitě turbíny. Některé moderní elektrárny pro zvýšení výroby mají dva generátory popř. jeden s dvojitým vinutím. Při nízké rychlosti větru běží menší generátor, při vyšší rychlosti systém přepne na větší generátor. Rozběhová rychlost elektrárny se dvěma generátory se sníží ze 4 ms^{-1} na $2,5 \text{ ms}^{-1}$. Aby se však z rozběhové části elektrárny dostala do části výrobní, musí být rychlost vyšší než startovací.

1.2 Schéma větrné elektrárny

1. rotor s rotorovou hlavicí
2. brzda rotoru
3. planetová převodovka
4. spojka
5. generátor
6. servomotorický pohon natačení stroje
7. brzda točny stroje
8. ložisko točny stroje
9. čidla rychlosti a směru větru
10. několikadílná věž elektrárny
11. betonový armovaný základ elektrárny
12. elektrorozvaděče silnoproudého a řídicího obvodu
13. elektrická přípojka



1-2 Schéma větrné elektrárny [47]

Sathyajith [6] podrobněji uvádí rozdělení větrných elektráren dle polohy osy rotace a blíže seznamuje s regulací větrné elektrárny:

- **Větrné mlýny s vertikální osou rotace:**

Tyto elektrárny mohou pracovat na dvojím principu, vztakovém nebo odporovém. Výhoda vztakového principu spočívala v tom, že dokázaly zachytit vítr z jakéhokoli směru a dosahovaly větší rychlosti otáčení = větší účinnosti. Nevýhodou byla nutnost přídavného mechanismu pro start z mrtvé zóny, nebezpečí vysokých otáček, které by mohly systém poškodit velkým dynamickým zatěžováním a malá výška rotoru. Dnes se proto používají velmi zřídka.

- **Větrné mlýny s horizontální osou rotace:**

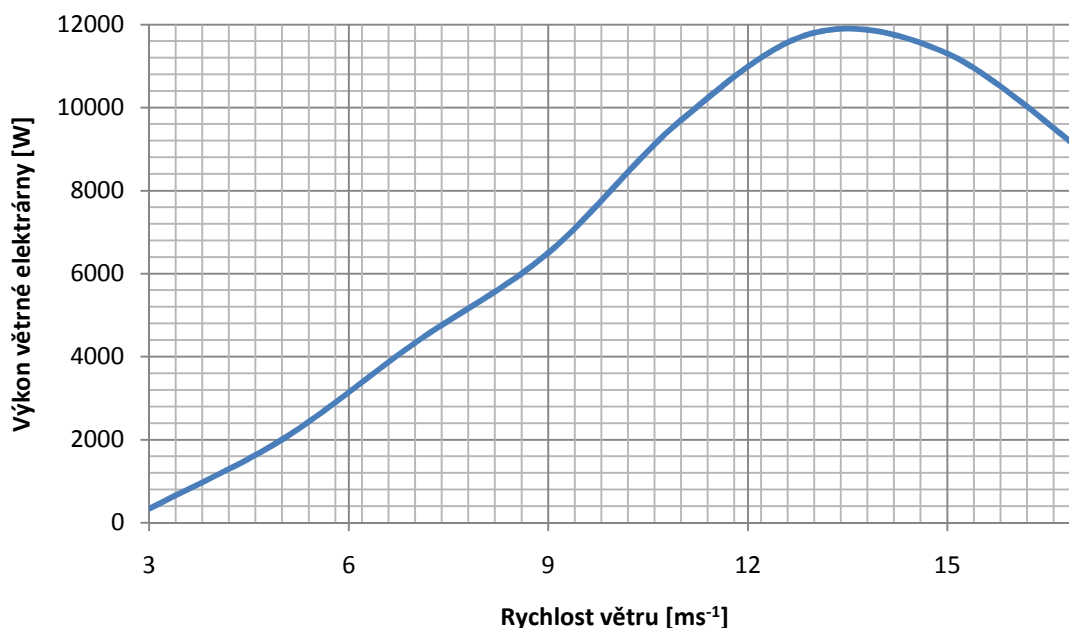
Tyto větrné elektrárny pracují na vztakovém principu. Lopatky vypadají jako letecké vrtule, které obtéká vítr. Na podobném principu pracovaly větrné mlýny. Moderní větrné elektrárny mají obvykle tři listy, platí totiž nepřímá závislost počtu listů na frekvenci otáčení.

1.3 Regulace větrné elektrárny

Větrné elektrárny svojí stavbou, a hlavně regulací, zamezující elektrickému a mechanickému poškození při přetížení větrné elektrárny, vždy odpovídají jiným parametrům větru, mají proto jiné výtěžnosti.

Ackerman [7] uvádí hlavní dva typy regulace, které jsou v závislosti výkonu na rychlosti větru.

- **Pasivní regulace** - Elektrárna má pevné listy rotoru, které jsou navrženy pro maximální účinnost v určité rychlosti větru. Výhodou je jednoduchost. Nevýhodou mechanické zatížení a velké výkyvy přívodu vytvořené elektrické energie.
- **Aktivní regulace** – Elektrárna má pohyblivé listy, které se natáčejí pro maximalizování výkonu, mají vyšší cenu, ale nepodléhají velkému mechanickému zatížení.



1-3 Příklad výkonové křivky větrné elektrárny [8]

Aby větrná energie byla bezpečným zdrojem energie, je potřeba řešit její skladování a regulaci výdeje.

- **Kapacitní faktor:**

Česenek [9] vysvětluje, že KF slouží k srovnání celkové roční produkce elektrické energie. Je to poměr aktuální produktivity za rok s jeho teoretickým maximem.

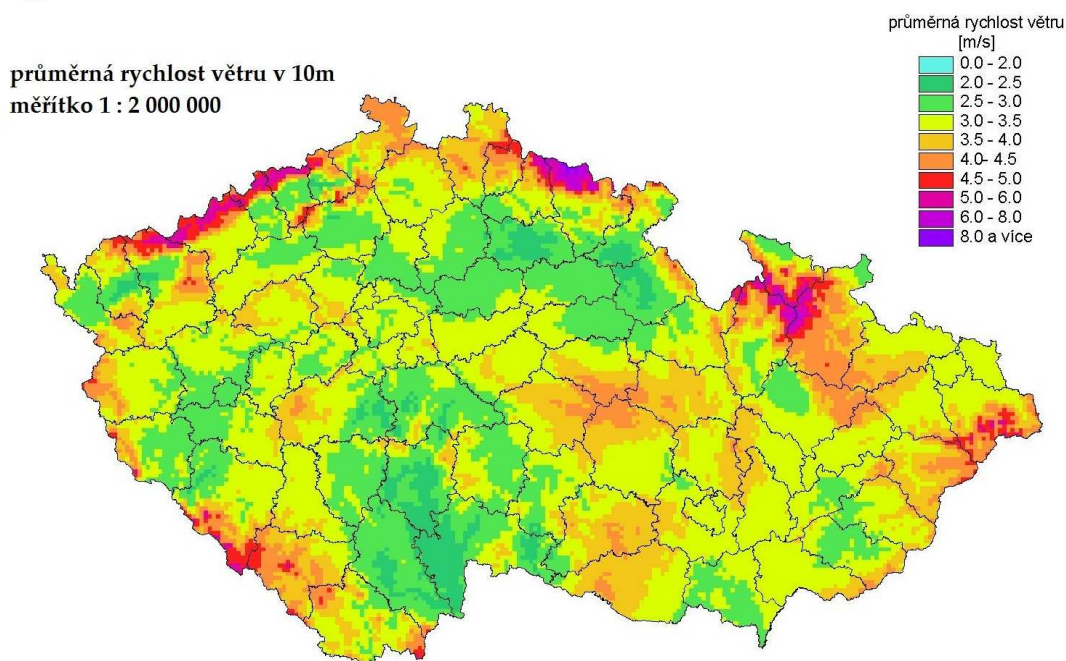
Když uvažíme fakt, že rychlost větru není nikdy konstantní, nemůžeme proto předpokládat, že roční produkce energie větrné farmy se bude shodovat s energií očekávanou za rok. Typické faktory se pohybují v ČR kolem 17 – 20 %. Nové větrné elektrárny mohou mít ve výhodných místech i 20 – 30 %.

1.4 Vítr

Rychlost větru je nejdůležitějším ukazatelem při využívání větrné energie. Sathyajith [6] udává, že rychlost větru se zvyšuje s rostoucí výškou nad zemským povrchem, jelikož poblíž zemského povrchu je ovlivňován třením a zpomalován. Ke tření dochází o stromy, budovy a podobné jiné objekty. Tento průběh je v praxi často aproximován mocninnou a logaritmickou funkcí. Proudění vzduchu je turbulentní, což znamená kolísání rychlosti a směru větru, jelikož se částice pohybují neustáleně. Měření větru je proto průměrované za určitý čas.

1.5 Lokality

Spvz [10] uvádí, že výhodné lokality se nachází v nadmořských výškách nad 500 m n.m., rozhodující je průměrná rychlost a četnost směru větru v dané lokalitě. Z nich se pak vytvoří distribuční faktor, který se skládá za pomoci kontinuálního měření rychlosti ve výšce rotoru. Výběr lokality není ale limitován jen rychlostí a četností laminárního proudění větru, ale hrají zde roli i jiné faktory, při kterých je nutné elektrárnu vypnout. Elektrárna totiž nemůže efektivně pracovat např. při námraze, o čemž také hovoří Beranovský [11], ke které dochází při nízkých teplotách na listech. Elektrárna tak nemá možnost reagovat na změny větru a produkce energie pak klesá řádově na procenta.



1-4 Mapa průměrné rychlosti větru v ČR [13]

Dalšími ukazateli, které se netýkají meteorologie, ale podstatně ovlivňují možnosti využití větrné energie, jsou geologické podmínky (seismická aktivita,

dostupnost pro těžké mechanismy, kvalita podloží). V neposlední řadě dostupnost lokality, vzdálenost od obydlí čili i přípojek, hlučnost a míra zásahu do přírody. Rychlost větru se měří registračním anometrem ve výšce 10 m, pro větší výšky se přepočítává.

1.6 Větrné elektrárny a životní prostředí

Větrná elektrárna neprodukuje žádné tuhé či plynné emise ani zde není odpadní teplo. Nezatěžuje odpady a nepotřebuje vodu. Jedinou nevýhodou je plocha, na které se staví větrné farmy (1TW zabere rozlohu 35000 km², zatímco uhelná nebo jaderná několik km²). Nevýhodou je hluk, který vychází ze strojovny větrné elektrárny nebo zvuk vzduchu proudícího kolem listů rotoru. Hladina zvuku ve vzdálenosti 500m se pohybuje od 35 do 40 dB. Ze zákona je povolená hranice hluku v místě nejbližší budovy 50 dB den a 40 dB noc. Agentura pro ochranu prostředí pak uvádí, že les ve vzdálenosti 200 m při větru o rychlosti 6-7 ms⁻¹ produkuje stejné množství hluku. Vliv hluku na chování zvířat v okolí se v mnohých případech různí.

Někteří ptáci si staví hnízda v úkryvech generátorových skříní, někteří se jim úplně vyhýbají. Výzkumy potom dokázaly, že hustota zvěře v blízkosti elektrárny zůstává stejná, a že hluk nízká zvěř nespatřuje jako zdroj rušení.

1.7 Zhodnocení

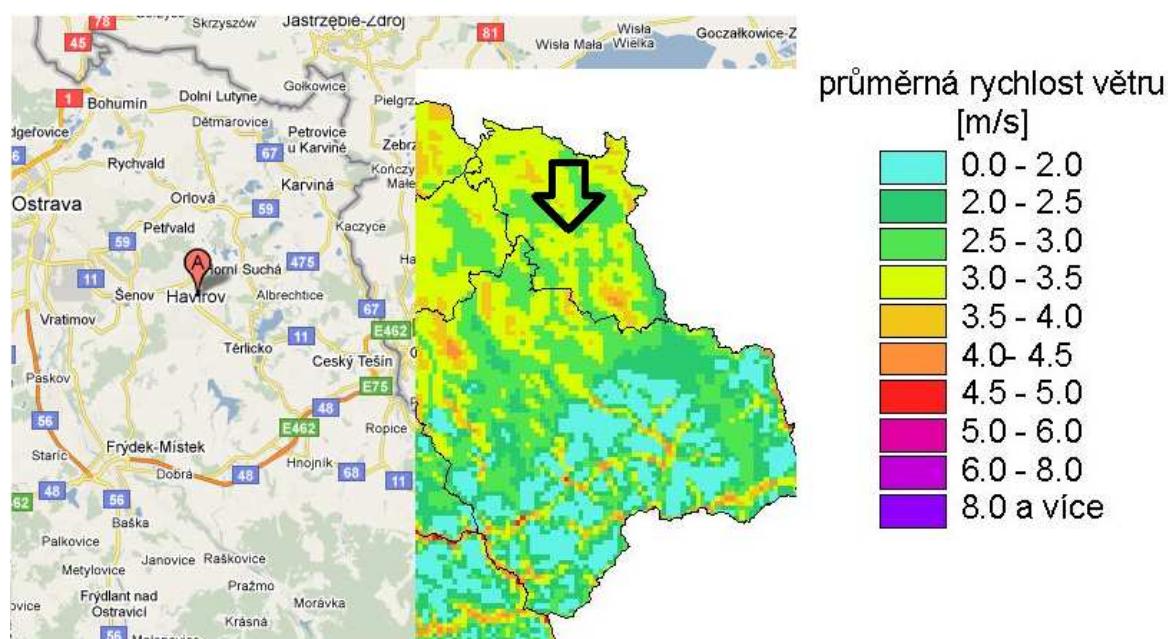
O větrné elektrárny se zajímají spotřebitelé, kteří chtějí být energeticky soběstační. Pro tyto zájemce jsou zde mikroelektrárny, které mohou sloužit v zahrádkářské kolonii pro čerpání vody nebo napájení spotřebičů. Jejich smysl je ale dán stupněm elektrifikace v dané lokalitě a tolerance sousedů k hluku a rušivému vzhledu vůči krajině. Existují i samozřejmě méně hlučná zařízení, která však tuto výhodu reflektují i ve své ceně. V místě, kde je dodávána levná elektrická energie, je zbytečné stavět elektrárnu s vysokými náklady. Navíc by místo muselo mít relativně velkou rychlost větru, aby byla investice vůbec návratná. Pro názornost to můžeme ukázat na příkladu, který předkládá Beranovský [11]: Malá větrná elektrárna o výkonu 10 kW stojí okolo 350 000 Kč, přípojka a další náklady 100 000 Kč. Elektrárna je schopna v místě s poměrně hodně velkou průměrnou roční rychlostí větru kolem 6 ms⁻¹ a nízkými výkyvy od průměrné rychlosti vyprodukovat přibližně 22,5 MW elektrické energie za rok. Stojí-li pak kilowatthodina nakoupená u rozvodných závodů 4,35 Kč [12], bude trvat přibližně 6 let, než se investované prostředky vrátí.

Důležité je však připomenout, že podmínka vysoké rychlosti větru v obydlených oblastech je těžko splnitelná i proto, že se obydlí stavěla v údolích a nevětrných lokacích. Dalším parametrem je zpomalování rychlosti větru různými překážkami (sousední domy), proto se rychlosti v obydlených lokacích pohybují

okolo $1,5 - 3 \text{ ms}^{-1}$. Praha má největrnější místo Ruzyni, kde se rychlost větru pohybuje kolem $4,2 \text{ ms}^{-1}$, ve vysoko položených místech jako je Boží dar pak 6 ms^{-1} . Další nevýhodou je hluk, který i malé elektrárny vydávají.

Pro zvážení zda tento obnovitelný zdroj energie je vhodný do lokality pro námi vybraný dům byl proveden průzkum v blízkém okolí. Cílem bylo zjistit, zda by byla větrná elektrárna pohoršující z hlediska rázu krajiny či hluku vůči sousedícím obyvatelům. Dotazování se ve většině případů vyjadřovali negativně a to v poměru 52:12. Důvodem byly právě zmíněné obavy z hluku a „pohybujícího se“ stínu, který by mohly listy větrné elektrárny vrhat na zahrady. Další bod pro zvážení byla průměrná rychlost větru v lokalitě. Pro určení přibližné velikosti průměrné rychlosti větru jsme použili větrnou mapu Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, která se vztahuje na výšku 10 m nad povrchem [13].

Rychlost v dané oblasti se pohybuje od $2,5$ do $3,5 \text{ ms}^{-1}$, ale s odhadovanou malou konzistencí v závislosti na zástavbě budov a blízkému lesu, který bude s jistotou narušovat rychlost větru.



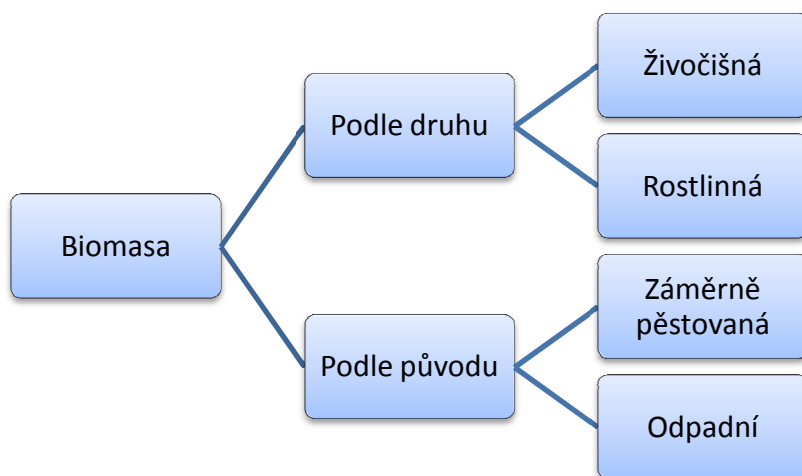
1-5 Obrázek odhadnutí průměrné rychlosti větru

Pro dané hlavní body zda větrná elektrárna bude vhodným zdrojem energie pro určený dům, si musíme v obou bodech odpovědět negativně. Tedy Větrná elektrárna by v dané lokalitě jak z hlediska rušivého, tak z hlediska výkonového nepřinesla výrazný energetický zdroj pro rodinný dům.

2 Biomasa

Biomasa [14] ve své podstatě je energie uložená v chemických vazbách rostlin a tkáních organismů, tedy hmota organického původu, která se na Zemi vyskytuje díky energii dopadající ze Slunce. Dřevo, dřevní odpad, sláma dřevní odpad a zvířecí exkrementy, to vše považujeme za biomasu, ze které při vhodném zpracování termochemickou přeměnou, čili spalováním (ve většině případů), můžeme získat energii.

Biomasu dělíme:



2-1 Schéma rozdělení biomasy

- Živočišná (odpady, exkrementy stájové zvěře)
- Rostlinná (dřevo, traviny, plodiny)
- Záměrně pěstovaná (škrobnaté plodiny, rychlerostoucí dřeviny)

Biomasu rozdělujeme podle vlhkosti na suchou, což je například obilná sláma nebo dřevo, a mokrou, kejda, kaly, hnůj, nebo podle fyzikální podstaty na tuhá kapalná a plynná.

2.1 Potenciál biomasy

Biomasou lze nahradit zdroje energie z fosilních paliv, zároveň však s větším ohledem na životní prostředí s podmínkou použití vhodného procesu pro získávání energie. Důsledné obdělání půdy, likvidace odpadů, méně CO₂, který bude odčerpán rostlinami na fotosyntézu, nezatěžuje se tedy prostředí. Nové pracovní příležitosti a využití půdy nevyužité potravinami, to vše jsou výhody plynoucí z použití jako zdroje.

2.2 Biomasa jako palivo

Biomasa se může využívat dle Beranovského [11] pro přímé spalování nebo na výrobu sekundárních paliv. Sekundární paliva rozdělujeme dle procesu na suché (termochemická přeměna), mokré (Biochemická přeměna)

- Termochemická přeměna (spalování, pyrolýza, zplyňování)
- Biochemická přeměna (fermentace, alkoholové kvašení, anaerobní vyhnívání)
- Mechanicko-chemická přeměna (lisování olejů, esterifikace sur. olej, drcení)

2.3 Rozdělení zpracování biomasy:

Sunggyu [15] a Beranovský [11] rozdělují:

- **Produkty mokrého procesu zpracování biomasy**

- **Bioetanol** je velmi cenné palivo, jehož nedostatkem je vyšší vaznost vody, která se negativně projevuje korozí motorů, avšak odstranitelnou antikorozními přípravky. Mezi pozitiva můžeme zařadit ekologickou čistotu s antidetonačními vlastnostmi. Bioetanol je možné vyprodukovat *fermentací* cukrů v mokrému prostředí. Cukry jsou obsaženy v ovoci, obilí bramborech, zelenině i celulóze. V ideálním případě to je 0,65 l z 1 kg cukru, v reálném je to výtěžnost o 5 – 10 % nižší, to je 0,58 – 0,61 l na kilogram cukru.

-**Bioplyn** je plyn vznikající při procesu, kdy se organické látky rozkládají v nádržích bez přítomnosti kyslíku. Bioplyn obsahuje proměnlivé množství 55 – 70 % metanu z celkového objemu a kvůli tomu má také různou výhřevnost, od 19 do 25 MJm⁻³. V zemědělství se pak dají využít i zbylé rozkládající se látky, které by se mohly případně použít v mikrokogenerační jednotce u rodinného domu.

- **Produkty suchého procesu zpracování**

V dnešní době je přímé spalování biomasy jako zdroje energie rozšířené ve většině případů nesouměrně v malých lokálních topeništích a v malých kotlích v rodinných a bytových domech, kde je z velké části použité odpadní dřevo. V menší míře je pak její využití v průmyslu. Biomasa je složité palivo, u kterého je podíl těkavé hořlaviny velmi vysoká. Produktem suchého zpracování jsou hořlavé plyny, které mají různé spalovací teploty, a to má za následek, že hoří jen část hmoty. Pokud jde o prosté spalování nebo suchou destilaci, tu ovlivníme množstvím přístupného vzduchu. Pyrolýza je tepelný proces, ve kterém se biomasa zahřívá v konvertoru a rozkládá bez přístupu vzduchu za vzniku dřevěného uhlí, topného plynu nebo oleje.

- **Produkty dalších procesů**

Mezi další produkty patří bionafta. Tu dělíme na dva druhy. První je bionafta tzv. „první generace“ (metyl ester řepkového oleje), vznikající lisováním řepkového

semene za přítomnosti katalyzátoru. Druhým pak bionafta „druhé generace“ (levnější varianta první generace obsahující minimálně 30% metyl esterového oleje). Bionafta je produktem mechanicko-chemické transformace.

Fytomasa

Matuška [16]. Organické látky rostlinného původu obsahující glukózu ($C_6H_{12}O_6$), škrob, celulózu a lignin. Využívající fotosyntézu k zachycování sluneční energie a syntéze sloučenin CO_2 , H_2O (katalyzátor chlorofyl).



Hlavním důvodem proč využívat palivo z biomasy je neexistující trh a omezené odpadní zdroje. Fytoenergetické plodiny (rychlerostoucí) dřeviny se potom používají na opakovanou sklizeň a na produkční plantáže (3-6let).

2.4 Princip spalování fytomasy

Gibilisco [17]. Suchá biomasa je velmi složité palivo, které z velké části zplyňuje. Při jejím spalování je nutné použít větší množství paliva, protože nemá takovou výhřevnost jako karbonizovaná fosilní paliva.

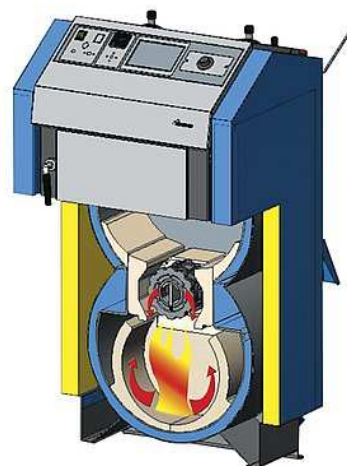
Oxidační rovnice:



Princip funkce zplyňovacího kotle:

Dřevo se ze zásobníku přesouvá do topeniště, kde dochází k sušení a zplyňování a odvodu popela. Přívodem vzduchu je spalování plynů přesunuto do spalovací komory vyzděné keramickou vyzdívkou kde se nachází sekundární přívod vzduchu. Spaliny dále procházejí výměníkem tepla, který odvádí vytvořené teplo a ventilátorem odvádějícím konečných spalin.

Matuška [18] se dále zmiňuje o výhřevnosti a vlhkosti:



2-2 Řez zplyňovacím kotlem [48]

Výhřevnost

Je množství tepla, které se uvolní dokonalým spálením jednotkového množství paliva. Důležitý aspekt fytomasy. Dokonale suchá fytomasa má výhřevnost

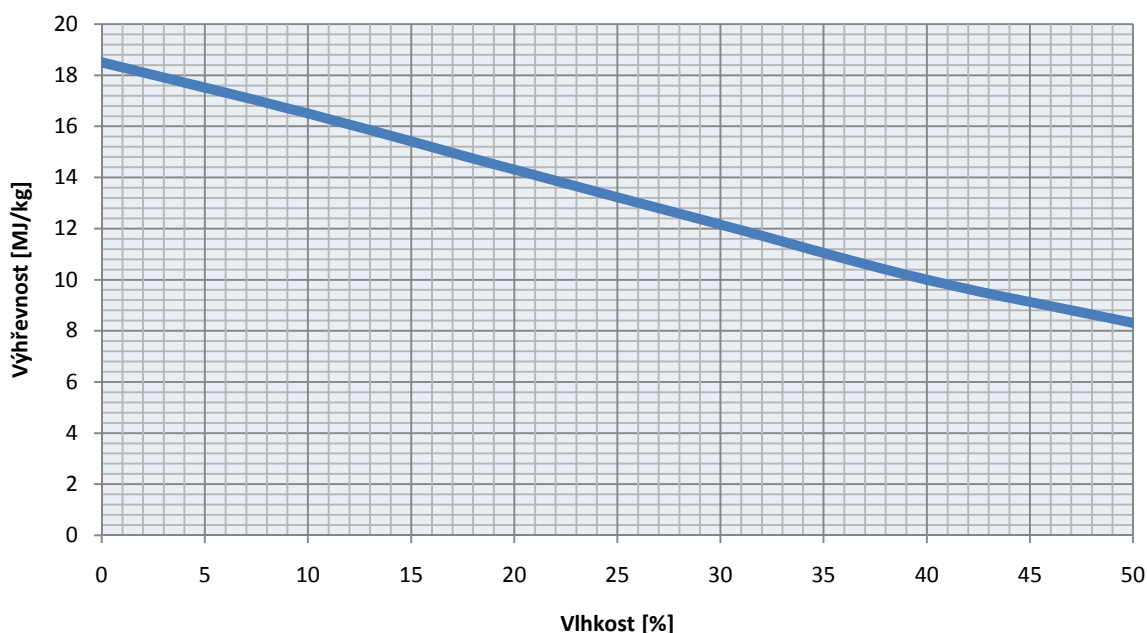
18,6 MJ/kg a nezávisí na rostlině. Rozdílné hodnoty fytomasy jsou pak dány rozdílnou typickou vlhkostí po vyschnutí.

	MJ/kg	kWh/kg
Dub	14,1	3,9
Smrk	13,8	3,8
Sláma	14,3	4,0
Černé uhlí	30 - 35	8,3
Řepkový olej	37,1	10,3
Bio metanol	19,5	5,4
Obilí	14,2	3,9

Tabulka 1 Příklady výhřevnosti jednotlivých možných zdrojů

Vlhkost:

Výhřevnost dřeva se dá srovnat s výhřevností hnědého uhlí. Rostliny jsou však velmi na vlhkost citlivé, výhřevnost proto kolísá. Vlhkost čerstvě vytěženého dřeva se pohybuje mezi 50 až 60 %, tato hodnota se dá snížit vhodným skladováním. Například po roce a půl zastřešené dřevo sníží hodnotu vlhkosti na 20 % (Dřevěné brikety mají vlhkost od 3 do 10 %). Pro spalování štěpek je optimální vlhkost 30 – 35 %. Je to dáno větším obsahem plynů s explozivním charakterem projevujícím se při nižší vlhkosti, naopak při vyšší vlhkosti je spalování nedokonalé.



2-3 Vliv vlhkosti na výhřevnost u dřeva

2.5 Spalovací zařízení

Spalovací kotle rozděluje Beranovský [11]:

- ***Kotle na tuhá paliva***

Klasické kotle na tuhá paliva spalují především dřevo, které je jako palivo spalováno v topeništi. Je zde malá možnost regulace výkonu omezeným přívodem vzduchu. Celková účinnost 65 – 70 %

- ***Zplyňovací kotle***

Kotle kusové dřevo nejprve zplyňují v topeništi a k spalování plynů dochází ve spalovací komoře. Výkon se dá regulovat od 50 – 100 % pomocí přívodu vzduchu. Účinnost je tedy 80 – 90 %.

- ***Automatické kotle***

Jsou to zplyňovací kotle s bezobslužným provozem s automatickým podavačem. Výkon se dá regulovat od 25 – 100 %, účinnost se pohybuje od 85 – 92 %

Účinnost/Regulace:

U klasických kotlů s ručním přikládáním se omezuje účinnost zamezením přístupu vzduchu. To má za následek nedokonalé spalování, vyšší emise – nižší životnost. Kotle potřebují dostačující tah, který se uvádí minimálně 15 Pa, ale v praxi je to většina komínů. Přechod na biomasu je však nákladný u budov vybavenými lokálním vytápěním umístěným do jedné místnosti, protože je nutná instalace teplovodního vytápění. Lokálním vytápěním myslíme cihlové pece, kachlová kamna, která se zde již po pár století používají a jsou zajímavou součástí interiéru s dostatečně vysokou účinností a zdrojem tepla pro celý den. Litinová kamna pak dávají často mnohem více tepla za kratší časový úsek díky snadnému rozezhřátí, ale ve většině případů dávají mnohem více tepla, než je potřeba. V případech lokálních kotlů nejde o přechod na biomasu (absence teplovodního vytápění), ale jen o zvýšení energetické nezávislosti domu.

2.6 Využití v podmínkách ČR

Bechník [19] předkládá, že dřevo a biomasa je v našich podmínkách jeden z nejvyužívanějších a nejdůležitějších OZE, který se zde používal do průmyslové revoluce, která lidem umožnila využití neobnovitelných zdrojů energie. Zřejmě nejdůležitější je tuhé palivo. Jeho výhřevnost je srovnatelná s hnědým uhlím a z měření vyplývá, že je ekologicky i ekonomicky nejvhodnější pro spalování. Navíc pro palivové dřevo nemusíme „chodit daleko“. Můžeme si ho koupit od obchodníků s palivem, jako odpad při zpracování dřeva nebo v lesnických firmách popř. po

dohodě také od majitelů lesa. Základní formy pro spalování jsou: polena, štěpky, piliny, brikety, krátké kusové dřevo vyrobené drtičem větví v lese. Stále je větší poptávka po peletách a briketách (tmelem slepené různě velké tvarované).

2.7 Zhodnocení

Topení kusovým dřevem jak uvádí Novák [20], patří u nás k nejlevnějším zdrojům energie i přes celosvětové zdražování energie. Zvětšující se poptávka po biomase tedy bude její cenu zvedat (oproti plynu) i přesto, že je od předminulého roku zařazena do nižší sazby DPH a spotřební daně na ní budou nadále nulové. Záleží potom tedy na daních, jak dokážou znevýhodnit uhlí, aby bylo výhodnější vytápět rodinné domy jiným způsobem. Ministerstvo ŽP však vydalo nové znění státního programu, který ruší (omezuje v lepším případě) zavádění některých obnovitelných zdrojů a zužuje se jen na přechod z vytápění pomocí fosilních paliv.

Pro biomasu a kotle na biomasu (dřevo, pelety, štěpku) znevýhodnění oproti programu, kde podpora investic byla na kotle na biomasu již od r. 1998 až do r. 2007 ve výši 50 % bez omezení výše dotace, na max. 50 tis. Kč/instalaci od r. 2003. Dále je potřeba si uvědomit některé věci týkající se přechodu na nekonformní zdroj jako např. vytápění kusovým dřevem (potřeba sezónní přípravy, každodenní zátop, čištění kotle apod.). Nejlépe vyhovujícím řešením pro snížení provozních nákladů je teplovodní vytápění se zapojením zplyňovacího kotle popř. se současně zapojenou solární soustavou. Investiční náklady však oproti běžným zplyňovacím kotlům jsou až 3x vyšší. Lze tedy říci, že vytápění kusovým dřevem je i přes nulovou daňovou zátěž a čistoty z hlediska emisí, nejlevnější pouze v případě vlastní iniciativy v obstarání kusového dřeva „zdarma“.

Pokud bychom tedy chtěli aplikovat možnost využití samostatného zplyňovacího kotle na daný dům, záleželo by na možnosti obstarání dřeva. Pro majitele, kteří jsou velmi pracovně vytížení, by taková možnost byla nevýhodná a z jisté části i unavující. Jiné možnosti, které nejsou tak časově (nebo fyzicky) náročné jako jsou automatické zplyňovací kotle s podavači, jejichž cena je poměrně vysoká, jelikož by bylo nutné vytvořit místnost či místo, kde by se případný materiál skladoval. To by následně mohlo znevýhodnit tento zdroj energie, jelikož náklady na takovýto zdroj energie by razantně vzrostly, protože dům není podsklepen a bylo by nutné určit výhodné skladovací místo, které by bylo v blízkosti kotle. Mohlo by se jevit, že energie z biomasy se nejeví pro dům jako dostačující a ekonomicky vhodný, ale pro úplnost si v kapitole 6 *Celkové zhodnocení obnovitelných zdrojů pro RD* provedeme výpočet nákladů, které následně zhodnotíme. Pro výpočet zvolíme zplyňovací kotel na pelety a zahrneme dříve zmiňované náklady ohledně instalace.

3 Geotermální energie

Geotermální energie je [21] kompozice dvou Řeckých slov: „geo“ ve smyslu „Země“ a „termální“ ve smyslu „teplo“. Jde o nízkopotenciální energii, kterou až na výjimky nelze čerpat jinak než tepelnými čerpadly. Podobně jako vodní čerpadlo přečerpává vodu z míst nižší hladiny do vyšší, tak *tepelné čerpadlo* převádí teplo o nízké teplotě na teplotu vyšší.

3.1 Potenciál čerpání geotermální energie

Gevorkian [21] uvádí příklad pro demonstrování potenciálu geotermické síly, kde uvádí že na ploše 50 km² s termální kůrou o velikosti 2 km, kde je teplotní gradient naměřen 240 °C, je potenciál tepla až 56,3 EJ

3.2 Systémy tepelných čerpadel

Tepelné čerpadlo popisuje Matuška [16] jako zařízení, které ochlazuje prostředí A o nižší teplotě a tím získává tepelnou energii, kterou nadále předává do prostředí B o vyšší teplotě s pomocí vnější energie. Není zde porušen 2. zákon termodynamiky:

„Tepelná energie nemůže samovolně přecházet z prostředí o nižší teplotě do prostředí o vyšší teplotě“

Dle Matušky [16] se pak tepelná čerpadla rozdělují (dle pohonu) na:

- **Kompresorová tepelná čerpadla** – nejčastěji používaná. Využívá parní cyklus chladiva. Hnací mechanická energie pro pohon kompresoru (spirálového, pístového, šroubového) je dodávána spalovacím popř. elektrickým motorem což je kompaktní oddělené provedení nebo plynovou turbínou, kde dochází k využití tepla spalin.
- **Absorpční tepelná čerpadla** – zřídka používaná. Využívá dvojici látek roztoku a chladiva (LiBr-H₂O) a pochodu absorpce/vypuzení chladiva do/z roztoku. Hnací tepelná energie je dodávána využitím tepla spalin, solárními kolektory nebo parou.
- **Hybridní tepelná čerpadla**- zakázková výroba.

3.3 Zdroje tepla a využití

Zdroje tepla pro využití energie prostředí a geotermální energie dle Meduny [22]:

- **Země** – zemské teplo hornin (energie zemského masivu ze zemních vrtů, plošných kolektorů v zemi)
- **Voda** – energie spodní, povrchové nebo odpadní vody
- **Vzduch** – energie okolního vzduchu

Společnost E.ON [23] a [16] dále rozděluje možnosti využití tepelného čerpadla:

3.3.1 Země

- **Zemní vrty**

Nejrozšířenější systém nazývaný země/voda. Zajišťuje suchými vrty v zemském masivu vynikající průměrný roční topný faktor, který však kontrastuje s velkými pořizovacími náklady. Vrty mohou dosahovat hloubky od 30 m přes 70 m až do 150 m s minimální roztečí 10 m, aby nedocházelo k ovlivňování. Okolí vrtu je pak ochlazováno jednou až dvěma smyčkami výměníků z polyetylenového (PE) potrubí. Vrty se provádějí technologií pro studny a vyplňují se bentonitem.

- **Podpovrchové kolektory**

Druhý nejrozšířenější způsob, který má nižší náklady a tomu úměrný nižší topný faktor než u zemních vrtů. Největší nevýhodou jsou rozsáhlé výkopové práce na velké ploše pozemku a možnost ovlivnění vegetace při nesprávném uložení. PE hadice se ukládají do nezámrazné hloubky od 1 m do 1,5 m.

3.3.2 Vzduch

- **Okolní vzduch**

Třetí nejrozšířenější způsob nazývaný vzduch/voda využívající teploty okolního venkovního vzduchu. Velmi dobrý průměrný roční topný faktor v prostředí s malým počtem mrazivých dnů (nejnižší topný faktor v zimním období – nevýhoda). Má snadnou instalaci s nižšími pořizovacími náklady, ale při vyšším průtoku je i vyšší hlučnost.

- **Odpadní vzduch**

Tento způsob využívá vzduchu z technologických procesů, větrání rodinného domu apod. pro ohřev čerstvého vzduchu nebo vody. Tepelné čerpadlo lze použít, i když běžné způsoby rekuperace nelze použít. Je zde však problém nízké vlhkosti vzduchu v zimním období, která je menší než 30 %.

3.3.3 Voda

▪ Spodní voda

Čerpání nízkopotenciálního tepla ze spodní vody má nejvyšší průměrný roční topný faktor při současně nejnižších nákladech. Podmínkou však je studna s celoroční vydatností kolem $40 - 50 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ pro čerpadlo o výkonu 10 kW. Spodní voda se odebírá ze zdrojové studny a po ochlazení se vypouští do vsakovací studny, které jsou 15 m od sebe. Kvalita spodní vody se posuzuje podle dlouhodobé čerpací zkoušky (30 dní a déle). Posuzuje se obsah chloridů, železa, manganu, kyslíku a manganu.

▪ Povrchová voda

Ojedinele používáno pro znečištění povrchových vod a zanášení výměníku a potrubí. Princip funguje na ochlazování vody v rybníku nebo v toku případně vodu přivádět potrubím. V zimním období má povrchová voda nízkou teplotu, nelze ji chladit, docházelo by totiž k zamrzání.

Matuška [16] definuje topný faktor a dále rozvádí:

3.4 Topný faktor

Matuška [16] definuje topný faktor a dále rozvádí optimální topný faktor a reálný topný faktor. Topný faktor (Coefficient of Performance – COP) udává poměr vyprodukovaného tepla tepelného čerpadla k mechanické práci spotřebované tepelným čerpadlem. V minulosti se topný faktor udával topný faktor podle normy EN 255, dnes ji však nahradila norma EN 14511.

-podle ČSN EN 14511: otopná voda vstupující do tepelného čerpadla daná 30°C , vystupující 35°C (spád 5 K)

-podle ČSN EN 255: otopná voda vstupující do tepelného čerpadla neurčena 25°C , vystupující 35°C (možnost udávání teplotního spádu 10 K)

Norma EN 255 zajišťovala lepší topné faktory.

3.4.1 Optimální topný faktor

Z rovnice 3 vyplývá, že se dvojnásobný topný faktor nerovná dvojnásobné úspoře, ale zvýší úsporu pouze 1,25x a zvyšování topného faktoru nad 3 nemá velký přínos. Naopak pokud je topný faktor velmi malý, jeho zvýšení má velký přínos v úspoře.

$$Q_u = Q_t - Q_e = Q_t - \frac{Q_t}{\varepsilon} = Q_t \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right)$$

3

3.4.2 Reálný topný faktor

Jelikož se mění podmínky, mění se i topný faktor a může se lišit od údaje výrobce pro výrobek. Například změnou podmínek je proměnlivá teplota nízkopotenciálního tepla vzduchu nebo povrchové vody, ale přibližně konstantní pak u studniční vody a země.

3.4.3 Provozní režimy

Provozní režimy ovlivňují způsob provozu a ekonomický efekt zařízení a mezi základní režimy u systému voda vzduch se používá bivalentní a monovalentní provoz. Společnost AEG [24] uvádí přehled a vysvětlení jednotlivých nejčastějších typů:

- **Monovalentní provoz**

Tepelné čerpadlo je jediným vytápěcím zařízením zajišťující nízkoteplotní vytápění otopné vody do 65 °C

- **Paralelně bivalentní provoz**

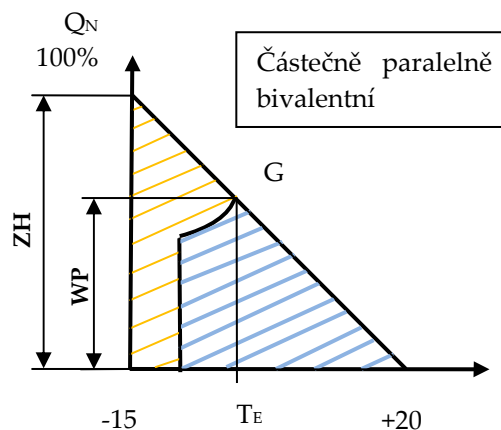
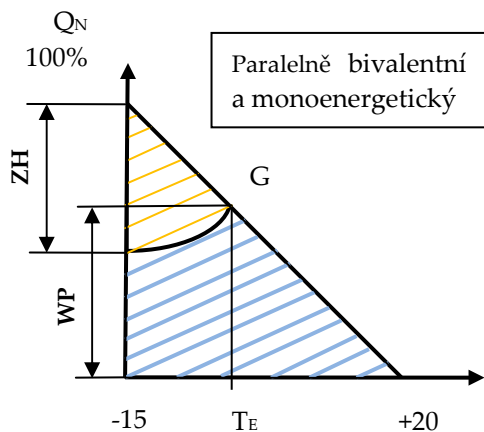
Tepelné čerpadlo nepracuje jako pro pokrytí celé spotřeby (neekonomické), ale systém je doplněn dalším zdrojem, který se připojuje pod teplotou bivalence, kde následně fungují společně. Využití pro velkoplošná otopná tělesa s teplotou do 65 °C.

- **Alternativně bivalentní**

Tepelné čerpadlo, které je doplněno dalším zdrojem, se vypíná pod teplotou bivalence, kde následně pracuje jen přídatný zdroj. Využití pro otopné soustavy do 90 °C.

- **Částečně paralelně bivalentní provoz**

Tepelné čerpadlo je doplněno o další zdroj, který se připojuje pod teplotou bivalence a při nedosažení výstupní teploty otopné vody se tepelné čerpadlo vypíná



Systémy s teplotou topné vody $t < 60\text{ °C}$

Zdroje tepla: -spodní voda
-Země
-venkovní vzduch

WP = tepelné čerpadlo

Q_N = topný výkon

T_U = bod přepnutí na jiný zdroj

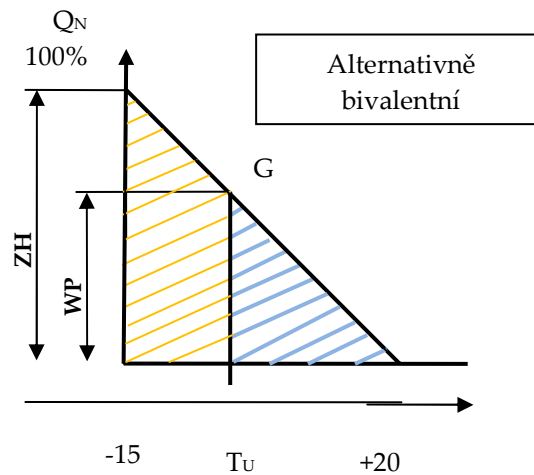
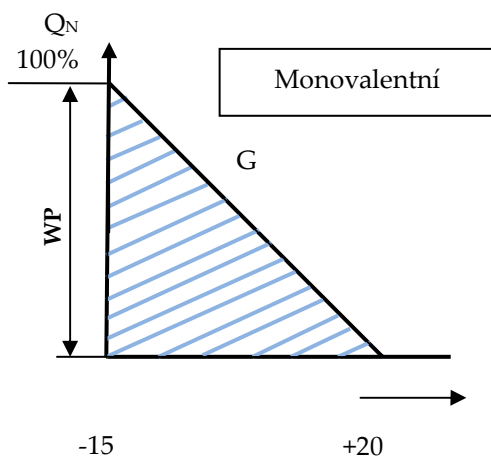
Systémy s teplotou topné vody $t > 60\text{ °C}$

Zdroje tepla: -venkovní vzduch
-velkoplošné venkovní absorbery

G = bod bivalence

ZH = přidavné topení

T_E = bod připojení tepelného zdroje



3-1 Schéma provozních režimů tepelného čerpadla

3.5 Zhodnocení

Hořejší [25] píše, že ke zhodnocení investice do tepelného čerpadla lze dospět jednoduchým porovnáním investičních a provozních nákladů s jiným zdrojem tepla, který je buď již nainstalován, nebo tvoří „konkurenci“ tepelnému čerpadlu. Tuto dobu návratnosti lze nalézt u všech prodejců či distributorů a pohybuje se okolo 4 až 8 let. Zde dále Hořejší ale upozorňuje, že tyto hodnoty jsou většinou vypočteny a vypočítávány bez zahrnutí některých součástí, které jsou součástí např. systému na vytápění pro příklad cituji: „Nejlevnější tepelná čerpadla lze pořídit za 120 až 140 tisíc korun. Včetně montáže, elektroinstalace, regulace a dalších nákladů na připojení do stávajícího topného systému lze tepelné čerpadlo instalovat za cenu 180-200 tisíc Kč. V případě instalace dražšího tepelného čerpadla pro větší rodinný dům, nutnosti hloubení vrtů a použití akumulární nádrže si však instalace může vyžádat náklady až 400 tisíc Kč.“ Proto je třeba zvážit, zda-li jsou ve výpočtu zahrnuty všechny náležitosti. Následný další problém je odhadování vývoje cen, které v časovém horizontu životnosti zařízení, tedy v průměru okolo dvaceti let nemožné. Přesto i v případě nepříznivého vývoje, kdy by byla návratnost 10 až 13 let, by čerpadlo s životností 20 let bylo z dlouhodobého hlediska ziskové. Doba návratnosti by navíc byla kratší při porovnání s např. propanem.

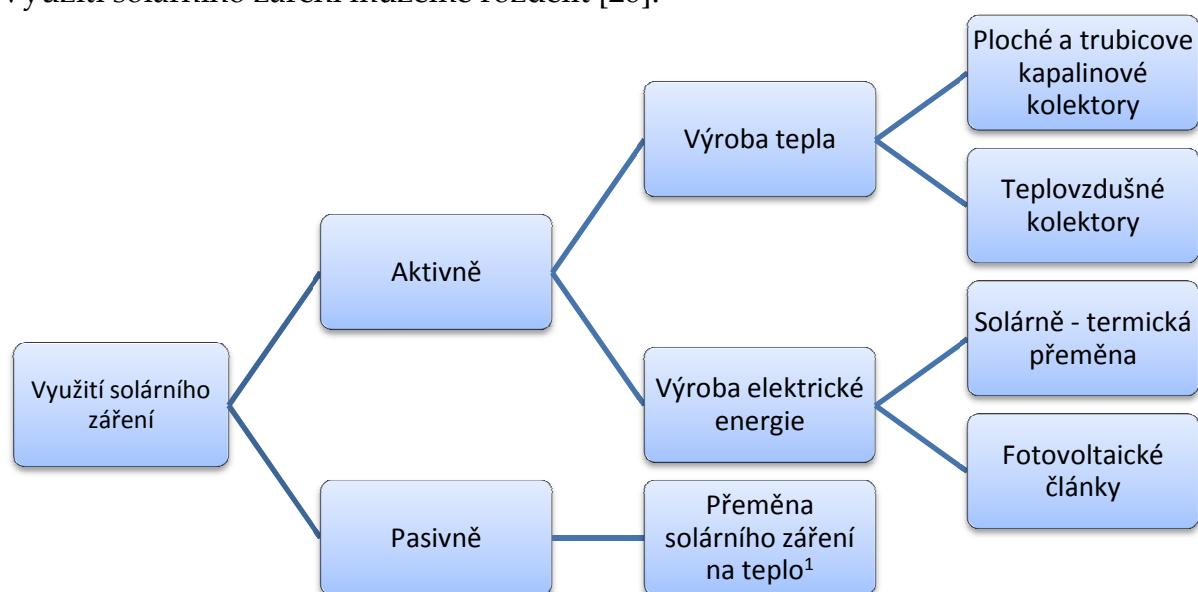
Tepelné čerpadlo má hned několik výhod jak předkládá Matuška i Beranovský [16; 11]. Má plně automatický provoz, dodá až trojnásobně více energie, než spotřebuje, má nižší požadavky na instalovaný příkon atp. Nevýhodou mohou být však velké pořizovací náklady a u systému země/voda i dostatečné plochy pro zemní kolektor.

Tepelné čerpadlo se pro v případě konkrétního domu z pohledu velkých nákladů nejeví na první pohled jako vhodné řešení. Majitelé navíc nechtějí plošné kolektory, kvůli budoucí investici do bazénu, u kterého by poloha byla z jisté části ovlivněna vloženými povrchovými kolektory. Navíc by zde byl problém z rozsáhlou zelení, která je již na zahradě vzrostlá a mohla by být ovlivněna teplotou, které by kolektory vyzařovaly. Řešením by bylo tedy použití jednoho nebo i více vrtů, kde by cena byla jen minimální oproti vypracování firmou, jelikož majitel domu vlastní zařízení pro hloubení podobných studničních vrtů.

4 Solární energie

Solární energie, kterou představuje solární záření a solární radiace, vznikající v nitru Slunce, lze přímo použít k výrobě tepla, chladu nebo elektřiny, zatímco nepřímo se využívají její druhotné přeměny a to na větrnou energii, energii vodních toků, tepelnou energii prostředí, energii ukládající se do biomasy. Server i-Ekis.cz [26] píše, že na území ČR dopadne za rok dokonce stotisíckrát více energie než v celé republice spotřeba tuhých paliv a toho v posledním roce (2009) využilo nemálo podnikatelů pro svůj podnikatelský záměr díky nepoměrně výhodným výkupním cenám.

Využití solárního záření můžeme rozdělit [26]:

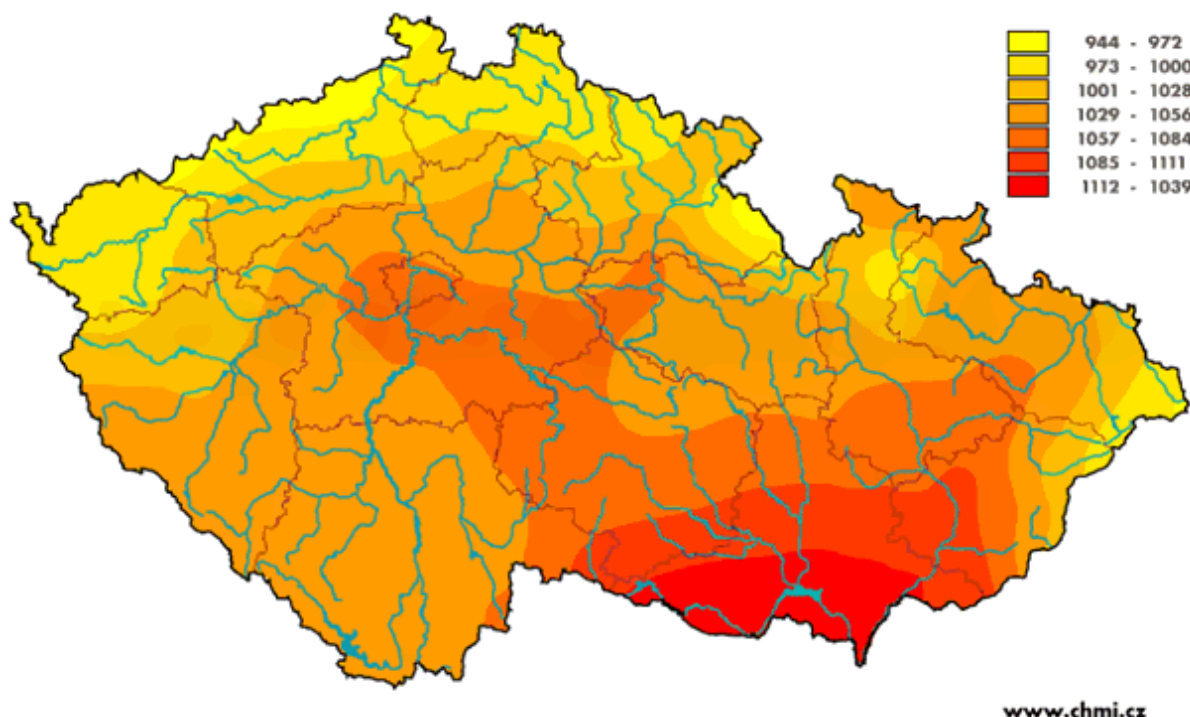


4-1 Schéma využití solárního záření

4.1 Lokality

Roční úhrn slunečního záření závisí na zeměpisné poloze, nadmořské výšce, čistotě ovzduší a orientace systému vzhledem ke slunci spolu s celkovou roční dobou slunečního svitu. ČR leží ve středu Evropy s jistou vzdáleností od rovníkových států, což znamená, že podmínky zde budou na jiné úrovni. Horší podmínky ale nebrání využití dané energie plynoucí ze slunečního záření. Podle ČHMÚ se celková doba slunečního svitu v ČR pohybuje okolo 1400 – 1900 h/rok, a roční úhrn globálního slunečního záření se v ČR udává od 900 – 1400 Wm⁻². Nižší hodnoty vyskytují v severnějších oblastech, vyšší pak více k jihu s tím, že největší úhrn i dobu slunečního svitu má Jihomoravský kraj. Vhodnost dané lokality pro využití sluneční energie vystihuje obrázek. Údaje o sl. svitu a ročním úhrnu jsou velmi důležité pro návratnost investice a pro výpočet energetické bilance fotovoltaického systému. Např. pro sklon 30° až 45° který je v ČR nejúčinnější vzhledem k poloze na Severní

polokouli a je na jižní orientaci roční dodávka ozáření tvoří 1000 až 1200 kWh/m². Pro sklon 90°, který mají fasády domů pak 750 až 900 kWh/m².



4-2 Mapa ročního úhrnu slunečního záření v ČR [27]

4.2 Fotovoltaické kolektory

U fotovoltaických kolektorů, jak už z názvu vyplývá, se jedná o aplikaci fotovoltaického jevu, při němž dochází při dopadu fotonů k uvolnění a hromadění volných elektronů na polovodičovém P-N přechodu. Pokud dále k P-N přechodu připojíme anodu a katodu, získáme fotovoltaický článek.

4.2.1 Princip fotovoltaického panelu

Fotovoltaický panel pak, jak předkládá Solarhaus.cz [28], sestává z fotovoltaických článků do sestav různých velikostí a výkonů. To je dáno především absencí určité normalizace, proto se tedy můžeme setkat teoreticky s jakýmkoli výkonem či parametry. Panel je dále opatřen duralovým rámem, hermeticky uzavřen a chráněn tvrzeným sklem spolu s EVA folií. Pro výrobu fotovoltaických článků se používá především křemík, který se dá upravit do monokrystalických, polykrystalických a amorfních článků. Největší zastoupení mají články monokrystalické i přesto, že monokrystalické články mají tvar osmiúhelníku a nevyužívají plochu tak dokonale, jako třeba polykrystalické. Dopadne li na křemík

foton o energii menší než 1,1 eV, není křemíkem absorbován a projde, ale pokud dopadne na křemík foton o energii větší než 1,1 eV, což je „absorpční hrana“, vzniknou v křemíku volné nosiče náboje elektron a díra.



4-3 Příklad fotovoltaiického panelu

Fotovoltaiické panely se dělí [29] podle generace:

- *Generace křemíkových substrátů*

Tato generace vzniká řezáním křemíkových ingotů. V roce 2007 se vyráběly solární články okolo tloušťky 220 μm a na jednotkový výkon 1 Wp je potřeba 9 g křemíku. Pro tuto generaci je typický monokrystalický křemík a polykrystalický křemík.

- *Generace tenkých filmů*

Tenké filmy jsou zatím ve vývoji. Tloušťka článku je až 600x menší a účinnost se pohybuje zatím okolo 8 až 10 %, výzkumy však naznačují, že je zde i možnost překonat účinnost křemíkových článků

- *Generace organických látek*

Články ve kterých dochází k přeměně slunečního záření v organických látkách. Zatím jen v laboratorních podmínkách.

Fotovoltaiické systémy Beranovský [11] dělí:

- *Systémy napojené na rozvodnou síť*

Systémy připojené k síti lze použít pro dodávku elektrické energie do distribuční sítě. Toto se nejčastěji používá u škol nebo panelových domů, kde se nejprve energie poskytne pro vlastní odběr a přebytky se následně prodají distributorovi pomoci tzv.

zelených bonusů. Tyto systémy vyžadují napěťový měnič, který změní stejnosměrný proud na střídavý.

- ***Systémy nenapojené na rozvodnou síť***

Systém využívání energie z vlastních zdrojů, který je častý na odlehlých místech, kde požadujeme určitý komfort (TV) nebo nutnost (lednice) popř. zásobovat el. Energií jiným způsobem. Tyto systémy se vyplatí v situaci, kdy přípojka by musela být dlouhá minimálně 500m. Tento systém produkuje stejnosměrný proud a pro střídavý je nutné přikoupit napěťový měnič. Dále u grid off systému, jak se mu také říká, je nutné specifikovat, pro jak velký provoz budou muset být dimenzovány akumulátory.

- ***Hybridní systémy***

Hybridní systémy jsou zvláštním druhem grid off systému, kde v určitém období roku, např. v zimě nestačí dodávka z fotovoltaického zdroje a je doplňován zdrojem druhým, kterým bývají větrné elektrárny, vodní elektrárny nebo i kogenerační jednotky.

4.2.2 Umístění fotovoltaiky

Fotovoltaika jak uvádí web Czech RE Agency [30] má hned několik umístění pro rodinný dům. Panely totiž můžou být připevněny na obvodovém plášti budovy nebo na pozemku vedle RD. Aplikace na obvodovém plášti přitahuje pozornost nejen uživatelů nebo stavebních projektantů, ale také architektů a díky tomu se zvyšuje poptávka a snižuje se cena FV systémů. Poptávka hlavně vzrostla po aplikaci fasádních FV systémů, které se objevují čím dál častěji a projevují se novými koncepcemi budov a množstvím nových atraktivních řešení. Obvodové pláště budov, viz kapitola Lokality, jsou vystavovány obrovskému množství dopadající energie a proto je výhodou pokud může dům uspořít část ze spotřebované energie tím, že vyrobí vlastní nejčastěji pomocí panelů umístěných na střeše nebo zatím ještě méně často fasádním fotovoltaickým systémem.

4.3 Fototermické kolektory

Fototermickým solární systém je soubor dílů, společně co nejvíce účinně převádějících tepelnou energii slunečního záření na tepelnou energii, která může sloužit od vyhřívání bazénů, přes ohřívání užitkové vody až po tepelnou energii pro různé technologické postupy.



4-4 Umístění fotovoltaiky

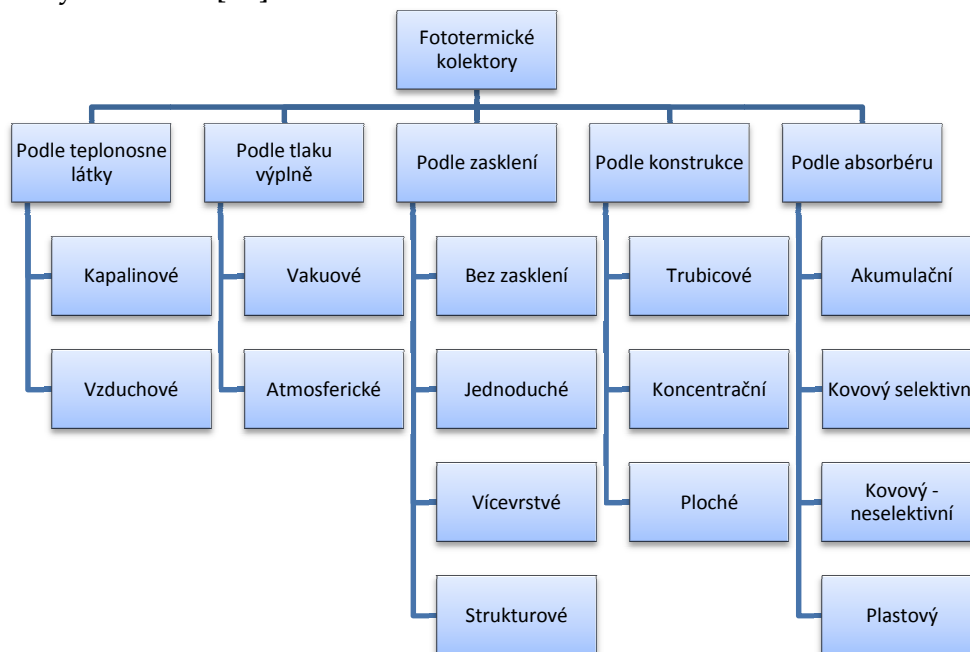
4.3.1 Princip fototermického panelu

Fototermický panel je sestaven z absorberu, trubic vodících teplonosnou látku a ochranného rámu. Podobně jako u fotovoltaických panelů ani zde není normalizování rozměrů, lze tudíž najít mnoho rozličných variant. Panel analogicky jako u fotovoltaiky je chráněn transparentním krytem nejčastěji z tvrzeného skla pokrytým EVA folií. Využití solárního záření funguje na principu průchodu záření transparentním krytem, kde přejde do trubic s teplonosnou látkou. Ta je pak vedena do akumulární jednotky kde může být použita např. pro ohřev užitkové vody.



4-5 Řez fototermickým panelem

Fototermické panely Matuška [31] dělí:



4-6 Schéma dělení fototermických kolektorů

Dále se dělí Fototermické systémy dle i-Ekis.cz [26]:

▪ *Samotížný systém*

Samotížný systém pracuje na principu termosifonového efektu, tudíž ke svému chodu nepotřebuje elektronickou ani jinou hnací jednotku. Teplonosná látka se v trubici vlivem slunečního záření nahřeje a začne se rozpínat. Spolu s rozpínáním začne stoupat k zásobníku s vodou, které předá energii. Ochlazená látka pak znova klesá do trubic kolektoru.

▪ *Nucený systém*

Systém doplněný o regulační jednotku, která nejdříve vyhodnotí, jestliže kapalina v trubicích dosáhla alespoň minimálního rozdílu teplot podle zadané difference. Pokud je dosažena minimální teplota dochází ke spuštění hnacího mechanismu, který teplonosnou látku přivede k zásobníku s vodou. Ochlazená teplonosná látka se pak vrací do kolektoru.

4.3.2 Umístění fototermiky

Umístění je analogické k FV panelům, které se mohou vkládat jak na střechy, tak na fasády. U fasád ale dochází ke snížení účinnosti o 30 % v důsledku špatného náklonu. Celková účinnost se při správném úhlu natočení tj. 35° až 45° pohybuje okolo 60 %.

4.3.3 Zhodnocení

Fotovoltaika pro rodinné domy určitě nabízí skvělé řešení jak snížit závislost na místním distributorovi elektrické energie. Ekonomická situace ohledně fotovoltaiky byla velmi výhodná, a v posledních letech podle některých zdrojů až neúměrně, kdy se stala fotovoltaika velmi výhodný byznys. Bylo to hlavně díky poklesu své investiční ceny a velké ceně výkupové, díky níž vyrostlo po celé republice velké množství především velkých FV elektráren, které způsobují, že systém může být nestabilní. To způsobilo, jak uvedl Solarhaus.cz [32], že ČEPS vydalo rozhodnutí o dočasném zamítání poskytování přípojek pro větrné a fotovoltaické elektrárny. To se však nemělo nijak zásadně dotknout malých elektráren na střechách domů, ale distribuční firmy nekompromisně odmítají připojit k vedení i malé elektrárny. Mnozí ale už stejně jako Česká fotovoltaická asociace ve vedení s Jaromírem Řehákem však vyvíjejí tlak na ČEPS fakty, že elektrárny o výkonu do 200 kW pokrývají pouze 15 % produkce. Dále Řehák tvrdí, cituji: „Malé střešní instalace sítě nejenže nepřetěžují, ale naopak stabilizují“. Situace ale stále k 11. 4. 2010 nemá řešení a server Ekobydleni.eu [33] nepočítá se zapojováním dříve, než v začátcích dalšího roku.

Fototermika nabízí řešení ohřevu vody v rodinných domech a tím nemalou úsporu jak seznamuje Gonda [34]. Cena kolektorů se pohybuje od 7 do 30 tisíc korun a spolu se zásobníkem a dalším příslušenstvím vyjde okolo 100 tisíc korun pro ohřev vody. Pokud by spotřebitel chtěl spolu s ohřevem vody také vytápění, vyšla by ho investice na dvojnásobek. Návratnost se pohybuje u systému na ohřev vody přibližně 15 let a u systému na vytápění od 7 do 10 let. Fototermika byla dlouhou dobu znevýhodňována oproti fotovoltaice nepřiměřenými výkupními cenami el. energie, což se projevilo jako znatelné hlavně při větších instalacích. Se slunečními kolektory mohou spotřebitelé i u nás v ČR kde nejsou příliš dobré podmínky ohledně slunečního záření ušetřit při vhodné orientaci kolektorů 60 až 80 % ročních nákladů.

Aplikace fototermických panelů na daný dům zahrnuje posouzení technické a výkonové stránky jak tomu bylo i u předchozích zdrojů, tak estetické. Aplikace by především měla být umístěna na střechu budovy, jelikož hlavní podmínka majitelů při otázce fototermických kolektorů byla ponechání zahrady v původním stavu, bez jakýchkoli konstrukcí, které by mohly nést fototermické panely ve správném úhlu natočení s dopadem slunečního záření které by bylo efektivní. V tomto případě by to bylo pro N 49.765006, E 18.418306 v úhlu 35°. Hlavními nedostatky však při řešení možnosti umístění fototermických panelů byl střešní vikýř zabírající téměř 35 % z efektivní plochy střechy, který je tvořen dvěma okny a střešní okna po obou jeho stranách která měla být architektem efektivním způsobem koncipována pro zakomponování slunečního svitu, však nebyla zde zahrnuta možnost v budoucnu instalovat podobný typ vytápění.

Tyto hlavní nedostatky nevytvořily podmínky pro fototermiku, jelikož stín padající z vikýře způsobuje neefektivnost vždy jedné strany střechy, kde by mohl být umístěn fototermický kolektor.

5 Vodní energie

Vodní energie existuje na naší planetě díky sluneční energii. Ta podle serveru Wikipedia.cz [35] poskytuje všeobecně známý koloběh vody, tam vzniká kinetická energie proudící vody, která se pak může využít. Energii vody znali naši předkové již od starověku, což z něj činí nejstarší zdroj energie. Tento zdroj se nejprve používal k dopravě, později ale i k pohonu mechanismů jako byly mlýny, čerpadla, pily apod. Vodní energie je technicky využitelná, jak svou potenciální, kinetickou, tak i tepelnou složkou, které jsou pak přeměňovány na elektrickou energii nebo používány.

5.1 Lokality

Potenciál pro stavbu velkých vodních elektráren je v ČR ve své podstatě vyčerpán. Malé vodní elektrárny [36] však lze stále stavět jak už od základů na menším vodním toku nebo využitím hamrů, pil, mlýnů, zbytků z vodních děl apod. To oproti stavění od základů logicky sníží náklady na výstavbu. Celkově se lokalita pro použití vodní elektrárny dá posoudit podle faktorů jako je míra zásahu do okolní přírody, majetkoprávní vztahy, míra hluku vodní elektrárny a s tím spojeno rušení obyvatel, vzdálenost od přípojky apod.

Pro malé vodní elektrárny je však výkon vždy menší než u elektráren větších větších, neboť dochází ke ztrátám energie v důsledku přeměny hydraulické energie na mechanickou (turbína) a mechanické energie na elektrickou (generátor).

5.2 Princip chodu vodní elektrárny

Vodní elektrárna pracuje na principu využití potenciální energie, která je vytvořena uměle za pomoci hrázového systému jakým je jez nebo přehrada. Potenciální energie vody se protékáním kolem lopatek mění na kinetickou a to vede k roztáčení turbíny, která přes hřídel přenáší otáčky do generátoru. Dochází tedy k přeměně mechanické energie na elektrickou.

Vodní elektrárny dělíme, jak uvádí server Energetický poradce [37]:

Podle způsobu provozu:

- **Průtočné** – využití přirozeného průtoku
- **Akumulační** – pokrytí špičkových částí v diagramu s řízeným odběrem z akumulační nádrže

Podle hrázového systému:

- **Přehradní (jezové)** – soustřeďují energii pomocí vzdouvacího zařízení
- **Derivační** – Odvádějí vodu z vodního koryta do turbíny
- **Přečerpávací** – Přečerpávají vodu v době přebytku elektrické energie.

Podle využití měrné energie:

- Rovnotlaká turbína – Peltonova
- Přetlaková turbína – Francisova, Kaplanova

Turbíny vodních elektráren dělíme:

- **Vodní kolo** - Individuální výroba, především pro spády do 1m a průtoků do několika m^3s^{-1}
- **Kaplanova turbína** - Přetlaková turbína nákladnější na výrobu, lépe regulovatelná. Pro spády 1 až 20 m a průtoky do několika m^3s^{-1} .
- **Francisova turbína** - V minulosti nejpoužívanější v malých vodních elektrárnách. Využívá se pro spády do 3 m.
- **Bánkiho turbína** - Rovnotlaká turbína s dvojnásobným průtokem oběžného kola, nenáročná na výrobu, použitelná pro spády 5 až 60 m a průtoky od 0,01 až 0,9 m^3s^{-1} .
- **Peltonova turbína** - Rovnotlaká turbína pro spády nad 30 a průtoky od 10 ls^{-1}

5.3 Zhodnocení

Vodní energie v ČR, jak by se mohlo zdát, se dá pro rodinné domy použít jen v omezené míře. Opak je ale pravdou, což uvádí také Novák [38] a vodní elektrárny se za posledních 15 let začaly rozrůstat. To je způsobeno jak polohou republiky, tak i jejím hydrometeorologickým potenciálem. Ten se odhaduje dle statistik ERÚ na 3000 GWh/r, zhruba polovinu vyrobí našich 8 největších elektráren. Potenciál do výstavby nových a rekonstrukce starších především domácích vodních elektráren do výkonu 35 kW je značný. Legislativa v ČR určitě přispívá k využívání OZE.

Novák z tzb-info.cz, cituji: „MVE k naší republice a její historii patří, mají nezastupitelnou úlohu i proto, že jsou rozptýleny po celém území. Tyto malé bodové zdroje pak významně nezatěžují přenosovou soustavu.“

Tento druh obnovitelné energie však netvoří energetický potenciál domu a nemůžeme ho aplikovat, jelikož v blízkosti domu není vodní tok. Z tohoto důvodu je mu věnována menší pozornost.

6 Celkové zhodnocení obnovitelných zdrojů pro rodinný dům

Pro konkrétní rodinný dům jsme předběžně vyhodnotili, že nejlepší obnovitelný zdroj energie bude buď tepelné čerpadlo nebo biomasa. Vycházeli jsme ze závěrů ve zhodnoceních, které pro úplnost ještě ve stručnosti doplníme.

Větrná energie podle přibližného určení, kde nepředpokládáme lokální výchyly, které by mohly znehodnotit náš odhad, nemá potenciál pro dostatečné pokrytí spotřeby RD průměrnou rychlostí větru a narušení estetického rázu by mohlo být příčinou sporů se sousedstvím.

Kotel na biomasu po novele zákona, kdy se snížila dotace na 50 % s horní hranicí 50 tisíc korun a nutnost obstarávání a popř. i zpracování se staly důvodem, kdy by byl zvolen kotel s podavačem. U tohoto zdroje by musela být vytvořena místnost pro podávání peletek i pro samotný kotel, jelikož plynový kotel, který je v domě umístěn a pro něj je koncipována i vytápěcí soustava, je v prvním patře. Náklady na tento zdroj energie musíme uvažovat vyšší.

Solární elektrická energie se ve výhledové době nedá posoudit, jelikož je dům orientován nevhodně vzhledem ke slunci a případné přebytky by nemusely být vykoupeny a muselo by se řešit jejich ukládání. Fototermika je v podobné nevýhodě jako fotovoltaika z hlediska polohy domu vůči slunci a proto by neměla v rodinném domě plného využití.

Tepelné čerpadlo ztratilo z části investičních nákladů které by tvořila výkopová práce na vrtu, jelikož je zde možnost vytvoření vrtu svépomocí. Výhodou je dále automatický provoz s vynikající regulací.

Zhodnocení nám tedy předkládá, že výhodné zdroje energie budou biomasa a tepelné čerpadlo. U těchto zdrojů energie budeme volit zařízení na základě tepelné ztráty budovy, která je dána ztrátou prostupem stěn a tepelnou ztrátou větráním. Tuto informaci mi poskytl majitel, který na počátku roku 2010 nechal dům zhodnotit firmou Repax s.r.o. Dále tyto dva zdroje energie porovnáme s běžnými typy používaných zdrojů vzhledem k ročním provozním nákladům. Jako obvyklé (neobnovitelné) zdroje energie jsem pro porovnání zvolil do své práce vytápění kotlem na propan, elektrickým kotlem, kotlem na topný olej a kotlem na zemní plyn.

6.1 Naměřené hodnoty tepelné ztráty objektu

Kubatura objektu	508 m ³
Vnitřní průměrná teplota	20 °C
Venkovní výpočtová teplota	-15 °C
Intenzita výměny vzduchu	0,4 h ⁻¹

Typ konstrukce	Plocha	Plocha skut.	K	Teplota venkovní	Tepelná ztráta
	m ²	m ²	Wm ⁻² K ⁻¹	°C	W
PODLAHA	115	115	0,8	0	1840
STĚNA	170	132,15	0,33	-15	1526
OKNA	30,6	30,6	2,1	-15	2142
DVEŘE, VRATA	7,25	7,25	4	-15	1015
JINÁ KONSTRUKCE	0	0	0	-15	0
STŘECHA	158	154,8	0,33	-15	1788
OKNA VE STŘEŠE	3,2	3,2	2,2	-15	246

Celkem tepelná ztráta prostupem	8,6 kW
Tepelná ztráta větráním	2,4 kW
TEPELNÁ ZTRÁTA OBJEKTU	11,0 kW

Tabulka 2 Naměřené hodnoty tepelných ztrát

- Pro obvodové zdi zatepleny vrstvou 10 cm polystyrenu, okna $u = 1,4$

Pro daný dům bylo stanoveno, že roční spotřeba energie na vytápění podlahovým systémem je 20 900 kWh a roční spotřeba energie pro ohřev TUV je 4000 kWh. Celková spotřeba energie je dána součtem jednotlivých spotřeb tj. 24 900 kWh.

6.2 Vyběr typu a určení počátečních investic do zdrojů

Dům má tepelnou ztrátu 11,0 kW, podle které vybereme odpovídající typy kotlů a čerpadel.

V našem případě vyhovuje tepelné čerpadlo firmy IVT Greenline 9 Plus, které jsem podle zadaných hodnot vyhodnotil v katalogu a následně překontroloval přímo v průvodci pro výběr tepelného čerpadla umístěného na stránkách IVT [39]. Tepelné čerpadlo bude vytápět podlahový systém.

Náklady na tepelné čerpadlo:

Tepelné čerpadlo IVT GREENLINE C9: ▪ Elektrický kotel s kaskádním spínáním o výkonu 3 - 6 - 9 kW ▪ Trojcestný ventil pro ohřev teplé užitkové vody ▪ Ekvitermní regulátor REGO 637 s řízením 2 topných okruhů, dotopového kotle, ohřevu teplé vody v zásobníku, diagnostikou poruch, ochranou proti legionele, časovým řízením, ovládáním signálem HDO a dalšími funkcemi. ▪ Komunikace v českém jazyce. ▪ Oběhová čerpadla WILO primárního i sekundárního okruhu ▪ Pružné hadice pro tlumení chvění tepelného čerpadla ▪ Tlumící kryt kompresoru ▪ Ochranná anoda v zásobníku teplé vody ▪ Expanzní nádoba a pojistný ventil primárního okruhu, filtry pro primární i sekundární okruh (filterball), plnicí sestava ▪ Nerezový dvouplášťový zásobník pro ohřev teplé vody (225 l celkový objem, z toho 185 l užitková voda) ▪ Čidlo pro ohřev teplé vody ▪ Ochranná anoda v zásobníku teplé vody	218 000 Kč
Montáž kotelny, elektroinstalace, uvedení do provozu, revize plynu a elektro:	80 000 Kč
Zemní práce (svépomocí)	10 000 Kč
Zemní práce (firma)	100 000 Kč
Celková cena (Firma)	398 000 Kč
Celková cena (Svépomocí)	308 000 Kč

Tabulka 3 Instalační náklady na tepelné čerpadlo [39]

Z Tabulky 2 můžeme vidět, že instalační náklady při využití firmy se liší od nákladů, kdy si majitel vrt obstará svépomocí o 26,3 %. Tato velká úspora se může zásadně projevit při posuzování nákladů.

Pro kotel na peletky vybírám kotel firmy PONAŠT KP 10, který jsem vybral za pomoci katalogu a ceníku na přičemž jsem vycházel z Beranovského [11].

Náklady na kotel na peletky:

Kotel PONAŠT KP 10: ▪ Zásobník pelet 400 l ▪ Zásobník TUV 160 l ▪ Oběhová čerpadla WILDO ▪ Čtyřstěnný směšovač ▪ Servopohon 4 –cest. Ventil ▪ Zpětné klapky ▪ Filtry ▪ Teploměry ▪ Manometr ▪ Odvzdušňovací ventil ▪ Pokojový termostat RDE 10.1	93 500 Kč
Montáž kotelny, revize, energetický posudek, uvedení do provozu:	42 000 Kč
Stavební práce a materiál:	170 000 Kč
Celkové náklady:	306 500 Kč

Tabulka 4 Náklady na instalaci kotle na peletky [40; 41]

Náklady na ostatní zdroje určíme z článků na Tzb-info.cz

Kotel na propan	110 000 Kč
Kotel na zemní plyn	90 000 Kč
Kotel na elektřinu	50 000 Kč

Tabulka 5 Náklady na běžné zdroje energie

Pro názornost tedy zpracujeme roční náklady při jednotlivých typech vytápění. Pro výpočet cen jsme zvolili ceny z dubna 2010 (SME + SMP). Spotřebu energie pro dané typy vytápění jsem čerpal z článků na tzb-info.cz, katalogů a následně jsme je násobil cenou za kg, popř. za kWh.

6.3 Provozní náklady

Vytápění kotlem na propan

Odběr energie	Medium	Spotřeba		Cena	Náklady
Vytápění+TUV	Propan	2145	kg	25,20 Kč	54 047 Kč
Ostatní	Elektřina	4 500	kWh	4,35 Kč	19 593 Kč
Stálý plat -	Jistič 3 x 25 A	12		138,00 Kč	1 656 Kč
Celkové provozní náklady objektu					75 295 Kč

Vytápění elektrickým kotlem

Odběr energie	Medium	Spotřeba		Cena	Náklady
Vytápění+TUV	Elektřina	24 900	kWh	2,19 Kč	54 633 Kč
Ostatní - nízký tarif 20 h	Elektřina	3825	kWh	2,19 Kč	8 392 Kč
Ostatní - vysoký tarif 4 h	Elektřina	675	kWh	2,98 Kč	2 011 Kč
Stálý plat -	Jistič do 40 A	12		595,20 Kč	7 142 Kč

Celkové provozní náklady objektu **72 178 Kč**

Vytápění kotlem na zemní plyn

Odběr energie	Medium	Spotřeba		Cena	Náklady
Vytápění+TUV	Zem.plyn	31 125	kWh	1,09 Kč	34 035 Kč
Ostatní	Elektřina	4 500	kWh	4,35 Kč	19 593 Kč
Stálý plat	Jistič 3 x 25 A	12		138,00 Kč	1 656 Kč
Stálý plat	Zem.plyn	12		336,37 Kč	4 036 Kč

Celkové provozní náklady objektu **59 320 Kč**

Tabulka 6 Náklady na provoz běžných zdrojů

Vytápění kotlem na peletky

Odběr energie	Medium	Spotřeba		Cena	Náklady
Vytápění+TUV	Peletky	5 699	kg	4,00 Kč	22 707 Kč
Ostatní	Elektřina	4 500	kWh	4,35 Kč	19 593 Kč
Stálý plat	Jistič 3 x 25 A	12		138,00 Kč	1 656 Kč
Celkové provozní náklady objektu					44 046 Kč

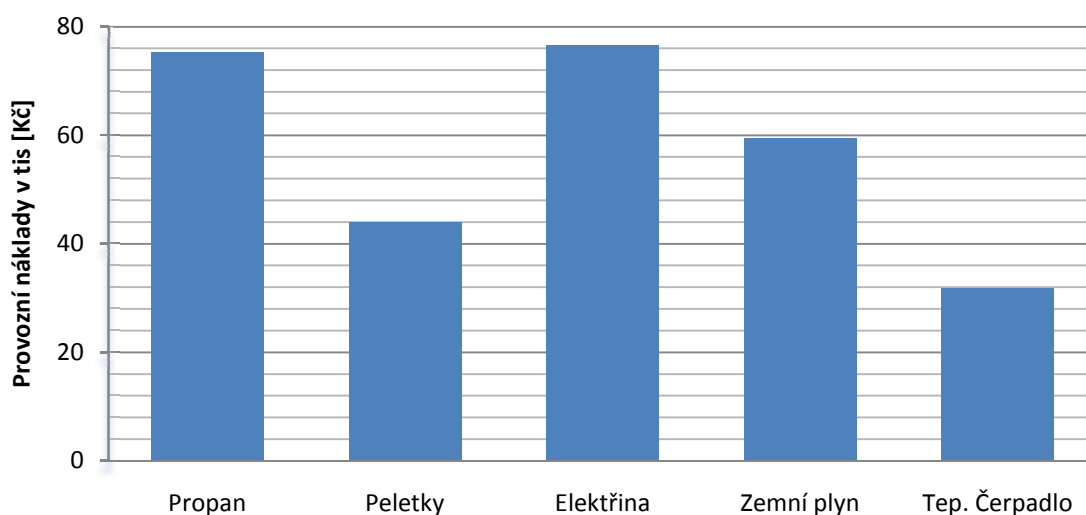
Tabulka 7 Náklady na provoz kotle na pelety

Vytápění tepelným čerpadlem

Odběr energie	Medium	Spotřeba	Cena	Náklady
Vytápění	Elektřina	5 034 kWh	2,20 Kč	11 070 Kč
Ohřev teplé vody	Elektřina	1 379 kWh	2,20 Kč	3 033 Kč
Ostatní - nízký tarif 22 h	Elektřina	4 140 kWh	2,20 Kč	9 103 Kč
Ostatní - vysoký tarif 2 h	Elektřina	360 kWh	2,93 Kč	1 053 Kč
Stálý plat -	Jistič do 32 A	12	486,00 Kč	5 832 Kč
Celkové provozní náklady objektu				30 091 Kč

Tabulka 8 Náklady na provoz tepelného čerpadla

Pro větší názornost jsme pak celkové roční náklady jednotlivých zdrojů vynesly do grafu:



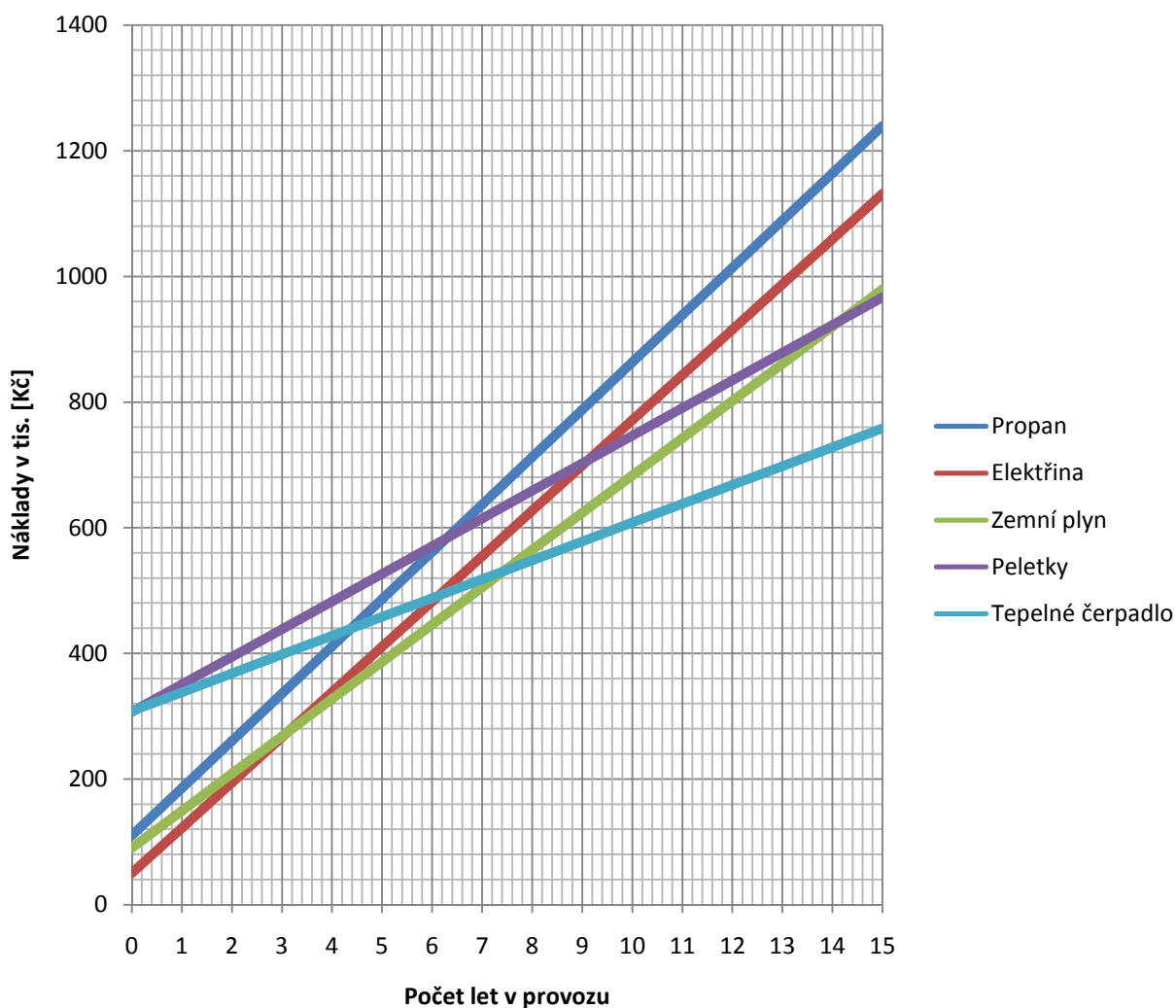
6-1 Graf porovnání ročních nákladů na provoz zdroje tepla

Z výpočtu (tabulky 6,7 a 8) a grafu 6-1 tedy vidíme, že provozní náklady na vytopení objektu jsou nejmenší v případě tepelného čerpadla, které tvoří méně než polovinu provozních nákladů zemního plynu, elektrického kotle či propanu. Pro další analýzu vyneseme roční provozní náklady spolu s náklady investičními v závislosti na počtu let, kdy je daný zdroj energie, v tomto případě energie ve formě tepla, používán. Uvažujme tedy lineární závislost, kde každý rok budou narůstat náklady na provoz jednotlivých zdrojů.

Z těchto celkových nákladů pak můžeme určit dobu, kdy dojde k vyrovnání celkových nákladů např. tepelného čerpadla v grafu 6-2, odečtením průsečíku křivky znázorňující lineárně rostoucí náklady s křivkou porovnávaného zdroje tepla k příslušné ose. Tato doba určuje, v kterém okamžiku se zdroj stal výhodnějším oproti ostatním.

6.4 Výpočet investic do zdrojů tepelné energie

Pro výpočet celkových nákladů v daném roce musíme uvažovat počáteční investiční náklady s náklady provozními, jak bylo uvedeno výše. Je zřejmé, že tepelné čerpadlo má spolu s kotlem na peletky investiční náklady dle tabulek 3,4 a 5 bezmála dvakrát větší, než jsou dané náklady u ostatních kotlen. U kotle na peletky je to dáno znevýhodněním ve formě přístavby místnosti.

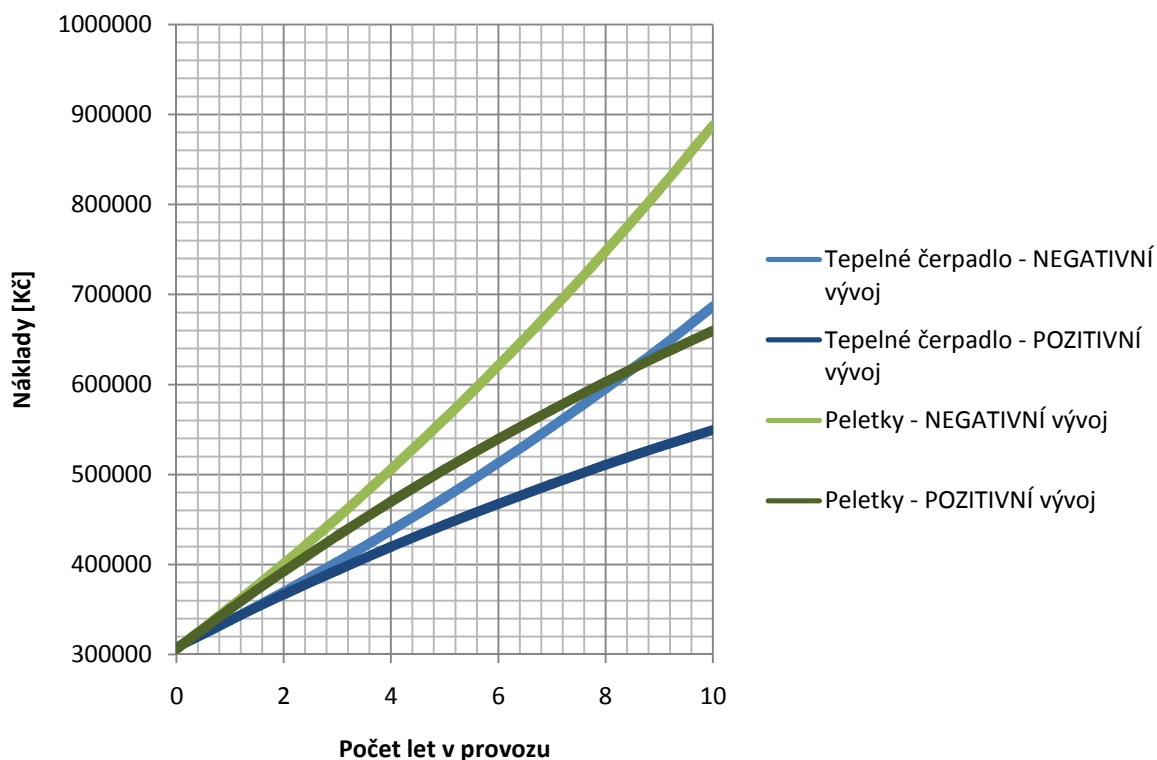


6-2 Graf závislosti růstu nákladů na počtu let provozu

V grafu 6-2 můžeme vidět, že za 15 let provozu se celkové náklady, kdy nepředpokládáme změny cen, pohybují nejnižší u tepelného čerpadla. Naopak největší náklady se pohybují u propanu a elektřiny. V grafu 6-2 také vidíme, že nejvýhodnějším obnovitelným zdrojem tepla je pro dané ceny a dané podmínky domu tepelné čerpadlo, což potvrdilo předpoklad. Dále z grafu 6-2 odečteme dobu vyrovnání nákladů tepelného čerpadla vůči ostatním zdrojům. Ta se pohybuje od velmi výhodných 4,8 roku v případě propanu k 7,2 roku v případě zemního plynu.

Doba vyrovnání nákladů u peletek se pohybuje pak až od 6,8 let, když porovnáváme s propanem a za hranicí 14 let, pokud porovnáváme se zemním plynem.

Hlavním problémem pro posuzování nákladů je možná variabilní odchylka každého zdroje závislá na vývoji cen. Cena totiž může být zkreslena jakýmkoli regulováním nebo vývojem nových technologií a tato odchylka může významně ovlivnit chování křivek. Je zde tedy prakticky vždy riziko, že daný zdroj nebude, i při velmi pozitivních výsledcích analýz více úsporný než jiný, viz graf 6-3.



6-3 Graf znázorňující příklad různých scénářů

Pro lepší představu o možnosti chování zdrojů můžeme sestavit analýzu, ve které budeme uvažovat výkyvy modelů v určité zvolené oblasti. Při této analýze tedy vycházíme z faktu, že chování každého reálného systému se mění v čase díky vlivům tržního prostředí.

V grafu 6-3 jsme vynesli názorné scénáře, které by mohly ovlivnit, zda-li bude tepelné čerpadlo opravdu výhodné. Volili jsme dva zdroje, které byly nejvýhodnější z hlediska celkových nákladů tj. tepelné čerpadlo a peletky. Jako první je zde situace negativního vývoje. Tato situace znamená, že ceny, jak peletek, tak elektrické energie, stoupají, a to o +7 % za rok. V tomto scénáři vidíme jak se úhel mezi tečnami křivek zvětšuje, nevznikne tedy bod na ose udávající počet let, kdy funkční hodnota křivky peletek bude menší než el. energie. Ve scénáři pozitivního vývoje dochází k vytvoření inverzních křivek ke křivkám negativního vývoje. Platí pro ně tedy podobné závěry.

Nejzajímavější z vývojových scénářů by byl pozitivní vývoj na trhu peletek a negativní vývoj elektrické energie, jelikož by po okamžiku střetu přímek peletky byly výhodnější než tepelné čerpadlo. Tento výsledek však není z hlediska dlouhodobého plánování nijak významně podstatný, jelikož by cena peletek musela klesnout na přibližně 50 %, což vzhledem k ekonomickým vlivům je velmi nepravděpodobné.

Dalším problémem je zahrnování životnosti zdrojů. Pro příklad zde, při ideálních podmínkách a při zahrnutí pouze 15 let provozu vychází tepelné čerpadlo jako nejlevnější topný zdroj i přes velkou počáteční investici, ale jeho životnost může skokově ovlivnit průběh grafu. Každých 20 let mohou náklady stoupnout o přibližně 200 000 Kč. Z grafu 6-2 můžeme vyvodit, že tepelné čerpadlo po 20 letech provozu má prostor pro zahrnutí takovýchto nákladů, bez následného znehodnocení provedené analýzy určující, že nejméně nákladný zdroj tepla v konkrétním případě je tepelné čerpadlo.

Můžeme také uvažovat vývoj technologií, který je doprovázen snížením cen technologií dnešních. Náklady na koupi tepelného čerpadla budou nižší a rozdíl nákladů mezi zdroji bude, jak napovídají směrnice přímek v grafu 6-2, vždy dostatečně velký pro pokrytí investice do nového tep. čerpadla.

Tepelné čerpadlo se pro daný dům jeví jako nejvýhodnější zdroj tepla.

7 Závěr

Záměrem práce bylo vypracovat rešerši obnovitelných zdrojů energie a aplikovat dané poznatky na rodinný dům. Z hlediska velikosti obsahové stránky práce se část rešeršní pouze dotýká hlavních věcí obnovitelných zdrojů energie pro rodinné domy. Rešeršní práce však i přes svou stručnou stránku nabízí laikovi v odvětví obnovitelných zdrojů energie zjistit, co jsou to obnovitelné zdroje, jak se dělí a jak pracují. Ve zhodnocovací části jsme zdroje stručně hodnotili a předkládaly klady i zápory. Tuto část, kterou jsem umístil vždy na konec kapitoly obnovitelného zdroje, jsem uváděl na základě článků ve specializovaných časopisech či knihách nebo na takto orientovaných webových serverech. Zjistil jsem, že každý obnovitelný zdroj by měl být pečlivě zvážen, aby investované prostředky byly co nejlépe využity, čili aby navržené zařízení mělo požadované parametry, protože např. u větrné energie, kde míra konzistence větru může být narušena i výškovou budovou stavěnou v blízkosti, nebo hladina hluku bude přesahovat zákonem dané hranice. U solární energie (fotovoltaika) by bez zapojení do veřejné sítě ušetření nákladů také probíhalo velmi pomalu. Toto vše se zjistilo komparací a selekcí jednotlivých uvedených zdrojů s následným výpočtem, se kterým se pracuje v části druhé. Dalším zjištěním při tvorbě rešeršní části bylo zjištění aktuálního dění na poli fotovoltaických elektráren, které k datu 28.5.2010 nemá zásadní vyřešení a zcela zásadně tedy ovlivní vývoj podnikatelských záměrů v ČR v blízké době.

Druhá část práce zpracovává konkrétní aplikaci obnovitelných zdrojů na daný dům, ale z důvodu obsáhlosti práce a z části, jak nevhodnosti pro zvolený dům zdrojů, tak i estetického a praktického limitu, byla zúžena na dva hlavní zdroje energie. Z těchto dvou jsme na základě ideálních podmínek vybrali tepelné čerpadlo, jelikož mělo nejmenší náklady ze všech komparovaných zdrojů tepelné energie pro domy. Výsledky druhé části tedy poskytly údaje postačující pro základní odhad pro posouzení nákladů investic do 15 let.

8 Bibliografie

1. Trnavský, Jiří; Ďuríková, Kamila. Energie z přírody. *Home časopis*. [Online] 2009. 10 19. [Citace: 2009. 12 21.] <http://www.casopishome.cz/web/cz/clanky/9764/energie-z-prirody>.
2. Bufka, Aleš; Bechník, Bronislav. Přehled rozvoje obnovitelných zdrojů energie. *tzb-info*. [Online] 8. 3 2010. <http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=6296&h=12&pl=49>.
3. Wikipedie. Obnovitelný zdroj energie. *Wikipedie*. [Online] (Nedatováno). http://cs.wikipedia.org/wiki/Obnoviteln%C3%BD_zdroj_energie.
4. Johnson, Gary. Wind energy systems. *Rainbow Power Company Ltd*. [Online] 29. 1 2004. [Citace: 5. 4 2010.] <http://www.rpc.com.au/products/windturbines/wind-book/WindTOC.html>.
5. Hau, Eric. *Wind Turbines*. Berlin : Springer, 2006. ISBN-10 3-540-24240-6.
6. Sathyajith, Mathew. *Wind Energy Fundamentals, Resource Analysis and Economics*. Berlin : Springer, 2006. ISBN 10 3-540-10905-5.
7. Ackermann, Thomas. *Wind Power in Power Systems*. Stockholm : John Wiley & Sons, Ltd, 2005. ISBN 0-470-85508-8 (HB).
8. http://www.casopisstavebnictvi.cz/UserFiles/Image/2009/0901/66_graf-zavislosti-vykonu.jpg. [Online]
9. Česenek, Vladimír. Porovnání jednotlivých obnovitelných zdrojů energie ve vztahu k elektrické síti. *Litovanské občanské sdružení větrníků*. [Online] 7. 11 2007. [Citace: 5. 4 2010.] http://www.litovany.ic.cz/index_soubory/down/s4_03.pdf.
10. Spvez. Větrné elektrárny. *Spvez*. [Online] [Citace: 5. 4 2010.] (Nedatováno). <http://www.spvez.cz/pages/vitr.htm>.
11. Beranovský, Jiří; Truxa; Jan. *Alternativní zdroje energie pro Váš dům*. Brno : EkoWATT :ERA, 2004. str. 45. ISBN 80-86517-89-6.
12. Nazeleno.cz. Cena elektřiny 2010. *Nazeleno.cz*. [Online] [Citace: 2010. 4 20.] (Nedatováno). <http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/cena-elektriny-2010-nejlevnejsi-je-cez-s-4-35-kc-kwh-nejvice-usestrime-s-pre.aspx>.
13. Ústav fyziky atmosféry. Výzkum vhodnosti lokalit v ČR z hlediska zásob větrné energie a zpracování metodiky pro posuzovací a schvalovací řízení při zavádění větrných elektráren. [Online] <http://www.ufa.cas.cz/>.

14. Alternativní zdroje energie. Výroba energie z biomasy. *Alternativní zdroje energie*. [Online] [Citace: 5. 4 2010.] (Nedatováno). <http://www.alternativni-zdroje.cz/vyroba-energie-biomasa.htm>.
15. Lee, Sunggyu. *Handbook of alternative fuel technologies*. místo neznámé : CRC Press, 2007. ISBN-10 0824740696.
16. Matuška, Tomáš. *Tepelná čerpadla (přednáška)*. Praha : ČVUT Fakulta strojní, 2009.
17. Gibilisco, Stan. *Alternative energy demystified*. New York : McGraw Hill, 2007. ISBN 0-07-159263-6.
18. Matuška, Tomáš. Energetické využití biomasy (přednáška). Praha:ČVUT Fakulta strojní, 2009.
19. Bechník, Bronislav. [Internet] 14.9.2009, [20.2.2010].<<http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=5902>>.
20. Novák, Libor. *Topení kusovým dřevem je nejlevnější, ale ... (?)*. [Internet] 12.5.2008, [20.2.2010].<<http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4844&h=205&pl=49>>.
21. Gevorkian, Peter. *Alternative Energy Systems in Building Design*. místo neznámé : The McGraw-Hill Companies, 2009. ISBN 978-0-07-162524-1.
22. Meduna, Ivo. Porovnání tepelných čerpadel. *toplevne.cz*. [Online] [Citace: 5. 4 2010.] (Nedatováno). <http://www.toplevne.cz/porovnani-tepelnych-cerpadel>.
23. E.ON. Tepelná čerpadla. *e.on*. [Online] [Citace: 5. 4 2010.] (Nedatováno). http://www.eon.cz/file/cs/customers/citizen/customer_service/Tepelna_cerpadla.pdf.
24. AEG. *Jak tepelné čerpadlo pracuje*. [Internet] 2007, [20.2.2010].<<http://www.aeg-tepelnacerpadla.cz/?page=jak-tepelne-cerpadlo-skutecne-funguje>>.
25. Hořejší, Miroslav. *Tepelná čerpadla pro každého*. [Internet] 3.5.2002, [20.2.2010].<<http://stavba.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=974>>.
26. i-Ekis. Energie slunce - sluneční teplo, ohřev vody a vzduchu. *i-Ekis*. [Online] [Citace: 5. 4 2010.] (Nedatováno). <http://www.i-ekis.cz/?page=slunce-teplo>.
27. <http://www.chmi.cz/meteo/ok/atlas/uvod.html>. [Online]
28. Solarhaus.cz. Co je to fotovoltaika? *Solarhaus.cz*. [Online] [Citace: 5. 4 2010.] (Nedatováno). <http://www.solarhaus.cz/co-je-fotovoltaika>.
29. Czech Solar. Technologie a vývoj PV panelů. *Czech Solar*. [Online] (Nedatováno). <http://www.czechsolar.cz/fotovoltaika/technologie-a-vyvoj-panelu/>.

30. Czech RE Agency. Fotovoltaika pro každého. *Czech RE Agency*. [Online] [Citace: 10. 4 2010.] (Nedatováno). <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika>.
31. Matuška, Tomáš. Ústav techniky prostředí. ČVUT. [Online] [Citace: 11. 4 2010.] (Nedatováno). http://www.stavebnetabulky.sk/PDF/vykurovanie_11-1/solarni%20soustavy%20-%20Matuska.pdf.
32. Solarhaus.cz. Sluneční elektrárny mají utrum, pokud nejsou na střeše. *Solarhaus.cz*. [Online] 24. 2 2010. [Citace: 9. 4 2010.] <http://www.solarhaus.cz/slunecni-elektrarny-maji-utrum-pokud-nejsou-na-strese.html>.
33. Ekologické bydlení. Fotovoltaika a solární elektrárny u nás v roce 2009 - 2011. *Ekologické bydlení*. [Online] 3.2 2010. [Citace: 11. 4 2010.] <http://www.ekobydleni.eu/solarni-energie/fotovoltaika-a-solarni-elektrarny-u-nas-v-roce-2009-2011>.
34. Gonda, Jan. Vše o solárních kolektorech. *Energie bydlení.cz*. [Online] 7. 8 2009. [Citace: 19. 4 2010.] <http://www.energiebydleni.cz/energie/solarni-energie/30-vse-o-solarnich-kolektorech>.
35. Wikipedia the free encyclopedia. Vodní energie. *Wikipedia the free encyclopedia*. [Online] [Citace: 5. 4 2010.] (Nedatováno). http://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_energie.
36. i-Ekis. Energie vody. *i-Ekis*. [Online] [Citace: 13. 4 2010.] (Nedatováno). <http://www.i-ekis.cz/?page=voda>.
37. Energetický poradce PRE. Energie vody. *Energetický poradce PRE*. [Online] [Citace: 19. 4 2010.] (Nedatováno). <http://www.energetickyporadce.cz/obnovitelne-zdroje/energie-vody.html>.
38. Novák, Libor. Vodní energie (I) - zdroje vodní energie. *Tzb-info.cz*. [Online] 6. 11 2006. [Citace: 19. 4 2010.]
39. IVT tepelná čerpadla. Průvodce výběrem tepelného čerpadla. *www.cerpadla-ivt.cz*. [Online] [Citace: 20. 4 2010.] (Nedatováno). <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/pruvodce-vyberem-tepelneho-cerpadla>.
40. Atmos Morava. Atmosmorava Ceník. *www.atmosmorava.cz*. [Online] 2009 - 2010. [Citace: 20. 4 2010.] <http://www.atmosmorava.cz/cenik.php>.
41. Espoko. Typový projekt - Novostavby: jednogenerační RD. *Espoko.esel*. [Online] 2007. [Citace: 20. 4 2010.] <http://espoko.esel.cz/stranka.aspx?idstranka=2688>.

42. Wikipedia the free encyclopedia. Vodní elektrárna. *Wikipedia the free encyclopedia*. [Online] [Citace: 5. 4 2010.] (Nedatováno). http://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_elektr%C3%A1rna.
43. Vodní a tepelné elektrárny. Vodní elektrárny v ČR. *Vodni-tepelne-elektrarny*. [Online] [Citace: 5. 4 2010.] (Nedatováno). <http://www.vodni-tepelne-elektrarny.cz/vodni-elektrarny-cr.htm>.
44. Kos, Michal. Vodní energie. *Energeticky.cz*. [Online] [Citace: 5. 4 2010.] (Nedatováno). <http://www.energeticky.cz/64-vodni-energie.html>.
45. ISOFEN Energy. Fotovoltaika v podmínkách České republiky. *Isofenenergy*. [Online] [Citace: 5. 4 2010.] (Nedatováno). <http://www.isofenenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>.
46. AB Facility Services. Energie vody. *AB Facility Services*. [Online] [Citace: 13. 4 2010.] (Nedatováno). <http://www.abfacility.com/index.php/component/content/article/20-energ-/66-energie-vody.html>.
47. <http://www.vodni-vetrne-elektrarny.cz/cz/images/vetrna-elektrarna-schema.jpg>. [Online]
48. http://www.stavebnictvi3000.cz/obr/clanky2/2008_11_atmos_6.jpg. [Online]
49. maps.google.com. [Online]] [Citace: 13. 4 2010.] (Nedatováno).

9 Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 Příklady výhřevnosti jednotlivých možných zdrojů	23
Tabulka 2 Naměřené hodnoty tepelných ztrát	42
Tabulka 3 Instalační náklady na tepelné čerpadlo [39].....	43
Tabulka 4 Náklady na instalaci kotle na peletky [40; 41]	44
Tabulka 5 Náklady na běžné zdroje energie	44
Tabulka 6 Náklady na provoz běžných zdrojů.....	45
Tabulka 7 Náklady na provoz kotle na pelety	45
Tabulka 8 Náklady na provoz tepelného čerpadla	46

10 Seznam použitých ilustrací

0-1 Satelitní pohled na vybraný dům pořízený v roce 2006 [49]	13
1-1 Situování větrné elektrárny v krajině.....	14
1-2 Schéma větrné elektrárny [47].....	15
1-3 Příklad výkonové křivky větrné elektrárny [8]	16
1-4 Mapa průměrné rychlosti větru v ČR [13]	17
1-5 Obrázek odhadnutí průměrné rychlosti větru	19
2-1 Schéma rozdělení biomasy	20
2-2 Řez zplyňovacím kotlem [48]	22
2-3 Vliv vlhkosti na výhřevnost u dřeva [8]	23
3-1 Schéma provozních režimů tepelného čerpadla	30
4-1 Schéma využití solárního záření.....	32
4-2 Mapa ročního úhrnu slunečního záření v ČR [27]	33
4-3 Příklad fotovoltaického panelu.....	34
4-4 Umístění fotovoltaiky	36
4-5 Řez fototermickým panelem	36
4-6 Schéma dělení fototermických kolektorů	37
6-1 Graf porovnání ročních nákladů na provoz zdroje tepla.....	46
6-2 Graf závislosti růstu nákladů na počtu let provozu	47
6-3 Graf znázorňující příklad různých scénářů	48