VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

Využití alternativních zdrojů elektrické energie pro napájení rodinného domu

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE **JAN VARMUŽA**
AUTHOR

BRNO 2008

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student:	Varmuža Jan	***ID:***	77891
Ročník:	3	***Akademický rok:***	2007/2008

NÁZEV TÉMATU:

Využití alternativních zdrojů elektrické energie pro napájení rodinného domu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Problematika ochrany životního prostředí vzhledem k výrobě elektrické energie
2. Dostupné zdroje energie a jejich srovnání
3. Návrh malého zdroje pro rodinný dům
4. Zhodnocení možnosti využití obnovitelných zdrojů v ČR

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího

Termín zadání:	17.12.2007	***Termín odevzdání:***	4.6.2008

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práve třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Jan Varmuža

Bytem: Pod Břehy 25, 69106, Velké Pavlovice

Narozen/a (datum a místo): 18.12.1985, Hustopeče

(dále jen "autor")

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

se sídlem Údolní 244/53, 60200 Brno 2

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.

(dále jen "nabyvatel")

Článek 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

   ☐ disertační práce

   ☐ diplomová práce

   ☑ bakalářská práce

   jiná práce, jejíž druh je specifikován jako .....

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Využití alternativních zdrojů elektrické energie pro napájení rodinného domu

Vedoucí/školitel VŠKP: doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Ústav: Ústav elektroenergetiky

Datum obhajoby VŠKP: 17. 6. 2008

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

☑ tištěné formě - počet exemplářů 1

☑ elektronické formě - počet exemplářů 1

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.

4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2
Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizovaní výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
   - ☑ ihned po uzavření této smlouvy
   - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
   - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
   - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
   - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy

   (z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3
Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísni a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 3.6.2008

....

Nabyvatel Autor

Bibliografická citace práce:

VARMUŽA, J. Využití alternativních zdrojů elektrické energie pro napájení rodinného domu. Diplomová práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2008, 52 stran.

Prohlašuji, že jsem svou **diplomovou práci (bakalářskou práci)** vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

……

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

Využití alternativních zdrojů elektrické energie pro napájení rodinného domu

Jan Varmuža

vedoucí: doc. Ing. Petr Tonam, Ph. D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2008

Brno

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Faculty of Electrical Engineering and Communication

Department of Electrical Power Engineering

Master's Thesis

Using of Renewable Energy Sources for Family House Supply

by

Jan Varmuža

Supervisor: doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Brno University of Technology, 2008

Brno

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá zhodnocením a analýzou současného stavu obnovitelných zdrojů energie a postojem EU k nim. Je zde provedeno srovnání obnovitelných zdrojů biomasa, voda, vítr, Slunce a energie prostředí. U jednotlivých zdrojů je uvedeno podrobnější rozdělení. Dále jsou uvedeny různé způsoby jejich získávání a přeměny. Také je zde uvedeno, která zařízení k dané přeměně používají a jejich správné umístění.

V praktické části je provedeno srovnání fotovoltaických (solárních) panelů z polykrystalického a monokrystalického křemíku a hydroizolační fólie EVALON SOLAR z hlediska vyrobené energie. Dále je provedena finanční analýza jednotlivých systému a provedeno srovnání s výnosem při vložení proinvestované částky (pořizovací ceny systému) do banky a termínovaný vklad a do investičního akciového fondu.

Na základě technické analýzy je lepší systém z monokrystalického křemíku. Na základě vyhodnocení finanční analýzy je jako vhodnější systém z polykrystalického křemíku.

Pro investora je důležitější ekonomické hledisko, z toho důvodu bude mu doporučen k realizaci systém z polykrystalického křemíku.

KLÍČOVÁ SLOVA: Obnovitelný zdroj, energie, využití, biomasa, voda, vítr, Slunce, fotovoltaický systém, státní dotace, návratnost.

ABSTRACT

This work is concerned to analysis and evaluation of present recoverable energy resources and position EU to them. In study is provided comparison of recoverable resources (biomass, water, wind, environment energy, and sun). The details are noted for all single cases. As the next addition are included various techniques „how to obtain and convert them“. In study are also noted which necessary equipments must be used and their proper location.

In practical part is done comparison of barrier-layer photocell from polycrystalline and monocrystalline silicon and water insulating foil „EVALON SOLAR“. For comparison was taken only produced energy. Next step was financial analysis of each single system and comparison with pay-off in case that invested sum (actual price) was placed to bank under time deposit and share capital fund.

During analysis of financial evaluation was found, that more suitable is system from polycrystalline silicon.

Because of investors main condition is financial aspect, so for realization will be recommended system from polycrystalline silicon.

KEY WORDS: Renewable resources, biomass, water, wind, Sun, solar system, state grant, usage, economic return

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ 10
SEZNAM TABULEK 11
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK 12
ÚVOD 13
CÍL PRÁCE 14
1 ENERGIE BIOMASY 15
1.1 Rozdělení biomasy a jejich produktů 15
1.2 Technologie pro zpracování a přípravu biomasy ke spalování 16
1.2.1 Termochemická přeměna 16
1.2.1.1 Spalování 16
1.2.1.2 Pyrolýza 16
1.2.1.3 Zplyňování 16
1.2.2 Biochemická přeměna 16
1.2.2.1 Bioetanol 17
1.2.2.2 Skládkové plyny 17
1.2.2.3 Bioplyn 17
1.2.3 Mechanicko - chemická přeměna 17
1.2.3.1 Bionafta 17
1.3 Pěstování biomasy pro energetické účely 18
1.4 Vliv vlhkosti na výhřevnost biomasy 19
1.5 Využití biomasy pro vytápění budov 19
2 ENERGIE VODY 21
2.1 Základní části vodního díla 21
2.2 Typy nejčastěji používaných vodních turbín 21
2.3 Kritéria pro vhodný výběr lokality 22
2.4 Nové trendy při realizaci malé vodní elektrárny 22
2.5 Přečerpávací elektrárny 23
3 ENERGIE VĚTRU 24
3.1 Přírodní podmínky 24
3.2 Možnosti využití 26
3.3 Základní části větrné elektrárny 26
3.4 Výběr vhodných lokalit 28
3.5 Vliv větrných elektráren na životní prostředí 28
4 ENERGIE SLUNCE 30
4.1 Fototermální přeměna 30
4.1.1 Přírodní podmínky 30
4.1.2 Základní části solárního systému 30
4.1.3 Výběr vhodných lokalit a dimenzování 31
4.1.4 Rozdělení solárních systémů 32
4.2 Fotovoltaická přeměna 32
4.2.1 Materiály pro výrobu fotovoltaických panelů 33
4.2.2 Přírodní podmínky 34
4.2.3 Rozdělení solárních systémů 34
4.2.4 Výběr vhodných lokalit a dimenzování 34

5 ENERGIE PROSTŘEDÍ 36
5.1 Tepelné čerpadlo 36
5.1.1 Zdroje tepla 36
5.1.2 Přehled systémů 38
5.1.3 Bivalentní provoz tepelného čerpadla 38
5.1.4 Výhody a nevýhody tepelných čerpadel 39
6 NÁVRH FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU 40
6.1 Polykrystalický křemíkový fotovoltaický panel SHARP ND162E1 – 162 40
6.1.1 Technické výpočty 40
6.1.2 Náklady 41
6.2 Monokrystalický křemíkový fotovoltaický panel SHARP NUSOE3E – 180 42
6.2.1 Technické výpočty 42
6.2.2 Náklady 43
6.3 Hydroizolační fólie EVALON SOLAR 43
6.3.1 Technické výpočty 43
6.3.2 Náklady 44
6.4 Finanční analýza a návratnost investic 44
6.4.1 Systém z polykrystalických panelů SHARP ND162E1 – 162 45
6.4.2 Systém z monokrystalických panelů SHARP NUSOE3E – 180 46
6.4.3 Systém z hydroizolačních fólií EVALON SOLAR 47
6.5 Investice do termínovaných vkladů a investičních akciových fondů 48
6.5.1 Termínovaný vklad 48
6.5.2 Investiční akciové fondy 48
6.6 Vyhodnocení 49
ZÁVĚR 52
POUŽITÁ LITERATURA 53

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1: Schéma bioplynové stanice s kontinuálním provozem 18
Obr 3.1: průměrné roční rychlosti větru v m/s na území ČR podle modelu VAS 26
Obr. 3.2: Hustota výkonu větru ve výšce 40 m na území ČR Hybridní model VAS/WAsP 26
Obr 3.3: Bezpřevodovková větrná elektrárna Enercon E 82 - 2,0 MW 27
Obr. 3.4: Převodovková větrná elektrárna 27
Obr. 4.1: Dvouokruhový solární systém s nuceným oběhem 31
Obr. 4.2: Jeden článek fotovoltaického panelu 33
Obr 4.3: Monokrystalický a barevné multikrystalické křemíkové solární články 33
Obr. 4.4: Vývoj množství nainstalovaných fotovoltaických systémů podle typu 35
Obr. 4.5: Vývoj roční produkce fotovoltaických panelů v MW celosvětově a v jednotlivých regionech 35
Obr. 5.1: Princip tepelného čerpadla 36
Obr. 5.2: Tepelné čerpadlo vzduch/voda s výměníkem vně budovy 37
Obr. 5.3: Tepelné čerpadlo vzduch/voda využívající odpadní teplo 37
Obr. 5.4: Tepelné čerpadlo využívající sací a vsakovací studny 37
Obr. 5.5: Tepelné čerpadlo využívající podzemní vody 37
Obr. 5.6: Tepelné čerpadlo s kolektorem umístěným pod povrchem 38
Obr. 5.7: Tepelné čerpadlo s kolektorem umístěným v hlubinném vrtu 38

SEZNAM TABULEK

Tab. 1-1 Rozdělení technologií zpracování a přípravy biomasy ke spalování.....15
Tab. 3-1 Instalovaný výkon ve větrných elektrárnách koncem roku 2004 24
Tab. 3-2 Výroba elektřiny v ČR v roce 2006 25
Tab. 4-1 Orientační dimenzování velikosti solárního systému s plochými kapalinovými kolektory pro ohřev teplé vody.....32
Tab. 4-2 Průměrné hodnoty výroby elektrické energie, kterou lze získat z monokrystalického panelu s výkonem 110 W v jednotlivých měsících v podmínkách České republiky. 34
Tab. 5-1 Rozdělení podle ochlazovaného a ohřívaného média 38
Tab. 6-1 Vstupní a výstupní parametry střídače SB 3800 41
Tab. 6-2 Výsledné hodnoty 50

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

ρ	hustota	$kg \cdot m^{-3}$
a	délka	m
b	šířka	m
m	hmotnost	kg
n	počet	1
t_{bd}	návratnost bez dotace	rok
t_{sd}	návratnost s dotací	rok
w	rychlost vzduchu	$m \cdot s^{-1}$
A	energie	kWh
A_1	energie vyrobená za 1 rok	kWh
A_{p1}	přebytek energie za 1 rok	kWh
A_{s1}	spotřebovaná energie za 1 rok	kWh
C_{bd}	cena bez dotace	Kč
C_{pe}	cena přebytku energie	Kč
C_{sd}	cena s dotací	Kč
C_{ue}	cena ušetřené energie	Kč
C_{ve}	cena vyrobené energie	Kč
C_{ZB}	cena cezených bonusů	Kč
I	vstupní proud střídače	A
I_1	proud jednoho panelu	A
O	náklady na opravy a údržbu	Kč
P_c	celkový výkon	W
P_{c1}	výkon jednoho panelu	W
P_w	výkon větru	kW
S	plocha	m^2
U_0	napětí na prázdno	V
U_{01}	napětí jednoho panelu	V
U_{MPP}	napětí při maximálním zatížení	V
W_a	absolutní vlhkost dřeva	%
W_r	relativní vlhkost dřeva	%
Z	zisk	Kč

ÚVOD

Každý den se setkáváme s nejrůznějšími druhy energie, které využíváme k životu, práci a zabezpečení svých potřeb. Zvlášť si můžeme povšimnout, že elektrická energie je jedním z pilířů, na kterém stojí naše společnost a veškerý její pokrok. V poslední době jsme svědky toho, že v okolních státech začíná být elektrické energie nedostatek a můžeme vypozorovat, jak ceny energií neustále narůstají, a zdá se, že tento trend bude do budoucna pokračovat. Dochází uhlí, na kterém stojí zvlášť u nás výroba elektrické energie a rovněž se tenčí světové zásoby ropy. Stále zřetelněji je též vidět snahy každé vyspělé země o zbavení energetické závislosti na dovozu surovin ze zahraničí. V neposlední řadě je zde problematika čistoty životního prostředí a jeho znečišťování. Nyní se výroba veškerých druhů energie podílí asi z 80% na produkci skleníkových plynů v rámci celé Evropské unie. Evropská unie se tedy zavázala ke snížení emisí skleníkových plynů a to tak, aby se globální teplota nezvýšila o více než 2°C ve srovnání s dobou před průmyslovou revolucí. [1] Proto dnes Evropská unie prostřednictvím různých fondů podporuje výstavbu zdrojů energie, které využívají obnovitelné zdroje a zároveň nevypouští žádné nebo jen minimum škodlivin do ovzduší. Obdobně i Česká republika podporuje výstavbu těchto zdrojů pomocí dotací, které lze na dané projekty čerpat. Tímto způsobem řešíme zejména zvýšení energetické nezávislosti, snížení produkce skleníkových plynů a v neposlední řadě také dochází k decentralizaci zdrojů a tím i menším ztrátám, neboť místo výroby je blíže místu spotřeby a zmenšují se ztráty při přenosu energie. Rok od roku roste spotřeba elektrické energie v rámci Evropské unie přibližně o 1,5%, to s sebou nese rostoucí investice do renovací, inovací stávajících zdrojů elektrické energie, ale samozřejmě i do výstavby nových zdrojů elektrické energie. Bohužel tyto investice se s velkou pravděpodobností promítnou do cen energií, což přináší další problém, kterým je konkurenceschopnost na trhu s energiemi. Jelikož v dnešní době je pro většinu investorů přednější cena, za kterou musí nakoupit a provozovat dané technologie, nemůžeme se tedy divit, že využívají zavedených a levných technologií využívajících uhlí, uhlovodíku atd. před dražšími technologiemi využívající obnovitelných zdrojů. Naštěstí v posledních letech dochází k postupnému obracení tohoto trendu a na základě posouzení současného technického pokroku se Evropská unie zavázala ke zvýšení podílu energie z obnovitelných zdrojů na celkové skladbě zdrojů energie ze současných necelých 7% na 20% do roku 2020. Hlavním cílem je tedy snížení produkce skleníkových plynů, čehož lze dosáhnout několika způsoby. Například zvýšením energetické účinnosti. Toto opatření by podle Mezinárodní agentury pro energii IEA mohlo snížit emise CO_2 až o 20%. Druhý způsob spočívá v použití biopaliv 2. generace, přímořských zdrojů a energie větru na výrobu elektrické energie. A za třetí je potřeba, aby se doprava přeorientovala na použití biopaliv 2. generace a vodíkových palivových článků. Na základě těchto poznatků je jasné, že větší využití alternativních zdrojů energie je teprve před námi. Máme k dispozici mnoho obnovitelných zdrojů, jenž se nám nabízí prakticky zadarmo, aniž musíme investovat prostředky do jejich úpravy tak, aby se dali zpracovat. Takovým zdrojem je například Slunce nebo vítr. Máme též k dispozici i jiné zdroje, jakými je třeba biomasa nebo bioplyn, avšak zde již musíme nějaké prostředky investovat do jejich výroby a zpracování. Jejich výhodou je to, že jde o zdroje nevyčerpatelné, a tudíž je můžeme využívat za určitých předpokladů stále. Proto se touto otázkou zabýváme.

Výhodou těchto zdrojů je i to, že jejich využívaní a výroba nemají takový devastující účinek na krajinu, přírodu a životní prostředí jako je tomu třeba u těžby a výroby energie z uhlí.

CÍL PRÁCE

Cílem této práce je provést analýzu současných obnovitelných zdrojů elektrické energie. Provede se výhled jejich použití do budoucna včetně postoje EU k obnovitelným zdrojům. Zaměří se na podrobnější rozdělení jednotlivých zdrojů a jejich lokalizaci. Bude se rovněž zabývat zařízeními na přeměnu alternativních zdrojů a jejich správným umístěním. V praktické části bude provedeno srovnání tří fotovoltaických systému, provedena finanční analýza s následným vyhodnocením a doporučena realizace nejvhodnějšího systému podle požadavků investora.

1 ENERGIE BIOMASY

Biomasa je hmota organického původu, která by nemohla existovat bez sluneční energie. Někdy se též definuje jako substanci organického původu, která je buď cíleně pěstována, nebo se jedná o opady ze zemědělské, potravinářské či lesnické produkce [2].
Z energetického hlediska se může energie obsažená v biomase získat téměř výhradně jejím spalováním. Biomasa se může spalovat buď přímo, nebo její kapalné a plynné produkty z jejího zpracování.

1.1 Rozdělení biomasy a jejich produktů:

a) Podle technologie zpracování a přípravy ke spalování - viz. tab. 1-1
b) Podle fyzikální podstaty biopaliv : - tuhá biomasa,
- kapalná biomasa,
- plynná;

c) Podle druhu biomasy:
- odpadní:
  - rostlinné odpady - odpady ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny (řepková, obilná, kukuřičná sláma, seno…),
  - lesní odpady - odpad po lesní těžbě a nevyužitá stromová hmota (kůra, větve),
  - organické odpady z průmyslových výrob - odpady dřevařských podniků, jatek, mlékáren, lihovarů, konzerváren,
  - odpady ze živočišné výroby -hnůj, kejda, zbytky krmiv,
  - komunální organické odpady - kaly, organický tuhý odpad;
- záměrně pěstovaná k energetickým účelům:
  - lignocelulózové plodiny - dřeviny, obiloviny, travní porosty, ostatní rostliny,
  - olejnaté plodiny -řepka olejná, slunečnice len dýně na semeno,
  - škrobno-cukernaté - brambory, cukrová řepa, obilí (zrno), kukuřice;

Tab. 1-1 Rozdělení technologií zpracování a přípravy biomasy ke spalování [3]

termo-chemická přeměna	Spalování
	pyrolýza (produkce plynu, oleje)
	zplyňování (produkce plynu)
bio-chemická bio-chemická	fermentace, alkoholové kvašení (produkce etanolu)
	anaerobní vyhnívání, metanové kvašení (produkce bioplynu)
mechanicko-chemická přeměna	lisování olejů (produkce kapalných paliv, oleje)
	esterifikace surových bio-olejů (výroba bionafty a přírodních maziv)
	štípání, drcení, lisování, peletace, mletí (výroba pevných paliv)

1.2 Technologie pro zpracování a přípravu biomasy ke spalování

1.2.1 Termochemická přeměna

Přímé spalování biomasy se v současné době využívá decentralizovaně v malých lokálních topeništích, rodinných domech atd. V menší míře se využívá jako zdroje pro větší spotřebitele jako blokové kotelny, závody s centrálním zásobováním teplem…

1.2.1.1 Spalování

Biomasa je složité palivo, které při spalování z velké části zplyňují. Při velkých teplotách dochází k uvolňování hořlavé plynné složky, které mají různé teploty spalování. Stává se tedy, že ve skutečnosti hoří jen část paliva. Jestliže je při spalování v kotli dostatek kyslíku, dochází k obyčejnému spalování paliva. Pokud ovšem není v kotli dostatek kyslíku pro klasické spalování, dochází zjednodušeně řečeno k suché destilaci buď s minimálním přísunem kyslíku, nebo bez jeho přísunu. Dalším faktorem, který ovlivňuje spalování je vlhkost paliva.

1.2.1.2 Pyrolýza

Jedná se o termický rozklad organických látek na nízkomolekulární sloučeniny. Výsledkem tohoto procesu je buď topný plyn, nebo topný olej. Tento proces může probíhat při normálním, zvýšeném i sníženém tlaku. Rovněž zpracování může probíhat jak za zvýšených, tak i za snížených teplot. Volba daného tlaku a teploty závisí od druhu zpracovávaného média a taky od druhu produktu.

1.2.1.3 Zplyňování

Tento proces probíhá většinou za přístupu vzduchu a palivo v kotli prochází následujícími procesy - pyrolýza, oxidace, redukce. Základním prvkem této technologie je zplyňovač, který může být:

a) *protiproudý* - je obvykle jednoduchý a relativně levný. Může pracovat s palivem o vysoké vlhkosti. Jeho hlavní nevýhodou je to, že plyn má malou výhřevnost a vysoký obsah dehtu. Proto je nutné před použitím v motorech tento plyn ještě čistit, což s sebou nese další náklady.

b) *souproudý* - někdy též bývá nazýván jako paralelní. Je konstrukčně složitější, než výše jmenovaný. Jeho plyn je kvalitnější, neboť musí projít horkou spalovací zónou a tím se sníží obsah dehtu.

c) *fluidní* - při tomto spalování se pevné částice paliva víří a mísí se zplynovacím médiem. Nevytváří se sypný popel, ale plyn je méně kvalitní, neboť má vyšší obsah pevných částic.

1.2.2 Biochemická přeměna

Praktickým příkladem využití tohoto principu jsou bioplynové stanice nebo čističky odpadních vod. V těchto zařízeních se anaerobní metanová fermentace využívá ke stabilizaci čistírenských

kalů. Tento princip se též využívá pro čištění průmyslových vod a při získávání skládkového plynu.

1.2.2.1 Bioetanol

Výrobu etanolu (etylalkoholu) se provádí fermentací roztoků cukrů. S výhodou se používají rostliny jako cukrová řepa, obilí, kukuřice, ovoce nebo brambory. Tímto však možnosti nekončí. Etanol se může také vyrábět ze zeleniny nebo celulózy. Teoreticky se může získat z 1kg cukru asi 0,65 l čistého etanolu. Toto je však teorie, a proto v praxi se zjistilo, že lze vyrobit asi jen 90-95% tohoto množství. K fermentaci cukrů dochází pouze v mokrém prostředí. Takto vzniklý alkohol se předestiluje a získá se vysoce hodnotné palivo pro spalovací motory. Hlavní předností bioetanolu je jeho ekologická čistota a antidetonační vlastnosti. Avšak jeho velkým nedostatkem je to, že na sebe váže vodu a tím by způsoboval korozi motoru. Tento nedostatek se může naštěstí odstranit přidáním antikorozních přípravků do tohoto druhu paliva.
Pro spalovací motory je hojně používán v Mexiku. V USA probíhají nyní výzkumy výroby bioetanolu ze dřeva, sena a slamy pomocí mikroorganismů rozkládajících celulózu [2].

1.2.2.2 Skládkové plyny

Každý člověk za rok vyprodukuje určité množství odpadu (zhruba 310 *kg* / osoba) [2]. Zdaleka ne všechen odpad je lidstvo nyní schopno recyklovat nebo využít ve spalovnách, a proto se vozí na skládky. Tam vlivem různých složitých biologických procesů dochází k uvolňování skládkového plynu, který se uvolňuje po dobu několika let, avšak jeho parametry se s časem mění. Z celkového množství odpadu na jednoho obyvatele připadá asi 35 % na odpad organického původu a z tohoto množství dostaneme přibližně 0,3 $m^3.kg^{-1}$ skládkového plynu.

1.2.2.3 Bioplyn

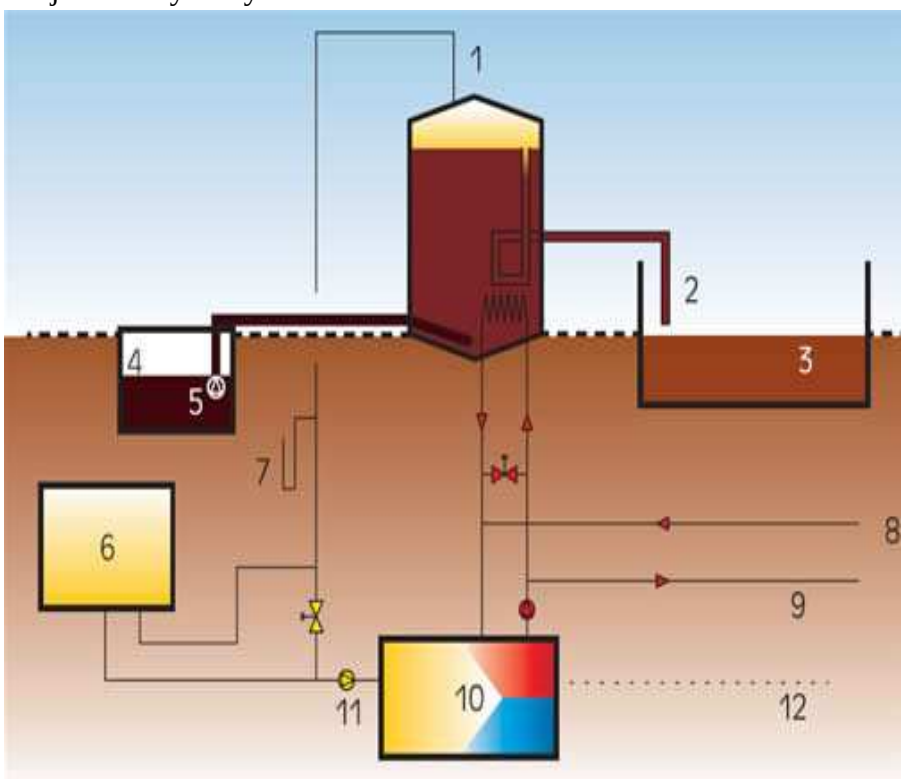
Vzniká při rozkladu organických látek v uzavřených nádržích bez přístupu kyslíku. V zemědělství se využívá především kejda případně slamnatý hnůj. Tento proces, kdy se organické látky rozkládají na anorganické látky a plyn, vzniká pomocí bakterií bez přístupu kyslíku tzv. anaerobně. K podobným procesům dochází i v přírodě, jen s tím rozdílem, že tento proces probíhá s přístupem kyslíku tzv. aerobně. Bioplyn obsahuje cca 55 - 70 % objemových metanu, proto je jeho výhřevnost rozmezí 19,6 - 25,1 MJ/m^3. Bioplynový potenciál hnoje závisí hlavně na obsahu sušiny a na složení. Hnůj od různých zvířat má různé vlastnosti a podle toho se liší i kvalita získaného bioplynu.
V bioplynových stanicích se biomasa zahřívá na provozní teplou, která je většinou ověřena experimentálně, ve vzduchovém reaktoru. Tam zůstává po pevně stanovenou dobu zdržení. Optimální teplotní pásma jsou vázána na různé druhy bakterií.

1.2.3 Mechanicko - chemická přeměna

1.2.3.1 Bionafta

Z řepkového semene se vylisuje olej, který se při působení katalyzátoru a vysoké teploty přemění na metylester řepkového oleje, který se používá jako palivo - bionafta 1. generace.

Jde sice o ekologickou výrobu, ale dnes má především svou váhu cena a vlivem výrobních nákladů, a proto je nutno její cenu snížit. Toho se dosahuje přidáním některých lehkých ropných produktů nebo produktů s lineárními
alfa-olefiny. Tato směs se nazývá bionafta 2. generace. Musí obsahovat nejméně 30 % metylesteru řepkového oleje, který si zachová svoji biologickou odbouratelnost s novými vlastnostmi, kterou je třeba vyšší výhřevnost blížící se běžné motorové naftě.



Obr. 1.1 Schéma bioplynové stanice s kontinuálním provozem

1 - odvod bioplynu, 2 - přepad kalu, 3 - zásobník odplyněné kejdy, 4 - nová sběrná nádrž, 5 - kalové čerpadlo, 6 – plynojem, 7 - vodní uzávěr, 8 - připojení k dálkovému vytápění 9 - teplo z kogenerační jednotky, 10 - kogenerační jednotka, 11 – dmychadlo, 12 - elektřina z kogenerační jednotky

1.3 Pěstování biomasy pro energetické účely

V dnešní době se pěstuje kromě plodin používaných v potravinářství a zemědělství také plodiny pro energetické účely. Je velni důležité, jaká plodina se zvolí pro danou energetickou plantáž. Tato volba závisí především na druhu půdy, způsobu a účelu využití, možností sklizně, dopravou, druhovou skladbou okolí a také klimatickými podmínkami. Zároveň se musí vzít v úvahu náklady na pěstování, výrobu a daný zisk. Jako energetické plantáže je s výhodné použít půdu, která se nehodí k normální rostlinné výrobě. Jde o úseky kolem dálnic, popílkoviště a výsypky v severních Čechách a jinou zemědělsky nevyužívanou půdu.

Z bylin se využívá s výhodou rostlin produkujících škrob, cukr a olej. Například brambory, cukrová řepa, slunečnice a řepka. Poslední jmenovaná plodina je velmi výhodná, neboť řepkový olej se používá na výrobu nafty a mazadel, řepkovou sláma se může spálit a navíc má větší výhřevnost (15 - 17,5 $GJ.t^{-1}$) oproti obilné slámě (14,0 - 14,4 $GJ.t^{-1}$).

Z víceletých rostlin se pěstuje zejména křídlatka sachalinskoá která má výnosy asi 30 - 40 *t* sušiny z ha. Ovšem velice výhodně se může pěstovat i konopí seté, které sice nemá tak velké výnosy sušiny (6 - 15 *t*) jako křídlatka, avšak k jeho pěstování není potřeba žádné ošetřování. Konopí není víceletá rostlina, necháme-li ho vysemenit, vydrží na stanovišti mnoho roků.
Nejvýhodnější jsou rychle rostoucí dřeviny, mezi které se řadí platany, topoly (černý, balzamový), pajasany (žláznatý), akáty, olše a vrby. Doba periodické sklizně je 2 - 8 vegetačních období a výtěžnost se pohybuje v našich podmínkách okolo 10 $t.ha^{-1}$.

1.4 Vliv vlhkosti na výhřevnost biomasy

Výhřevnost dřeva je přibližně stejná jako výhřevnost hnědého uhlí. Avšak u rostlinných paliv je výhřevnost závislá na vlhkosti. Např. čerstvě vytěžené dřevo má relativní vlhkost až 60 %, oproti tomu proschlé dřevo (1/2 - 1 rok na vzduchu pod střechou) má relativní vlhkost asi 20 %. Podle kvality lisování mohou mít dřevěné brikety relativní vlhkost v rozmezí 3 - 10 %.
Pro spalování štěpky je vhodná relativní vlhkost 30 - 35 %, neboť při vyšší vlhkosti dochází k velké spotřebě energie na odpaření vody. Naopak při malé vlhkosti má hoření explozivní charakter a hodně energie odchází s kouřovými plyny.
V praxi rozlišujeme dva různé způsoby stanovení vlhkosti dřeva. Absolutní vlhkost se používá při fyzikálních a mechanických zkouškách dřeva. Obsah vody je vztažen k absolutně suché substanci. Absolutní vlhkost je dána v procentech. Vypočítáme ji podle vztahu

$$W_a = \frac{m_1 - m_2}{m_1}.100 \qquad (\%;kg,kg,kg) \tag{1.1}$$

W_a - absolutní vlhkost dřeva
m_1 - hmotnost vzorku před vysušením
m_2 - hmotnost vzorku po vysušení

Ovšem v energetické praxi se využívá pro výpočty vlhkost relativní. Obsah vody je vztažen k původní hmotnosti dřeva. Je dána v procentech a vypočítá se podle vztahu

$$W_a = \frac{m_1 - m_2}{m_2}.100 \qquad (\%;\ kg,\ kg,\ kg) \tag{1.2}$$

W_r - relativní vlhkost dřeva
m_1 - hmotnost vzorku před vysušením
m_2 - hmotnost vzorku po vysušením

Vztah mezi relativní a absolutní vlhkostí je dán vzorcem

$$W_r = \left(1 - \frac{100}{W_a + 100}\right).100 \qquad (\%;\%) \tag{1.3}$$

1.5 Využití biomasy pro vytápění budov

V našich podmínkách je ekonomicky nejvýhodnější technologií spalování dřeva. K tomuto účelu se používají lokální kotle na spalování biomasy. Malé kotle používané v rodinných domcích pracují ve většině případů tak, že palivo nejprve zplyňuje a potom se spaluje plyn. Tato technologie umožňuje velmi dobrou regulaci, která je srovnatelná s regulací kotlů plynových.

Nejčastěji se spalují polenové dříví, pilinové brikety nebo peletky. Rovněž se spaluje štěpka a dřevní odpad, ovšem ne v takové míře jako výše jmenované. Účinnost zplyňovacích kotlů je v rozmezí 80 - 89 % a navíc mají široký rozsah výkonu (10 - 20 *kW*).
Jejich výhodou je stáložárnost a malá četnost přikládání, ta závisí především na kvalitě a druhu paliva (asi 2 - 3 krát denně). Další výhodou je, že i starší teplovodné ústřední vytápění lze k těmto kotlům připojit. Musí se však zajistit dostatečná teplota ve vratném potrubí, aby nedocházelo k nízkoteplotní korozi kotle vlivem kondenzace vlhkosti a kyselin z kouřových plynů. Pokud je budova vytápěna jinak, než teplovodním ústředním topením, je třeba zvážit, jestli se přechod na vytápění biomasou vyplatí. Jinou možností je přídavná instalace lokálního topidla, které zajistí zvýšení energetické nezávislosti domu.

Kotle nad 100 *kW* se používají pro průmyslové objekty nebo systémy centrálního zásobování teplem. Spalují se v nich nejčastěji štěpka nebo balíky slámy. Jejich výhodou je, že dokážou spalovat i méně kvalitní a vlhčí palivo. Též se s výhodou používají jako kogenerační jednotky, čímž se docílí účinnosti okolo 90 %.

Cihlové pece a kachlová kamna jsou zajímavou součástí interiéru, mají vysokou účinnost a poskytují sálavé teplo, čímž jsou ve srovnání s radiátory úspornější.

Kovová krbová kamna, krbové vložky na dřevo jsou z plechu nebo litiny. Jejich výhodou je, že se rychle rozehřejí, avšak účinnost závisí na konstrukci a uživateli.

2 ENERGIE VODY

Energii vody využívali již naši předkové před mnoha staletími k nejrůznějším činnostem. V dnešní době se energii uložená ve vodě využívá téměř výhradně pro výrobu elektrické energie ve vodních elektrárnách. Hydroenergetika je velmi výhodná hlavně v oblastech, kde jsou k dispozici velké průtoky a velké spády. Bohužel Česká republika se nachází na takovém místě, kde mnoho řek pramení, a tudíž nemá k dispozici řeky velkých průtoků.
Z toho důvodu je podíl vyrobené energie ve vodních elektrárnách malý. Navíc většina vhodných míst pro vybudování velkých vodních elektráren už je těmito díly osazena, a tak už není ani mnoho způsobu, jak tento podíl zásadně zvětšit.
Hlavní úkolem vodních elektráren je, že pracují jako doplňkové zdroje k primárním zdrojům a pomáhají vyrovnávat energetickou bilanci v čase vyšších odběrů energie. Jejich hlavní výhodou je, že mají velmi krátké časy náběhu, a tak mohou pracovat i jako zdroje elektrické energie ve špičkovém pásmu. Takto se využívají např. přečerpávací elektrárny. Ovšem mohou pracovat též v základním nebo pološpičkovém pásmu.

2.1 Základní části vodního díla

Vzdouvací zařízení slouží ke vzdutí vodní hladiny v toku a usměrnění vody do přivaděče. Sem se řadí hráze, které mají obvykle větší výšku vzdutí a velkou záplavovou plochu, a jezy. Jezy mají oproti hrázím menší výsku vzdutí a podstatně menší objem zadržené vody.

Přivaděče koncentrují spád do místa, kde se nachází vodní turbína. Beztlakové přivaděče (náhony, kanály) jsou většinou budovány výkopem do terénu. Tlakové přivaděče bývají obvykle z trub nebo se provádí jako železobetonové.

Česle slouží k mechanickému zachycení nečistot unášených vodou. Zhotovují se nejčastěji jako rošt z ocelové pásoviny. A bývají instalovány dvojího druhu. Jedny hrubé a druhé jemné, často s automatickým čištěním.

Strojovna obsahuje strojní a elektrotechnické vybavení elektrárny.

Odpadní kanály vrací vodu do původního koryta řeky. Často jsou velice krátké, takže náklady a náročnost na jejich výstavbu jsou vzhledem k ostatním částem elektrárny zanedbatelné.

2.2 Typy nejčastěji používaných vodních turbín

a) *Peltonova turbína* je rovnotlaká turbína, která vznikla v roce 1880. Je vhodná pro vysokotlaká vodní díla se spády od 100 do 1 000 *m*. Pro vyšší spády se staví dvoustupňové. Funguje tak, že voda proudí z trysky na lopatky oběžného kola, které mají tvar dvojité misky, a tím dochází k roztočení turbíny.

b) *Francisova turbína* vznikla v roce 1849. Je to typ s nejširší možností využití. U větších strojů bývá ve svislém provedení. Lze ji použít pro spády už od 1 až 2 *m*, ale i pro velké spády až 500 *m* ve vysokotlakých vodních dílech. Oběžné kolo má pevné lopatky, které jsou značně tvarově složité. Geometrický tvar oběžného kola závisí hlavně na spádu, výkonu a provozních otáčkách stroje.

c) *Kaplanova turbína* je přetlaková vrtulová turbína, která vznikla roku 1919. Rozváděcí a oběžné lopatky lze natáčet tak, že každé poloze rozváděcích lopatek odpovídá správná poloha nastavení oběžných lopatek vrtule. Toto se příznivě projeví na účinnosti turbíny. Avšak nevýhodou je složité oběžné kolo, které je tvořeno jako vrtule s natáčecími lopatkami. Ty jsou uloženy na čepech usazených v náboji. Jsou namáhány jednak tlakovou silou proudící vody, tak i velkými odstředivými silami. Navíc povrch lopatek musí být přesně obroušen.

d) *Dériazova turbína* je přetlaková turbína, která vznikla v roce 1955. Voda turbínou protéká diagonálně a je ve své podstatě konstrukční variantou Kaplanovy turbíny. Je určena pro střední spády.Její výhodou je, že náboj je velkého průměru, do něhož se lépe umístí větší počet oběžných natáčivých lopatek než u Kaplanovy turbíny [4].

2.3 Kritéria pro vhodný výběr lokality

V České republice jsou již lokality pro výstavbu velkých vodních elektráren již využita. Avšak míst pro malé vodní elektrárny je ještě dostatek. Jsou to však lokality s nízkými spády. Většinou od 1 až do 4 *m*. Investiční náklady můžeme výrazně snížit vyžitím zbytků starších vodních děl. Např. náhony k mlýnům, odtokové kanály, jezy.
Hlavní ukazatele pro vyhodnocení vhodnosti lokality jsou využitelný spád a průtočné množství vody. K těmto dvěma hlavním ukazatelům lze přidat ještě další:

- proveditelnost umístění dané technologie
- vhodnost geologických podmínek a dostupnost lokality pro těžkou techniku
- vzdálenost VN nebo VVN s dostatečnou kapacitou
- hlučnost zařízení
- vhodnost začlenění a míra zásahu do okolní přírody
- možnost kontaminace vody ropnými produkty (mazivy)
- dodržování odběru sjednaného množství vody
- odstranitelnost naplavenin vytažených z vody
- majetkoprávní vztahy ohledně pozemku

a) *Spád* je výškový rozdíl mezi horní a dolní hladinou. V praxi se rozlišují dva spády:
- *hrubí spád* H_b je celkový statistický spád daný rozdílem hladin při nulovém průtoku vodní elektrárnou. Při návrhu vysokotlakých vodních elektráren se může stanovit z mapy a přitom nedojde k velkému zanesení chyby. Ale pro návrh malých vodních elektráren s malým spádem je potřeba spád stanovit výškovou nivelací od vtokového objektu po úroveň spodní hladiny na odpadu z turbíny.
- *užitný spád H* se liší od hrubého spádu odečtením hydraulických ztrát těsně před turbínou a za ní. V reálném provozu se musí počítat se vzdutím spodní hladiny, poklesem horní hladiny, změny směru proudu objemové ztráty.

b) *Průtok* je průtočné množství vody v daném užitném profilu. Přesný průtok lze zjistit u Českého hydrometeorologického ústavu nebo Správy toků.

2.4 Nové trendy při realizaci malé vodní elektrárny

Míst s nízkými spády od 5 *m* nebo extrémně nízkými spády do 2 *m* je v České republice ještě dostatek. Využití nízkých spádů je technicky náročné a ekonomicky méně výhodné z čehož plyne, že doba návratnosti investic je poměrně dlouhá.

VUT v Brně v nedávné době dokončilo vývoj unikátní modifikace Kaplanovy turbíny, která je optimalizována pro zpracování velmi nízkých spádů a relativně velkých průtoků při zachování přijatelné účinnosti. Vyznačuje se dvoulopatkovým oběžným kolem bez rozvaděče, jehož otáčky jsou regulovány pomocí frekvenčního měniče. Pro turbínu jsou charakteristické velká rychloběžnost, hltnost a účinnost přes 80 % při poměrně malých výrobních nákladech. Základní koncepce je patentově chráněna. Turbína je nazvána vírová podle hydraulického projevu za oběžným kolem, kde vzniká vodní vír.

2.5 Přečerpávací elektrárny

Pro úplnost přehledu možností alternativních zdrojů lze do přehledu vodních elektráren zahrnout i tento druh elektráren, které sice nejsou určeny pro soukromé využití, ale je to též jedna z možností, jak v našich podmínkách využít energii uloženou ve vodě.
Elektrizační soustava státu musí v každém okamžiku vyrobit přesně tolik elektrické energie, kolik jí je potřeba. Spotřeba elektrické energie přitom jak během dne, tak i v delších obdobích kolísá. Elektrickou energii sice nelze v čistém stavu skladovat, situaci však účinně pomáhají řešit přečerpávací vodní elektrárny.
Přečerpávací vodní elektrárna je v principu soustava dvou výškově rozdílně položených vodních nádrží spojených tlakovým potrubím, na němž je v jeho dolní části umístěna turbína s elektrickým generátorem. Ta vyrábí elektřinu pro elektrizační soustavu v době energetické potřeby; v době útlumu se voda z dolní nádrže přečerpává "levnou elektřinou" do nádrže horní, kde její potenciální energie čeká na své optimální využití v "pravou chvíli".

Velkou předností přečerpávacích vodních elektráren je schopnost přifázování do elektrifikační sítě s plným výkonem v několika minutách. Tato schopnost je ostatně vlastní všem vodním elektrárnám.

3 ENERGIE VĚTRU

Větrná energie je jedna z forem, do které se transformuje sluneční záření, neustále dopadající na naši planetu. Vítr je proudění vzduchu, které vzniká tlakovými rozdíly mezi různě zahřátými oblastmi vzduchu v zemské atmosféře. Pokud není uvedeno jinak, bereme na vědomí, že vítr je jen horizontální složka proudění vzduchu.

Již naši předkové hojně využívali větrnou energii. Bylo to především v mlýnech na mletí obilí nebo pro čerpání vody tzv. farmářská větrná kola. Pro výrobu elektrické energie se větrná energie využívá necelých sto let. Výhodou větrné energie je hlavně to, že se může celkem snadno transformovat na energii elektrickou. V tab. 3-1 je uveden přehled evropských zemí a výkon, který mají jednotlivé země instalovány ve větrných elektrárnách.

Tab. 3-1 Instalovaný výkon ve větrných elektrárnách koncem roku 2004 [5]

Německo	16 629 MW	Polsko	63 MW
Španělsko	8 263 MW	Lucembursko	35 MW
Dánsko	3 117 MW	Lotyšsko	26 MW
Itálie	1 125 MW	Turecko	20 MW
Nizozemsko	1 078 MW	Česká republika	17 MW
Velká Británie	888 MW	Švýcarsko	9 MW
Rakousko	606 MW	Litva	7 MW
Portugalsko	522 MW	Estonsko	6 MW
Řecko	465 MW	Chorvatsko	6 MW
Švédsko	442 MW	Maďarsko	6 MW
Francie	386 MW	Slovensko	5 MW
Irsko	339 MW	Kypr	2 MW
Norsko	160 MW	Bulharsko	1 MW
Belgie	95 MW	Rumunsko	1 MW
Finsko	82 MW	EU celkem	34 205 MW

3.1 Přírodní podmínky

Česká republika je vnitrozemský stát s typicky kontinentálním klimatem, který se projevuje významným sezonním kolísáním rychlosti větru. Příčinou tohoto kolísání je zejména globální vzdušné proudění typické pro střední a severní Evropu.

Ke konci roku 2006 byl na území České republiky instalovaný výkon ve větrných elektrárnách 43,5 *MW*, což je 21,5 *MW* více než v roce 2005. Hrubá výroba z těchto zdrojů činila 49,4 *GWh*. Je to značný nárůst oproti roku 2005, kdy z těchto zdrojů bylo vyrobeno 21,3 *GWh* elektrické energie [6]. Tabulka 3-2 ukazuje, jaké je rozmístění instalovaného výkonu v České republice v rámci krajů. Přehled jednotlivých elektráren i s údaji o jejich výrobě lze nalézt v publikaci Energetického regulačního úřadu „Roční zpráva o provozu ES ČR 2006 (ERÚ 2007). Povětrnostní podmínky v České republice umožňují ekonomicky výhodné využití především v horských oblastech, kde nám zase v rozvoji brání požadavky na ochranu přírody a také nepříznivé povětrnostní podmínky. Povětrnostní podmínky mají hlavní vliv na provoz elektrárny během roku. Velkou překážkou jsou též investiční náklady, které odradí od investic do tohoto odvětví řadu soukromých investorů.

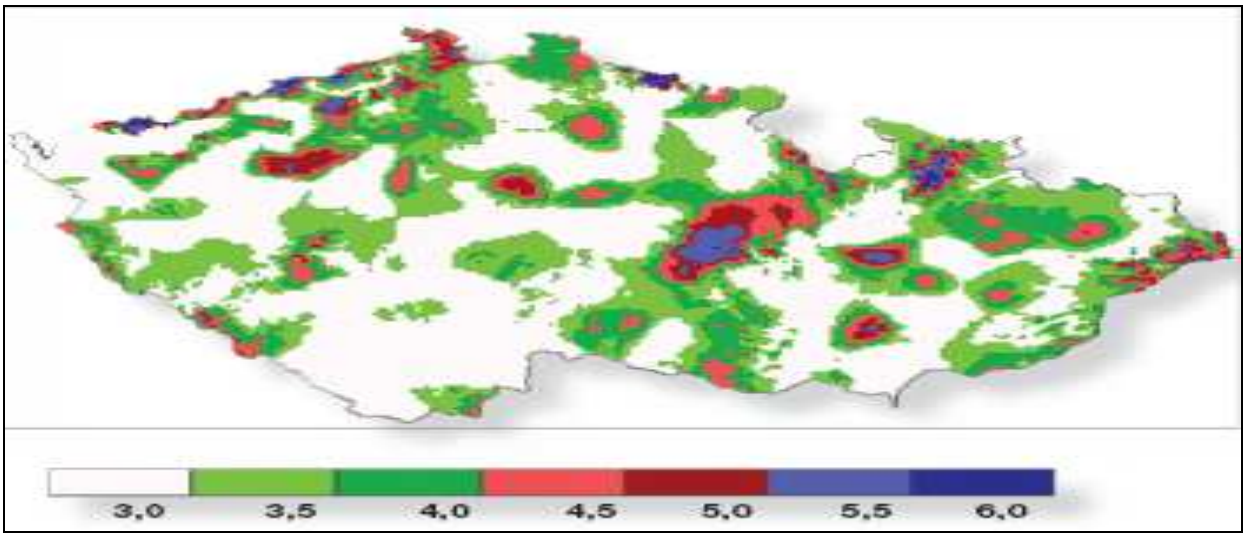
Tab. 3-2 Výroba elektřiny v ČR v roce 2006

	Instalovaný výkon celkem	Hrubá výroba celkem
	MW	GWh
Hlavní město Praha	0,0	0,0
Středočeský kraj	0,1	0,0
Jihočeský kraj	0,0	0,0
Plzeňský kraj	0,0	0,0
Karlovarský kraj	2,1	0,9
Ústecký kraj	12,8	21,4
Liberecký kraj	3,7	5,9
Královéhradecký kraj	1,6	0,0
Pardubický kraj	2,8	1,3
Kraj Vysočina	4,0	3,6
Jihomoravský kraj	4,5	4,7
Olomoucký kraj	8,7	6,0
Zlínský kraj	3,1	5,4
Moravskoslezský kraj	0,0	0,0
Celkem	43,3	49,4

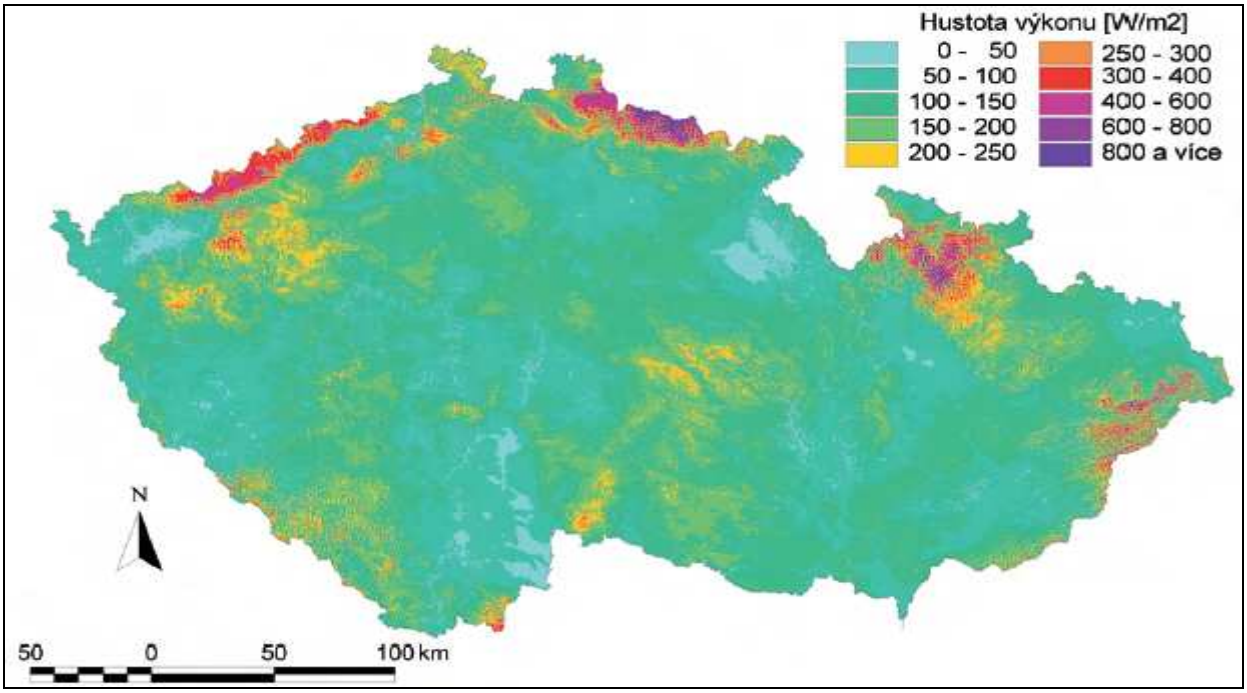
Rychlost větru je nejdůležitějším údajem. V praxi se udává m/s. Při zemském povrchu je proudění větru ovlivňováno hlavně drsností povrchu, ale s rostoucí výškou se jeho rychlost zvyšuje logaritmicky. Z čehož vyplývá, že je velký rozdíl mezi rychlostí větru při zemském povrchu a ve výšce 100 *m* nad povrchem. Vítr nad terénem je zpomalován díky terénním nerovnostem, kterými jsou např. kopce a vysoké budovy. Ale vliv na rychlost větru má i samotný povrch terénu podle toho, jestli vítr vane nad zasněženým povrchem nebo zda je povrch zalesněn atd.

Proudění vzduchu je vždy turbulentní**,** což se projevuje kolísáním rychlosti a směru větru. Výsledky měření směru a rychlosti větru jsou proto průměrované za určitý časový interval, tzv. vzorkovací dobu. Měření rychlosti větru provádíme anemometry, které jsou mechanické nebo elektronické. Rychlost a směr větru se měří podle mezinárodních standardů, což je výška 10 *m*. Pokud této výšky nemůžeme z nějakých důvodů dosáhnout, tak naměřené hodnoty v nižší výšce podle daných metod přepočítáváme.

Představu o tom, jaká je síla a směr větru nám poskytne kterákoliv meteorologická stanice v dané lokalitě. Pakliže jsou údaje poskytnuté stanicí příznivé, mělo by být provedeno přesnější měření aspoň 1 rok v předpokládané lokalitě výstavby, a to nejlépe ve výšce rotoru budoucí elektrárny. Je vhodné mít k dispozici údaje za několik let, neboť jednotlivé roky se mohou od sebe značně lišit. Moderní elektrárny mají rozběhovou rychlost okolo 4 *m/s*, což také omezuje jejich použitelnost v daných lokalitách.



Obr 3.1 průměrné roční rychlosti větru v m/s na území ČR podle modelu VAS [7]



Obr. 3.2 Hustota výkonu větru ve výšce 40 m na území ČR. Hybridní model VAS/WAsP. [7]

3.2 Možnosti využití

Přeměna na mechanickou práci se již v Evropě téměř nepoužívá. V rozvojových zemích a v Americe na pastvinách se energie větru používá k čerpání vody.
Přeměna na elektrickou energii dnes v Evropě převládá. Ať už v podobě velkých elektráren dodávajících elektrickou energii do sítě nebo malých, které slouží jen pro napájení menších objektů nebo nabíjení baterií.

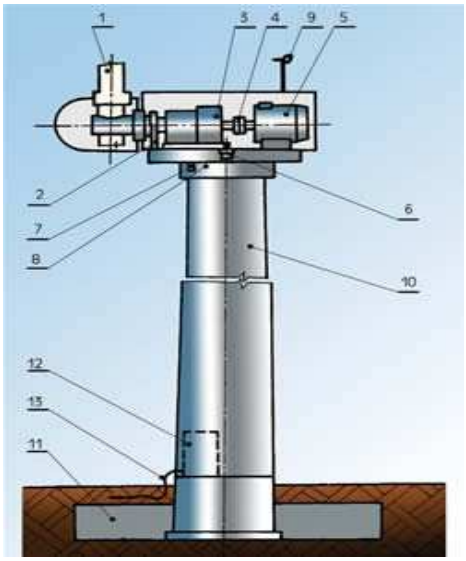
3.3 Základní části větrné elektrárny

V dnešní době se na trhu pohybuje velké množství typů větrných elektráren. Všechny však lze rozdělit do dvou velkých skupin. První skupinu tvoří elektrárny bezpřevodovkové a druhou skupinu tvoří elektrárny, které mají převodovku.

Na obrázku 3.3 lze vidět základní uspořádání moderní bezpřevodovkové větrné elektrárny [7].

Obr 3.3 Bezpřevodovková větrná elektrárna Enercon E 82 - 2,0 MW

1 - Nosič strojovny, 2 - Motor pro natáčení gondoly, 3 – Generátor, 4 - Adaptér pro natáčení listu
5 - Hlava rotoru, 6 - List rotoru



Obr. 3.4 Převodovková větrná elektrárna [5]

1 - rotor s rotorovou hlavicí, 2 - brzda rotoru, 3 - planetová převodovka, 4 – spojka, 5 - generátor
6 - servo-pohon k natáčení strojovny, 7 - brzda točny strojovny, 8 - ložisko točny strojovny
9 - čidla rychlosti směru větru, 10 - několikadílná věž elektrárny, 11 - betonový základ elektrárny
12 - elektrorozvaděč silnoproudého a řídícího obvodu, 13 - elektrická přípojka

3.4 Výběr vhodných lokalit

Rychlost větru je naprosto zásadní pro výběr lokality. Ve vnitrozemských oblastech je rychlost větru ideální asi kolem 500 *m. n. m*. V nižších výškách se rychlost větru pohybuje v rozmezí od 2 do 4 *m/s*. Vezme-li se v úvahu, že se získaná energie mění s třetí mocninou rychlosti větru (3.1), je zřejmé, že i malá odchylka se pořádně projeví na množství získané energie.

Před výstavbou je nutno zvážit následující okolnosti, které mají velký vliv na výstavbu:
- průměrná rychlost a četnost větru
- množství a parametry překážek, ty způsobují turbulence a zmenšují rychlost větru
- chod venkovních ročních teplot a jiných povětrnostních vlivů (námraza,…)
- nadmořská výška
- geologické podmínky pro základy elektrárny
- dostupnost lokality pro těžkou techniku
- vzdálenost přípojky vn nebo vvn s dostatečnou kapacitou
- vzdálenost od obydlí by měla být aspoň 200 *m*
- míra zásahu do okolní přírody
- majetkoprávní vztahy

$$P_w = 0{,}5.\rho.w^3.S \qquad (W;\ kg.m^{-3}, m.s^{-1}, m^2) \tag{3.1}$$

P_w výkon protékající plochou při rychlosti větru w
ρ hustota vzduchu
w rychlost vzduchu
S průtočná plocha rotoru

3.5 Vliv větrných elektráren na životní prostředí

V dnešní době jsou již dokonalejší elektrárny, než tomu bylo v minulosti a než dojde k realizaci stavby, je potřeba získat řadu povolení a předložit řadu studií, které vyloučí negativní vliv elektrárny na životní prostředí.

Hluk současných elektráren je poměrně nízký a navíc jsou nové elektrárny stavěny v dostatečné vzdálenosti od obydlí, aby se tomuto problému zabránilo. U stávajících elektráren lze provést dodatečná měření a popř. jejich provoz omezit nebo zakázat.

Stroboskopický efekt vzniká, když je Slunce nízko nad obzorem a rotující listy vrhají pohyblivý stín. Tento problém je odstraněn již zmíněnou výstavbou v dostatečné vzdálenosti od obydlí.

Odraz Slunce na listech rotoru je řešen matnými nátěry, takže k odrazu již nedochází.

Rušení zvěře se též nepotvrdilo. Praxe ukázala, že v okolí elektráren se v klidu pase divoká zvěř a dokonce se zvýšil i počet hnízdících ptáků, neboť elektrárny jsou dobrým orientačním bodem. Jen vzácně dochází k úmrtím ptáků vlivem srážek s rotujícími listy.

Rušení televizního signálu nastává opět jen tehdy, pokud elektrárna leží mezi vysílačem a přijímačem a zároveň je přijímač blízko elektrárny. Tento problém se opět odstraňuje dostatečnou vzdáleností výstavby od obydlí.

Narušení krajinného rázu je nejspíše nejproblematičtější. Naráží zde požadavky zákona na co největší nenápadnost proti požadavkům na bezpečnost letového provozu, díky kterému musí být a vrcholku elektrárny umístěné zábleskové zařízení.

Musí se tedy zvolit, jestli je lepší mít mnoho méně výkonných, leč ne tak nápadných elektráren nebo méně velkých elektráren, které budou zase více vidět.

4 ENERGIE SLUNCE

Téměř veškerá energie, kterou na Zemi máme, pochází ze Slunce. Na území ČR dopadne za rok stotisíckrát více energie, než je veškerá spotřeba paliv. Sluneční záření se může přímo využívat k výrobě tepla a elektřiny, nepřímo jako energii vodních toků, větru, mořských vln, tepelnou energii prostředí.

4.1 Fototermální přeměna

Přeměna světelného záření na teplo může být pasivní (pomocí pasivních solárních prvků budov - prosklené fasády, zimní zahrady) nebo aktivní (pomocí přídavných technických zařízení - sluneční sběrače - kolektory).
V této kapitole se budeme zabývat především aktivní přeměnou pomocí slunečních kolektorů.
Aktivní systémy lze téměř vždy instalovat dodatečně k již existujícím stavbám. Využívají se zejména k přípravě teplé vody, ohřevu bazénové vody nebo k vytápění budov pomocí ústředního teplovodního nebo teplovzdušného vytápění. Intenzita slunečního záření během roku mění, z toho důvodu se může energii akumulovat v době, kdy je slunečního záření dostatek (léto) a poté ji čerpat, když je intenzita záření menší (zima). Avšak čím je doba akumulace delší, tím je systém dražší a méně ekonomický. Proto se nejčastěji volí jen krátká dobu akumulace (několik hodin nebo jen pár dnů). V České republice se využívají především aktivní systémy s kapalinovými plochými kolektory po přípravu teplé vody. Teplovzdušné kolektory se využívají zejména v zemědělství pro sušení a k menší míře vytápění budov.

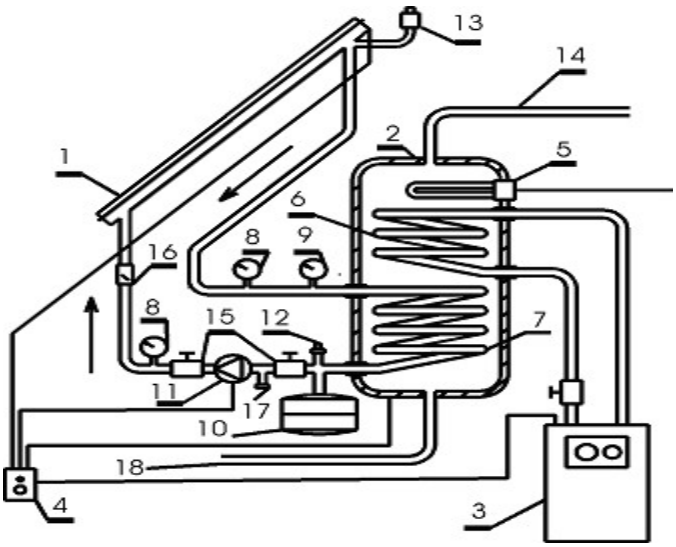
4.1.1 Přírodní podmínky

Sluneční záření dopadající z oblohy je složené z přímého a difuzního záření.
Přímé záření je přímo od slunečního disku a je to prakticky rovnoběžný svazek paprsků.
Difuzní záření vzniká vlivem rozptylu přímého záření na molekulách vzduchu, vodních kapkách, prachu a na jiných aerosolových částečkách. Kdyby toto záření neexistovalo, jevila by se obloha i během dne jako černá.
Základní veličina popisující sluneční záření je intenzita I, kterou definujeme jako množství zářivé energie dopadající za jednotku času na jednotkovou plochu orientovanou kolmo ke slunečním paprskům [2]. Průměrná doba svitu na území České republiky je 1 460 *h/rok*.Na plochu 1 m^2 za rok dopadne v průměru 1 100 *kWh* energie. Pro reálné odhady hrubé výroby v průměrných solárních zařízeních na území České republiky uvažujeme průměrnou výrobu v rozmezí 380 - 420 kWh/m^2 kolektorové plochy.

4.1.2 Základní části solárního systému

a) *Absorbér* je základním stavebním prvkem každého kolektoru. Jedná se obvykle o plochou desku s tmavým matným nátěrem, na které je umístěna trubice pro odvod ohřátého teplonosného média. Uložením absorbéru do uzavřené skříně s jednou stranou prosklenou, vznikne sluneční kolektor využívající skleníkového efektu. Tento druh kolektoru má nejvyšší výkon zejména za zhoršeného počasí.
b) *Teplonosná směs* zajišťuje odvod tepla z kolektoru. Tato směs může být buď kapalinová, nebo vzduchová. U kapalinové směsi je třeba ještě rozlišit, má-li být v oběhu celoročně, potom musí

být nemrznoucí. Jestliže kolektor budeme využívat jen v letních měsících, pak nemrznoucí být nemusí.
c) *Solární zásobník* slouží pro přípravu teplé vody. Doplňkově může být ohříván elektrickou topnou spirálou. Zásobník musí mít dostatečnou kapacitu, aby především v létě akumuloval zachycenou energii a nedošlo k poškození systému.
d) *Solární výměník tepla* je v zásobníku umístěn nejníže a nejvýše je elektrické topné těleso.
e) *Přívodní potrubí* by mělo být co nejkratší a velmi dobře izolované, aby nedocházelo k velkým ztrátám.
f) *Oběhové čerpadlo* zajišťuje cirkulaci teplonosné kapaliny v solárním okruhu.
g) *Armatury* zabezpečují správnou funkci z hlediska spolehlivosti, bezpečnosti včetně kontroly a regulace.
h) *Expanzní nádoba* slouží k vyrovnávání objemu teplonosné kapaliny, neboť ten se mění vlivem kolísání teploty v jednotlivých částech okruhu a také v závislosti na denní době.
i) *Automatická regulace* zabezpečuje optimální výkon systému a chrání ho před poškozením.



Obr. 4.1 Dvouokruhový solární systém s nuceným oběhem

1 - solární kolektor, 2 - solární zásobník (trivalentní), 3 - kotel ústředního vytápění,
4 - elektronická regulace solárního systému, 5 - elektrické topné těleso, 6 - výměník tepla okruhu ústředního vytápění, 7 - výměník tepla solárního okruhu, 8 - teploměry, 9 - manometr,
10 - expanzní nádrž, 11 - oběhové čerpadlo, 12 - pojišťovací ventil, 13 - odvzdušňovací ventil,
14 - výstup teplé vody, 15 - uzavírací ventily, 16 - zpětná klapka, 17 - plnící kohout, 18 - vstup studené vody z vodovodního řadu. Pozice č. 8, 9, 10, 11, 12, 16 spolu s průtokoměrem jsou na solární instalační jednotce.

4.1.3 Výběr vhodných lokalit a dimenzování

Pro nejlepší výkon solárního systému je nutné navrhnou ho speciálně na dané místní podmínky.
Předem se musí znát spotřeba teplé vody, zda jde o celoroční provoz, požadavky na přitápění a způsob regulace. Dále je nutno zjistit počet hodin svitu a intenzitu záření v dané lokalitě, chod venkovních teplot a zejména nepříznivých vlivů (námraza, prašnost). Ideální orientace pro celoroční provoz je na jih popř. jihozápad se sklonem 45°. Množství stínících překážek se požaduje co nejmenší, ideální je plný osvit po celý den.
Délka potrubních rozvodů má být co nejmenší a akumulační zařízeni co nejblíže kolektoru.

Pokud nedostačuje únosnost střechy, je nutné použít štítovou stěnu, popř. udělat stavební úpravy. Tabulka 4 - 1 uvádí orientační hodnoty velikosti solárního systému v závislosti na spotřebě vody a počtu osob. Přesné výpočty provádí firemní software jednotlivých dodavatelů solárních systémů.

Tab. 4-1 Orientační dimenzování velikosti solárního systému s plochými kapalinovými kolektory pro ohřev teplé vody [2]

Počet osob	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Spotřeba teplé vody [l/den]	82	164	246	328	410	492	574	656	738	820
Zásobník teplé vody [l]	80	169	240	300	400	500	600	700	700	800
Absorpční plocha solárního pole [m²]	1,6	3,2	4,8	6	8	10	12	14	14	16

4.1.4 Rozdělení solárních systémů

Podle způsobu oběhu teplonosné kapaliny:

a) *Solární systémy se samotížným oběhem* využívají k oběhu teplonosné kapaliny gravitace. Kapalina proudí díky rozdílu hustoty mezi chladnou a ohřátou kapalinou. Solární zásobník musí být výše než kolektor. Jejich výhodou nesou nízké pořizovací náklady, jednoduchost, spolehlivost. Nevýhodou je spatná regulace.
b) *Solární systémy s nuceným oběhem* využívají k oběhu teplonosné kapaliny oběhové čerpadlo. Jejich výhodou nepřesná regulace, vyšší účinnost přenosu tepla. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady, složitost, nižší spolehlivost a závislost na vnějším zdroji.

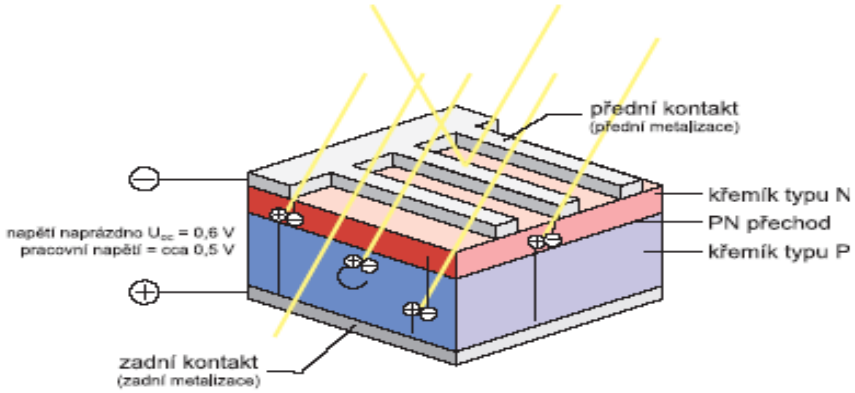
Podle počtu okruhů:

a) *Jednookruhové systémy* ohřívají vodu bez výměníku tepla. Výhodou je vysoká účinnost přenosu tepla, nízké pořizovací náklady a jednoduchost. Využívají se zejména pro sezónní ohřev vody bazénů. Nevýhodou je možnost zamrznutí, zanášení a koroze.
b) *Dvouokruhové systémy* pracují s výměníkem tepla a dvěma nezávislými okruhy. V prvním okruhu cirkuluje kapalina mezi kolektorem a výměníkem a ve druhém okruhu prochází voda, která se ve výměníku ohřívá. Nevýhodou je horší účinnost vlivem ztrát ve výměníku, vyšší pořizovací náklady a složitost.

4.2 Fotovoltaická přeměna

Díky fotoelektrickému jevu v polovodičích se může dnes sluneční energii přímo přeměnit v solárních článcích na energie elektrickou. Možnosti těchto systémů jsou obrovské. Pomocí fotovoltaických panelů se může napájet aplikace s výkonem v řádech *mW* až po desítky *MW*.
Přestože vložená energie do výroby těchto panelů je poměrně značná, návratnost vyrobené se pohybuje okolo 5 let. Nevýhodou však je závislost výroby elektrické energie na denní době.

Solární článek je velkoplošná dioda alespoň s jedním PN přechodem. V ozářeném solárním článku jsou generovány elektricky nabité částice (pár elektron – díra). Elektrony a díry jsou separovány vnitřním elektrickým polem PN přechodu. Rozdělení náboje má za následek napěťový rozdíl mezi „předním“ (-) a „zadním“ (+) kontaktem solárního článku. Vnějším obvodem zapojeným mezi oba kontakty potom protéká stejnosměrný elektrický proud, jenž je přímo úměrný ploše solárního článku a intenzitě dopadajícího slunečního záření [7].



Obr. 4.2 Jeden článek fotovoltaického panelu

Jeden článek nám poskytuje napětí 0,5 *V*, což je pro řadu aplikací nedostačující, proto se články řadí serio - paralelně, čímž se dosáhne napětí 12 *V* nebo 24 *V*. V. Takto vytvořené sestavy článků v sériovém nebo i sériovo - paralelním řazení jsou hermeticky uzavřeny ve struktuře krycích materiálů výsledného solárního panelu. Konstrukce solárních panelů byly přizpůsobeny pro nejrůznější druhy použití. Většina solárních panelů je opatřena předním krycím sklem a solární články jsou zalaminovány do struktury plastových folií. Solární panely mohou mít podobu fasádních skel, střešní krytiny nebo fasádních obkladů. Na solární panely klademe vysoké nároky ohledně mechanické a klimatické odolnosti tak, aby byla zajištěna dlouhá životnost (teploty, vlhkost, vítr). Krycí materiály musí mít vysokou optickou a izolační stálost.

4.2.1 Materiály pro výrobu fotovoltaických panelů

Výzkum solárních článků se ubíral mnoha směry. Dnes je však nepropracovanější technologie výroby fotovoltaických panelů z krystalického křemíku. Energetická účinnost přeměny slunečního záření na elektrickou energii je u současných hromadně vyráběných křemíkových solárních článků 14 až 17 %. Účinnost u laboratorních vzorků dosahuje až 28 %. Články vynikají vysokou stabilitou výkonu a dlouhou životností (minimálně 30 let). Téměř 85 % všech solárních panelů je vyrobeno s křemíkovými krystalickými články.

Existují také tenkovrstvé solární panely označované jako technologie 2. generace. Solární články včetně spojů jsou vytvořeny na nosné destičce, která může být ze skla, plastové folie nebo plechu. Pro tyto aplikace se používá amorfní křemík nebo křemík s mikrokrystalickou strukturou.

Účinnost těchto panelů je 7 - 9 %.

Ve fázi laboratorních testů jsou alternativní technologie (polymery a články s fotocitlivým barvivem), u kterých se očekává výrazně nižší výrobní cena. U solárních článků třetí generace s alternativními technologiemi se pak očekávají velmi vysoké účinnosti při poměrně nízkých nákladech. Tyto technologie jsou však v rané fázi vývoje.

Obr 4.3 Monokrystalický a barevné multikrystalické křemíkové solární články

4.2.2 Přírodní podmínky

Průměrný osvit za rok se v České republice pohybuje kolem 1 460 *h/rok*. Pro odhady se používá hodnota roční sumy globálního záření, která pro Českou republiku činí 1 081 kWh/m^2.
Podle firmy Solartec, s. r. o. jeden m^2 solárního panelu s monokrystalickými články má špičkový výkon 115 - 125 *W* při osvětlení 1 000 W/m^2. Ze solárního panelu s touto plochou je možné získat 80 - 120 *kWh* elektrické energie v závislosti na podmínkách.

Tab. 4-2 Průměrné hodnoty výroby elektrické energie, kterou lze získat z monokrystalického panelu s výkonem 110 W v jednotlivých měsících v podmínkách České republiky [2].

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rok [Wh]
Energie [Wh/den]	80	138	213	302	380	390	408	360	265	179	83	60	87 237

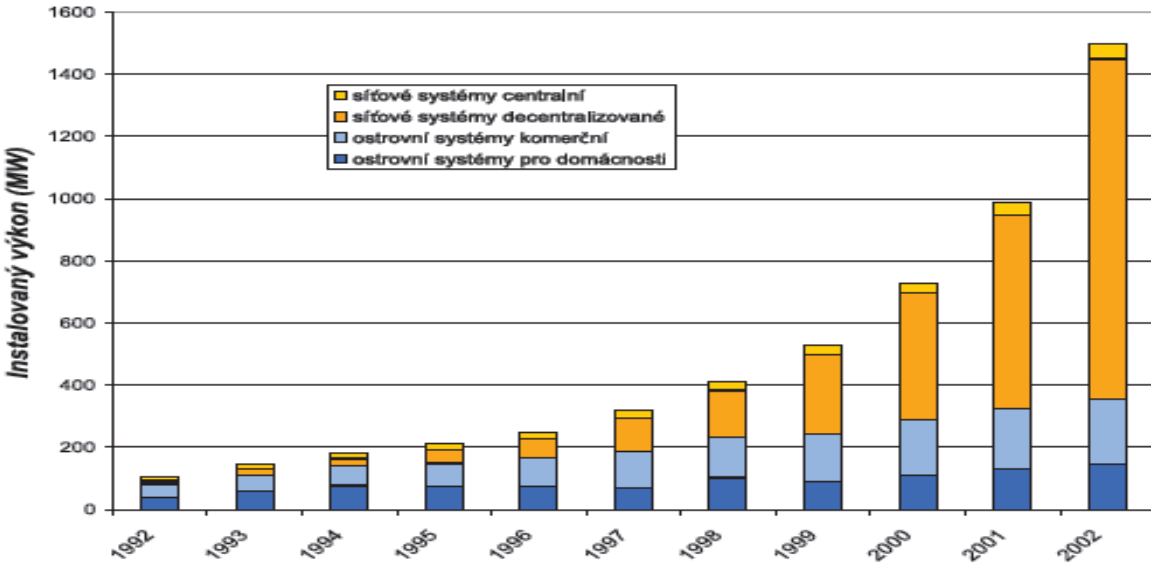
4.2.3 Rozdělení solárních systémů

a) *Systémy nezávislé na rozvodné sítí (GRID - OFF)* jsou instalovány na místech, kde se nevyplatí vybudovat přípojku. Jsou to místa se vzdáleností od přípojky více než 500 - 1 000 *m*.
Klade se zde důraz hlavně na energeticky úsporné spotřebiče. Investiční náklady na takovou síť jsou asi 30 - 45 tis. $Kč/m^2$ což odpovídá zhruba 270 - 400 *Kč/W*. Tyto systémy můžeme ještě rozdělit na systémy s přímým napájením, systémy s akumulací a hybridní systémy.

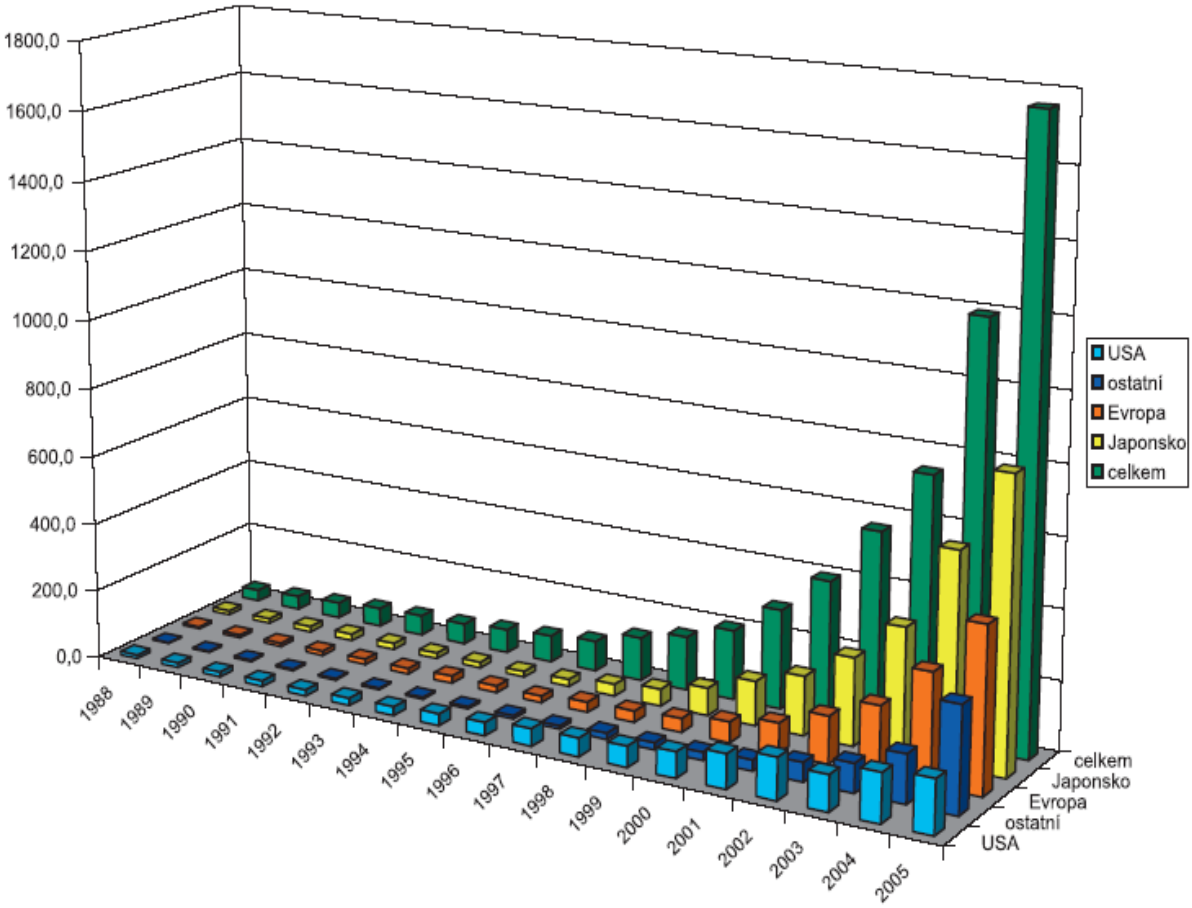
b) *Systémy dodávající energii do sítě (GRID - ON)* se nejvíce uplatňují v místech s hustou sítí elektrických rozvodů. V případě dostatku svitu jsou spotřebiče v budově napájeny z fotovoltaického systému a případné přebytky jsou přes střídač dodávány do sítě. Zároveň, pokud nastane zvýšená spotřeba elektrické energie, je možné ji dodat ze sítě. Tyto systémy pracují zcela automaticky pomocí mikroprocesorového řízení střídače.

4.2.4 Výběr vhodných lokalit a dimenzování

Pro instalaci fotovoltaických systémů platí podobné podmínky jako pro fototermické systémy.
Pro dimenzování je potřeba znát účel a předpokládanou spotřebu elektrické energie, typ a provozní hodiny spotřebičů. Dále je nutno vědět, jestli systém bude připojen k síti nebo bude použit doplňkový zdroj a další vstupní údaje:
- počet hodin svitu a intenzita slunečního záření.
- orientace je ideální na jih nebo jihozápad.
- sklon panelů pro celoroční provoz je optimální 45° vzhledem k vodorovné rovině.
- množství stínících překážek má být co nejmenší.



Obr. 4.4 Vývoj množství nainstalovaných fotovoltaických systémů podle typu [7].



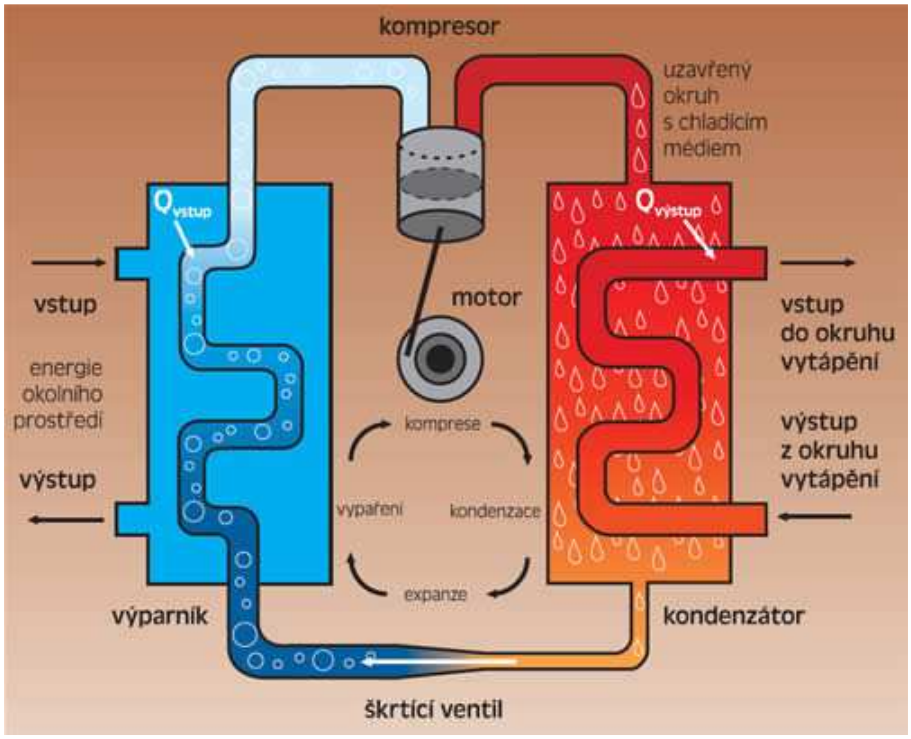
Obr. 4.5 Vývoj roční produkce fotovoltaických panelů v MW celosvětově a v jednotlivých regionech [7].

5 ENERGIE PROSTŘEDÍ

Tepelná energie prostředí se nachází všude kolem prakticky neustále. Bohužel však většinou není tak velká, aby se mohla využít přímo na energetické účely. Ovšem toto nízkopotenciálové teplo se dá využít pro nejrůznější aplikace týkající se ohřevu a vytápění objektů, ať už obytných nebo průmyslových.

5.1 Tepelné čerpadlo

V našich podmínkách se nízkopotenciálové teplo obsažené v zemi, vodě i vzduchu využívá převážně pomocí tepelných čerpadel. Tepelná čerpadla umožňují odnímat teplo okolnímu prostředí, převádět jej na vyšší teplotní hladinu a předávat jej pro potřeby vytápění nebo pro přípravu teplé vody. O využitelnosti tepelné energie nerozhoduje jen množství dané látky, ale také její teplota, na kterou je tato energie vázána.



Obr. 5.1 Princip tepelného čerpadla [5]

5.1.1 Zdroje tepla

a)*Vzduch* je k dispozici všude, vzduchová TČ jsou investičně méně náročná. Vzduch se ochlazuje ve výměníku tepla umístěném vně budovy. Protože ve vzduchu je tepla poměrně málo, musí výměníkem procházet velké objemy vzduchu. Je tedy nutný výkonný ventilátor. Ten je zdrojem určitého hluku, proto je potřeba volit umístění výměníku pečlivě. Venkovní část by neměla být ani v místech, kde se mohou tvořit "kapsy" studeného vzduchu. Vzduchová TČ jsou schopná pracovat i když je venku cca -12 °*C*, poté je nutné zapnout další, tzv. bivalentní zdroj. Při nízkých teplotách se na venkovním výměníku tvoří námraza. Energie spotřebovaná na její odtávání může výrazně zhoršit celkový topný faktor a tím zvýšit provozní náklady. Viz. Obr. 5.2.

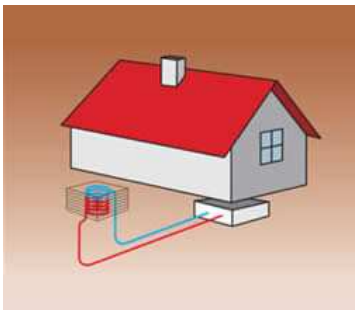
b) *Odpadní vzduch* je vzduch odváděný větracím systémem objektu, který má vždy relativně vysokou teplotu (18 až 24 °*C*). Tepelné čerpadlo může pracovat efektivně i za podmínek, kdy běžně užívané systémy zpětného získávání tepla (rekuperace) nelze použít. Teplo může být použito pro topnou vodu ústředního topení, nebo výhodněji pro ohřev vzduchu, je-li vytápění objektu teplovzdušné. Viz. Obr. 5.3.

c)*Povrchová voda* v toku nebo rybníku se může ochlazovat tepelným výměníkem umístěným buď přímo ve vodě, nebo zapuštěným do břehu vždy tak, aby nehrozilo zamrznutí. Viz. Obr. 5.4.

d) *Podzemní voda* se odebírá ze sací studny a po ochlazení se vypouští do druhé, takzvané vsakovací studny. Ochlazenou vodu lze za určitých podmínek vypouštět i do potoka nebo jiné vodoteče. Zdroj podzemní vody však musí být dostatečně vydatný (přibližně 15 - 25 *l/min* pro TČ s výkonem 10 *kW*). Viz. Obr. 5.5.

e) *Půda* se ochlazuje tepelným výměníkem z polyethylenového potrubí plněného nemrznoucí směsí a uloženého do výkopu (půdní kolektor). Půdní kolektor se umisťuje poblíž objektu v nezámrzné hloubce. Trubky půdního kolektoru se mohou ukládat na souvisle odkrytou plochu, nejméně 0,6 *m* od sebe. Velikost takovéto plochy je asi trojnásobkem plochy vytápěné. Je také možné ukládat potrubí ve tvaru uzavřených smyček do výkopů kolektoru, rýhy o hloubce cca 2 *m* a šířce cca 0,9 *m*. Na 1 *kW* výkonu tepelného čerpadla je pak potřeba 5 až 8 metrů délky výkopu. Viz. Obr. 5.6.

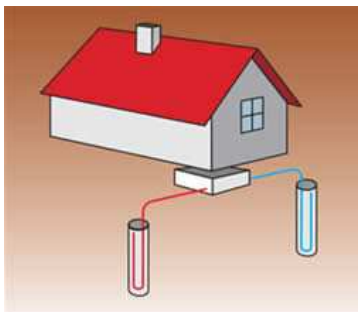
f) *Hlubinné vrty* využívají teplo hornin v podloží. Vrty hluboké až 150 *m* se umisťují v blízkosti stavby, nejméně 10 *m* od sebe. Je možno umístit vrty i pod stavbou, zvláště jde-li o novostavbu. Na 1 *kW* výkonu tepelného čerpadla je potřeba 12 až 18 *m* hloubky vrtu, podle geologických podmínek. Výhodou je celoročně stálá teplota zdroje (cca 8 °*C*), takže TČ pracuje efektivně.
Viz. Obr. 5.7.



Obr. 5.2 Tepelné čerpadlo vzduch/voda s výměníkem vně budovy [2]

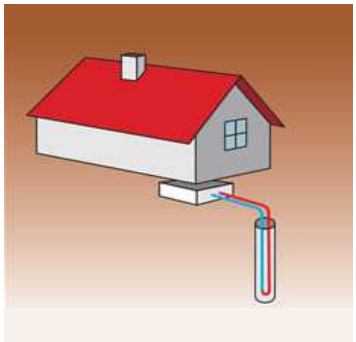
Obr. 5.3 Tepelné čerpadlo vzduch/voda využívající odpadní teplo [2]

Obr. 5.4 Tepelné čerpadlo využívající povrchové vody [2]



Obr. 5.5 Tepelné čerpadlo využívající sací a vsakovací studny [2]

Obr. 5.6 Tepelné čerpadlo s kolektorem umístěným pod povrchem [2]



Obr. 5.7 Tepelné čerpadlo s kolektorem umístěným v hlubinném vrtu.[2]

5.1.2 Přehled systémů

Podle způsobu, kterým se uskutečňuje odsávání par z výparníku a zvýšení jejich tlaku na kondenzační, se tepelná čerpadla dělí na:

a)*Kompresorová* - jsou nejběžnější. Hnací mechanická energie pro pohon kompresoru může být dodávána spalovacím nebo elektrickým motorem.
b)*Absorpční* - používají se zřídka. Mají nízkou účinnost, avšak jsou nehlučné.
c)*Hybridní* - jsou obvykle vyráběna pro speciální účely a na zakázku.

Tab. 5-1 Rozdělení podle ochlazovaného a ohřívaného média

vzduch/voda	univerzální typ, pro ústřední vytápění
vzduch/vzduch	doplňkový zdroj tepla, teplovzdušné vytápění, klimatizace
voda/voda	využití odpadního tepla, geotermální energie, ústřední vytápění
nemrznoucí kapalina/voda	univerzální typ pro ústřední vytápění, zdrojem tepla je nejčastěji vrt nebo půdní kolektor
voda/vzduch	teplovzdušné vytápěcí systémy

5.1.3 Bivalentní provoz tepelného čerpadla

Spotřeba tepla se během roku mění a není ekonomické dimenzovat tepelné čerpadlo na maximální spotřebu. Výhodnější je navrhnou tepelné čerpadlo na 50 -80 % výkonu maximálního a doplnit jej špičkovým zdrojem, což může být třeba elektrokotel, který kryje spotřebu za velmi mrazivých dnů atd. Při správném navržení špičkový zdroj dodává asi 10 - 15 % celoroční spotřeby.

5.1.4 Výhody a nevýhody tepelných čerpadel

Výhody:

- dodá několikanásobně více energie, než spotřebuje (běžně až trojnásobek).
- provoz je plně automatický a velmi dobrou regulací.
- ekologicky čistý provoz.
- nižší požadavky na instalovaný výkon v porovnání s elektrickým vytápěním.
- snadno dostupná energie pro pohon.

Nevýhody:

- vysoké pořizovací náklady.
- výstupní teplota je maximálně 55°*C*, a proto je nutná nízkoteplotní otopná soustava.
- u systémů voda/voda je nutnost provedení chemické analýzy a dodržení limitů pro pH a tvrdost vody.
- u systémů vzduch/voda vznikají problémy s hlukem ventilátorů.
- u systémů země/voda je zastavěna velká plocha a možnost snížení teploty půdy nad kolektorem, pokud je špatně naddimenzován.
- pohon používá neobnovitelnou elektrickou energii.

6 NÁVRH FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU

V této části se provede návrh fotovoltaický systém podle požadavků zadavatele, který si přeje provést srovnání monokrystalických a polykrystalických panelů a vzhledem k tomu, že plánuje i výměnu střešní krytiny, zahrnu do porovnání i hydroizolační fólii EVALON SOLAR, jenž plnohodnotně nahrazuje střešní krytinu.
Fotovoltaický systém má být umístěn na střeše a ploše cca 110 m^2. Střecha je orientována na jih a její sklon je 15 °. Objekt se nachází v Cetkovicích (asi 50 *km* na sever od Brna). Dům je umístěn na volném prostranství a střecha není ničím stíněna. Systém budeme možnost připojení na síť.
Statický koeficient využití pro danou oblast je k_{st} = 1050 kWh/kW_P [8], koeficient respektující vliv sklonu a orientace FV systému k_{SO} = 0,93 [9].

6.1 Polykrystalický křemíkový fotovoltaický panel SHARP ND162E1 - 162

Panel je tvořen polykrystalickými články o rozměrech 155,5 x 155,5 *mm* s účinností 12,4 % a výkonem 162 *W*. Panel obsahuje přemosťovací diodu k minimalizaci poklesu výkonu při zastínění panelu a antireflexní vrstvu se strukturou BSF (Back Surface Field) k optimalizaci stupně účinnosti článků. Výstup panelu je tvořen kabelem s izolovanou spojkou zabraňující průniku vlhkosti [10].

6.1.1 Technické výpočty

Plocha 1 panelu S_1

$$S_1 = a \,.\, b = 1{,}31 \,.\, 0{,}99 = 1{,}23\ m^2 \tag{6.1}$$

Počet panelů *n* potřebných na plochu střechy o ploše S_s = 110 m^2

$$n = \frac{S_s}{S_1} = \frac{110}{1{,}23} = 88 \tag{6.2}$$

Panely se rozdělí do 4 sekcí a panely připojené na jeden střídač budou řazeny tak, že 22 panelů bude rozděleno do 2 větví zapojených paralelně, v nichž bude spojeno 11 panelů sériově.
Napětí 1 panelu naprázdno U_{01} *je* 28,4*V*, takže pro celkové napětí naprázdno platí

$$U_0 = 11 \,.\, U_{01} = 11 \,.\, 28{,}4 = 312{,}4V \tag{6.3}$$

Celkové napětí při maximálním zatížení U_{MPP} je dáno součtem napětí jednotlivých článku U_{MPP1} zapojených v sérii.

$$U_{MPP} = 11 \,.\, 22{,}8 = 250{,}8\ V \tag{6.4}$$

Proud 1 panelu I_1 = 7,11*A*, takže pro celkový vstupní proud střídače *I* platí

$$I = 2 \,.\, I_1 = 2 \,.\, 7{,}11 = 14{,}22\ A \tag{6.5}$$

Celkový špičkový výkon jedné sekce P_{C1} je tedy dán součtem výkonů každého panelu P_1 [10]

$$P_{C1} = 22 \,.\, P_1 = 22 \,.\, 162 = 3\,564\ W_P \tag{6.6}$$

Celkový špičkový výkon P_C všech sekcí se vypočítá

$P_C = 4 \,.\, P_{C1} = 4 \,.\, 3\,564 = 14\,256\ W_P$ (6.7)

Celkovou energii získanou ze systému dostane po vynásobení příslušnými koeficienty a účinností střídače ($\eta_{stř}$ = 94,7 %)

$A = P_C \,.\, k_{st} \,.\, k_{SO} \,.\, \eta_{stř} = 14\,256 \,.\, 1{,}050 \,.\, 0{,}93 \,.\, 0{,}947 = 13\,183\ kWh/\ rok$ (6.8)

Pro daný systém se zvolí 4 střídače SUNNY BOY SB 3800

Tab. 6-1 Vstupní a výstupní parametry střídače SB 3800 [11].

Vstupní parametry	
Max. DC výkon (PDC, max)	4040 W
Max DC napětí (UDC, max)	500 V
Rozsah vstupního napětí, MPPT (UMPP)	200 V – 500 V
Max. vstupní proud (IPV, max)	20 A
Stejnosměrné zvlnění (Upp)	<10 %
Maximální počet řetězců	3
DC odpojení	Zacvákavací kabelový konektor
Teplotně kontrolovaný varistor	ano
Monitorování spojení se zemí	ano
Ochrana proti přepólování	zkratová dioda
Výstupní parametry	
Maximální AC výkon (PAC, max)	3800 W
Jmenovitý AC výkon (PAC, nom)	3800 W
Harmonické zkreslení proudu sítě	<4 %
Jmenovité AC napětí (UAC, nom)	220 - 240 V
Jmenovitá AC frekvence	50 Hz / 60 Hz
Účiník (cos fi)	1
Ochrana proti zkratovému proudu	ano proudová regulace
Připojení do sítě	AC konektor
Účinnost	
Max. účinnost	95,6 %
Euro-Eta	94,7 %

6.1.2 Náklady

Veškeré ceny jsou převzaty z aktuálního ceníku pro rok 2008 od firmy CZ-elektronika s.r.o. [12].

Cena 1 panelu SHARP ND162E1- 162	13 478,- Kč
Cena 88 panelů SHARP ND162E1- 162	**1 186 064,- Kč**
Cena 1 střídače SB 3800	48 070,- Kč
Cena 4 střídačů SB 3800	**192 280,- Kč**
Montážní práce - výškové (cena za 1 kW_P)	5 070,- Kč
Montážní práce - výškové celkem (za 14,256 kW_P)	**72 277,- Kč**
Montážní práce - elektroinstalační (za 1kW_P nad 5kW_P)	5 712,- Kč
Montážní práce - elektroinstalační celkem (za 14,256 kW_P)	**81 430,- Kč**
Cena celkem	**1 532 051,- Kč**

6.2 Monokrystalický křemíkový fotovoltaický panel SHARP NUSOE3E - 180

Jedná se o vysokovýkonný panel s účinností 13,7% o výkonu 180 W_P z monokrystalických článků o rozměrech 155,5x155,5 *mm*. Obsahuje přemosťovací diodu k minimalizaci poklesu výkonu při zastínění. Je na něm použita BSF(Back Surface Field) struktura k optimalizaci stupně účinnosti článků na 15,7% a texturovaný povrch, který minimalizuje reflexi slunečního záření [13].

6.2.1 Technické výpočty

Plocha 1 panelu S_1

$$S_1 = a \,.\, b = 1{,}31 \,.\, 0{,}99 = 1{,}23\ m^2 \tag{6.9}$$

Počet panelů *n* potřebných na plochu střechy o ploše S_s = 110 m^2

$$n = \frac{S_S}{S_1} = \frac{110}{1{,}23} \doteq 88 \tag{6.10}$$

Panely se rozdělí do 4 sekcí a panely připojené na jeden střídač budou řazeny tak, že 22 panelů bude rozděleno do 2 větví zapojených paralelně, v nichž bude spojeno 11 panelů sériově.
Napětí 1 panelu naprázdno U_{01} *je* 30,0*V*, takže pro celkové napětí naprázdno platí

$$U_0 = 11 \,.\, U_{01} = 11 \,.\, 30{,}0 = 330{,}0V \tag{6.11}$$

Celkové napětí při maximálním zatížení U_{MPP} je dáno součtem napětí jednotlivých článku U_{MPP1} zapojených v sérii.

$$U_{MPP} = 11 \,.\, 23.7 = 260.7V \tag{6.12}$$

Proud 1 panelu I_1 = 7.6*A*, takže pro celkový vstupní proud střídače *I* platí

$$I = 2 \,.\, I_1 = 2 \,.\, 7{,}6 = 15.2A \tag{6.13}$$

Celkový špičkový výkon jedné sekce P_{C1} je tedy dán součtem výkonů každého panelu P_1

$$P_{C1} = 22 \,.P_1 = 22 \,.\, 180 = 3\,960\ W_P \tag{6.14}$$

Celkový špičkový výkon P_C všech sekcí se vypočítá

$$P_C = 4 \,.\, P_{C1} = 4 \,.\, 3\,960 = 15\,840\ W_P \tag{6.15}$$

Celková energie získaná ze systému se dostane po vynásobení příslušnými koeficienty a účinností střídače ($\eta_{stř}$ = 94,7%)

$$A = P_C \,.\, k_{st} \,.\, k_{SO} \,.\, \eta_{stř} = 15\,840 \,.\, 1{,}050 \,.\, 0{,}93 \,.\, 0{,}947 = 14\,647\ kWh/\ rok \tag{6.16}$$

Pro daný systém se zvolí 4 střídače SUNNY BOY SB 3800. Technické parametry střídače viz tab. 6-1Vstupní a výstupní parametry střídače SB 3800.

6.2.2 Náklady

Veškeré ceny jsou převzaty z aktuálního ceníku pro rok 2008 od firmy CZ-elektronika s.r.o. [12]

Cena 1 panelu SHARP NUSOE3E- 180	15 444,- Kč
Cena 88 panelů SHARP NUSOE3E- 180	**1 359 072,- Kč**
Cena 1 střídače SB 3800	48 070,- Kč
Cena 4 střídačů SB 3800	**192 280,- Kč**
Montážní práce - výškové (cena za 1 kW_P)	5 070,- Kč
Montážní práce - výškové celkem (za 15,840 kW_P)	**80 309,- Kč**
Montážní práce - elektroinstalační (za 1kW_P nad 5kW_P)	5 712,- Kč
Montážní práce - elektroinstalační celkem (za 15,840 kW_P)	**90 478,- Kč**
Cena celkem	**1 722 139,- Kč**

6.3 Hydroizolační fólie EVALON SOLAR

Tato technologie využívá tenkovrstvou amorfní křemíkovou technologii. Jedná se o ohebné plastové panely se třemi polovodičovými P-I-N přechody na bázi amorfních vrstev. Nejspodnější přechod je tvořený tenkovrstvým amorfním křemíkem a absorbuje červené světlo. Prostřední přechod je tvořený amorfní slitinou křemíku a germania a absorbuje žluto-zelené světlo. Vrchní přechod je tvořený slitinou křemíku a vyššího dílu germania a absorbuje modré světlo. Tímto způsobem se zvyšuje účinnost přeměny zejména pro snížené dopadající světelné záření a při difúzním světle (zamračeno) až o 30 %. Přemosťovací (BYPASS) diody jsou zapojeny paralelně ke každé fotobuňce a tím je umožněna generace výkonu i při částečném zastínění některých buněk [14].

6.3.1 Technické výpočty

Plocha 1 fólie S_1

$$S_1 = a \,.\, b = 6.1{,}55 = 9{,}3\ m^2 \tag{6.17}$$

Počet fólií n potřebných na plochu střechy o ploše $S_s = 110\ m^2$

$$n = \frac{S_S}{S_1} = \frac{110}{9{,}3} \doteq 12 \tag{6.18}$$

To odpovídá celkové ploše fólií S

$$S = n \,.\, S_1 = 12 \,.\, 9{,}3 = 111{,}6\ m^2 \tag{6.19}$$

Fólie se rozdělí do 2 sekcí a fólie připojené na jeden střídač budou řazeny tak, že 6 fólií bude rozděleno do 2 větví zapojených paralelně, v nichž budou spojeny 3 fólie sériově. Napětí 1 fólie naprázdno U_{01} *je* 138,6 *V*, takže pro celkové napětí naprázdno platí

$$U_0 = 3 \,.\, U_{01} = 3 \,.\, 1\ 38{,}6 = 415{,}8\ V \tag{6.20}$$

Celkové napětí při maximálním zatížení U_{MPP} je dáno součtem napětí jednotlivých fólií U_{MPP1} zapojených v sérii.

$$U_{MPP} = 3 \,.\, 99 = 297\ V \tag{6.21}$$

Proud 1 fólie I_1 = 4,13 *A*, takže pro celkový vstupní proud střídače *I* platí

$$I = 2 \,.\, I_1 = 2 \,.\, 4{,}13 = 8{,}26\ A \tag{6.22}$$

Celkový špičkový výkon jedné sekce P_{C1} je tedy dán součtem výkonů každé fólie P_1

$$P_{C1} = 6 \,.\, P_1 = 22 \,.\, 408 = 2\,448\ W_P \tag{6.23}$$

Celkový špičkový výkon P_C všech sekcí se vypočítá

$$P_C = 2 \,.\, P_{C1} = 2 \,.\, 2\,448 = 4\,896\ W_P \tag{6.24}$$

Celkovou energii získanou ze systému dostane po vynásobení příslušnými koeficienty a účinností střídače ($\eta_{stř}$ = 94,7%)

$$A = P_C \,.\, k_{st} \,.\, k_{SO} \,.\, \eta_{stř} = 4\,896 \,.\, 1{,}050 \,.\, 0{,}93 \,.\, 0{,}947 = 4\,527\ kWh/\ rok \tag{6.25}$$

Pro daný systém se zvolí 2 střídače SUNNY BOY SB 3800. Technické parametry střídače viz tab. 6.1 Vstupní a výstupní parametry střídače SB 3800

6.3.2 Náklady

Pořizovací náklady těchto fólií se udávají v *Kč/m*^{2}. Níže uvedené ceny jsou převzaty z www.tetom.cz [14].

Cena 1m^2 fólie EVALON SOLAR bez montážních prací	7 500,- Kč
Cena 1m^2 fólie EVALON SOLAR vč. montážních prací	8 800,- Kč
Cena 111,6m^2 fólie EVALON SOLAR bez montážních prací	837 000,- Kč
Cena 111,6m^2 fólie EVALON SOLAR vč. montážních prací	**982 080,-Kč**
Cena 1 střídače SB 3800	48 070,- Kč
Cena 2 střídačů SB 3800	**96 140,- Kč**
Cena celkem	**1 078 220,- Kč**

6.4 Finanční analýza a návratnost investic

Návratnost investicí je jedno z velkých kritérií, které jsou pro investora velmi důležité. Na základě návratnosti investic se rozhodne, který typ fotovoltaických panelů bude použit. Neboť pro investora je důležité, aby se vložené náklady co nejdříve vrátili a zařízení tak produkovalo zisk po co nejdelší dobu. Při analýze se budou uvažovat 2 základní hlediska. Nejprve se určí návratnost, pokud by investor všechnu elektrickou energii prodal provozovateli distribuční soustavy. Kterou má provozovatel distribuční sítě povinnost vykoupit podle zákona č. 180/05 Sb. [16] Poté se určí návratnost, když investor pokryje vlastní spotřebu vyrobenou energií a případný přebytek elektrické energie prodá. Budu se také srovnávat návratnost investic při poskytnutí dotace. Dotace se poskytuje na 50% investované částky, avšak je do výše 200 000,-Kč. Výkupní cena elektrické energie stanovená Energetickým regulačním úřadem ERÚ pro rok 2008 je 13 460,-Kč za 1 *MWh*. Zelený bonus čerpaný na 1 *MWh* je stanovený ERÚ na 12 650,-Kč [16].
Při hodnocení se používá metoda prostého porovnání, která neuvažuje časovou hodnotu peněz. Nicméně tím, že se doby prosté návratnosti příliš neliší, tak se také při srovnání nedopouštíte velké chyba a pro rozvahu je to dostačující)

6.4.1 Systém z polykrystalických panelů SHARP ND162E1 - 162

Cena systému bez dotace (C_{bd})	1 532 051,- Kč
Cena systému s dotací (C_{sd})	1 332 051,- Kč
Náklady na opravy a údržbu za 10 let činí 1% ceny systému bez dotace (O)	15 320,- Kč

Výrobce udává po 20 letech provozu zmenšení výkonu nejvíce o 10 %., bude se tedy předpokládat, že každý rok výrobu elektrické energie s účinností 95 %.

Návratnost bez dotace t_{bd}

Vyrobená energie za 1 rok (A_1) 13 183 . 0,95 = 12 523 k*Wh* (6.26)

Cena vyrobené energie (C_{ve}) 12,523 . 13460 = 168 559,- Kč (6.27)

$$t_{bd} = \frac{C_{bd} + O}{C_{ve}} = \frac{1\,532\,051 + 15\,320}{168\,559} = 9{,}17 \text{ roků} \qquad (6.28)$$

Zisk Z se počítá pouze do 15 let, neboť 15 let je doba, kdy stát garantuje stejnou výkupní cenu.

$Z = (15 - t_{bd})$. 13 460 . A_1 - O =(15 - 9,17) . 13 460 . 12,523 - 15 320 = **967 747,- Kč** (6.29)

Návratnost s dotací t_{sd}

$$t_{sd} = \frac{C_{sd} + O}{C_{ve}} = \frac{1\,332\,051 + 15\,320}{168\,559} = 7{,}99 \text{ roků}$$

(6.30)

$Z = (15 - t_{sd})$. 13 460 . A_1 - O =(15 - 7,99) . 13 460 . 12,523 - 15 320 = **1 166 721,- Kč** (6.31)

Investor udává, že spotřebuje za měsíc průměrně 650 *kWh* elektrické energie, což činí 7800 *kWh* za rok. Investor 1/3 el. energie spotřebovává při nízkém tarifu a 2/3 el. energie spotřebovává vři vysokém tarifu. Za elektřinu podle tarifu D 25d (provozovatel distribuční soustavy E. ON) zaplatí měsíčně 2612,-Kč, což ročně činí 31 344,- Kč. Prodejní cenu el. energie při čerpání zelených bonusů budu uvažovat 4,00,- Kč, neboť tato cena se řídí tržními mechanismy, takže bude o něco menší, než je cena, za kterou prodává el. energii provozovatel distribuční sítě.

Návratnost při čerpání zelených bonusů bez dotace s pokrytím vlastní spotřeby el. energie

Vyrobená energie za 1 rok	13 183.0,95 = 12 523	*kWh*	(6.32)
Spotřeba el. energie 1 rok (A_{s1})	7 800	*kWh*	
Přebytek energie (A_{p1})	4 723	*kWh*	
Cena ušetřené energie(C_{ue})	31 344,-	Kč	
Cena přebytku energie (C_{pe})	4,00 . 4,723 = 18 892,-	Kč	(6.33)
Cena zelených bonusů (C_{ZB})	12 650 . 12,523 = 158 415,-	Kč	(6.34)

$$t_{bd} = \frac{C_{bd} + O}{C_{ue} + C_{pe} + C_{ZB}} = \frac{1\,532\,051 + 15\,320}{31\,344 + 18\,892 + 158\,415} = 7{,}41 \text{ roků} \qquad (6.35)$$

$Z = (15 - A_1)$. $(4{,}00 . A_{p1} + 12\,650 . A_{s1} + C_{ue}) - O$ =
=(15 - 7,41) . (4,00 . 4,723 + 12 650 . 12,523 + 31 344) - 15 320 = **1 425 101,- Kč** (6.36)

Návratnost při čerpání zelených bonusů s dotací a s pokrytím vlastní spotřeby el. energie

$$t_{sd} = \frac{C_{sd} + O}{C_{ue} + C_{pe} + C_{ZB}} = \frac{1\,332\,051 + 15\,320}{31\,344 + 18\,892 + 158\,415} = 6{,}45 \text{ roků} \qquad (6.37)$$

$Z = (15 - A_1) \,.\, (4{,}00 \,.\, A_{p1} + 12\,650 \,.\, A_{s1} + C_{ue}) - O =$
$=(15 - 6{,}45) \,.\, (4{,}00 \,.\, 4{,}723 + 12\,650 \,.\, 12{,}523 + 31\,344) - 15\,320 =$ **1 607 289 ,- Kč** (6.38)

6.4.2 Systém z monokrystalických panelů SHARP NUSOE3E - 180

Cena systému bez dotace	1 722 139,- Kč
Cena systému s dotací	1 522 139,- Kč
Náklady na opravy a údržbu za 10 let činí	
1% ceny systému bez dotace	17 221,- Kč

Návratnost bez dotace t_{bd}

Vyrobená energie za 1 rok 14 647.0,95 = 13 914 *kWh* (6.39)
Cena vyrobené energie 13,914. 13460 = 187 282,- Kč (6.40)

$$t_{bd} = \frac{C_{bd} + O}{C_{ve}} = \frac{1\,722\,139 + 17\,221}{187\,282} = 9{,}28 \text{ roků} \qquad (6.41)$$

$Z = (15 - t_{bd}) \,.\, 13\,460 \,.\, A_1 - O = (15 - 9{,}28) \,.\, 13\,460 \,.\, 13{,}914 - 17\,221 =$ **1 071 238,- Kč** (6.42)

Návratnost s dotací t_{sd}

$$t_{sd} = \frac{C_{sd} + O}{C_{ve}} = \frac{1\,522\,139 + 17\,221}{187\,282} = 8{,}22 \text{ roků} \qquad (6.43)$$

$Z = (15 - t_{sd}) \,.\, 13\,460 \,.\, A_1 - O = (15 - 8{,}22) \,.\, 13\,460 \,.\, 13{,}914 - 17\,221 =$ **1 269 775,- Kč** (6.44)

Návratnost při čerpání zelených bonusů bez dotace s pokrytím vlastní spotřeby el. energie

Vyrobená energie za 1 rok	14 647.0,95 = 13 914	*kWh*	(6.45)
Spotřeba el. energie 1 rok	7 800	*kWh*	
Přebytek energie	6 114	*kWh*	
Cena ušetřené energie	31 344,-	Kč	
Cena přebytku energie	4,00 . 6,114 = 24 456,-	Kč	(6.46)
Cena zelených bonusů	12 650 . 13,914 = 176 012,-	Kč	(6.47)

$$t_{bd} = \frac{C_{bd} + O}{C_{ue} + C_{pe} + C_{ZB}} = \frac{1\,722\,139 + 17\,221}{31\,344 + 24\,456 + 176\,012} = 7{,}50 \text{ roků} \qquad (6.48)$$

$Z = (15 - t_{bd}) \,.\, (4{,}00 \,.\, A_{p1} + 12\,650 \,.\, A_{s1} + C_{ue}) - O =$
$= (15 - 7{,}50) \,.\, (4{,}00 \,.\, 6{,}114 + 12\,650 \,.\, 13{,}914 + 31\,344) - 17\,221 =$ **1 538 133,- Kč** (6.49)

Návratnost při čerpání zelených bonusů s dotací a s pokrytím vlastní spotřeby el. energie

$$t_{sd} = \frac{C_{sd} + O}{C_{ue} + C_{pe} + C_{ZB}} = \frac{1\,522\,139 + 17\,221}{31\,344 + 24\,456 + 176\,012} = 6{,}64 \text{ roků} \qquad (6.50)$$

$Z = (15 - t_{sd}) \,.\, (4{,}00 \,.\, A_{p1} + 12\,650 \,.\, A_{s1} + C_{ue}) - O =$
$=(15 - 6{,}64) \,.\, (4{,}00 \,.\, 6{,}114 + 12\,650 \,.\, 13{,}914 + 31\,344) - 17\,221 =$ **1 716 480,- Kč** (6.51)

6.4.3 Systém z hydroizolačních fólií EVALON SOLAR

Cena systému bez dotace	1 078 220,- Kč
Cena systému s dotací	878 220,- Kč
Náklady na opravy a údržbu za 10 let činí 1% ceny systému bez dotace	10 782,- Kč

Návratnost bez dotace t_{bd}

Vyrobená energie za 1 rok 4 527.0,95 = 4 301 *kWh* (6.52)
Cena vyrobené energie 4,301. 13460 = 57 891,- Kč (6.53)

$$t_{bd} = \frac{C_{bd} + O}{C_{ve}} = \frac{1\,078\,220 + 10\,782}{57\,891} = 18{,}81 \text{ roků} \quad (6.54)$$

Z = 0,- Kč

Návratnost s dotací t_{sd}

$$t_{sd} = \frac{C_{sd} + O}{C_{ve}} = \frac{878\,220 + 10\,782}{57\,891} = 15{,}35 \text{ roků} \quad (6.55)$$

Z = ***0,- Kč***

Návratnost při čerpání zelených bonusů bez dotace s pokrytím vlastní spotřeby el. energie

Vyrobená energie za 1 rok	4 527.0,95 = 4 301 *kWh*	(6.56)
Spotřeba el. energie 1 rok	7 800 *kWh*	
Přebytek energie	0 *kWh*	
Cena ušetřené energie	15 272,- Kč	
Cena přebytku energie	0,- Kč	
Cena zelených bonusů	12 650.4,301 = 54 408,- Kč	(6.57)

$$t_{bd} = \frac{C_{bd} + O}{C_{ue} + C_{pe} + C_{ZB}} = \frac{1\,078\,220 + 10\,782}{15\,272 + 0 + 54\,408} = 15{,}62 \text{ roků} \quad (6.58)$$

Z = ***0,-Kč***

Návratnost při čerpání zelených bonusů s dotací a s pokrytím vlastní spotřeby el. energie

$$t_{sd} = \frac{C_{sd} + O}{C_{ue} + C_{pe} + C_{ZB}} = \frac{878\,220 + 10\,782}{15\,272 + 0 + 54\,408} = 12{,}75 \text{ roků} \quad (6.59)$$

$Z = (15 - t_{sd}) \,.\, (4{,}00 \,.\, A_{p1} + 12\,650 \,.\, A_{s1} + C_{ue}) - O =$
$=(15 - 12{,}75) \,.\, (12\,650 \,.\, 4{,}301 + 15\,272) - 10\,728 =$ **146 051,- Kč** (6.60)

6.5 Investice do termínovaných vkladů a investičních akciových fondů

Další možností pro investora je nevložit své investice do FV systému, nýbrž uložit peníze do banky na termínovaný vklad nebo do investičních akciových fondů. Z bank na trhu se náhodně vybrala banku ČSOB, a. s. Nevýhodou termínovaných vkladů je, že výnos za každý rok podléhá zdanění. U investičních akciových fondů zase kolísá velikost zhodnocení vkladu. Ovšem na dobu 15 let, která se bude brát v úvahu, je zhodnocení asi 10 % [17] .

6.5.1 Termínovaný vklad

Úroková sazba při vkladu na 3 roky je 3 %. Daň z výnosu je 15 %. Vklad bude na účtu tedy 5 period. Tři roky je nejdelší možná doba, jakou může vklad setrvat na účtu.
a,) Zůstatek za 1. rok po zdanění pro polykrystalický panel SHARP ND162E1 - 162 se vypočítá

(zůstatek . 1,03 - *zůstatek)* - *(zůstatek* . 1,03 - *zůstatek)* . 0,15=
(1 532 051 . 1,03 - 1 532 051) - (1 532 051 . 1,03 - 1 532 051) . 0,15=1 571 118,30,- Kč (6.61)

Výnos po 15. roce činí 2 179 578,57,- Kč
Zisk dostaneme po odečtení původní vložené částky

Z = 2 179 578,57 - 1 532 051 = **647 527,- Kč** (6.62)

b) Zůstatek za 1. rok po zdanění pro monokrystalický panel SHARP NUSOE3E - 180 se vypočítá

(zůstatek . 1,03 - *zůstatek)* - *(zůstatek* . 1,03 - *zůstatek)* . 0,15=
(1 722 139 . 1,03 - 1 722 139) - (1 722 139 . 1,03 - 1 722 139) . 0,15=1 766 053,54,- Kč (6.63)

Výnos po 15. roce činí 2 179 578,57,- Kč
Zisk se vypočítá odečtením původní vložené částky

Z = 2 450 008 - 1 722 139= ***727 869,- Kč*** (6.64)

c) Zůstatek za 1. rok po zdanění pro hydroizolační fólii EVALON SOLAR se vypočítá

(zůstatek . 1,03 - *zůstatek)* - *(zůstatek* . 1,03 - *zůstatek)* . 0,15=
(1 078 220.1,03 - 1 078 220) - (1 078 220 . 1,03 - 1 078 220) . 0,15=1 105 714,61,- Kč (6.65)

Výnos po 15. roce činí 1 533 934,-Kč
Zisk se vypočítá odečtením původní vložené částky

Z = 1 533 934 - 1 078 220 = **455 714,- Kč** (6.66)

6.5.2 Investiční akciové fondy

Jak již dříve bylo uvedeno, výnos každý rok je asi 10% ze zůstatkové částky při délce vkladu 15 let. Výhodou této investice je, že výnosy nepodléhají zdanění.

a) Zůstatek za 1. rok pro polykrystalický panel SHARP ND162E1 - 162 se vypočítá

zůstatek . *1,1* = 1 532 051 . 1,1 = 1 685 256,10,- Kč (6.67)

Výnos po 15. roce činí 5 817 961,-Kč
Zisk se vypočítá odečtením původní vložené částky

Z = 5 817 961 - 1 532 051 = **4 285 910,- Kč** (6.68)

b) Zůstatek za 1. rok pro monokrystalický panel SHARP NUSOE3E - 180 se vypočítá

zůstatek . 1,1 = 1 722 139 . 1,1 = 1 894 352,90,- Kč (6.69)

Výnos po 15. roce činí 6 539 820,- Kč
Zisk se vypočítá odečtením původní vložené částky

Z = 6 539 820 - 1 722 139 = **4 817 681,- Kč** (6.70)

c) Zůstatek za 1. rok pro hydroizolační fólii EVALON SOLAR se vypočítá

zůstatek . 1,1 = 1 078 220 . 1,1 = 1 186 042,00,- Kč (6.71)

Výnos po 15. roce činí 4 094 538,- Kč
Zisk se vypočítá odečtením původní vložené částky

Z = 4 094 538 - 1 078 220 = **3 016 318,- Kč** (6.72)

6.6 Vyhodnocení

Nárok na obdržení dotací není vymahatelný, z toho důvodu bude pro výběr vhodných fotovoltaických panelů směrodatná návratnost a poměr *zisk/cena*. Vyhodnocení bude provedeno v několika částech.
Nejprve se vyhodnotí každý fotovoltaický systém samostatně a poté se vyber nejvhodnější. Pro srovnání se ještě provede porovnání výnosů při uložení částky, rovnající se pořizovací ceně daného systému, na termínovaný vklad a na investiční akciový fond. Pro přehlednost jsou vypočtené hodnoty shrnuty v tab. 6-2.

a) Polykrystalický panel SHARP ND162E1 - 162
Nevýhodou tohoto systému je, že má menší účinnost přeměny sluneční energie na elektrickou (12,4%), avšak tento nedostatek je kompenzován nižší pořizovací cenou. Proto je návratnost investice do tohoto systému je 9,17 let a za zbylou dobu (do 15 let, což je garantovaná výkupní cena státem) ještě vyprodukuje zisk 967 747,- Kč. Poměr zisk/cena je 0,632, z čehož je vidět, že systém vytvoří svému majiteli zisk o něco málo větší, než byla pořizovací ceny systému samotného. Pokud se investor rozhodne vyrobenou energii sám spotřebovávat a přebytek prodat za tržní cenu (při výpočtu uvažujeme 4,-Kč/*kWh*) návratnost se klesne na 7,41 let a vyprodukovaný zisk činí 1 425 101,- Kč. Poměr zisk/cena klesne na hodnotu 0,930.
Při vložení investované částky na termínovaný vklad, kde je úroková sazba 3% bude čistý zisk za 15 let činit 647 527,- Kč a poměr zisk/cena bude 0,423. Při vložení investované částky do investičního akciového fondu bude zhodnocení za 15 let 4 285 910,- Kč a poměr cena zisk stoupne na 2,797.

b) Monokrystalický panel SHARP NUSOE3E - 180
Výhodou tohoto systému je, že má vyšší účinnost než předchozí systém, ovšem tato výhoda je vyvážena vyšší pořizovací cenou systému. Z toho důvodu návratnost a zisk mírně stoupli na

9,28 let a 1 071 238,- Kč, ovšem poměr zisk/cena klesl na 0,622. Při volbě zelených bonusů se návratnost ještě více zlepší, a to na 7,50 let a vyprodukovaný zisk bude 1 538 133,- Kč. Poměr zisk/cena se oproti polykrystalickému systému výrazně zvýší na 0,893.
Zisk při vložení na termínovaný vklad se sice zvýší, ale to je způsobeno vyšší investiční částkou. Zisk je tedy 727 869,- Kč a poměr zisk/cena je 0,423. Při vkladu do investičního akciového fondu činí zisk 4 817 681,- Kč poměr cena zisk je 2,797.

c) hydroizolační fólie EVALON SOLAR
Výhodou tohoto systému je, že může nahradit střešní krytinu, avšak pro energetické využití nedosahuje takových kvalit jako klasické fotovoltaické panely. Jelikož je tato fólie primárně určena jako hydroizolační, byla by návratnost tohoto systému, při zachování současných podmínek i po uplynutí 15 roční garance, 18,81 let. Z toho důvodu je zisk nulový a rovněž i poměr zisk/cena. Při použití zelených bonusů je návratnost 15,62 let, čehož vyplývá, že zisk a poměr zisk/cena je opět nula. Při vkladu na termínovaný vklad činí zisk 455 714 a poměr zisk/cena 0,423. A při uložení do investičního akciového fondu činí zisk 3 016 318,- Kč.
Poměr zisk/cena je 2,797.

Tab. 6-2 Výsledné hodnoty

	Polykrystalický s.	Monokrystalický s.	EVALON SOLAR
Investice	1 532 051	1 722 139	1 078 220
Vyrobená energie/rok (kWh)	12 523	13 914	4 301
Návratnost bez dotace (rok)	9,17	9,28	18,81
Zisk (Kč)	967 747	1 071 238	0
zisk/cena	0,632	0,622	0
Návratnost s dotací (rok)	7,99	8,22	15,35
Zisk (Kč)	1 166 721	1 269 775	0
Zisk/Cena	0,762	0,737	0
Návratnost při zelených bonusech bez dotace (rok)	7,41	7,50	15,62
Zisk (Kč)	1 425 101	1 538 133	0
Zisk/Cena	0,930	0,893	0
Návratnost při zelených bonusech s dotací (rok)	6,45	6,64	12,75
Zisk (Kč)	1 607 289	1 716 480	146 051
Zisk/Cena	1,049	0,996	0,084
termínovaný vklad			
Doba (rok)	15	15	15
Zisk (Kč)	647 527	727 869	455 714
Zisk/Cena	0,423	0,423	0,423
Investiční akciový fond			
Doba (rok)	15	15	15
Zisk (Kč)	4 285 910	4 817 681	3 016 318
Zisk/Cena	2,797	2,797	2,797

Na základě výše uvedených informací byl vybrán jako nejvhodnější polykrystalický systém, který má nejkratší dobu návratnosti ze všech třech systémů. Sice zisk nedosahuje takové hodnoty jako při použití monokrystalického systému, ale poměr zisk/ cena je u něj příznivější, než u monokrystalického systému. Systém je výhodnější provozovat při čerpání zelených bonusů,

neboť při dodávání do sítě je horší návratnost i poměr zisk/cena. Avšak zase zde přibývá nutnost najít si odběratele, pro vyrobenou energii, kterou investor není schopen spotřebovat.

ZÁVĚR

Alternativní zdroje elektrické energie poskytují další možnost, jak zvýšit energetickou nezávislost, ale zároveň také jak pomoci přírodě tím, že se zmenšuje globální znečišťování. Avšak propracovanost těchto technologií není ještě na takové úrovni, aby se mohla využívat jen alternativních zdrojů elektrické energie. Z energetického hlediska je to možná alternativa místo uhelných elektráren a doplňující zdroj, jehož využívání bude do budoucna ve stále větší míře. Avšak v našich podmínkách a zdejším klimatem v dohledné době se nedá uvažovat o plném nahrazení stávajících uhelných a jaderných elektráren elektrárnami využívající obnovitelné zdroje.
Z toho důvodu se nyní preferují menší zdroje využívající obnovitelné zdroje elektrické energie. Které jsou většinou umístěny v místě, kde se daný obnovitelný zdroj nachází (u řeky).

V teoretické části práce bylo provedeno shrnutí situace týkající se obnovitelných zdrojů a jejich možností do budoucna. Poté byly vybrány nejvyužívanější obnovitelné zdroje, kterými jsou biomasa, voda, vítr, Slunce a energie obsažená v prostředí. V dílčích částech potom byly rozvedeny další možnosti rozdělení jednotlivých obnovitelných zdrojů, způsoby získávání a přeměny elektrické energie z těchto zdrojů. Práce se zaměřila na lokalizaci zdrojů a vhodnost umístění zařízení na jejich přeměnu na elektrickou energii.
V návrhu a fotovoltaického systému bylo provedeno srovnání panelů z polykrystalického a monokrystalického křemíku a hydroizolační fólie EVALON SOLAR. Při téměř srovnatelné ploše všech tří systémů vyrobí nejvíce el. energie systém z monokrystalického křemíku 13 914 *kWh*.
Avšak pořizovací cena tohoto systému je také nejvyšší a činí 1 722 139,- Kč.
Z ekonomického hlediska, které je pro investora též velmi důležité, je nejvýhodnější realizovat systém z polykrystalického křemíku, neboť jeho cena je 1 532 051,- Kč a návratnost, bez udělení dotací, je 9,17 let. Zisk, který daný systém vyprodukuje za zbývající dobu (do 15 let, což je státem garantovaná výkupní cena) je 967 747,- Kč. Rovněž poměr zisk/cena je u tohoto systému nejvyšší 0,632.
Hydroizolační fólie EVALON SOLAR opatřená solárními tenkovrstvými články se ukázala z ekonomického hlediska jako nejhorší. Návratnost investice je zde 18,81 let, pokud předpokládám, že po 15 letech bude výkupní cena elektřiny taková, jako je dnes. Je to dáno tím, že fólie má primární použití jako hydroizolační, a proto není osázena tak hustě fotovoltaickými články jako je tomu u klasických FV panelů.
Na konec bylo provedeno srovnání zisku z vložení investované částky do banky na termínovaný vklad s úrokovou sazbou 3% na 15let. Jelikož zde čistý zisk závisí od vložené částky, vyprodukuje největší zisk částka 1 722 139,- Kč odpovídající pořizovací ceně monokrystalického systému. Zisk potom činí 727 869,- Kč. Poměr zisk/cena je zde 0,423.
Při vložení peněz do investičního akciového fondu na 15 let je úroková sazba cca 10%. Zde také zisk odpovídá velikosti vložené částky, pro opět vyjde největší zisk při vložení částky odpovídající pořizovací ceně monokrystalického systému. Vyprodukovaný zisk je 4 817 681,-Kč. Poměr zisk/cena zde činí 2,797. Z toho vyplývá, že z ekonomického hlediska je nejlepší investovat do investičního akciového fondu. Avšak nevýhodou této investice je velká proměnlivost trhu s akciemi, takže předpokládaný zisk nemůže nikdo zaručit.
Podrobnější výsledky finanční analýzy jsou pro větší přehlednost uvedeny v tab. 6-2.
Na základě finanční analýzy a vyhodnocení dílčích faktorů bude doporučeno investoru, aby realizoval mnou navržený systém z panelů polykrystalického křemíku SHARP ND162E1 - 162 o celkovém instalovaném výkonu 14 256 W_p.

POUŽITÁ LITERATURA

[1] Puigarnau, J.A.: Sdělení komise Evropské radě a Evropskému parlamentu, Energetická politika pro Evropu, Brusel:15.1.2007

[2] Beranovský, J. - Truxa, J. a kol.: Alternativní energie pro váš dům, Brno:ERA 2004, 125 stran, ISBN 80-86517-89-6

[3] www.wikipedia.cz, [cit.2007-10-15]

[4] Raček, J.: Strojní zařízení elektráren, Brno:VUT v Brně 2004, 161 stran, ISBN 80-214-2624-1

[5] www.obnovitelnezdroje.cz, [cit.2007-10-15]

[6] Bufka, A.: Obnovitelné zdroje energie v roce 2006, Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR 2007, 33 stran

[7] Motlík, J. - Šamánek, L. a kol.: Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR, Praha: ČEZ, a.s. 2007, 185 stran

[8] Sluneční záření v ČR [On-line], [cit. 2008-2-10], http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika

[9] Vliv orientace na činnost systému [On-line], [cit. 2008-2-10], http://www.solarenvi.cz/show.php? ids=3&par=

[10] Katalogový list SHARP ND162E1-162W_P[On-line], [cit. 2008-2-10], http://www.cz-elektronika.cz

[11] Katalogový list střídače SUNNY BOY SB 3800 [On-line]. [cit. 2008-2-10] http://www.silektro.cz/index.php?Title=Sunny%20Boy&

[12] Ceník materiálů a prací [on-line], [cit. 2008-2-10] http://www.cz-elekronika.cz

[13] Katalogový list SHARP NUSOE3E-180W_P [On-line], [cit. 2008-2-10], http://www.cz-elektronika.cz

[14] Střecha tvořená ohebnými plastovými fotopanely [On-line], [cit. 2008-2-10] http://www.tetom.cz/index.htm

[15] Katalogový list EVALON SOLAR [On-line], [cit 2008-2-10] http://www.izolace.cz

[16] Finanční nástroje podpory [On-line], [cit. 2008-2-10] http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika

[17] Toncrová, J., Investiční poradce ČSOB, [cit 2008-4-24], Milady Horákové 6, Brno