



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ENERGETICKÝ ÚSTAV**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
ENERGY INSTITUTE

**OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE  
V ENERGETICE V ČR**  
RENEWABLE ENERGY SOURCES IN CZECH REPUBLIC

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**JIŘÍ SOJKA**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. JIŘÍ MOSKALÍK**

BRNO 2012



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Jiří Sojka

který/která studuje v bakalářském studijním programu

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

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

**Obnovitelné zdroje energie v energetice v ČR**

v anglickém jazyce:

**Renewable energy source in Czech Republic**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešerše současného stavu využívání OZE v ČR.

Cíle bakalářské práce:

Práce se zabývá atraktivním a často diskutovaným tématem současné energetiky a to obnovitelnými zdroji energie (OZE). Student shrne a popíše současný stav využívání OZE v rámci ČR. Stručně popíše jednotlivé OZE využívané v ČR a poté vypracuje detailnější popis jednoho z nich.

Seznam odborné literatury:

Jandačka J., Miklík M.: Technologie pro zvyšování energetického potenciálu biomasy  
Pastorek, Kara, Jevíček: Biomasa, obnovitelný zdroj energie  
Cihelka J.: solární tepelné technika

Internetové zdroje:

<http://biom.cz/>  
<http://www.tzb-info.cz/>  
<http://www.cez.cz>  
<http://www.csve.cz>

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Moskalík

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

V Brně, dne 27.10.2011

L.S.

---

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

# LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

## 1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Jiří Sojka

Bytem: XXXXXXXXXXXX XXX XXX XXX XXX XXXXXXXX

Narozen/a (datum a místo): XXXXXXXXXXXX X XXXXXXXX

(dále jen „autor“)

a

## 2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta strojního inženýrství

se sídlem Technická 2896/2, 616 69, Brno

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

.....

(dále jen „nabyvatel“)

## Čl. 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: Obnovitelné zdroje energie v energetice v ČR

Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Jiří Moskalík

Ústav: Energetický ústav

Datum obhajoby VŠKP: .....

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v\*:

- tištěné formě – počet exemplářů .....2.....
- elektronické formě – počet exemplářů .....2.....

\* hodící se zaškrtněte

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 pořizování 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 tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: .....

.....  
Nabyvatel

.....  
Autor                      Jiří Sojka

## **ABSTRAKT**

SOJKA Jiří: Obnovitelné zdroje energie v energetice v ČR

Práce se zabývá průzkumem jednotlivých obnovitelných zdrojů energie masově užívaných v energetice v České republice. První polovina práce byla věnována stručné charakteristice každého obnovitelného zdroje energie. V druhé polovině této práce byla vybrána energie z bioplynu jako zdroj obnovitelné energie k podrobnějšímu popsání.

Klíčová slova: obnovitelné zdroje, energie, biomasa, solární, elektrárna

## **SUMMARY**

SOJKA Jiří: Renewable energy sources in Czech Republic

This thesis is focusing on exploration of various renewable energy sources used in mass-energy in the Czech Republic. The first half of this thesis is focused to brief description of each renewable energy source. In the last part of this work was selected energy from biogas as the source of renewable energy to be more detailed described.

Keywords: renewable energy sources, energy, biomass, solar, energy plant

## **BIBLIOGRAFICKÉ CITACE**

Sojka J., *Obnovitelné zdroje energie v Energetice v ČR*, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012, 500 s., Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Moskalík.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 7.5.2012

.....

Podpis

# OBSAH

1 ÚVOD.....	11
2 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE.....	12
2.1 Vymezení pojmu OZE.....	12
2.2 Obnovitelné zdroje energie v ČR.....	12
3 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE.....	14
3.1 Větrná energie.....	14
3.1.1 Typy rotorů větrných elektráren.....	14
3.1.2 Výhody a nevýhody využití energie větru k výrobě elektrické energie.....	15
3.2 Energie slunce.....	16
3.2.1 Energetické využití slunečního záření.....	16
3.2.2 Výhody a nevýhody získávání elektrické energie ze slunečního záření.....	17
3.3 Energie vody.....	17
3.3.1 Vodní turbíny.....	18
3.3.2 Rozdělení a druhy vodních elektráren.....	19
3.3.3 Výhody a nevýhody vodních elektráren.....	19
3.4 Energie z biomasy.....	20
3.4.1 Energetické zpracovávání biomasy.....	20
3.4.2 Nejčastěji energeticky zpracovávané příklady biomasy.....	21
3.4.3 Výhody a nevýhody biomasy.....	22
4 ENERGIE Z BIOPLYNU.....	23
4.1 Bioplyn.....	23
4.2 Aerobní digesce.....	23
4.3 Materiály vhodné pro aerobní digesci.....	24
4.4 Výroba bioplynu.....	24
4.4.1 Metoda suché fermentace.....	25
4.4.2 Metoda mokré fermentace.....	26
4.5 Složení bioplynu.....	26
4.6 Úprava bioplynu.....	27
4.7 Využití bioplynu k energetickým účelům.....	27
5 ZÁVĚR.....	29

## 1 ÚVOD [3], [4], [14]

Téma obnovitelných zdrojů energie jsem si zvolil, protože se v posledních letech neustále spekuluje nad otázkou, kdy dojdou fosilní paliva, která tvoří ve většině zemí majoritu ve výrobě elektrické energie.

Zprávou, která otázku obnovitelných zdrojů v energetice ještě více rozvířila, bylo ukončení provozu sedmi jaderných elektráren u našich západních sousedů v Německu. Rozhodnutí o odstavení jaderných elektráren v Německu na počátku roku 2011 bylo následně podporováno německými aktivisty ze skupiny Greenpeace. Vzápětí se ukázalo, že obavy zastánců jaderné energetiky, že se Německo může potkat s nedostatkem elektřiny, byly oprávněné. Důkazem toho jsou statistiky, které ukazují, že namísto vyvážení elektrické energie do zahraničí, jak tomu bylo dříve, se nyní přibližně stejně velké množství energie do Německa dováží.



Obr 1. Vývoj obchodu s elektrickou energií v Německu za první polovinu roku 2011 [3]

Předchozí fakta by mohla vyznít tak, že nemají s elektrickými sítěmi v České republice mnoho společného. Pravdou ale je, že na konci roku 2011 byla elektrická síť v západních Čechách zatěžována kvůli vývozu elektrické energie do zahraničí na hranici svých možností. V případě poruchy na transformátoru mohlo dojít ke domino efektu, který by vedl ke zničení podstatné části elektrické sítě v celé naší republice.

V současné době a v nejbližší budoucnosti by se podle dosavadních plánů Česká republika neměla uchylovat směrem, který nastavila spolková republika Německo. V současnosti má u nás uhlí většinový podíl při výrobě elektrické energie (přibližně 45% černé uhlí, 15% hnědé uhlí). Menšinový podíl má jaderná energetika (přibližně 30%). V blízké budoucnosti se počítá s většinovým podílem jaderné energetiky (až 80%). Nárůst podílu obnovitelných zdrojů by měl být pouze řádově v procentech nebo v jejich desetínách.

Mým cílem v této práci je objektivně zhodnotit a porovnat možnosti využití obnovitelných zdrojů energie v České republice.

## 2 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE

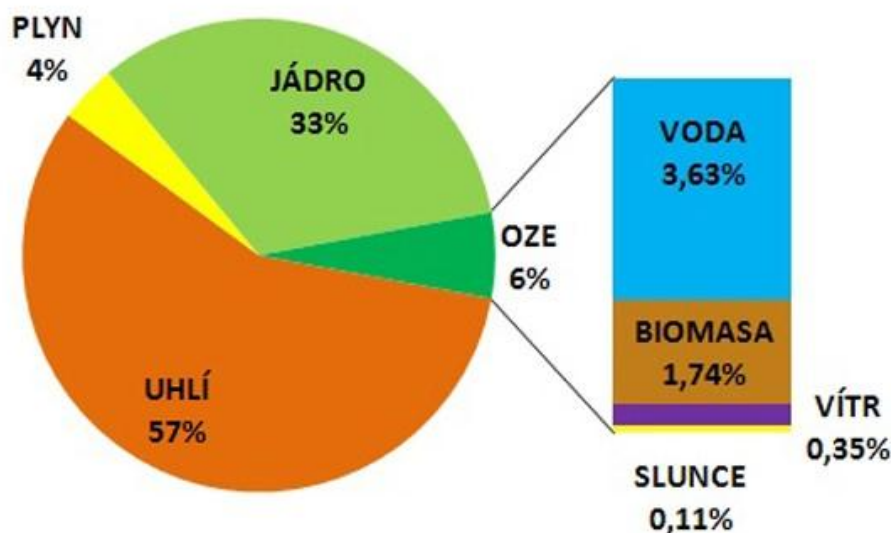
### 2.1 Vymezení pojmu obnovitelný zdroj energie [25]

Definice obnovitelného zdroje energie dle zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů): „*Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.*“ V podstatě je obnovitelným zdrojem energie každá surovina, kterou je možno odpovídajícím procesem převést v energii bez „teoretického“ zániku suroviny. Důležité je nezaměňovat slova obnovitelný zdroj energie a ekologický zdroj energie, ačkoliv veřejnost si tato slova často bere za synonyma. Příkladem je dřevěné uhlí, které je obnovitelným, ale ne ekologickým zdrojem energie.

### 2.2 Obnovitelné zdroje energie v ČR [4]

Obnovitelné zdroje jsou také součástí výroby elektrické energie v České republice. V každé zemi jsou rozdílné podmínky pro jednotlivé způsoby získávání energie z obnovitelných zdrojů. V celosvětové produkci energie pochází přibližně 18% z obnovitelných zdrojů. V České republice je podle posledních odhadů 7% z celkové výroby elektrické energie vyrobeno pomocí využití obnovitelných zdrojů.

Ze všech hlavních obnovitelných zdrojů energie disponuje Česká republika ve větším či menším zastoupení všemi až na geotermální energii, která je na pevninské Evropě jen zřídka využívána.



Obr. 2 Graf výroby elektrické energie v současnosti [4]

Na území České republiky je z obnovitelných zdrojů nejvíce využívána energie vody se zastoupením přes 3,5% ve výrobě elektřiny. Druhým nejvíce zastoupeným obnovitelným zdrojem je biomasa, ačkoliv v celosvětovém žebříčku výroby elektřiny jasně vede se 13%. V naší republice má biomasa zastoupení jen lehce přes 1,5%. Na třetím místě je větrná energie a nejmenší podíl z obnovitelných zdrojů v České republice má energie ze slunečního záření.

V posledních letech vyvstala na mezinárodní scéně snaha zvyšovat procentuální podíl obnovitelných zdrojů na výrobě elektřiny. V České republice byly podepsány stěžejní dokumenty ohledně vývoje výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů (například „Energetická politika“ – usnesení vlády ČR č: 50/2000). Kde je odsouhlaseno zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě primárních energetických zdrojů na 8% do roku 2020.

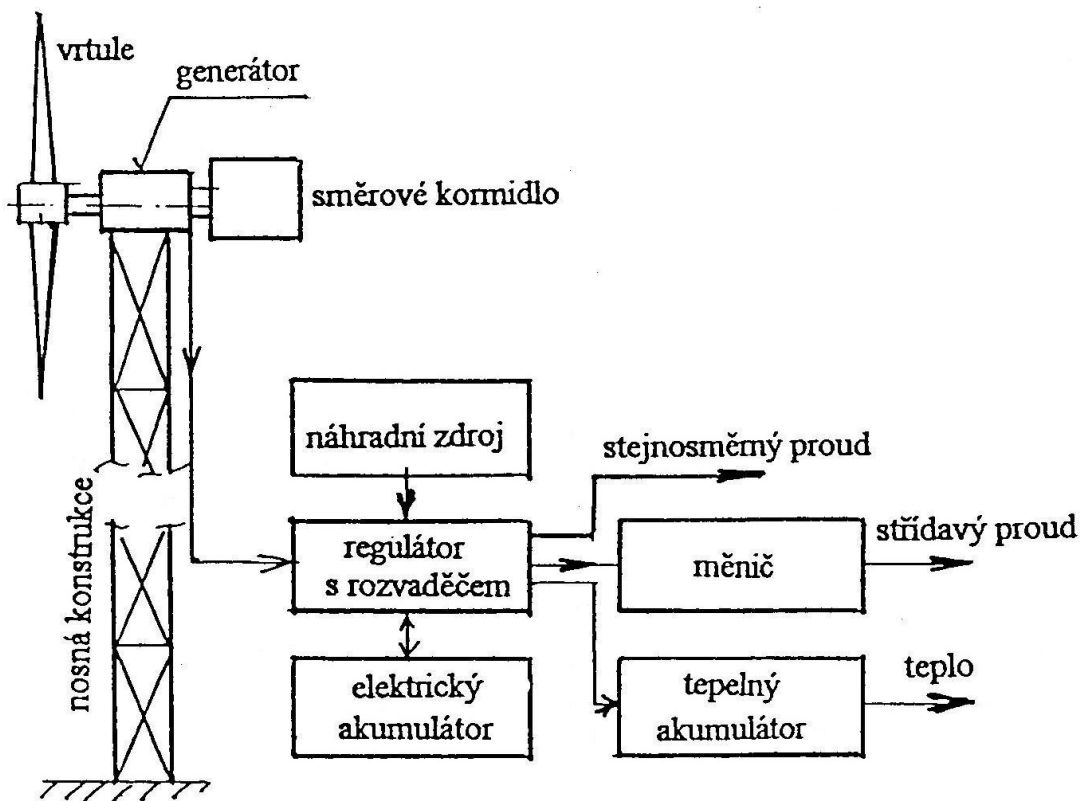
Při našem pohledu do dalšího vývoje obnovitelných zdrojů je však nutno brát v potaz nové možnosti a omezení, které se dají rozdělit do tří základních skupin:

- technické: konstrukční řešení, technologie, materiály, fyzikální zákony (například plošná hustota energie, intenzita slunečního záření, směr a síla větru, průtok a spád vodního toku, tepelný stroj podle 2. zákona termodynamiky atd.)
- ekonomické: investiční a výrobní náklady na technologii využívající obnovitelného zdroje, výkupní ceny energií, roční doba využití, doba návratnosti investice atd.
- veřejné, společenské, politické: zákony, předpisy, normy, daňová a dotační politika, veřejné mínění.

## 3 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE

### 3.1 Větrná energie [9], [15]

Vítr je obnovitelným zdrojem energie, jehož směr a velikost se neustále mění, což je způsobeno rotací Země a sluneční energií. Pro energetické využití energie větru se používají větrné elektrárny. Větrné elektrárny využívají síly větru k roztočení rotoru. K rotoru je připojen elektrický generátor. Protože rychlost větru značně kolísá, nedosahují větrné elektrárny po většinu doby nominálních hodnot generovaného výkonu. V minulosti byla energie větru využívána k pohonu větrných mlýnů, které sloužily k mletí obilí, nebo jiné větrné stroje sloužili k pohonu čerpadel.



Obr. 3 Schéma větrné elektrárny [9]

#### 3.1.1 Typy rotorů větrných elektráren [10], [11]

Pro přenos energie větru na elektrický proud ve větrných elektrárnách je důležitý typ použitého rotoru. Základní rozdělení rotorů větrných elektráren je na čtyři typy. Prvním typem je mnohalopátkový rotor, který má až 150 listů rotoru a účinnost 20 až 40% a jehož největší výhodou je, že stačí slabší vítr k uvedení rotoru do pohybu. Celosvětově nepoužívanějším typem rotoru větrných elektráren je vrtule, která má nejvýše 4 listy a účinnost maximálně 48%. Savoniův rotor je speciálním druhem rotoru, který má dva listy a který se využívá častěji k čerpání vody nebo výrobě stejnosměrné elektrické energie. Nevýhodou Savoniova rotoru je, že u něj existuje tzv. mrtvý úhel, který se ovšem eliminuje v případě dvou rotorů za sebou vzájemně pootočených nebo šroubovým tvarem lopatek. Posledním rotorem používaným k zpracování energie větru je rotor Darrieus, který má maximálně dva až tři segmenty a používá se stejně jako vrtule k výrobě střídavého elektrického proudu s menší účinností než má vrtule. Rotor Darrieus je méně náchylný na

změnu směru větru než vrtule, jelikož má svislou osu otáčení, ale potřebuje až dvojnásobnou rychlost větru pro uvedení do chodu. Tento problém řeší spojení rotoru Darrieus se Savoniovým rotorem, který zde slouží k roztáčení rotoru Darrieus.



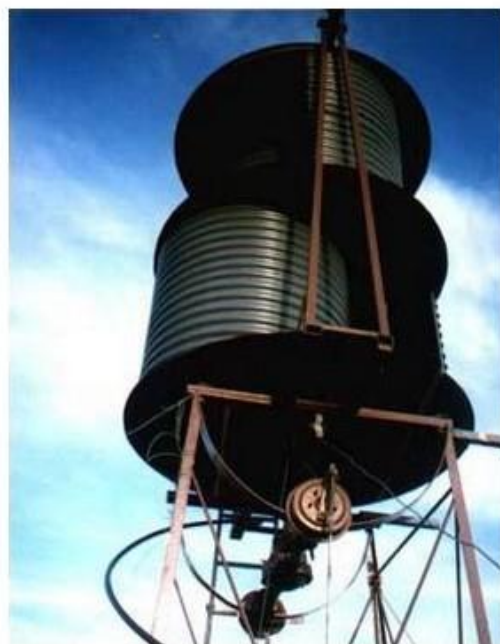
Vrtule



Mnohalopátkový rotor



rotor Darrieus



Savoniův rotor

Obr. 4 druhy rotorů větrných elektráren [10], [11]

### 3.1.2 Výhody a nevýhody využití energie větru k výrobě elektrické energie

Charakteristickými výhodami výroby elektřiny z energie větru je praktická nevyčerpatelnost zdroje větru a nulový vznik škodlivých emisí. Nevýhody spojené s provozem větrných elektráren především na území naší republiky jsou ovšem obsáhlejší. Nejvýznamnější nevýhodou je hluk spojený s provozem větrné elektrárny. Jeden druh hluku je tzv. aerodynamický hluk, který vzniká při obtékání vzduchu kolem rotujících vrtulí, gondoly a dřívku stavby. Dalším druhem hluku jsou mechanické hluky, které jsou spojeny s mechanismy uvnitř samotného stroje. Provoz větrné elektrárny ve volné přírodě má při narušení krajinného rázu za následek rušení zvěře a je potenciálním nebezpečím pro ptactvo.

V České republice není mnoho míst, kde by se dalo výhodně provozovat větrnou elektrárnu. Demograficky jsou na planetě Zemi vhodnější místa, kde lze využívat energii větru a to je v tomto případě stěžejním faktorem.

### 3.2 Energie ze slunce [20], [28]

Slunce je středem naší sluneční soustavy a je zároveň naší nejbližší hvězdou. Slunce se skládá především z vodíku, který se termonukleární reakcí mění v hélium. Sluneční energie je proud elektromagnetického záření vysílaný z povrchu slunce na osvětlenou stranu Země. Předpokládá se, že tento proces se bude uskutečňovat ještě dalších 5 miliard let. Zářivý výkon Slunce směrem k Zemi je přibližně 172 000 TW. Ale ne celý tento zářivý výkon se dostane až k povrchu Země, která je chráněna atmosférou.

#### 3.2.1 Energetické využití slunečního záření [20], [26]

V současné době se slunečního záření dopadajícího na zemský povrch energeticky využívá ve formě tepla ve slunečních kolektorech nebo při výrobě elektrického proudu ve fotovoltaických článcích.

Sluneční kolektor zachycuje teplo ze slunečního záření pod skleněným krytem v absorbéru, který se ohřívá a odevzdává teplo teplonosnému médiu (nejčastěji vodě nebo vzduchu). Tmavá barva absorbéru odráží asi 10% dopadajícího slunečního záření. Absorbéry jsou obvykle vyráběny z mědi anebo hliníku. Teplo zachycované ve slunečních kolektorech se používá nejčastěji pro vytápění rodinných domů, ale také lze toto teplo v ojedinělých případech přeměnit v elektrickou energii pomocí kogeneračních jednotek.

K přeměně energie ze slunce přímo v elektrický proud se používají fotovoltaické články. Fotovoltaický článek využívá fotovoltaický jev, který objevil Alexandr Edmond Becquerel v roce 1839. Během experimentu s kovovými elektrodami ponořenými v elektrolytu zjistil, že jimi začne po osvětlení procházet malý proud. V současné době jsou fotovoltaické články vyráběny z křemíku a doplněny o další prvky tak, aby vznikl p-n přechod.



Obr 5. Sluneční elektrárna [4]

Nejstarší fotovoltaické články byly vyráběny z monokrystalického křemíku, který má rozměr krystalů řádově v desítkách centimetrů. Samotné monokrystaly se vyrábějí pomalým tažením z taveniny křemíku s velkou čistotou (Czochralského krystal). Tento monokrystal se dále rozřezal na tenké plátky. Ty se vyleštily, odleptaly a přidávkem fosforu se vytvořil p-n přechod.

V současné době jsou nejpoužívanější fotovoltaické články z polykrystalického křemíku. Výroba článku je podstatně jednodušší, levnější a rychlejší než u monokrystalu, jelikož se křemík odlévá do forem a nejsou tak velké nároky na jeho čistotu. Takto vzniklé ingoty se nadále řezou na tenké plátky jako v předchozím případě. Jedinou nevýhodou fotovoltaických článků z polykrystalického křemíku je mírně větší elektrický odpor, který je způsoben hranicemi zrn.

### **3.2.2 Výhody a nevýhody získávání elektrické energie ze slunečního záření**

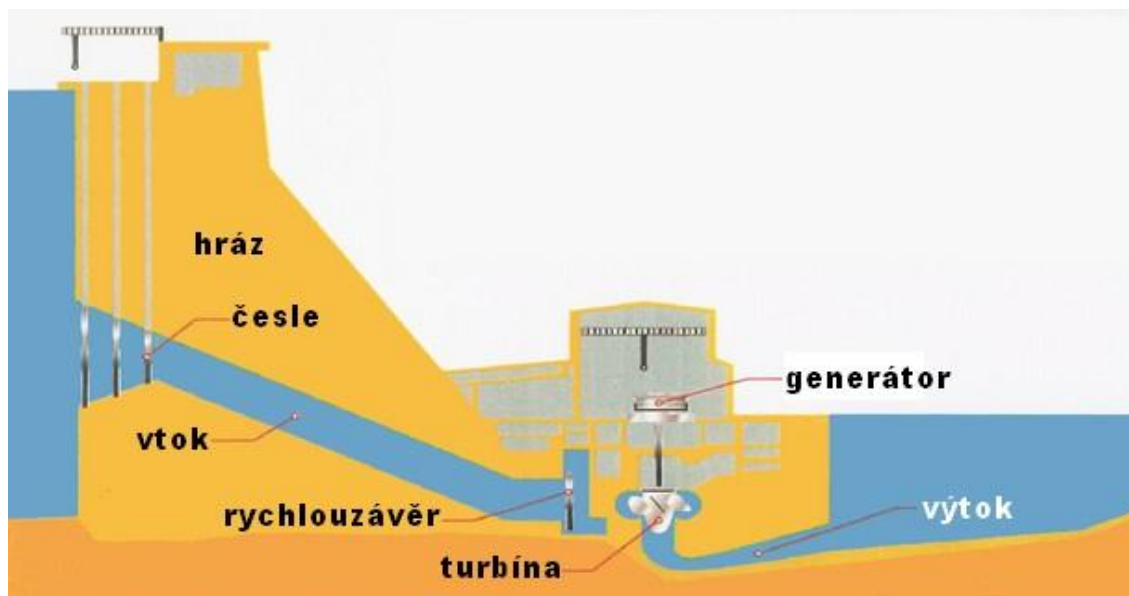
Výroba elektrické energie ze slunečního záření dopadajícího na zemský povrch má velký potenciál a není doprovázena žádným znečištěním okolí. Solární panely nevyžadují prakticky žádnou údržbu. Hlavní nevýhodou výroby elektrické energie ze slunečního záření je nákladná koupě solárních panelů (částečně kompenzováno podporou od státu). Elektrickou energii lze ze slunečního záření vyrábět pouze ve dne a za dobrého počasí (mlha, déšť a sníh zabraňují ve funkci fotovoltaického článku). Dodávání elektrické energie vyrobené ze solárních panelů je přerušované a působí obtíže v regulaci elektrické sítě. Fotovoltaické články postupem času ztrácejí na účinnosti, tudíž energie z nich získaná se s časem snižuje, přičemž jejich likvidace je doprovázena velkými náklady.

Energie ze slunečního záření je poměrně využitelná i v České republice. Nelze ji však stavět na post základního pilíře obnovitelných zdrojů v energetice, ale spíše volit jako doplňkový způsob výroby elektřiny pro jednotlivé domácnosti.

### **3.3 Energie vody [29]**

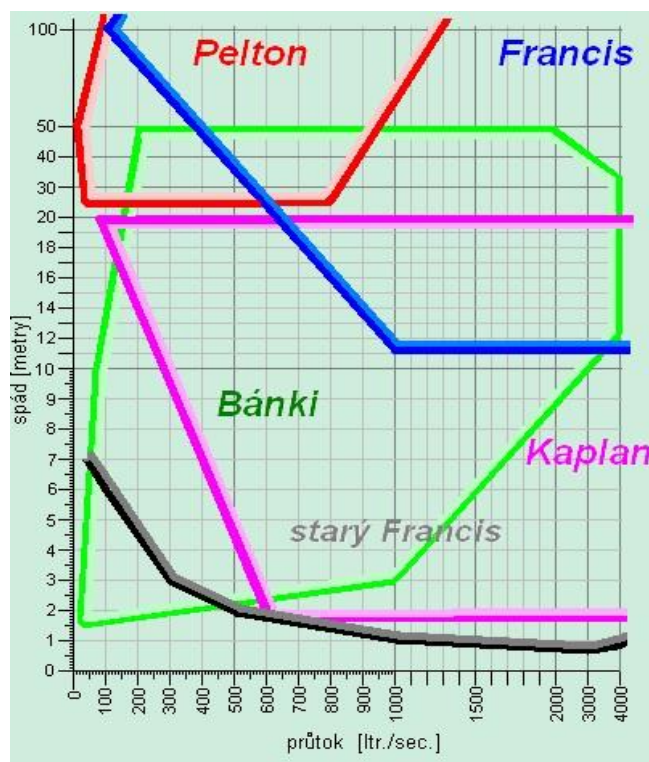
K využití potenciálu energie vody se využívá nejen slunečního záření, které je nezbytné ke koloběhu vody, ale také gravitace. Výroba elektřiny z vody je uskutečňována především pomocí kinetické a potenciální energie vody. Kinetická energie vody závisí na rychlosti a spádu toku. Potenciální energii vody vyjadřuje výškový rozdíl hladin. Energie vody je celosvětově druhým nejvíce využívaným obnovitelným zdrojem energie. Nejvíce využívá energii vody Norsko, kde se z ní vyrábí přes 90% elektřiny. V České republice patří energii vody první místo mezi obnovitelnými zdroji energie. Zajímavostí je, že dle stanov Evropské Unie nepatří elektřina vyrobená z přečerpávacích vodních elektráren mezi elektřinu vyrobenou z obnovitelného zdroje.

Přeměna kinetické a potenciální energie vody v elektrickou energii probíhá ve vodních elektrárnách. Vodní elektrárna je dle právních norem a předpisů nazývána jako vodní dílo. Vodní elektrárna je tvořena hrází, kde dochází ke vzduť vody a vzniku rozdílné výšky za a před hrází, a strojovnou, kde se nachází alternátory a vodní turbíny. Samotná hráze se dělí podle výšky na jezy o výšce 10 až 20 metrů a přehrady, které dosahují až výšky hráze 100 metrů.



Obr. 6 schéma vodní elektrárny [12]

### 3.3.1 Vodní turbíny [19]



Obr. 7 H-Q diagram vodních turbín [19]

oběžného kola a především možností regulace náklonu lopatek u oběžného i rozváděcího kola. Účinnost Kaplanovy turbíny je vyšší než u Francisovy, ale její výroba je složitější a dražší.

Peltonova turbína je rovnotlaká turbína s parciálním tangenciálním ostřikem. Účinnost Peltonovy turbíny je od 80 do 95% dle velikosti.

Pro přeměnu energie vody v rotační pohyb rotoru generátoru je důležitým faktorem typ zvolené turbíny. V technické praxi se využívají nejčastěji čtyři druhy turbín (Francisova, Kaplanova, Peltonova a Bánkiho). Jejich použití záleží na spádu a průtoku jak je popsáno na Obr.7.

Francisova turbína je přetlaková turbína s horizontálním nebo vertikálním uložením hřídele. Francisova turbína je v současnosti nejpoužívanějším typem turbíny ve vodních elektrárnách. Účinnost Francisovy turbíny je přibližně 90%.

Kaplanova turbína je přetlaková axiální turbína s velmi dobrou možností regulace. Toho se využívá především v místech, kde není možné zajistit stálý průtok, nebo spád. Od Francisovy turbíny se liší především menším počtem lopatek, tvarem

Bánkiho turbína je rovnotlaká turbína, která je jednoduchá na sestavení a lze ji sestavit i amatérsky při zachování dobré účinnosti. Princip Bánkiho turbíny spočívá v tom, že regulovaný proud vody vtékající na oběžné kolo (v jednodušších variantách připomíná mlýnské kolo) toto kolo roztáčí a druhou stranou po odevzdání energie vytéká z turbíny ven. Účinnost této turbíny je 70 až 85%.

### 3.3.2 Rozdělení a druhy vodních elektráren [12], [31], [32]

Dle dosaženého výkonu se dělí vodní elektrárny do dvou skupin. První skupinou jsou malé vodní elektrárny, které dosahují výkonu maximálně 10 MW (dle stanov Evropské unie jsou malé vodní elektrárny do 5 MW). V těchto malých vodních elektrárnách se nejčastěji používá Bánkiho turbína.

Druhou skupinou jsou vodní elektrárny s výkonem nad 10 MW, které v České republice mají 90% podíl na elektrické energii vyrobené z vody. Tyto vodní elektrárny se dělí dle způsobu využívání průtoku vody na průtokové, akumulární a přečerpávací. Průtokové vodní elektrárny využívají přirozený průtok vodního toku, na kterém jsou umístěny. Výhodou průtokových vodních elektráren je stálý průtok a jejich menší zásah do krajinného rázu než u ostatních druhů, ale je to vykoupeno menším vodním spádem. Součástí akumulární vodní elektrárny je objemná vodní nádrž, která slouží k zadržování vody, když vodní elektrárna nevyrobí elektřinu. Akumulární vodní elektrárna je v provozu jen v určité denní době.

Přečerpávací vodní elektrárna pracuje na podobném principu jako akumulární vodní elektrárna, ale její součástí jsou dvě a více vodních nádrží. V době, kdy je v elektrické síti přebytek elektrické energie, se přečerpává voda z nádrže dolní do nádrže horní. V době, kdy je naopak velká spotřeba energie, se voda z horní nádrže opětovně použije k pohonu turbíny. Účinnost přečerpávací vodní elektrárny je v čerpadlovém režimu přibližně 90% a v turbínovém režimu 95%. Přečerpávací elektrárny mohou být vybaveny turbínami a turbočerpadly nebo lze nahradit tzv. reverzní turbínou. Reverzní turbínou je nejčastěji Francisova turbína nebo diagonální turbína, která může po natočení lopatek o 180° fungovat jako turbočerpadlo. Nevýhodou přečerpávacích a akumulárních vodních elektráren je velký zásah do vzhledu krajiny a zvedání hladiny spodních vod.

### 3.3.3 Výhody a nevýhody vodních elektráren

Výhodou získávání elektrické energie z energie vody je nulový vznik škodlivých emisí, teoretická nevyčerpatelnost vody, minimální náročnost na obsluhu a údržbu vodní elektrárny. Výhodou je i flexibilita, jelikož výroba elektrické energie může začít během krátké doby od vydání požadavku z velínu.

Nevýhodou vodních elektráren jsou vysoké finanční náklady na výstavbu, velká zatopená a zastavěná plocha, riziko havárie nebo teroristického útoku a bránění přirozenému tahu ryb.

Energie vody je v současné době v České republice dle mého názoru maximálně využita a je výhledově nereálné, že by došlo k dramatickému nárůstu velkých vodních elektráren na území naší republiky. Energie z vody je tak navždy odsouzena být jen pomocníkem v období dne, kdy je spotřeba elektrické energie největší.

### 3.4 Energie z biomasy [1], [22]

Biomasa je ve své obecné definici brána za veškerou organickou hmotu na Zemi, která se účastní koloběhu živin v biosféře. Biomasa v tomto smyslu jsou těla všech organismů, živých i mrtvých (tj. živočichů, rostlin, hub, bakterií a sinic).

Z energetického hlediska je biomasa hmota organického původu, která je výsledkem výrobního procesu (pěstování rostlin, chov živočichů), nebo zpracováním organických odpadů (rostlinné zbytky, dřevní odpady). Nezbytným faktorem pro tvorbu biomasy je sluneční záření a chlorofyl.

Biomasa se pro výrobu energie rozděluje dle obsahu vody na suchou biomasu (dřevo, sláma,...), mokrou biomasu (tekuté odpady) a speciální biomasu (olejniny). Suchá biomasa je vhodná k přímému spalování. Mokrý biomasa se využívá zejména k výrobě bioplynu. Speciální biomasa má největší využití ve výrobě bio olejů. Obsah vody v biomase velmi ovlivňuje její výhřevnost.

#### 3.4.1 Energetické zpracovávání biomasy [22], [23], [27]

Procesy pro zpracovávání biomasy k přeměně na zisk energie se dělí na suché procesy (spalování, zplyňování) a mokré procesy (anaerobní digesce, alkoholové kvašení).

Spalování biomasy je exotermická chemická reakce, při které se slučují hořlavé prvky obsažené v hořlavině (uhlík, vodík a síra) s kyslíkem. Výsledkem spalování je vznik tepla a výsledných sloučenin (oxid uhličitý, vodní páry a oxid siřičitý). V reálných podmínkách neprobíhá spalování biomasy reakcí s čistým kyslíkem, ale spalování probíhá za přítomnosti vzduchu. Dusík, který má majoritní podíl v obsahu vzduchu se reakce neúčastní, ale je obsažen v odpadních kouřových plynech, kde se slučuje na škodlivé odpadní složky (oxid dusnatý, oxid dusičitý) s kyslíkem.

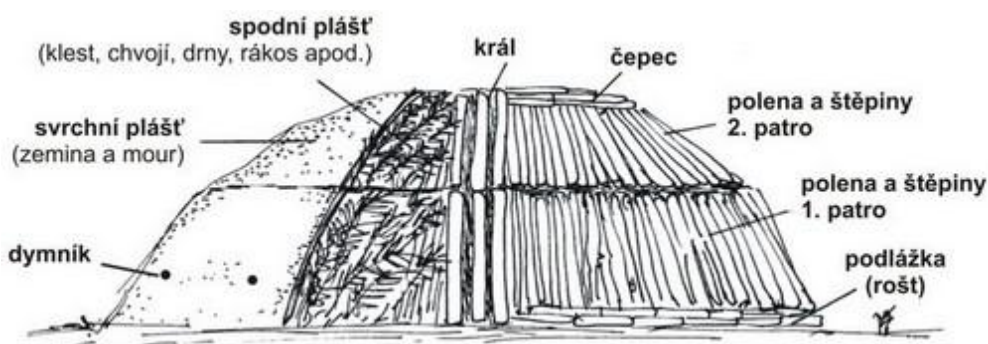
Zplyňování je termochemická přeměna uhlíkaté látky v pevném nebo kapalném stavu na výhřevný plyn za pomoci zplyňovacích médií a tepla. Výsledným produktem zplyňování je plyn s výhřevnými složkami (především metan, vodík a oxid uhelnatý), doprovodnými složkami (vodní pára, dusík, oxid uhličitý) a znečišťujícími složkami (sulfidy, prach, dehet). Nejčastěji v praxi dochází ke zplyňování dřeva. Toto zplyňování se skládá ze čtyř fází. První fází je sušení, po kterém následuje pyrolýza, což je pochod, při kterém se organické látky rozkládají na nízkomolekulární látky působením tlaku a teploty. Sušení i pyrolýza jsou endotermickými reakcemi (vyžadují dodání tepla pro jejich započítání). Třetím krokem je oxidace, ze které lze získávat teplo pro ostatní kroky zplyňování jelikož je jediná exotermická. Posledním krokem zplyňování je redukce. Zplyňování se děje ve zplyňovačích. Zplyňovače (nazývané často jako generátory) se dělí na protiproudé, souprroudé a fluidní. Vzniklý generátorový plyn je použitelný pro spalování v kotlech. Pro spalování generátorového plynu ve spalovacích motorech je nutné jej vyčistit od pevných částic a dehtu.

Anaerobní digesce je pochod, při kterém dochází k přeměně organických látek na bioplyn a digestát. Digestát je biologicky rozložitelný odpad z anaerobní digesce, který se využívá především jako hnojivo. Vstupní látky pro anaerobní digesci jsou především hnůj, kejda a močůvka ovšem fermentací lze zpracovávat i tuhý komunální odpad.

### 3.4.2 Nejčastěji energeticky zpracovávané příklady biomasy [17], [22]

Dřevo bylo jedním z prvních biopaliv, které sloužilo k výrobě energie. Velkou výhodou dřeva pro výrobu energie je jeho dobrá dostupnost. Dřevo se ovšem musí pro energetické účely upravovat co do velikosti. Pro úpravu velikosti palivového dřeva se používá stříhací zařízení, sekačky a drtiče. Stříhací zařízení používaná k úpravě palivového dřeva jsou většinou jednoonožová a fungují na principu gilotiny. Sekačky slouží k beztrískovému dělení dřeva napříč vlákny. Dle typu sekacího nástroje se dělí na bubnové sekačky (mají ostří po obvodě rotujícího válce) a na diskové sekačky (nejvýkonnější a nejrozšířenější při výrobě štěpky). Drtiče slouží k úpravě rozměrů dřeva, které nelze sekat sekačkami (tzn. drobné dřevo, křoviny, pařezy, apod.). Při úpravě rozměrů dřeva se vzniklý odpad paketuje, což je lisování do balíků. Pakety (balíky) lze nadále zpracovávat spalováním ve speciálních topeništích. Z dřeva, které již prošlo úpravou rozměrů, se vyrábí teplo spalováním nebo se z něj zplyňováním vyrábí dřevoplyn, který může sloužit k výrobě elektrické energie. V období Druhé světové války sloužil dřevoplyn k pohonu spalovacích motorů.

Dřevěné uhlí je produkt karbonizace dřeva. Karbonizace dřeva je tepelný rozklad dřeva za vysokých teplot bez přístupu vzduchu. Samotné dřevěné uhlí je charakteristické svou černou barvou, matným leskem, tvrdostí, pórovitostí a dřevěnou strukturou. Výroba dřevěného uhlí v minulosti probíhala v milířích, dnes se dřevěné uhlí vyrábí v retortách. V milířích se získávalo teplo pro karbonizaci dřeva ze zuhelňovaného dřeva, ale v retortách je přiváděno teplo zvenčí zahříváním kovového pláště retorty. Výsledkem karbonizace dřeva v retortách je chemicky čistší dřevěné uhlí. Samotná výroba dřevěného uhlí je doprovázena mnoha vznikajícími škodlivinami v tuhých, kapalných i plyných skupenstvích. Především u milířů je problém se vznikajícími plynými škodlivinami jako je oxid uhelnatý. Jelikož retorty mají kovový plášť, lze spalováním plynovým hořákem snížit emise oxidu uhelnatého až pod 20%. Zajímavostí je, že čerstvě vypálené dřevěné uhlí je náchylné na samovznícení, proto je ponecháno několik dní na volném vzduchu a musí být v blízkosti zdroje vody v případě nehody. Využití dřevěného uhlí je již v menší míře než v minulosti, jelikož bylo vytlačeno z výroby energie černým a hnědým uhlím.



Obr. 8 schéma milíře [16]

Veřejnosti nejznámějším kapalným biopalivem je bioetanol, který vzniká alkoholovým kvašením biomasy. Výhodou bioetanolu je jeho vysoká výhřevnost 27 MJ/kg a nulová produkce pevných částic (škvára, popel,...) a má vysokou účinnost při spalování v plynových turbínách. V současné době se bioetanol používá výhradně jako palivo pro motorová vozidla, kde se do něj přidává malý podíl benzínu.

Bioplyn je posledním druhem biomasy, který je zde v této práci zmíněn a na který jsem se v následující kapitole podrobněji zaměřil. Bioplyn vzniká biologickým rozkladem organických látek bez přístupu vzduchu. V ideálním případě vznikne tímto pochodem plyn, který se skládá výhradně z metanu a oxidu uhličitého. Velký vliv na výsledek reakce má složení materiálu, podíl vlhkosti, teplota prostředí a kyselost materiálu apod. Zajímavostí je,

že zemní plyn, ačkoliv je fosilní palivo, vznikl stejným procesem, ale v dávných dobách a obsahuje 98% metanu. Kalový plyn vzniká také biologickým rozkladem organických látek na dně vodních nádrží, které se pravidelně nečistí. Skládkový plyn vzniká na skládkách komunálního odpadu, je stejně jako bioplyn a kalový plyn klasifikován jako obnovitelný zdroj energie. Skládkový plyn je velmi nebezpečný náhlými povrchovými výrony, proto se skládkový plyn likviduje bezpečnostním hořákem nebo získává z ložisek a používá k energetickým účelům.

### **3.4.3 Výhody a nevýhody biomasy**

Mezi výhody výroby energie z biomasy patří zpracovávání odpadního materiálu (komunální a zemědělský odpad při anaerobní digesti) a podpora zemědělství. Mezi nevýhody naopak patří vznikající zplodiny, které musí být filtrovány nebo zapáchají. Dle mého názoru je využívání biomasy pro výrobu energie v České republice vhodné a je reálné zvyšování jeho podílu v celkovém objemu výroby elektrické energie.

## 4 ENERGIE Z BIOPLYNU

### 4.1 Bioplyn [7]

Obecně lze za bioplyn považovat všechny druhy plyných směsí, které vznikly činností mikroorganismů. V praxi se považuje za bioplyn plyná směs vzniklá z vlhkých látek anaerobní digescí (někdy také nazývána anaerobní fermentace), což je rozpad organického materiálu působením mikroorganismů bez přístupu vzduchu, v umělých zařízeních (fermentorech). Bioplyn je tvořen hlavně z metanu a oxidu uhličitého, dané složení bioplynu záleží na materiálu, který se účastní digesce.

### 4.2 Aerobní digesce [6], [7], [22], [33]

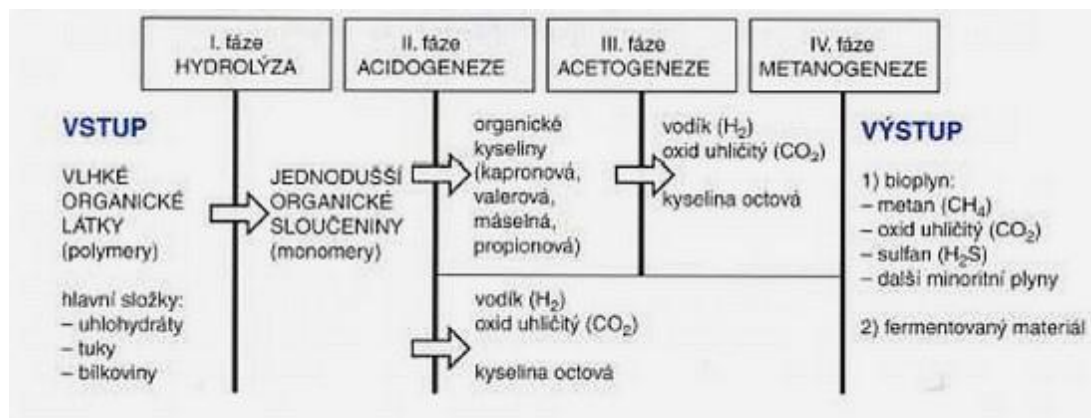
Z předchozí kapitoly je zřejmé, že bioplyn vzniká anaerobní digescí biomasy. Obecné podmínky pro materiál, ze kterého lze vyrábět bioplyn, jsou malý obsah popelovin, vysoký obsah biologicky rozložitelných látek, optimální obsah sušiny, pH (7-7,8) a poměr uhlíkatých ku dusíkatým látkám (ideálně 1:30). Samotný pochod anaerobní digesce se dá podrobněji rozdělit do čtyř hlavních fází, které na sebe navazují, kde výsledek předchozí fáze se stává vstupující látkou některé z fází navazujících.

Hydrolýza je první fází vzniku bioplynu, kde působením enzymů dochází k hydrolytickému štěpení makromolekulárních rozpuštěných i nerozpuštěných látek (bílkoviny, polysacharidy, tuk, celulóza) na nízkomolekulární látky (monosacharidy, aminokyseliny, mastné kyseliny, voda) rozpustné ve vodě. Pro nastartování této reakce je potřeba obsah vlhkosti nad 50% hmotnostního podílu, ale v hydrolýze není nutnou podmínkou bezkyslíkaté prostředí. Výsledkem je tvorba alkoholů, mastných kyselin, vodíku a oxidu uhličitého.

Následuje acidogeneze, kde dochází v bezkyslíkatém prostředí vlivem enzymů ke štěpení produktů hydrolýzy na jednodušší organické látky (kyseliny, alkoholy, oxid uhličitý, vodík). Fermentací těchto látek vznikají některé konečné produkty.

Acetogeneze je třetí fází a je často označována za mezifázi. Při acetogenezi dochází k oxidaci produktů acidogeneze na vodík, oxid uhličitý a kyselinu octovou. Během této fáze dochází kvůli zastoupení minoritní skupiny organismů k produkci sulfanu a dusíku.

Poslední fází je metanogeneze, kde se z předchozích výsledných produktů (kyseliny octové, vodíku a oxidu uhličitého) stává působením metanogenních organismů metan. Metanogenezi provádějí metanogenní bakterie, které jsou anaerobní, citlivé na změnu teploty a pH. Metanogenní fáze probíhá přibližně třikrát až pětkrát pomaleji než předchozí tři fáze.



Obr 9. Schéma Aerobní digesce [22]

### 4.3 Materiály vhodné pro aerobní digesce [22]

V praxi se na výrobu bioplynu používají především cíleně pěstované plodiny a odpadní zemědělské produkty. Aerobní digesce je možné zpracovávat mnohé organické odpady z průmyslových provozů (kaly z čistíren odpadních vod, odpady z lihovarů, pivovarů, cukrovarů a lisoven olejnin). Biologicky rozložitelné složky komunálního odpadu jsou také vhodné suroviny pro výrobu bioplynu, ale je nutno tyto složky vytřídit ze směsi odpadů.

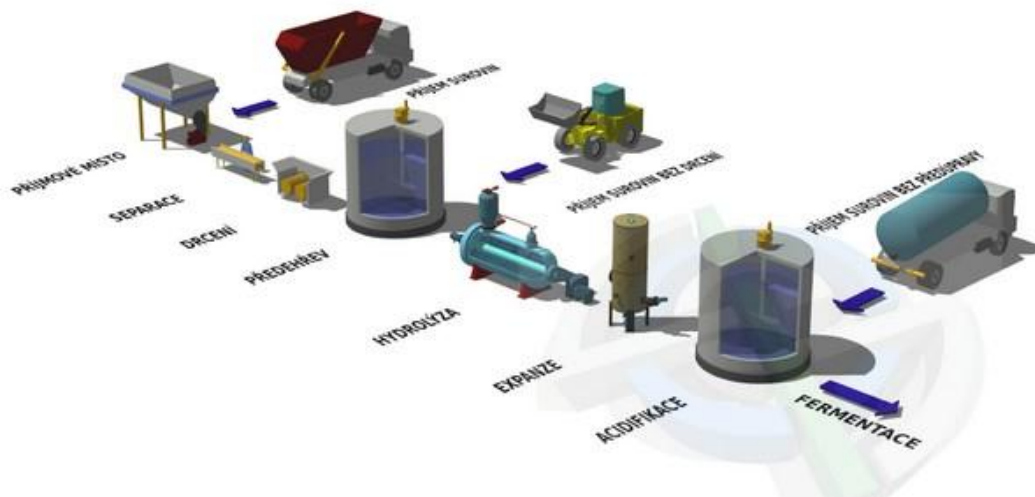
Existuje několik obecných podmínek pro materiál, který lze zpracovávat na výrobu bioplynu. Materiál musí mít malý podíl anorganického odpadu (popelovin) a vysoký podíl biologicky rozložitelných látek. Optimální obsah sušiny pro výrobu bioplynu je u pevných odpadů 22 až 25% a u tekutých odpadů 8 až 14%. Absolutní hranice, kdy ještě probíhá aerobní digesce, je 50%. Dalším faktorem je kyselost materiálu, která je optimální v oblasti okolo  $\text{pH} = 7$ . V průběhu aerobní digesce se kyselost materiálu mění. Jelikož do aerobní digesce vstupují organické materiály, tak je důležitý i poměr uhlíkatých a dusíkatých látek, který je ideální kolem poměru 30:1. Při větším obsahu dusíku může dojít na výstupu z aerobní digesce ke vzniku nežádoucích dusíkatých látek (amoniaku, oxidu dusného atd.). V praxi se optimálního poměru uhlíkatých a dusíkatých látek dosahuje míšením různých materiálů.

### 4.4 Výroba bioplynu [5], [8], [13]

Podle způsobu dávkování do procesu vstupujícího materiálu lze rozlišovat následující technologie:

- **diskontinuální** – s přerušovaným provozem, cyklické, dávkové a podobně, kdy doba jednoho pracovního cyklu je shodná s dobou zdržení ve fermentoru. Tento na obsluhu náročný způsob se používá především k suché fermentaci tuhých materiálů organického původu.
- **semikontinuální** – kdy je doba mezi jednotlivými dávkami kratší než doba zdržení materiálu ve fermentoru. Tento způsob plnění patří k nejvíce používaným při zpracování tekutých materiálů organického původu. Výhodou tohoto postupu je možnost snadné automatizace technologického procesu.
- **kontinuální** – se používá při plnění fermentorů, které zpracovávají organický materiál s velmi malým obsahem sušiny. Základním zařízením pro technologii anaerobní fermentace jsou anaerobní reaktory. Jedná se o vodotěsné a plynotěsné nádrže s různými vestavbami a zařízeními.

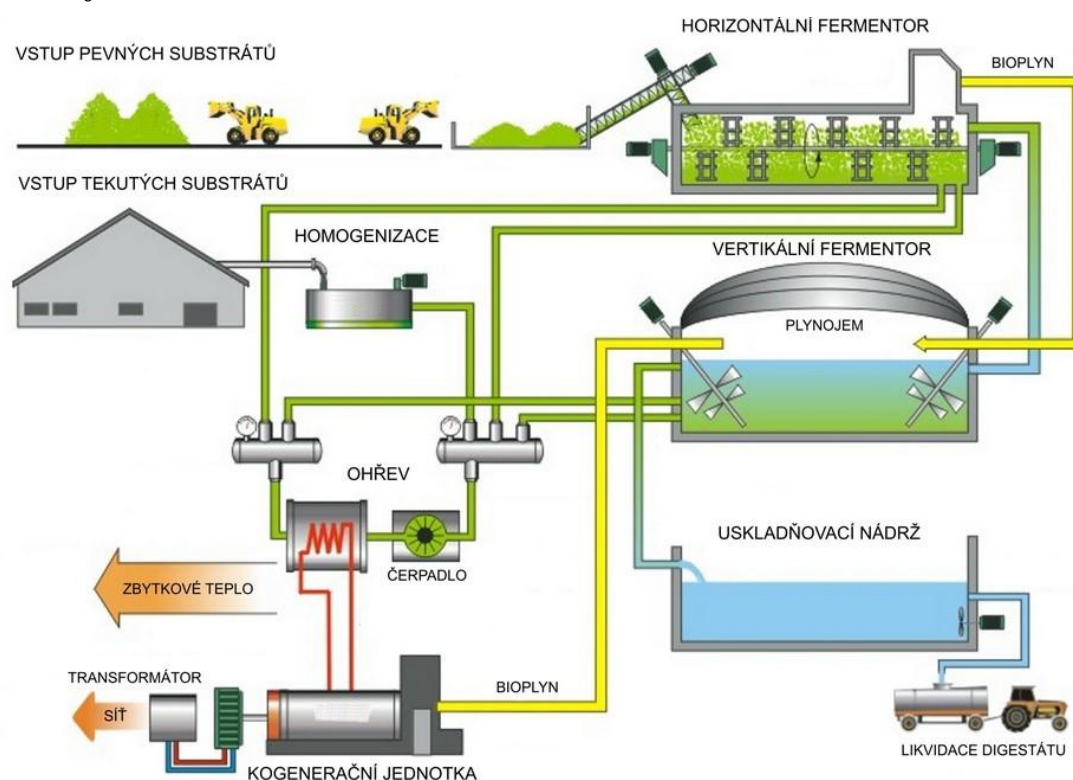
Před samotnou výrobou bioplynu z biomasy ve fermentoru se musí předem zpracovávat některé materiály (proteiny, kosti, tuky, celulóza, atp.) upravovat. Jednou možností je termo-tlaká hydrolýza. Proces termo-tlaké hydrolýzy je pochod, při kterém zahřejeme a stlačíme zpracováváný materiál až na teplotu  $180^{\circ}\text{C}$  a tlak 12 barů. Po dosažení těchto teplot a výdrži při těchto podmínkách následuje šoková expanze na atmosférický tlak. Během expanze veškerá voda obsažená v surovině vyvře čímž dojde k rozložení organických struktur. Výsledkem tohoto pochodu je dokonale homogenní, čerpatelný a sterilní materiál. Linka termo-tlaké hydrolýzy funguje v polokontinuálním režimu (z hlediska hodin lze linku považovat za kontinuální).



Obr. 10. Schéma termo-tlaké hydrolyzy [8]

Vstupující biomasa a její konzistence nám rozděljuje fermentaci na:

- *suchou fermentaci*
- *mokrou fermentaci*



Obr. 11 Schéma bioplynové stanice [2]

#### 4.4.1. Metoda suché fermentace [18]

Biomasa o obsahu 20 až 60% hm. se využívá k suché fermentaci. Optimální podmínky pro suchou fermentaci jsou mezi 30 a 35% hm. Pokud je obsah sušiny menší, tak lze použít přísadky vysokosušinné biomasy (senná moučka, obilný šrot, seno, sláma, apod.). Pro docílení optimálního poměru sušiny dochází při zpracovávání některých substrátů k separaci organické hmoty (použitím kalolisů, odstředivek). Kromě optimálního obsahu sušiny je

potřeba docílit také optimální objemové struktury substrátu resp. měrné hmotnosti - doporučené rozmezí 600 - 800 kg/m<sup>3</sup>.

Zpracovávaná organická hmota lze rozdělit na tuhé substráty (chlévká mrva, atd.), tříděný komunální odpad a odseparované tekuté substráty (kejda prasat, skotu, čistírenské kaly, tekuté odpady z potravinářského a zpracovatelského průmyslu, lihovarů, pivovarů, atd.).

Organickou hmotu dále dělíme na kyselou (senáž, kukuřičná siláž, tráva, slepičí a krůtí trus, čerstvý bioodpad) a neutrální (hovězí hnůj, prasečí hnůj, starý bioodpad, omezené množství kejdy)

Kyselost či neutralita substrátu souvisí do jisté míry na poměru uhlíkatých a dusíkatých látek.

Jako technologie se při suché fermentaci zpravidla používá mezofilní anaerobní proces. Rozsah používaných reakčních teplot bývá 32 až 38°C.

#### **4.4.2. Metoda mokré fermentace [18]**

Biomasa o obsahu sušiny menším než 12% hm. se zpracovává mokrou fermentací. Mokrá fermentace se často používá na intenzivních chovech hospodářských zvířat a na ČOV. Nejčastějšími případy jsou bioplynové stanice na zemědělských farmách, kde se zpracovává kejda ustájených zvířat s průměrným obsahem sušiny 4 až 6% hm. u prasat a 10 až 16% hm. u skotu.

Mokrá fermentace je vhodná pro zpracování substrátů s vysokým obsahem ligninu (např. drůbeží podestýlka na bázi dřevní hmoty). Substráty s obsahem pilin a hoblin mohou představovat provozní potíže kdy se tvoří křusta zamezující odvod bioplynu, ucpávání čerpadel, apod. Vysokosušinné substráty jsou pro mokrou fermentaci ředěny balastní vodou, močůvkou, hnojůvkou, apod.

Při mokré fermentaci je velmi důležité vybavit fermentor míchadly. Míchání je ovšem zdrojem poruch a nákladů na provoz (je nutné jej pohánět). V praxi se nejčastěji k míchání substrátu používají míchadla vrtulová a pádlová. Další míchadla bývají umístěna v homogenizační jínce na vstupu biomasy do reaktoru a zpravidla i v uskladňovacích jímkách digestátu.

Ohřev substrátu na optimální teplotu je při mokré fermentaci velmi důležité. Nejvhodnější je stěnové vytápění fermentoru. Při klasickém ohřevu substrátu mimo fermentor, dochází k teplotnímu šoku, což má negativní vliv na životní podmínky anaerobních mikroorganismů, a tím i na pokles výtěžnosti bioplynu.

#### **4.5 Složení bioplynu [13], [22]**

Hlavními složkami bioplynu jsou metan a oxid uhličitý. Jejich poměr závisí do velké míry na složení zpracovávaného substrátu. Obsahy ostatních plynů v bioplynu jsou v řádech desetin procent. Z biologických pochodů v průběhu výroby bioplynu může vznikat dusík, oxid dusný nebo sulfan. Výhřevnost bioplynu je téměř výlučně dána obsahem hořlavého metanu.

Složení bioplynu, který vznikl ve fermentoru je rozdílný od skládkového plynu (bioplyn, který vznikl rozkladem odpadu na skládce). Ve skládkovém plynu jsou často obsaženy ve větší míře plyny z atmosféry (kyslík, dusík a vzácně argon).

Dalšími faktory ovlivňující složení bioplynu jsou skladba a stav přizpůsobení bakteriálních kultur, teplota, pH, typ reaktoru, zatížení reaktoru a mnohé další. Obecně tedy nelze ze zpracovávaného substrátu předem určit finální obsah metanu bioplynu.

#### **4.6 Úprava bioplynu [5], [13], [24]**

Bioplyn, který vznikl ve fermentoru obsahuje maximálně 85% metanu a jelikož je z ekonomického hlediska nejlepší zvýšit co nejvíce jeho poměr k oxidu uhličitému je vhodné upravit jeho složení.

Nejčastější metoda pro odstraňování oxidu uhličitého z bioplynu je vodní vypírka. Při vodní vypírce se molekuly oxidu uhličitého váží na molekuly vody. V reagenční tlakové komoře s pracovním tlakem 8 až 10 barů a teplotou 20 – 25 °C postupují obě media proti sobě. Vlivem navozeného tlaku se různě mění parciální tlak jednotlivých plynů a CO<sub>2</sub> se zachycuje ve vodě. Mezi další metody patří vymrazování, změny tlaků a nízkotlaká absorpce.

Síra je obsažena v sulfanu, který je složkou bioplynu, která má negativní vliv pro jeho energetické využití. Sulfan je jedovatý, silně zapáchá a má velké korozivní účinky na kovové součásti. Obsah sulfanu v bioplynu je úměrný obsahu síry ve zpracovávaném substrátu. Sulfan se odstraňuje z bioplynu absorpcí, kde je jako absorpční činidlo použito aktivní uhlí.

#### **4.7 Využití bioplynu k energetickým účelům [13], [22], [33]**

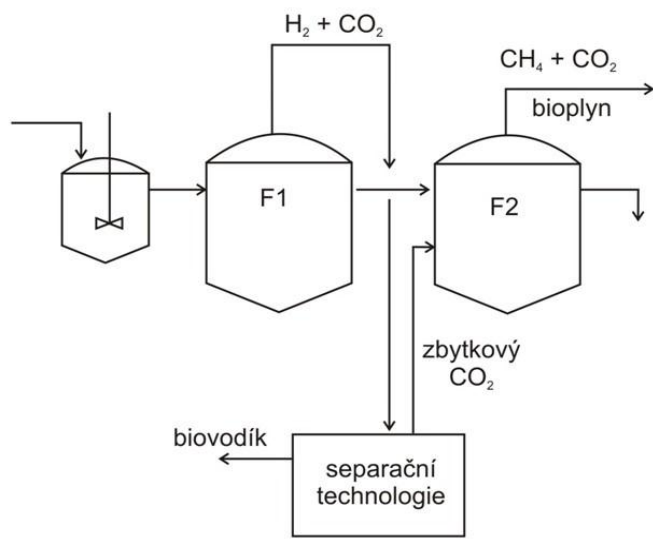
Bioplyn lze uplatnit při výrobě energie tam, kde se používají ostatní plynná paliva. Mezi způsoby využití bioplynu k energetickým účelům patří přímé spalování, kogenerace, trigenerace, výroba biovodíku, termofotovoltaika a mnohé další, které pro jejich nízkou četnost použití nebudu dále zmiňovat.

Prvním způsobem výroby energie z bioplynu je přímé spalování. Vyprodukovaný bioplyn může být spalován v kotlích, ve kterých vzniká teplo, jež lze následně použít pro ohřev například i fermentoru. V některých případech je bioplyn spalován v hořácích bez využití jeho energetického potenciálu. Toto je aplikováno tehdy, jestliže musí být bioplyn bezpečně zlikvidován.

Kogenerace je další energetické využití bioplynu, při kterém vzniká teplo i elektrická energie. Výroba energie z bioplynu se v praxi nejčastěji uskutečňuje právě touto kogenerací. Zařízení ve kterém probíhá kogenerace se nazývá kogenerační jednotka. V kogenerační jednotce je spalovací motor spojen s generátorem, který vyrábí elektrickou energii, a odpadní teplo je dále efektivně využíváno, což vede k tomu, že účinnost kogeneračních jednotek je přes 80%.

Trigenerace se vyskytuje v praxi jen zřídka. Jedná se o výrobu elektrické energie spojenou s výrobou tepla a chladu. Zařízení pro trigeneraci si lze představit jako kogenerační jednotku spojenou s absorpční chladicí jednotkou. Využití trigenerace je především nejvhodnější v létě, kdy je schopna absorpčním způsobem vyrábět z tepla chlad.

Z bioplynu lze chemickými reakcemi vyrobit biovodík. Při výrobě biovodíku z bioplynu však vzniká oxid uhličitý, který musí být poté odstraněn. Biovodík se vyrábí především pro následné použití ve vodíko-kyslíkových palivových článcích, kde se využívá velká reaktivita vodíku. Výsledkem reakce vodíku a kyslíku v těchto palivových článcích je přímý vznik elektrické energie a odpadního tepla bez vzniku škodlivých emisí.



Obr. 12 Výroba biovodíku [22]

Termofotovoltaika představuje výrobu elektrické energie s využitím fotovoltaických prvků citlivých pouze na infračervené záření (klasické fotovoltaické články, umístěné v solárních panelech, využívají viditelné části spektra), které produkuje hořák spalující bioplyn.

## 5 ZÁVĚR

V současnosti se pozornost při hledání nových zdrojů energie stále více obrací k obnovitelným zdrojům. Výše popsané obnovitelné zdroje energie mají své specifické výhody a nevýhody a nelze tedy jednoznačně určit, který z obnovitelných zdrojů je možné považovat za substitut fosilních paliv. S velkou pravděpodobností podíl fosilních paliv nebudou schopny obnovitelné zdroje v České republice nikdy zaujmout.

Získávání energie z větru je bez vzniku škodlivých emisí, ale je jej možné výnosně provozovat pouze v oblastech se stálým větrem, které se v České republice často nevyskytují.

Výroba energie ze slunečního záření je také bez emisí a je teoreticky velmi dobře využitelná na území České republiky, ale je potřeba vzniklou elektrickou energii regulovat.

Vodní elektrárny vyrábí elektrickou energii bez vzniku škodlivých emisí a v případě přečerpávacích vodních elektráren se používají k regulaci nestandardních situací v elektrické síti. Nevýhodou je především to, že počet větších vodních elektráren v České republice není možné významnou měrou navyšovat.

Výroba energie z biomasy je z mého pohledu nejracionálnější cestou, kterou by se měly obnovitelné zdroje energie v České republice ubírat. Paliva jako benzín a zemní plyn již v současnosti mají v biomase svoje obnovitelné substituty v podobě bioetanolu a bioplynu. Velkou nevýhodou těchto a dalších produktů z biomasy je, že mají škodlivé emise tak jak je tomu i v případě fosilních paliv.

Bioplyn byl popsán podrobněji v předcházející kapitole této práce a lze jej považovat za teoretickou náhradu zemního plynu. V dnešní době již existují metody na úpravu složení bioplynu, které jeho složení významně přiblíží zemnímu plynu. Tento bioplyn se může používat od spalovacích turbín až k dopravním prostředkům. Nevýhodou bioplynu je především jeho výroba, která trvá od několika dnů až po několik desítek dnů a vzniká při ní jedovatý metan. V současné době však objem vyrobeného bioplynu u nás není schopen ve znatelném množství pokrýt spotřebu zemního plynu v České republice.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *agriwatt.cz* [online]. [cit. 2012-3-31]. Biomasa. Dostupné z WWW: <<http://www.agriwatt.cz/biomasa/>>
2. *agromont.cz* [online]. [cit. 2012-3-31]. Energie z bioplynu. Dostupné z WWW: <<http://www.agromont.cz/cs/11/section-40/energetika-bioplynovy-stance.htm>>
3. ARCHALOUS, Martin. *Česko jako jaderná velmoc: Bez uranu a uhlí to nejde?* [online]. [cit. 2012-3-31]. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/cesko-jako-jaderna-velmoc-bez-uranu-a-uhli-to-nejde.aspx>>
4. ARCHALOUS, Martin. *Výroba elektřiny v ČR: Éra uhlí končí, nahradí jej jádro* [online]. [cit. 2012-3-31]. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/vyroba-elektriny-v-cr-era-uhli-konci-nahradi-jej-jadro.aspx>>
5. BEŇO, Z.: *Návrh fermentační jednotky*. Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství, 2007. 76s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jaroslav Boráň
6. *bioplyn.cz* [online]. [cit. 2012-3-31]. Aerobní technologie. Dostupné z WWW: <[http://www.bioplyn.cz/at\\_popis.htm](http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm)>
7. *bpsprojekt.cz* [online]. [cit. 2012-3-31]. O bioplynu. Dostupné z WWW: <<http://www.bpsprojekt.cz/bio-plynovy-stance-bioplyn.html>>
8. *coramexport.cz* online. [cit. 2012-3-31]. Budoucnost energie, energie budoucnosti. Dostupné z WWW: <<http://coramexport.cz/data/coramexport-cs.pdf>>
9. *eamos.cz* [online]. [cit. 2012-3-31]. Využití energie větru. Dostupné z WWW: <[http://www.eamos.cz/amos/kat\\_fyz/modules/low/kurz\\_text.php?id\\_kap=18&kod\\_kurzu=kat\\_fyz\\_7356](http://www.eamos.cz/amos/kat_fyz/modules/low/kurz_text.php?id_kap=18&kod_kurzu=kat_fyz_7356)>
10. *ekodum.cz* [online]. [cit. 2012-3-31]. Rotory s vertikální osou. Dostupné z WWW: <<http://www.ekodum.cz/energy/wind/vertikal.php>>
11. *ekodum.cz* [online]. [cit. 2012-3-31]. Rotory s horizontální osou. Dostupné z WWW: <<http://www.ekodum.cz/energy/wind/horizon.php>>
12. *elektrarny.xf.cz* [online]. [cit. 2012-3-31]. Akumulační elektrárny. Dostupné z WWW: <<http://www.elektrarny.xf.cz/akumulacni.php>>
13. *eon.energieplus.cz* [online]. [cit. 2012-3-31]. Jak fungují bioplynové stanice. Dostupné z WWW: <<http://eon.energieplus.cz/ekologicka-energie/bioplyn-1/jak-funguji-bioplynovy-stance-ukazkovy-priklad-zajimaveho-reseni-z-trebone>>
14. HUDEC, Michal. *Německo čistým vývozcem elektřiny? Nesmysl!* [online]. [cit. 2012-3-31]. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/nemecko-cistym-vyvozcem-elektriny-nesmysl.aspx>>
15. CHROME, Horst. *Technika využití energie větru*. Ostrava: Hel 2002. 144 s. ISBN 3-922964-78-8
16. *koliba-oc.ic.cz* [online]. [cit. 2012-3-31]. Milíř. Dostupné z WWW: <<http://koliba-oc.ic.cz/index.php?mact=News,cntnt01,print,0&cntnt01articleid=20&cntnt01showtemplate=false&cntnt01returnid=59>>
17. KUNTEOVÁ, Lucie. *Bioetanol* [online]. [cit. 2012-3-31]. Dostupné z WWW: <[http://stary.biom.cz/sborniky/sb98PrPetr/sb98PrPetr\\_kunt.html](http://stary.biom.cz/sborniky/sb98PrPetr/sb98PrPetr_kunt.html)>
18. LENGÁLOVÁ, B. *Zpracování a využití bioplynu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2007. 34 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Vladimír Ucekaj

19. *mve.energetika.cz* [online]. [cit. 2012-3-31]. O turbínách. Dostupné z WWW: <<http://mve.energetika.cz/vodnimotory/turbiny-obecne.htm>>
20. MURTINGER, Karel. *Fotovoltaika: elektřina ze slunce*. Brno: ERA 2008. 81 s. ISBN 978-80-7366-133-5
21. *mzp.cz* [online]. [cit. 2012-3-31]. Bioplynové stanice. Dostupné z WWW: <[http://www.mzp.cz/cz/bioplynove\\_stanice](http://www.mzp.cz/cz/bioplynove_stanice)>
22. PASTOREK, Zdeněk. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public 2004. 288 s. ISBN 80-86534-06-5
23. POHOŘELÝ, Michael. *Zplyňování biomasy – možnosti uplatnění* [online]. [cit. 2012-3-31]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zplynovani-biomasy-moznosti-uplatneni>>
24. SLADKÝ, Václav. *Metody úpravy bioplynu na kvalitu zemního plynu* [online]. [cit. 2012-3-31]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/metody-upravy-bioplynu-na-kvalitu-zemniho-plynu>>
25. *snizujeme.cz* [online]. [cit. 2012-3-31]. Obnovitelné zdroje energie. Dostupné z WWW: <<http://www.snizujeme.cz/slovník/obnovitelne-zdroje-energie>>
26. *spvez.cz* [online]. [cit. 2012-3-31]. Fotovoltaické elektrárny. Dostupné z WWW: <<http://www.spvez.cz/pages/fotovoltaika.htm>>
27. ŠKORPÍK, Jiří. *Biomasa jako zdroj energie, Transformační technologie*, 2006. Brno: Jiří Škorpík, [online] pokračující zdroj, ISSN 1804-8293. Dostupné z WWW: <<http://www.transformacni-technologie.cz/biomasa-jako-zdroj-energie.html>>
28. ŠKORPÍK, Jiří. *Sluneční záření jako zdroj energie, Transformační technologie*, 2006. Brno: Jiří Škorpík, [online] pokračující zdroj, ISSN 1804-8293. Dostupné z WWW: <<http://www.transformacni-technologie.cz/slunecni-zareni-jako-zdroj-energie.html>>
29. ŠKORPÍK, Jiří. *Využití energie vodního spádu, Transformační technologie*, 2006. Brno: Jiří Škorpík, [online] pokračující zdroj, ISSN 1804-8293. Dostupné z WWW: <<http://www.transformacni-technologie.cz/vyuziti-energie-vodniho-spadu.html>>
30. *tzb-info.cz* [online]. [cit. 2012-3-31]. Biomasa – definice a členění. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/5641-biomasa-definice-a-cleneni>>
31. *Vodní energie*. In *Nazeleno.cz* [online]. [cit. 2012-3-31]. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/vodni-energie.dic>>
32. *zdrojeenergie.blogspot.com* [online]. [cit. 2012-3-31]. Energie vody. Dostupné z WWW: <<http://zdrojeenergie.blogspot.com/2008/10/energie-vody.html>>
33. ŽÍDEK, Michal. *Aerobní digesce zvolených substrátů na laboratorním fermentoru*, 2004. Brno. [online] Dostupné z WWW: <[http://oei.fme.vutbr.cz/konfer/biomasa\\_iii/papers/08-Zidek.pdf](http://oei.fme.vutbr.cz/konfer/biomasa_iii/papers/08-Zidek.pdf)>