

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Zdroje, potenciál a možnosti energetického využívání
biomasy**

Zdeněk Šamlot

2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Zdeněk ŠAMLOT**
Osobní číslo: **E08B0040P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Zdroje, potenciál a možnosti energetického využívání biomasy**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Charakterizujte současné zdroje a potenciál biomasy pro energetické využívání v ČR.
2. Popište způsoby a technologie tohoto využívání.
3. Porovnejte účinnost a efektivnost současného stavu v energetickém využívání biomasy.
4. Navrhněte efektivní způsob energetického využívání zdrojů a potenciálu biomasy v ČR.



Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

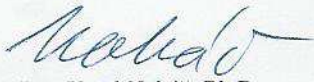
Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Eduard Ščerba, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Tato bakalářská práce pojednává o současném stavu využívání biomasy v České republice, zejména s důrazem na popis a porovnání jednotlivých technologiích v energetickém využití biomasy v České republice z hlediska efektivity a ekonomického faktoru.

Klíčová slova

biomasa, technologické procesy, obnovitelný zdroj energie, efektivita

Abstract

This thesis discusses the current state of biomass in the Czech Republic, with particular emphasis on description and comparison of various technologies in the energy use of biomass in the Czech Republic in terms of efficiency and economic factor.

Key words

biomass, technological processes, renewable source of energy, effectiveness

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne 21.5.2012

Zdeněk Šamlot

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Mgr. Eduardu Ščerbovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

OBSAH

1. ÚVOD.....	1
2. CHARAKTERISTIKA SOUČASNÝCH ZDROJŮ A POTENCIÁLU	
BIOMASY	2
2.1. Biomasa	2
2.1.1. Zbytková (reziduální) biomasa	2
2.1.2. Účelově produkováaná biomasa	3
2.1.3. Základní druhy účelově produkováných plodin	4
2.1.4. Výhřevnost biomasy	7
2.2. Potenciál biomasy v ČR a v Evropě	7
2.2.1. Definice a rozdělení potenciálu	7
2.2.2. Potenciál biomasy v Evropě	8
2.2.3. Potenciál biomasy v ČR.....	9
2.2.4. Aktuální rozložení energetických zdrojů	10
3. TECHNOLOGIE PRO VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY	11
3.1. Suché (termomechanické) procesy	11
3.1.1. Spalování	11
3.1.2. Zplyňování	14
3.1.3. Pyrolýza	15
3.2. Mokrý (biochemické) procesy	16
3.2.1. Anaerobní fermentace	16
3.2.2. Aerobní fermentace.....	16
3.2.3. Alkoholová fermentace.....	17
3.1. Další způsoby zpracování biomasy.....	17
3.1.1. Sušení a lisování	17
4. ÚČINNOST A EFEKTIVNOST SOUČASNÉHO STAVU VYUŽÍVÁNÍ	
BIOMASY V ČR.....	20
4.1. Využití biomasy v současném stavu	20
4.2. Hodnocení z hlediska úspor primární energie (UPE)	22
4.3. Hodnocení z hlediska faktorů primární energie (FPE)	23
4.4. Hodnocení z hlediska ekonomické efektivity (EEF).....	24
4.5. Vyhodnocení celkových efektů zdrojů využívajících biomasu	24
5. NÁVRH EFEKTIVNÍHO ZPŮSOBU VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY.....	26
5.1. Návrh efektivnějšího řešení z hlediska použité biomasy	26
5.2. Návrh efektivnějšího řešení z hlediska použité technologie.....	27
5.3. Výsledný návrh zvýšení efektivity ve využívání biomasy	28
6. ZÁVĚR	30
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	31

1. ÚVOD

Předkládaná bakalářská práce nastiňuje současný stav produkce a využívání biomasy jako jednoho z obnovitelných zdrojů elektrické energie v České republice. Cílem této práce není podat vyčerpávající rozbor této problematiky. Předpokládaný rozsah to ani neumožňuje, ale snahou je uvést čtenáře do problematiky a nastínit mu souvislosti, které se v tomto odvětví energetiky a ekologie vyskytují.

Tato problematika je zajímavá a důležitá především proto, že celosvětový vývoj se uchyluje k obnovitelným zdrojům nejen v oblasti energetiky, ale i v dalších důležitých oblastech každodenního života jako je například doprava, stavebnictví. Ekologie jako taková se v posledních letech stává majoritním vědeckým oborem, jelikož si společnost uvědomila, že stávajícím stylem života směřuje naše planeta k nevyhnutelnému vyčerpání neobnovitelných, fosilních zdrojů.

Co se týče systematiky, práce je rozdělena do základních pěti kapitol včetně závěru. V úvodní kapitole se zaměřuji na shrnutí a vysvětlení obecně používaných pojmů jako je biomasa, její potenciál a popis některých účelově pěstovaných plodin. Zmiňuji zde současný stav rozložení energetických zdrojů v České republice a plány v tomto odvětví kam, díky Evropské unii, by měla Česká republika směřovat.

V druhé části práce popisuji samotné technologické postupy získávání elektrické a tepelné energie z biomasy. Přes obyčejné spalování až po složité procesy v bioplynových stanicích.

Ve třetí části práce hodnotím současné využívání biomasy v ČR podle energetických a ekonomických kritérií, které jsou, ať chceme či ne, jedním z hlavních faktorů získávání energie z obnovitelných zdrojů a to díky evropským a státním dotacím. Právě kvůli těmto, v mnoha případech nemalým finančním částkám, se mnoho lidí začalo zajímat o tuto problematiku a samotný ekologický vliv zůstává až na druhém místě.

V poslední pasáži práce se snažím vyjít z předešlé kapitoly a navrhnout zde efektivnější způsob využití biomasy, který by vedl ke zlepšení současného stavu na našem území.

2. CHARAKTERISTIKA SOUČASNÝCH ZDROJŮ A POTENCIÁLU BIOMASY

2.1. *Biomasa*

Biomasa je souhrnný název pro látky tvořící těla všech organismů. Za ně můžeme považovat všechny druhy rostlin, živočichů, sinic a hub. Pod tímto termínem si často veřejnost představuje rostlinnou biomasu, která se využívá nejčastěji pro energetické účely.

Důvod proč ji řadíme mezi tzv. obnovitelné zdroje energie je ten, že ve své podstatě vychází ze sluneční energie – fotosyntézy a ta se obecně bere jako nevyčerpatelný zdroj. V souvislosti s energetikou mluvíme nejčastěji o dřevu, dřevním odpadu (piliny, hobliny), slámě a dalších, převážně zemědělských zbytcích, včetně exkrementů zvířat. Biomasu pro energetické účely můžeme rozdělovat do těchto základních skupin:

Zbytková biomasa

Záměrně produkovaná biomasa[1], [2]

2.1.1. Zbytková (reziduální) biomasa

Zbytková biomasa je široký rozsah druhů biomasy, které vznikají sekundárně při zpracování hlavních zdrojů rostlinné nebo živočišné biomasy. Převážné procento zbytkové biomasy pochází z průmyslu výroby papíru, z dřevovýroby, ze zpracování masa a ostatního potravinářského průmyslu a z třídění komunálního odpadu. Dále zde existuje samostatná položka, kterou tvoří zbytková biomasa z živočišné zemědělské výroby, tj. exkrementy chovaných zvířat. [1]

Rostlinné odpady

Mezi ně patří zemědělské rostlinné zbytky, hlavně pak obilná a řepková sláma. Oproti severským zemím, které považují v tomto směru za vyspělejší, se tyto zemědělské zbytky začaly v ČR využívat pro spalování se zpožděním. Důvod byl ten, že se zde přechovával názor, že veškerá sláma, která vyrostla na daném území by měla být zpátky zaorána jako přírodní hnojivo. Ve skutečnosti je ale ve slámě velmi málo živin, např. dusíku obsahuje méně než 1%.

Například řepková sláma má výhřevnost $15 - 17,5 \text{ GJ.t}^{-1}$ a tím se přibližuje některým druhům hnědého uhlí ($15,4 - 23 \text{ GJ.t}^{-1}$). Nevyužíváme ji pro žádnou jinou živočišnou

ani průmyslovou výrobu, tak možnost spálení je pro společnost zatím to nejlepší východisko.

Mezi další rostlinný odpad můžeme zařadit kukuřičnou slámu, seno, zbytky po likvidaci křovin, náletových dřevin, stromů ze sadů a vinic a odpadů po úpravách travnatých ploch. [1], [2]

Organické odpady z průmyslových výro

Hlavním zdrojem bývá dřevozpracující průmysl, který produkuje velké množství pilin a hoblin, které se v posledních letech začaly hojně využívat pro výrobu dřevních pelet a briket, které vznikají lisováním dřevních zbytků.

Další velkou část organických odpadů z průmyslové oblasti tvoří zbytky po výrobě papíru. [1]

2.1.2. Účelově produkováná biomasa

Poměrně novým zdrojem biomasy v ČR jsou porosty speciálních plodin na zemědělských půdách, jejichž cílem je záměrná produkce plodin pro energetické nebo průmyslové odvětví. [1]

Energetické rostliny nedřevnaté

Hlavní výhodou těchto plodin je, že dosahují dobrých výnosů a hlavně se dají sklízet běžnými zemědělskými stroji, pokud by tato možnost byla neproveditelná, nastávaly by zde další problémy po ekonomické stránce s pořizováním nových strojů, speciálně určených pro toto odvětví. Mezi základní nedřevnaté, záměrně produkové plodiny patří šťovík, ozdobnice, srha laločnatá, lesknice rákosovitá, ovsík vyvýšený a další typově podobné rostliny. Hlavním a společným faktorem těchto plodin je, že jsou pěstovány pro výnos hmoty a ne pro výnos živin. [1]

Energetické dřeviny

Za tyto dřeviny bereme hlavně tzv. rychle rostoucí dřeviny (RRD), které jsou schopné vysokého výnosu nadzemní biomasy v kratším časovém horizontu (3 až 6 let) a s celkovou životností přes 25 let. Jejich hodnocení se nevztahuje pouze na objemový růst v prvních letech, ale i na opětovný růst po jejich seříznutí. Pro RRD považujeme za nadprůměrné výnosy cca 10 tun sušiny na hektar za rok ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$). Další důležitou

vlastností RRD je rychlý růst v prvních letech po výsadbě, což znamená v našich podmínkách přibližně 70cm za rok. Mezi hlavní rychle rostoucí dřeviny v ČR považujeme různé odrůdy vrb a topolů, k přesnějšímu popisu technopločin se dostanu v další kapitole. [1], [2]

2.1.3. Základní druhy účelově produkovaných plochin

Topol

Říše: Rostliny (*Plantae*)

Třída: vyšší dvouděložné
rostliny (*Rosopsida*)

Řád: malpighiotvaré

(*Malpighiales*)

Čeleď: vrbovité (*Salicaceae*)

Rod: Topol (*Populus*)



Topoly jsou dvoudomé opadavé stromy. Listy jsou

Obrázek 1 Topol japonský

Zdroj: rychlerostoucitol.cz

střídavé, dlouze řapíkaté. Květy jsou v květenstvích, jehnědách. Opylování se děje větrem, stejně jako šíření semen, která se tak šíří pomocí bohatého chmýří. Klíčivost semen není dlouhá a zpravidla potřebují k vyklíčení vlhký substrát, např. náplav řeky.

Topoly jsou rozšířeny po celém subtropickém, mírném a boreálním pásu severní polokoule. Je známo asi 100 druhů. V České republice jsou domácí jen 3 druhy a jeden kříženec. Po celé České republice (kromě vyšších hor) je rozšířen topol osika (*Populus tremula*). Topol černý (*Populus nigra*) roste především v nivách nížinných řek. V posledních desetiletích je však silně na ústupu. Byl vytlačen člověkem a to hlavně vysazováním hybridních topolů, nejčastěji topolu kanadského (*Populus x canadensis*), který má lepší vlastnosti co se týče dřeva. V úvalech Moravy je rozšířen topol bílý (*Populus alba*). Pro cílené využívání jako zdroj biomasy je vysazován topol japonský. [3], [4], [5]

Vrba

Říše: rostliny (*Plantae*)

Třída: vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)

Řád: malpighiotvaré (*Malpighiales*)

Čeleď: vrbovité (*Salicaceae*)

Rod: vrba (*Salix*)



Vrby jsou opadavé, dvoudomé stromy s mohutným kořenovým

systemem, mohou růst vzpřímen **Obrázek 2** Plantáž s vrbami Zdroj: e-massa.cz/pestovani-rrd

nebo být plazivé, jejich větve jsou vzpřímené

nebo převislé. Květy opyluje hmyz, nebo jsou opylovány větrem.

Mnoha druhům vrb je vlastní mykorhiza, která je ve dvou variantách. Při první houba vytváří kolem kořene hyfový plášť a neproniká do kořene, při druhé houbová vlákna do kořene pronikají. Rostlina při tomto soužití poskytuje houbě uhlík a energii, houba naopak rostlině vodu a některé minerály. Pro vrby žijící v nepříznivých přírodních podmínkách je mykorhiza nutnou součástí přežití. [4], [5]

Šťovík hybrid – Rumex OK2

Říše: rostliny (*Plantae*)

Třída: vyšší dvouděložné rostliny (*Rosopsida*)

Řád: hvozdíkotvaré (*Caryophyllales*)

Čeleď: rdesnovité (*Polygonaceae*)

Rod: šťovík (*Rumex*)



Tento druh šťovíku byl původně vyšlechtěn pro krmivářské **Obrázek 3** Šťovík Hybrid

Zdroj: biom.cz

účely. Je to kulturní plodina vyšlechtěná na Ukrajině křížením šťovíku zahradního a tjanšanského, označeného původně Rumex OK 2, pod názvem odrůdy Uteuša (podle jména šlechtitele). Je vytrvalá samosprašná bylina, na stanovišti může setrvat 15 až 20 let, což je z hlediska fytoenergetiky nesporně výhodné. Ve druhém roce po založení

porostu dorůstá výšky 1,50 až 2,00m, takže spolehlivě dosahuje výnosu 10 t suché hmoty z hektaru za rok. Jedná se o velmi ranný hybrid, vhodný jako krmivo, je to také zelenina, léčivá a technická (energetická) rostlina. Plodem je tříhranná nažka. Semena vychází bezprostředně po nabobtnání, nehromadí se v půdě, a proto nepřispívají ani k potenciálnímu zaplevelování. Šťovík hybridní má kulový kořen, který se rozděluje. Nevytváří kořenové oddenky a není tudíž schopen se v kultuře ani v přírodě množit vegetativně.

Výhřevnost šťovíku můžeme dělit podle druhu zpracování rostliny. Buď jako řezanka, která má výhřevnost kolem 12 [MJ/kg], nebo jako pelety, kde se výhřevnost pohybuje okolo 16,5 [MJ/kg]. [6]

Lesknice (chrastice) rákosovitá

Říše: rostliny (*Plantae*)

Třída: jednoděložné - (*Liliopsida*)

Řád: lipnicotvaré (*Poales*)

Čeleď: lipnicovité (*Poaceae*)

Rod: Lesknice (*Phalaris*)

Jedná se o jednoleté nebo vytrvalé byliny. Jsou trsnaté s oddenky, nebo jsou poléhavé. Stébla dorůstají výšek zpravidla 10-200 cm. Čepele listů

jsou většinou ploché, 2-20 mm široké, na vnější straně listu se při bázi čepele nachází jazýček, 2-

12 mm dlouhý. Květy jsou v kláscích, které tvoří lata. Celkově je známo asi 22 druhů, které najdeme hlavně v mírném pásu Evropy a v jižní Africe.

Průměrné zisky sušiny se pohybují kolem 10 t . ha⁻¹. rok⁻¹, což patří spíše mezi průměrné hodnoty. Rostlina ale zvládá poměrně dobře rozmary počasí, tudíž je zde možná pravidelná sklizeň. Výhřevnost nadzemní sušiny je cca 17 GJ . t⁻¹, což je opět srovnatelné s některými druhy hnědého uhlí. [7]



Obrázek 4 Lesknice rákosovitá
Zdroj: biom.cz

2.1.4. Výhřevnost biomasy

Výhřevnost je ve své podstatě údaj o schopnosti paliva uvolnit energii (teplo) při spalování. Značně se liší podle druhů biomasy a mají na ní velký vliv ostatní faktory jako je např. vlhkost a kvalita samotné biomasy.

V následující tabulkách uvádím výhřevnosti některých druhů pevných a plyných paliv.

Tabulka 1 Výhřevnost tuhých paliv

Druh paliva	Výhřevnost [MJ/kg]
Listnaté dřevo	14,2
Jehličnaté dřevo	15,6
Dřevní štěpka	12,2
Sláma obilovin	15,5
Sláma kukuřice	14,4
Sláma řepky	16
Koks	27,5
Černé uhlí	25,1
Hnědé uhlí	15,1
Nafta motorová	42,6
Lesknice	17
Šťovík-pelety	16,5
Šťovík-řezanka	12
Uran	3 900 000

Tabulka 2 Výhřevnost plyných paliv

Druh paliva	Výhřevnost [MJ/m ³]
Zemní plyn	34
Propan-butan	46,1
Bioplyn - 100 % CH ₄	35,8
Bioplyn - 70 % CH ₄	25,1

Z údajů v tabulce je možno vidět, že spousta druhů biomasy, resp. produktů z biomasy, mají stejnou a mnohdy i větší výhřevnost než běžná fosilní paliva. Samozřejmě je zde velká závislost na kvalitě vstupní biomasy. Záměrně zde uvádím výhřevnost uranu používaného v jaderných elektrárnách. [7]

2.2. Potenciál biomasy v ČR a v Evropě

2.2.1. Definice a rozdělení potenciálu

V dosud zpracovaných studiích i v odborné literatuře se objevuje mnoho stupňů resp. typů potenciálu, které jsou nejčastěji definovány jako míra omezení pro jeho využití. V případě biomasy je touto pomyslnou nejvyšší hranicí potenciál rozlohy, což je samozřejmě pochopitelné, ale na druhou stranu nereálné, jelikož omezujícím faktorem je schopnost tento potenciál využít, možná nejvíce v místě zdroje biomasy. Doprava do vzdálenějších míst je nákladná a ve své podstatě by tento typ paliva ztrácel svůj původní smysl jako ekologický zdroj elektrické energie.

Potenciál biomasy můžeme rozdělit do těchto sekcí:

Technický potenciál

Bereme ho jako množství energie, které je možno získat z obnovitelného zdroje technickými prostředky. Jedná se o teoretický potenciál, ve kterém je množství zdroje omezeno pouze technickými vlastnostmi (velikost zemědělské půdy) a produkčními podmínkami (teplota, srážky, úrodnost půdy)

Dostupný potenciál

Je ve své podstatě technický potenciál, jehož zdroje jsou dále omezeny různými environmentálními, legislativními bariérami nebo jinými omezeními. Jako příklad uvádím využití biomasy v chráněných územích nebo v pásmech hygienické ochrany.

Využitelný potenciál

Je definován jako dostupný potenciál, který je omezen využitím přírodního zdroje pro jiné účely než energetické, jako například využití zemědělské půdy pro produkci potravin a surovin.

Ekonomicky využitelný potenciál

Jedná se o potenciál biomasy, který je využitelný komerčně v daném státě a v danou dobu. Zpravidla bývá omezován aktuální ekonomickou, či legislativní situací na tom daném území. [1]

2.2.2 Potenciál biomasy v Evropě

Biomasa je ve střední Evropě jedním z nejdůležitějších zdrojů obnovitelné energie. Současně však ještě představuje velmi velký nevyužitý potenciál, vzhledem k tomu, že je ji možné využít nejen pro čistě energetické účely, ale i pro výrobu tepla nebo výrobu pohonných hmot. Biomasa má tu výhodu, že je velmi snadno skladovatelná a je poměrně stálým zdrojem energie na rozdíl od dalších obnovitelných zdrojů.

Podíl biomasy v energetice v jednotlivých státech Evropy se pochybuje od 3 až do 12 procent, mezi největší uživatele této energie patří Rakousko, Německo, ale i Maďarsko. Jedním z hlavních přínosů biomasy je snižování emisí skleníkových plynů a zároveň snižování závislosti na dovozu fosilních paliv z mimoevropských států. Přesto však v Evropě stále existuje nevyužitý potenciál biomasy. Při naplnění cílů jednotlivých států

v podílu biomasy na obnovitelných zdrojích energie by tento potenciál mohl být využit kolem roku 2020. [1]

2.2.3 Potenciál biomasy v ČR

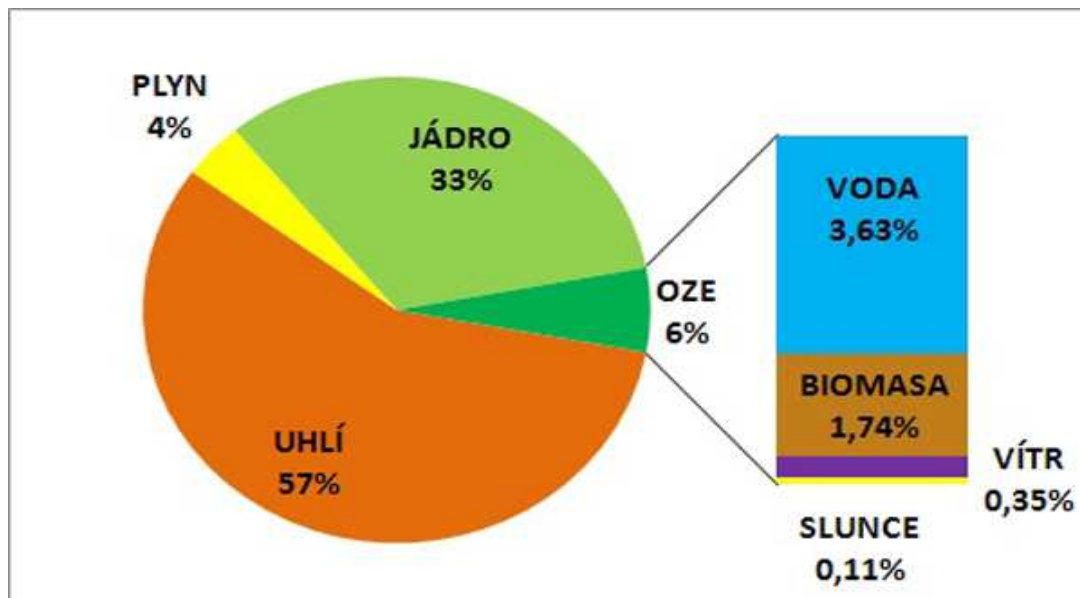
V současnosti zůstává velké množství dostupné biomasy nevyužito. Tím myslím zejména slámu obilnou a řepkovou, v lesích po těžbě dřeva zůstává nezužitkový odpad dřevní hmoty. Dále je možné uvažovat o využití potenciálu zatravněných a sečených ploch, které nejsou využívány pro produkci potravin. Dalším významným zdrojem energetické biomasy by mohly být rozsáhlé plochy, které v České republice zůstávají přes zimu pokryté vysokým porostem suchých plevelů. I ty představují značný zdroj biomasy vhodné pro energetické využití. Mezi pozitivní faktory zvyšování produkce biomasy v ČR je možné také začlenit problematiku tzv. marginálních zemědělských půd s nižším produkčním potenciálem z hlediska konvenční zemědělské produkce, které lze využít k záměrnému pěstování biomasy. Česká republika je ve srovnání s průměrem zemí EU s vysokým zorněním zemědělské půdy (73,8% proti 54,3%), která pokrývá 54,3% rozlohy státu (v EU je to jen 41,5%). Velká část zemědělské půdy (45%) navíc leží v horských a podhorských oblastech s členitým kopcovitým terénem a tvrdými klimatickými podmínkami, kde v dnešní době není intenzivní zemědělská výroba efektivní a ekonomická.

Po roce 1990 došlo k nárůstu rozlohy neobdělávaných ploch, které by bylo možné využít pro záměrné pěstování energetických plodin (energetické dřeviny a byliny). Dále je možné pro záměrně pěstované energetické plodiny využít plochy, které nejsou vhodné pro potravinářskou produkci. Po katastrofálních záplavách v roce 1997 a 2002 se vyskytla další možnost pro zakládání výmladkových plantáží rychle rostoucích dřevin na nově vzniklých náplavách a sedimentech, které nejsou pro klasickou rostlinou výrobu vhodné. [1]

2.2.4 Aktuální rozložení energetických zdrojů

V současné době, i přes nátlak některých států EU, je majoritním zdrojem energie stále spalování fosilních paliv. K cílům o podílu využívaném obnovitelnými zdroji se zatím přiblížilo nebo dosáhlo jen pár států v Evropě.

V České republice se tento podíl pohybuje okolo 6 %, jak je vidět z grafu.



Obrázek 5 Podíly paliv na výrobu elektrické energie

Zdroj: issar.cenia.cz

Evropská unie si stanovila ambiciózní cíl, do roku 2020 pokrýt 20 % své energetické spotřeby z obnovitelných zdrojů. Česká republika pak musí z čistých zdrojů pokrýt 13% své spotřeby. V posledních letech se podíl OZE zvýšil hlavně kvůli nárůstu využívání biomasy k výrobě elektrické energie. [2] [18]

3. TECHNOLOGIE PRO VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY

Obecně lze zpracování biomasy rozdělit do tří základních kategorií. Suché procesy, do kterých patří spalování, zplyňování a pyrolýza, mokré procesy, mezi které řadíme fermentace (kvašení) a pak další druhy zpracování biomasy jako např. lisování briket a pelet.

Následující tabulka nám ukazuje vhodnost jednotlivých technologií pro jednotlivé druhy biomasy. V další části této kapitoly pak popisují konkrétní technologie pro energetické využívání biomasy.

Tabulka 3 Technologické možnosti využívání biomasy Zdroj: btg.cz/cz/o-biomase

Druh biomasy / proces	anaerobní fermentace	aerobní fermentace	alkoholová fermentace	pyrolýza	zplyňování	spalování
energetické plodiny lignocelulózové (dřevo, sláma, pícniny, obiloviny)	Tech.-ekon. podmínky	Tech.-ekon. podmínky	Neužívá se	Tech.-ekon. podmínky	Tech.-ekon. podmínky	Vhodné
olejnaté plodiny (řepka, slunečnice, len)	Tech.-ekon. podmínky	Nevhodné	Nevhodné	Nevhodné	Nevhodné	Tech.-ekon. podmínky
energetické plodiny škrobnaté nebo cukematé (brambory, cukrová řepa, obiloviny)	Neužívá se	Nevhodné	Vhodné	Neužívá se	Neužívá se	Neužívá se
odpady z živočišné výroby (exkrementy, mléčné odpady)	Vhodné	Tech.-ekon. podmínky	Nevhodné	Neužívá se	Neužívá se	Neužívá se
organický podíl komunálních odpadů	Vhodné	Neužívá se	Nevhodné	Tech.-ekon. podmínky	Tech.-ekon. podmínky	Vhodné
organický odpad z potravinářské nebo jiné průmyslové výroby	Vhodné	Tech.-ekon. podmínky	Tech.-ekon. podmínky	Nevhodné	Nevhodné	Neužívá se
odpady z dřevařských provozoven	Nevhodné	Nevhodné	Nevhodné	Tech.-ekon. podmínky	Tech.-ekon. podmínky	Vhodné
odpady z lesního hospodářství	Tech.-ekon. podmínky	Neužívá se	Nevhodné	Tech.-ekon. podmínky	Tech.-ekon. podmínky	Vhodné
rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a z péče o krajinu	Tech.-ekon. podmínky	Neužívá se	Nevhodné	Neužívá se	Neužívá se	Vhodné
získané produkty	plyn	teplo	bioetanol	plyn, biouhlí, olej	plyn	teplo

3.1 Suché (termomechanické) procesy

3.1.1 Spalování

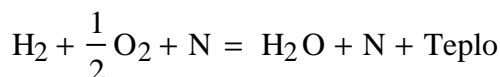
Spalování je jedno z nejstarších metod získávání energie a tepla. Při samotném hoření dochází k složitým chemickým i fyzikálním dějům. Chemické děje většinou

zastupují oxidační reakce. Jde o exotermickou reakci prvku s okysličovadlem, při které dochází k vylučování záření v oblasti viditelného spektra. Reakci popisujeme pomocí chemických rovnic. Známé jsou tři základní rovnice hoření.

Rovnice 1 Spalování uhlíku na oxid uhličitý



Rovnice 2 Spalování vodíku na vodní páru



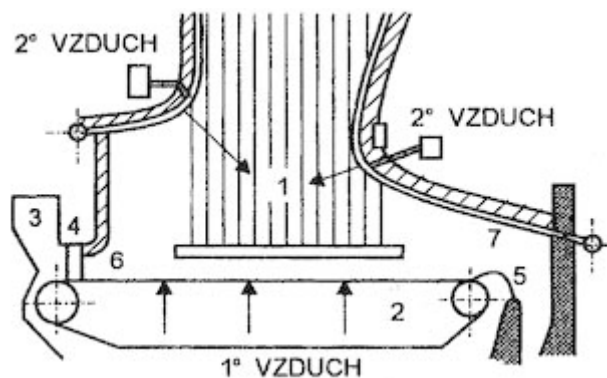
Rovnice 3 Spalování síry na oxid siřičitý



Roštové kotle

Kotel s roštem má své využití jak při spalování běžných fosilních paliv, tak při spalování biomasy. Je vhodný pro téměř všechny druhy paliv, výjimku tvoří snad jen jemná biomasa.

Roštový kotel je navrhnut tak, aby byl zajištěn dostatečný přívod vzduchu do všech míst roštu a tím docházelo ke kvalitnějšímu spalování. Zbytky po prohoření paliva (popel) jsou většinou odváděny pásem z roštu, kde je následně zajištěn jeho odvod z ohniště. Další nespornou výhodou je možnost regulace výkonu zařízení, kde výkon ovlivňuje hlavně plocha roštu.



Obrázek 6 Roštový kotel Zdroj: vytapeni.tzb-info.cz/zdroje-tepla/8438-kotle-2-cast

Roštové kotle se dále dělí na kotle s pevným roštem a pohyblivým roštem.

Základní částí roštového ohniště jsou popsány na obrázku.

Ohniště (1) je ohraničeno roštem (2), přední a zadní klenbou (6) a (7) a stěnami ohniště. Palivo se na rošt dostává ze zásobníku (3) přes hradítko výšky paliva (4). Pevný zbytek – škvára (popel) odchází přes škvárový jízek (5) do škvárové výsyvky. [8] [9] [11]

Fluidní kotle

Kotle pracující na principu spalování paliva ve fluidní vrstvě byly vyvinuty pro spalování paliva širokého rozsahu. Fluidizace je obecně děj, v němž je soubor pevných látek udržován ve vznosu proudem tekutiny. Fluidní vrstva tvoří disperzní systém, který

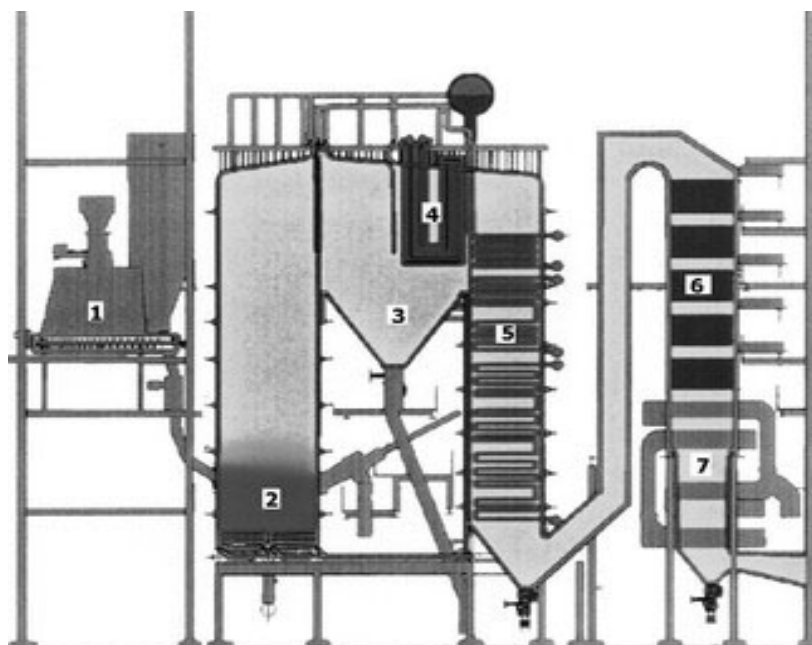
se vytváří průtokem plynu vrstvou částic nasypných pod pórovité dno – tzv. fluidní rošt. Náplň fluidní vrstvy tvoří palivo, odsiřovací aditivum (většinou vápenec) a aditivum pro stabilitu fluidní vrstvy (inertní materiál – např. písek). Práh fluidizace nastává, když rychlost proudícího vzduchu w_m je rovna či vyšší než prahová rychlost fluidizace w_p . Zvětšováním rychlosti w_m se zároveň zvětšuje i výška fluidní vrstvy až do stavu, kdy začne docházet k cirkulaci částic. K regulaci výkonu dochází změnami výšky fluidní vrstvy. Druhá možnost regulace vyžaduje externí výměník, kdy regulace výkonu kotle provádíme úpravou množství materiálu ve výměníku.

Fluidní kotel dovoluje spalování drceného paliva, které u biomasy může být do velikosti 15mm.

Fluidní kotle se běžně konstruují pro větší výkony, od jednotek po stovky MWt.

Tento typ kotlů můžeme dále dělit podle pracovního tlaku na atmosférické a přetlakové, podle druhu fluidní vrstvy na kotle se stacionární fluidní vrstvou a cirkulující fluidní vrstvou.

Schéma kotle: Palivo je přiváděno ze zásobníku paliva (1) do spalovací komory (2), kam je přiváděn i spalovací vzduch. Primární vzduch je veden skrze fluidní rošt a vytváří z paliva a aditiva fluidní vrstvu. Spaliny znečištěné popílkem pak odchází dohořivací komorou (kam bývá přiveden



sekundární vzduch) do mezitahu (3), kde je

Obrázek 7 Fluidní kotel Zdroj: <http://vytapani.tzb-info.cz/zdroje-tepla/8438-kotle-2-cast>

odloučena velká část tuhého úletu. Dále spaliny prochází výhřevnými plochami parní části kotle (přehřívákem (5), ekonomizérem (6)) a ohřívákem vzduchu (7). Popílek je odveden na úložiště, u některých systémů je zaváděn zpět do fluidní vrstvy (2). [9] [11] [12]

3.1.2 Zplyňování

Dalším významným suchým procesem je zplyňování. Je to proces, který přeměňuje organické materiály na hořlavé plyny. Průmyslově se využívá od poloviny 19. století. Nejdůležitějším produktem zplyňování byl svítiplyn, který se od konce 19. do zhruba poloviny 20. století široce využíval k osvětlování a vytápění.

Ke zplyňování biomasy jsou v současné době používány dva základní způsoby:

zplyňování v generátorech s pevným ložem

zplyňování ve fluidních generátorech

První z obou metod je jednodušší, méně investičně náročná, ale používáme ji pouze pro malé výkony. Zplyňování probíhá při nižších teplotách (kolem 500 °C) a za atmosférického tlaku ve vrstvě biomasy. Vzduch jako okysličovací médium proudí buď v souproudu (směr dolů) nebo v protiproudu (směrem nahoru) vzhledem k postupnému pohybu zplyňovaného biopaliva. Popelové zbytky se odvádějí ze spodní části reaktoru. Nevýhodou tohoto systému je značná tvorba dehtových látek, fenolů a pod., jejichž odstraňování je problematické.

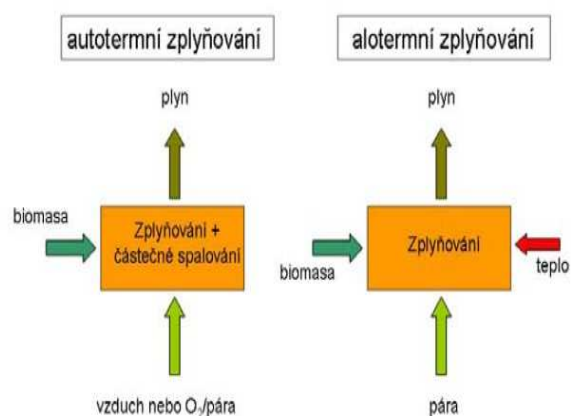
U druhé metody probíhá zplyňovací proces při teplotách 850 až 950 °C. Souběžně zde probíhá vývoj ve dvou základních směrech:

zplyňování při atmosférickém tlaku

zplyňování v tlakových generátorech při tlaku 1,5 až 2,5 MPa.

Výhřevnost vyrobeného plynu se pohybuje v rozmezí 4 až 6 MJ / m³, přičemž tento plyn je bez větších úprav použitelný pro spalování v klasických kotlových hořácích, a po dodatečném vyčištění i ve spalovacích komorách spalovacích turbín a upravených spalovacích motorů.

Samotný proces spalování dělíme ještě podle způsobu pokrytí energie pro sušení paliva.



Obrázek 8 Druhy zplyňování Zdroj: biom.cz

První z nich je **autotermní** zplyňování a funguje tak, že potřebná energie je vyrobena shořením části biomasy určené ke zplynění (20-25% hmotnosti). Pro hoření je nutný přívod vzduchu, který však svým obsahem dusíku snižuje celkovou výhřevnost plynu. Tento fakt můžeme ovlivnit přísunem čistého kyslíku a zvýšit tím výhřevnost, za cenu

vyšších výrobních nákladů. Druhou možností dodání energie je **alotermní** (nepřímé zplyňování), kdy je teplo dodáváno z okolí, což má za následek vyšší investiční náklady, avšak výsledný produkt má větší výhřevnost. Uvádím zde tabulku s přehledem složení výstupního plynu a jeho výhřevnost pro různé druhy zplyňování. [9] [12] [13]

Tabulka 4 Složení plynu dle použití různých technologií Zdroj: biom.cz/cz/odborne-clanky/zplynovani-biomasy-moznosti-uplatneni

	Zplyňování vzduchem (autotermní)	Zplyňování parokyslíkovou směsí (autotermní)	Zplyňování párou (alotermní)
Výhřevnost [MJ/m ³]	4-6	12-15	12-14
H ₂ [%]	11-16	25-30	35-40
CO [%]	13-18	30-35	25-30
CO ₂ [%]	12-16	23-28	20-20
CH ₄ [%]	3-6	8-10	9-11
N ₂ [%]	45-60	<1	<1

3.1.3 Pyrolýza

Pyrolýza je fyzikálně – chemický děj, řadící se do skupiny termických procesů. Jde o jeden z nejnovějších procesů ve skupině technologií, které mění biomasu bez přístupu kyslíku na produkty vyšší energetické úrovně, jako jsou plyny, kapaliny a pevné látky. Teploty při pyrolýze se pohybují od 200°C do 900°C. Výsledný produkt ovlivňuje kvalita a druh vstupního materiálu, jeho vlhkost, teplota a reakční doba pyrolýzy. Primárním energetickým produktem je bio olej, který je využíván dále v mnoha průmyslových odvětvích.

Pyrolýzu můžeme dělit podle teploty a rychlosti procesu, rozeznáváme tyto druhy:

rychlá pyrolýza

pomalá pyrolýza

Rychlá pyrolýza – zkapalňování

Teplota v reaktoru se pohybuje 500 a více°C a doba po kterou je biomasa v reaktoru je kolem 1 sekundy, tím jsme schopni vyprodukovat větší procento plynných a kapalných složek. Tímto způsobem získáváme 50 – 70% váhového množství bio-oleje.

Pomalá pyrolýza - karbonizace

Nejčastějším využitím pomalé pyrolýzy je pro výrobu dřevěného uhlí. Proces probíhá při teplotách okolo 400°C. Tímto procesem získáváme přibližně 35%

dřevěného uhlí. Kondenzací vzniklého plynu získáme dřevný dehet, kyselinu octovou a metanol.

V současné době rozeznáváme dvě základní varianty pomalé pyrolýzy podle způsobu přívodu tepla. Jedna z možností je autotermní, při které je teplo získáváno spalováním dřevěného uhlí přímo v milířích, druhou možností je alotermní způsob, kdy je teplo přiváděno přes stěny pláště.

3.2 Mokrý (biochemické) procesy

3.2.1 Anaerobní fermentace

Anaerobní fermentace, nebo-li také methanová fermentace, je bio-chemický proces, při kterém je soubor organických materiálů na vstupu rozložen pomocí mikroorganismů bez přístupu vzduchu.

Vlastní proces rozkladu se skládá ze 4 základních kroků. Hydrolýzy, acidogeneze, acetogeneze a methanogeneze. Výsledným produktem fermentace jsou plyny (CH_4 , CO_2 , H_2 , H_2S), vyhnitý substrát a dále nerozložitelný materiál. Energetický přínos z plynů pro nás představuje metan a vodík a dále fermentační zbytek, který lze využívat jako hodnotné hnojivo.

[9] [14]

3.2.2 Aerobní fermentace

Aerobní technologie využívá procesy rozkladu organických látek za přístupu vzduchu. Hlavní metodou tohoto druhu fermentace je kompostování, kde se biologicky rozložitelný odpad za kontrolovaných podmínek a činností mikroorganismů mění na kompost. Ten se využívá jako velmi kvalitní hnojivo pro různé plodiny, jejichž zbytky můžeme opět přeměňovat na kompost.

Celý proces kompostování lze rozdělit do 3 fází. [9] [14]

Termofilní fáze

V této fázi dochází k zahřátí kompostu na teplotu 50 až 70°C, pH zde klesá pod



Obrázek 9 Kompostování

Zdroj: biom.cz

vlivem tvorby organických kyselin. Začátek rozkladu snadno rozložitelných látek (cukry, škroby, bílkoviny), dále pokračuje rozklad hůře rozložitelných látek (celulóza, dřevovina). Je nutné zajistit dostatečnou aeraci (provzdušnění) například přehazováním, překopáváním. [9] [14]

Fáze přeměny (mezofilní)

Teplota klesá na 40 až 45°C. Při pohledu již nelze rozeznat původní složky kompostu. Činností žízála a dalších drobných živočichů se kompost homogenizuje.

Fáze dozrávání

Teplota se přibližuje okolí, pH opět stoupá a kompost získává konečný vzhled.

3.2.3 Alkoholová fermentace

Alkoholová fermentace je biochemický proces, při kterém jsou rostlinné polysacharidy přeměňovány na alkohol za přítomnosti kvasinek. Kvasinky obsahují enzymy, kterými přeměňují rostlinné sacharidy na ethanol a oxid uhličitý za vzniku tepla a energie. Tato fermentace probíhá bez přístupu vzduchu. Energeticky využitelný je právě ethanol, který se požívá jako palivo, nebo jako náhražka za kapalné fosilní suroviny. Pro alkoholovou fermentaci se hojně požívá cukrové třtiny, brambor a obilovin. [9] [14]

3.. *Další způsoby zpracování biomasy*

3.1.1 Sušení a lisování

V této technologii se využívá hlavně zbytků dendromasy a fytomasy, které jsou posléze lisovány do malých pelet nebo větších briket.

Pelety

Pelety jsou vysoce stlačené výlisky válcovitého tvaru, nejčastěji vyráběny v průměru 6 mm a různorodé délce 5 – 40 mm. Pelety jsou vyráběny z dřevních zbytků, obvykle z pilin a hoblin. Kromě těchto dřevních pelet se také na trhu objevují pelety rostlinné, kůrové, rašelinové a pelety z dalších materiálů z biomasy a jejich vzájemných směsí – tzv. směsné pelety.

Dřevní pelety mohou dosahovat různé barvy v závislosti na použitém druhu dřeva, na kvalitě suroviny ovlivněné vlhkostí nebo příměsí kůry apod. a použitým technologickým procesem výroby. Dřevní pelety mají stabilní a nízkou vlhkost (obsah vody obvykle kolem 8 %) a nízký obsah popele (kolem 1 %).

Pelety jsou vyráběny z dřevních nebo zemědělských zbytků silným stlačením, které se nazývá peletování. Peletováním vzniká nový druh biopaliva s vysokou energetickou hustotou, tepelnou výhřevností a výbornými vlastnostmi z hlediska dopravy a manipulace, které umožňují ekonomické skladování, předzásobení a automatický přívod paliva k topeništi.

Na rozdíl od topenišť spalujících dřevo se při hoření pelet nevytváří kouř. Při dokonalém spalování vzniká bezbarvý CO_2 (oxid uhličitý) a H_2O (vodní pára) a jen nepatrné množství škodlivin. Při hoření dále vzniká jen nepatrné množství popele odpovídající přibližně 0,5 % spáleného paliva, což představuje cca 5 kg popele na 1 tunu pelet. Tento popel lze dále využít jako zahradní hnojivo. [15]

Základní technické parametry pelet

výhřevnost : 16 až 18 MJ/kg

váha / objem : kolem 850 kg/m³

vlhkost : max. do 10 %



Obrázek 10 Pelety
kombinovanekotle

Zdroj: kacirek.cz/

Brikety

Brikety jsou vyráběny lisováním např. ze suchého dřevního prachu, drtě, pilin, kůry, jemných hoblin nebo rostlinných zbytků do tvaru válečků, hranolů nebo šestistěnů, o průměru 40 až 100 mm a délky do 300 mm. Podle zvoleného typu materiálu se na trhu můžeme setkat s briketami ze dřeva, kůry, slámy, energetických plodin nebo a briketami vyrobených ze směsí těchto materiálů – tzv. směsnými briketami.

Brikety je možné spalovat v jakýchkoliv kotlích na dřevo, dají se použít v krbech, kachlových kamnech i kotlích ústředního



Obrázek 11 Brikety
Zdroj: kotle-
verner.cz/topeni/palivo/revni-brikety

vytápění. Jsou ekologickou náhradou za uhlí a alternativou pro obce potýkající se s kouřem ze spalování uhlí v domácích topeništích. Nejvyšší účinnosti při spalování briket z biomasy se dosahuje v kotlích na dřevoplyn. Vzhledem k povaze paliva jsou brikety z biomasy zcela čistý a obnovitelný zdroj energie. [16]

Základní technické parametry briket

výhřevnost : 12 až 18 MJ/kg

váha / objem : do 1200 kg/m³

vlhkost : max. do 10 %

4. ÚČINNOST A EFEKTIVNOST SOUČASNÉHO STAVU VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY V ČR

4.1 Využití biomasy v současném stavu

Se současným rozvojem využívání biomasy v energetice lze ve velmi krátké době očekávat vyčerpání současných zdrojů, zejména dřevního odpadu a dřevní štěpky. V důsledku očekávaného převýšení poptávky nad nabídkou bude potřeba renovovat současný stav využívání biomasy k efektivnějším výsledkům.

V této kapitole prezentuji výsledky energetických a ekonomických hodnocení osmi vybraných typových procesů využívání biomasy pro výrobu tepelné a elektrické energie. Výsledky jsou analyzovány a vzájemně porovnány zejména kvůli příčinám, které ovlivňují dostupnost a efektivnost v jednotlivých kritériích.

V závěru kapitoly je provedeno celkové shrnutí a vyhodnocení výsledků, z čehož vychází základní náměty pro další způsob podpory využívání OZE cílených na efektivitu jejich využívání. Hlavním cílem je nalezení cesty, která zajistí, aby omezený domácí potenciál OZE, zejména biomasy, byl v energetice využíván nejen v širokém rozsahu, ale i co nejúčelněji. [17] [18]

Technické aspekty zdrojů využívajících biomasu

Tepelnou a elektrickou energii z biomasy získáváme pomocí těchto základních procesů.

- přímého spalování

- zplynování a pyrolýzy

- metanové fermentace

Nejrozšířenějším procesem je přímé spalování. Při přímém spalování lze jako palivo použít dendromasu i suchou fytomasu. Kotle lze konstruovat jako teplovodní horkovodní a parní, přičemž čím vyšší parametry páry, tím vyšší nároky na kvalitu paliva (biomasy), ale zároveň i lepší možnosti uplatnění kombinované výroby elektřiny a tepla (KVET). Jako zdroje KVET lze aplikovat různé druhy turbín a organické Rankinovy cykly (ORC).

Zplynování klade vyšší nároky na kvalitu biomasy (zejména na suchost), zplyňovací reaktory jsou často složitější konstrukce, nezbytné je následné čištění vyráběných plynů. Dřevní plyn je možno přímo spalovat v kotlích pro výrobu tepla nebo lépe ve strojích pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla.

Velmi dynamicky se rozvíjí aplikace tzv. bioplynových stanic (BPS) založených na procesu metanového kvašení (fermentace). Jako vložený materiál je možno využít vlhké nebo mokré biomasy, tj. produktů rostlinné výroby, zbytků z potravinářské výroby nebo odpadů z živočišné výroby. Vyroběný bioplyn je opět možno využít k přímému spalování v kotlích pro výrobu tepla nebo lépe pro spalování ve strojích s kombinovanou výrobou elektřiny a tepla. [17]

Celkově lze technické podmínky pro využití biomasy shrnout do následujících bodů :

- **Spalovací procesy** – vhodné pro dendromasu a suchou fytomasu, technicky zvládnuto je samostatné spalování i spoluspalování, možno využít pro samostatnou výrobu tepla i kombinovanou výrobu elektřiny a tepla.
- **Zplyňovací a pyrolýzní procesy** – náročné na kvalitu vsázky a čištění plynů, využitelné pro monovýrobu elektřiny, nebo pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla
- **Procesy metanového kvašení** – vhodné pro mokrou fytomasu a odpady organického původu, využitelné pro monovýrobu elektřiny nebo pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. [17]

K vyhodnocení a následnému porovnání bylo sestaveno osm typových řešení:

- Spoluspalování dřevní hmoty ve velké elektrárně bez dodávek tepla (200 MWe)
- Spoluspalování biomasy ve velké teplárně s protitlakovou parní turbínou (20 MWe)
- Samostatné spalování biomasy ve velké teplárně s parní odběrovou turb (10 MWe)
- Samostatné spalování biomasy ve středním zdroji s ORC (600 kWe)
- Menší zplyňovací jednotka na dřevo s plynovým motorem a výměníkem tepla (100 kWe)
- Bioplynová stanice s plynovým motorem bez dodávek užitečného tepla (500 kWe)
- Bioplynová stanice s plynovým motorem s dodávkou užitečného tepla (800 kWe)
- Samostatné spalování biomasy ve střední výtopně bez výroby elektřiny (1 MWt)

[17]

4.2 Hodnocení z hlediska úspor primární energie (UPE)

Nejužším kritériem hodnocení je hodnocení z hlediska dosahovaných úspor primární energie, které se soustředí pouze na samotný proces kombinované výroby elektřiny a tepla. Toto hodnocení dokáže poměrně dobře postihnout efekty vyplývající z účinností jednotlivých zařízení a poměrů vyráběného užitečného tepla a elektrické energie.

Tabulka 5 Hodnocení dle úspory primární energie

Výpočtový případ	UPE
Spoluspalování dřevní hmoty ve velké elektrárně	3,70%
Spoluspalování biomasy ve velké teplárně s PPT	42,50%
Samost. spalování biomasy ve velké teplárně s POT	24,80%
Samost. spalování biomasy ve střed. zdroji s ORC	28,60%
Menší zplyňovací jednotka na dřevní hmotu s PM	31,30%
Bioplynová stanice s PM bez dodávek tepla	-37,70%
Bioplynová stanice s PM a s dodávkou užit. tepla	27,80%
Samostatné spalování biomasy ve střední výtopně	0,00%

Poznámka : Čím vyšší hodnota UPE, tím lepší technologie

Podle výsledků z tabulky lze dělit metody do těchto úrovní:

- Vysoce efektivní v UPE** - Velké teplárny s protitlakovou parní turbínou
- Efektivní v UPE**
- Velké teplárny s odběrovou parní turbínou
 - Střední teplárny s Organickými Rankinovými cykly
 - Zplyňovací jednotky s kogenerací a dodávkou tepla
 - Bioplynové stanice s kogenerací a dodávkou tepla
- Neutrální v UPE**
- Velké elektrárny bez dodávek tepla
 - Střední výtopny bez výroby elektřiny
- Negativní v UPE**
- Bioplynové stanice s plynovým motorem bez dodávek tepla

Z výsledků v tabulce můžeme říci, že nejefektivnější metodou v tomto směru je spoluspalování biomasy ve velkých teplárnách, naopak nejméně efektivní jsou bioplynové stanice bez kogenerační jednotky. [17]

4.3 Hodnocení z hlediska faktorů primární energie (FPE)

Dosud se pro posouzení relativní spotřeby energie jednotlivých technologií používalo kritérium energetické účinnosti. Jak se ukazuje, toto kritérium je v některých případech méně vhodné, protože nevyjadřuje explicitně požadavky na celkovou spotřebu primární energie vyšetřovaného procesu. Řetězec pomocných procesů před vlastním vyšetřovaným procesem se může v jednotlivých případech podstatně lišit a celková spotřeba energie může být různá.

Definujeme dvě základní kritéria:

- **Faktor primární energie FPE (primary energy factor)**, což je celková spotřeba primární energie **QP** na vstupu do vyšetřovaného systému dělená dodanou (tj. využitou, výstupní z vyšetřovaného systému) energií **QC**.
- **Faktor neobnovitelné primární energie FPE (primary resource energy factor)** je definován analogicky, jen za **QP** se dosazuje pouze neobnovitelná energie.

Tabulka 6 Hodnocení dle faktorů primární energie

Výpočtový případ	FPE neobnovit.	FPE obnovit.	Bonus za teplo	FPE CELKEM
Spoluspal. dřevní hmoty ve velké elektr	0,04	3,08	0	3,12
Spoluspal. biomasy ve velké tepl. s PPT	0,35	4,08	-2,22	2,21
Samost. spal. biomasy v teplárně s POT	0,32	3,91	-0,82	3,41
Samost. spal. biomasy ve zdroji s ORC	0,58	7,22	-4,75	3,05
Menší zplyňov. jednotka na dřevo s PM	0,21	3,99	-1,5	2,7
BPS s PM bez dodávek užitečného tepla	0,15	6,45	0	6,6
BPS s PM a s dodávkou užitečného tepla	0,69	4,69	-1,39	3,99
Samost. spal. biomasy ve střední výtopně	0,12	1,25	0	1,37

Poznámka: Čím nižší hodnota FPE celkem, tím lepší proces.

Podle výsledků v tabulce můžeme sledované procesy dělit do těchto skupin:

S velmi nízkým FPE - Velké teplárny s protitlakovou parní turbínou

- Střední výtopny bez výroby elektřiny

Se středním FPE - Velké elektrárny bez dodávek tepla

- Střední teplárny s Organickými Rankinovými cykly
- Zplyňovací jednotky s dodávkou tepla

S vysokým FPE - Velké teplárny s odběrovou parní turbínou

- Bioplynové stanice s dodávkou tepla

S velmi vysokým FPE - Bioplynové stanice bez dodávek tepla [17]

4.4 Hodnocení z hlediska ekonomické efektivity (EEF)

Ekonomické hodnocení je velice významným kritériem. Definující případný rozsah a výši státních podpor. Pro hodnocení ekonomické efektivity byla použita hodnota „Ekonomická doba návratnosti investic. (Tsd)“ a „Vnitřní výnosové procento (IRR)“.

Tabulka 7 Hodnocení dle ekonomické efektivity

Výpočtový případ	IRR [%]	Tsd [let]
Spoluspalování dřevní hmoty ve vel. elektrárně	<0	>20
Spoluspalování biomasy ve vel. teplárně s PPT	43,88	3
Samost. spal. biomasy ve vel. teplárně s POT	<0	>20
Samost. spal. biomasy ve střed. zdroji s ORC	<0	>20
Menší zplyň. jednotka na dřevní hmotu s PM	<0	>20
Bioplynová stanice s PM bez dodávek tepla	<0	>20
Bioplynová stanice s PM a s dodáv. užít. tepla	<0	>20
Samostatné spal. biomasy ve střední výtopně	14,72	9

Poznámka : Čím vyšší IRR a čím nižší Tsd, tím lepší projekt

Z tabulky můžeme vyvodit, že ekonomicky nejlepší je spoluspalování biomasy ve velkých teplárnách a samostatné spalování biomasy ve výtopnách. Je to proto, že zde hrají velkou roli velmi malé vstupní náklady a poměrně velká účinnost, což má za následek kratší dobu návratu vstupních investic.

4.5 Vyhodnocení celkových efektů zdrojů využívajících biomasu

Celkově vyhodnotit výsledky dosažené v rámci všech tří dílčích hodnocení lze pomocí nejjednoduššího kritéria prostého součtu získaných bodů, například symbol x (3 „x“ pro nejlepší a 0 „x“ pro nejhorší hodnocení)

Tabulka 8 Celkové hodnocení technologií

Hodnocený případ	Hodnotící kritérium			Výsledky hodnocení	
	UPE	FPE	EEF	Σ prostá	Pořadí
Spoluspal. dřeva ve vel. elektrárně	x	xx	x	4	4 až 6
Spoluspal. biomasy v teplárně s PPT	xxx	xxx	xxx	9	1
Samost. spal. biomasy v tepl. s POT	xx	x	--	3	7
Samost. spal. biomasy ve zdr. s ORC	xx	xx	x	5	3
Menší zplyň. jednotka na dřevo s PM	xx	xx	--	4	4 až 6
BPS s PM bez dodávek užiteč. tepla	--	--	--	0	8
BPS s PM a s dodávkou užiteč. tepla	xx	x	x	4	4 až 6
Samost. spal. biomasy ve střed. výt.	x	xxx	xx	6	2

Celkově lze tedy zvažované případy vyhodnotit následujícím způsobem (dle pořadí):

- 1. Spoluspalování biomasy ve velkých teplárnách s protitlakovými parními turbínami:** dle zjištěných výsledků se zdá být vysoce efektivní, zahrnuje nevelkou vstupní investici a díky použité PPT velkou účinností.
- 2. Samostatné spalování biomasy ve středních výtopnách bez výroby elektřiny:** účelné využívání biomasy, pokud je navíc zdroj biomasy v blízkosti výtopny odpadá další finanční aspekt v podobě dopravy biomasy.
- 3. Samostatné spalování biomasy ve středních zdrojích s ORC:** vysoce účelné využití biomasy, poměrně vysoká účinnost této technologie, jediným negativním aspektem je investiční náročnost technologie ORC.
- 4. Spoluspalování dřevní hmoty ve velkých elektrárnách bez dodávek tepla:** mezi pozitiva jistě patří nízká investiční náročnost a relativně dobrá účinnost, za negativa bych považoval značný podíl odpadního tepla při čistě kondenzační výrobě elektřiny.
- 5. Bioplynové stanice s plynovými motory s dodávkami užitečného tepla:** za pozitiva považují možnost energetického využití mokrého nebo vlhkého bioodpadu, negativem je hlavně vysoká investiční náročnost s relativně malá výroba užitečných forem energie (vzhledem k rozsahu staveb).
- 6. Menší zplyňovací jednotky na dřevní hmotu s plynovými motory a výměníky tepla:** celkově velké finanční požadavky, potřeba požívat kvalitní biomasu.
- 7. Samostatné spalování biomasy ve velkých teplárnách s parními odběrovými turbínami:** celková účinnost je velice malá, velké ztráty v podobě odpadního tepla, tudíž celkový provoz je bez energetických přínosů, obecně kondenzační způsob výroby elektřiny není zdaleka tak efektivní jako např. kogenerační jednotky. Vysoké investiční náročnost.
- 8. Bioplynová stanice s plynovým motorem bez dodávek užitečného tepla:** bez energetických přínosů, vysoká investiční náročnost a celkově nízká energetická účinnost. [17]

5. NÁVRH EFEKTIVNÍHO ZPŮSOBU VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY

V této kapitole navrhuji, co možná nejlepší způsoby ve využívání biomasy v České republice a to jak ze strany výběru biomasy tak i z hlediska použité technologie.

Cílem kapitoly je najít co možná nejlepší východisko v této problematice a to jak z pohledu energetiky tak zároveň i ekonomiky.

5.. *Návrh efektivnějšího řešení z hlediska použité biomasy*

Jak již bylo na začátku práce uvedeno, biomasa obecně se dělí na zbytkovou (reziduální), mezi kterou zařazujeme hlavně zbytky z různých průmyslových a potravinářských výroben. Zde máme na mysli například dřevní odpady jako jsou hobliny, dřevní štěpka a odpady z plodin, které byly využity k potravinářským účelům. Jako druhou formu biomasy považujeme cíleně pěstované plodiny. Tím zde máme na mysli tzv. RRD (rychle rostoucí dřeviny) a energetické byliny jako je například šťovík.

Dle mého návrhu efektivního řešení chci apelovat hlavně na více-procentní využívání zbytkové biomasy. Vycházím z toho, že tento odpad je přirozenou součástí průmyslových cyklů a pokud je zde možnost ho využívat v přeměnu ve vyšší energetickou formu, je to vždy dobré řešení. Jako příklad zde uvedu obilnou slámu, která byla a stále je v nemalé míře zpět zaorávána jako hnojivo do zemědělské půdy. Problém je však ten, že samotná obilná sláma obsahuje pouze mizivé procento užitečných látek pro půdu a při výhřevnosti okolo 15[MJ/kg], která je skoro srovnatelná s výhřevností hnědého uhlí, je dle mého názoru efektivnější tuto zbytkovou biomasu přímo spalovat, či jinak upravovat pro cílový zisk tepelné nebo elektrické energie.

Druhou a dle mého názoru více problematickou částí jsou záměrně pěstované plodiny. Je sice pravdou, že zde můžeme mluvit o „obnovitelném zdroji energie“, ale ne vždy je tento ekologický ideál dotáhnout až do pomyslného konce. Důvod proč takto uvažuji, nastíním v další části.

Ať už používáme RRD nebo energetické byliny, tak jejich výhřevnost je možno srovnat s některými druhy hnědého uhlí, což se zdá být jako výborný kompromis mezi fosilní a obnovitelnou složkou. Nyní se vracím zpět k samotnému jádru problému. Biomasa je a

může být efektivním zdrojem energie a v jisté míře náhradou za fosilní paliva, pokud bude využívána v místě jejího výskytu. Tím mám na mysli zbytečné transporty do vzdálených elektráren a výtopen. Při stávajících cenách pohonných hmot (k roku 2012 36Kč nafta–38Kč benzin), jsou tyto transporty nejen neekologické, ale i neekonomické. Dále bych navrhoval zefektivnění samotné výsadby cíleně pěstovaných rostlin. Každá bylina a dřevina má jiné požadavky na své okolí, druh půdy, četnost srážek a dalších aspektů, proto správná výsadba rostlin na určitém místě může zvýšit roční výnosy o 5 až 20%, což při velkých plochách znamená rozdíl až několik tun za rok.

Z výše zmíněných argumentů zde navrhuji body pro efektivnější využití biomasy z hlediska výběru biomasy:

- Co možná nejvíce využívat odpadní biomasu (dendromasa, fytomasa, ostatní organicky rozložitelné materiály)
- Cíleně pěstované dřeviny pěstovat na místech, která jsou nevhodné pro pěstování plodin pro potravinářský průmysl
- Biomasu v jakékoliv formě využívat co možná nejvíce v místě, kde byla vyprodukována
- Minimalizovat zbytečné výdaje co se týče dopravy biomasy
- Maximalizovat výnos biomasy lepším výběrem energetických plodin vůči geografickým podmínkám

5.2 *Návrh efektivnějšího řešení z hlediska použité technologie*

Výběr správného či nejefektivnějšího řešení v tomto ohledu je o mnoho náročnější než u předešlé kapitoly. Jak je uvedeno v dřívějších částech práce, existuje mnoho technologií jak získávat z biomasy elektrickou či tepelnou energii. V zásadě je rozdělujeme na suché a mokré procesy. Za suché procesy považujeme spalování při kterém vzniká teplo, které je buď rozváděno teplovody z výtopen a nebo je ním poháněna kupříkladu turbína, která posléze dodává elektrickou energii do sítě. Mezi další suché procesy lze zařadit zplyňování a pyrolýzu. Mezi mokré procesy řadíme různé druhy fermentace (kvašení) a to jak za přístupu vzduchu, bez něj, nebo pomocí alkoholového činidla. Tyto metody často využíváme pro výrobu tepla, bioplynu, etanolu a využitelný je i zbytek po fermentaci (digestát).

V předešlé kapitole jsme došli k závěru, že nejefektivnějším způsobem jak zpracovávat biomasu je spoluspalovat ji ve velkých teplárnách. Dle mého názoru tu zde klady i zápory této metody.

Jako pozitivum vyzdvihuji určitou náhradu fosilních paliv a nepotřebu nákladně přizpůsobovat samotný kotel, ale nastává zde opět ten samý problém jako v předchozím případě. Transporty tisíce tun biomasy do velkých tepláren. Je to jednak neekonomické a při představě, že nákladní automobil jedoucí „s prázdnou“ zpět do místa nákladu je značně neefektivní. Proto se opět přikláním k využívání biomasy pro lokální účely. Samotné spalování biomasy ve výtopně se ukázalo také jako dosti efektivní a pokud by byla tímto teplem vytápěna kupříkladu přilehlá vesnice, mohlo by to vést i ke snížení cen za teplo. Vzhledem k účinnostem kondenzačních elektráren (30-35%) mohu pro efektivní řešení u jakékoliv elektrárny doporučit kogenerační a ORC jednotky, které jsou sice z jisté míry velkou investicí, ale dle mého názoru jsou poměrně jistě návratné.

Dalším důležitým faktorem jsou zde dotace na různé projekty v tomto odvětví. Nesmíme zapomínat na to, že státní dotace nejsou zázračně objevené peníze, nýbrž peníze nás všech, proto by tyto peníze měly být rozdělovány a využívány z rozmyslem a s ohledem na plánování jednotlivých projektů.

Z výše uvedených argumentů vyvozují tyto zásady pro efektivnější využití biomasy dle výběru použité technologie:

- Neplýtvat finančními zdroji a fosilními palivy pro transporty biomasy do velkých tepláren
- Používat technologii vhodnou pro daný druh biomasy v okolí
- Pro zvýšení efektivnosti zavádět kogenerační jednotky
- Minimalizovat spalování v čistě kondenzačních elektrárnách
- Minimalizovat ztráty při dlouhých rozvodech tepla či elektřiny
- S rozumem čerpat státní a evropské dotace

5.3 Výsledný návrh zvýšení efektivity ve využívání biomasy

Můj výsledný návrh k efektivnějšímu využívání biomasy spočívá v pragmatickém pohledu na věc. Stávající spalovny, teplárny, výtopny a bioplynové stanice lze už jen těžko zásadním způsobem upravovat, a proto potencionální změny vidím spíše v jednodušší distribuci tepelné a elektrické energie, ve snadnější a ekonomicky méně náročné distribuci biomasy do provozoven. Ve větším využití

odpadové biomasy a v co možná největší míře využití jednak potencionálu dané technologie, tak i potencionálu biomasy, která je v dané lokaci dostupná. Jako zdárný příklad bych mohl uvést bioplynovou stanici v Žihli, která je zprovozněna od roku 2007 v prostorách bývalého zemědělského družstva. Bioplynová stanice zde má instalovaný elektrický výkon přibližně 1 MW a do přilehlé vesnice dodává i teplo o tepelném výkonu cca 0,5 MW.

Jako zdroj biomasy se zde využívá převážně plodin pěstujících v okolí Žihle, čili se zde eliminuje dlouhá a složitá doprava. Představme si situaci, kdy by biomasa byla odvážena to plzeňské teplárny. Řádově je Žihle vzdálena od Plzně 50 km, při průměrné spotřebě nákladního vozidla 35l nafty na 100km a při stávajících cenách nafty(36Kč za litr), vychází cena 1260Kč za jeden odvezený náklad (počítám se vzdáleností 100km, jelikož kamion ač prázdný musí dojet do Žihle).

Na tomto příkladu je jasně vidět efektivní využití potenciálu biomasy v Čechách.

Pokud se bude dodržovat tento smysl věci, věřím, že biomasa je schopna stát se plnohodnotnou součástí energetiky v České republice.

6. ZÁVĚR

Má bakalářská práce měla za úkol shrnout a popsat aktuální stav využívání biomasy v České republice se zaměřením hlavně na účinnost a efektivnost současných technologií. Tomuto hodnocení věnuji druhou polovinu práce, kde srovnávám současné technologie a navrhuji efektivnější řešení.

Po zpracování této práce jsem dospěl k takovému závěru, že jako ekonomicky nejefektivnější a environmentálně nejšetrnější způsob využívání biomasy je co možná nejvíce využívat biomasu v místě jejího zdroje pro lokální účely a to jak v místních výtopnách nebo bioplynových stanicích. Tím na jedné straně minimalizovat zbytečné finanční výdaje za dopravu a na straně druhé nezatěžovat přírodu zbytečně vzniklými emisemi. Pokud tyto zásady budou dodržovány je možné biomasu považovat za ekologicky a energeticky přijatelný zdroj elektrické a tepelné energie, který je schopen nahradit současná fosilní paliva.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Havlíčková, K. a kol. Analýza potenciálu biomasy v České republice. Průhonice: 2010 ISBN 9778-80-85116-72-4
- [2] Spalování biomasy - odborná rubrika o spalování biomasy na portálu biom.cz.
- [3] <http://www.rychlerostoucitol.cz>
- [4] *Klíč ke květeně české republiky* / K. Kubát et al. (Eds.). - Praha : Academia, 2002. - 229-231.
- [5] <http://www.e-massa.cz/pestovani-rrd>
- [6] <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nejnovejsi-zkusenosti-s-pestovanim-energetickeho-stoviku-uteusa>
- [7] <http://www.eis.cz/problematika.php?klic=3/4/>
- [8] http://www.mzp.cz/cz/vyuzivani_pevne_biomasy
- [9] Ochodek, T. Koloničný, J. Branc, M. technologie pro přípravu a využití biomasy. Technická univerzita Ostrava: Repronis 2007
- [10] <http://www.primaenergie.cz/alternativni-zdroje-energie/energie-z-biomasy/biomasa-princip.html>
- [11] <http://www.egf.cz/biomasa.html>
- [12] Závěška, R. technologie pro energetické využití biomasy. Fakula strojního inženýrství Brno: 2007
- [13] <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-2-technologie>
- [14] http://www.agroweb.cz/Netradicni-vyuziti-biomasy-v-praxi__s396x33873.html
- [15] <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pelety-z-biomasy-drevene-rostlinne-kurove-pelety>
- [16] <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-biomasy-drevene-rostlinne-smesne-brikety>
- [17] Ing. Karafiát, J. CSc. Vyhodnocení energetických a ekonomických efektů zdrojů na biomasu. Kouty nad Desnou: 2010
- [18] Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů, Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR: Červenec 2010