

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

**VYUŽITÍ BIOMASY V ENERGETICKÝCH
VÝROBNÁCH ČR**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PETR ČERVINKA

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Červinka Petr

Ročník: 3

ID: 89403

Akademický rok: 2008/09

NÁZEV TÉMATU:

Využití biomasy v energetických výrobnách ČR

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Rozdělení biomasy podle druhu a použití.
2. Současný stav využívání biomasy v ČR a EU - srovnání.
3. Technologie spalování biomasy s fosilními palivy.
4. Energetické a ekonomické hodnocení spalování biomasy.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího.

Termín zadání: 9.2.2009

Termín odevzdání: 1.6.2009

Vedoucí práce: Ing. Jan Macháček

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Čestmír Ondrušek, CSc.

předseda oborové rady



UPOZORNĚNÍ:

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

Bibliografická citace práce:

ČERVINKA, P. Využití biomasy v energetických výrobnách ČR. Bakalářská práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2009, 79 stran.

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

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Janu Macháčkovi za odbornou pomoc a vedení. Poděkování patří také mé rodině za její podporu během celého studia.

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

VYUŽITÍ BIOMASY V ENERGETICKÝCH VÝROBNÁCH ČR

UTILIZATION OF BIOMASS IN POWER PLANTS IN CZECH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PETR ČERVINKA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN MACHÁČEK

BRNO 2009

ABSTRAKT

Cílem tohoto projektu je seznámit se s rozdělením biomasy podle druhu a použití. Srovnáme využívání biomasy mezi ČR a EU. Seznámíme se s technologií spalování s fosilními palivy a její energetické a ekonomické hodnocení. Současný evropský trend směřuje ke stále většímu využívání obnovitelných zdrojů energie, kde významnou roli zaujímá biomasa.

KLÍČOVÁ SLOVA: Biomasa, využití, výroba elektrické energie, výroba tepelné energie, spalování, efektivnost investice, ekologie, emise

ABSTRACT

The main idea of this project is get to know a distribution of biomass .We will serve out biomass according to its types and using of it, we are going to compare biomass between the Czech republic and European Union. In this project we will inform you about a technology of burning with the fossil fuel. We will write about energetic and economic classification too. Actual European trend faces to more frequently using of a renewable resources energy, where the biomass is the most important part.

KEY WORDS: Biomass, utilization, electricity production, thermal energy production, combustion, investment efficiency, ecology, emissions

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	11
SEZNAM TABULEK	12
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	14
1 ÚVOD	17
2 BIOMASA	18
2.1 DEFINICE BIOMASY	18
2.2 ROZDĚLENÍ BIOMASY	18
2.3 ZDROJE BIOMASY	18
2.3.1 BIOMASA CÍLENĚ PĚSTOVANÁ	18
2.3.2 BIOMASA ODPADNÍ	20
2.4 CHEMICKÉ SLOŽENÍ BIOMASY	21
2.5 VÝHŘEVNOST BIOMASY	22
2.6 EMISE ZE SPALOVÁNÍ BIOMASY	23
2.7 PRINCIPY ZÍSKÁVÁNÍ ENERGIE Z BIOMASY	25
2.7.1 TERMOCHEMICKÉ PŘEMĚNY BIOMASY	25
2.7.2 CHEMICKÉ PŘEMĚNY V KAPALNÉM PROSTŘEDÍ	27
2.7.3 BIOCHEMICKÉ PŘEMĚNY BIOMASY	28
2.7.4 MECHANICKÉ PŘEMĚNY	29
2.8 ZAŘÍZENÍ PRO VÝROBU ENERGÍ Z BIOMASY	29
2.8.1 LOKÁLNÍ TOPENIŠTĚ	29
2.8.2 MALÉ KOTLE	30
2.8.3 STŘEDNÍ KOTLE	31
2.8.4 VELKÉ KOTLE	31
2.9 PŘEDNÍ VÝROBCI KOTLŮ NA TRHU	31
3 ENERGETICKÉ VYUŽITÍ BIOMASY V ČR	33
3.1 VÝROBA TEPELNÉ ENERGIE Z BIOMASY	33
3.1.1 VÝROBA TEPELNÉ ENERGIE Z BIOMASY MIMO DOMÁCNOSTI	34
3.1.2 VÝROBA TEPELNÉ ENERGIE Z BIOMASY V DOMÁCNOSTECH	35
3.2 VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE Z BIOMASY	36
3.2.1 VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE Z BIOMASY PODLE DRUHU PALIVA	37
3.2.2 VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE V KRAJÍCH	37
3.3 VÝROBA PELET A BRIKET	38
3.4 VÝVOZ BIOMASY	39
3.5 FUNGUJÍCÍ APLIKACE V ČR	40
3.5.1 VÝROBA TEPELNÉ ENERGIE	40
3.5.2 VÝROBA TEPELNÉ ENERGIE SPOLUSPALOVÁNÍM BIOMASY S UHLÍM	41
3.5.3 KVET SPOLUSPALOVÁNÍM BIOMASY S UHLÍM	42
4 ENERGETICKÉ VYUŽITÍ BIOMASY V EU A VE SVĚTĚ	43

4.1 VYUŽITÍ BIOMASY V EU	43
4.1.1 SEVERNÍ ZEMĚ	43
4.1.2 SOUSEDNÍ ZEMĚ	43
4.1.3 OSTATNÍ STÁTY EU	44
4.2 FUNGUJÍCÍ APLIKACE V ZEMÍCH EU	45
4.3 VYUŽITÍ BIOMASY VE SVĚTĚ	47
4.4 FUNGUJÍCÍ APLIKACE VE SVĚTĚ	49
5 POTENCIÁL VYUŽITÍ BIOMASY	51
5.1 AKČNÍ PLÁN	51
5.1.1 CÍLE AKČNÍHO PLÁNU PRO EU	51
5.1.2 CÍLE AKČNÍHO PLÁNU PRO ČR	51
5.1.3 ZELENÝ BONUS	53
6 SPOLUSPALOVÁNÍ BIOMASY S FOSILNÍMI PALIVY	55
6.1 PRINCIP SPOLUSPALOVÁNÍ	55
6.2 SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ	57
6.3 VÝHODY A NEVÝHODY SPOLUSPALOVÁNÍ	57
7 ENERGETICKÉ A EKONOMICKÉ HODNOCENÍ SPOLUSPALOVÁNÍ	58
7.1 REKONSTRUKCE KOTELNY	58
7.1.1 ÚČEL REKONSTRUKCE	58
7.1.2 STÁVAJÍCÍ STAV	58
7.1.3 NAVRŽENÝ STAV	59
7.1.4 INVESTIČNÍ NÁKLADY	60
7.1.5 PROVOZNÍ NÁKLADY	61
7.1.6 VSTUPNÍ PARAMETRY	62
7.2 VÝHODNOST INVESTICE NA REKONSTRUKCI	62
7.2.1 VÝPOČET PROVOZNÍCH NÁKLADŮ	63
7.2.2 VÝPOČET AKTUALIZOVANÉHO PENĚŽNÍHO PŘÍJMU	63
7.2.3 VÝNOSNOST REKONSTRUKCE	64
7.2.4 DOBA NÁVRATNOSTI	64
7.3 ENERGETICKÉ ZHODNOCENÍ	65
7.3.1 EMISNÍ LIMITY	65
7.3.2 EMISNÍ POVOLENKY CO ₂	66
8 LEGISLATIVA	68
8.1 ENERGETICKÉ VYUŽITÍ BIOMASY	68
8.2 EMISNÍ LIMITY	69
8.3 DODÁVKY ENERGIE	69
9 ZÁVĚR	71
POUŽITÁ LITERATURA	74
PŘÍLOHA A PROVOZNÍ ROČNÍ NÁKLADY NA 20 LET (TIS. KČ)	78
PŘÍLOHA B VÝPOČET AKTUALIZOVANÉHO PENĚŽNÍHO PŘÍJMU	79

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 3-1 Výroba tepelné energie z pevné biomasy od roku 2003</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 3-2 Výroba elektrické energie z neprosperujících OZE od roku 2003</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 3-3 Trh s biomasou v roce 2005</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 5-1 Podíl výroby elektřiny z OZE na celkové spotřebě v letech 2005-2030</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 6-1 Schéma teplárny spoluspalující biomasu</i>	<i>56</i>

SEZNAM TABULEK

Tab. 2-1 Rozdělení cíleně pěstované biomasy, energetické plodiny	18
Tab. 2-2 Energetický obsah a energetická produkce jednotlivých druhů rostlinné biomasy	19
Tab. 2-3 Rozdělení odpadní biomasy, druhy odpadů.....	20
Tab. 2-4 Charakteristika složení některých druhů biopaliv (%)	22
Tab. 2-5 Přehled výhřevností a měrných hmotností některých biopaliv	23
Tab. 2-5 Technologie k získávání energií z biomasy	25
Tab. 2-6 Přehled zařízení spalujících biomasu	29
Tab. 2-7 Přehled předních výrobců kotlů na spalování biomasy	32
Tab. 2-8 Přední výrobci fluidních kotlů	32
Tab. 3-1 Výroba tepelné energie z OZE.....	34
Tab. 3-2 Přehled biopaliv pro výrobu tepelné energie mimo domácnosti	35
Tab. 3-3 Odhad meziročního vývoje	35
Tab. 3-4 Celková hrubá výroba elektřiny z biomasy	37
Tab. 3-5 Výroba elektřiny z biomasy podle druhu paliva v roce 2007	37
Tab. 3-6 Výroba elektřiny z biomasy podle krajů (GWh)	38
Tab. 3-7 Výroba a užití briket a pelet	39
Tab. 3-8 Bilance zahraničního obchodu (v tunách)	40
Tab. 3-9 Přehled lokalit využívajících biomasu k výrobě tepelné energie	41
Tab. 3-10 Výroba z biomasy v elektrárnách Skupiny ČEZ v ČR	42
Tab. 4-1 Elektrárny spalující biomasu ve Švédsku	45
Tab. 4-2 Elektrárny spalující biomasu ve Finsku	46
Tab. 4-3 Elektrárny spalující biomasu v Německu	46
Tab. 4-4 Elektrárny spalující biomasu v ostatních zemích EU	47
Tab. 4-5 Elektrárny spalující biomasu v USA	49
Tab. 4-6 Elektrárny spalující biomasu ve světě	50
Tab. 5-1 Vybrané dotace na zdroje na biomasu	52
Tab. 5-2 Výše výkupních cen a zelených bonusů pro rok 2009 (Kč/MWh).....	53
Tab. 5-3 Kategorie pro výkupní ceny a zelené bonusy.....	54
Tab. 6-1 Základní parametry jednotlivých typů KVET	57
Tab. 7-1 Parametry kotle s roštovou technologií	58
Tab. 7-2 Parametry navržené turbíny	59
Tab. 7-3 Přehled investičních nákladů.....	60

Tab. 7-4 Provozní roční náklady	61
Tab. 7-5 Přehled vstupních parametrů	62
Tab. 7-6 Rozdělení spalovacích zdrojů do skupin podle tepelného příkonu	64
Tab. 7-6 Rozdělení spalovacích zdrojů do skupin podle tepelného příkonu	65
Tab. 7-7 Emisní limity podle jm. tepelného výkonu spalovacího zařízení v $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	66
Tab. 7-8 Emisní limity pro spoluspalování biomasy s uhlím v $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	66

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

BD	Bytový dům
CZT	Centralizované zásobování teplem
ČEZ	Český energetický závod
ČR	Česká republika
ERÚ	Energetický regulační úřad
EU	Evropská unie
G	Generátor
H ₂ S	Sirovodík
KVET	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
K	Kotel
LTO	Lehký topný olej
NČ	Napájecí čerpadlo
NO ₂	Oxid dusičitý
N ₂ O	Oxid dusný
n	Počet odběratelů
O	Spalování čisté biomasy
OSN	Organizace spojených národů
OV	Ohřívák
OZE	Obnovitelný zdroj energie
P	Paralelní spalování
PEZ	Primární energetický zdroj
Př	Přehřívák
RD	Rodinný dům
ROS	Odpisové koeficienty
RS	Redukční stanice
S	Společné spalování
Sb	Sbírký
SEK	Státní energetická koncepce
TKO	Tuhý znečišťující odpad
TS	Tepelný spotřebič
USA	Spojené státy americké

Ap	[%]	Popel
C	[%]	Uhlík
Cl	[%]	Chlor
CO	[mg.m ⁻³ , kg.t ⁻¹]	Oxid uhelnatý
CO ₂	[t]	Oxid uhličitý
C _e	[Kč.MWh ⁻¹]	Výkupní cena elektrické energie
C _t	[Kč.GJ ⁻¹]	Výkupní cena tepelné energie
D	[Kč.r ⁻¹]	Daň ze zisku
DN	[r]	Doba návratnosti
D _Z	[%]	Daň zisku
E	[GWh]	Vyrobená elektrická energie
E _{vs}	[GWh]	Vlastní spotřeba elektrické energie
E _p	[GWh]	Prodaná elektrická energie
H	[%]	Vodík
i	[%]	Požadovaná výnosnost
Ki	[Kč.r ⁻¹]	Investiční náklady
m _u	[t.h ⁻¹]	Množství paliva za hodinu
m _{u,r}	[t.r ⁻¹]	Množství paliva za rok
N	[%]	Dusík
N	[Kč.r ⁻¹]	Celkové náklady
n	[r]	Životnost kotle
N _{odp.}	[Kč.r ⁻¹]	Náklady na odpisy
NO _x	[mg.m ⁻³ , kg.t ⁻¹]	Oxid dusíku
NPV	[Kč]	Čistá současná hodnota
N _p	[Kč.r ⁻¹]	Provozní náklady
O	[%]	Kyslík
o ₁	[%]	Podíl štěpky v palivu
o _f	[%]	Podíl fosilního v palivu
P	[Kč.r ⁻¹]	Peněžní příjem
P	[MW]	Výkon
P _e	[MW]	Elektrický výkon
P _n	[MW]	Výkon pro odběratele
P _t	[MW _t]	Tepelný výkon
P ^A	[Kč.r ⁻¹]	Aktualizovaný peněžní příjem
P ^A _C	[Kč.r ⁻¹]	Celkový aktualizovaný peněžní příjem
Q _c	[MJ.kg ⁻¹]	Výhřevnost smíšeného paliva

Q_n	$[\text{GJ.r}^{-1}]$	Teplo pro odběratele
Q_t	$[\text{TJ.r}^{-1}]$	Vyrobené teplo
Q_1	$[\text{MJ.kg}^{-1}]$	Výhřevnost štěpky
Q_f	$[\text{MJ.kg}^{-1}]$	Výhřevnost hnědého uhlí
S	$[\%]$	Síra
SO_2	$[\text{mg.m}^{-3}, \text{kg.t}^{-1}]$	Oxid siřičitý
T	$[\text{h}]$	Provozní hodiny
T	$[\text{Kč.r}^{-1}]$	Celkové tržby za vyrobenou energii
T_e	$[\text{Kč.r}^{-1}]$	Tržby za vyrobenou elektřinu
T_t	$[\text{Kč.r}^{-1}]$	Tržby za vyrobené teplo
TZL	$[\text{mg.m}^{-3}, \text{kg.t}^{-1}]$	Tuhé znečišťující látky
W_e	$[\text{MWh.r}^{-1}]$	Vyrobená elektřina
W_t	$[\text{MWh.r}^{-1}]$	Vyrobené teplo
Z	$[\text{Kč.r}^{-1}]$	Hrubý roční zisk
Z_D	$[\text{Kč.r}^{-1}]$	Roční čistý zisk
η_{el}	$[\%]$	Elektrická účinnost kotle

1 ÚVOD

Zásoby fosilních energetických zdrojů jsou konečné a jejich vyčerpání se blíží. Proto se začíná intenzivně hledat jejich náhrada, zejména u zdrojů nevyčerpatelných neboli obnovitelných. Obnovitelné zdroje energie jsou spjaty s existencí Slunce. Slunce je nejstarším zdrojem veškeré energie, která se vyskytuje na Zemi. Mezi důležité obnovitelné zdroje energie patří biomasa, která zaujímá až 75 % v rámci všech obnovitelných zdrojů. Její význam nespočívá jen v získání nového zdroje energie, ale přispívá k omezení skleníkového efektu, její intenzivní zeleň zlepšuje ekologii krajiny, umožňuje efektivní využití půdy a také přispívá k vytvoření nových pracovních příležitostí.

Biomasa je také podrobována stále většímu zkoumání z hlediska jejího využívání. Sleduje se nejen výhřevnost a efektivita spalování, ale rovněž zplodiny jeho hoření - emise.

2 BIOMASA

2.1 Definice biomasy

Biomasa se obecně označuje veškerá organická hmota, která vzniká prostřednictvím fotosyntézy nebo také hmota živočišného původu.

Přesněji je definována vyhláškou 252/2000 Sb. jako rostlinný materiál, který lze použít jako palivo pro účely využití jeho energetického obsahu, a to pokud pochází z potravinářského, lesnického či zemědělského průmyslu, z výroby buničiny a z výroby papíru z buničiny. Dále ze zpracování korku, ze zpracování dřeva s výjimkou dřevního odpadu, který obsahuje halogenové sloučeniny nebo těžké kovy v důsledku ošetření látkami na ochranu dřeva nebo nátěrovými hmotami, a dřevní odpad pocházející ze stavebnictví [2].

2.2 Rozdělení biomasy

Podle obsahu vody rozdělujeme biomasu:

suchou - převážně dřevo a dřevní odpady, ale také sláma a další odpady. Lze ji spalovat přímo, případně po mírném vysušení.

mokrou - zejména tekuté odpady - kejda a další odpady. Nelze ji spalovat přímo, využívá se zejména v bioplynových technologiích.

speciální - olejnin, škrobové a cukernaté plodiny. Využívají se ve speciálních technologiích k získání energetických látek - nejčastěji bionafty nebo lihu [7].

2.3 Zdroje biomasy

Biomasu můžeme buď cíleně pěstovat, nebo ji můžeme získávat z odpadů lesního hospodářství, potravinářské a zemědělské výroby a údržby krajiny. Můžeme ji získat i z komunálního odpadu a bioodpadu [2].

2.3.1 Biomasa cíleně pěstovaná

V České republice je velký nedostatek biomasy. V převážné většině se využívá pouze odpadní biomasa z lesnické výroby, a to zejména dřeva pro vytápění. Protože dřevem, vzhledem k vzrůstajícím cenám fosilních paliv, začíná topit více lidí, biomasy ubývá. Je tedy nutné hledat další zdroje. Nabízí se cílené pěstování biomasy, tedy energetických rostlin na zemědělské půdě.

Tab. 2-1 Rozdělení cíleně pěstované biomasy, energetické plodiny [7]

Ligno-celulózové	dřeviny (vrba, topol, olše, akát, platan, líska)
	obiloviny (celé rostliny-ozimé žito, tritice)
	travní porosty (sloní tráva, chrostice, kostřava, trvalé travní porosty)
	ostatní rostliny (Konopí seté, Čirok, Křídlatka, Šťovík krmný, Sléz)
Olejnaté	Řepka olejka, slunečnice, len, semena z dýní, Lníčka setá
Škrobo-cukernaté	Cukrová řepa, brambory, zrno z obilí, topinambur, cukrová třtina, kukuřice

Tyto energetické rostliny neboli byliny můžeme také rozdělit na rostliny bylinného charakteru (jednoleté), na rychlerostoucí dřeviny (víceleté, vytrvalé) a na energetické trávy, které se dají zařadit i mezi vytrvalé rostliny.

Energetické rostliny a dřeviny můžeme vysazovat jak na rekultivovaných půdách, tak i na tradičních zemědělských půdách, kterých je u nás dostatek. Pěstování energetických rostlin bylinného charakteru není u nás tolik známé jako v zahraničí, kde byl nejvíce doporučován *Miscanthus*, tzv. „sloní tráva“. Proto se u nás věnujeme spíše pěstování víceletým a zejména vytrvalým rostlinám nebo rychlerostoucím dřevinám. Využíváme jednak vysoce vzrůstné krmné plodiny, nebo další netradiční robustní rostliny, včetně některých rostlin okrasných, které vytváří velké množství nadzemní hmoty. Z vytrvalých rostlin je nejvíce žádaný krmný šťovík, který se jeví jako nejperspektivnější.

Rychlerostoucí dřeviny se vysazují na speciálních plantážích. Tím se snižují náklady na každoroční zakládání porostů a nákup osiv, oproti energetickým bylinám. Další výhodou je obdobně jako při zatravňování, jejich protierozní opatření. Tím zajistí půdě celoroční vegetační kryt, působící účinně proti smyvu ornice. To jednoleté energetické byliny zajistit nemohou. Příkladem je krmný šťovík, který vydrží na stanovišti až 10 let a půda je tak ušetřena pravidelné orbě a další kultivaci. Naopak výhodou energetických bylin je možnost okamžité změny kultury, v případě náhlé potřeby pěstování potravinářské produkce [7, 13, 1, 11, 31, 32].

Tab. 2-2 Energetický obsah a energetická produkce jednotlivých druhů rostlinné biomasy [46]

Druh rostlinné biomasy	Výhřevnost biomasy při 5% vlhkosti	Spalné teplo sušiny biomasy	Průměrné výnosy biomasy	Energetická produkce 1ha
	[MJ/kg]	[MJ/kg]	[t/ha]	[GJ]
Sláma obilnin	15,5	17,5	4,2	65,1
Sláma čepky olejky	15,3	17,5	3,0	45,9
Celé nadzemní rostliny žita ozimného	15,3	17,6	11,0	168,3
Celé nadzemní rostliny Tritikale	15,5	17,5	12,0	186,0
Čiroky (průměr)	15,3	17,7	8,1	123,9
Konopí seté	15,5	18,1	7,9	122,5
Psineček veliký	15,6	17,8	7,7	120,1
Kostřava rákosovitá	15,6	17,5	7,6	118,6
Lesnice rákosovitá	15,5	17,5	6,4	99,4
Ozdobnice čínská	15,8	18,1	14,0	235,2
Křídlatka česká	15,3	17,6	10,3	157,6
Energetický šťovík	15,3	18,0	9,0	132,2
Topoly obmytí (průměr)	17,1	19,0	7,1	121,4
Vrby (obmytí)	17,0	19,7	6,9	117,3

Zajímavé jsou i vysoce vzrůstné trávy, včetně nově vyšlechtěných odrůd sveřepů. Tyto energetické trávy jsou nejperspektivnější plodinou v Evropě, zejména ve Švédsku nebo

v Německu, kde v současné době šlechtí až 30 druhů. U nás se zaměřujeme zejména na sveřepy a chrastice, popř. psineček veliký nebo košťavu rákosovitou. Tyto trávy mají největší výnosy až v druhém roce. Navíc plní funkci zatravňování, takže jejich pěstování pro energii je i z tohoto hlediska velmi výhodné. Také osiva těchto trav jsou u nás běžně ke koupi, což je podstatná podmínka pro zakládání těchto porostů. Ozdobnice čínská, Křídlatka česká a energetický šťovík mají největší výnosnost dokonce až v 9 roce [46].

2.3.2 Biomasa odpadní

Opadní biomasa je nejen v České republice, ale i v Evropě více vyhledávaným biopalivem než biomasa cíleně pěstovaná, a to hlavně z jejího dostatku a dostupnosti.

Tab. 2-3 Rozdělení odpadní biomasy, druhy odpadů [7]

Rostlinné odpady	sláma, seno, zbytky po likvidaci křovin
Lesní odpady	pařezy, kořeny, šišky, větve
Organické odpady z průmyslových výro	odřezky, piliny, hobliny, kůra
Odpady z živočišné výroby	hnůj, kejda, zbytky krmiv
Komunální organické odpady	kaly, organický tuhý komunální odpad

Rostlinné odpady

Rostlinné odpady ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny jsou velmi významným zdrojem biomasy pro energetické účely, hlavně díky dobré výhřevnosti slámy (14,4 MJ/kg).

Ze zemědělské prvovýroby se zpracovává zejména řepková a kukuřičná sláma, dále obilná sláma či seno. V České republice je využito něco málo přes 50% plochy zemědělské půdy pro pěstování těchto rostlin.

Z celkového množství vyprodukované obilní slámy lze pro energetické využití uvažovat maximálně 20-30%. Zbývající sláma se využívá např. pro krmení a na stelivo. Část slámy zůstává na polích k zaorání.

Z údržby krajiny se pro biomasu využívají zbytky po likvidaci křovin a náletových dřevin, také odpady ze sadů a vinic a odpady z údržby zeleně a travnatých ploch [1, 5].

Lesní odpady

Lesními odpady se rozumí dřevní hmota, která je nejvíce vyžívaná jak u nás, tak v celé Evropě. Výhřevnost dřevní hmoty se pohybuje mezi 15–19 MJ/kg. Ta závisí ovšem na vlhkosti dřeva. Čím je dřevo sušší, tím je vydané teplo vyšší. Průměrně se výhřevnost pohybuje kolem 30%.

Dřevní neboli lesní odpady vznikají při těžbě dřeva, probírkách a prořezávkách lesa. Můžeme sem zařadit pařezy, kořeny, vršky stromů, větve, části stromů nebo celé stromy z probírek a prořezávek.

Dalším zdrojem dřevního odpadu je prvotní a druhotné zpracování dřeva, při kterém dochází ke ztrátám, tedy k produkci odpadu.

Ve statistikách je vykazováno jako těžba dřeva přibližně stejné množství dřevní hmoty, jako zůstává nevyužito v lese nebo jako odpad při zpracování. Asi 30% dřevních odpadů vzniká při těžbě dřeva. Při pilařském zpracování dřevní hmoty vzniká asi 36% odpadů a v dalších dřevozpracujících závodech je to asi 64% odpadů.

Z ekologických, technických a ekonomických důvodů není možné využít celkové množství dřevního odpadu, pouze 40% je reálně využitelných [5].

Organické odpady z průmyslových výroby

Do těchto odpadů se zařazují spalitelné odpady z dřevařských provozoven (odřezky, piliny, hobliny, kůra), odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce (cukrovary), odpady z jatek, mlékáren, lihovarů, konzerváren.

Odpady z živočišné výroby

Největší podíl odpadů vznikajících při živočišné výrobě představují exkrementy hospodářských zvířat, zbytky krmiv a kejda. Nejstarší a technicky nejjednodušší formou nakládání s těmito odpady je jejich přímá aplikace na půdu. V případě správného agrotechnického postupu, kdy jde o maximální využití hnojivých účinků, jde bezesporu o způsob, který má své opodstatnění. Praxe však ukazuje, že často z důvodu lokálních přebytků odpadů není nejdůležitější využití jejich hnojivých účinků, ale prostá likvidace.

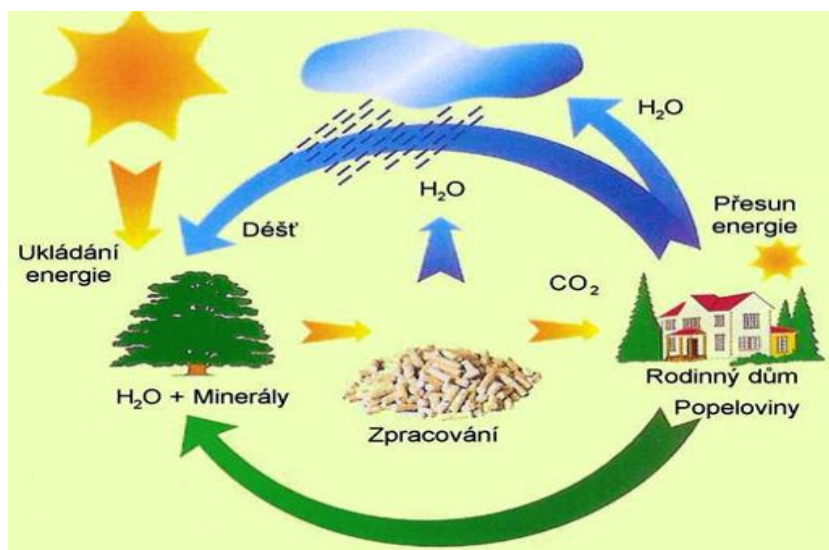
Řízená anaerobní fermentace organické hmoty, proces využívaný v bioplynových stanicích, umožňuje při zachování hnojivých účinků vstupní suroviny, využít část energie vázané v organické hmotě (odpadu) k produkci bioplynu (s obsahem 50 - 75% metanu).

Komunálního organické odpady

Komunální sféra je dalším významným zdrojem zbytkové biomasy. Biologický odpad tvoří asi 40% podíl komunálního odpadu. Důležitým zdrojem biomasy jsou také odpady z údržby zeleně a kaly z čistíren odpadních vod [5].

2.4 Chemické složení biomasy

Obr. 2-1 Koloběh CO_2 v regeneračním cyklu v přírodě [44]



Z chemického hlediska je biomasa tvořena řadou různých sloučenin. Při spalování biomasa uvolňuje sice CO_2 , ale na rozdíl od fosilních paliv nedochází ke zvyšování CO_2 v atmosféře. To je dáno tím, že rostliny za svého růstu odebírají z ovzduší CO_2 a při spalování ho do ovzduší opět vracejí. Proto je spalování biomasy téměř neutrální.

Musíme ale sledovat i ostatní sloučeniny biomasy. Chemické složení měkkého (jehličnatého) a tvrdého (listnatého) je téměř shodné. Obsah síry a chlóru je při spalování biopaliv téměř zanedbatelný oproti hnědému uhlí. Obsah dusíku pro tvorbu NO_x můžeme ovlivňovat při spalovacím procesu [47, 44].

Tab. 2-4 Charakteristika složení některých druhů biopaliv (%) [33, 44]

		dřevo			kůra	obilná sláma	š'ovík	amarant	hnědé uhlí
		jehličnaté	listnaté	smíšené					
uhlík	C	51,00	50,00	50,50	51,40	41,7	42,3	37,9	69,50
vodík	H	6,20	6,15	6,20	6,10	5,41	5,2	5,15	5,50
kyslík	O	42,20	43,25	42,70	42,20	38,3	37,2	40,1	23,00
dusík	N	0,60	0,60	0,60	0,30	0,53	1,01	0,71	1,00
síra	S	-	-	-	-	0,09	0,09	0,04	1,00
chlor	Cl	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,31	0,11	< 0,01	< 0,03
popel	A _s	1,00	1,00	1,00	2,3-5,0	4,59	4,10	5,38	20,00

2.5 Výhřevnost biomasy

Výhřevnost je velmi závislá na vlhkosti. Jinými slovy, čím nižší je vlhkost biopaliva, tím vyšší je jeho výhřevnost. Čerstvě vytěžené dřevo má relativní vlhkost až 60% a na vzduchu dobře proschlé dřevo má relativní vlhkost cca 20%. Vysušuje-li se dřevo pod střechou půl až jeden rok, má relativní vlhkost cca 20%. Dřevěné brikety mohou mít relativní vlhkost od 3 do 10 %, podle kvality lisování.

Pro spalování štěpek je optimální vlhkost 30-35 %. Při vlhkosti nižší má hoření explozivní charakter a mnoho energie uniká s kouřovými plyny. Při vyšší vlhkosti se mnoho energie spotřebuje na její vypaření a spalování je nedokonalé. Pro spalování dřeva lze doporučit vlhkost cca 20 %.

Výhřevnost biopaliv se tedy pohybuje mezi 12-19 MJ/kg a je tedy srovnatelná s výhřevností hnědého uhlí (10-18 MJ/kg). Oproti černému uhlí, které má výhřevnost 25,1 MJ/kg a koksu 27,5 MJ/kg ovšem trochu zaostává [7].

Tab. 2-5 Přehled výhřevností a měrných hmotností některých biopaliv [7]

Druh paliva	Vlhkost	Výhřevnost	Měrné hmotnosti		
	[%]		[kg/m ³]	[kg/prm]	[kg/prms]
listnaté dřevo	15	14,61	678	475	278
jehličnaté dřevo	15	15,58	486	340	199
borovice	20	18,40	517	362	212
vrba	20	16,90			
olše	20	16,70			
habr	20	16,70			
akát	20	16,30			
dub	20	15,90	685	480	281
jedle	20	15,90			
jasan	20	15,70			
buk	20	15,50	670	469	275
smrk	20	15,30	455	319	187
bříza	20	15,00			
modřín	20	15,00			
topol	20	12,90			
dřevní štěrka	30	12,18			210
sláma obilovin	10	15,49		120	(balíky)
sláma kukuřice	10	14,40		100	(balíky)
lněné stonky	10	16,90		140	(balíky)
sláma řepky	10	16,00		100	(balíky)

2.6 Emise ze spalování biomasy

Při spalování biomasy, stejně jako při spalování fosilních paliv, dochází k uvolňování do ovzduší jak látek neutrálních (šetrných) k životnímu prostředí, tak i látek znečišťujících. Jedná se především o oxid uhelnatý (CO), tuhé znečišťující látky a organické látky.

Oxid uhelnatý - CO

Oxid uhelnatý je produktem nedokonalého spalování, tedy nedokonalou oxidací. Můžeme říci, že vzniká při nízkých teplotách. Ke snížení CO dochází při dostatečné spalovací teplotě a dostatečného množství spalovacího vzduchu. Pak je CO oxidován na oxid uhličitý (CO₂) a jeho emise jsou minimální.

Oxid dusíku – NO_x

Oxidy dusíku vznikají třemi různými způsoby.

Jedná se o tzv. promptní (okamžité) oxidy dusíku vznikající v nejvyšších teplotách v počáteční fázi hoření. Jejich podíl z celkové emise NO_x je minimální.

Dále se jedná o oxidy dusíku termické, které vznikají v oblasti teplot nad 1100 °C z dusíku přítomného v okysličovadle (ve vzduchu).

Jako třetí jsou oxidy dusíku palivové, které vznikají naopak v oblasti nejnižších teplot z dusíku obsaženého v hořlavině paliva.

Spalovacími reakcemi v ohništích vznikají tři různé oxidy dusíku, a to N_2O , NO a NO_2 . Za znečišťující látky jsou zatím považovány NO a NO_2 .

N_2O - oxid dusný neboli "rajský plyn". Vzniká ve významnějším množství při nízkoteplotním spalování a jeho působení je významné v souvislosti se skleníkovým efektem, kde patří mezi nejvlivnější plyny, které zabraňují odrazu tepelné energie zpět od povrchu Země do vesmírného prostoru.

NO - je bezbarvý, relativně málo reaktivní plyn. Ve vnitřním prostředí je oxidace NO na NO_2 pomalejší, a proto jsou emise považovány za málo významné.

NO je ve vnějším prostředí oxidován na NO_2 . Patří k látkám (chlóru nebo chlorovaných typů freonů), které likvidují ozónové vrstvy reakcí s ozónem, kdy vzniká NO_2 a běžný dvouatomární kyslík.

NO_2 - je červenohnědý plyn, jehož charakteristickou barvu lze někdy vidět za smogových situací. NO_2 je reaktivní silně oxidická látka. V kombinaci s uhlovodíky a slunečním zářením NO_2 vytváří ozón, organické peroxidy i PAN (polyakrylnitrát) a další produkty fotochemického smogu. Ozón a PAN dráždí oči a otravují vegetaci. To jsou dosud jednoznačně známé hlavní důvody, proč jsou přípustné emise NO_x limitovány.

Oxid siřičitý (SO_2)

Síra je v biopalivu obsažena v minimálním množství, proto jsou emise SO_2 velmi nízké. Pokud je však v palivu obsažena síra, může se vyskytovat ve čtyřech hlavních formách.

Jedná se o síru organickou, pyritickou, síranovou a v případě plynů ve formě H_2S (sirovodík). Pouze síra síranová je ve stabilní oxidované formě a není zdrojem znečišťující látky SO_2 . Nedojde-li v průběhu spalovacího procesu k navázání síry na vhodné typy látek (aditiva), oxiduje síra v palivu na SO_2 a to tak, že z jednoho kilogramu palivové síry vzniknou 2 kg SO_2 . Například u českých uhlí je oxidovatelné síry v palivu v průměru 95%, u topných olejů je oxidovatelná síra v palivu veškerá.

Tuhé znečišťující látky

Tuhé znečišťující látky jsou vlastně částice, které jsou za teploty a tlaku v komíně, výduchu, výpusti nebo v místě měření přítomny v odpadním plynu v pevném skupenství. Tuhé částice se dostávají do ovzduší jako emise z paliv (obsahují popeloviny) nebo jako saze u spalovacích procesů, u kterých dochází k tvorbě amorfního uhlíku při rychlém ochlazení hořících částic uhlíku (tuhá paliva) nebo nezplynělých uhlíkových řetězců u kapalných paliv. Tvorba sazí se zjišťuje Bacharachovým testem kouřivosti.

Organické látky

Jako organické látky označujeme zejména uhlovodíkové sloučeniny.

Při spalovacího procesu dochází, i přes přebytek vzduchu ve spalinách, k nedokonalému vyhoření uhlíku (C) z paliva na oxid uhlíčitý (CO_2). V některých případech dochází ke tvorbě směsí uhlovodíků, některé jsou označovány jako lehké (C_xH_y). K jejich stanovení lze použít

běžně dostupné měřicí přístroje. Při běžně používaném biopalivu, jako je dřevo, dochází k nízké koncentraci lehkých uhlovodíků.

Proto, aby nedocházelo k uvolňování velkého množství znečišťujících látek do ovzduší, jsou zavedeny tzv. emisní limity. Tyto limity udávají maximální povolenou koncentraci znečišťujících látek do ovzduší [2, 35, 36].

2.7 Principy získávání energie z biomasy

Způsob využití biomasy k energetickým účelům je do značné míry předurčen fyzikálními a chemickými vlastnostmi biomasy. Velmi důležitým parametrem je vlhkost neboli obsah sušiny v biomase. Je-li obsah sušiny menší jak 40% jedná se o mokré procesy, naopak je-li obsah sušiny větší jak 40%, jedná se o suché procesy.

Mezi suché procesy patří termochemická přeměna biomasy a mezi mokré procesy patří biochemická přeměna biomasy.

Tab. 2-6 Technologie k získávání energií z biomasy [33]

Technologie	Produkt	Energetické využití
<i>Termochemické přeměny</i>		
Spalování	teplo	vytápění, výroba el. energie
Zplyňování	plyn	chemický prům., vytápění, výroba el. energie
Rychlá pyrolýza	olej, dehet, plyn	vytápění, výroba el. energie, pohon vozidel, chemický prům.
<i>Chemické přeměny v kapalném prostředí</i>		
Zkapalňování	olej	pohon vozidel
Esterifikace	bionafta	pohon vozidel
<i>Biochemické přeměny</i>		
Metanové kvašení	bioplyn	chemický prům., vytápění, výroba el. energie
Alkoholové kvašení	etanol, butanol	pohon vozidel
Kompostování	hnojivo	hnojivo
<i>Mechanické přeměny</i>		
Lisování	olej	pohon vozidel
Mechanická úprava	štěpka, pelety, brikety	vytápění

2.7.1 Termochemické přeměny biomasy

Spalování

Spalování je chemický proces rychlé oxidace, kterým se uvolňuje energie vázaná ve spalovaném palivu na energii tepelnou.

Je to nejstarší a nejjednodušší metoda pro termickou přeměnu biomasy za dostatečného přístupu kyslíku. Vyprodukovaná tepelná energie se může dále využít například pro vytápění, technologické procesy, ohřev vody nebo pro výrobu elektrické energie. Při spalování se využívá jako biopalivo zejména dřevo a jiné dřevní hmoty, nejčastěji ve formě briket a pelet. Výhodou je,

že se pro technologii spalování nevyžadují speciální úpravy biopaliv. Spalovat můžeme i biopaliva s vyšší vlhkostí.

Podmínkou dokonalého spalování je vysoká teplota, účinné směšování se vzduchem a dostatek prostoru pro to, aby vzniklé plyny dobře shořely a nestávalo se, že budou hořet až v komíně. Proto se musí sledovat emise oxidu uhelnatého a tuhých látek [5, 14, 7].

Zplyňování

Zplyňování je termochemická přeměna biopaliva na plyn. Jako palivo může být použita pevná nebo i kapalná biomasa. Tento dokonalejší způsob energetické transformace se děje při vyšších teplotách a za přívodu omezeného množství kyslíku.

V současné době jsou pro zplyňování biomasy používány dva základní způsoby:

- zplyňování v generátorech s pevným ložem
- zplyňování ve fluidních generátorech

Při obou možnostech dochází ke zplyňování při atmosférickém tlaku.

První z obou metod - **zplyňování v generátorech s pevným ložem** - je jednodušší, méně investičně náročná, avšak je použitelná jen pro malé tepelné 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 apod., jejichž odstranění je pak největším problémem.

U **fluidního zplyňování** probíhá zplyňovací proces při vyšších teplotách – cca 850 až 950°C a je tak minimalizován obsah zbytků dehtových látek a vyšších uhlovodíků v plynu. Výhřevnost plynu je mezi 4 - 6 MJ/m³. Vzniklý plyn můžeme dále použít pro výrobu tepelné či elektrické energie, v chemickém průmyslu nebo i pro řadu technologických procesů, kde tento plyn může nahradit zemní plyn. Příkladem je použití ve vápenkách, cementárnách apod. Výhodou je plynu je, že po výstupu z generátoru nemusí být speciálně čištěn, stačí jen jeho ochlazení na teplotu, která je vhodná pro klasické kotlové hořáky [15, 33].

Pyrolýza

Pyrolýza je další termický proces, při kterém se rozkládají organické materiály za nepřístupu kyslíku. Podstatou pyrolýzy je ohřev materiálu nad mez termické stability přítomných organických sloučenin, což vede k jejich štěpení až na stálé nízkomolekulární produkty a tuhý zbytek.

Z technologického hlediska lze pyrolýzní procesy dále rozdělit podle dosahované teploty:

- nízkoteplotní (< 500°C)
- středněteplotní (500 - 800°C)
- vysokoteplotní (> 800°C)

Většina v současné době provozovaných pyrolýzních systémů je založena na termickém rozkladu odpadu v rotační peci vytápěné spaliny, které vznikají z následného spalování

pyrolýzních plynů v tzv. termoreaktoru. Zbytek energie ze spálení plynů, která se nespotřebuje na ohřev vsázky, se využívá v kotlích na odpadní teplo k výrobě páry nebo teplé užitkové vody. Pyrolýzní plyn může být využit jako chemická surovina nebo jako palivo pro motory nebo plynové turbíny kogeneračních jednotek.

Rychlá pyrolýza

Rychlá pyrolýza je jedním z moderních a velmi perspektivních procesů ve skupině technologií, která mění biomasu ve formě dřeva a jiných odpadních materiálů na produkty vyšší energetické úrovně, jako jsou plyny, kapaliny a pevné látky.

Průběh procesu rychlé pyrolýzy je dán rychlým přívodem tepla do suroviny, udržováním potřebné teploty v pyrolýzním reaktoru (cca 450°C až 600°C) a krátkou dobou pobytu suroviny v reakční zóně (maximálně do 2 sekund). Produktem jsou pak zejména páry a aerosoly, v menší míře pak plyn a tuhé částice. Produkty tohoto procesu se musí ihned rychle ochladit, čímž zkondenzují a vznikne velký podíl tmavohnědé kapaliny o výhřevnosti 16–19 MJ/kg. Tuto kapalinu, tedy bio-olej, lze snadno skladovat a přepravovat a po další úpravě může sloužit jako kvalitní kapalné palivo. Výtěžek bio-oleje z biomasy může být až 70% hmotnostních.

Vedlejšími produkty rychlé pyrolýzy jsou pyrolýzní koks (do 15%) a pyrolýzní plyn (do 51%), které jsou obvykle využity ve vlastním pyrolýzním procesu pro výrobu tepla.

Pro výrobu bio-olejů pomocí rychlé pyrolýzy se využívá libovolných tuhých biopaliv. Jednou z nevýhod je, že bio-olej může obsahovat až 15–20% vody. Proto se musí biomasa předsušit na vlhkost nižší než 10%, výjimečně na 15%. Další podmínkou je potřeba rozdrčení biomasy na částice o velikosti cca 3 mm, což zajišťuje rychlý průběh reakce a snadnou separaci pevných částí [15].

2.7.2 Chemické přeměny v kapalném prostředí

Zkapalňování

Zkapalňování je proces, který může potenciálně produkovat kvalitnější produkty s vyšší energetickou hustotou než ostatní termochemické procesy. Je to nízkoteplotní, vysokotlaký termochemický konverzní proces, který probíhá při teplotě cca 300–350°C a tlaku 12–20 MPa ve vodním prostředí. Primárním produktem je bio-olej se sníženým obsahem kyslíku (cca 10%). Vedlejším produktem je voda, která obsahuje rozpustné organické látky.

Tato technologie je zatím ve stádiu vývoje, ovšem vzhledem k vysoké kvalitě výsledných produktů může být v budoucnosti velmi zajímavá [15].

Esterifikace

Esterifikace je reakce alkoholu s kyselinou nebo s jejím derivátem za vzniku esteru a vody. K tomuto procesu se využívají olejnatá semena, zejména z řepky, lnu a slunečnice, ze kterých lisováním vzniká olej. Ten se esterifikací mění na metylester oleje, který má podobné vlastnosti a výhřevnost jako motorová nafta (45–49 MJ/kg). Tato bio-nafta se nazývá bionafta první generace.

Velikou výhodou je jeho rozložitelnost v přírodě, která je několikrát rychlejší než u běžné nafty. To má význam pro ochranu životního prostředí, vodních zdrojů apod.

Nevýhodou je, že výroba bionafty je příliš drahá. Aby mohla cenově konkurovat běžné naftě, mísí se s některými lehkými ropnými produkty nebo s lineárními alfa-olefiny. Tyto produkty se nazývají bionafty druhé generace. Musí obsahovat minimálně 30% metylesteru řepkového oleje. Tím si zachovávají svojí biologickou odbouratelnost a svými vlastnostmi se blíže přibližují běžné motorové naftě [7].

2.7.3 Biochemické přeměny biomasy

Metanové kvašení

Metanové kvašení, neboli anaerobní fermentace je biologický proces, který vzniká při rozkladu organických látek (hnůj, zelené rostliny, kal z čističek) v uzavřených nádržích bez přístupu kyslíku. Organická hmota se štěpí na anorganické látky a plyn, díky bakteriím, které pracují bez přístupu kyslíku (anaerobně). V přírodě probíhají obdobné procesy s tím rozdílem, že se organické látky rozkládají za přítomnosti kyslíku (aerobně).

Anaerobní fermentací vzniká bioplyn. Bioplyn obsahuje 50-80% metanu, 20–40% oxidu uhličitého a 1–3% připadá na další plyny, jako jsou dusík, sirovodík nebo vzácné plyny. Výchřevnost bioplynu se pohybuje mezi 20 – 24 MJ/m³.

V zemědělství se využívají nejčastěji tekuté a pevné výkaly hospodářských zvířat promísené s vodou, tzv. kejda. Dále v menší míře slámatý hnůj, sláma, zbytky travin nebo bramborová nat'. Bioplynový potenciál v hnoji závisí na obsahu sušiny a na složení a strávení potravy.

Metan lze získat i např. na skládkách tuhých komunálních odpadů (TKO), kde dochází ke složitým biologickým pochodům a vzniká skládkový plyn. Složení plynu se mění v průběhu let. Průměrné množství TKO na jednoho obyvatele na rok je asi 310 kg, z toho asi 35% organického původu – to činí přibližnou produkci 0,3 m³/kg.

Metanové kvašení se využívá k výrobě elektrické energie a ohřevu teplonosného média, k chemické výrobě sekundárních produktů bioplynu nebo k pohánění spalovacích motorů [7, 15].

Alkoholové kvašení

Alkoholové kvašení neboli fermentace je reakce, při které jsou rostlinné polysacharidy (cukry) přeměňovány na alkohol, neboli na etanol. Vhodnými materiály pro výrobu bio-etanolu jsou cukrová řepa, obilí, kukuřice, ovoce, brambory, popř. zelenina nebo celulóza.

Teoreticky lze z 1 kilogramu cukru získat 0,65 litrů čistého etanolu. V praxi je však energetická výtěžnost 90-95%, protože spolu s etanolem vzniká např. glycerín.

Fermentace cukrů může probíhat pouze v mokré prostředí. Vzniklý alkohol je následně oddělen destilací a je vysoce hodnotným kapalným palivem pro spalovací motory. Jeho přednostmi jsou ekologická čistota a antidetonační vlastnosti. Jeho nedostatkem je schopnost na sebe vázat vodu, díky které vzniká koroze motoru. Tento nedostatek lze odstranit přidáním antikoročních přísad – aditiv.

Toto palivo v současnosti využíváno nejvíce v Jižní Americe (Brazílii), kde se ročně vyrábí kolem 12 miliard litrů etanolu. To pokryje asi 5 milionů automobilů jezdících na čistý etanol.

Pro získání etanolu ze dřeva, slámy nebo sena se využívá speciálně vyšlechtěných mikroorganismů, které se zatím zkoumají v USA [7].

Kompostování

Kompostování je proces za přítomnosti kyslíku, při kterém se přeměňuje organický materiál na kompost. Pro kompostování se nejvíce využívají trvalé travní porosty. Ze zbytků těchto travních porostů se kompostováním získá organická hmota s humusovými látkami a rostlinnými živinami, která slouží jako hnojivo.

Samotná travní hmota se kompostuje obtížně, a proto do zakládky kompostu přidávají další suroviny (dřevní štěpka, listí, zemina, apod.) [34].

2.7.4 Mechanické přeměny

Lisování

Lisováním biomasy vzniká olej, který souží jako pohon pro automobily. Nejvíce se využívá řepky olejky, lnu nebo slunečnice.

Mechanická úprava

Nejčastěji se jedná o úpravu kusového dřeva, které se řeže na polena určitých vhodných délek. Odpadní piliny a hoblovačky se neupravují. Dřevní materiál můžeme i lisovat, drtit, peletovat nebo briketovat.

2.8 Zařízení pro výrobu energií z biomasy

Jak již bylo zmíněno, pro výrobu energií se využívají převážně technologie spalování biomasy a technologie spalování biomasy s fosilními palivy.

Zařízení určené pro spalování biomasy jsou určené pro výrobu tepelné energie a nezatěžují tolik životní prostředí. Podle výkonů a technického řešení se tyto zařízení mohou rozdělit na lokální topeniště, na malé, střední a velké kotle.

Zařízením spalujícími biomasu s fosilními palivy se věnuji v následující kapitole.

Tab. 2-7 Přehled zařízení spalujících biomasu [53]

typ kotle	výkon
lokální topeniště	do 20 kW
malé kotle	20 kW - 80 kW
střední kotle	100 kW - 5 MW
velké kotle	nad 5 MW

2.8.1 Lokální topeniště

Do této skupiny můžeme zařadit kamna, krby, krbová kamna, cihlové pece a kachlová kamna, tedy zařízení pro spalování biomasy o několika kW. Tato topidla předávají teplo převážně v místnosti, ve které jsou umístěny. Používají se zejména v jarním či podzimním období pro lehčí přitápění nebo při vyšších mrazech k dotopení místnosti. Konstrukce takových topidel musí zajistit minimální komfort, tedy:

- dobu hoření na plný výkon alespoň 3,5 h.
- regulovatelnost výkonu od 40 do 100 %

- stáložárnost alespoň 10 h.
- účinnost minimálně 65 %
- možnost vřazení do systému vložku pro ohřev vody topného systému.

Při použití lokálních topenišť lze ušetřit 15 až 35% paliva potřebného pro kotel ústředního vytápění za sezonu.

Klasická kamna

Tato kamna jsou už téměř minulostí. Můžeme se s nimi ještě setkat například na chalupách nebo v domech na vesnicích, kde si lidé nemohou dovolit modernější zařízení na vytápění. Jsou buď plechová, nebo litinová. Jejich nevýhodou je nedokonalé spalování, tím i nižší účinnost a nutnost časté obsluhy a údržby. Při spalování navíc vznikají emise škodlivin, které jdou do ovzduší.

Krby

Krb je nejstarší zařízení na spalování biomasy a také nejméně účinné. V dnešní době jsou krby spíše módním doplňkem interiéru.

Krbová kamna (moderní krbové vložky)

Jsou modernějším řešením pro lokální vytápění. Jejich účinnost je vyšší než u klasických kamen a může se vyšplhat až k 30% tepelného výkonu. Kamna jsou většinou vybavena vzduchovými kanálky pro ohřívání okolního vzduchu. Některá moderní krbová kamna mají i vestavěnou topnou vložku, díky které mohou pracovat zároveň jako kotel ústředního vytápění.

Cihlové pece a kachlová kamna

U nás jsou používány již velmi dlouho. Nějakou dobu se od nich upouštělo, ale v současnosti se k nim lidé opět vracejí, a to hlavně jako módní doplněk. Oproti klasickým kamnům či krbům mají poměrně vysokou účinnost, takže jsou dostatečným zdrojem tepla po celý den a poskytují příjemné sálavé teplo [1, 4, 7, 26, 53].

2.8.2 Malé kotle

Jedná se o kotle malých výkonů od 20 do 80kW. Těchto kotlů se využívá pro vytápění rodinných domků nebo menších budov. Jako palivo se využívá převážně dřevo, a to buď kusové nebo ve formě pelet či briket.

Při spalovacím procesu se z paliva odpařuje voda, tím se palivo vysušuje. Poté se s dodávaným teplem uvolňuje spalitelný plynný podíl paliva. Po dosažení zápalné teploty a za dostatečného přísunu kyslíku se vznítí plyn a uvolní se spalné teplo. Toto teplo může snížit vlhkost zbytků dřeva a uvolnit další spalný plyn. Spalovací proces se opakuje, pokud není dřevo příliš vlhké a je-li přiváděn dostatek kyslíku. Uhlík zůstává v pevné formě na roštu a postupně se okysličuje na oxid uhelnatý (CO). Při dodání dalšího kyslíku se oxiduje na oxid uhličitý (CO₂). Při rovnoměrném dodávání paliva a dostatečném přívodu kyslíku vzniká teplo rovnoměrně.

U těchto kotlů je však nevýhodou manuální obsluha (cca 3x - 4x denně přikládání, 1x týdně vybírání popela).

Speciální technické řešení mají automatické kotle na dřevní pelety s podavačem paliv. Použití pelet ze dřeva či jiného rostlinného materiálu, je v posledních letech populární v celé Evropě. Umožňuje bezobslužný provoz kotle a komfortní dopravu spolu se skladováním.

2.8.3 Střední kotle

Tyto kotle, o výkonu mezi 100kW až 5MW, se používají pro větší zdroje ústředního vytápění. Vzhledem k automatizaci procesu spalování se používá palivo ve formě štěrky, odřezků nebo pilin. Kotle jsou schopny spalovat i méně kvalitní či vlhčí biomasu. K dosažení středních výkonů je potřeba přitápět větším množstvím paliva. Přikládání probíhá automaticky pomocí šnekových dopravníků a podávacího zařízení. Z aplikací šnekového podávacího zařízení se palivo do spalovací komory přivádí zdola a odhořívá shora [1, 4, 7, 26, 53].

2.8.4 Velké kotle

Patří sem kotle o výkonu vyšším jak 5MW. Používají se při centralizovaném zásobování teplem.

Centralizované zásobování teplem je systém, kdy je teplo vyráběno v jednom větším zdroji tepla a pomocí tepelných rozvodů je dopravováno ke spotřebiteli. Ve většině případů je u centrálního zásobování použita kombinovaná výroba tepelné a elektrické energie.

U kotelen těchto výkonů je nutný plný automatický provoz. Jako palivo je možné použít jakoukoliv biomasu, nejčastěji se však používá štěrka, sláma nebo dřevní odpad. Spalování biomasy je řešeno buď spalováním na roštu, nebo spalováním na fluidní vrstvě.

Při spalování biomasy musí být dodrženy předepsané limity emisních škodlivin, jako jsou oxid uhelnatý (CO), oxid dusíku (NO_x), uhlovodíky (organické sloučeniny) nebo prach. Topeniště musí být opatřeno zařízením na odstraňování prachu. Ke snížení prachu se mohou použít elektrostatické filtry nebo cyklóny. Cyklón je zařízení, které se používá pro odlučování tuhých příměsí z proudícího plynu. Cyklóny jsou investičně i provozně levnější než elektrostatické filtry, ale pracují s menší účinností než tkaninové filtry [1, 4, 26, 27, 53].

2.9 Přední výrobci kotlů na trhu

Firem, které vyrábějí kotle na spalování biomasy je celá řada. Pro spalování samotné biomasy se využívají kotle menších výkonů, a to jak pro domácnosti, tak i pro menší průmyslové závody. Mezi přední výrobce kotlů patří firma Atmos, která vyrábí kotle už od roku 1936. Výkonová řada kotlů je do 100 kW a s účinností do 90%. Asi 80% své výroby vyváží do zahraničí.

Firma Atmos vyrábí i kotle na spoluspalování uhlí a biomasy.

Mezi přední výrobce se řadí i firma Buderus (od 1. 1. 2008 nese firma název Bosh Termotechnika s.r.o.) a Dakon. Kotle obou firem pracují s účinností nad 85%.

Kotle vyšších výkonů, např. od firmy Kohlbach Holding GmbH z Rakouska, dosahují výkonů až 10 MW. V ČR jsou tyto kotle instalovány v továrně LIRA v Českém Krumlově (4 MW), v Nové Cerekvi (2 MW) nebo v BTH Slavičín (1,6 MW).

Také firma Verner je schopna vyrábět kotle až do 2,5 MW. Kotle GOLEM pracují s účinností až 90%. Spalují jak kusové dřevo a pelety, tak i balíkovou slámu. Instalovány byly

např. v obci Bouzov, kde vytápějí 90% domácností nebo v obci Dešná u Jemnice či v obci Žlutice.

Na trhu je spousta výrobců kotlů s širokou výkonovou škálou. Většina kotlů pracuje s účinností 82 - 89% .

Tab. 2-8 Přehled předních výrobců kotlů na spalování biomasy [53]

Výrobce	Palivo	Výkonová řada [kW]	Účinnost kotle [%]
Atmos	kusové dřevo, hnědé uhlí	15 - 100	až 90
	pelety o ϕ 6-8 mm	4,5 - 22	
Attack	kusové dřevo	25, 35 a 45	až 85
Benekov	polena o délce až 400 mm, biomasu o zrnitosti do 25 mm	7 - 25	80 - 89
Bosh Termotechnika	kusové dřevo, hnědé uhlí	12 - 45	82 - 89
Dakon	kusové dřevo	20, 24, 28, 32 a 36	85 - 88
Fröling	štěpka, pelety, kusové dřevo	28 - 110	až 92
Hamont	pelety	40 - 100	82 - 89
Kohlbach Holding	štěpka, piliny	300 - 10 000	86 - 89
LING Krnov	pelety, dřevěné uhlí (ořech 2)	do 30	86 - 88
OPOP H 730	pelety, hnědé uhlí	22 - 31	až 86
Step Trutnov	balíková sláma, dřevní štěpka	400 - 5 000	85 - 91
STS Jindřich. Hradec	kusové dřevo	20, 28, 32, 40 a 55	82 - 89
Tractant Fabri J. N.	balíky slámy	150 - 800	až 86
Verner	kus. dřevo, pelety, obilí, kukuřice	20, 25 a 45	90 - 91
	štěpka, piliny	90 - 10 000	
Viessmann	kusové dřevo, polena	18, 25 a 40 (13MW)	85 - 89
Vimar	kusové dřevo, pelety	25, 40, 60 a 80	85 - 91

Pro potřebu vyrábět velké množství tepla při spalování uhlí a biomasy slouží fluidní kotle. Vyrábějí se na uhlí, na biomasu nebo na směs obou paliv. Mezi přední výrobce patří firma Kovosta-fluid a.s., která je schopna vyrobit až 20 MW kotel. Je-li kotel nový, dokáže pracovat s účinností až 90%. Po rekonstrukci starého fluidního kotle je účinnost 86%.

Tab. 2-9 Přední výrobci fluidních kotlů [15, 53]

Výrobce	Palivo	Výkonová řada [MW]	Účinnost kotle [%]
Kovosta - fluid a.s.	uhlí, odpadní biomasa	1 - 20	86 - 90
PolyComp	hnědé uhlí, štěpka, odpady	1 - 3	80 - 85

Mezi přední výrobce patří i Alstom, SES Bohemia Engineering, ČKD DIS. Tito výrobci dokáží vyrobit fluidní kotle až 100 MW a výše.

3 ENERGETICKÉ VYUŽITÍ BIOMASY V ČR

V současnosti je biomasa nejvíce využívána, při spalovacím procesu, k výrobě tepelné a elektrické energie. Jako biopaliva jsou nejvíce využívána dřevní a rostlinné hmoty ve formě:

- palivového dříví
- dřevních odpadů, pilin, kůry, štěpky a zbytků po lesní těžbě
- rostlinných materiálů
- briket a pelet
- celulózových výluhů
- dřevěného uhlí

Biomasu lze využít i pro výrobu kapalných paliv jako např. bio-láh nebo bio-nafta.

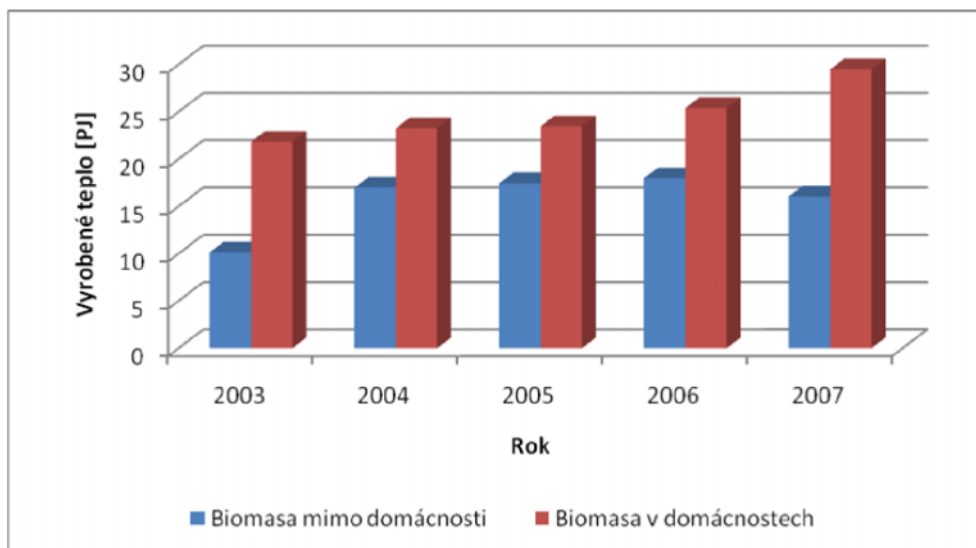
3.1 Výroba tepelné energie z biomasy

Pro výrobu tepla je biomasa ze všech OZE nejvíce využívána.

Biomasa je v současné době využívána více k výrobě tepelné energie než k výrobě energie elektrické. Hlavním důvodem je spotřeba velkého množství biomasy pro výrobu elektřiny. Proto se k výrobě elektřiny využívá metoda spalování biomasy s uhlím.

Výroba tepelné energie pouze z biomasy se využívá u malých kotlů (lokálně) nebo u středních kotlů (pro centralizované zásobování teplem). Důležitá je dostupnost biomasy. Dováželi se biomasa do vzdálenosti 50 km, je vyrobené teplo cenově výhodné. Tzn., že čím delší je vzdálenost dodávané biomasy, tím je teplo dražší. Jako biopalivo se nejvíce využívá dřevo a dřevní odpady, ve formě pelet, briket.

Obr. 3-1 Výroba tepelné energie z pevné biomasy od roku 2003 [15]



Výroba tepla z biomasy mimo domácnosti nevýrazně vzrostla v roce 2004 z 10 PJ na 17 PJ. Od té doby stagnuje. V roce 2007 se dokonce výroba snížila na 16 PJ.

Naopak výroba tepla z biomasy v domácnostech rok od roku narůstá. To je dáno i neustálým zvyšováním cen fosilních paliv, od kterých lidé v posledních letech upouštějí a vracejí se zpátky k vytápění dřevem.

V roce 2007 bylo celkem z pevné biomasy vyrobeno celkem 45,52 PJ. Podle ERÚ bylo v roce 2007 celkem z výroby dodáno přes 137 PJ ze všech palivových zdrojů.

Tab. 3-1 Výroba tepelné energie z OZE [15]

	Hrubá výroba tepla	Vlastní spotřeba včetně ztrát	Prodej tepla	Podíl na teple z OZE
	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[%]
Biomasa celkem	45 522 885	43 986 641	1 536 171	91,02
Biomasa mimo domácnosti	16 041 405	14 505 234	1 536 171	32,07
Biomasa domácnosti	29 481 407	29 481 407	/	58,95
Bioplyn celkem	1 009 220	695 586	67 336	2,02
Biologicky rozložitelná část TKO	1 887 668	386 572	1 519 096	3,77
Biologicky rozl. Část PRO a ATP	517 108	517 108	/	1,03
Tepelná čerp. (teplo prostředí)	925 567	925 567	nezajišťováno	1,85
Solární termální kolektory	152 405	152 405	nezajišťováno	0,30
Kapalní biopaliva	66	66	0	0,00
Celkem	50 014 849	46 892 245	3122603	100,00

Pevná biomasa má tedy nejvyšší podíl na výrobě tepelné energie (91%). Energetický přínos ostatních obnovitelných zdrojů při výrobě tepla není tak výrazný. Biologicky rozložitelná část spalovaných komunálních odpadů přispívá pouze 1,88 PJ. Výroba tepla z bioplynu přispívá ještě méně, a to 1,00 PJ.

3.1.1 Výroba tepelné energie z biomasy mimo domácnosti

Mimo domácnosti se využívá spalování biomasy zejména pro centralizované zásobování teplem (CZT), které se v posledních letech hodně rozmáhá, ale také v menších, například dřevozpracujících podnicích. Pro CZT se využívá kotlů s vyšším výkonem (od cca 1MW).

Z hlediska typu jsou nejvíce využívány celulózové výluhy (889 tisíc tun) a dřevní odpad, piliny, kůra, štěpka a zbytky po lesní těžbě (935 tisíc tun).

Ostatní biopaliva ve spotřebě, tím i ve výrobě tepla, hodně zaostávají.

Celkové množství spálené biomasy je téměř 2 000 000 tun. Pokud je předpokládán největší potenciál právě v této surovině, tak vývoj za poslední čtyři roky naznačuje jen pozvolný náběh jejího využívání [4, 6, 15, 16, 21].

Tab. 3-2 Přehled biopaliv pro výrobu tepelné energie mimo domácnosti [15]

Palivo	Hrubá výroba tepla	Vlastní spotřeba včetně ztrát	Prodej tepla	Spotřeba paliva
	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[t]
Odpad, štěpky, apod.	8 317 900	7 433 872	884 028	934 669
Palivové dřevo	569 990	561 429	8 561	54 635
Rostlinné materiály	260 082	209 412	50 669	22 259
Brikety a pelety	199 531	98 858	100 672	15 528
Celulózové výluhy	6 691 839	6 201 661	490 177	888 914
Ostatní biomasa	2 062	0	2 062	192
Biomasa celkem	16 041 405	14 505 234	1 536 171	1 916 200

3.1.2 Výroba tepelné energie z biomasy v domácnostech

K výrobě tepla v domácnostech se využívá zejména palivového dříví získaného z lesa, z údržby městské a venkovské zeleně, nebo získaného samosběrem či nákupem u obchodníků s palivy nebo u podniků disponujících touto surovinou. Patří sem i veškerý dřevní odpad – klestí, piliny, odřezky, staré palety či nábytek, stavební nebo dříve jinak využitě dřevo – tedy vše co je ze dřeva a čím lidé v domácnostech topí. Pelety, brikety a rostlinné materiály představují zatím pouze marginální podíl na této spotřebě.

Nejvíce se ke spalování využívá jehličnatého dříví, kterého se v roce 2007 spálilo přes 1 400 000 m³. Spolu s listnatým dřívím bylo spáleno téměř 1 800 000 m³ pevné biomasy. Oproti předcházejícímu roku došlo k meziročnímu zvýšení spotřebovaného biopaliva téměř o 450 000 m³. K tomuto nárustu spotřebovaného dřeva mohl pomoci pokles cen dřeva a také velké množství polomového dřeva.

Současně vzrostla i celková těžba dříví všech sortimentů (18 000 000 m³). Lze tedy předpokládat, že bylo k dispozici více lesních zbytků po těžbě (samosběr a samovýroba) a také při větším objemu zpracovávaného dříví i větší produkce palivového dřeva a dřevního odpadu na pilách či jiných dřevozpracujících podnicích.

Tab. 3-3 Odhad meziročního vývoje [15]

Rok	Spotřeba	Energie v použitém palivu	Teplo
	tuny	GJ	GJ
2003	2 653 477	34 495 195	11 820 358
2004	2 827 363	36 755 715	23 250 277
2005	2 852 206	37 078 678	23 454 572
2006	3 087 549	40 138 138	25 389 871
2007	3 585 103	46 606 334	29 481 407

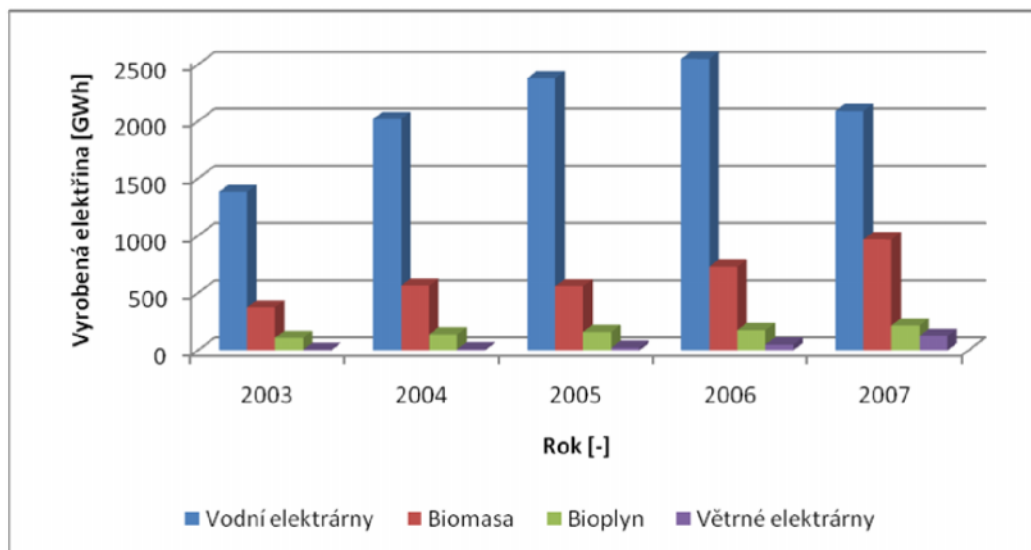
Spotřeba biomasy pro výrobu tepla rok od roku roste. V loňském roce bylo spotřebováno přes 3,5 milionu tun biomasy pro výrobu necelých 30 PJ [4, 6, 15, 16].

3.2 Výroba elektrické energie z biomasy

Výroba elektrické energie pouze z biomasy se u nás využívá jen u menších dřevozpracujících podniků, které si vyrábí elektřinu sami pro své účely. Mají dostatek vlastních zásob biomasy, které mohou spalovat. Jedná se o zbytky ze zpracování dřeva (piliny, hobliny). Podniky, které nemají dostatek svých zásob biomasy, ji musejí dovážet. Od vzdálenosti dovozu se odvíjí cena vyrobené elektřiny. Z důvodu nedostatku biomasy se tedy nevyplácí tuto surovinu, na výrobu čisté elektrické energie z biomasy, dovážet.

Proto se pro výrobu elektřiny využívá spíše spalování biomasy s fosilními palivy, nejčastěji u nás s hnědým uhlím nebo lignitem.

Obr. 3-2 Výroba elektrické energie z neprosperujících OZE od roku 2003 [15]



Mezi všemi OZE se k výrobě elektřiny nejvíce zapřičiňují vodní elektrárny. Následuje výroba elektřiny z pevné biomasy, bioplynu a výroba elektřiny z větrných elektráren. Ostatní OZE přispívají k výrobě elektřiny menší měrou. Nevýhodou vodních a větrných elektráren jsou jejich kolísavé roční výkony, které jsou závislé na množství vody u vodních elektráren a síle větru u elektráren větrných. Pevné biomasy, které se využívá při spalování s uhlím, je prozatím dostatek, a výroba elektřiny nestále stoupá. Přesto bylo elektrické energie z vodních elektráren v roce 2007 vyrobeno přes 2 GWh, biomasy necelá 1 GWh.

V roce 2007 se zvýšila hrubá výroba elektřiny ze 731 GWh na 968 GWh. K výrobě elektřiny bylo celkem použito 665 tisíc tun biomasy, což je podstatně více než v roce 2006, kdy byla spotřeba biomasy 512 tisíc tun.

Celkem činila hrubá výroba elektřiny z OZE 3 412,1 GWh. V roce 2006 to bylo 3 518,8 GWh. Hrubá výroba elektřiny z OZE tak meziročně klesla o 106,7 GWh [4, 6, 8, 15].

Tab. 3-4 Celková hrubá výroba elektřiny z biomasy [6, 15]

Rok	Počet výrobců	Výroba elektřiny [MWh]	Vlastní spotřeba vč. Ztrát [MWh]	Dodávka do sítě [MWh]	Přímé dodávky [MWh]	Spotřeba paliva [t]
2006	19	731 066,3	419 653,6	285 746,4	25 666,3	512 434,5
2007	22	968 062,9	562 606,7	403 706,0	1 518,3	665 376,3

3.2.1 Výroba elektrické energie z biomasy podle druhu paliva

Jako paliva se používají zejména dřevní odpady, piliny a štěpka. Spotřeba paliva v roce 2007 byla 403 tisíc tun. Menší nárůst spotřeby pro výrobu elektřiny zaznamenali oproti roku 2006 celulózoové výluhy (221 tisíc tun). Vzrostla i spotřeba pelet a briket, z 16 tisíc tun na 24 tisíc tun. Naopak klesla spotřeba rostlinných materiálů, a to z 62 tisíc tun na 16 tisíc tun.

Tab. 3-5 Výroba elektřiny z biomasy podle druhu paliva v roce 2007 [15]

	Výroba elektřiny [MWh]	Vlastní spotřeba vč. ztrát [MWh]	Dodávka do sítě [MWh]	Přímé dodávky [MWh]	Spotřeba paliva [t]
Dřevo, štěpka, odpad	427 531	101 263	326 239	0	402 986
Celulózoové výluhy	474 571	453 639	20 931	0	221 562
Rostlinné materiály	26 415	2 053	24 158	0	16 219
Pelety	39 211	5 651	32 042	1 518	24 321
Ostatní biomasa	334	0	334	0	286

Ostatní biomasou se rozumí speciální palivo vyrobené z biomasy a biologicky rozložitelného odpadu spadající pod „podporovaná“ paliva [4, 6, 8, 15].

3.2.2 Výroba elektrické energie v krajích

Výroba elektřiny z biomasy je regionálně vázána především na velké elektrárny a teplárny. Z tohoto důvodu se nejvíce elektřiny vyrábí v Ústeckém kraji (421,6 GWh), následuje kraj Moravskoslezský (170 GWh), ve značném odstupu jsou pak další kraje.

Oproti roku 2006 se ve většině krajů výroba elektřiny zvýšila. Nejvíce v krajích Ústeckém, Jihomoravském, Plzeňském a Královéhradeckém. V hlavním městě, libereckém a pardubickém kraji se elektřina z biomasy nevyrábí.

V Jihomoravském kraji byla v minulém roce výroba elektřiny z biomasy téměř zdvojnásobena, a to na 116 GWh [4, 6, 15, 16].

Tab. 3-6 Výroba elektřiny z biomasy podle krajů (GWh) [6, 15]

	2006	2007
Hlavní město Praha	0	0
Středočeský kraj	2,4	10,9
Jihočeský kraj	9,7	8,2
Plzeňský kraj	42,7	79,3
Karlovarský kraj	31,4	41,3
Ústecký kraj	290,0	421,6
Liberecký kraj	0	0
Královéhradecký kraj	59,5	92,0
Pardubický kraj	1,2	0
Kraj Vysočina	2,9	6,4
Jihomoravský kraj	62,7	116,0
Olomoucký kraj	37,5	17,6
Zlínský kraj	1,3	4,3
Moravskoslezský kraj	189,8	170,0
Celkem	730,1	967,6

3.3 Výroba pelet a briket

Brikety jsou druh ekologického paliva, vyráběného z biomasy. Materiálem pro jejich výrobu jsou nejčastěji čisté dřevní piliny, hobliny nebo oprané kůry, které vznikají jako vedlejší produkt dřevozpracujícího průmyslu. Dřevní odpady se nejprve podrtí na jemnou frakci, dále se vysuší na minimální vlhkost a nakonec se většinou bez jakéhokoliv pojiva lisují za vysokého tlaku a vysoké teploty do válcových nebo hranatých výlisků o vysoké hustotě. Brikety válcového tvaru mohou být připravovány s dírou uprostřed. Výjimečně se lisují brikety speciálních tvarů.

Briketami lze topit ve všech typech kamen, kotlů na tuhá paliva, krbů a zahradních grilů, apod. Vysoké energetické hodnoty umí nejlépe využít kotle na dřevoplyn, ve kterých se palivo nejprve zplyňuje a teprve potom se plyn spaluje s účinností až 90 %. Mezi výhody briket patří mimo jiné i velmi nízký obsah popele.

Pelety jsou zpravidla granule kruhového průřezu, které se vyrábějí na protlačovacích matricových lisech pod vysokým tlakem. Tím se dosahuje vysoké hustoty paliva, což je velmi důležité pro minimalizování jeho objemu na jednotku energetického obsahu. Pelety jsou sypkým palivem s vysokou výhřevností, nízkým obsahem popelovin a vody. Mají nízké nároky na skladovací prostory a umožňují automatizaci procesů spalování. Nejčastěji se vyrábí z měkkého dřeva z čistých suchých hoblovaček nebo z čisté směsi vlhkých katrových pilin z měkkého i tvrdého dřeva. Dále se mohou vyrábět z kůry stromů a z lesní štěpky. Nově se rozvíjí výroba pelet z rostlinných odpadů ze zemědělství, jako například ze stébel slámy, travin a bylin.

Výhřevnost pelet a briket se pohybuje mezi 14-19 MJ/kg, podle druhu materiálu.

V České republice se dřevní brikety vyrábí už od začátku 90. let. Výroba pelet začala o několik let později. Od roku 2004 se začali vyrábět pelety z rostlinného materiálu, tzv. Ekover – někdy nazývané jako ekologické palivo třetí generace.

Tab. 3-7 Výroba a užití briket a pelet [6, 15]

	2006		2007	
	Brikety	Pelety	Brikety	Pelety
	[t]	[t]	[t]	[t]
Kapacita výrobních linek	149 448	118 250	165 934	259 245
Celková produkce	113 969	53 283	113 316	101 679
Konečná dodávka na trh ke spotřebě	32 753	28 872	57 200	49 480
Spotřeba ve větších firmách	5 784	21 017	5 889	33 961
Spotřeba v malých firmách a domácnostech	26 969	7 855	54 141	16 244

V roce 2007 se zdvojnásobila kapacita výrobních linek na pelety a s tím i celková produkce vyrobených pelet. Bohužel téměř polovina vyrobených pelet i briket se vyváží do zahraničí. Ve větších firmách se spotřebuje více pelet než briket, zejména k výrobě elektřiny. Naopak v malých firmách a domácnostech se spotřebuje více briket, hlavně pro vytápění.

3.4 Vývoz biomasy

Jak již bylo řečeno, v České republice se téměř polovina vyrobených pelet a briket vyváží do sousedních zemí, převážně do Rakouska a Německa.

Obr. 3-3 Trh s biomasou v roce 2005 [3]



Tab. 3-8 Bilance zahraničního obchodu (v tunách) [6, 15]

	2006		2007		Index	
	Dovoz	Vývoz	Dovoz	Vývoz	Dovoz	Vývoz
Dřevo palivové	12 200	138 926	7 125	76 875	58%	55%
Štěpky, třísky dřevěné jehličnaté	25 463	65 220	36 862	101 032	145%	155%
Štěpky, třísky dřevěné ostatní	985	47 432	1219	72 820	124%	154%
Piliny dřevěné	8 446	80 288	6 893	137 964	82%	172%
Zbytky, dřevěný odpad	4 398	78 297	12 911	100 934	294%	129%
Brikety a pelety	3 240	106 292	7 591	102 115	234%	96%
Celkem	54 732	516 455	72 601	591 740	133%	115%

V roce 2007 bylo celkem vyvezeno necelých 600 tisíc tun biomasy. Nedostatek biomasy tak pociťuje zejména Skupina ČEZ, která plánuje v elektrárně Hodonín a Plzeňské elektrárně spalovat výhradně energetické plodiny nebo zbytky ze zemědělské produkce.

Česká biomasa se do ciziny vyváží především proto, že má v zahraničí větší podporu, a proto ji firmy mohou nakupovat za vyšší cenu. Do okolních států, zejména do Německa a Rakouska, tak putuje například více než devadesát procent ekologických pelet.

V Evropské unii, která chce být světovým lídrem ve využívání obnovitelných zdrojů, je obecně velký hlad po zelených surovinách.

Před několika lety se za tunu pelet platilo 2,5 až tři tisíce korun, teď už se cena přehoupala přes čtyři tisíce [4, 6, 10, 15].

3.5 Fungující aplikace v ČR

Jak již bylo zmíněno, v České republice se převážně biomasa využívá k výrobě tepla.

3.5.1 Výroba tepelné energie

Pro lokální vytápění se využívá kotlů s menšími nebo středními výkony (do 20kW). Tyto kotle jsou instalovány zejména v rodinných domech či menších budovách. V České republice si zajišťuje individuální vytápění asi 27% domácností.

K CZT se využívají kotle o vyšších výkonech, podle počtu zájemců. V České republice je asi 35% domácností napojených na centrální výtopny, 22% na malé výtopny a 16% je napojeno na ústřední vytápění.

V tabulce jsou uvedeny obce, které mají zaveden systém CZT. Výstavba těchto systémů zateplování se začala rozvíjet až v novém tisíciletí a vzhledem ke stoupajícím cenám zemního plynu a uhlí, se dá očekávat výraznější nárůst nových systémů CZT, které spalují biomasu. Ve většině případů se jako palivo používá štěpka, piliny, ale i sláma a lesní dřevní odpad. Velkou roli hraje dostupnost biomasy v dané lokalitě. Čím je doprava paliva ke kotelně kratší, tím je cena dodávaného tepla levnější. Průměrná cena dodávaného tepla se pohybuje kolem 340Kč/GJ. Proto je výhodou využití pilařských nebo jiných dřevozpracujících závodů.

Tab. 3-9 Přehled lokalit využívajících biomasu k výrobě tepelné energie [15]

Lokalita	Kraj	Rok zprovoznění	Instalovaný výkon [MW]	Celkový výkon [MW]	Počet napojených objektů
Nová Pec	Jihočeský	1996	2,2+1,1	3,3	48 objektů
Trhové Sviny	Jihočeský	1999	2,5+3,5+ORC	6,0	73 objektů
Hoštětín	Zlínský	2000	0,7	0,7	65 objektů
Hartmanice	Jihočeský	2000	2x1,75+0,88	4,4	75 objektů
Bouzov	Olomoucký	2001	1,8+0,6	2,4	116 objektů
Moravany u Kyjova	Jihomoravský	2001	0,4	0,4	4 objekty
Bystřice n. Pernštějnem	Vysočina	2001	2x4,5	9,0	80 objektů
Velký Karlov	Jihomoravský	2001	1,0	1,0	73 objektů
Třebívlice	Ústecký	2002	0,3+0,08	0,4	12 objektů
Jindřichovice p. Smrkem	Liberecký	2002	0,2+0,15	0,4	5 objektů
Žlutice	Karlovarský	2002	3x1,8+2,5	7,9	520 byt.j.
Roštín	Zlínský	2002	4,0	4,0	154 objektů
Rybnice	Ústecký	2003	0,6+0,4	1,0	24 objektů
Nový Bor	Liberecký	2003	2,2	2,2	*
Zlaté Hory	Olomoucký	2003	2x2,5+0,1	5,0	522 byt.j.
Slavičín	Zlínský	2003	1,6	1,6	35 objektů
Dříteň	Jihočeský	2004	2x1,0	2,0	105 RD 100 byt.j.
Kašperské hory	Jihočeský	2006	1,6+2,4	4,0	105 objektů
Valašská Bystřice	Zlínský	2006	0,6+0,9	1,5	70 objektů
Planá u Mariánských L.	Karlovarský	2006	1,7+1,7	3,4	700 byt.j.
Třebíč	Vysočina	2006	7+3+5+ORC	15,0	5412 byt.j.

Další CZT jsou instalovány například v Jablonci nad Nisou.

V září v roce 2009 má být dokončena rekonstrukce plynové teplovodní kotelny v Mohelnici na systém CZT.

3.5.2 Výroba tepelné energie spalováním biomasy s uhlím

K větším centrálním zásobárnám tepla se zařazují také teplárny. Spalování samotné biomasy je pro výrobu vyšších tepelných výkonů nereálné, z důvodu nedostatku paliva. Palivo je sice možné dovážet, ale s větší vzdáleností dovozu stoupá jeho cena a tím i cena vyrobeného tepla.

K výrobě tepla se tedy využívá technologie spalování uhlí a biomasy.

Při výrobě tepelné energie však vzniká i energie elektrická. Proto většina tepláren pracuje na principu kombinované výroby elektřiny a tepla (KVET).

3.5.3 KVET spalováním biomasy s uhlím

KVET spalováním pouze biomasy není u nás prozatím reálná, a to opět díky nedostatku paliva. Palivo je sice možné dovážet, ale s větší vzdáleností dovozu stoupá jeho cena a tím i cena vyrobené energie.

K výrobě elektřiny se tedy využívá technologie spalování uhlí a biomasy.

Zařízení tohoto typu výroby energie je v České republice hned několik. Z nichž převážná část zapadá pod Skupinu ČEZ.

Nejvíce vyrábí elektrickou energii elektrárna Hodonín. V loňském roce výrazně zvýšila produkci elektřiny z biomasy elektrárna Poříčí, a to o 51,7%. Celkem bylo vyrobeno elektrické energie téměř 327 GWh, což je nárůst 31,2% oproti roku 2007. Podle ERÚ bylo v roce 2008 vyrobeno celkem 175 693 GWh.

Tab. 3-10 Výroba z biomasy v elektrárnách Skupiny ČEZ v ČR [17]

Lokalita	Rok		Meziroční vzrůst
	2007	2008	
	[MWh]	[MWh]	[%]
Tisová	41249	44407	7,7
Poříčí	79247	120250	51,7
Dvůr Králové	12732	13021	2,3
Hodonín	115966	149231	28,7

Skupina ČEZ koupila elektrárnu v Jindřichově Hradci. Je to jediná elektrárna v ČR postavená přímo na spalování biomasy. V elektrárně Hodonín je ve zkušebním provozu jeden kotel, ve kterém se spaluje samotná biomasa. Ve druhém kotli se spaluje prozatím samotné uhlí.

Do skupiny KVET můžeme zařadit i teplárnu Trhové Sviny a teplárnu Třebíč, které mimo svojí hlavní výrobu tepla, vyrábějí i elektřinu. Obě tyto teplárny používají Organický Rankinův cyklus (ORC). Vyrobená elektrická energie v teplárně Trhové Sviny, je ročně 4200 MWe. Teplárna Třebíč vyrobí 5500 MWe a dodá teplo asi 5400 domácnostem.

Mezi další přední výrobce tepla spalující uhlí a biomasu patří teplárna Dvůr Králové, která vyrobí ročně kolem 500 TJ. Významná je i teplárna v Plzni a Písku, a také průmyslová teplárna ve Štětí [17].

4 ENERGETICKÉ VYUŽITÍ BIOMASY V EU A VE SVĚTĚ

Využití biomasy v členských státech EU-27 se výrazně liší především v závislosti na výskytu biomasy, hustotě obyvatelstva, stupně rozvoje energetiky a efektivitě podpory.

Ve využití biomasy k energetickým účelům si nejlépe vedou severní země (Švédsko a Finsko) a hned za nimi jsou naši sousedé (Rakousko a Německo). Špatně si nevede ani Lotyšsko s Francií.

Ve většině evropských zemí se využívá biomasa, jako u nás, k výrobě tepelné energie. Převážně se tedy využívá malých a středních kotlů.

4.1 Využití biomasy v EU

4.1.1 Severní země

Švédsko, Finsko

Švédsko patří mezi země nejvíce využívající biomasu v Evropě a vůbec mezi nevýznamnější země rozvíjející bioenergetiku. Ve Švédsku existují plány na podstatně vyšší využívání biomasy, která by měla v budoucnosti nahradit energii získanou z jaderných elektráren.

V současné době Švédsko využívá více než 18,5% energií z biomasy. Využívá především veškeré odpady z lesní těžby, přičemž dokladuje, že energie vložená do sběru, štěpkování i dopravy obnáší pouze 3 %, takže plných 97 % je energie využitelná pro výrobu tepla či elektřiny. Zdůrazňuje se zde rovněž velmi důsledně recyklace. Veškeré hmoty vytěžené z lesa jsou zpět navraceny, avšak až ve formě popele, který vzniká při spalování lesního odpadu v teplárnách. Popel je v lese rozmetán pomocí rozmetadla na hnojiva. Tak se vrací zpět minerální prvky, včetně prvků stopových, které jsou významné pro další úspěšné pěstitelské zásahy v lese. Tímto programem je rovněž zdůrazňována redukce CO₂ z ovzduší, neboť pouze zdatná intenzivní vegetace může přispět ke zlepšení bilance skleníkových plynů. Obdobným způsobem rozšiřuje program využívání energetické biomasy také Finsko [9, 37].

4.1.2 Sousední země

Rakousko

Naši jižní sousedé jsou ve zpracování biomasy o něco dále než my. Jen z biomasy se zde nyní využívá kolem 13% energie ze všech primárních zdrojů (plus další obnovitelné energie, jako je voda, vítr, solární energie apod.). Jedná se hlavně o biomasu odpadní, kde využívají dřeviny kolem silnic a dálnic, odpady dřevin z potoků, lesů, apod. Dále zpracovávají slámu a jiné organické odpady. Rakušané také hodně dováží, převážně pelet a briket, z České republiky.

Pro účely zpracování biomasy se zde vyrábí příslušná zařízení. Jedná se o různé kotle, o zařízení na výrobu biopaliv, jako jsou briketárny a zejména peletárny. V současné době je v Rakousku již plně zajištěn trh s dřenými peletami, takže je zde na tomto úseku již dosti významná konkurence [9].

Německo

V sousedním Německu je veliké množství zemědělské půdy pro možné pěstování energetických rostlin. Aby byla půda využita, snaží se Německo vybudovat tzv. Elektro-farmy. Cílem je vybudovat hustou síť co nejmenších provozních jednotek s produkcí elektrické energie v zemědělských i jiných malých provozech. Princip jejich funkce je založen na produkci plynů bohatých na vodík, které vznikají při konverzi biomasy. V hybridním Elektro-Farming procesu se biomasa přeměňuje pomocí páry a konvertuje při teplotě na plyn bohatý na vodík, který po vyčištění může být použitelný v molten-carbonátových nebo solid-oxidových vysokoteplotních palivových jednotkách.

Další možné využití je extrakce čistého vodíku pro využití v nízkoteplotních stacionárních palivových jednotkách při kogenerační výrobě elektrické energie, nebo jako palivo pro vodíkové pohonné hmoty. Celý systém tvoří řadu mezinárodních patentů. Při těchto procesech vzniká současně odpadní teplo. Může se zde využívat též přímá sklizeň zelené hmoty, kontaminované odpady, dřevo, i celé rostliny cíleně pěstované na přebytné půdě a další organická hmota. Demonstrační projekt, založený na tomto principu, bude uveden do provozu v r. 2001 v Brandenburku, kde bude zpracováváno 5 tun biomasy za 1 hodinu. Vzniklý plyn bude o cca 20% levnější, než např. běžný plyn, nebo nafta používaná pro stejné účely. Elektrofarmy tak mohou být zdrojem vodíku pro budoucí motorová vozidla s palivovými články za přijatelné ceny. Takto vzniklá "zelená" energie může být významným energetickým zdrojem pro řadu zemí, zejména pro rozvojové země [9].

Slovensko

Na Slovensku se nejvíce využívá dřevo, a to buď ve formě kusového dřeva nebo pelet či briket. Ostatní biomasa (sláma, trávy, len) je vcelku nevyužívána.

Z biomasy se na Slovensku vyrobilo cca 20% tepla. Má sice dostatek biomasy, ale nemá technologie na zpracování, tedy výrobu energií z biomasy. Slovensko má za úkol do roku 2020 docílit 14% hrubé spotřeby energie z obnovitelných zdrojů energie [38].

4.1.3 Ostatní státy EU

Dánsko

Velmi výrazný vzrůst využívání obnovitelných energií má v programu také Dánsko. Dle odhadů tamního ministerstva životního prostředí a energetiky, bude mít Dánsko v r. 2030 plných 35% energie z obnovitelných zdrojů.

Dánové se věnují hlavně konopí, ze kterého se využívají vlákna i ostatní části rostlin. Studují a vyvíjí se nové metody defibrikace, výroby celulosy, hemicelulosy apod. Využívají se meziprodukty a dále zpracovávají polymerizací i dalšími metodami pro zajištění výrobků různých vlastností. Z nich lze jmenovat např. různé izolační hmoty, výlisky do vnitřků automobilů, nebo i lisovaný nábytek, zejména židle apod. V Dánsku se věnují rovněž výrobkům ze škrobu, odpadního papíru, drcených plastů a jílu, z čehož po speciálním zpracování vznikají velmi zajímavé stavební materiály. Perspektivní jsou rovněž olejnatá semena.

Biomasa je využívána především k přímému spalování, avšak s vysokou účinností, a to především díky zplynování. Využívá se zde rovněž řada organických odpadů a to v bioplynových stanicích, které řeší nejen efektivní využívání organických hnojiv, zvl. kejdy, ale rovněž odpadů

vyžadujících hygienickou sanaci, jako jsou odpady z jatek a dalších potravinářských zpracovatelských podniků [9].

Švýcarsko

Ve Švýcarsku se také rozvíjí využívání bioenergetiky. Např. firma Schmid, která zde má již mnohaletou tradici s využíváním dřeva, vyrábí kotle na principu moderních efektivních technologií využívajících nejrůznější dřevní odpady k vytápění, včetně výroby elektřiny [9].

Španělsko

Španělsko využívá především odpady ze zemědělství a z lesnictví, ale také i odpady komunální. Využívá se zde rovněž sláma obilovin.

Vedle odpadní biomasy se využívá rovněž biomasa z cíleně pěstovaných rostlin, především eukalyptus a topoly, z bylin např. *Cyrena cardunculus*. Významným zdrojem biomasy jsou např. i pecky z mandlí, které mají vysokou výhřevnost a odpady ze zpracování oliv.

Využívá se rovněž biomasa pro tekutá paliva - pohonné hmoty, jako je bionafta a bioalkohol. K tomu slouží olejnaté rostliny, včetně oliv a slunečnice, a obiloviny. Pro bioalkohol se zkouší využívat též další rostliny, jako je např. topinambur. Z ekonomického hlediska se zdá být ovšem výhodnější sklizeň nadzemní části rostlin - celé lodyhy, ale je třeba znát, ve kterém stadiu vývoje mají největší obsah cukrů. Zpravidla to bývá na začátku květu, ale záleží rovněž na odrůdě. Tato technologie se dále intenzivně studuje [9, 12].

4.2 Fungující aplikace v zemích EU

Jak již bylo zmíněno, nejlépe si vedou ve spalování biomasy severní země, které spalují či spoluspalují převážně dřevní biomasu.

Tab. 4-1 Elektrárny spalující biomasu ve Švédsku [43]

Elektrárna / tepelná elektrárna	Rok zprovoznění	Instalovaný výkon [MW]	Celkový výkon [MW]	Druh paliva	Druh kotle
Handelo	1983	11+89	100	dřevo, uhlí, pneumatiky	Tampella
Värnamo	1997	6+9	15	dřevo	-
Lextorp	2006	3,5	3,5	odpadní dřevo	Wärtsilä Biopower
Eldaran	2007	2	2	dřevo	KMW Energi
Vallviks Bruk	2007	28	28	dřevo	Metso

Elektrárny na spalování biomasy se ve Švédsku začali budovat ve větší míře až po roce 2006. Hlavním důvodem je nahradit postarší elektrárny a také navýšit podíl OZE (hlavně z biomasy) na celkové spotřebě PEZ.

Tab. 4-2 Elektrárny spalující biomasu ve Finsku [43]

Elektrárna / tepelná elektrárna	Rok zprovoznění	Instalovaný výkon [MW]	Celkový výkon [MW]	Druh paliva	Druh kotle
Hovinsaari Rebuild	1996	17	17	dřevo, rašelina, uhlí	Enprima
Mylykoski	2001	12+21	33	dřevo, zemní plyn	Foster Wheeler
Jakobstad	2001	240	240	dřevo, rašelina, uhlí	Kvaerner
Kokkola	2002	20	20	dřevo, rašelina	Kvaerner
Savonlinna-3	2004	17	17	dřevo	Kvaerner
Wisapower	2004	150	150	černý louh	Andritz

Ve Finsku se s dřevní biomasou spaluje převážně rašelina, nebo i zemní plyn či uhlí. Elektrárny na spalování biomasy se začali budovat až v novém tisíciletí, kde nejvýkonnější je elektrárna Jakobstad. Mezi předními výrobci kotlů figuruje firma Kvaerner.

Tab. 4-3 Elektrárny spalující biomasu v Německu [43]

Elektrárna / tepelná elektrárna	Rok zprovoznění	Instalovaný výkon [MW]	Celkový výkon [MW]	Druh paliva	Druh kotle
Silbitz	2002	5,6	5,6	dřevo	Standardkessel
Wicker	2003	14,8	14,8	dřevo	PBS Třebíč
Machlin	2003	10	10	dřevo	Detroit Stoker
Königs-Wusterhausen	2003	20	20	dřevo	Foster Wheeler
Ulm	2004	9,6	9,6	dřevo	Standardkessel
BVA Hagen-Kabel	2005	20	20	dřevo	Standardkessel
Flohr	2005	7,5	7,5	dřevo, zemní plyn	-
Bischofferode	2005	20	20	dřevo lesnictví	Alstom
Lunen	2006	20	20	dřevo	Standardkessel
Bischofferode	2006	20	20	dřevo	Standardkessel
Baden-Baden	2006	5,2	5,2	dřevo lesnictví	Wärtsilä Biopower

Německo do roku 2000 nevyrábělo téměř žádnou čistou energii ve vyšších výkonech. „Boom“ nastal až v roce 2002 a trvá dodnes. Ke spalování využívá převážně dřevo. V roce 2003 byla uvedena do provozu elektrárna Wicker, do které dodala kotel firma PBS Třebíč.

V posledních letech nejvíce dodává kotle na spalování biomasy firma Standardkessel. Tyto kotle mají instalovaný výkon 20 MW.

V ostatních zemích EU se, stejně jako u nás, elektrárny spalující biomasu teprve budují. Ve většině zemí se ke spalování využívá dřevo. Dánové a Španělé využívají ve větší míře jako palivo slámu. V roce 2007 se k výrobě čisté energie zapojilo velkou měrou Skotsko, které postavilo

elektrárnu na spalování biomasy s instalovaným výkonem 57 MW. Letos je do provozu uvedena i elektrárna ve Walesu s instalovaným výkonem téměř 14 MW.

Očekávají se další nové elektrárny nebo tepelné elektrárny na spalování biomasy, zejména v Dánsku, Finsku, Francii, Portugalsku, ale i v Řecku a v Nizozemí, protože tyto země si stanovily podíl biomasy na vytápění bytů na 26%. [43]

Tab. 4-4 Elektrárny spalující biomasu v ostatních zemích EU [43]

Elektrárna / tepelná elektrárna	Stát EU	Rok zprovoz- nění	Instalovaný výkon [MW]	Druh paliva	Druh kotle
Grenaa	Dánsko	1992	17,9	sláma, uhlí	Volund
Mabjerg	Dánsko	1993	28,0	sláma, dřevo, plyn	Volund
Glanford	Anglie	1993	13,5	dřevo	Aalborg
Masnado	Dánsko	1996	8,3	sláma	Burmeister & vűz
Mortagua	Portugalsko	1999	9,0	dřevo	Volund
Sanguesa	Španělsko	2002	30,0	sláma	FLS Miljø
San Marco	Itálie	2002	20,0	dřevo	Standardkessel
Terni	Itálie	2002	10,0	dřevo	Lurgi
Kleindöttingen	Švýcarsko	2003	1,6	dřevo	-
Strongoli	Itálie	2003	40,0	dřevo	SES Tlmače
Balcas	S. Irsko	2005	2,7	dřevo	Vyncke
Linz Mitte	Rakousko	2005	8,9	dřevo	Aalborg
Amel	Belgie	2007	5,3	dřevo	Wärtsilä
Rodao	Portugalsko	2007	11,0	dřevo, zem. odpady	Kvaerner Pulping
Stevens Croft	Skotsko	2007	57,0	dřevo	Kvaerner
West wood	Wales	2009	13,8	dřevo	Aalborg

4.3 Využití biomasy ve světě

Nejen v Evropě je v posledních letech zájem o biomasu, ale i na ostatních světadílech (Amerika, Asie). V Asii nejvíce využívá biomasu Japonsko. V Americe jsou to USA, Kanada a Brazílie.

Japonsko

Japonsko disponuje velkým potenciálem v oblasti biomasy, 67% rozlohy pokrývají lesy. Biomasa byla využívána především v první polovině 20. století, později ji ale vytlačila jiná paliva. V současné době biomasa nepatří mezi nejdůležitější energetické zdroje. Přesto lze v Japonsku pozorovat pozvolnou renesanci v této oblasti a návrat k tomuto palivu. Japonská vláda roku 2002 schválila tzv. Japonskou strategii pro využití biomasy (Biomass Nippon Strategy) s hlavními cíli snížit množství emisí CO₂ vypouštěných do ovzduší a zabránit globálnímu oteplování planety. Poměrně důležité místo v této strategii zaujímají domácnosti. Bylo totiž zaznamenáno, že ze všech sektorů se nejvíce zvýšila produkce skleníkových plynů a emisí CO₂ právě v obytném sektoru. Za 15let (1990-2005) to bylo o 37,4%.

Také není běžný jeden centrální vytápěcí systém, ale spíš několik menších zdrojů. Pro potřeby vytápění a ohřev vody v domácnostech převládají elektrická kamna a především kerosonové a plynové kotle. Mnohé z nich nemají kouřovod a spaliny nejsou odváděny do komína, ale jsou uvolňovány přímo do místnosti. Kotle a kamna na pelety bohužel ještě nejsou tolik zastoupeny a nepatří k nejběžnějším systémům vytápění, přesto se i tato zařízení začínají postupně prosazovat v japonských domácnostech [39].

Čína

V Číně za posledních 20 let výrazně vzrostla spotřeba uhlí, přičemž využívání palivového dřeva a slámy pokleslo. Výroba elektřiny vzrostla přitom z 5% na 15 %, která pochází především z tepelných elektráren spalujících uhlí. V zájmu zachování celosvětové ekologické stability je proto nezbytné zabývat se takovýmto trendem a nedopustit další zvyšování koncentrace skleníkových plynů v ovzduší. Řešení spočívá především ve využívání biomasy a to zejména ve venkovských regionech, rovnoměrně rozptýlených po celé zemi. Je proto nezbytné začít systematicky těmto zemím pomáhat při zavádění bioenergetických programů. Stejně jako Čína jsou na tom stejně i v Indii, Brazílii a Venezuele, a také v Africe [9].

USA

Ve spojených státech také roste velký zájem o biomasu, a to hlavně z důvodu zdražování energií. Mimo dřeva spalují Američané obilí, slámu a další odpady, např. podestýlku hospodářských zvířat nebo pelety.

Poptávka po malých spalovnách spalujících obilí pro obytná zařízení je v USA mnohem větší než nabídka. Kamna a jiná spalovací zařízení stojí mezi 2800–3200 dolarů. Prodej kotlů spalujících obilí se během posledních pěti let každým rokem zdvojnásobuje (v roce 2005 se prodalo 30 000 těchto zařízení). Při ceně 1,85 dolarů za bušl (35,24 l) stojí jedna tuna obilí (kukuřice) 66 dolarů, což je cena srovnatelná s cenou za tunu uhlí. Co se týče výhřevnosti, nahradí 1,7 tuny obilí jednu tunu černého uhlí. Navíc ve srovnání s palivovým dřívím nebo uhlím je spalování obilí mnohem čistší. Většina zařízení spalujících obilí jsou konstruována i pro spalování peletovaných paliv. V USA je osm závodů na výrobu peletovaných paliv. Výhřevná hodnota jednotlivých druhů pelet závisí na použitém materiálu. Cena pelet se pohybuje v rozmezí 109 až 160 dolarů za tunu.

Pro výrobu elektřiny se využívá kromě dřevní hmoty i krocaního trusu, zejména ve státě Minnesota, která má rozsáhlý chov krocanů.

V USA se také ročně vyrobí téměř 2 500 milionů litrů bionafty z olejnatých rostlin, zejména sóji, která obsahuje 18,5% oleje. Například v oblasti White County se pěstuje sója na ploše 47 080 ha. Z jednoho hektaru se produkuje zhruba 476 litrů bionafty, a tak je z této oblasti možné získat až 28 milionů litrů bionaftového paliva spolu s 2800 tunami glycerolu (jako vedlejší produkt).

Také výroba etanolu je v USA důležitou přeměnou biomasy na paliva. Podle údajů Renewable Fuels Association v současnosti existuje téměř sto zařízení produkujících etanol. Jejich počet se bude rychle zvyšovat, je plánována výstavba dalších minimálně čtyřiceti podobných zařízení. V USA se ročně touto technikou vyprodukuje přibližně 1474 milionů litrů biopaliva. Pro výrobu bioetanolu se již používá výrazná část produkce obilí vypěstovaného v USA. Ceny etanolu nadále zůstávají vysoké [39].

4.4 Fungující aplikace ve světě

Stejně jako v České republice se nejvíce využívá biomasa ke spalování v malých a středních kotlích pro výrobu tepla. V USA jsou zavedeny i, již zmiňované, systémy centralizovaného zásobování teplem. V Japonsku nebo Číně si chudí lidé nemohou na vesnicích takový systém dovolit, a proto k vytápění využívají uhlí, v posledních letech i opět biomasu (dřevo).

Tab. 4-5 Elektrárny spalující biomasu v USA [43]

Elektrárna / tepelná elektrárna	Stát USA	Rok zprovoz- nění	Instalovaný výkon [MW]	Druh paliva	Druh kotle
Konvice Falls	Washington	1983	46,0	dřevo	CE
Fairhaven	Kalifornie	1986	18,0	dřevo, zemní plyn	RS
Alexandrie	New Hampshire	1987	16,0	dřevo	Zurn
Mesquite Lake	Kalifornie	1987	17,9	biomasa, hnůj	Lurgi
Wadham	Kalifornie	1989	30,0	rýžová sláma	Zurn
Craven County	Severní Karolína	1990	50,0	dřevo	Zurn
Rumford Cogen	Maine	1990	102,0	dřevo, uhlí	Pyropower
Livermore Falls	Maine	1992	39,6	dřevo	Zurn
Colmac	Kalifornie	1992	45,0	dřevo, zem. odpady	CE
Cadillac	Michigan	1993	40,0	dřevo	Zurn
Ashland	Maine	1993	39,6	dřevo	Zurn
Stone Forest	Arizona	2004	4,0	dřevo	-
SPI Lincoln	Kalifornie	2005	18,4	dřevo	McBurney
Fibrominn	Minnesota	2007	55,0	drůbeží podestýlka	Foster Wheeler
Snowflake	Arizona	2008	24,0	dřevo, papír odpadu	B & W

USA mají mnoho elektráren spalujících biomasu po celé zemi. Nejvíce je však zastoupen stát Kalifornie a stát Maine (leží na severovýchodě USA). Největší elektrárnou je Rumford Cogen v Maine s instalovaným výkonem 102 MW. Většina elektráren je však starších, a proto se v posledních letech začali budovat nové.

Jako palivo je převážně využito dřevo, ale využívá se i drůbeží podestýlka nebo rýžová sláma.

V 80. a 90. letech na trhu s kotli dominovala firma Zurn. Nyní je na trhu už více výrobců.

Elektrárny na spalování biomasy najdeme také v Jižní Americe, kde je dostatek dřevní hmoty. V asijských zemích se do rozvoje s bioenergetikou v posledních letech zapojuje Japonsko, ale i Čína, Thajsko a Indie. Jako palivo se v Thajských a Indických elektrárnách využívá rýže a cukrová třtina. V Číně mají elektrárnu na spalování slámy [43].

Tab. 4-6 Elektrárny spalující biomasu ve světě [43]

Elektrárna / tepelná elektrárna	Stát	Rok zprovoz- nění	Instalovaný výkon [MW]	Druh paliva	Druh kotle
Laja	Chile	1995	8,7	dřevo	-
Piratini	Brazílie	2001	10,0	dřevo, zem. odpady	-
Malavalli	Indie	2001	4,5	bagassa	-
Satya Maharshi	Indie	2004	7,5	dřevo, bavlna, rýže	ISGEC J.Thompson
Bang Mun nak	Thajsko	2005	22,0	rýže	McBurney
Miyazaki	Japonsko	2005	11,4	drůbeží podestýlka	-
Akaltara	Indie	2005	20,0	rýže, uhlí	-
Iwakuni	Japonsko	2006	10,0	dřevo	-
Roi Et	Thajsko	2006	9,8	rýže	Yoshimine Co Ltd
Suqian	Čína	2006	24,0	sláma	Shanghai

5 POTENCIÁL VYUŽITÍ BIOMASY

Využití biomasy je limitováno především dostupností půdy. Celková rozloha orné půdy v Evropě je 108,75 mil. ha. Asi dvě třetiny orné půdy jsou určeny pro zemědělské plodiny a zbylá třetina je k dispozici např. pro pěstování energetických plodin. Podle studie Evropské agentury životního prostředí bude potenciál biomasy v roce 2020 v EU 236 Mtoe. Toto číslo znamená značný potenciál rozvoje. Kromě zvýšení dostupnosti jednotlivých vnitřních zdrojů biomasy především z lesnictví a z využití odpadů se očekává také import. Odhaduje se, že celkově bude v roce 2020 importováno 25 Mtoe.

Využití energie biomasy je velmi různorodé. Do budoucna by se však biomasa měla využívat jen těmi nejefektivnějšími způsoby. Nejvyšší účinnosti lze dosáhnout při výrobě tepla, tedy více než 90 %. Z důvodů chybějící evropské podpory a bohužel také z důvodů chybějící podpory využití tepla v členských státech se tento sektor rozvíjí nejpomaleji. Aby se dosáhlo cíle Evropské unie, vznikl tzv. Akční plán pro biomasu [20, 50].

5.1 Akční plán

Akční plán byl přijat Evropskou komisí 7. prosince v roce 2005 a zohledňuje komplexní využívání biomasy na území ČR a EU a zvažuje i ostatní vlivy, jako je dovoz, vývoz, vývoj legislativy ve všech členských státech. Biomasa má široké možnosti využití a všechny podstatné využití by měli být v rámci Akčního plánu zohledněny – potravinářské využití, biomasa pro průmysl a energetická biomasa.

Akční plán má vyhodnotit stávající možnosti využívání biomasy a navrhnout způsoby a řešení pro optimalizaci procesů energetického i materiálového využívání biomasy s ohledem na:

- strukturu národního hospodářství
- aktuální vývoj v zemědělství
- kvalitu životního prostředí
- existenci tržních a podpůrných mechanismů
- očekávané trendy vývoje do roku 2020

Akční plán neorganizuje a nereguluje trh s biomasou a neplánuje určité kvóty výroby energie z jednotlivých druhů či forem biomasy [50].

5.1.1 Cíle akčního plánu pro EU

Cílem Akčního plánu pro EU je zdvojnásobení výroby elektrické energie z biomasy do roku 2010, a to na 75 Mtoe tepla z biomasy, 55 Mtoe elektřiny a 19 Mtoe kapalných biopaliv v dopravě. Celkem by tedy v roce 2010 mělo být vyrobeno 149 Mtoe z biomasy. To bude vyžadovat 1,5 násobný nárůst celkového využití biomasy, zdvojnásobení produkce elektrické energie a zvýšení využití biomasy v dopravě devítinásobně. Produkce biopaliv pro dopravu se za poslední 2 roky téměř ztrojnásobila, ale stanovený cíl je pořád značně vzdálený [4, 18, 20, 50].

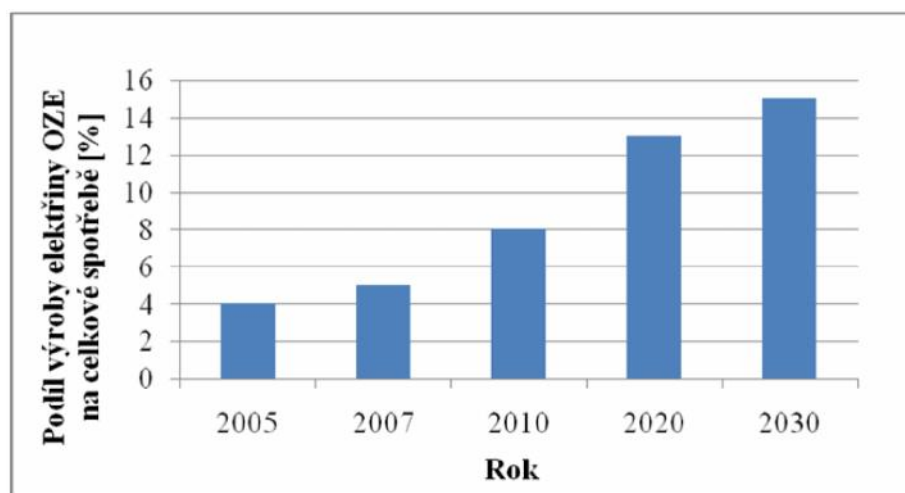
5.1.2 Cíle akčního plánu pro ČR

Česká republika má pro rok 2010 stanoven indikativní cíl 6 % podílu OZE na celkové spotřebě primárních zdrojů energie a 8 % podílu elektřiny z OZE na hrubé spotřebě elektřiny. V

roce 2030 by podle Státní energetické koncepce (SEK) měl činit podíl OZE na PEZ 15-16 %. V roce 2007 se podíl výroby elektřiny z OZE na celkové spotřebě činil 4,7%. Oproti roku 2005, kdy podíl činil pouze 4 %, to není nijak úchvatný nárůst. Biomasa se na výrobě tepelné energie z OZE v současné době podílí cca 90 % a na hrubé výrobě elektřiny cca 18 %, přičemž 3,7 % elektřiny pochází z velkých zdrojů, které spalují biomasu společně s fosilními palivy.

Dalším cílem akčního plánu je 5,75 % podílu kapalných biopaliv z celkového objemu PHM do roku 2010 a 10 % do roku 2020.

Obr. 5-1 Podíl výroby elektřiny z OZE na celkové spotřebě v letech 2005-2030 [15]



Vzhledem k výše uvedenému potenciálu OZE je možné očekávat nárůst využití biomasy zejména pro výrobu tepelné energie. Dosavadní trend tomu však neodpovídá, neboť nejvyšší meziroční nárůst zaznamenala větrná a vodní energie. Většímu nárůstu ve využívání pěstované biomasy, zejména při zakládání plantáží rychle rostoucích dřevin a vyššímu využívání kotlů na biomasu by mohla napomoci vláda, která začátkem roku 2009 vydala nové směrnice o dotacích.

Dotace se týkají zejména zateplení domů a bytů, ale jsou i dotovány zařízení na biomasu [4, 10, 20, 42, 50].

Tab. 5-1 Vybrané dotace na zdroje na biomasu [47]

Podporovaná opatření	Jednotka dotace	Výše dotace	Max.výše dotace
Zdroj na biomasu v RD s ruční dodávkou paliva s akumulací nádrží, nebo zdroj na biomasu se samočinnou dodávkou paliva	%	60	80 000
Zdroj na biomasu v RD s ruční dodávkou paliva bez akumulací nádrže	%	50	50 000
Zdroj na biomasu v BD	%	50	25 000

5.1.3 Zelený bonus

Zelený bonus je příplatek k tržní ceně elektřiny, který je pevně určen Energetickým regulačním úřadem. Výkupní ceny i zelené bonusy se nedají kombinovat. Výše zeleného bonusu v Kč/MWh je pro každý druh obnovitelného zdroje každoročně upravována a zveřejněna v cenovém rozhodnutí Energetického regulačního úřadu [58].

Tab. 5-2 Výše výkupních cen a zelených bonusů pro rok 2009 (Kč/MWh)[48]

Zdroj energie / datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny	Zelené bonusy
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O1 v nových výrobnách elektřiny nebo zdrojích po 1. lednu 2008 včetně	4490	2950
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O2 v nových výrobnách elektřiny nebo zdrojích po 1. lednu 2008 včetně	3460	1920
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O3 v nových výrobnách elektřiny nebo zdrojích po 1. lednu 2008 včetně	2570	1030
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O1 před 1. lednu 2008 včetně	3820	2280
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O2 před 1. lednu 2008 včetně	3130	1590
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O3 před 1. lednu 2008 včetně	2480	940
Výroba elektřiny společným spalováním palivových směsí biomasy kategorie S1 a fos.paliv	-	1350
Výroba elektřiny společným spalováním palivových směsí biomasy kategorie S2 a fos.paliv	-	690
Výroba elektřiny společným spalováním palivových směsí biomasy kategorie S3 a fos.paliv	-	40
Výroba elektřiny paralelním spalováním palivových směsí biomasy kategorie P1 a fos.paliv	-	1620
Výroba elektřiny paralelním spalováním palivových směsí biomasy kategorie P2 a fos.paliv	-	960
Výroba elektřiny paralelním spalováním palivových směsí biomasy kategorie P3 a fos.paliv	-	310

Zelený bonus může získat výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů elektřiny. Systém zelených bonusů je uveden v zákoně č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů.

Jestliže výrobce bude vyrábět „zelenou“ elektřinu, tedy z obnovitelných zdrojů, má provozovatel regionální distribuční soustavy nebo provozovatel přenosové soustavy povinnost od výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů vykoupit veškerý objem vyrobené elektřiny z daného zdroje. Při podpoře formou zelených bonusů si musí výrobce najít sám svého odběratele elektrické energie.

Cena za vyrobenou MWh se odlišuje, podle druhu paliva [48, 58].

Tab. 5-3 Kategorie pro výkupní ceny a zelené bonusy [48]

Kategorie	Účel
O1-O3	pro účely spalování čisté biomasy
S1-S3	pro účely společného spalování palivových směsí biomasy a fosilních paliv
P1-P3	pro účely paralelního spalování biomasy a fosilních paliv

Výhodou zelených bonusů je možnost ovlivnit výši výnosu na vyrobenou elektřinu, ovšem nevýhodou je nejistota 100% odbytu elektřiny na trhu [48].

6 SPOLUSPALOVÁNÍ BIOMASY S FOSILNÍMI PALIVY

Biomasa, převážně ve formě dřeva byla do poloviny 18. století nejvíce využívaným energetickým zdrojem energie. Jakmile byla objevena fosilní paliva, musela biomasa ustoupit do pozadí, a to z důvodu vyšší výhřevnosti a dostatečných zásob fosilních paliv.

Jenomže ropa, zemní plyn a v České republice převážně hnědé uhlí, jsou vyčerpatelné. Také při jejich spalování vzniká velké množství znečišťujících látek, zejména oxidu uhličitého (CO₂), který přispívá ke globálnímu oteplování a klimatickým změnám. Proto se v posledních letech vracíme opět k výrobě energií z biomasy.

Spalování čisté biomasy se v České republice využívá zejména k výrobě tepla a to v domácnostech a u menších kotlen s výkonem 1 MW, maximálně 5 MW. Tyto kotelny se využívají hlavně pro centralizované zásobování teplem (CZT) v obcích či v menších městech, ale hlavně tam, kde je dostatek biopaliva. Jedná se hlavně o okruh do 50 km, protože s větší vzdáleností stoupá cena paliva a také se vypouští z nákladních zásobovacích vozidel další CO₂. Účinnost spalování se pohybuje mezi 80-90%. Výhodou je minimální znečištění životního prostředí, ovšem nevýhodou je již zmíněný nedostatek paliva pro větší možnou výrobu energie.

Pro výrobu elektrické a tepelné energie vyšších výkonů (nad 5 MW) se donedávna využívalo spalování fosilních paliv v tepelných elektrárnách a teplárnách. Proces spalování probíhá na roštových ohništích nebo ve fluidních kotlích, kterých je v České republice většina. Jako fosilní palivo se v České republice využívá hnědé a černé uhlí (podle místa výskytu), na jižní Moravě lignit, což je nejmladší a nejméně karbonizované hnědé uhlí.

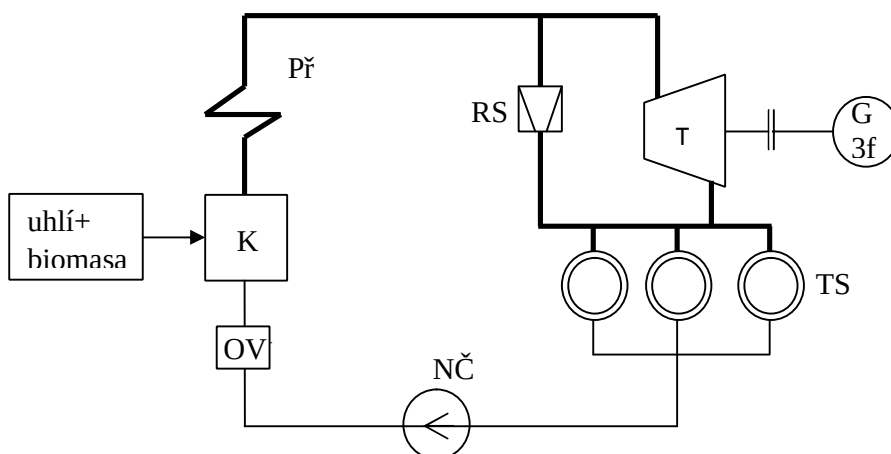
Jak již bylo zmíněno, spalováním fosilních paliv se znečišťuje naše planeta. Z tohoto důvodu a také důvodu vyčerpatelnosti fosilních paliv, tedy i zvýšením jejich cen, se elektrárenské bloky snaží o modernizaci tím, že spolu s uhlím spalují i biomasu.

6.1 Princip spalování

Princip spalování biomasy s uhlím se využívá u elektráren a tepláren vyšších výkonů, a to hlavně k výrobě tepelné a elektrické energie současně. Spalováním se snižují vzniklé emise oxidu uhličitého CO₂ do atmosféry a také se vykupuje zelená elektřina za zelené bonusy.

Spalováním biomasy s fosilními palivy je myšleno, že se biomasa přidává v nějakém poměru k fosilnímu palivu. Ve většině případů je poměr 80-90% tuhého paliva a 10-20% biomasy. Jako fosilní palivo převládá hnědé uhlí a jako biomasa se nejvíce využívá dřevní štěpky.

Obr. 6-1 Schéma teplárny spoluspalující biomasu [41]



OV – ohřívák, K – kotel, Př – přehřívák, RS – redukční stanice, T – turbína, G – generátor, TS – tepelný spotřebič, NČ – napájecí čerpadlo.

V teplárnách spoluspalujících biomasu s uhlím se využívá Rankin-Clausiusův cyklus.

Při najíždění spalovacího zařízení se musí dané zařízení zahřát na teplotu, při které může spalovat palivo o jmenovitých parametrech. Jako startovací palivo se používá zemní plyn. V minulosti se používalo dřevo postříkané naftou nebo mazut.

Plynový hořák najede na svůj minimální výkon a sleduje se průběh teplot ve spalovací komoře a v jiných částech spalínového traktu, včetně parametrů teplosměnného média a podle toho se postupně zatěžuje. Po dosažení minimální teploty ve spalovací komoře se začne dodávat základní palivo (uhlí) při současném snižování výkonu zapalovacího hořáku. K dopravě uhlí do spalovací komory jsou využity pásové dopravníky. Uhlí je rozemleté na prášek, vysušené a je vháněno ventilátory spolu se vzduchem do kotle. Jakmile dosáhne teplota ve spalovací komoře provozní hodnoty (800-900°C), odstavuje se startovací hořák. Protože spalování je ustálené a výkon je vyšší než minimální (minimální výkon cca 40-50% jmenovitého), je možné zahájit dávkování biopaliv. Při fluidním spalování je možné využít méně hodnotných biopaliv (dřevní štěpky), tedy i s vyšší vlhkostí. Čím vyšší má ale štěrka vlhkost, tím menší má výhřevnost. Je vhodné dávkovat pouze suchou štěrku, protože mokrá dovede i zhasnout kotel.

Při provozu a spalování méně kvalitního paliva se musí odsiřovat spaliny přímo ve fluidní vrstvě. Odsiřování se provádí přidávkou vápence. Je nutné stále sledovat teplotu spalování. Při nízkých teplotách (pod 850°C) vznikají emise oxidu dusnatého (N_2O). Po shoření paliva padá část popela do spodního prostoru ohniště jako struska, která je dopravována na úložiště odpadu. Část popílku je zachycována i v odlučovačích.

Do kotle je napájecími čerpadly dodávána chemicky upravená voda, kde se mění na páru. Pára svou vnitřní pohybovou energii předává na lopatky turbíny, kterou roztáčí. Protože je turbína spojena s generátorem, roztáčí se a přeměňuje mechanickou energii na energii elektrickou. Když pára odevzdá využitelnou energii, kondenzuje v kondenzátoru a vrací se zpět do kotle, kde se celý cyklus opakuje.

Pára vyrobená v kotli nemusí být využita pouze k výrobě elektřiny, může sloužit i k vytápění přilehlých obcí a měst. A to tak, že při expanzi páry se část odvádí ke spotřebitelům a část je

kondenzována v kondenzátoru, kde se ochladí, zkapalní se a napájecími čerpadly je voda opět vháněna do kotle.

Spoluspalováním biomasy s uhlím se však zvyšují náklady na provoz elektrárny. Musí se počítat se zásobníky a shrnovacími pluhy na biomasu, s vysušením a dopravou biomasy do kotle a v neposlední řadě se zásobováním biomasy, tedy dopravou [25, 40, 51, 52, 61].

6.2 Spalovací zařízení

Ke spoluspalování nebo spalování pro výrobu vyšších výkonů, tedy u tepelných elektráren a tepláren, je možné využít více zařízení. Nejvyšší účinnost mají teplárny se spalovacími motory (až 90%) a paroplynné elektrárny (až 87%).

Tab. 6-1 Základní parametry jednotlivých typů KVET [7]

Teplárna	elektrická účinnost	tepelná účinnost	celková účinnost	výkon teplárny
	[%]	[%]	[%]	[MW]
S parním strojem	8-12	60-67	68-87	0,1-2
S parními turbínami	12-15	6-8	72-80	0,2-10
Se spalovacími motory	32-41	44-53	82-90	0,1-10
Se spalovacími turbínami	23-38	36-50	68-85	2-100
Paroplynné	35-44	32-50	78-87	5-200 a více

6.3 Výhody a nevýhody spoluspalování

Velikou výhodou spoluspalování biomasy s uhlím je již zmíněné snížení emisí zejména CO₂, NO_x a SO₂, které znečišťují atmosféru.

Při spalování však vzniká popílek a při nižších teplotách i nespálené palivo. To se usazuje ve složišti popílku a nespáleného paliva, odkud se musí vybírat a odvážet. Popílek nepadá pouze do složiště, ale může projít i do atmosféry, i když je většina popílku zachycována v odlučovačích.

Při spoluspalování se musí biomasa někde skladovat, popřípadě sušit. Proto je nutné postavit kryté sklady a k nim i dopravníky, které budou suchou biomasu přidávat do spalovací komory k uhlí. Biomasa se nejčastěji dodává jako dřevní štěpka, proto se nemusí před kotelnou instalovat drtič nebo mlýn na úpravu štěpky.

Nevýhodou je i nedostatek biomasy v blízkém okolí elektrárny. Biomasa se musí do skladu dopravovat, a čím je trasa dopravy delší, tím je biopalivo dražší.

Tam, kde je ale dostatek biomasy, je vhodné spalovat pouze ji samotnou.

7 ENERGETICKÉ A EKONOMICKÉ HODNOCENÍ SPOLUSPALOVÁNÍ

Proces spoluspalování biomasy s fosilními palivy se v praxi využívá u kotlů s fluidním spalováním a to převážně s instalovaným výkonem kotle nad 10MW. Pro kotle s nižším instalovaným výkonem se využívá spalování pouze jednoho druhu paliva, tedy biopaliva, nebo uhlí. V dnešní době se díky zeleným bonusům a rostoucím cenám uhlí preferuje spíše biopalivo. Zvýhodněná je i kombinovaná výroba elektřiny a tepla, než samotná výroba tepla či elektřiny, při které se spotřebuje menší množství paliva a tím se sníží i vzniklé emise při spalování.

7.1 Rekonstrukce kotelný

Pro ekonomické a ekologické zhodnocení spoluspalování jsem si zvolil rekonstrukci staré teplárny. Tato rekonstrukce je fiktivní. Opírá se pouze o skutečné parametry kotle, turbíny a konzultované investiční náklady s firmou SES Bohemia Engeneering a Biber s.r.o.

Provozní náklady jsou pouze orientační a přibližné, protože tato hodnota je velmi citlivá informace, od které se odvíjí cena tepla a elektřiny.

7.1.1 Účel rekonstrukce

Hlavním účelem rekonstrukce kotelný je nahradit dosluhující kotel s roštovým spalováním novým kotlem s fluidním spalováním, a to hlavně z důvodu nedocílení zákonem daných emisních limitů a ukončení výroby elementů roštového zařízení. Ve fluidním kotli se počítá se spalováním hnědého uhlí a dřevní štěpky v poměru 85% uhlí a 15% štěpky. Je plánována také instalace parní protitlaké turbíny, protože vyrobená elektřina je dotována zelenými bonusy, díky kterým se dosáhne i vyšších výdělků než při výrobě samotného tepla.

7.1.2 Stávající stav

Teplárna je v provozu 240 topných dnů, což je 5760 provozních hodin. Ročně vyrobí téměř 300 TJ pro 2422 domácností. V kotelně je instalovaný dosluhující roštový kotel o výkonu 27MW. Při spalování je použito jako palivo hnědé uhlí, které je skladováno na skládce elektrárny. Skládka není zastřešená. Doprava uhlí je prováděna vlakovými vagóny. Do kotle je uhlí ze skládky dopravováno za pomoci dvou dopravních pásů, kde jeden slouží jako záložní, pro případ poruchy prvního [61, 66]

Tab. 7-1 Parametry kotle s roštovou technologií [66]

Parametry kotle		Jednotka
parní výkon	36	t/h
tepelný výkon	27	MW
jmenovitá hodnota (výstup z kotle)	465	°C
jmenovitý přetlak (výstup z kotle)	6,28	MPa
účinnost kotle	83,1	%

7.1.3 Navržený stav

Je navržen nový kotel s fluidním spalováním o stejných parametrech, jako je stávající. Jako palivo bude použito z 85% hnědé uhlí a z 15% dřevní štěpka. Uhlí bude na skládku dopravováno opět vlakovými vagóny a biopalivo bude na skládku dováženo kamionovou dopravou ve formě polen, které se posléze upraví za pomoci štěpkovacího stroje Bobr 82 [67].

Pro skladování dřevní štěpky se musí část skládky zastřešit, protože při vyšší vlhkosti než 30%, se může štěpka lepit například v drtičích.

Pro maximální využití vyrobené páry, se teplárna rozhodla vyrábět i elektřinu, na kterou se vztahují už zmíněné zelené bonusy. Je výhodnější a hlavně ekologičtější vyrábět teplo a elektřinu zároveň. Dle výstupních parametrů kotle je podle výpočtu americké firmy Dresser-Rand navržena parní protitlaká turbína, která dokáže vyrobit až 5,2 MW elektřiny [49].

Tab. 7-2 Parametry navržené turbíny [49]

Parametry turbíny		Jednotka
výstupní teplota	105	[°C]
otáčky	8000	[ot min ⁻¹]
elektrický výkon	5,2	[MW]

Teplárna bude vyrábět ročně přes 300 TJ tepla pro 2422 objektů s odběrem 6 kWh a téměř 30 GWh elektřiny [61].

Výpočet tepelného výkonu potřebného k výrobě tepla:

$$P_t = P - P_e = 27 \cdot 10^6 - 5,2 \cdot 10^6 = 21,8 \cdot 10^6 = 21,8 \text{ MW} \quad (7.1)$$

Výpočet tepla pro jednoho odběratele za rok:

$$Q_n = P_n \cdot h \cdot 3600 = 6 \cdot 10^3 \cdot 5760 \cdot 3600 = 124,416 \cdot 10^9 = 124,416 \text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (7.2)$$

Výpočet celkového vyrobeného tepla za rok:

$$Q_t = Q_n \cdot n = 124,416 \cdot 10^9 \cdot 2422 = 301,336 \cdot 10^{12} = 301,336 \text{ TJ} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (7.3)$$

Výpočet elektřiny vyrobené za rok:

$$E = P_e \cdot h = 5,2 \cdot 10^6 \cdot 5760 = 29,952 \cdot 10^9 = 29,952 \text{ GWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (7.4)$$

Na vlastní spotřebu je potřeba kolem 20% elektřiny. Pro vlastní spotřebu teplárny je výhodnější použít část vyrobené elektřiny než celou elektřinu prodat a následně si ji koupit zpátky. Do sítě se tedy ročně prodá téměř 24 GWh za rok [61].

Výpočet vlastní spotřeby elektřiny za rok:

$$E_{vs} = E \cdot \frac{20}{100} = 29,952 \cdot 10^9 \cdot 0,2 = 5,990 \cdot 10^9 = 5,990 \text{ GWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (7.5)$$

Prodaná elektřina do sítě za rok:

$$E_p = E - E_{vs} = 29,952 \cdot 10^9 - 5,990 \cdot 10^9 = 23,962 \cdot 10^9 = 23,962 \text{ GWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (7.6)$$

Pro výrobu tepelné a elektrické energie je potřeba spočítat množství paliva. Uvažuje se 85% uhlí a 15% štěpky. Výhřevnost hnědého uhlí je 17,16 MJ/kg a výhřevnost dřevní štěpky o vlhkosti 30% je 12,12 MJ/kg. Protože se biomasa přimíchává k uhlí, můžeme spočítat celkovou výhřevnost.

Výpočet výhřevnosti smíšeného paliva:

$$Q_c = Q_1 \cdot \frac{o_1}{100} + Q_f \cdot \frac{o_f}{100} = 12,12 \cdot \frac{15}{100} + 17,16 \cdot \frac{85}{100} = 16,404 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1} \quad (7.7)$$

Množství spáleného paliva na hodinu:

$$m_u = \frac{Q}{Q_c \cdot \eta_{el}} = \frac{P \cdot 3600}{16,404 \cdot 0,831} = 7,13 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1} \quad (7.8)$$

Množství spálené paliva za rok:

$$m_{u,r} = m_u \cdot h = 7,13 \cdot 5760 = 41\,072 \text{ t} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (7.9)$$

Ze 41 072 tun je potřeba 34 909 t hnědého uhlí a 6 160 tun štěpky za rok.

7.1.4 Investiční náklady

Nezbytnými zařízeními nové kotelný jsou elektrický odlučovač, vysokotlaký ventilátor, hořáky, nové potrubní rozvody, spojovací potrubí a armatury, dopravní pásy paliva, štěpkovací stroj a také systém kontroly a řízení kotle. Dále se musí upravit skládka paliva. Protože se uvažuje spalování štěpky o vlhkosti 30%, musí být část skládky zastřešena a zpevněna [66].

Tab. 7-3 Přehled investičních nákladů [61, 66, 67]

Položka	Cena [Kč]
Rekonstrukce skladu	7 600 000
Rekonstrukce kotelny	17 500 000
Palivové hospodářství	22 000 000
Kotel	200 000 000
Elektrický odlučovač	50 000 000
Vysokotlaký ventilátor	2 000 000
Hořáky	2 000 000
Potrubní rozvody	13 000 000
Systém kontroly a řízení	5 000 000
Elektrotechnická zařízení	1 000 000
Protitlaká turbína	52 000 000
Štěpkovací stroj Bobr 82	4 920 000
Montáž	42 500 000
Celkem	419 520 000

V cenách je zahrnuta i demontáž starého kotle a montáž nového kotle, spolu se zařízeními k němu nezbytnými. Ceny jsou přibližné a jsou konzultovány s firmou SES Bohemia Engineering a Biber s.r.o. Firma Ekol udává cenu turbíny kolem 10 000 Kč/kWh [61, 66, 67].

7.1.5 Provozní náklady

Jedním ze základních údajů pro posouzení provozních nákladů je spotřeba a cena paliva, kde je zahrnuta i doprava. Ceny paliv se liší podle regionů, vzdálenosti dodávky, ale hlavně podle výhřevnosti. Českomoravská komoditní burza udává cenu uhlí kostka za 1450 Kč/t. Biopalivo je na skládku dopravováno ve formě polen, kde se následně štěpí. Cena polena je cca 460 Kč/m. 2,5 m³ polen je rovno 1 t polen. Proto je cena štěpky 1150 Kč/t [56, 61].

Dále je uvažována výnosnost dodané elektřiny do sítě a tepla pro odběratele. Pro spalování je využito více el. zařízení, které spotřebují větší množství el. energie, tedy energie na vlastní spotřebu. Na vlastní spotřebu se uvažuje cca 10 - 20% elektřiny z celkové vyrobené elektřiny. Spalování štěpky s uhlím spadá do kategorie spalování S2, kde je výše zeleného bonusu 690 Kč/MWh. Protože tržní cena elektřiny je 1780 Kč/MWh, vyplatí se více z vyrobené elektřiny odečíst elektřinu na vlastní spotřebu a teprve zbylou elektřinu prodat do sítě než celou vyrobenou elektřinu prodat do sítě a zpátky si koupit elektřinu na vlastní spotřebu.

Do tepelného okruhu se musí přivádět i upravená voda. Množství spotřebované vody se udává 4-6% z celkového parního výkonu. Voda bude připojena na systém užitkové vody a vlastní úprava bude zajištěna jednotkou reverzní osmózy o příslušném výkonu. Cena vody je 50 Kč/m³.

Do provozních nákladů jsou zahrnuty i mzdy zaměstnanců. Uvažuje se čtyř-směnný provoz o čtyřech zaměstnancích s průměrnou hrubou mzdou 32 000 Kč/osobu [59, 61, 62].

Tab. 7-4 Provozní roční náklady [57, 59, 61, 63, 65]

Náklady	Množství		Cena		Cena za rok	
náklady na palivo						
štěpka	6 160	[t . rok ⁻¹]	1 150	[Kč . t ⁻¹]	7 084 000	[Kč]
hnědé uhlí	34 909	[t . rok ⁻¹]	1 450	[Kč . t ⁻¹]	50 618 050	[Kč]
náklady na vodu	12 096	[m ³ . rok ⁻¹]	50	[Kč . m ⁻³]	604 800	[Kč]
náklady na mzdy	16	[osob]	32 000	[Kč . os ⁻¹]	6 144 000	[Kč]
náklady na emise						
TZL	60	[t . rok ⁻¹]	3 000	[Kč . t ⁻¹]	180 000	[Kč]
SO ₂	800	[t . rok ⁻¹]	1 000	[Kč . t ⁻¹]	800 000	[Kč]
NO _x	120	[t . rok ⁻¹]	800	[Kč . t ⁻¹]	96 000	[Kč]
CO	8	[t . rok ⁻¹]	600	[Kč . t ⁻¹]	4 800	[Kč]
náklady na odpady						
popílek a škvára	7 043	[t . rok ⁻¹]	300	[Kč . t ⁻¹]	2 112 900	[Kč]
Celkem					67 644 550	[Kč]

Důležité jsou i náklady na emise a odpady. Hodnoty emisí a odpadního popílku jsou konzultované s teplárnou Strakonice a Otrokovice a měli by se přibližovat hodnotám reálným. Mezi vzniklé odpady patří popílek a škvára. Hodnota odpadů se udává podle obsahu popílku v palivu a podle množství paliva. Obsah popílku v biopalivu je 1% a v uhlí 20%. V odpadu je asi 90% popílku a 10% škváry. Odpady jsou odváženy na skládku, kde jsou určeny pro další možné zpracování, např. ve stavebnictví.

Další služby, jako například účetnictví, úklidové služby, apod. si zajišťuje město samo [61, 63, 65].

7.1.6 Vstupní parametry

Důležitými vstupními údaji jsou počáteční investice a roční provozní náklady, od kterých se odvíjí cena tepla a elektřiny.

Životnost kotle je 25 let. Dané zařízení je zařazeno do čtvrté odpisové skupiny a předpokládá se rovnoměrné odpisování. Minimální doba odpisování je 20 let. Odpisové koeficienty se udávají z tabulek. Pro první rok je ROS_1 2,5 a pro následující roky jsou odpisové koeficienty 5,15.

Požadovaná výnosnost investice za rok je 10% a daň ze zisku je 24%. Zelený bonus za vyrobenou elektřinu je 690 Kč/MWh. Cena tepla je zprůměrovaná a přibližně činí 400 Kč/GJ [48, 55, 61, 66, 67]

Tab. 7-5 Přehled vstupních parametrů [48, 55, 61, 66, 67]

Investiční náklady	K_i	419 520 000	[Kč . rok ⁻¹]
Provozní náklady	N_p	67 644 550	[Kč . rok ⁻¹]
Životnost kotle	n	25	[let]
Vyrobena elektřina	W_e	23 962	[MWh . rok ⁻¹]
Vyrobené teplo	W_t	301 336	[GJ . rok ⁻¹]
Výkupní cena elektřiny	C_e	690	[Kč . MWh ⁻¹]
Cena za prodané teplo	C_t	400	[Kč . GJ ⁻¹]
Požadovaná výnosnost	i	10	[%]
Odpisové koeficienty	ROS_1	2,5	[-]
	ROS_2	5,15	[-]
Daň zisku	D_z	24	[%]

7.2 Výhodnost investice na rekonstrukci

Ekonomická efektivnost nám hodnotí dosažené příjmy ve srovnání s výdaji na realizaci a provoz dané investice. Pro výpočet výhodnosti potřebuje znát vstupní parametry a provozní náklady na další období [55].

7.2.1 Výpočet provozních nákladů

Při výpočtu výhodnosti investice musíme uvažovat každoroční zvyšování cen ve všech odvětvích a také zvyšování mezd. ERÚ prozatím neuvádí prognózy na příští roky.

Protože uhlí ubývá, zvyšuje se jeho cena, a to až o 8% pro příští rok. V dalších letech by neměl být nárůst až tak drastický, měl by se pohybovat kolem 5%. Při zvýšení cen uhlí se předpokládá i zvýšení cen biopaliv.

Aby nadále klesali emise ze spalování, snižují se také zelené bonusy na spalování uhlí a biomasy. Stát tímto usiluje tuto výrobu energie znevýhodnit, a přejít tak na spalování čisté biomasy, která je více podporována. V roce 2008 činil tento bonus 790 Kč/MWh, nyní 690 Kč/MWh. Garance zelených bonusů je jeden rok, a to z toho důvodu, že jejich výše je závislá na ceně silové elektřiny a obecně klesá právě z důvodu jejího růstu. Silová elektřina se letos zvyšuje o 9-16%. Cena tepla se odvíjí od cen uhlí a biomasy. Průměrně se ročně zvedá o 20 Kč/GJ.

Ceny vodného a stočné také porostou, a to podle krajů od 6-13%. Růst mezd je díky ekonomické krizi navýšen jen o 3,6%, oproti loňským 4,7%. V dalších letech se počítá s postupným nárůstem mezd až k 5%.

Výpočet provozních ročních nákladů je uveden v příloze A [48, 57, 58, 59, 60, 61].

7.2.2 Výpočet aktualizovaného peněžního příjmu

Vzory výpočtů jsou brány pro první rok, tedy pro první řádek tabulky.

Roční tržby za vyrobenou elektřinu

$$T_e = W_e \cdot C_e = 23\,962 \cdot 690 = 16\,533\,780 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (7.10)$$

Roční tržby za vyrobené teplo

$$T_t = W_t \cdot C_t = 301\,336 \cdot 400 = 120\,400\,000 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (7.11)$$

Celkové tržby za vyrobené energie

$$T = T_e + T_t = 16\,533\,780 + 120\,400\,000 = 136\,933\,780 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (7.12)$$

Náklady na odpisy v prvním roce

$$N_{odp1} = K_i \cdot \frac{ROS_1}{100} = 419\,520\,000 \cdot \frac{2,5}{100} = 10\,488\,000 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (7.13)$$

Náklady na odpisy v dalších letech

$$N_{odp2-25} = K_i \cdot \frac{ROS_2}{100} = 419\,520\,000 \cdot \frac{5,15}{100} = 21\,605\,280 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (7.14)$$

Celkové náklady

$$N = N_p + N_{odp} = 67\,644\,550 + 10\,488\,000 = 78\,132\,550 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (7.15)$$

Roční hrubý zisk

$$Z = T - N = 136\,933\,780 - 78\,132\,550 = 58\,801\,230 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (7.16)$$

Daň ze zisku

$$D = Z \cdot D_z = 58\,801\,230 \cdot \frac{24}{100} = 14\,112\,295 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (7.17)$$

Roční čistý zisk

$$Z_D = Z - D = 58\,801\,230 - 14\,112\,295 = 44\,688\,935 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (7.18)$$

Peněžní příjem

$$P = Z_D + N_{odp} = 44\,688\,935 + 10\,488\,000 = 55\,176\,935 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (7.19)$$

Aktualizovaný peněžní příjem

$$P^A = \frac{P}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^n} = \frac{55\,176\,935}{\left(1 + \frac{10}{100}\right)} = 50\,160\,850 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (7.20)$$

Výpočty pro další roky jsou uvedeny v příloze B [55].

7.2.3 Výnosnost rekonstrukce

Čistá současná hodnota

$$NPV = \sum_{j=1}^n P_j^A - K_i = 512\,471\,951 - 419\,520\,000 = 92\,951\,951 \text{ Kč} \quad (7.21)$$

Rekonstrukce v požadované míře výnosnosti je výhodná. Proto můžeme spočítat dobu návratnosti rekonstrukce [55].

7.2.4 Doba návratnosti

Doba návratnosti je definována jako počet let, za které aktualizované peněžní příjmy dosáhnou počáteční investice.

Tab. 7-6 Rozdělení spalovacích zdrojů do skupin podle tepelného příkonu

Rok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P^A	50,161	47,528	44,097	40,683	37,762	34,836	32,049	29,404	26,902	24,542
P^A_C	50,161	97,689	141,786	182,468	220,231	255,066	287,115	316,518	343,420	367,962
Rok	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
P^A	22,322	20,239	18,289	16,469	14,773	13,197	11,734	10,381	9,130	7,977
P^A_C	390,283	410,522	428,811	445,280	460,054	473,250	484,984	495,365	504,495	512,472

P^A – aktualizovaný peněžní příjem v mil. Kč

P^A_C – celkový aktualizovaný peněžní příjem, tedy dosavadní výnos v mil. Kč

Výše investičního nákladu by se dosáhlo mezi 12 a 13 rokem.

$$DN = \frac{n + (K_i - P_{Cn}^A)}{P_n^A} = \frac{12 + (419,520 - 410,522)}{20,239} = 12,45 \text{ roků} \quad (7.22)$$

Investiční náklady by se nám vrátili za necelých 13 let.

Tato investice je sice výnosná, ale není zde započítána případná hypotéční půjčka. V případě půjčky by do celkových nákladů musely být započítány i náklady na úroky, které by nebyly nikterak malé. Celkový výnos rekonstrukce kotelny by se tak pohyboval někde kolem vložené počáteční investice a tím by nebyla rekonstrukce výnosná [68].

7.3 Energetické zhodnocení

7.3.1 Emisní limity

Z hlediska energetického zhodnocení je spalování uhlí na roštových kotlích velice neefektivní, hlavně z důvodu nedocílení zákonem daných emisních limitů. Proto je výhodnější při výrobě tepla a elektřiny k fosilnímu palivu přidávat i biomasu, díky které se docílí snížení emisí vzniklých při spalování.

Emisními limity jsou myšleny nejvýše dovolené množství znečišťujících látek nebo stanovené skupiny znečišťujících a pachových látek, které jsou vypouštěné do ovzduší. Jsou vyjádřené jako hmotnostní koncentrace znečišťující látky v odpadních plynech za jednotku času nebo hmotnost znečišťující látky vztahovaná na jednotku produkce, lidské činnosti nebo jako počet pachových jednotek na jednotku objemu nebo jako počet částic znečišťující látky na jednotku objemu. Emisní limity jsou stanoveny, podle tepelného výkonu daného spalovacího zdroje, do čtyř skupin [54].

Tab. 7-7 Rozdělení spalovacích zdrojů do skupin podle tepelného příkonu [54]

Zdroj	Tepelný výkon
malé	do 0,2 MW
střední	0,2 MW - 5 MW
velké	5 MW - 50 MW
zvláště velké	nad 50 MW

Emisní limity při spalování tuhých paliv jsou vztaženy k referenčnímu obsahu kyslíku 6% při spalování biomasy 11% a při spalování kapalných a plyných paliv při obsahu kyslíku 3%.

Tab. 7-8 Emisní limity podle jm. tepelného výkonu spalovacího zařízení v $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ [65]

Druh paliva a topeniště	0,2 - 5 MW				> 5 - 50 MW			
	SO ₂	NO _x	TZL	CO	SO ₂	NO _x	TZL	CO
Tuhé palivo ve fluidním topeništi	2500	650	250	650	800	400	100	250
Tuhé palivo ve výtavném topeništi	2500	1100	250	650	2500	1100	150	400
Tuhé palivo v ostatních topeništích	2500	650	250	650	2500	650	150	400
Biomasa	2500	650	250	650	2500	650	250	650
Kapalné palivo	-	500	100	175	1700	450	100	175
Plynné palivo obecně	35	200	-	100	35	200	-	100
Plynné palivo mimo veřejné distribuční sítě	900	200	50	100	900	200	50	100
Propan, butan a jejich směsi	35	300	50	100	35	300	50	100

Na fiktivní rekonstrukci fluidního kotle se vztahují emisní limity pro velké zdroje, kde ovšem nejsou přímo uvedeny emisní limity pro spoluspalování biomasy s fosilním palivem. Podle přílohy č. 6 nařízení vlády č.147/2007 Sb., se musí tyto emisní limity přepočítat.

Tab. 7-9 Emisní limity pro spoluspalování biomasy s uhlím v $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ [65]

27 MW			
SO ₂	NO _x	TZL	CO
988	428	117	294

Tyto vypočítané limity se vztahují přímo na navržený fluidní kotel fiktivní teplárny.

Pro zvláště velké spalovací zdroje jsou podle § 54 ods. 7 a 8 zákona stanoveny emisní limity do tří skupin, podle roku uvedení do provozu.

Měření emisních limitů se provádí přímo na daném stacionárním zdroji. Pokud má stacionární zdroj více komínů, provádí se měření na každém z nich. Měření a vyhodnocení naměřených hodnot se provádí autorizované osoby nebo firmy [61, 65].

7.3.2 Emisní povolenky CO₂

V souvislosti s emisními limity je důležité se zmínit i o emisních povolenkách na emise skleníkových plynů, kde při spalování uhlí je hlavní látkou, vypouštěnou do ovzduší, oxid uhličitý (CO₂).

O povolenkách pojednává zákon č. 695/2004 Sb., v platném znění. Zákon zpracovává příslušné předpisy Evropských společenství a v souladu s Rámcovou úmluvou OSN o změně klimatu stanovuje např. postup při vydávání povolení k emisím skleníkových plynů nebo postup při vydávání a přidělování emisních povolenek.

Pro ČR je stanoven limit vypouštění CO₂ do ovzduší na 97,6 milionů tun ročně. V loňském roce bylo naměřeno „pouze“ 83 milionů tun, což je 15% pod limitem. Výše povolenek by měla být stejná do roku 2012. Povolenky jsou bezplatné a jedna povolenka se vztahuje na jednu tunu do vzduchu vypouštěného CO₂.

Povolenky se přidělují na pět let a na konci pětiletého období se s nimi může obchodovat. Podnik, který nevyužije všechny povolenky, je může prodat jinému podniku, kterému naopak povolenky chybí. Cena povolenky se na evropském trhu pohybuje kolem 15 Eur. Výše povolenky se nesmí promítnout v konečné ceně energie. A podniky nesmí shromažďovat povolenky pro příští období [61, 65, 69, 70].

8 LEGISLATIVA

Rád bych v této kapitole vymezil alespoň základní přehled vyhlášek a zákonů, které se týkají mého tématu. Je jich poměrně velké množství a je třeba poznamenat, že dochází k jejich časté novelizaci. Pro lepší přehled jsem je rozdělil do jednotlivých oddílů následovně:

8.1 Energetické využití biomasy

- Ministerstvo životního prostředí stanoví podle č. 180/2005 Sb., **o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů)**, který uvádí ve svém §1:

Tento zákon upravuje v souladu s právem Evropských společenství

- 1) způsob podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a z důlního plynu z uzavřených dolů a výkon státní správy a práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené.
 - 2) Účelem tohoto zákona je v zájmu ochrany klimatu a ochrany životního prostředí
 - a) podpořit využití obnovitelných zdrojů energie (dále jen "obnovitelné zdroje"),
 - b) zajistit trvalé zvyšování podílu obnovitelných zdrojů na spotřebě primárních energetických zdrojů,
 - c) přispět k šetrnému využívání přírodních zdrojů a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti,
 - d) podmínky pro naplnění indikativního cíle podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě elektřiny v České republice ve výši 8 % k roku 2010 a vytvořit podmínky pro další zvyšování tohoto podílu po roce 2010.
- 453/2008 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy, ve znění vyhlášky č. 5/2007 Sb.
 - 5/2007 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 482/2008 Sb., o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy
 - 482/2005 Sb. Vyhláška o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy

Vyhláška stanoví druhy a způsoby využití biomasy, na které se z hlediska ochrany životního prostředí vztahuje podpora podle zákona (dále jen „podpora“). Vyhláška dále stanoví parametry biomasy, podle kterých se stanovují kategorie biomasy s odlišnou podporou výroby elektřiny.

- 475/2005 Sb. **Vyhláška, kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů**

Tato vyhláška stanoví termíny a podrobnosti výběru způsobu podpory elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů, termíny oznámení záměru nabídnout elektřinu vyrobenou z obnovitelných zdrojů k povinnému výkupu a technické a ekonomické parametry.

8.2 Emisní limity

- 206/2006 Sb. Nařízení vlády, kterým se mění nařízení vlády č. 352/2002 Sb., **o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší)**, ve znění zákona č. 92/2004 Sb., zákona č. 180/2005 Sb. A zákona č. 385/2005 Sb.
- 86/2002 Sb. V platném znění, **o ochraně ovzduší**
- 146/2007 nařízení vlády, **o emisních limitech a dalších podmínkách provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší**

8.3 Dodávky energie

- 540/2005 Sb. Vyhláška **o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice**
- Energetický regulační úřad (dále jen “Úřad”) stanoví podle § 98 ods.7 zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění zákona č. 670/2004 Sb., k provedení § 17 ods.7 písm. a) energetického zákona:

Tato vyhláška stanoví požadovanou kvalitu dodávek a služeb souvisejících s regulovanými činnostmi v elektroenergetice, včetně výše náhrad za její nedodržení, lhůt pro uplatnění nároku na náhrady, a postupy pro vykazování dodržování kvality dodávek a služeb.

- 502/2005 Sb. Vyhláška o stanovení způsobu vykazování množství elektřiny při společném spalování biomasy a neobnovitelného zdroje

Tato vyhláška stanoví při společném spalování biomasy a neobnovitelného zdroje způsob vykazování množství elektřiny z obnovitelných zdrojů, způsob vykazování skutečného nabytí množství biomasy a její kvalitu a způsob vykazování skutečného využití veškeré nabyté biomasy pro účely výroby elektřiny.

- 478/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 150/2001 Sb., kterou se stanoví **minimální účinnost užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie**
- 475/2005 Sb. Vyhláška, kterou se provádí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů, která ruší vyhlášky 673/2004 Sb.; 542/2005 Sb.
- 439/2005 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví podrobnosti způsobu určení množství elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla a určení množství elektřiny z druhotných energetických zdrojů
- Ministerstvo průmyslu a obchodu (dále jen “ministerstvo”) stanoví podle článku II bodu 17 zákona č. 670/2004 Sb., kterým se mění zákon č. 458/2000 Sb., **o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)**, k provedení § 32 ods.6 zákona.

- 426/2005 Sb. Vyhláška **o podrobnostech udělování licencí pro podnikání v energetických odvětvích.**
- Energetický regulační úřad (dále jen “Úřad”) stanoví podle § 98 odst.7 zákona č. 458/2000 Sb., **o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)**, ve znění zákona č. 670/2004 Sb., (dále “zákon”) k provedení § 5 odst.9, § 7 odst.5 a § 17 odst.7 písm. i) a j) zákona:

Tato vyhláška stanoví členění licencí pro účely regulace, vzory žádostí k udělení, změně a zrušení licence, náležitosti prohlášení odpovědného zástupce, způsob určení vymezeného území a provozovny, prokázání vlastnického nebo užívacího práva k užívání energetického zařízení, podrobnosti o finančních a technických předpokladech a způsobu jejich prokazování pro jednotlivé druhy licencí, podrobnosti prokazování odborné způsobilosti.

9 ZÁVĚR

Biomasa představuje asi dvě třetiny všech obnovitelných zdrojů v Evropě a patří mezi nejrychleji rostoucí odvětví obnovitelné energetiky. Využívání biomasy pro energii má nesporný význam nejen pro získání obnovitelných energetických zdrojů, ale rovněž z celé řady dalších důvodů. Prozatím dostatečné zásoby tohoto biopaliva lze u nás úspěšně zajistit. Je třeba důsledně využívat veškeré lesní a dřevní odpady a současně využívat přebytkovou zemědělskou půdu pro produkci energetických rostlin.

Biomasa se podle obsahu vody rozděluje na mokrou a suchou. K získání energie z biomasy se využívá několika přeměn, z nichž nejúčinnější je termochemická přeměna ve formě spalování. Spalováním se vyrábí tepelná a elektrická energie.

Využívání biomasy k výrobě tepelné či elektrické energie rok od roku stoupá. Je to dáno zejména stoupající cenou fosilních paliv. Z tohoto důvodu lidé přecházejí zpátky na spalování biomasy, nejčastěji odpadního dřeva z prořezávek lesů nebo zbytků z dřevozpracujících průmyslů. V posledních letech se lidé snaží biomasu také pěstovat. Nejvíce pěstovanou plodinou je krmný šťovík, který vydrží na místě až 10 let.

Využití biomasy k energetickým účelům je v dnešní době na 4,77%. Proto, aby se výroba energie z biomasy zvýšila, byl přijat v roce 2005 Akční plán. Ten uděluje České republice do roku 2010 výrobu elektrické a tepelné energie z biomasy téměř zdvojnásobit, a to na 8%. Tento cíl bude velmi těžké splnit, protože mnoho tisíc tun biomasy, nejčastěji ve formě pelet a briket, se vyváží do zahraničí. V roce 2007 se vyvezlo téměř 600 000 t biomasy.

Pro ekonomické a ekologické zhodnocení spoluspalování biomasy s uhlím jsem si zvolil rekonstrukci fiktivní teplárny se starým roštovým kotlem. Kotel byl z důvodu nedocílení zákonem daných emisních limitů a také dosluhujícího zařízení nahrazen novým kotlem s fluidní technologií o výkonu 27MW. Ve fluidním kotli je plánováno spalování 85% hnědého uhlí a 15% štěpky. Byla uvažována také instalace parní protitlaké turbíny pro výrobu elektřiny. Pro uskladnění štěpky se muselo počítat i se zastřešením části skládky paliva. Investiční náklady na rekonstrukci kotelní a skládky se vyšplhali na bezmála 420 mil. Kč. Investiční náklady byly konzultovány s firmou SES Bohemia Engineering a Biber s.r.o.

Pro posouzení výhodnosti investice je třeba znát mimo investiční náklady i náklady provozní. Asi nejdůležitějším článkem provozních nákladů je cena a spotřeba paliva. Ceny paliv se liší podle oblastí a vzdálenosti dodávky. Protože jsou neobnovitelné zdroje vyčerpitelné a pomalu se blíží energetická krize, ceny uhlí porostou minimálně o 8%. Tím se budou zvyšovat i ceny elektřiny a tepla. Předpokládá se, že mnoho lidí, kteří budou mít tu možnost, přestane topit uhlím a přejde na topení biopalivy. S poptávkou ale poroste i cena. Proto se předpokládá i růst cen biopaliv. Protože cena štěpky se pohybuje kolem 1500 Kč/t a výše, je výhodnější štěpit si dřevo přímo na skládce paliva. Tedy dovážet polena z lesů a pořídit si štěpkovací stroj. Takto vychází cena vlastní vyrobené štěpky na 1150 Kč/t.

Teplárna je schopna vyrábět 300 PJ a téměř 24 GWh. K tomu spotřebuje téměř 35 000 tun hnědého uhlí s výhřevností 17,16 MJ/kg a přes 6 000 tun štěpky s výhřevností 12,12 MJ/kg. Při spalování paliva uniká do ovzduší určité množství škodlivých látek - emisí, které je potřeba hlídat. Při spalování vznikají také odpady, popílek a škvára. Množství je dáno podle obsahu popílku v palivu. Uhlí obsahuje 20-25% popílku a biomasa do 1%.

Do provozních nákladů jsem dále zahrnul náklady na mzdy a na užitkovou vodu. V prvním roce činily provozní náklady 67,7 mil. Kč.

Výroba elektřiny spoluspalováním biomasy s fosilním palivem spadá do kategorie spalování S2, tudíž se na ni vztahuje zelený bonus ve výši 690 Kč/MWh. Garance zelených bonusů je jeden rok, a to z toho důvodu, že jejich výše je závislá na ceně silové elektřiny a obecně klesá právě z důvodu jejího růstu. Silová elektřina se letos zvyšuje o 9-16%. Cena tepla se pohybuje mezi 350-450 Kč/GJ a odvíjí se od ceny vstupního paliva teplárny. Předpokládám, že se ročně navýší o 20 Kč/GJ, tedy podle ceny vstupního paliva.

Celkové tržby za energie v prvním roce činily 136,9 mil. Kč. Podle výpočtu v podkapitole 7.2.2 a Přílohy B byl aktualizovaný peněžní příjem pro první rok přes 50 mil. Kč.

Výhodnost investice je počítána podle doby odpisů na 20 let (Příloha A), protože tato rekonstrukce spadá do čtvrté odpisové skupiny. Za tuto dobu budou jednotlivé ceny a mzdy narůstat. Za 20 let činí celkový aktualizovaný peněžní příjem téměř 512,5 mil. Kč.

Po odečtení počáteční investice, která je 420 mil. Kč jsem zjistil, že by rekonstrukce kotelný byla výnosná. Doba návratnosti investice by byla za necelých 13 let.

Přesto, že je rekonstrukce výnosná, není v ní započítána možná hypotéční půjčka. V takovém případě by díky úrokům byla rekonstrukce nevýhodná, protože by se aktualizovaný peněžní příjem pohyboval v hodnotách počáteční investice.

Proto si myslím, že takové rekonstrukce postarších kotelen jsou v režii spíše velkých společností, jako jsou ČEZ nebo Dalkia, které mají vysoké obraty, tím i dostatečný kapitál a mohou si takové projekty dovolit. Pro menšího výrobce by byla záchranou pouze státní či evropská dotace.

Ve většině případů menší výrobci vyrábějí převážně tepelnou energii pro CZT a elektřinu maximálně pro vlastní spotřebu. Při této výrobě energií se kotle pohybují ve většině případů ve výkonech do 10 MW a spalují čistou biomasu nebo uhlí. Nové výtopny spalují spíše biomasu z důvodu snížení znečišťujících látek vzniklých při spalování.

Aby nedocházelo k nadměrnému znečišťování ovzduší, jsou stanoveny emisní limity. Dle zákona č.147/2007 Sb. jsou stanoveny emisní limity pro stacionární zdroje podle roku uvedení do provozu. Zdroje jsou rozděleny na malé, střední, velké a zvláště velké.

Pro kotle, které spalují více druhů paliv, nejsou přesné limity dány. Podle přílohy č. 6 nařízení vlády č.147/2007 Sb. se musí limity dopočítat. Vypočtené emisní limity se odvíjí od množství paliva, výhřevnosti paliva a emisních limitů pro dané druhy paliva. Tyto emisní limity jsou závazné a po jejich překročení se uděluje vysoké pokuty.

Při spalování uhlí se vypouští do ovzduší i skleníkové plyny, zejména CO₂. Podle vypouštěného množství uděluje stát emisní povolenky CO₂. Jedna povolenka je na jednu tunu CO₂. Udává se, že při spálení jedné tuny uhlí, se vypustí do ovzduší 1,5-2,0 tun CO₂, podle výhřevnosti paliva. Povolenky jsou zdarma a jsou přidělovány na pět let. Na konci období se s nimi může obchodovat. Cena povolenky je v současné době 15 Euro.

Biomasa a její využití se u nás teprve rozvíjí. Ve velkých teplárnách a elektrárnách se k hlavnímu palivu spíše přisypává v menším poměru. Menších výtopny spalují nejčastěji samotnou štěpku nebo balíkovou slámu, ale i další pěstované plodiny. Fungují u nás i velké

zdroje spalující samotnou biomasu, ale to díky vhodnému umístění v lokalitě hojného výskytu biopaliva, dřeva.

Do budoucna je to velmi perspektivní zdroj energie, ale podle mého názoru a názoru mnoha odborníků, nedokáže plně nahradit uhlí.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] PASTOREK, Z. *Biomasa obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCCPUBLIC s.r.o., 2004. ISBN 80-86534-06-5
- [2] Sborník příspěvků ze semináře. *Energie z biomasy*. VUT Fakulta Strojního inženýrství, Brno, 2003
- [3] Sborník prezentací z Workshopu. *Využití biomasy pro výrobu tepla a elektřiny – technické, environmentální a ekonomické aspekty spalování biomasy [online]*. 6.8.2008, [cit.2009-05-24]. <http://www.enviros.cz/novinky/2008/seminare/2008-08-06-Sbornik-workshop-BioE-COFITECK.pdf>
- [4] Česká Energetická Agentura. *Moderní využití biomasy [online]*. 2006, [cit.2009-05-20]. <http://www.mpo-efekt.cz/dokument/02.pdf>
- [5] MOTLÍK, J., VÁŇA, J. *Biomasa pro energii (1) Zdroje [online]*. 1.2.2002, [cit.2009-05-20]. <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-1-zdroje>. ISSN 1801-2655.
- [6] BUFKA, A. *Obnovitelné zdroje energie v roce 2006 [online]*. Srpen 2007, [cit.2009-05-20]. <http://www.mpo.cz/dokument33817.html>
- [7] BERANOVSKÝ, J., MACHOLDA, F., SRDEČNÝ, K., TRUFA, J. *Energie z biomasy [online]*. 2004 [cit.2009-05-20]. <http://www.i-ekis.cz/?page=biomasa>
- [8] BUFKA, A. *Využití obnovitelných zdrojů energie v roce 2006 z pohledu energetické statistiky [online]*. 2007, [cit.2009-05-19]. <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4411>
- [9] PINDRYČ, M. *Biomasa pro energii a průmysl [online]*. [cit.2009-05-20]. <http://www.fi.muni.cz/~tomp/old-news.html>
- [10] BAR. *Zelená energie v ohrožení, biomasa jde na export [online]*. 14.4.2007, [cit.2009-05-20]. <http://aktualne.centrum.cz/clanek.phtml?id=%20396720>
- [11] PETŘÍKOVÁ, V. *Rostliny pro energii – pro přímé spalování v kotlích na biomasu [online]*. 1999 [cit.2009-05-19]. http://stary.biom.cz/clen/vp/zeme_ziv99.html
- [12] EKOLIST. *Pecky z oliv: Španělský obnovitelný zdroj energie [online]*. 4.3.2006, [cit.2009-05-19]. <http://www.scienceshop.cz/default.asp?ids=0&ch=393&typ=1&val=44317>
- [13] PETŘÍKOVÁ, V. *Energetická biomasa z polních kultur [online]*. 11.5.2005, [cit.2009-05-20]. <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-biomasa-z-polnich-kultur>. ISSN 1801-2655.
- [14] HN. *Biomasa je hmota organického původu [online]*. 3.5.2006, [cit.2009-05-19]. http://www.enviweb.cz/?env=puda_archiv_fifhg
- [15] BUFKA, A., *Obnovitelné zdroje energie v roce 2007 [online]*. Srpen 2008, [cit.2009-05-24]. <http://www.mpo.cz/dokument49291.html>
- [16] BOUDA, Z. *Alternativní zdroje pro výrobu elektrické energie, jejich výhody a rizika [online]*. 30.10.2007, [cit.2009-05-20]. http://www.kr-vysocina.cz/soubory/450008/3_bouda.pdf
- [17] ČEZ. *Elektrárny ČEZ spalující biomasu [online]*. [cit.2009-05-24]. <http://www.cez.cz/cs/energie-a-zivotni-prostredi/energie-z-obnovitelnych-zdroju/biomasa/elektrarny-cez-spalujici-biomasu.html>
- [18] NOSKOVÁ, B. *Potenciál využití biomasy pro výrobu energie [online]*. 2007, [cit.2009-05-19]. [http://www.ma21.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/\\$pid/MZPMSFJ8J3ZK](http://www.ma21.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/$pid/MZPMSFJ8J3ZK)

- [19] BEE. *Obnovitelné zdroje energie v Německu stále na vzestupu* [online]. 18.2.2007, [cit.2009-05-19]. <http://www.wisebrno.cz/index.php?p=dokument&id=202>
- [20] AEBIOM. *Statistika využití biomasy v Evropě* [online]. 14.4.2008, [cit. 2009-05-20]. <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/statistika-vyuziti-biomasy-v-evrope> ISSN 1801-2655.
- [21] NOVAK, L., KUNC, *Biomasa - efektivní palivo pro ORC technologii* [online]. 11.4.2005, [cit.2009-05-20]. <http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2455>
- [22] PONCAROVÁ, J. *Biomasa v České republice: kolik vyrábíme elektřiny?* [online]. 26.3.2009, [cit.2009-05-20]. <http://www.nazeleno.cz/energie/biomasa-v-ceske-republice-kolik-vyrabime-elektriny.aspx>
- [23] SVOBODA, K. *Tlakové fluidní spalování uhlí, spolu-spalování uhlí se dřevem, emise, výhody a provozní problémy* [online]. 19.6.2004, [cit.2009-05-20]. <http://www.tlakinfo.cz/t.py?t=2&i=715>
- [24] POLYCOMP. *Kotle s technologií fluidního spalování* [online]. [cit.2009-05-20]. <http://www.polycomp.cz/page.php?lang=cz&f=1fk>
- [25] ALL FOR POWER. *Spoluspalování biomasy ve fluidním kotli v provozu* [online]. 17.1.2008, [cit.2009-05-20]. <http://www.allforpower.cz/clanek/spoluspalovani-biomasy-ve-fluidnim-kotli-v-provozu/>
- [26] MURTINGER, K. *Možnosti využití biomasy* [online]. 2.3.2007, [cit.2009-05-20]. http://www.enviweb.cz/?env=puda_archiv_gchda/Moznosti_vyuziti_biomasy.html
- [27] FILTR ZEOS s.r.o. *Cyklony* [online]. [cit.2009-05-20]. http://www.filtrzeos.cz/Web/CZ/produkty_Cyklony.htm
- [28] TAUCHMAN, D. *Biomasa v soustavách měst a obcí – projekty a zkušenosti (I)* [online]. 5.2.2007, [cit.2009-05-20]. <http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3865>
- [29] TAUCHMAN, D. *Biomasa v soustavách měst a obcí – projekty a zkušenosti (II)* [online]. 12.2.2007, [cit.2009-05-20]. <http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3884>
- [30] TAUCHMAN, D. *Biomasa v soustavách měst a obcí – projekty a zkušenosti (III)* [online]. 16.4.2007, [cit.2009-05-20]. <http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4061>
- [31] PETŘÍKOVÁ, V. *Biomasa: pro pohonné hmoty nebo k vytápění* [online]. 13.2.2008, [cit.2009-05-20]. <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-pohonne-hmoty-nebo-k-vytapeni.ISSN>. 1801-2655.
- [32] PETŘÍKOVÁ, V., PUNČOCHÁŘ, M. *Biomasa – alternativní palivo z hlediska chemického složení* [online]. 16.7.2007, [cit.2009-05-20]. <http://biom.cz/cz-kapalna-biopaliva/odborne-clanky/biomasa-alternativni-palivo-z-hlediska-chemickeho-slozeni>. ISSN 1801-2655.
- [33] BALÁŠ, M. *Energetické využití biomasy v zásobování teplem* [online]. 27/28.5.2008, Brno, [cit.2009-05-20]. <http://oei.fme.vutbr.cz/teplarenstvi/papers/balas/energ-vyuz-biomasy.pdf>
- [34] KOLLÁROVÁ, M., PLÍVA, P. *Kompostování zbytkové biomasy z údržby trvalých travních porostů* [online]. 19.5.2008, [cit.2009-05-20]. <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-zbytkove-biomasy-z-udrzby-trvalych-travnich-porostu>. ISSN 1801-2655.
- [35] HEMERKA, J., HRDLIČKA, F. *Emise z kotlen a ochrana ovzduší (I)* [online]. 20.12.2004, [cit.2009-05-20]. <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2294>

- [36] JUCHELKOVÁ, D. *Možnosti využití biomasy – Kombinované spalování biomasy a uhlí?* [online]. 1996, [cit.2009-05-20]. <http://stary.biom.cz/sborniky/sb98petr/juchelkova.html>
- [37] PEŠAT, J. *Peletky. Biomasa. Náhrada atomových elektráren?* [online]. 15.6.2007, [cit.2009-05-20]. http://www.jakbydlet.cz/clanek/481_peletky-biomasa-nahrada-atomovych--elektraren.aspx
- [38] TASR. *Na Slovensku sa najčastejšie ako biomasa využíva drevo* [online]. 12.2.2009, [cit.2009-05-20]. <http://www.edb.sk/sk/spravy/enviro-na-slovensku-sa-najcastejsie-ako-biomasa-vyuziva-drevo-a1510.html>
- [39] VONDRYSOVÁ, E. *Vytápění biomasou není jen evropskou záležitostí. Konference Světové dny úspor energií 2007* [online]. 9.4.2007, [cit.2009-05-20]. <http://vytapani.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4036&h=218&pl=39>
- [40] SVOBODA, K. *Tlakové fluidní spalování uhlí, spolu-spalování uhlí se dřevem, emise, výhody a provozní problémy* [online]. <http://www.tlakinfo.cz/t.py?t=2&i=715>
- [41] OCHODEK, T. *Přehled technologií pro energetické využívání biomasy* [online]. 6/7.6.2006, [cit.2009-05-20]. <http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/technol.pdf>
- [42] *Akční plán pro biomasu pro ČR na období 2009-2011* [online]. [cit.2009-05-20]. http://www.mze.cz/attachments/AP_biomasa_09-01.pdf
- [43] POWER PLANTS AROUND THE WORD. *The top 100 – World's largest power plants* [online]. update 23.5.2009, [cit.2009-05-24]. <http://www.industcards.com/ppworld.htm>
- [44] TRNOBRANSKÝ, K. *Vytápění domů při dnešním vývoji cen energií z fosilních paliv a biomasy jako obnovitelného zdroje energie (II)* [online]. 7.5.2007, [cit.2009-05-21]. <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4102>
- [45] PŘIBYL, E., ŠRÁMEK, V. *Výroba elektrické energie z biomasy* [online]. 2006, [cit.2009-05-21]. <http://www.mpo-efekt.cz/dokument/07.pdf>
- [46] STRAŠIL, Z., ŠIMON, J. *Stav a možnosti využití rostlinné biomasy v energetice ČR* [online]. 20.4.2009, [cit.2009-05-21]. <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/stav-a-moznosti-vyuziti-rostlinne-biomasy-v-energetice-cr> ISSN 1801-2655.
- [47] ALTERNATIVNÍ ENERGIE. *Zelená úsporám. Výběr z program podpory obnovitelných zdrojů a úspor energie v obytných budovách. 2, 2009*
- [48] FÍRT, J. *Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 8/2008 ze dne 18.11.2008, kterým se stanovuje podpora pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných energetických zdrojů* [online]. http://www.eru.cz/user_data/files/cenova%20rozhodnuti/CR%20elektro/OZ/CR_8-2008_OZE-KVET-DZ.pdf
- [49] DRESSER-RAND. *Steam products web sizing results for:* [online]. [cit.2009-05-24]. <http://www.dresser-rand.com/steam/calc/main.asp>
- [50] ŠAFAŘÍK, M., STUPAVSKÝ, V., HABART, J., BAČÍK, O. *Návrh Akčního plánu pro biomasu pro ČR pro období 2008-2010* [online]. verze 12.10.2007, [cit.2009-05-20]. http://biom.cz/appb/AP_biomasa_12-10-07.pdf
- [51] *Legislativa týkající se fytoenergetiky a kompostování*
- [52] MATOUŠEK, A. *Výroba elektrické energie*. Brno, 2007. ISBN 978-8-214-3317-5
- [53] BERANOVSKÝ, J., MURTINGER, K. *Energie z biomasy*. ERA21, Brno, 2008. ISBN 978-8-7366-115-1

- [54] MATOUŠEK, A. *Ekologie v elektroenergetice*. Brno
- [55] CHMELA, M. *Ekonomika a řízení*. Brno, 12.9.2007
- [56] ČESKOMORAVSKÁ KOMODITNÍ BURZA KLADNO. *Zprávy burzovního trhu: burzovní shromáždění č. 118* [online]. 21.5.2009, [cit.2009-05-24].
<http://www.cmkbk.cz/cmkbk/portal/>
- [57] ČNB. *S klesající ekonomikou zvolní růst mezd* [online]. [cit.2009-05-28].
[http://www.e15.cz/burzy-trhy/cnb-predvida-propad-ekonomiky-o-24-procenta-93347/%3C!--WTD_F\(CATEGORYPATH\)--%3E%3C!--WTD_CONVERT\(TITLE\)--%3E-42679/](http://www.e15.cz/burzy-trhy/cnb-predvida-propad-ekonomiky-o-24-procenta-93347/%3C!--WTD_F(CATEGORYPATH)--%3E%3C!--WTD_CONVERT(TITLE)--%3E-42679/)
- [58] ERÚ. *Často kladené dotazy – obnovitelné zdroje* [online]. [cit.2009-05-28].
http://www.eru.cz/dias-read_article.php?articleId=683
- [59] LIDOVÉ NOVINY. *Elektrinu zdraží všichni* [online]. 5.1.2009, [cit.2009-05-28].
http://www.lidovky.cz/elektrinu-zdrazi-vsichni-0yk-/ln_noviny.asp?c=A090105_000058_ln_noviny_sko&klic=229345&mes=090105_0
- [60] ERÚ. *Energetický regulační úřad*. [konz.2009-05-26]. http://www.eru.cz/dias-read_article.php?articleId=44
- [61] TZB-INFO. *Diskuzní a poradenské fórum. Obnovitelná energie a úspory energie-energie.tzb-info.cz* [online]. [dis.2009-05-17] <http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=11&i=110037&start=0>
- [62] KOTEK, J. Vedoucí odboru obchodních činností. *Teplárna Otrokovice, a.s.* [konz.2009-05-21]. <http://www.tot.cz/>
- [63] NOVÁK, J. Ekolog. *Teplárna Otrokovice, a.s.* [konz.2009-05-20]. <http://www.tot.cz/>
- [64] DVOŘÁK, V. Ekolog. *ZVVZ Milevsko, s.r.o.* [konz.2009-05-20]. <http://www.zvvz.cz/>
- [65] FILIP, J. Ekolog. *Teplárna Strakonice, a.s.* [konz.2009-05-26].
<http://www.tst.cz/main.php?uvod>
- [66] KUBÍČEK, J. *Biber, s.r.o.* [konz.2009-05-25]. <http://www.biber.cz/>
- [67] BÍLEK, J. *Projekce kotlů. SES Bohemia Engeneering, s.r.o.* [konz.2009-05-13].
<http://www.sesbohemia.cz/>
- [68] *Investice* [online]. [cit.2009-05-28].
http://www.google.cz/search?hl=cs&q=ZPE_3.ppt&btnG=Hledat&lr=
- [69] iDNES.CZ. *Brusel snížil Česku emisní povolenky CO₂* [online]. 26.3.2007 [cit.2009-05-28]. http://zpravy.idnes.cz/brusel-cesku-snizil-emisni-povolenky-co2-ff9-/domaci.asp?c=A070326_123005_domaci_adb
- [70] EUROCHEM. *MPO chce emisní povolenky ve stejné výši až do roku 2012* [online] [cit.2009-05-28] <http://www.eurochem.cz/?ProdID=0002C506F5BEF7860002ED47>

Příloha A Provozní roční náklady na 20 let (tis. Kč)

Rok	Náklady						Náklady celkem
	štěpka	uhlí	voda	mzdy	emise	odpady	
1	7 084	50 618	604	6 144	1 080	2 112	67 644
2	7 438	54 667	659	6 365	1 080	2 218	72 429
3	7 810	57 400	692	6 619	1 080	2 329	75 933
4	8 200	60 270	726	6 884	1 080	2 445	79 609
5	8 610	63 284	763	7 194	1 080	2 568	83 501
6	9 041	66 448	801	7 554	1 080	2 696	87 622
7	9 493	69 771	841	7 931	1 080	2 831	91 949
8	9 967	73 259	883	8 328	1 080	2 973	96 493
9	10 466	76 922	927	8 744	1 080	3 121	101 263
10	10 989	80 768	973	9 182	1 080	3 277	106 273
11	11 539	84 807	1 022	9 641	1 080	3 441	111 532
12	12 116	89 047	1 073	10 123	1 080	3 613	117 055
13	12 721	93 499	1 127	10 629	1 080	3 794	122 853
14	13 357	98 174	1 183	11 160	1 080	3 984	128 942
15	14 025	103 083	1 243	11 718	1 080	4 183	135 335
16	14 727	108 237	1 305	12 304	1 080	4 392	142 048
17	15 463	113 649	1 370	12 920	1 080	4 612	149 096
18	16 236	119 332	1 439	13 566	1 080	4 842	156 497
19	17 048	125 298	1 510	14 244	1 080	5 084	164 268
20	17 900	131 563	1 586	14 956	1 080	5 339	172 427

Příloha B Výpočet aktualizovaného peněžního příjmu

Rok	Odpisy	Celkové náklady	Hrubý zisk	Daň ze zisku	Čistý zisk	Peněžní příjem	Aktualizovaný peněžní příjem
	$N_{\text{odp}} [\text{tis. Kč rok}^{-1}]$	$N [\text{tis. Kč rok}^{-1}]$	$Z [\text{tis. Kč rok}^{-1}]$	$D [\text{tis. Kč rok}^{-1}]$	$Z_d [\text{tis. Kč rok}^{-1}]$	$P [\text{tis. Kč rok}^{-1}]$	$P^A [\text{tis. Kč}]$
1	10 488	78 132	58 801	14 112	44 688	55 176	50 160
2	21 605	94 034	47 241	11 338	35 903	57 508	47 528
3	21 605	97 538	48 799	11 711	37 087	58 692	44 096
4	21 605	101 214	49 944	11 986	37 958	59 563	40 682
5	21 605	105 106	51 593	12 382	39 211	60 816	37 762
6	21 605	109 228	52 773	12 665	40 108	61 713	34 835
7	21 605	113 555	53 747	12 899	40 848	62 453	32 048
8	21 605	118 098	54 505	13 081	41 424	63 029	29 403
9	21 605	122 869	55 036	13 208	41 827	63 432	26 901
10	21 605	127 878	55 327	13 278	42 049	63 654	24 541
11	21 605	133 137	55 369	13 288	42 080	63 686	22 321
12	21 605	138 660	55 148	13 235	41 912	63 517	20 238
13	21 605	144 459	54 650	13 116	41 534	63 139	18 289
14	21 605	150 547	53 862	12 927	40 935	62 541	16 469
15	21 605	156 941	52 771	12 665	40 105	61 711	14 773
16	21 605	163 653	51 359	12 326	39 033	60 638	13 196
17	21 605	170 702	49 612	11 906	37 705	59 310	11 734
18	21 605	178 102	47 512	11 403	36 109	57 714	10 380
19	21 605	185 873	45 042	10 810	34 232	55 837	9 129
20	21 605	194 033	42 184	10 124	32 060	53 665	7 977

$$\sum_{j=1}^n P_j^A = 512\,471 \text{ tis. Kč}$$