

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 PRO KOMBINOVANOU
VÝROBU ELEKTRICKÉ ENERGIE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

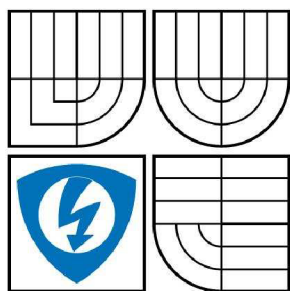
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTIN VAŠÍČEK

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Vašíček Martin

ID: 77754

Ročník: 3

Akademický rok: 2007/2008

NÁZEV TÉMATU:

Využití biomasy pro kombinovanou výrobu elektrické energie

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Zhodnocení současného stavu využití biomasy v ČR
2. Srovnání energetické účinnosti plodin pro kombinovanou výrobu
3. Návrh energetického zajištění průmyslového provozu

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího

Termín zadání: 17.12.2007

Termín odevzdání: 4.6.2008

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

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská 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.

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Martin Vašíček
Bytem: Velká Strana 49, 67938, Cetkovice
Narozen/a (datum a místo): 25.7.1986, Boskovice

(dále jen "autor")

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 244/53, 60200 Brno 2
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.

(dále jen "nabyvatel")

Článek 1

Specifikace školního díla

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

- disertační práce
- diplomová práce
- bakalářská práce

jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Využití biomasy pro kombinovanou výrobu elektrické energie

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

Ústav: Ústav elektroenergetiky

Datum obhajoby VŠKP: 17.6.2008

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- tištěné formě - počet exemplářů 1
- elektronické formě - počet exemplářů 1

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

Článek 2
Udělení licenčního oprávnění

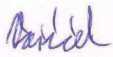
1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ihned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3
Závěrečná ustanovení

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

V Brně dne: 3. 6. 2008

.....
Nabyvatel

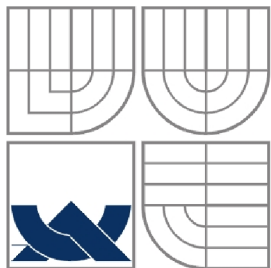

.....
Autor

Bibliografická citace práce:

VAŠÍČEK, M. Využití biomasy pro kombinovanou výrobu elektrické energie. Bakalářská práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2008, 60 stran.

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

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky

Bakalářská práce

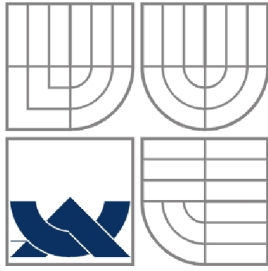
Využití biomasy pro kombinovanou výrobu elektrické energie

Martin Vašíček

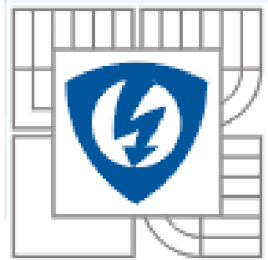
vedoucí: doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2008

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Faculty of Electrical Engineering and Communication

Department of Electrical Power Engineering

Bachelor's Thesis

Using Biomass for Cogeneration of Heat and Electricity

by

Martin Vašíček

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

Brno University of Technology, 2008

Brno

ABSTRAKT

Teoretická část práce se zaměřuje na rozdělení druhů biomasy, různé formy použití. Jsou představeny základní vlastnosti jednotlivých druhů biomasy a jejich formy, blíže specifikované vlastnosti energetických rostlin a dřevin. V práci jsou popsány dva základní druhy spalování, spalování fluidní a spalování na roštu, které se používají v elektrárnách a výtopnách. Práce popisuje proces zplyňování a získávání dřevoplynu z biomasy. Zhodnotí energetické rostliny, dřevní biomasu a zbytky ze zemědělské výroby (sláma) z hlediska výhřevnosti, zpracování, dopravy, tvorby popelovin a znečišťování životního prostředí. Zabývá se výkupními cenami elektřiny z předchozích roků, množství vyprodukované biomasy a výhledem do budoucna. Z hlediska legislativy je zjištěna možnost podporování biomasy Českou Republikou, garantování výkupu elektrické energie a zajištění stálé výkupní ceny v časovém horizontu. Vysvětluje pojem kogenerace, možnosti využití kogeneračních jednotek jejich druhy z hlediska využívání paliva (bioplyn, zemní plyn, dřevoplyn).

Praktická část se zabývá návrhem takovéto jednotky. Kogenerační jednotka bude instalována ve firmě, která zpracovává dřevo, proto jako palivo bude využívat dřevní biomasu a z ní následně dřevoplyn. Je vypočtena velikost jednotky, spotřeba paliva, množství ročně ušetřených nákladů na elektrickou energii oproti současnému odběru elektrické energie z distribuční sítě a návratnost této investice. V práci je nastíněna možnost připojení takového zdroje k distribuční síti, možnost dodávky elektrické energie a tím zlepšení návratnosti investice. Jsou zmíněny možnosti získání státní dotace z různých dotačních programů.

KLÍČOVÁ SLOVA: obnovitelné zdroje; výroba elektřiny a tepla; zpracování biomasy; spalování biomasy; využívání biomasy; energetické dřeviny a rostliny; kogenerace; ekonomika provozu; legislativa v energetice; výkupní cena; zplyňování; dřevoplyn; výhřevnost; energetický zdroj; dotace; státní podpora

ABSTRACT

Theoretical part is concerned to disposal of biomass kinds and various forms of applications. The basic characteristic for each kind of biomass and their forms are presented. Characteristics of energy plants and woods are more detailed. In work are described two fundamental kinds of combustion, fluid combustion and grate combustion, which are used in power plants and heating plants. The work describes process of gasification and obtaining wood gas from biomass. Evaluation of (energy plants, wood biomass and the rest from agriculture production – straw) in light of heating power, treatment, handling, ash creation and environment pollution is provided. Work is concerned to redemption price history, volume of produced biomass and perspective to future. Czech Republic legislation gives support to biomass usage by guarantee for electric energy purchasing and same redemption price perspective. Explain term of cogeneration, possibility of cogeneration units application – their kinds with fuel usage aspect (biogas, natural gas, wood gas).

Practical part is concerned to design of such kind of unit. Cogeneration unit will be installed in company, which producing wood. For this reason will be used wood biomass to produce wood gas. Size of unit, fuel consumption, and cost saving in comparison to electric energy together with recovery of investment are calculated. In work is drawn out possibility to connect this unit to distribution electrical network, possibility of electric energy distribution and due this to improve backflow. Noticeable are possibilities to get state grant from various grant sources.

KEY WORDS: Renewable resources, electricity and heat production, biomass treatment, biomass combustion, biomass usage, power woods and plants, cogeneration, business economy, legislation in energetic, redemption price, gasification, wood gas, heating power, energy source, grant, state grant

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	12
SEZNAM TABULEK	13
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	14
Úvod	15
Cíl práce	16
1 BIOMASA A JEJÍ DRUHY	17
1.1 Cíleně pěstovaná biomasa	17
1.1.1 Rychlerostoucí dřeviny.....	17
1.1.2 Energetické rostliny.....	18
1.2 Rostlinné zbytky ze zemědělské výroby	18
1.3 Formy biomasy.....	19
1.3.1 Brikety	19
1.3.2 Dřevní,slaměné,kůrové a papírové pakety	20
1.3.3 Dřevní pelety	20
2 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ BIOMASY	21
2.1 Získání odpadního tepla při zpracování biomasy anaerobní fermentací	21
2.2 Bioplynová stanice pro mokrou fermentaci	22
2.3 Přeprava a manipulace biomasy	22
2.4 Úprava biomasy.....	23
2.4.1 Sušení biomasy.....	23
2.5 Spalování biomasy	24
2.5.1 Spalování na roštu	24
2.5.2 Spalování s cirkulující fluidní vrstvou	25
2.5.3 Spalování ve stacionární fluidní vrstvě	26
2.5.4 Spalování slámy	26
2.6 Zplyňování biomasy	27
2.6.1 Zplyňování pomocí fluidního zplyňovače.....	28
2.6.2 Pyrolýza.....	29
2.6.2.1 Druhy pyrolýzy.....	30
2.6.2.2 Dodání tepla pro pyrolýzu	30
2.7 Spoluspalování biomasy a fosilních paliv	30
2.8 Kogenerace	31
2.8.1 Velká kogenerační zařízení	32
2.8.2 Malá kogenerační zařízení.....	34
2.8.3 Legislativa v kombinované výrobě elektřiny a tepla.....	35
3 VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY V ČR	38
3.1 Využívání biomasy v roce 2006 a 2007	38
3.1.1 Výroba elektřiny z biomasy v roce 2006.....	38
3.1.1.1 Výroba elektřiny z biomasy v roce 2007.....	38
3.1.2 Výroba elektřiny podle druhu paliva.....	38

3.1.3 Energetické využití biomasy v roce 2006	39
3.2 Výkupní ceny	39
3.2.1 Dělení cen.....	39
3.2.2 Dělení biomasy podle vyhlášky č. 482/2005 Sb.	39
4 NÁVRH KOGENERAČNÍ JEDNOTKY	41
4.1 Vstupní informace	41
4.1.1 Roční náklady na provoz.....	41
4.2 Návrh kogenerační jednotky	42
4.2.1 Roční výroba elektrické energie.....	43
4.2.3 Spotřeba dřeva.....	43
4.3 Náklady a zisky	44
4.3.1 Roční náklady na provoz.....	44
4.3.2 Roční zisky z provozu	44
4.3.3 Návratnost investice	45
4.3.4 Varianty návratnosti	45
4.4 Úvěrová varianta	46
4.4.1 Výpočet úvěru	46
4.4.2 Vliv úvěru na návratnost a zisk	48
4.5 Možnosti dotací	51
4.5.1 Program Eko-energie	51
4.5.2 Podmínky přijatelnosti projektu	52
4.5.3 Výše dotace	52
4.5.4 Vliv dotací na návratnost investice	53
4.6 Připojení zdroje k distribuční síti	53
4.6.1 Žádost o připojení zdroje	53
4.7 Popis zařízení ATEKO	55
5 ZÁVĚR	57
Použitá literatura.....	59

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1.1: Sklizeň šťovíku [25]</i>	18
<i>Obr. 1.2: Dřevní brikety [26]</i>	19
<i>Obr. 1.3: Kotel na peletky s automatickým podáváním paliva [27]</i>	20
<i>Obr. 2.1: Využití bioplynu na ČOV a v zemědělské výrobě [5]</i>	22
<i>Obr. 2.2: Slisovaná sláma [28]</i>	23
<i>Obr. 2.3: Spalování pevných paliv na roštu s mechanickým pohazovačem [5]</i>	25
<i>Obr. 2.4: Kotel s cirkulujícím fluidním ložem [5]</i>	25
<i>Obr. 2.5: Kotel se spalováním ve fluidní stacionární vrstvě [2]</i>	26
<i>Obr. 2.6: Schéma zplyňování [2]</i>	28
<i>Obr. 2.7: Příklad fluidního zplyňovacího zařízení [5]</i>	29
<i>Obr. 2.8: Průtok paliva a materiálu cirkulujícím ložem fluidního kotle s oddělením hrubých částic [15]</i>	31
<i>Obr. 2.9: Využití tepla v palivu [7]</i>	32
<i>Obr. 2.10: Blokové schéma kogenerační jednotky [7]</i>	33
<i>Obr. 2.11: Kogenerační jednotky v ČOV, výkon 2x 520 kWe palivo bioplyn a zemní plyn [7]</i>	34
<i>Obr. 4.1: Pohled na areál firmy</i>	41
<i>Obr. 4-2: Graf výše úroků za jednotlivé roky splácení</i>	47

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1-1</i> výhřevnost biomasy [1].....	20
<i>Tab. 2-1: Procesy</i> při zpracování biomasy [4]	21
<i>Tab. 2-3: Základní parametry</i> jednotlivých typů kombinované výroby elektřiny a tepla [5]	32
<i>Tab. 3-1: Výroba elektřiny z biomasy</i> v roce 2006 [9]	38
<i>Tab. 3-2</i> Výroba elektřiny z biomasy v roce 2007 – předběžná data [29]	38
<i>Tab. 3-3: Výroba elektřiny z biomasy</i> podle jejich typů v roce 2006 [9]	38
<i>Tab. 3-4: Energetické využití biomasy</i> v roce 2006 [9]	39
<i>Tab. 3-5: výkupní ceny a zelené bonusy</i> [13]	40
<i>Tab. 4-1: Návratnost</i> při nejvyšší ceně paliva.....	45
<i>Tab. 4-2: Návratnost</i> při maximální spotřebě	46
<i>Tab. 4-3: Příklad výpočtu úroků</i>	47
<i>Tab. 4-4: Výše úroků</i> za každý rok	48
<i>Tab. 4-5: Roční zisky</i> při průměrné spotřebě a ceně paliva.....	48
<i>Tab. 4-6: Roční zisky</i> při průměrné spotřebě a nejvyšší ceně paliva	50
<i>Tab. 4-7: Roční zisky</i> při nejvyšší spotřebě a ceně paliva.....	51
<i>Tab. 4-8: Výše podpor</i> podle regionů [22].....	53

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Značka	Veličina	Jednotka
η	účinnost	1
C	cena paliva za rok	Kč
C_{1m}	cena dřeva za 1m ³	Kč
c_d	cena za 1m ³ dubového dřeva	Kč
C_{D1}	cena 1t dolomitu	Kč
C_{Dr}	cena dolomitu za rok	Kč
C_{er}	cena za spotřebovanou energii za rok	Kč
C_i	cena investice	Kč
C_{iu}	upravená cena investice	Kč
C_{kW}	cena vyrobené 1 kWh	Kč
C_{MW}	cena za 1 MWh podle tarifu C 03d	Kč
C_{Rn}	celkové roční náklady	Kč
c_s	cena za 1m ³ smrkového dřeva	Kč
C_u	náklady na údržbu	Kč
C_{ve}	náklady na vlastní spotřebu (z vlastní výroby)	Kč
C_{vp}	výkupní cena za 1 MWh	Kč
D_{max}	maximální dotace	Kč
E_d	energie dodaná do sítě	kWh
E_v	energie vyrobená za rok	kWh
j_u	poplatek za vyřízení úvěru	Kč
m_{Dh}	množství dolomitu za hodinu	kg/h
m_p	množství paliva	kg/h
m_{pr}	množství paliva za rok	kg
N	návratnost	rok
P	výkon kotle	kW
P_e	elektrický výkon jednotky	kW
Q_k	příkon kotle	kW
Q_n	výhřevnost	MJ/kg
$R_{sč}$	roční splacená částka bance	Kč
S_m	měsíční splátka	Kč
t	čas	h
U_c	úroky celkové	Kč
U_r	výše úroků za rok	Kč
V	objem	m ³
V_r	objem za rok	m ³
Z_{20}	zisk za 20 let provozu	Kč
$Z_{č}$	čistý roční zisk	Kč
Z_p	zisk z prodeje energie	Kč
Z_r	roční zisk	Kč
Z_u	finance získané ušetřením na energii	

ÚVOD

V období průmyslového rozvoje v posledních dvou stoletích došlo k intenzivnímu využívání fosilních paliv, což vede k navýšování koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře.

Při spalování rostlinné biomasy rovněž vzniká oxid uhličitý, který však skleníkový efekt nenavýšuje, protože rostliny za svého růstu odebírají z ovzduší CO_2 , a při spalování ho do ovzduší opět vracejí. Lze předvídat, že nárůst spotřeby energie bude dále pokračovat nejen v průmyslově vyspělých zemích, ale dojde i ke zvyšování spotřeby energie v rozvojových zemích. Zaváděním trhu s energií ve většině průmyslových států vyžaduje zajištění dostatku energie pro udržení požadovaného růstu a pokroku. Ekonomická kritéria začínají převládat nad technickými kritérii, zvyšují se nároky na ochranu životního prostředí. Problémem se stává velká produkce skleníkových plynů, které v atmosféře omezují vyzařování nahromaděného tepla zpět do vesmíru, což může mít vliv na globální oteplování a změny klimatu. Tradiční zdroje energie začínají být omezenější a dražší, proto je jedním ze záměrů současné doby rozšíření využívání obnovitelných zdrojů energie. Pro podmínky v České republice je jednou z významných možností využívání spalování obnovitelné energetické biomasy.

Státy Evropská unie (EU) se snaží zbavit se energetické závislosti a také přispět ke snížení emisí CO_2 . Maximální využívání obnovitelných zdrojů je i jedním z klíčových bodů energetické politiky Evropské unie. Česká republika si dala za cíl vůči EU dosáhnout 8% hrubé spotřeby energie z obnovitelných zdrojů v roce 2010. Hlavní výhodou biomasy v energetice je její nevyčerpatelnost na rozdíl od fosilních paliv. Očekává se, že v budoucnu nahradí významnou část neobnovitelných zdrojů energie. Skupina ČEZ počítá se ztrojnásobením výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů do roku 2020. Největší šance z hlediska rozvoje má právě biomasa.

V lednu 2006 byla založena společnost ČEZ Obnovitelné zdroje. Jejím úkolem je provozovat vybrané elektrárny využívající obnovitelné zdroje v rámci skupiny ČEZ a hledat všechny efektivní příležitosti k stavbě, provozování a rozvoji dalších. V současné době vyrábí ČEZ pomocí energie vody, větru, slunce a biomasy přibližně 4 % své produkce elektřiny a snaží se o postupné navýšování produkce elektřiny z obnovitelných zdrojů tak, aby stále výrazněji přispíval k naplňování závazku ČR v rámci EU. Využití obnovitelných zdrojů je ve státní energetické koncepci cílem s vysokou prioritou. „V souladu se záměrem EU je nutné využít optimálně obnovitelných zdrojů energie k posílení nezávislosti na vnějších zdrojích, ke zvýšení spolehlivosti energetických systémů, snížení nepříznivého vlivu energetiky na životní prostředí, k řešení problémů ochrany krajiny a řešení problémů sociálních včetně zaměstnanosti. Podíl předpokládaného využití obnovitelných zdrojů energie je významný a tempo růstu výroby elektřiny a tepelné energie je mimořádně vysoké.“ [1] [4]

CÍL PRÁCE

Cílem práce je zjistit možnost využívání biomasy pro energetické účely. Rozdělení biomasy podle druhu, variant zpracování, přepravy a spalování. Zhodnocení současného stavu využívání biomasy a předpokládaný výhled do budoucna, legislativní podpora biomasy. V praktické části navrhnout energetické zajištění podniku, zjistit možné připojení k distribuční síti a získání státní dotace.

1 BIOMASA A JEJÍ DRUHY

Biomasa je jedním z důležitých obnovitelných zdrojů energie. Biomasa je definována jako biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků zemědělství, lesnictví a souvisejících průmyslových odvětví a také zemědělské produkty cíleně pěstované pro energetické účely.

K nejčastěji používaným druhům biomasy patří:

- dřevo a dřevní odpad
- sláma obilovin a olejnin
- bioplyn, kapalná biopaliva
- energetické rostliny pěstované pro energetické účely.

Cíleně pěstovaná biomasa přináší užitek i v širších souvislostech: zlepšuje ekologii krajiny, umožňuje efektivní využití půdy. Pro zemědělství představuje cíleně pěstovaná biomasa pro energetické účely novou příležitost spočívající v produkci komodity. Pro splnění stanoveného cíle – zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie (OZE) na celkové výrobě energie – a s ohledem na zvyšující se poptávku po dřevním odpadu nelze opomenout pěstování energetických rostlin. V České republice se jen pomalu zakládají plantáže s rychle rostoucími dřevinami. Kromě rychle rostoucích dřevin existují i energetické rostliny bylinného charakteru. Pro pěstování energetických rostlin lze s výhodou využít půdu, která není potřebná pro produkci potravin a krmiv nebo půdu, která není vhodná k jejich pěstování.

1.1 Cíleně pěstovaná biomasa

Význam biomasy vzrůstá v dnešní době, kdy je nadprodukce plodin pro potravinářský průmysl. Pokud využijeme část půdy pro pěstování biomasy dojde k rovnováze mezi spotřebou a pěstováním potravinářských plodin. Velkou výhodou je, že pěstování biomasy pro energetické účely je také podporováno státem. Při výběru druhu rostliny jsou důležité tyto vlastnosti:

- výnos biomasy
- výhřevnost (GJ/ha)
- náklady na biomasu (Kč/t)

1.1.1 Rychlerostoucí dřeviny

Rychlerostoucí dřeviny jsou dřeviny s hmotovým přírůstkem významně převyšujícím průměrný hmotový přírůstek ostatních dřevin. Nejvhodnější pro tento účel je v ČR topol a vrba. Další rychlerostoucí dřeviny jsou akát, olše, osika, břízu, ale tyto dřeviny nedosahují tak dobrých vlastností jako topol a vrba. K zakládání plantáží je vhodná přebytečná zemědělská půda. Dřeviny se uplatní v oblastech s mírným podnebím. Půda musí obsahovat živiny a být dostatečně zásobena vodou. Rychlerostoucí dřeviny se mohou pěstovat i na místech zrekultivovaných po povrchové těžbě uhlí.

Požadavky na dřeviny:

- vysoký růst rostlin v mládí

- výborné obrůstající schopnosti pařezů po obmýtí
- hladina spodní vody 60-120cm
- snášenlivost konkurence bez regulovatelných zásahů
- odolnost vůči chorobám a škůdcům

Zemědělská půda musí být pro účely pěstování vyňata ze zemědělského půdního fondu. V současné době jsou v ČR rychle rostoucí dřeviny osázeny na 30 až 40 ha produkčních plantáží. Při výsadbě se počítá 10 tisíc řízků na 1 ha produkční plantáže. Rychle rostoucí dřeviny mohou být sklizeny pro energetické potřeby vždy po třech až pěti letech. Životnost plantáže je 15 až 20 let. Očekávaným přínosem bude rozvoj zemědělských oblastí, vytváření nových pracovních míst, využití zemědělské půdy pro nepotravinářské účely, náhrada fosilních paliv, snížení emisí CO₂.

1.1.2 Energetické rostliny

Energetické rostliny mají výhodu oproti rychlerostoucím dřevinám hlavně v agrotechnických postupech. Porosty jsou vysévány, je možnost rychlé změny kultury v případě potřeby využít pozemek pro potravinářskou produkci. Největší pozornost je věnována rostlinám, které vytvářejí velké množství nadzemní hmoty. Pro přímé spalování by měli rostliny dosahovat produkce 10 tun suché hmoty z 1 ha. Pěstování energetických rostlin je dotováno státem, podle zákona (č. 252/1997 Sb.- o zemědělství).

Nejznámější rostlinou pro energetické účely je energetický šťovík Rumex OK 2. Jeho pěstování je nejvíce propracováno. Do roku 2005 bylo oseto 1300ha. Předností šťovíku je jeho vytrvalost – 10 a více let, dosahuje vzrůstu 2-2,5m. Pro fytoenergetické účely (výroba bioplynu) se šťovík sklízí s obsahem vody 20-25%, výnos suché hmoty se pohybuje v rozmezí 8-9t z 1ha. Oproti slámě má energetický šťovík vysokou tavitelnost popelů.



Obr. 1.1 Sklizeň šťovíku [25]

1.2 Rostlinné zbytky ze zemědělské výroby

Pro spalování jsou nejvýznamnější rostlinné zbytky ze zemědělské výroby (sláma), avšak, odpady ze živočišné výroby jsou používány především k výrobě bioplynu za použití anaerobní fermentace.

a) Obilná sláma

Průměrný výnos slámy se pohybuje okolo 4 tun z ha, celková roční produkce (ČR) je kolem 6 mil. tun. Vezmeme-li v úvahu výhřevnost slámy 14,4 GJ/t a účinnost spalování 80%, lze takto ročně získat 69000 TJ energie. Pro nezemědělské účely lze využít jen 20-30% celkové roční produkce slámy, to by odpovídalo asi 26000 TJ. Největší problémy jsou s dopravou slámy, proto se do roku 2010 počítá se 7% celkové roční produkce, tj. okolo 6000 TJ.

b) Řepková sláma

V zemědělství se používá velmi málo. Z energetického hlediska patří řepka k významným plodinám, protože výhřevnost slámy dosahuje 17,5 GJ/t, což je více jak sláma obilná. Roční produkce řepkové slámy je okolo 1 mil. tun. Při 100% využití slámy a výhřevnosti 15 GJ/t je využitelný potenciál 16000 TJ. V reálu je možné využít jen 60% vyprodukované slámy, což odpovídá necelým 10 000 TJ.

1.3 Formy biomasy

Brikety a pelety řadíme mezi tzv. zhuštěný materiál. Zhuštěním materiálu dojde k poklesu k transportním nákladům, zvýšení objemové hustoty, lepší homogenní složení, vyšší účinnost spalovacího procesu. Nevýhodou je vysoká vstupní cena energie.

1.3.1 Brikety

Jsou vyrobeny stlačením pod velkým tlakem ze dřevin nebo stébelnin (sláma, traviny), případně povolených přísad např. škrob, melasa. Obvyklý tvar je plný hranol nebo válec o průměru od 40 mm, do 100 mm, s měrnou objemovou hmotností kolem 1 kg.dm⁻³. Pokud se vyrábí brikety ze slámy olejnin, je výhřevnost vyšší (19MJ/kg). Obsah popelovin 5-6%. Brikety se nejčastěji používají v domácnostech – krby a kotle s ručním přikládáním, mohou se spalovat ve všech typech pecí.



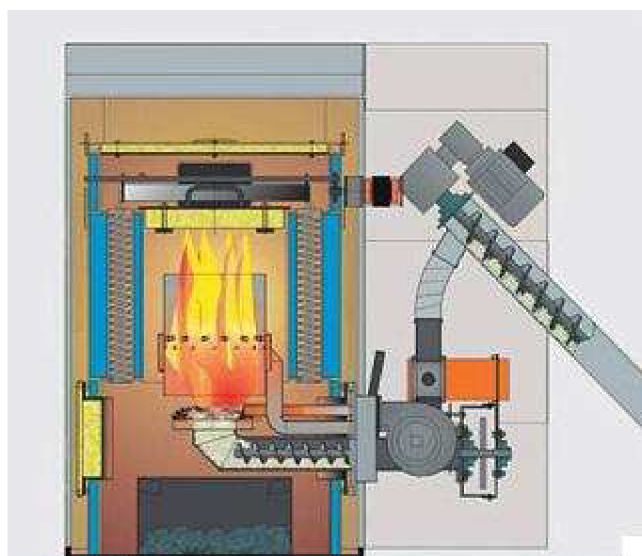
Obr.1.2 Dřevní brikety [26]

1.3.2 Dřevní, slaměné, kůrové a papírové pakety

Jedná se o směsnou, nahrubo drcenou biomasa slisovaná středním tlakem do tvaru válců o průměru do 150 mm a délky 300 až 500 mm, s objemovou hmotností kolem 0,3 kg.dm⁻³. Obsah vody se pohybuje do 18 %, jejich výhodou je zvýšení koncentrace energie a úspora skladovacího prostoru a dopravních nákladů. Vhodné pro kotle s výkonem přes 500 kW jako energeticky podpůrné palivo.

1.3.3 Dřevní pelety

Peletky jsou suchá dřevní drť nebo piliny s obsahem vody 6- 12 % , s malým podílem dřevního prachu. Vyrábí je stlačením mechanicky velkým tlakem do tvaru válečků o průměru 6 až 20 mm a délky od 10 do 50 mm, s měrnou objemovou hmotností 1 až 1,4 kg.m⁻³. Průměrný výkon lisů je 3-5t/h. Životnost lisu je cca 10 000 vyrobených tun pelet. Energie potřebná pro výrobu 1 tuny dřevěných pelet se pohybuje v rozmezí 80-150 kWh_{el}. Obsah popelu v sušině 0,5 až 1,1 %. Účinnost spalování v kotlích pro rodinné domy je přes 80%. Při této účinnosti je možné získat státní podporu na nákup takového kotle. Kotle na peletky jsou vybaveny násypkou s automatickým podavačem obr. 1.3. [1] [2]



Obr. 1.3 Kotel na peletky s automatickým podáváním paliva [27]

Tab. 1-1 výhřevnost biomasy [1]

Druh biomasy	výhřevnost v MJ/kg
brikety	17,5 - 19
dřevní,slaměné pakety	15
dřevní pelety	16,5 - 18,5
pelety ze stébelnin	16,5 - 17,5 u olejnin 19

2 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ BIOMASY

Každá technologie vyžaduje specifické vlastnosti biomasy - obsah vlhkosti, rozměr částic, výhřevnost, obsah popelovin, atd. Procesy při zpracování biomasy můžeme rozdělit na mokré a suché, přičemž za teoretickou hranici mezi mokrymi a suchými procesy je považováno 50 % sušiny.

Tab. 2-1 Procesy při zpracování biomasy [4]

suché procesy	spalování
	zplyňování
	pyrolýza
mokré procesy	alkoholové kvašení
	metanové kvašení
fyzikální a chemické přeměny	mechanické - drcení, štípaní, peletování
	chemické - esterifikace surových bioolejů
získání odpadního tepla při zpracování biomasy	kompostování
	čištění odpadních vod
	anaerobní fermentace pevných organických zbytků

2.1 Získání odpadního tepla při zpracování biomasy anaerobní fermentací

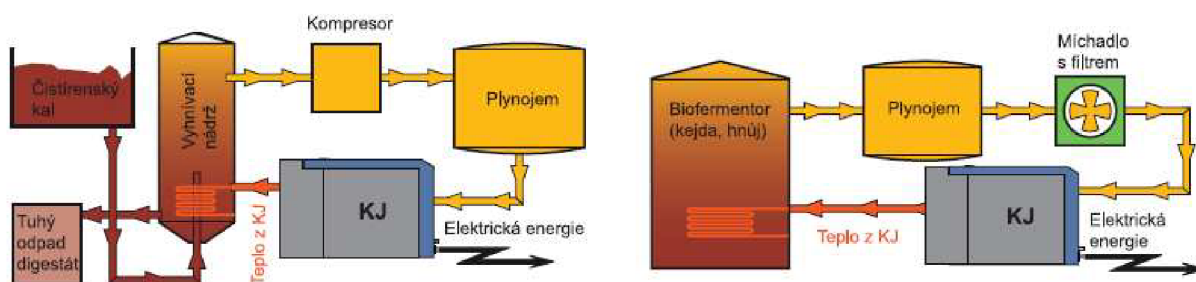
Anaerobní fermentace je proces na jehož konci je produktem bioplyn. Bioplyn vzniká při rozkladu organických látek (hnůj, zelené rostliny) v uzavřených nádržích bez přístupu kyslíku. Druhy biomasy, běžně využívané pro anaerobní výrobu bioplynu, jsou: exkrementy hospodářských zvířat (kejska, hnůj), fytomasa (senáže, siláže, vybrané druhy energetických rostlin), odpady z potravinářského průmyslu (mlékáren, jatek, lihovarů). Dalším významným producentem bioplynu jsou čistírny odpadních vod a skládky tuhého komunálního odpadu. Základní podmínkou stability procesu je zabránění proniknutí kyslíku do fermentoru, neboť zpomaluje potřebné reakce. Průměrná doba zdržení biomasy v reaktoru činí 20–30 dnů. Výslednými produkty jsou: fermentační zbytek (fermentát) resp. hnojivý substrát (výroba kompostů a certifikovaných hnojiv) a energeticky využitelný bioplyn. Výhřevnost bioplynu se pohybuje od 19,6 do 25,1 MJ/m³.

Anaerobní fermentaci můžeme rozdělit na dva druhy:

- mokrá fermentace – zpracování biomasy s obsahem sušiny < 12 %.
- suchá fermentace – zpracování biomasy s obsahem sušiny 20 až 60 %.

2.2 Bioplynová stanice pro mokrou fermentaci

Je tvořena vstupní jímkou, reaktorem a výstupní jímkou (mezisklad fermentačního zbytku). Anaerobní proces je kontinuální a manipulaci s biomasou zajišťují čerpadla. Je rozšířena zvláště na intenzivních chovech hospodářských zvířat a na čistírnách odpadních vod. Nejčastějšími případy jsou bioplynové stanice na zemědělských farmách, kde se zpracovává kejda ustájených zvířat s průměrným obsahem sušiny 4–6 % u prasat resp. 10–16 % u skotu.



Obr. 2.1 Využití bioplynu na ČOV a v zemědělské výrobě [5]

Pro zajištění optimálního průběhu anaerobní fermentace bývají reaktory vybaveny míchadly, která v určitých cyklech promíchávají zpracovávaný substrát. Kromě problematiky míchání je nutné přihlížet i k zajištění ohřevu substrátu na optimální teplotu. Při návrhu technologie se doporučují novější technologie se stěnovým vytápěním. Při klasickém ohřevu substrátu mimo reaktor (výměnníkem kal/voda), dochází k teplotnímu šoku, což má negativní vliv na životní podmínky anaerobních mikroorganismů, a tím i na pokles výtěžnosti bioplynu. S výhodou jsou využívány i tzv. kombinované reaktory resp. reaktory s integrovaným plynojemem. Ten bývá vytvořen pomocí plastového vaku/membrány, zavěšené pod vrchlíkem střechy. Toto řešení má velkou výhodu v úspoře zastavěné plochy a investičních prostředků. [5]

2.3 Přeprava a manipulace biomasy

V případě přepravy palivového dříví se využívá přeprava tahačích, traktorech, železnicích a na kratší vzdálenosti traktorem s vlekem. V elektrárně prochází palivo tříděním, drcením a uložením na složiště. Jemná prášková biomasa se skladuje v uzavřených zásobnících. Štěpky je možné skladovat na hromadách v zastřešeném úložišti. Dopravu biomasy v elektrárnách zajišťují pásové dopravníky. V případě spalování slámy je převoz zajištěn výhradně pomocí slisovaných balíků o váze 400-700kg do skladu. Sklad jsou projektované tak, aby při plném vytížení byla jeho kapacita 2-3 dny.



Obr.2.2 slisovaná sláma [28]

2.4 Úprava biomasy

Biomasu je nutné dosoušet v případě vysoké vlhkosti, pokud je biomasa určena k termochemickému využití, ostatní procesy probíhají ve vodním prostředí, proto je naopak vhodné sklízet rostliny ve stádiu, kdy mají dostatek vody. Balíky slámy se ze skladů přepravují pomocí jeřábu a plošinových dopravníků a před zavezením do topeniště kotle se drtí. Dešťová voda snižuje množství vodou rozpustných alkálií v popelu slámy. Alkálie obsažené ve slámě snižují teplotu tavení popela, což má za následek shlukování ve fluidním loži a zanesení kotle a rychlejší korozi přehříváků. Velkou výhodou je, že sláma je z pole sklízená vždy suchá, není tedy nutné dosoušení.

2.4.1 Sušení biomasy

Sušení biomasy je důležité z hlediska eliminace samovznícení, tvorby plísní a zvýšení energetické hustoty biomasy. Biomasa může být dosoušena přirozeným nebo umělým způsobem. Přirozené sušení spočívá v uskladnění biomasy na místě s dostatečným prouděním vzduchu. Pro tento způsob se využívají přístřešky nebo haly. Haly mohou být dovybaveny ventilátory. U bylinné biomasy dochází k vysychání přímo na poli, u energetického šťovíku je vlhkost při sklizni okolo 24%. Přirozené sušení je nejlépejší, ale také časově zdlouhavé.

Umělé sušení spočívá v použití sušících zařízení, která pomocí horkého vzduchu nebo spalin vysušují biomasu na potřebnou vlhkost. Nevýhodou umělého sušení je energetická náročnost, to zvyšuje cenu výstupní suroviny. S výhodou se užívá odpadní teplo různých zařízení (kotle).

Příklady umělého sušení:

a) vysoušení se provádí přímo ve spojení se systémem přísunu paliva do kotle, výhodou je že nemusíme používat žádný sklad pro vysušené palivo

b) k vysoušení použijeme parní sušárnu. Parní sušárna je sušící zařízení speciální konstrukce, které používá přehřátou páru, získávanou pomocí tepelného výměníku. V parních trubkových sušárnách není pára ve styku s mokřím produktem; pro přenos tepla na povrch produktu pro

sušení se používá výměňkový povrch. Pára prochází sušárnou ve válcových trubkách nebo svazcích, které se otáčejí, aby nedocházelo k lokálnímu přehřátí a zlepšila se rovnoměrnost sušení. Parní sušárny jsou bezpečné a mají na životní prostředí malý dopad. Jsou výhodné zejména při kombinované výrobě tepla a elektřiny.

c) sušení spalínami, které se následně odvádějí do komína. Nevýhodou je možná tvorba organických emisí, jako je parafín a aromatické sloučeniny. Parafín zaslepuje kouřovody a tvoří potenciální riziko ohně v elektrostatickém odlučovači a aromatické sloučeniny zapáchají a mohou být na obtíž obyvatelstvu. [5]

2.5 Spalování biomasy

Spalování je soubor chemických a fyzikálních dějů, které se navzájem ovlivňují, navazují na sebe či se prolínají a vedou k transformaci a využívání chemické energie obsažené v palivu. Na trhu s kotli pro spalování biomasy se objevuje několik odlišných koncepcí přívodu paliva do kotle a řešení spalování. Jednotlivé kotle se také liší kvalitou provedení a komfortem při provozu, což se projevuje značnými cenovými rozdíly. Spalování dělíme na základní dva způsoby a to spalování na roštu a spalování fluidní.

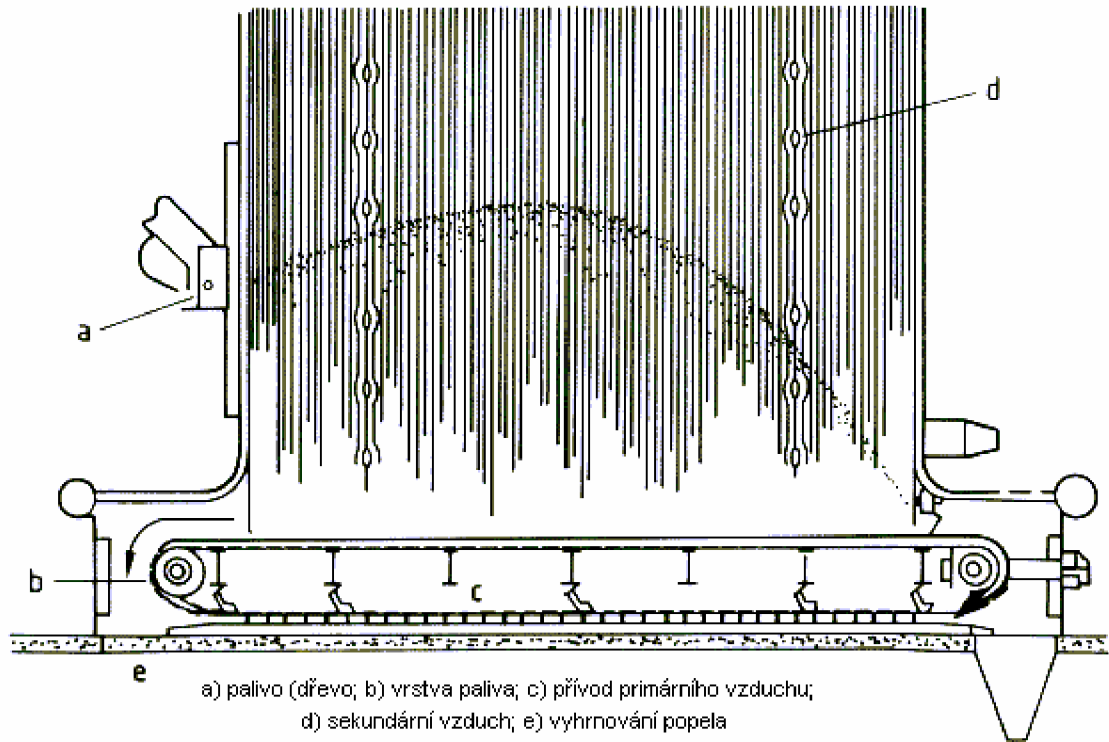
2.5.1 Spalování na roštu

Je nejstarším typem spalování, kterého se v kotlích používá. Roštové kotle se uplatnily při spalování fosilních paliv a nyní pro spalování biomasy téměř ve všech jejich formách: kusové dřevo, štěpka, pelety, obiloviny či dřevní odpady aj. Pro spalování na roštu nejsou vhodné druhy s jemnými částicemi. Využívá se pro výkony kotlů do 5MW, nad tuto hranici se většinou používají kotle s fluidním spalováním. Nevýhodou roštového spalování je horší regulace oproti fluidnímu kotli. Na roštu kotle dochází k vysušení paliva, následuje pyrolýza a v konečné fázi dojde ke spálení dřevěného uhlí.

Princip spalování na roštu:

- zajištění přívodu spalovacího vzduchu do jednotlivých míst plochy roštu tak, aby spalování probíhalo při optimálním přebytku vzduchu
- možnost postupného vysušení, zahřátí na zápalnou teplotu, hoření a dokonalé vyhoření paliva
- shromažďování tuhých zbytků po spalování, jejich odvod z ohniště
- možnost měnit výkon zařízení

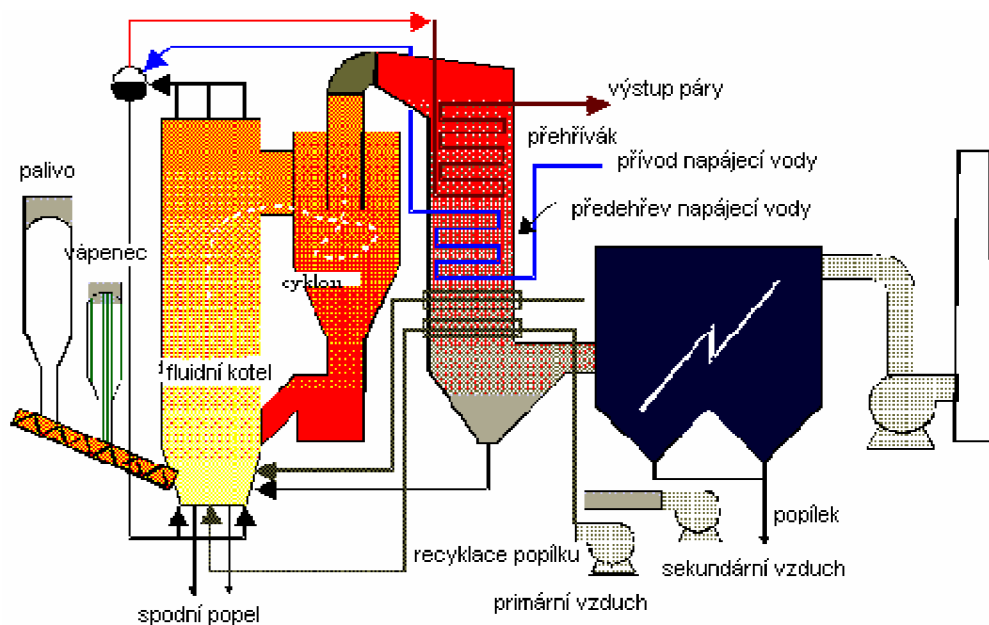
Kotel může být konstruován tak, že na stěně ohniště je mechanický pohazovač, který rozhazuje palivo na rošt v proti směru pohybu roštu. Největší částice dopadají dále a tudíž jsou i déle spalovány. Při spalování čisté slámy se používá pouze spalování na roštu, protože sláma tvoří strusku a spečence. Spalovací rošt je vibrační, vodou chlazený. Teplota přehřáté páry se musí udržovat pod 500°C, aby byl co nejmenší vliv koroze. Přehříváky páry se nečistí ofukováním, protože usazeniny na povrchu slouží jako ochranná vrstva před korozí.



Obr.2.3 Spalování pevných paliv na roštu s mechanickým pohazovačem [5]

2.5.2 Spalování s cirkulující fluidní vrstvou

Je vhodné při spalování nehomogenních paliv. Při fluidní spalování je palivo uloženo na desce v 0,5-1,5m vysoké vrstvě pod kterou je vhnán vzduch. Pro spalování biomasy se nejčastěji používá cirkulující fluidní lože. Rychlost víření je 4-6m/s. Část materiálu lože je vynášena ven a prochází ohništěm tak, že projde kotlem podruhé. Částice unášené z ohniště se odlučují z proudu spalin cyklonem.



Obr.2.4 Kotel s cirkulujícím fluidním ložem [5]

Při spalování paliva vznikají oxidy síry a oxidy dusíku které musíme eliminovat. Eliminaci oxidů síry provádíme pomocí přidávání vápence nebo dolomitu. Vápenec přidáváme přímo do paliva. Je to nejjednodušší metoda. Vzniklý produkt je unášen spalinami do elektrických odlučovačů. Snižování oxidů dusíku provádíme z tzv.primárních opatření. Mezi primární opatření řadíme např.: snížení efektivní spalovací teploty, zkrácení doby setrvání spalin v oblasti vysokých teplot, zpomalení směšování paliva a vzduchu. [6]

2.5.3 Spalování ve stacionární fluidní vrstvě

Vysoká tepelná kapacita fluidní vrstvy je schopna absorbovat změny vlastností paliv způsobené především jejich kolísajícím obsahem vlhkosti. Spalování probíhá ve vzhledu paliva, které je udržováno ve fluidním stavu prouděním vzduchu, kdy odpor proudícího média odpovídá tíze částecek. Zvětšování rychlosti proudění znamená zvětšení výšky fluidní vrstvy.

Částice zůstává v ohništi tak dlouho, dokud nevyhoří, případně se do ohniště vrací. Výkon kotle se reguluje výškou fluidní vrstvy, do které jsou ponořeny teplosměnné plochy. Fluidní kotel dovoluje spalování drceného paliva, které může mít u biomasy do 15 mm. Fluidní kotle se konstruuje pro výkony, od 8 MW_t až po stovky MW_t. Velký regulační rozsah 30 – 100 % jmenovitého výkonu, nízké spalovací teploty 800-900°C, možnost spalovat méněhodnotná, sirmatá paliva a odpady.



Obr. 2.5 Kotel se spalováním ve fluidní stacionární vrstvě [2]

2.5.4 Spalování slámy

Spalování slámy můžeme rozdělit do tří skupin podle stavu ve kterém vstupují do kotle:

- celé balíky – horší regulovatelnost výkonu, špatný začátek a konec hoření
- doplnění ostříháním balíků – lepší regulovatelnost oproti bodu a), horší zapalování a konec procesu
- rozdružením balíků – dokonalá regulovatelnost hoření, možnost stabilizace hoření jiným palivem, např.: dřevem

Nejdůležitější vlastností slámy je její rychlá a snadná zplynovatelnost. Při teplotách kolem 200°C se sláma zplynuje z 80% (dřevo kolem 70%) Vlivem velkého vývinu spalných plynů, zabraňujících vnikání vzdušného kyslíku a tím i jejich dokonalému prohoření, vyžaduje odlišné provedení topenišť. Nevýhodou slámy je, že její popel je složen z lehce tavitelných minerálií -

uhličitanem draselným, uhličitanem vápenatým a kysličníkem křemičitým. Tyto minerálie, začínají měknout při teplotách kolem 830°C a při teplotách 850-900°C se tvoří sklovitá hmota, která poškozují vyzdívku topenišť a je obtížně odstranitelná. Tomuto jevu zabráníme dvoustupňovým hořením, kde se v první části sláma zplynuje a v druhé části teprve spalné plyny za přístupu sekundárního vzduchu prohořívají vyšší teplotou.

Struktura slámy je příčinou úletu jemného popílku tvořeného nespálenými a zuhelnatěnými drobnými částicemi slámy. Popelovinami mají snahu se nalepovat na teplosměnné plochy. Je důležité, aby se sláma při celém procesu spalování nedotkla keramiky, neboť vznikajícími nápeky se ničí vyzdívka. Vývojem bylo prokázáno, že briketovaná a peletovaná sláma se může spalovat v kotlích od tepelného výkonu kolem 25 kW, ale rozduženou slámu je lépe spalovat až od tepelného výkonu 200 kW. U peletované slámy se může stát, že peletky se obalí popelem a zhasínají, aniž by řádně vyhořely. U větších výkonů je zcela neekonomické spalovat briketovanou nebo peletovanou slámu (cena je mnohonásobně vyšší než cena rozdužení).

2.6 Zplyňování biomasy

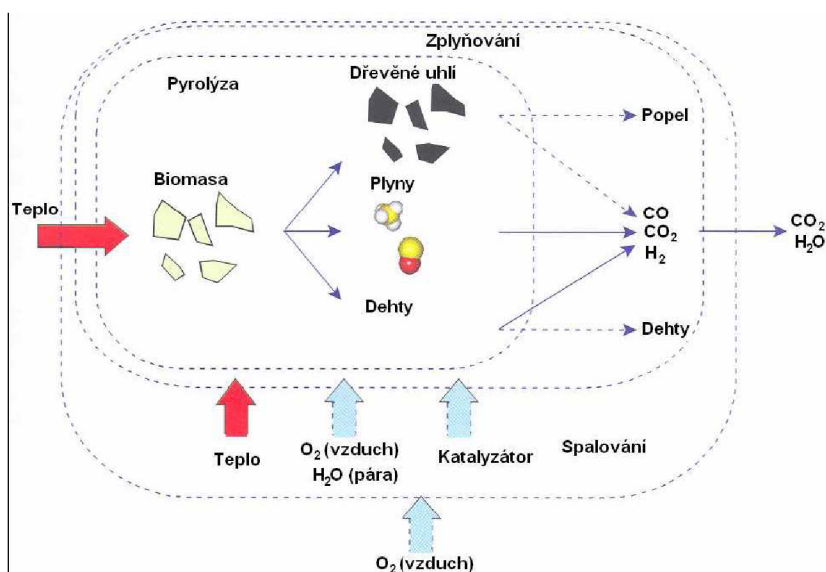
Zplyňování zvyšuje hodnotu základní suroviny. Z chemického hlediska jde složitý proces.

Části zplyňování:

- tepelný rozklad na plyn, kondenzující páry a dřevěné uhlí (pyrolýza),
- štěpení par na plyn a dřevěné uhlí,
- zplyňování dřevěného uhlí parou nebo oxidem uhličitým
- částečná oxidace hořlavých plynů, složek a dřevěného uhlí.

Vlivem odplynění při teplotě nad 500 °C je vyprodukováno 75 až 90 % prchavé hořlaviny, která se skládá z vodní páry, plynů a kondenzujících uhlovodíků. Konečný plyn se skládá z CO, H₂ a metanu a dále vodní páry, oxidu uhličitého a dusíku. Výhřevnost plynu zplyňovaného za pomoci vzduchu se pohybuje v rozmezí 4 - 6 MJ/m³, za pomoci kyslíku a vodní páry 13 - 15 MJ/m³. Reakce mezi tuhými látkami a plyny ovlivňují celkovou rychlost a účinnost zplyňování. Dřevěné uhlí obsahuje stále velké množství uhlíku (85 %). Stupeň zplynění dřevěného uhlí výrazně ovlivňuje účinnost zplyňovače. Popel ze zplyňovače by měl být kompletně prohořelý a bez uhlíku.

Důležitou částí je úplný rozklad kondenzujících par – dehtů, které rizikové z důvodu zanášení hnacího motoru použitého při výrobě elektřiny. Plynu bez dehtů lze dosáhnout pouze instalací čistícího systému nebo vysokoteplotním zplyňováním. Nízkoteplotní zplyňovače jsou určeny k výrobě palivového plynu k vytápění a výrobě elektrické energie v kotlích, ale vysokoteplotní zplyňovače používající jako oxidant kyslík a jsou využity pro výrobu syntézního plynu bez dusíku. Syntézní plyn je směs oxidu uhelnatého a vodíku a může být použit jako základ pro výrobu chemikálií a pohonných látek.



Obr. 2.6 Schéma zplyňování [2]

Vlastnosti ovlivňující zplyňování:

- vlhkost – pro zplyňování je nutné dodávat suchou biomasu (vyšší kvalita produkovaného plynu, vyšší účinnost a výhřevnost, nižší podíl dehtů). V praxi se používá sušiček, které jsou přímo integrovány do zplyňovacích jednotek.
- obsah popela a jeho složení – popelem rozumíme látky, které zůstanou i po dokonalém spálení. U dřeva je obsah popela 0,1%, ale u zemědělských plodin se pohybuje okolo 15%. Složení popela ovlivňuje jeho tavitelnost, ta má vliv na tvorbu strusky, která neblaze působí na reaktor.
- výhřevnost – u biomasy okolo 19MJ/kg
- sytná hmotnost a zrnitost – určuje potenciál energie v jednotce objemu
- podíl prchavých látek – mají vliv na tvorbu dehtů

2.6.1 Zplyňování pomocí fluidního zplyňovače

Proces zplyňování v cirkulujícím fluidním loži kotle za atmosférického tlaku se skládá z reaktoru, kde se uskutečňuje proces zplyňování, cyklonu k oddělování materiálu lože z plynu a vratného potrubí pro návrat cirkulujícího materiálu do spodní části reaktoru. Za cyklonem proudí horký vznikající plyn do předehříváku vzduchu, který je umístěn pod cyklonem. Vzduch ke zplyňování, vháněný vysokotlakým ventilátorem vzduchu, se zavádí ke dnu reaktoru přes rozvodnou mříž, palivo se přivádí do nižší části zplyňovacího zařízení v určité výšce nad rozvodem vzduchu. Provozní teplota v reaktoru je 800 – 1000°C. Na vstupu do reaktoru se částice vysuší, dochází k prvnímu stupni reakce - pyrolýze. Během této reakce se palivo přeměňuje na plyn, dřevěné uhlí a dehet. Část dřevěného uhlí proudí ke dnu lože a oxiduje na CO a CO₂ za uvolnění tepla. Poté, jak tyto uvedené sloučeniny stoupají reaktorem, dochází k druhé etapě reakcí.

Při těchto reakcích se tvoří spalitelný plyn, který potom vstupuje do cyklonu a opouští zplyňovací zařízení společně s jemným prachem. Většina pevných částic se zachytí v cyklonu a vrací se do

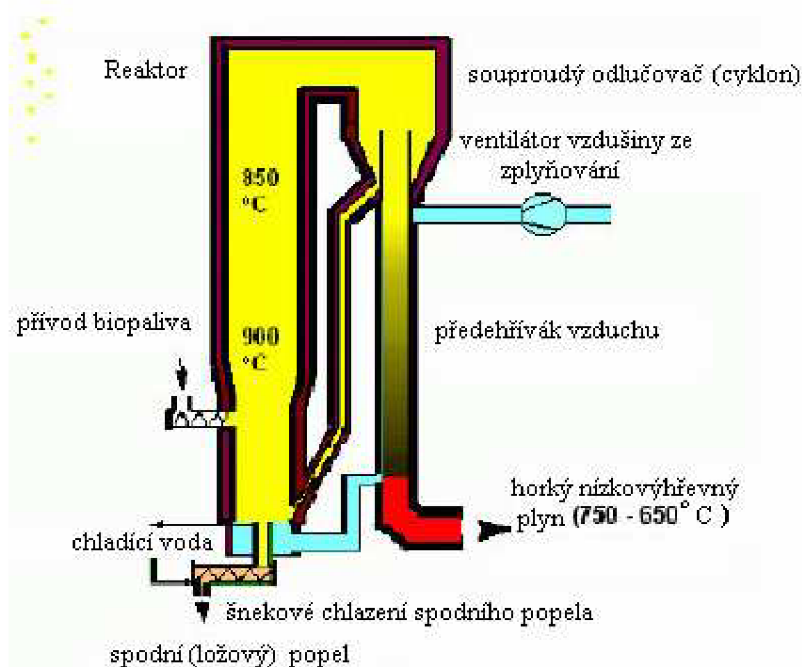
nižší části zplyňovacího reaktoru. Tyto pevné látky obsahují dřevěné uhlí, které se spálí se vzduchem fluidního procesu, jenž se zavádí tryskami roštu do fluidního lože. Proces spalování vytváří teplo, které je třeba k pyrolýze. Hrubý popel se shromažďuje ve zplyňovacím zařízení a odstraňuje se z jeho dna.

Výhody fluidních zplyňovačů:

- kompaktní konstrukce
- malé teplotní rozdíly
- schopnost spalovat velice rozdílná paliva bez zásahu do zařízení,
- možnost použití biomasy s nízkou teplotou tavitelnosti popela.

Nevýhody fluidních zplyňovačů:

- vysoký podíl dehtů a unášených částic v plynu,
- vysoká teplota plynu, díky níž plyn obsahuje páry alkalických kovů,
- nedokonalé vyhoření paliva,
- složitější řízení – řízení dodávky paliva i vzduchu,
- potřeba pohonu dmychadla.



Obr.2.7 Příklad fluidního zplyňovacího zařízení [5]

2.6.2 Pyrolýza

Pyrolýzou se rozumí tepelný rozklad organických materiálů za nepřístupu zplyňovacích médií (kyslík, vzduch, oxid uhličitý, vodní pára). V oblasti teplot 150 až 900 °C se uvolní těkavé látky, které se dále rozkládají a štěpí. Důsledkem termického rozkladu organického materiálu jsou tvořeny plynné, kapalné a tuhé produkty, které mohou být požitky pro další zpracování.

2.6.2.1 Druhy pyrolýzy

a) nízkoteplotní pyrolýza (reakční teploty pod 500 °C) – tzv. pomalá pyrolýza, nazývaná též karbonizace, s nízkou rychlostí zahřívání a dlouhou dobou vypařování poskytuje vyrovnaný podíl tuhých, kapalných a plynných produktů.

b) středněteplotní pyrolýza (reakční teploty 500-800 °C) – tzv. rychlá pyrolýza, při velmi rychlém zahřívání a krátkou dobou vypařování (méně než 1 sekunda) umožňuje vyšší produkci kapalných podílů v rozmezí 60 až 70 %.

c) vysokoteplotní pyrolýza (reakční teploty nad 800 °C) – tj. rychlá pyrolýza při teplotách nad 800 °C, velmi vysoká rychlost zahřívání a krátká vypařovací doba umožňuje vysokou produkci plynu - vyšší než 80 %.

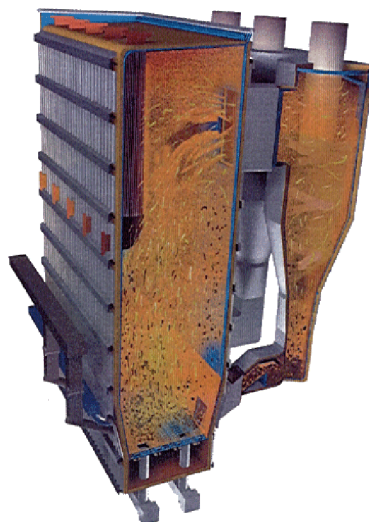
Při teplotách do 200 °C nastává sušení materiálu a odštěpení vodní páry (nutný velký přívod tepla), v oblasti teplot 200 °C až 500 °C dochází k suché destilaci - přeměna na plynné, kapalně organické produkty a pevný uhlík. Při dalším zvyšování teploty v rozmezí 500 °C až 1000 °C z kapalných, organických látek a z pevného uhlíku vznikají stabilní plynné látky jako H₂, CO, CO₂ a CH₄.

2.6.2.2 Dodání tepla pro pyrolýzu

- přímý ohřev látek horkými spalinami uváděnými do reakčního prostoru.
- ohřev teplem získaným spálením části štěpené suroviny přímo v reaktoru za přídavku vypočteného množství spalovacího vzduchu nebo kyslíku.
- ohřev inertními přenašeči tepla, nejčastější využití přehřáté vodní páry
- nepřímé zahřívání spalnými plyny. Ve spalovacích komorách dochází ke spalování plynných nebo kapalných paliv.

2.7 Spoluspalování biomasy a fosilních paliv

V současné době bohužel není ekonomicky možné provozovat elektrárnu jen na biomasu. Množství biomasy v blízkém okolí elektrárny je malé na to aby byl zajištěn ekonomický chod elektrárny pouze na tomto druhu paliva, proto využíváme biomasu jako aditivum. Spalování ve fluidním loži má výborné podmínky pro účinné spalování široké palety různých paliv a s nízkými emisemi. Spoluspalování biomasy s uhlím je také účinnou metodou ke snížení emisí oxidů síry. V systémech spalování v cirkulujícím fluidním loži je část větších fragmentů paliva unášena proudem vzduchu a proto se musí necirkulovat. Odloučení hrubých částic popílku zajišťuje odstředivý efekt vzniklý v cyklonu. [1] [2] [5]

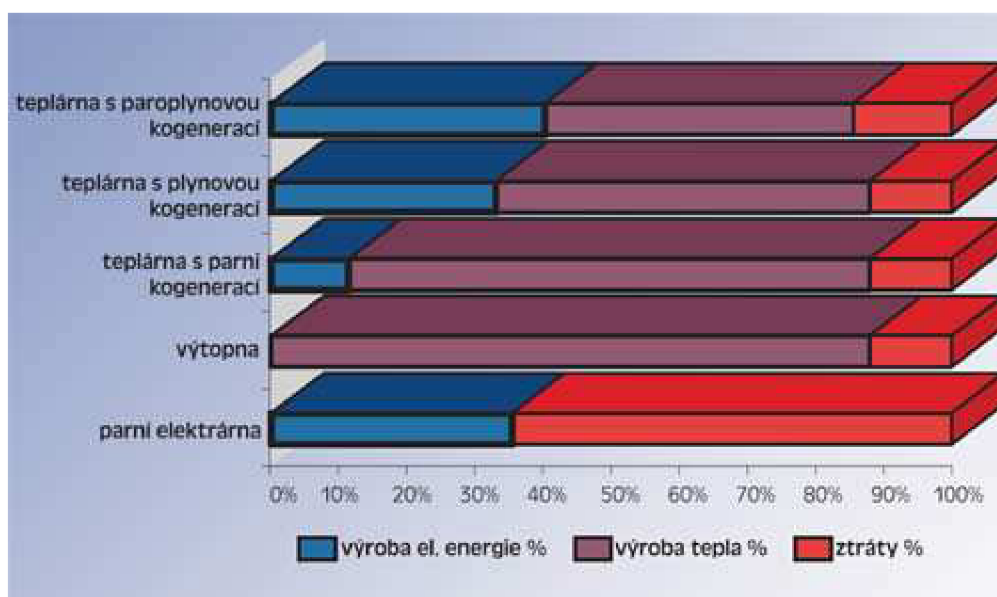


Obr. 2.8 Průtok paliva a materiálu cirkulujícím ložem fluidního kotle s oddělením hrubých částic [2]

2.8 Kogenerace

Kogenerace je současná výroba elektřiny a tepla. Pára z turbíny nejde do kondenzátoru, ale funguje jako teplonosná složka pro odběratele tepla. Kogenerace elektřiny a tepla umožňuje dobře využít energii obsaženou v palivu a tudíž je účinnost zařízení 85 – 90 %. Kogeneraci tepla a elektřiny lze považovat za možnost volby kdekoli je to ekonomicky možné. Důležitá je v daném místě vysoká poptávka po teple, aby zaručila výstavbu kogeneračního zařízení. Výhodou je velká úspora vstupního paliva – cca 40%. Nižší spotřebou paliva dosáhneme menších vstupních nákladů na výrobu elektřiny, poklesnou i emise do ovzduší.

Motivací pro stavbu malých kogeneračních zdrojů je jednodušší příprava stavby, rychlost uvedení do provozu, snadnější financovatelnost a šetrnost k životnímu prostředí. Je zde možnost lokálního nebo centrálního řízení. Lokální řízení citlivě reaguje na potřebu dodávky pro spotřebiče. Centrální řízení umožňuje ovládat chod řady jednotek na různých místech. Dispečer takového systému pak může nabízet regulovaný výkon o velikosti několika desítek MW. Cena takové dodávky je na trhu vyšší, než z jediného zařízení. Výroba v místě spotřeby sebou přináší též podstatné snížení ztrát energie při transportu rozvodnými sítěmi. Rozdělení tepla přivedeného v palivu (na výrobu elektřiny, tepla a tepelné ztráty) v jednotlivých typech kombinované výroby elektřiny a tepla a porovnání s oddělenou výrobou tepla ukazuje obr.2.9.



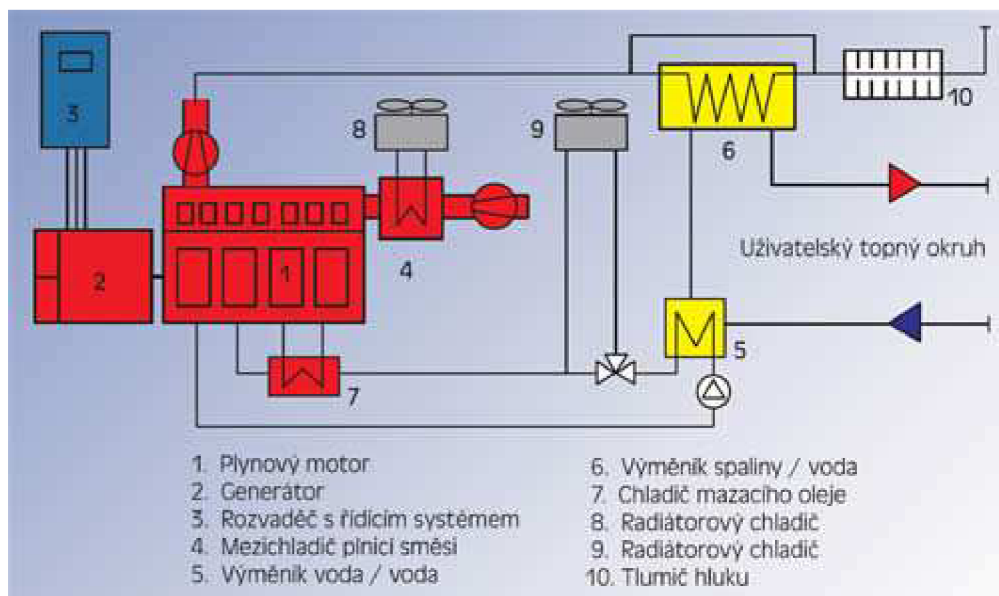
Obr. 2.9 Využití tepla v palivu [7]

Tab. 2-3 Základní parametry jednotlivých typů kombinované výroby elektřiny a tepla.[5]

Typ teplárny	Účinnost elektrická (%)	Účinnost tepelná (%)	Účinnost celková (%)	El. výkon teplárny (MW)
S parním strojem	8 - 12	60 - 67	68 - 87	0,1 - 2
S parními turbínami	12 - 15	6 - 8	72 - 80	0,15 - 100
Se spalovacími motory	32 - 41	44 - 53	82 - 90	0,1 - 10
Se spalovacími turbínami	23 - 38	36 - 50	68 - 85	2 - 100
Paro-plynové	35 - 44	32 - 50	78 - 87	5 - 200 a více

2.8.1 Velká kogenerační zařízení

Nacházejí se v městských teplárnách a podnikových zařízeních. Jejich výkon je stovky kW až několik MW. Kogenerační jednotkou lze nahradit jakýkoli zdroj tepla srovnatelného výkonu, ale ekonomicky výhodná bude pouze v případě, že poběží co nejvíce hodin. Velikost kogenerační jednotky je odvozena od spotřeby tepla v daném prostředí.



Obr.2.10 Blokové schéma kogenerační jednotky. [7]

Kogenerační jednotka se spalovací turbínou se skládá ze soustrojí spalovací turbína - alternátor vyrábějícího elektřinu a spalínového kotle. Spaliny z turbíny jsou přiváděny do spalínového kotle k výrobě tepla ve formě páry. Při zvýšení tepelného výkonu spalínového kotle je instalován dohořivací hořák na zemní plyn (hořák používá jako okysličovadlo spaliny ze spalovací turbíny), je vřazen do spalín proudících z turbíny do kotle a zvyšuje teplotu spalín přicházejících z turbíny (450 - 600 °C) na maximální teplotu 900 °C.

Hlavní výhodou kogeneračních jednotek se spalovacími turbínami proti kogeneračním jednotkám se spalovacími motory je možnost volby média, kterým je odváděno teplo ze spalínového kotle. Kogenerační jednotky se spalovacími turbínami se dodávají o elektrickém výkonu v rozsahu od 1 MW do 200 MW.

Stupeň konverze energie obsažené v primárním palivu na elektřinu je oproti parní kogeneraci podstatně vyšší cca 23 - 41 %, účinnost výroby tepla je cca 35 - 57 %. Celková účinnost využití energie v palivu činí cca 68 - 90 %. Cenou za vyšší podíl vyráběné el. energie je ale nutnost spalování plynného paliva - zemního plynu. Nevýhodou je neustálý nárůst ceny plynu.

Parní kombinovaná výroba elektřiny a tepla se provádí prostřednictvím páry vyrobené v parním kotli pomocí fosilních či nefosilních paliv. Pára se přivádí do parního motoru, protitlaké nebo kondenzační odběrové parní turbíny, kterými se pohání generátor elektrické energie. Teplo ve formě páry, jejíž tlak odpovídá konstrukci stroje nebo požadované teplotní úrovni tepelné energie, se odebírá z výfuku parního stroje, z protitlaku (odběru) parní turbíny. Pro nižší elektrické výkony (50 kW - 15 MW) jsou dodávána soustrojí s protitlakovými turbínami axiálními nebo radiálními (pro vyšší výkony pouze s turbínami axiálními), které pohání přes převodovku alternátor.

Z hlediska dosahované termodynamické účinnosti jsou výhodné moderní rychloběžné radiální turbíny jednostupňové nebo dvoustupňové s malou hmotností a krátkou dobou najíždění. Turbíny axiální i radiální jsou v uvedeném výkonovém rozsahu konstruované pro teplotu páry 200-450°C.

Regulace elektrického výkonu soustrojí je zajištěna regulačním ventilem na přívodu páry do turbíny, po případně natáčivými statorovými lopatkami. Celková účinnost využití energie obsažené v primárním palivu je cca 77-87%, přičemž dominantní je účinnost výroby tepla (v závislosti na tlaku před a za turbínou cca 62-76%). Účinnost výroby elektřiny se pohybuje mezi 8-20%. Oproti plynové kombinované výrobě elektřiny a tepla je výhodou možnost spalování levného paliva (uhlí) nebo obnovitelného paliva – biomasy, popř. kombinace.

Paroplynová kombinovaná výroba elektřiny a tepla je snahou o maximální podíl výroby elektřiny, což je zajištěno kombinací dvou turbosoustrojí se spalovací a parní turbínou. Pára, která se vyrábí ve spalínovém kotli odpadním teplem ze spalovací turbíny, pohání soustrojí s parní turbínou. Teplo se získává ze spalin spalovací turbíny a z protitlaku parní turbíny.

Poměrem dodávky paliva do spalovací komory turbíny a spalínového kotle je potom dán poměr výkonu spalovací a parní turbíny. U větších instalací se používá dvoutlakového spalínového kotle a tomu odpovídající dvoutlakové parní turbíny. Podstatou tohoto typu kombinované výroby tepla a elektrické energie je dosažení maximálního podílu výroby elektrické energie, který může přesáhnout až 44% z přivedeného tepla v palivu.

2.8.2 Malá kogenerační zařízení

Kogenerační jednotky malých výkonů dosahují desítek až stovek kW elektrického výkonu. Jejich základní částí je obvykle pístový spalovací motor, který pohání generátor proudu. Palivem je nejčastěji zemní plyn, bioplyn, eventuálně dřevoplyn.

Kogenerační jednotka se spalovacím motorem pohání přímo alternátor vyrábějící elektřinu. Odpadní teplo z motoru je odváděno pomocí dvou výměníků na dvou teplotních úrovních. První výměník odvádí teplo z bloku motoru a z oleje na úrovni cca 80 - 90 °C, druhý odvádí teplo z odcházejících výfukových spalin o teplotě cca 400 - 500 °C. Výměníky jsou zapojeny do série. Většinou jsou kogenerační jednotky koncipovány pro dodávku tepla do teplovodního systému 90/70 °C. Kogenerační jednotky se zážehovými spalovacími motory se dodávají o el. výkonech v rozsahu od 20 kW do 5000 kW. [4] [5] [7]



Obr. 2.11 Kogenerační jednotky v ČOV, výkon 2x 520 kW_e palivo bioplyn a zemní plyn [7]

2.8.3 Legislativa v kombinované výrobě elektřiny a tepla

Podpora kombinované výroby elektřiny a tepla (KVET) je dána v novele zákona č. 458/2000 Sb.

Podle § 32 se stanovuje podpora KVET takto:

1) Za účelem zvýšení efektivního využití kombinované výroby elektřiny a tepla a snižování produkce skleníkových plynů musí výrobce tepelné energie přezkoumat podle zvláštního právního předpisu možnost zavedení kombinované výroby elektřiny a tepla.

2) Výrobci provozující zařízení pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla nebo zařízení na výrobu elektřiny z druhotných energetických zdrojů mají, pokud o to požádají a technické podmínky to umožňují, právo k přednostnímu zajištění dopravy elektřiny přenosovou soustavou a distribučními soustavami, s výjimkou přidělení kapacity mezinárodních přenosových nebo distribučních propojovacích vedení. Dále mají právo na přednostní připojení svého výrobního zařízení k přenosové nebo distribuční soustavě, pokud o to požádají a pokud splňují podmínky připojení a dopravy elektřiny stanovené prováděcím právním předpisem.

Tato práva se vztahují na elektřinu:

a) vyrobenou v zařízeních využívajících druhotné energetické zdroje v množství odpovídajícím podílu energetického potenciálu druhotných energetických zdrojů vstupujících do výrobního procesu.

b) vyrobenou v zařízeních kombinované výroby elektřiny a tepla v jednom procesu v množství prokazatelně vázaném na množství tepelné energie dodané do soustav centralizovaného zásobování teplem nebo přímé dodávky fyzickým či právníkům osobám k dalšímu využití a pro technologické účely, s výjimkou vlastní spotřeby energetického zdroje.

3) Základní podmínkou kombinované výroby elektřiny a tepla je dodávka užitečného tepla k dalšímu využití. Kritériem pro posuzování kombinované výroby elektřiny a tepla je úspora primárního paliva vyplývající z rozdílu mezi celkovou účinností kombinované výroby elektřiny a tepla a referenční hodnotou. Celková účinnost kombinované výroby elektřiny a tepla musí splňovat hodnoty minimální účinnosti užití energie podle zvláštního právního předpisu 6a) a zároveň celková účinnost kombinované výroby elektřiny a tepla musí být pro klasifikaci elektřiny jako elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla nejméně o 10 % vyšší než referenční hodnota. Tato podmínka nemusí být splněna u zařízení kombinované výroby elektřiny a tepla do instalovaného výkonu 1 MW.

4) Příspěvky k ceně elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla nebo vyrobené z druhotných energetických zdrojů hradí výrobcům provozovatelé distribučních soustav přímo připojených k přenosové soustavě, ke kterým jsou připojeni, nebo provozovatel přenosové soustavy, pokud je výrobce k přenosové soustavě přímo připojen. Výši příspěvku stanoví Energetický regulační úřad.

5) Množství elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných energetických zdrojů eviduje Energetický regulační úřad.

6) Podrobnosti způsobu určení množství elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla na základě poměru tepelné energie a elektřiny a určení elektřiny z druhotných energetických zdrojů stanoví ministerstvo prováděcím právním předpisem.

7) Osvědčení o původu elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla nebo druhotných energetických zdrojů (dále jen "osvědčení"), které je nezbytným předpokladem pro uplatnění elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřiny z druhotných energetických zdrojů na trhu s elektřinou vydává ministerstvo na základě žádosti o vydání osvědčení. Ta musí obsahovat identifikační údaje žadatele, identifikační údaje výroby, popis a schéma výrobního zařízení a technologického procesu kombinované výroby elektřiny a tepla, nebo výroby elektřiny z druhotných energetických zdrojů, údaje o palivu, dosavadní a předpokládanou celkovou účinnost a referenční hodnotu a metodu stanovení poměru tepelné energie a elektřiny. V případě, že údaje uvedené v žádosti nesouhlasí se skutečností, ministerstvo osvědčení nevydá, nebo bylo-li již vydáno, jeho platnost zruší. Podrobnosti žádosti a vzor žádosti o vydání osvědčení stanoví prováděcí právní předpis. Žádost musí být provozovatelem kombinované výroby elektřiny a tepla a výroby elektřiny z druhotných energetických zdrojů podána nejpozději do 6 měsíců od nabytí účinnosti tohoto zákona.

8) Obchodníci s elektřinou jsou povinni přednostně nakupovat a dodávat elektřinu, kterou výrobci elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla nebo výrobci elektřiny z druhotných energetických zdrojů nabídli. Podrobnosti ke způsobu určení a obchodování elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných energetických zdrojů stanoví prováděcí právní předpis.

9) Odchytky výkonu zařízení z důvodu přirozené povahy kombinované výroby elektřiny a tepla nesmí být důvodem neplnění povinností podle odstavců 4 a 8.

Z ustanovení energetického zákona vyplývá, že není uplatňována přímá státní podpora KVET, ale podpora v systému cenové regulace prováděné Energetickým regulačním úřadem. Přímá státní podpora je řešena v každoročně vyhlašovaném státním programu na podporu úspor energie určitým příspěvkem do investic na výstavbu nových zdrojů KVET a podporou poradenství. Státní program je realizován Českou energetickou agenturou a týká se v současné době prakticky pouze výstavby zdrojů do výkonu 1 MW_e.

Podpora rozvoje výroby elektřiny z KVET je dále v legislativě vyjádřena i v zákoně č. 406/2000 Sb., v § 7 takto:

Kombinovaná výroba elektřiny a tepla :

1) Každý výrobce tepla se zdrojem o součtovém výkonu zdroje vyšším než 5 MW_t je povinen při budování nových zdrojů nebo při změně dokončených staveb u zdrojů již vybudovaných podrobit dokumentaci stavby energetickému auditu z hlediska zavedení výroby elektřiny.

2) Každý výrobce elektřiny z tepelných procesů se zdrojem o součtovém výkonu zdroje vyšším než 10 MW_e je povinen při budování nových zdrojů nebo při změně dokončených staveb u zdrojů již vybudovaných podrobit dokumentaci stavby energetickému auditu z hlediska zavedení

dodávky tepla. Při užití plynových turbín se tato povinnost vztahuje na výkony vyšší než 2 MW_e a při užití spalovacích motorů na výkony vyšší než 0,8 MW_e.

3) Rozhodne-li se výrobce podle odstavců 1 a 2 realizovat kombinovanou výrobu elektřiny a tepla, je povinen dodržet pravidla pro navrhování zařízení a účinnost užití energie.

4) Podrobnosti pro přípravu a uskutečňování kombinované výroby elektřiny a tepla stanoví vyhláška.

Navazující vyhláška č. 212/2001 Sb., „kterou se stanoví podrobnosti pro přípravu a uskutečňování kombinované výroby elektřiny a tepla“, řeší zejména pravidla pro navrhování zařízení pro kombinovanou výrobu tepla a elektřiny ve zdrojích tepla a výrobnách elektřiny.

Česká republika v oblasti podpory kombinované výroby tepla a elektřiny je v plném souladu se záměry Směrnice č. 2004/8/ES a významně přispívá k možnosti úspor primárního paliva a snižování zátěže životního prostředí. [10]

3 VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY V ČR

3.1 Využívání biomasy v roce 2006 a 2007

3.1.1 Výroba elektřiny z biomasy v roce 2006

V roce 2006 došlo zvýšení výroby elektřiny z biomasy z 560 GWh na 731 GWh. Statistika byla zpracována ministerstvem průmyslu a obchodu (MPO). Výroba byla sledována u 19 objektů. Část elek.energie (39%) byla dodána do sítě, 57% elektřiny byla vlastní spotřeba podniku a jen 4% činily dodávky třetím subjektům. Z 731 GWh bylo 349 GWh vyrobeno spalováním uhlí a 373 GWh bylo vyrobeno v teplárnách.

Tab. 3-1 Výroba elektřiny z biomasy v roce 2006 [9]

Počet subjektů	Výroba elektřiny (MWh)	Vlastní spotřeba vč. ztrát (MWh)	Dodávka do sítě (MWh)	Přímé dodávky (MWh)	Spotřeba paliva (t)
19,0	731 066,3	419 653,6	285 746,4	25 666,3	512 434,5

3.1.1.1 Výroba elektřiny z biomasy v roce 2007

Přesné údaje nejsou v době zpracování práce známy, jelikož konečné vyhodnocení provádí ministerstvo průmyslu a obchodu za rok 2007 v srpnu 2008.

Tab. 3-2 Výroba elektřiny z biomasy v roce 2007 – předběžná data [29]

	Výroba elektřiny v GWh	Meziroční změna v %	Podíl na výrobě elektřiny v %
Biomasa celkem	970	33	1,1

3.1.2 Výroba elektřiny podle druhu paliva

V roce 2006 byla zaznamenána zvýšená spotřeba pelet a briket z rostlinných materiálů (16 000t). V roce 2006 bylo použito k výrobě elektřiny 512 000t biomasy (v roce 2005 to bylo 389 000t). U dřevního odpadu, pilin a štěpků byl zvýšen nárůst o 60 000t. Energie obsažená v biomase na výrobu elektřiny byla 5 609 813 GJ.

Tab. 3-3 Výroba elektřiny z biomasy podle jejich typů v roce 2006 [9]

	Výroba elektřiny (MWh)	Vlastní spotřeba (MWh)	Dodávky do sítě (MWh)	Přímé dodávky (MWh)	Spotřeba paliva (t)
Dřevní odpad a štěpka	272 724,5	78 257,3	190 673,1	3 794,1	250 150,2
Celulózové výluhy	350 027,7	331 976,4	0,0	18 051,3	184 619,0
Rostlinné materiály	84 464,5	7 821,5	76 040,0	603,0	62 146,0
Pelety	23 849,7	1 598,5	19 033,3	3 217,9	15 519,3

3.1.3 Energetické využití biomasy v roce 2006

Množství biomasy využívané v ČR bylo v roce 2006 dost nízké, např. vyrobené množství pelet v činilo 26868 tun, z toho bylo 24124 tun vyvezeno. Odhadovaná spotřeba pelet v domácnostech a malých firmách pouhých 2344 tun. [9]

Tab.3-4 Energetické využití biomasy v roce 2006 [9]

Druh paliva	Množství v tunách		Celkem
	na výrobu elektřiny	na výrobu tepla	
dřevní odpad, štěpky, piliny	250 150	881 457	1 131 607
palivové dřevo	0	54 102	54 102
rostlinné materiály	62 146	12 307	74 453
brikety a pelety	15 519	8 134	23 653
celulózové výluhy	184 619	883 578	1 068 197
celkem	512 434	1 839 578	2 352 012

3.2 Výkupní ceny

Výkupní ceny elektřiny stanovuje každý rok Energetický regulační úřad (ERÚ). Cenu můžeme rozdělit do dvou kategorií a to výkupní cena a zelený bonus.

3.2.1 Dělení cen

a) zelený bonus - je příplatek k tržní ceně elektřiny, který může získat výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů elektřiny (zákon č. 180/2005 Sb.). Volba podpory prodeje elektřiny ve formě zelených bonusů znamená, že výrobce prodá vlastní elektřinu za tržní cenu zákazníkovi a od provozovatele distribuční společnosti inkasuje zelené bonusy. Výše zeleného bonusu v Kč/MWh je každý rok stanovena ERÚ. Výrobce si musí sám najít odběratele elektrické energie. Tržní cena, za kterou výrobce elektřinu prodá odběrateli, je dána jejich vzájemnou dohodou. Výhodou zelených bonusů je vyšší výnos z prodeje elektřiny, ale výrobce nemá 100% zaručen odbyt elektrické energie.

b) výkupní cena – provozovatel distribuční event. přenosové soustavy má povinnost vykoupit od výrobce veškerou vyrobenou energii z daného zdroje. Nižší výnos z prodeje, ale odpadá nutnost hledat odběratele energie. Výkupní ceny elektřiny jsou garantovány zákonem (č. 180/2005 Sb.) po dobu 15 let od uvedení data do provozu. [10] [11]

3.2.2 Dělení biomasy podle vyhlášky č. 482/2005 Sb.

1) kategorie 1, zahrnuje zejména byliny nebo dřeviny cíleně pěstované pro energetické využití a biopaliva z nich vyrobená.

2) kategorie 2, která zahrnuje zejména biomasu včetně zbytkové biomasy, kterou nelze materiálově využít.

3) kategorie 3, která zahrnuje zejména materiálově využitelnou biomasu a biopaliva z ní vyrobená.

Jednotlivé kategorie se dále člení podle spalování na:

a) spalování a zplyňování čisté biomasy – označení O – O1,O2,O3

b) spoluspalování biomasy – označení S – S1,S2,S3

c) paralelní spalování – označení P – P1,P2,P3

Výše výkupních cen a zelených bonusů pro rok 2008 byla stanovena ERÚ dne 20.listopadu 2007. [12]

Tab. 3-5 výkupní ceny a zelené bonusy [13]

Kategorie biomasy	Výkupní cena elektřiny v kč/MWh	Zelené bonusy v kč/MWh
výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O1 v nových lokalitách po 1.1.2008 včetně	4210	2930
výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O2 v nových lokalitách po 1.1.2008 včetně	3270	1990
výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O3 v nových lokalitách po 1.1.2008 včetně	2520	1240
výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O1 před 1.1.2008	3540	2260
výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O2 před 1.1.2008	2940	1660
výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O3 před 1.1.2008	2430	1150
výroba elektřiny společným spalováním palivových směsí biomasy kategorie S1 a fosilních paliv	-	1390
výroba elektřiny společným spalováním palivových směsí biomasy kategorie S2 a fosilních paliv	-	790
výroba elektřiny společným spalováním palivových směsí biomasy kategorie S3 a fosilních paliv	-	240
výroba elektřiny paralelním spalováním biomasy kategorie P1 a fosilních paliv	-	1650
výroba elektřiny paralelním spalováním biomasy kategorie P2 a fosilních paliv	-	1050
výroba elektřiny paralelním spalováním biomasy kategorie P3 a fosilních paliv	-	500

4 NÁVRH KOGENERAČNÍ JEDNOTKY

Tato část práce se zabývá návrhem kogenerační jednotky na dřevoplyn, její možností připojení do sítě a zjištěním návratnosti této investice. Při výpočtech není uvažována čistá současná hodnota peněz.

4.1 Vstupní informace

Kogenerační jednotka je navrhována pro firmu Dřevo M&J spol. s.r.o. Jedná se o dřevozpracující firmu – pořez a sušení dřeva, proto bude kogenerační jednotka určená pro spalování dřevoplynu. V provozovně se nachází pásové pily, které tvoří největší spotřebiče a dále administrativní budova. Celkový odběr elektrické energie za rok činí 220MWh. Dodavatelem elektrické energie je firma E.ON. Firma platí elek. energii podle tarifu C 03d. [14] Ve firmě se nachází také sušárna řeziva o tepelném výkonu 350kW.



Obr. 4.1 Pohled na areál firmy

4.1.1 Roční náklady na provoz

Firma využívá tarif C 03d a v tomto tarifu je cena stanovena na 3042,24 Kč/MWh. Roční spotřeba elektrické energie je 220MWh. Náklady na elek. energii za rok jsou získány vynásobením ceny za 1MWh a množstvím spotřebované energie.

$$C_{er} = E_s \cdot C_{MW} = 220 \cdot 3042,24 = 669293\text{Kč} \quad (4.1)$$

Kotel sušárny má výkon 350kW, účinnost spalování je 85%, je stanoven energetický příkon kotle za hodinu.

$$Q_k = \frac{P}{\eta} = \frac{350}{0,85} = 412\text{kWh} = 1483,2\text{GJ/h} \quad (4.2)$$

Množství paliva potřebné pro kotel při výhřevnosti dřeva $Q_n=14\text{MJ/kg}$

$$m_p = \frac{Q_k}{Q_n} = \frac{1483,2}{0,014} = 106\text{kg/h} \quad (4.3)$$

Toto množství se přepočítá na objem při uvažované hustotě dřeva $\rho=670\text{kg/m}^3$

$$V = \frac{m_p}{\rho} = \frac{106}{670} = 0,1582\text{m}^3/\text{h} \quad (4.4)$$

Množství dřeva v m^3 za rok

$$V_r = V \cdot t = 0,1582 \cdot 8760 = 1386\text{m}^3 \quad (4.5)$$

Náklady na zakoupení paliva při průměrné ceně $C_{1\text{m}^3}=400\text{kč/m}^3$

$$C = V_r \cdot C_{1\text{m}^3} = 1386 \cdot 400 = 554400\text{Kč} \quad (4.6)$$

4.2 Návrh kogenerační jednotky

Kogenerační jednotka je vybrána od firmy ATEKO, která se přímo zabývá výrobou kogeneračních jednotek na dřevoplyn. Z nabízeného portfolia je výhodná jednotka nejmenší a to ATEKO 150. Tato jednotka má však vyšší výkon tepelný, než který potřebuje provoz. Po dohodě s investorem je možné sušárnu rozšířit a tím docílit celkového využití tepelného výkonu. Přebytek tepelného výkonu bude určen k sušení paliva.

Parametry jednotky:

spotřeba dřeva.....	180-250kg/h
elektrický příkon instalovaný	20kWe
spotřeba dolomitu	15kg/h
minimální výhřevnost dřeva	14MJ/kg
elektrický výkon	130kWe
tepelný výkon	480kWt
produkce popela	6kg/h
dolomit zreagovaný	16kg/h
pořizovací cena jednotky	17 000 000 Kč

[15]

4.2.1 Roční výroba elektrické energie

Elektrický výkon jednotky je $P_e=130\text{kW}$ a jednotka je v provozu 24h po celý rok. Vyrobená energie za rok je získána vynásobením těchto dvou hodnot.

$$E_v = P_e \cdot t = 130 \cdot 8760 = 1138800\text{kWh} = 1138,8\text{MWh} \quad (4.7)$$

Přebytek elektrické energie E_d do distribuční sítě

$$E_d = E_v - E_s = 1138,8 - 220 = 918,8\text{MWh} \quad (4.8)$$

Přebytečná energie bude do distribuční sítě dodávána za cenu odpovídající kategorii O3. Kategorie O3 zahrnuje biomasu kterou lze materiálově využít (podle vyhlášky č. 482/2005Sb.). [12] Výkupní cena C_{vp} je stanovena pro rok 2008 a kategorii O2 na 2520 Kč/MWh. [13]

$$Z_p = E_d \cdot C_{vp} = 918,8 \cdot 2520 = 2315376\text{Kč} \quad (4.9)$$

4.2.3 Spotřeba dřeva

Výrobce kogenerační jednotky udává spotřebu 180-250kg/h. [15] Bude počítáno s průměrnou spotřebou tzn. 215kg/h a vypočtena spotřeba paliva za rok.

$$m_{pr} = m_p \cdot t = 215 \cdot 8760 = 1883400\text{kg} \quad (4.10)$$

Dřevo se prodává v m^3 , proto se musí roční spotřeba paliva přepočítat. Jako dřevní palivo se bude uvažovat smrk (v okolí provozu nejčastější dřevina) a dub (hlavní dřevina kterou firma zpracovává).

a) smrk..... $\rho=470\text{kg/m}^3$

b) dub..... $\rho=670\text{kg/m}^3$ [16]

$$\text{ad a) } V_r = \frac{m_{pr}}{\rho} = \frac{1883400}{470} = 4007\text{m}^3 \quad (4.11)$$

$$\text{ad b) } V_r = \frac{m_{pr}}{\rho} = \frac{1883400}{670} = 2811\text{m}^3 \quad (4.12)$$

Nyní se zjistí roční náklady na palivo. U palivového dřeva je značné rozpětí cen, záleží na druhu dřeva a také odkud dřevo pochází (prořez, odřezky atd.). Opět se bude brát v úvahu průměrná cena.

druh dřeviny	cenové rozpětí za m^3	průměrná cena za m^3
smrk.....	100-400kč.....	250kč
dub.....	200-600kč.....	400kč

[17]

Roční náklady při použití:

a) smrku

$$C = V_r \cdot c_s = 4007 \cdot 250 = 1001750 \text{ kč} \quad (4.13)$$

b) dubu

$$C = V_r \cdot c_d = 2811 \cdot 400 = 1124400 \text{ kč} \quad (4.14)$$

4.3 Náklady a zisky

V této části se práce zabývá porovnáním nákladů na provoz kogenerační jednotky a na výpočet zisků.

4.3.1 Roční náklady na provoz

U kogeneračních jednotek se uvažují roční náklady na provoz do výše 5% z investice. V tomto případě se budou uvažovat roční provozní náklady ve výši 1,5% investice. Kogenerační jednotka potřebuje také pro svůj provoz dolomit frakce 2-3 mm. Cena dolomitu frakce 0-4mm C_{Dl} je 340kč/t. [18]

Náklady na údržbu

$$C_u = C_i \cdot 0,015 = 17000000 \cdot 0,015 = 255000 \text{ Kč} \quad (4.15)$$

Výrobce neuvádí velikost nákladů na údržbu, proto se vychází z předpokladu, že velikost nákladů na tuto jednotku bude procentuálně podobná velikosti nákladů u kogeneračních jednotek na zemní plyn. [19] Skutečné náklady se však mohou lišit.

Náklady na dolomit

Spotřeba dolomitu m_{Dh} je 15kg/h, spočítá se tedy spotřeba dolomitu za rok provozu a cena dolomitu.

$$C_{Dr} = C_{Dl} \cdot t \cdot m_{Dh} = 340 \cdot 8760 \cdot 0,015 = 44676 \text{ kč} \quad (4.16)$$

Roční náklady na nákup paliva činí 1 124 400kč podle rovnice (4.14).

Celkové roční náklady na provoz

$$C_{Rn} = C + C_u + C_{Dr} = 1124400 + 255000 + 44676 = 1424076 \text{ kč} \quad (4.17)$$

4.3.2 Roční zisky z provozu

Náklady na výrobu 1kWh se získají jako podíl vstupních nákladů za rok a množství vyrobené energie.

$$C_{kW} = \frac{C_{Rn}}{E_v} = \frac{1424076}{1138800} = 1,25 \text{ Kč/kWh} \quad (4.18)$$

Roční náklady na výrobu elektrické energie pro vlastní spotřebu

$$C_{Ve} = E_s \cdot C_{kW} = 220000 \cdot 1,25 = 275000 \text{Kč} \quad (4.19)$$

Finanční prostředky získané ušetřením nákladů na platbu energie

$$Z_u = C_{er} - C_{Ve} = 669293 - 275000 = 394293 \text{Kč} \quad (4.20)$$

Celkový roční zisk

$$Z_r = Z_u + Z_p = 394293 + 2315376 = 2709669 \text{Kč} \quad (4.21)$$

4.3.2 Návrh návratnosti investice

Roční čistý zisk

$$Z_c = Z_r - C_{Rn} = 2709669 - 1424076 = 1285593 \text{Kč} \quad (4.22)$$

Životnost kogenerační jednotky je 20 let. [20] Proto je uvažován i celkový zisk za 20 let provozu. Po této době jsou nutné generální opravy jednotky.

$$Z_{20} = 20 \cdot Z_c - C_i = 20 \cdot 1285593 - 17000000 = 8711860 \text{Kč} \quad (4.23)$$

Návratnost investice N je získána jako podíl ceny investice C_i a ročním čistým ziskem

$$N = \frac{C_i}{Z_c} = \frac{17000000}{1285593} = 13,22 \text{let} \quad (4.24)$$

4.3.3 Varianty návratnosti

Předchozí výpočty jsou pro průměrnou spotřebu a průměrnou pořizovací cenu paliva. Dále budou uvedeny varianty maximální spotřeby s maximální cenou paliva a návratnost při nejvyšší ceně paliva a průměrné spotřebě. Tabulky vychází z již vypočtených parametrů, spotřeby, výroby a nákladů.

Tab.4-1 Návratnost při nejvyšší ceně paliva

Návratnost při nejvyšší ceně paliva (průměrná spotřeba)							
Palivo	roční spotřeba v m ³	cena za m ³	roční náklady na palivo v Kč	celkové náklady	výrobní náklady na 1kWh	čistý zisk v Kč	návratnost (roky)
SMRK	4 007	400	1 602 800	1 902 476	1,671	807 193	21,1
DUB	2 811	600	1 686 600	1 986 276	1,744	723 393	23,5

Tab.4-2 Návratnost při maximální spotřebě

Návratnost při maximální spotřebě a nejvyšší ceně paliva							
Palivo	roční spotřeba v m ³	cena za m ³	roční náklady na palivo v Kč	celkové náklady	výrobní náklady na 1kWh	čistý zisk v Kč	návratnost (roky)
SMRK	4 656	400	1 862 400	2 162 076	1,899	547 593	31,0
DUB	3 268	600	1 960 800	2 260 476	1,985	449 193	37,8

Z uvedených hodnot vyplývá, že cena a spotřeba paliva má veliký vliv na návratnost investice a celkové zvážení, zda-li je taková jednotka rentabilní. V uvedených případech je návratnost příliš vysoká a investovat do kogenerační jednotky nemá smysl.

4.4 Úvěrová varianta

Požizovací náklady na kogenerační jednotku jsou 17 000 000 Kč, firma není schopna ji zaplatit v krátké době celou, proto zaplatí 7 000 000 Kč z vlastních zdrojů a na zbylých 10 000 000 Kč si zajistí úvěr.

4.4.1 Výpočet úvěru

Úrok pro podnikatele vychází z tzv. sazby PRIBOR (Prague InterBank Offread Rate). Tato sazba se poskytuje ve lhůtách měsíční, tříměsíční, půlroční, roční a po tyto doby se nemění. K této sazbě se připočítá marže. Vzhledem k tomu, že sazba PRIBOR je fixovaná jen na určitou dobu a nelze být odhadnuta dopředu, tak se bude pro zjednodušený výpočet uvažovat sazba PRIBOR pevná a neměnná po celou dobu splácení úvěru. Při zřízení úvěru se platí jednorázový poplatek, přibližně 20 000kč.

Celá sazba úvěru by byla 5,52% p.a (roční úroková sazba – per annum). Úvěr bude splácen lineárně, tzn. odděleně splátka jistiny (tj. klientův dluh, úvěr) a úroků. Pro první splátku se úrok počítá jako měsíční z celých 10mil. Měsíční úroková sazba je 0,46% . Úvěr bude splácen po dobu 10 let, což znamená 120 měsíců a měsíční splacená částka (1.-119.) bude 83 300kč a 120. splacená částka bude rozdíl do půjčené částky, což je 87 300kč. Pro výpočet úroků za další splátku se od 10 mil. odečte již zaplacená 1. splátka jistiny tj. 83 300 kč, výsledek se vynásobí měsíčním úrokem za 31 dní. Pro výpočet měsíčního úroku musíme znát úrok denní, ten získáme podílem roční úrokové sazby a počtem dní v roce tzn.: $5,52/360=0,0153333\%$. Pro výpočty s podnikatelským úvěr se uvažuje rok, který má 360 dnů. Stejným způsobem se pokračuje i při výpočtu úroků na další roky. Za celkové období 10 let bude splacená částka 10mil a k tomu celkové úroky ve výši 2 777 594kč. [21]

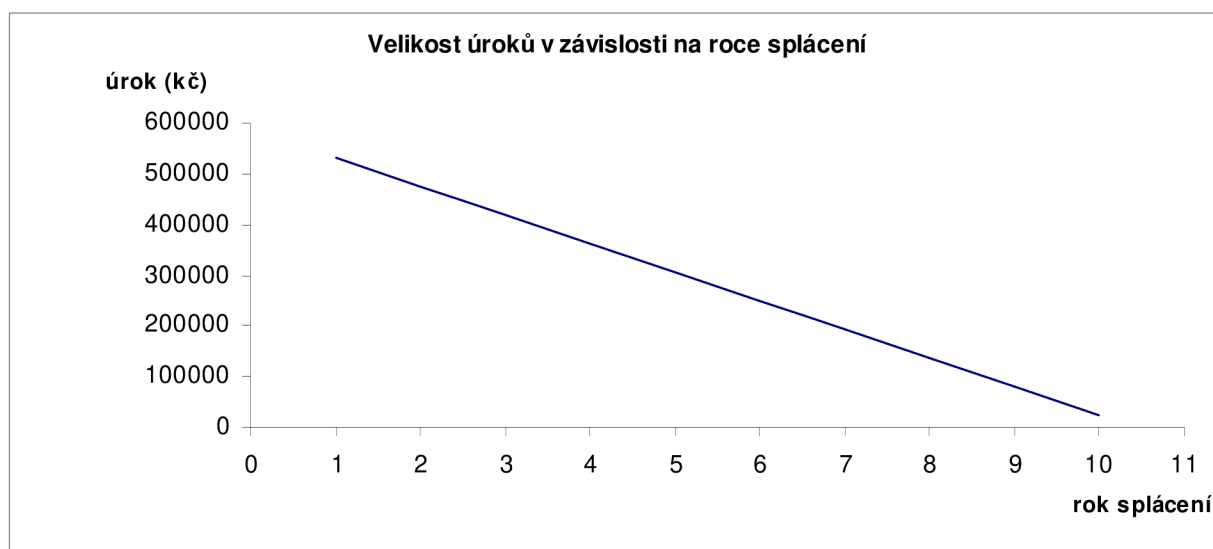
Legenda k tabulce Tab.4-3:

Levý sloupec je obsahuje pořadí měsíce v roce a TX označuje rok ve kterém probíhá splátka (T1=první rok). Sloupec „splátka“ uvádí výši měsíční splátky z čerpaného úvěru. Sloupec „zůstatek“ prezentuje velikost částky kterou ještě musí klient splatit. Sloupec „úroky“ zaznamenává výši úroků a to za měsíc a rok. Sloupec „celkem“ udává sumu v Kč již je zaplacené za úroky z X let (v uvedené případě za dva roky).

Tab.4-3 Příklad výpočtu úroků

Propočet úroků							
měsíc/rok	čerpání kč	splátka kč	zůstatek kč	úr. sazba %	úroky/měs kč	úroky/rok kč	celkem kč
1/rok T1	10000000	83300	9916700	5,52	47137,38		
2/rok T1		83300	9833400	5,52	43725,85		
3/rok T1		83300	9750100	5,52	46345,48		
4/rok T1		83300	9666800	5,52	44467,28		
5/rok T1		83300	9583500	5,52	45553,57		
6/rok T1		83300	9500200	5,52	43700,92		
7/rok T1		83300	9416900	5,52	44761,66		
8/rok T1		83300	9333600	5,52	44365,71		
9/rok T1		83300	9250300	5,52	42551,38		
10/rok T1		83300	9167000	5,52	43573,81		
11/rok T1		83300	9083700	5,52	41785,02		
12/rok T1		83300	9000400	5,52	42781,90	530750,0	530750,0
1/rok T2		83300	8917100	5,52	42385,95		
2/rok T2		83300	8833800	5,52	37926,45		
3/rok T2		83300	8750500	5,52	41594,04		
4/rok T2		83300	8667200	5,52	39869,12		
5/rok T2		83300	8583900	5,52	40802,14		
6/rok T2		83300	8500600	5,52	39102,76		
7/rok T2		83300	8417300	5,52	40010,23		
8/rok T2		83300	8334000	5,52	39614,28		
9/rok T2		83300	8250700	5,52	37953,22		
10/rok T2		83300	8167400	5,52	38822,37		
11/rok T2		83300	8084100	5,52	37186,86		
12/rok T2		83300	8000800	5,52	38030,47	473297,9	1004047,9

Obr. 4-2 Charakteristika výše úroků za jednotlivé roky splácení



Tab.4-4 Výše úroků za každý rok

rok	roční úrok (kč)
1	530 750,0
2	473 297,9
3	417 353,6
4	361 409,3
5	306 359,8
6	249 520,8
7	193 576,5
8	137 632,2
9	81 969,5
10	25 724,6

4.4.2 Vliv úvěru na návratnost a zisk

Protože výše úroků splácených každý rok není konstantní a největší finanční zatížení je právě první rok, bude také toto období uvažováno pro následující výpočet čistého zisku při průměrných vstupních nákladech (ceně paliva a spotřebě). Dále jsou uvedeny různé varianty.

Roční splacená částka bance

$$R_{sč} = S_m \cdot 12 = 83300 \cdot 12 = 999600 \text{Kč} \quad (4.25)$$

Velikost úroků za rok

Údaj je získán z Tab.4-3, výpočet je proveden podle postupu uvedeném v části 4.4.1.

$$U_r = 530750 \text{Kč}$$

Čistý zisk za první rok provozu kogenerační jednotky

$$Z_c = Z_r - C_{Rn} - R_{sč} - U_r = 2709669 - 1424076 - 999600 - 530750 = -244757 \text{Kč} \quad (4.26)$$

Při výpočtu návratnosti se cena investice musí upravit, tzn. k ceně investice připočítat celkové náklady na placení úroků po dobu 10 let a jednorázový poplatek za vyřízení úvěru.

$$C_{iu} = C_i + U_c + j_u = 17000000 + 2777594 + 20000 = 19797594 \text{Kč} \quad (4.27)$$

Návratnost investice při využití podnikatelského úvěru

$$N = \frac{C_{iu}}{Z_c} = \frac{19797594}{1285593} = 15,4 \text{let} \quad (4.28)$$

Tabulky ročních zisků:

Tab.4-5 Roční zisky při průměrné spotřebě a ceně paliva

Zisk v jednotlivých letech při průměrné spotřebě a ceně paliva				
rok provozu	celkové náklady na provoz (kč)	splátka úvěru (kč)	úrok (kč)	zisk (kč)
1	1 424 076	999 600	530 750	-244 757
2	1 424 076	999 600	473 298	-187 305
3	1 424 076	999 600	417 354	-131 361
4	1 424 076	999 600	361 409	-75 416
5	1 424 076	999 600	306 360	-20 367
6	1 424 076	999 600	249 521	36 472
7	1 424 076	999 600	193 576	92 417
8	1 424 076	999 600	137 632	148 361
9	1 424 076	999 600	81 970	204 023
10	1 424 076	1 003 600	25 725	256 268
11	1 424 076	0	0	1 285 593
12	1 424 076	0	0	1 285 593
13	1 424 076	0	0	1 285 593
14	1 424 076	0	0	1 285 593
15	1 424 076	0	0	1 285 593
16	1 424 076	0	0	1 285 593
17	1 424 076	0	0	1 285 593
18	1 424 076	0	0	1 285 593
19	1 424 076	0	0	1 285 593
20	1 424 076	0	0	1 285 593
Zisk za dobu životnosti 20 let			12 934 266 Kč	

Z tabulky je vidět, že v prvních pěti letech je kogenerační jednotka ztrátová. Tato ztráta je způsobena splácení úvěru a hlavně vyšší úroků v první letech splácení, ale v celkovém zisku je investice do kogenerační jednotky finančně zajímavá.

Tab.4-6 Roční zisky při průměrné spotřebě a nejvyšší ceně paliva

Zisk v jednotlivých letech při průměrné spotřebě a nejvyšší ceně paliva				
rok provozu	celkové náklady na provoz (kč)	splátka úvěru (kč)	úrok (kč)	zisk (kč)
1	1 902 476	999 600	530 750	-723 157
2	1 902 476	999 600	473 298	-665 705
3	1 902 476	999 600	417 354	-609 761
4	1 902 476	999 600	361 409	-553 816
5	1 902 476	999 600	306 360	-498 767
6	1 902 476	999 600	249 521	-441 928
7	1 902 476	999 600	193 576	-385 983
8	1 902 476	999 600	137 632	-330 039
9	1 902 476	999 600	81 970	-274 377
10	1 902 476	1 003 600	25 725	-222 132
11	1 902 476	0	0	807 193
12	1 902 476	0	0	807 193
13	1 902 476	0	0	807 193
14	1 902 476	0	0	807 193
15	1 902 476	0	0	807 193
16	1 902 476	0	0	807 193
17	1 902 476	0	0	807 193
18	1 902 476	0	0	807 193
19	1 902 476	0	0	807 193
20	1 902 476	0	0	807 193
Zisk za dobu životnosti 20 let			3 366 266 Kč	

Je patrné, jak velký vliv má cena paliva na zisk z provozu za 20 let, což je uvažovaná životnost kogenerační jednotky. Ztrátovost jednotky je dosti značná – polovina životnosti. Zisk za 20 let je dosti malý oproti velkým investičním nákladům při zřizování kogenerační jednotky.

Tab.4-7 Roční zisky při nejvyšší spotřebě a ceně paliva

Zisk v jednotlivých letech při nejvyšší spotřebě a ceně paliva				
rok provozu	celkové náklady na provoz (kč)	splátka úvěru (kč)	úrok (kč)	zisk (kč)
1	2 162 076	999 600	530 750	-982 757
2	2 162 076	999 600	473 298	-925 305
3	2 162 076	999 600	417 354	-869 361
4	2 162 076	999 600	361 409	-813 416
5	2 162 076	999 600	306 360	-758 367
6	2 162 076	999 600	249 521	-701 528
7	2 162 076	999 600	193 576	-645 583
8	2 162 076	999 600	137 632	-589 639
9	2 162 076	999 600	81 970	-533 977
10	2 162 076	1 003 600	25 725	-481 732
11	2 162 076	0	0	547 593
12	2 162 076	0	0	547 593
13	2 162 076	0	0	547 593
14	2 162 076	0	0	547 593
15	2 162 076	0	0	547 593
16	2 162 076	0	0	547 593
17	2 162 076	0	0	547 593
18	2 162 076	0	0	547 593
19	2 162 076	0	0	547 593
20	2 162 076	0	0	547 593
Zisk za dobu životnosti 20 let			-1 825 734 Kč	

Při uvažování maximální ceny a spotřeby je patrné, že kogenerační jednotka na sebe již nedokáže vydělat v průběhu své životnosti a investice do takového zařízení by byla ztrátová.

4.5 Možnosti dotací

Obchodní společnosti mají možnost čerpat dotace z Operačního programu Podnikání a inovace přes agenturu CzechInvest. Pro výstavbu kogenerační jednotky je vhodné žádat u programu Eko-energie.

4.5.1 Program Eko-energie

Program Eko-energie má za cíl motivovat podnikatele ke snižování energetické náročnosti, spotřeby primárních zdrojů energie a ke zvýšení využití obnovitelných zdrojů. Program je vyhlášen na období 2007 – 2013, ale může být pozastaven nebo předčasně ukončen.

Podpora je poskytována na projekty, jejichž cílem je:

- snížit energetickou náročnost na jednotku produkce při zachování dlouhodobé stability a dostupnosti energie pro podnikatelskou sféru

- omezit závislost české ekonomiky na dovozu energetických komodit
- snížit spotřebu fosilních primárních energetických zdrojů
- zvýšit využití obnovitelných zdrojů energie (OZE)
- využít významný potenciál energetických úspor a využít OZE rovněž ve velkých podnicích
- využít dostupný potenciál druhotných zdrojů energie [22]

4.5.2 Podmínky přijatelnosti projektu

- 1) Projekt musí být realizován na území České republiky mimo území hl. m. Prahy.
- 2) Žadatel musí jednoznačně prokázat vlastnická nebo jiná práva k nemovitostem a pozemkům, kde bude projekt realizován. Způsob a požadovaný termín prokázání těchto vlastnických nebo jiných práv specifikuje Správce programu v příslušné výzvě.
- 3) Projekt musí obsahovat všechny povinné součásti uvedené ve výzvě k jeho předložení.
- 4) Projekt musí plnit horizontální politiky EU, zejména:
 - rovné příležitosti mezi muži a ženami
 - udržitelný rozvoj
- 5) Dotace bude příjemci poskytnuta na základě Rozhodnutí o poskytnutí dotace vydaného Správcem programu („Rozhodnutí“), jehož součástí jsou závazné Podmínky poskytnutí dotace („Podmínky“)
- 6) Dotace je vyplácena příjemci zpětně po ukončení projektu nebo jeho etapy za předpokladu splnění podmínek Rozhodnutí.

Přesné pokyny jsou uvedeny v příručce Pokyny pro žadatele a příjemce dotace z programu Eko-Energie – Výzva I agentury CzechInvest. [22]

4.5.3 Výše dotace

Dotace se poskytuje v minimální výši 500 000 Kč. Maximální výše dotace závisí na druhu regionu, uvádí se v procentech investice, ale nejvyšší podpora může být 100 000 000 Kč.

Tab.4-8 Výše podpor podle regionů [22]

region	Výše dotace v %		
	malý podnik	střední podnik	velký podnik
Střední Morava, Severozápad, Střední Čechy, Moravskoslezsko, Jihovýchod, Severovýchod	60	50	40
Jihozápad 1.1.2007 - 31.12.2010	56	46	36
Jihozápad 1.1.2011 - 31.12.2013	50	40	30

Firma se nachází v Jihomoravském kraji, což je region Jihovýchod a spadá do kategorie malý podnik (má méně než 50 zaměstnanců). [23] (rozdělení MSP). Přesné znění podmínek, které musí žadatel splnit je uveden v Program Eko-Energie – Podmínky. I při splnění všech podmínek nemá žadatel na podporu právní nárok. [22]

4.5.4 Vliv dotací na návratnost investice

Maximální výše dotace je 60% z investice:

$$D_{max} = C_i \cdot 0,6 = 17000000 \cdot 0,6 = 10200000 \text{ kč} \quad (4.29)$$

Díky dotaci dojde ke snížení ceny investice.

Návratnost v případě zaplacení investice z vlastních zdrojů:

$$N = \frac{C_i - D_{max}}{Z_{\xi}} = \frac{17000000 - 10200000}{1285593} = 5,29 \text{ let} \quad (4.30)$$

Návratnost v případě využití úvěru:

$$N = \frac{C_{iu} - D_{max}}{Z_{\xi}} = \frac{19797594 - 10200000}{1285593} = 7,47 \text{ let} \quad (4.31)$$

4.6 Připojení zdroje k distribuční síti

Zdroj bude připojen k distribuční síti kterou provozuje E.ON Distribuce, a.s. Výkupní cena je dána cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu. [13]

4.6.1 Žádost o připojení zdroje

Žadatel podává žádost o připojení k distribuční soustavě E.ON Distribuce, a.s. na speciálním formuláři.

V žádosti žadatel uvede:

- specifikaci stávajícího odběrného místa (existuje-li) tj. číslo místa spotřeby, popř. číslo elektroměru, předpokládaný příkon při odstavení zdroje v kW
- souhlas vlastníka nemovitosti se zřízením a provozováním el. zdroje
- požadovaný termín připojení
- režim dodávky (doba a množství dodávky, způsob podpory OZE)
- druh výroby (kombinovaná, obnovitelné zdroje atd., specifikace dle vyhl. MPO 252/2001 v platném znění)
- typ el. zdroje, pohonu, generátoru
- instalovaný a provozní výkon, jmenovitý a rozběhový proud, jmenovitý a provozní účinník generátoru (P,Q diagram, dosažitelný účinník zdroje při jmenovitém výkonu)
- jmenovité napětí zdroje (musí odpovídat ČSN IEC 38)
- zkratový příspěvek zdroje
- způsob připojení (3f, 1f)
- přehledové schéma celého elektrického zařízení s jmenovitými hodnotami použitých zařízení (jednopolové schéma postačí) vč. údajů o vlastních přípojných vedeních a rozvodném zařízení výrobce elektřiny

Přesné znění podmínek je uvedeno v [24]. Vyjádření obdrží žadatel do 30 dnů ode dne podání žádosti.

Provozovatel musí zdroj vybavit těmito ochranami:

- podpěťová (musí být trojfázová)
- přepěťová (musí být trojfázová)
- podfrekvenční (může být jednofázová)
- nadfrekvenční (může být jednofázová)

Typ ochran a jejich nastavení musí odsouhlasit provozovatel distribuční sítě (DS) - E-ON Distribuce, a.s. Ochranu před přechodnými jevy, které by vedly ke škodám na vlastním zařízení si provozovatel povinně zajistí sám. V případě splnění všech podmínek daných provozovatelem DS bude uzavřena smlouva o připojení zdroje k DS.

Po uzavření této smlouvy následuje oživovací a ověřovací provoz (přezkoušení MTN, MTP, kontrola fázování, kontrola místních provozních předpisů atd.) [24] Pokud oživování a ověřování proběhne v pořádku je zdroj schválen k paralelnímu provozu s DS. Při připojování nové zdroje k DS je provozovatel zdroje povinen se řídit všemi platnými zákony, vyhláškami a normami tzn. zejména zajistit pravidelné revize zařízení. [24]

4.7 Popis zařízení ATEKO

Celé zařízení na výrobu dřevoplynu je umístěno v dvoupatrové ocelové konstrukci, konstrukce není zastřešena. Toto zařízení obsahuje zásobníky paliva, reaktor, cyklon, výměníky, hořák. Výška reaktoru je 10m. Kompletní zařízení na výrobu energoplynu je umístěno na ploše 8x8 m. Vnitřní instalace obsahuje vlastní kogenerační jednotku, dmychadla a zařízení na úpravu energoplynu (čištění, chlazení). Provoz jednotky je plně automatizovaný.

Výstupy z kogenerační jednotky:

- a) Spaliny, které obsahují oxid uhličitý, vodu, dusík a zbytkový kyslík.
- b) Popel neobsahuje dehtovité látky, ale jen popeloviny s nespáleným zbytkem uhlíku, proto ho lze ukládat na skládku.
- c) Zreagovaný dolomit, který lze použít pro cementářské pece nebo skládkovat.

Jednotka splňuje nejpřísnější požadavky z hlediska ochrany životního prostředí.

V ceně zařízení je:

- dodávka technologického zařízení
- nátěry, izolace, vyzdívky
- potrubí a armatury
- dopravu po ČR
- montáž
- veškerou dokumentaci
- uvedení zařízení do provozu
- záruka na zařízení 24 měsíců od uvedení do provozu

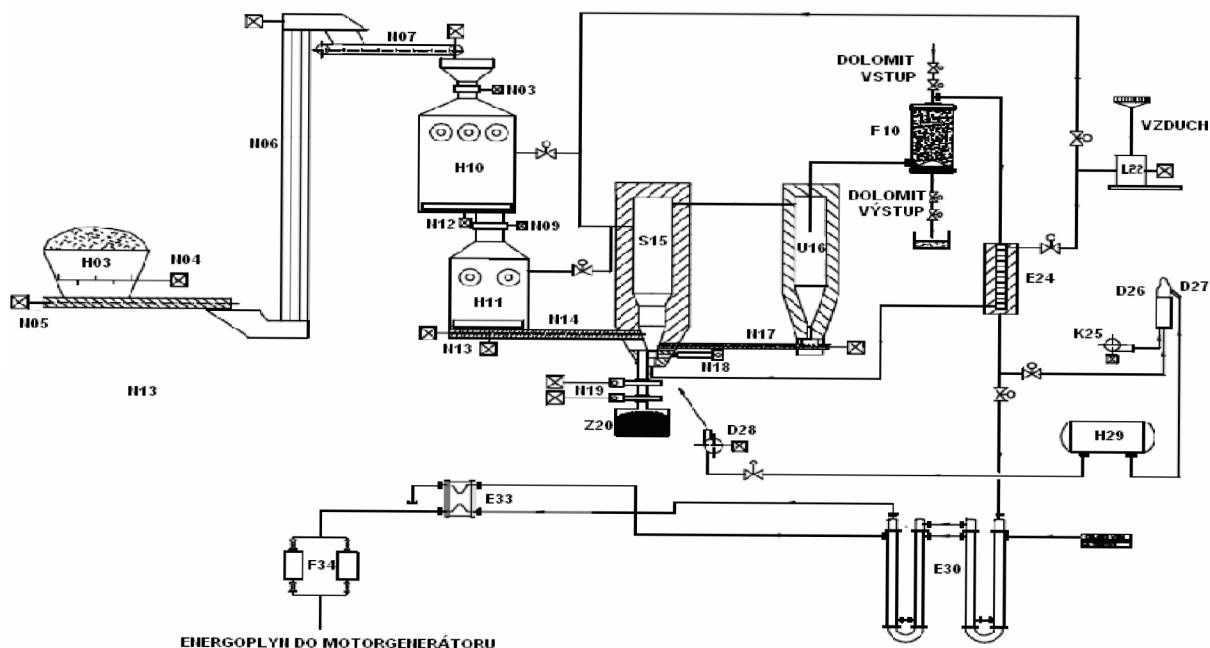
Stavební úpravy vzniklé s instalací kogenerační jednotky si hradí investor sám.

Průběh platby:

Zálohová platba	20% z ceny po podpisu smlouvy
Etapová platba I	40% z ceny po dodávce aparátů na místo stavby
Etapová platba II	30 % z ceny po ukončení montáže
Konečná platba	10 % z ceny po předání a převzetí

Zařízení je dodáno do 12 měsíců od podpisu smlouvy.

Popis hlavních částí zařízení:



- H03 násypka pro příjem suroviny
- H10,H11 zásobníky
- S15..... fluidní reaktor
- U16 cyklón reaktoru
- Z20 nádoba na popel
- D26,D27,D28 .. hořáky
- F10..... vysokoteplotní reaktor (filtrace pomocí dolomitového lože)
- E24 předehříváč vzduchu
- E30 chladič plynu
- E33 předehřev plynu
- F34..... jemný filtr
- M45 motorgenerátor TEDOM el.výkon 150kWe

5 ZÁVĚR

Z teoretické části je patrné, že využívání biomasy je výhodné jen v jistých částech energetického průmyslu a není možné ji aplikovat jako náhradu velkých energetických zdrojů. Na významu získává zejména u malých zdrojů energie, převážně v domácnostech jako zdroj tepelné energie nebo v kogeneračních jednotkách menších výkonů. Velkou výhodou biomasy je fakt, že se jedná o obnovitelný zdroj. Na výrobu biomasy (pěstování) jsou poskytovány státní dotace a na nákup spalovacích zařízení taktéž, proto se biomasa stává relativně levným, komfortním palivem, které splňuje ekologické normy. Sekundární výhodou biomasy je zvyšování zaměstnanosti v okolí jejího pěstování tzn. pěstování, ošetřování, sklizeň, úprava a doprava, pro pěstování se může také využít krajiny zrekultivované po povrchové těžbě. Nevýhodou je potřeba velkého množství biomasy pro energeticky náročné provozy velkých výkonů a její nekontinuální dodávka.

Při spalování biomasy se používají dva základní principy a to spalování na roštu a spalování fluidní. Každý typ se hodí na různé formy biomasy. Spalování na roštu je vhodné pro zbytkovou biomasu ze zemědělské výroby – balíky slámy, kde jsou balíky dopravovány přes rozdrůžovač rovnou do spalovacího zařízení, odpadají tedy náklady na další případnou technickou úpravu paliva. Spalování fluidní je vhodné pro biomasu malé frakce, např. štěpka.

Biomasa je ekologicky čisté palivo a nepřispívá k produkci skleníkových plynů. Množství skleníkových plynů, které vznikají při spalování, je spotřebováno již při růstu a vývinu rostliny (dřeviny).

Jelikož biomasa je obnovitelný zdroj, tak je podporována její produkce a zároveň získávání elektrické energie z ní. To dokazuje přehled cen výkupu elektřiny, který vydává každý rok Energetický regulační úřad. Biomasa je výhodná pro kombinovanou výrobu elektrické energie, kde můžeme odpadní teplo druhotně využít a tím zvýšíme využitelnost paliva a současně dojde k jeho ušetření. Kogenerace vede k hospodárnějšímu využití paliva a tudíž k snížení vstupních nákladů na výrobu elektrické energie a tepla. Česká republika se zavázala využívat více obnovitelné zdroje energie, aby tyto zdroje byly využívány, musí být pro investory a podnikatele ekonomicky výhodné tzn. podpora výkupu, dotační programy atd.

Praktická část práce se zabývala návrhem kogenerační jednotky pro průmyslový provoz. Provozem byla dřevozpracující firma – pila se sušárnou řeziva. Použití kogenerační jednotky bylo tedy na místě. V tomto případě je nejvýhodnější kogenerační jednotka na dřevo, potažmo dřevoplyn. Výrobci těchto typů kogeneračních jednotek je velmi málo a pořizovací cena je také vysoká.

U kogeneračních jednotek je hlavní otázkou jak využít odpadní teplo (elektřina se upotřebí vždy). Firma je vybavena sušárnou řeziva, která je v provozu 24h denně, což je velmi výhodné, jelikož je zajištěna neustálá spotřeba tepla. Ze zadaných parametrů investora byla zvolena nejmenší jednotka od firmy ATEKO. Tato jednotka stojí 17 mil. a má výkon 130kWe a 480kWt. Přebytek tepla, který není potřeba k sušení řeziva je určen k dosoušení paliva. Kogenerační jednotka ušetří ročně 394 293 Kč na výdajích za elektrickou energii a celkový zisk ze zařízení je 1 285 593 Kč

za rok. Náklady na výrobu jedné kWh elektrické energie činí 1,25 Kč. Uvedené údaje platí pro průměrnou spotřebu a cenu paliva a všechny ceny jsou uvedeny bez DPH.

Největším problémem je návratnost investice, ta je samozřejmě nejlepší při optimálních cenách paliva a zainvestováním kogenerační jednotky z vlastních zdrojů. Při těchto podmínkách by byla návratnost 13,22 let. Pokud by byl využit podnikatelský úvěr, vzroste návratnost na 15,4 let. Velmi záleží na ceně paliva. V případě, že cena paliva dosáhne uvažované maximální výše, bude návratnost velmi vysoká, více než 20 let. Je na investorovi, zda dokáže odhadnout vývoj ceny palivového dřeva v následujících letech. Východiskem by bylo přesunutí výroby elektrické energie do jiné kategorie, to znamená z kategorie O3 do kategorie O2, kde je vyšší výkupní cena elektřiny. Nastal by však problém zajištění dostatku paliva spadajícího do kategorie O2.

K zlepšení návratnosti přispěje získání státní dotace na podporu kogenerační jednotky. Pokud investor získá dotaci v plné výši, bude návratnost investice 7,47 let při uvažování varianty s využitím úvěru. Na státní dotaci není právní nárok, proto je finanční spoluúčast státu brána jako jisté zvýhodnění, ale nemůže být uvažována při výpočtech jako jistá finanční podpora.

Připojení k rozvodné síti a vykupování energie distributorem je dáno zákonem. Investor musí splnit požadavky dané společností E.ON pro dodávání energie do distribuční sítě. Při výpočtech se uvažovala varianta výkupní ceny, jelikož je pro investora výhodnější.

Největšími překážkami jsou vysoká pořizovací cena, nejistá cena paliva po dobu následujících 20 let a klíčovou úlohu také hraje možnost získání státní dotace. Je na rozhodnutí investora, zda-li po zvážení rizik a kladů bude chtít investovat do kogenerační jednotky, která mu zajistí snížení ročních nákladů na elektrickou energii a současně i přispěje svým ziskem z prodeje elek. energie k ziskům firmy.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Ochodek, T., Koloničný, J., Janásek, P., Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy, Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2006, ISBN 80-248-1207-X
- [2] Ochodek, T., Koloničný, J., Branc, M., Technologie pro přípravu a energetické využití biomasy, Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007, ISBN 978-80-248-1426-1
- [3] <http://www.cez.cz>, [cit. 2007-10-11] [online]:
<http://www.cez.cz/cs/energie-a-zivotni-prostredi/energie-z-obnovitelnych-zdroju.html>
- [4] Motlík, J. - Šamánek, L. a kol.: Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v ČR, Praha: ČEZ, a.s. 2007
- [5] <http://www.ippc.cz>, [cit. 2007-10-11] [online]:
<http://www.ippc.cz/soubory/spalzar2/index.html>
- [6] Matoušek, A., Ekologie v elektroenergetice, Brno: VUT v Brně, 2004
- [7] <http://www.ekowatt.cz>, [cit. 2007-10-11] [online]: <http://www.ekowatt.cz/index.php?id=121>
- [8] PETŘÍKOVÁ, V., Biomasa z energetických rostlin. Biom.cz [online]. 2005-11-29 [cit. 2007-10-11], <<http://biom.cz/index.shtml?x=940486>>. ISSN: 1801-2655.
- [9] Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, Obnovitelné zdroje energie v roce 2006, Praha, 2007
- [10] Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, Zpráva o pokroku v oblasti kombinované výroby elektřiny a tepla v České republice podle Směrnice 2004/8/ES, Praha, 2007
- [11] <http://www.pre.cz>, [cit. 2007-10-11]
[online]: <http://www.pre.cz/distribuce/sluzby-a-ceny/pro-vyrobce-elektriny.html>
- [12] Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 482/2005 Sb. o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy
- [13] Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 7/2007, [cit. 2007-11-30] [online]: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=4&i=91&h=3>
- [14] Přehled cen a sazeb distribuce e.on, [cit. 2008-4-1] [online]: http://www.eon.cz/cs/distribution/ceniky_sazby_distribuce.shtml
- [15] Křížek, J, Ateko - Nabídka č. 92 760/200/2008, Hradec Králové 2008
- [16] Hustota pevných látek, [cit 2008-4-1] [online]:
<http://converter.cz/tabulky/hustota-pevne.htm>
- [17] Jankuj, M, investor, [cit 2008-5-2]
- [18] Ceník kamenivo 2008 KVK a.s., [cit. 2008-4-1] [online]: <http://www.kvk.cz/cenik.html>
- [19] Provozní náklady kogenerační jednotky, [cit. 2008-4-1] [online]: <http://www.ekowatt.cz/library/infolisty/infolisty1997/?id=20&lang=cz>
- [20] Vyhláška Energetického regulačního úřadu č. 364/2007 Sb., [cit. 2008-4-1] [online]: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=15&i=22#471>
- [21] Úvěrový poradce ČSOB, [cit 2008-5-2]

- [22] Program Eko-Energie, [cit. 2008-5-9] [online]: <http://www.czechinvest.org/eko-energie>
- [23] Definice MSP, [cit. 2008-5-9] [online]: <http://www.czechinvest.org/definice-msp>
- [24] Informace a obecné technické podmínky pro provozování el. zdrojů paralelně s distribuční sítí E.ON Distribuce, a.s., [cit. 2008-5-10] [online]:
http://www.eon.cz/cs/distribution/forms_download.shtml
- [25] PETŘÍKOVÁ, V., Nejnovější zkušenosti s pěstováním energetického šťovíku - Uteuša. *Biom.cz* [online]. 2003-12-17 [cit. 2008-10-11]. <<http://biom.cz/index.shtml?x=158405>>, ISSN: 1801-2655.
- [26] Ekobrikety s.r.o., [cit. 2007-10-11] [online]: <http://www.ekobrikety.cz/texty/hlavni.htm>
- [27] www.tvojdrom.sk, [cit. 2007-10-11] [online]:
http://stavba.tvojdrom.sk/udata/images/images_sk/images_clanky/v_1811_2.jpg
- [28] Wikipedia, [cit. 2007-10-11] [online]: <http://cs.wikipedia.org/wiki/S1%C3%A1ma>
- [29] Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, Předběžné údaje o hrubé výrobě elektřiny z obnovitelných zdrojů v roce 2007, Praha, 2008, [cit. 2008-5-11] [online]:
<http://www.mpo.cz/dokument43222.html>