

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Hodnocení spalování a spoluspalování biopaliv ve  
společnosti Plzeňská teplárenská, a.s.**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petra RAUCHOVÁ**  
Osobní číslo: **E11N0098P**  
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Technická ekologie**  
Název tématu: **Hodnocení spalování a spoluspalování biopaliv ve společnosti Plzeňská teplárenská, a.s.**  
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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

1. Popište současný stav a technologická zařízení na úpravu, dopravu, spoluspalování a spalování biopaliv v podmínkách společnosti Plzeňská teplárenská, a.s.
2. Proveďte zhodnocení stávajícího stavu energeticky využívaných biopaliv z hlediska legislativy, energetických a ekonomických přínosů, logistiky paliv i vlivu na životní prostředí.
3. Navrhněte další možnosti využívání alternativních druhů paliv s ohledem na jejich energetickou, environmentální a ekonomickou přijatelnost.
4. Proveďte zhodnocení ročního provozu kotle na spalování biomasy K7.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího  
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

1. aktuální odborná periodika a sborníky s konferencí a seminářů vztahující se k problematice spoluspalování a energetického využívání biopaliv.

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Eduard Ščerba, Ph.D.**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie  
Konzultant diplomové práce: **Ing. Pavel Veselý**  
Plzeňská teplárenská, a. s.

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2012**  
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2013**

Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.

děkan



Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.

vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

## **Abstrakt**

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na vyhodnocení spalování a spoluspalování biopaliv v kotlích K4, K5, K6 a K7 ve společnosti Plzeňská teplárenská, a.s. Kromě vyhodnocení spalování a spoluspalování práce obsahuje popis používaných druhů paliv, jejich úpravy, přepravy a dále také stručný popis zařízení používaných ke spalování a spoluspalování biopaliv. V práci je dále navrhována možnost využívání alternativních druhů paliv s ohledem na jejich energetickou, environmentální a ekonomickou přijatelnost.

## **Klíčová slova**

Biomasa, biopalivo, alternativní palivo, spalování a spoluspalování biopaliv, spoluspalování alternativních paliv, fluidní kotel

## **The Evaluation of the Combustion and the Co-Combustion of Biofuels at the Company Plzeňská teplárenská, a.s.**

### **Abstract**

This masters thesis presents the evaluation of the combustion and the co-combustion of biofuels in kettles K4, K5, K6 and K7 at the company Plzeňská teplárenská, a.s. In addition to the evaluation of the combustion and the co-combustion, this thesis includes a description of the uses of types of fuels, their adaptation, transportation, and a brief description of the equipment used for the combustion and co-combustion of biofuels. This thesis contains the suggestions for alternative fuels that might be used, regarding their acceptability from the points of view of energy, economics and the environment.

### **Key words**

Biomass, biofuel, alternative fuel, the combustion and the co-combustion of biofuels, the co-combustion of alternative fuels, the fluidal kettle

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 28.4.2013

Petra Rauchová

.....

## **Poděkování**

Tímto bych ráda poděkovala Ing. Pavlu Veselému, Ing. Zdeňku Dongresovi, Mgr. Eduardovi Ščerbovi, Ph.D. a Ing. Heleně Jahnové za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>10</b>
<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>12</b>
<b>2 TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>13</b>
2.1 SPALOVÁNÍ BIOPALIV OBECNĚ .....	13
2.2 ZÁKLADNÍ TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ .....	15
2.2.1 Přímé spalování a zplyňování .....	15
2.3 DRUHY BIOPALIV OBECNĚ .....	17
2.3.1 Rozlišení biomasy podle obsahu vody .....	17
2.3.2 Rozlišení biomasy podle přírodních podmínek ČR .....	17
2.4 VÝHŘEVNOST NĚKTERÝCH DRUHŮ BIOPALIV .....	21
2.4.1 Výhřevnost ostatních druhů paliv - uvedeno pro srovnání .....	22
2.5 LEGISLATIVA .....	23
2.5.1 Legislativa ČR .....	23
2.5.2 Evropská legislativa .....	23
2.5.3 Zhodnocení spalování biomasy z hlediska legislativy .....	24
<b>3 PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>27</b>
3.1 PLZEŇSKÁ TEPLÁRENSKÁ, A.S. ....	27
3.2 BIOPALIVA VYUŽÍVANÁ VE SPOLEČNOSTI PLZEŇSKÁ TEPLÁRENSKÁ, A.S. ....	29
3.2.1 Historie spalování biomasy v Plzeňské teplárenské, a.s. ....	32
3.2.2 Spalování a spoluspalování biomasy v PT, a.s. v současnosti .....	33
3.3 ENERGETICKÁ ZAŘÍZENÍ V PLZEŇSKÉ TEPLÁRENSKÉ, A.S. ....	34
3.3.1 Schéma Plzeňské teplárenské, a.s. ....	34
3.3.2 Instalované zařízení na spoluspalování biomasy .....	35
3.3.3 Instalované zařízení na čisté spalování biomasy .....	45
3.4 TECHNOLOGICKÉ ZAŘÍZENÍ NA SKLADOVÁNÍ A ÚPRAVU BIOMASY V PT, A.S. ....	49
3.4.1 Zařízení na skladování biomasy .....	49
3.4.2 Zařízení na úpravu biomasy .....	49
3.5 DOPRAVA PALIVA .....	53
3.5.1 Doprava peletek .....	53
3.5.2 Doprava dřevní štěpky .....	54
3.5.3 Doprava kalů pivovarského mláta .....	55
3.5.4 Doprava palmových oříšků .....	56
3.5.5 Doprava hnědého uhlí .....	56
3.5.6 Doprava uhelných mourů .....	56
3.5.7 Vyhodnocení cen za přepravu paliva .....	56
<b>4 VYHODNOCENÍ</b> .....	<b>58</b>
4.1 PŘÍNOSY SPALOVÁNÍ BIOMASY .....	58
4.1.1 Environmentální přínosy spalování biomasy .....	58
4.1.2 Energetické přínosy spalování biomasy .....	59
4.1.3 Ekonomické přínosy spalování biomasy .....	60
4.2 LOGISTIKA PALIV .....	67
4.2.1 Doprava .....	67
4.2.2 Dopravní vzdálenost .....	67
4.2.3 Manipulace s palivem .....	67
4.2.4 Úprava paliva .....	67
4.3 VLIV SPALOVÁNÍ BIOMASY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ .....	68
4.3.1 Emise z kotle K7 .....	69
4.3.2 Popel a popílek z kotle K7 .....	69
4.4 ZHODNOCENÍ ROČNÍHO PROVOZU KOTLE K7 .....	70
4.4.1 Bilance soustrojí K7 – TG3 při kondenzačním provozu .....	70
4.4.2 Zhodnocení roční bilance soustrojí K7 – TG3 .....	71



<b>5 NÁVRH</b> .....	<b>72</b>
5.1. ALTERNATIVNÍ DRUHY PALIV PRO SPOLUSPALOVÁNÍ DO KOTLŮ K4, K5, K6.....	72
5.1.1 Vytříděné a upravené odpady.....	72
5.1.2 Úpravy spalovacích zařízení pro spoluspalování odpadů.....	72
5.1.3 Návrh vytříděných odpadů vhodných pro spoluspalování.....	76
5.1.4 Návrh realizace spoluspalování plastů ve stávajících kotlích PT, a.s.....	80
5.1.5 Linka tuhého alternativního paliva .....	82
5.1.6 Další druhy alternativních paliv.....	83
<b>6 ZÁVĚR</b> .....	<b>90</b>
<b>7 SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ</b> .....	<b>92</b>
<b>8 PŘÍLOHY</b> .....	<b>95</b>
<b>9 SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>100</b>
<b>10 SEZNAM GRAFŮ</b> .....	<b>100</b>
<b>11 SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>100</b>

## Seznam symbolů a zkratek

PT, a.s.	Plzeňská teplárenská, a.s.
CO <sub>2</sub>	Oxid uhličitý
SO <sub>2</sub>	Oxid siřičitý
NO <sub>x</sub>	Oxidy dusíku
SO <sub>x</sub>	Oxidy síry
TZL	Tuhé znečišťující látky
SiO <sub>2</sub>	Oxid křemičitý
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Oxid hlinitý
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Oxid železitý
TiO <sub>2</sub>	Oxid titaničitý
CaO	Oxid vápenatý
MgO	Oxid hořečnatý
SO <sub>3</sub>	Oxid sírový
NaO	Oxid sodnatý
K <sub>2</sub> O	Oxid draselný
ČEZ	České energetické závody, a.s.
TKO	Tuhý komunální odpad
VÚRV	Výzkumný ústav rostlinné výroby
OZE	Obnovitelné zdroje energie
ERU	Energetický regulační úřad
ČEPS	Česká přenosová soustava
TAP	Tuhé alternativní palivo
KVET	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
EU	Evropská unie
OTE	Operátor trhu s elektřinou
MBU	Mechanicko - biologická úprava odpadu
RDF	Palivo odvozené z odpadů
PCDD/F	Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany
PAH	Polycyklické aromatické uhlovodíky
TEQ	Toxicity Equivalents
PAU	Polycyklické aromatické uhlovodíky

PCB.....	Polychlorované bifenyly
HDPE.....	Polyethylen vysokohustotní
MŽP.....	Ministerstvo životního prostředí
POPs.....	Perzistentní organické znečišťující látky
CZT.....	Centrální zdroje tepla
TOC.....	Celkový organický uhlík
FM.....	Frekvenční měnič
REZZO.....	Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší

# 1 Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na zhodnocení spalování a spoluspalování biomasy ve společnosti Plzeňská teplárenská, a.s. a navržení dalšího alternativního paliva.

Diplomová práce je rozdělena do čtyř základních částí.

V teoretické části se zabývám spalováním biopaliv obecně a zároveň hodnotím spalování biomasy z hlediska legislativy.

V praktické části popisují dopravu, přípravu a spalování biopaliv ve společnosti Plzeňská teplárenská, a.s.

V části vyhodnocení shrnuji poznatky z předešlé části diplomové práce.

Na závěr navrhuji další alternativní paliva vhodná k energetickému využití ve stávajících kotlích K4, K5 a K6 společnosti Plzeňská teplárenská, a.s.



*Obr. 1 Plantáž japonských topolů [35]*

## 2 Teoretická část

### 2.1 Spalování biopaliv obecně

Nejstarší termochemickou konverzí biomasy, při které dochází k rozkladu organického materiálu na hořlavé plyny (a jiné látky), a při následné oxidaci se uvolňuje energie, oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) a voda, je spalování biomasy.

Oproti spalování fosilních paliv má spalování biomasy v podstatě nulovou bilanci  $\text{CO}_2$ , který patří mezi tzv. skleníkové plyny. Produkce  $\text{CO}_2$  ze spalování biomasy je neutrální, protože množství tohoto plynu uvolněné do ovzduší spalováním je přibližně stejné jako to, které je zpětně vázáno do rostlin v zemědělských a lesních porostech nebo na tzv. energetických plantážích. Nízký je rovněž obsah uvolňovaných oxidů síry (0 až 0,1 % síry má dřevo nebo sláma oproti hnědému uhlí, které obsahuje někdy i více než 2 %). Množství vznikajícího  $\text{NO}_x$  lze kontrolovat a následně ovlivňovat např. řízením spalovacího procesu.

Biomasa je velmi složité palivo, protože podíl těkavé hořlaviny je velmi vysoký. U dřeva je 70 %, u slámy 80 % a vzniklé plyny mají různé spalovací teploty. Podmínkou dokonalého spalování je patřičně vysoká teplota, účinné směšování se vzduchem a prostor dostatečný k tomu, aby všechny plyny dobře shořely tam kde mají a nestávalo se, že budou hořet až v zadním tahu kotle.

Biomasa je významným obnovitelným zdrojem energie. Pojem biomasa obvykle označuje substanci biologického původu, jako je rostlinná biomasa pěstovaná v půdě nebo ve vodě, živočišná biomasa, vedlejší organické produkty nebo organické odpady.



Obr. 2 Dřevní štěpka v PT, a.s.

Teoreticky lze k získání energie využít všechny formy biomasy, protože základním stavebním prvkem živé hmoty je uhlík a jeho chemické vazby obsahující energii. Za základní zdroj biomasy se považují rostliny, které jsou pomocí světelné energie Slunce zachycené v zeleném barvivo schopny vytvořit sacharidy a následně bílkoviny. Z hlediska energetického využití jde v podmínkách České republiky většinou o dřevo, slámu a jiné zemědělské zbytky

a exkrementy užitkových zvířat, či o energeticky využitelný tříděný komunální odpad nebo plynné produkty vznikající při provozu čistíren odpadních vod.

Podle dosavadních zkušeností lze očekávat, že největší využití biomasy bude spojeno s decentralizovanými zdroji menších výkonů, zejména s kogeneračními jednotkami, popř. s jednotkami trigeneračními (současná výroba elektřiny, tepla a chladu).

K nejlevnějším způsobům získávání tepla patří spalování dřevního paliva. Ostatní metody energetické konverze biomasy nejsou vzhledem k vyšším nárokům na technologii a tím na investice v podmínkách ČR tak rozšířené, i když je jejich nadějnost nesporná. V každém případě je energetické využití biomasy považováno všeobecně za žádoucí a z hlediska minimalizace ekologické zátěže za vhodné [2, 34].

## 2.2 Základní technologie zpracování a přípravy biomasy ke spalování

Z energetického hlediska lze energii z biomasy získávat téměř výhradně termochemickou přeměnou, tedy spalováním. Výhřevnost je dána množstvím tzv. hořlaviny (organická část bez vody a popelovin, směs hořlavých uhlovodíků - celulózy, hemicelulózy a ligninu). Biomasa je podle druhu spalována přímo, nebo jsou spalovány kapalné či plynné produkty jejího zpracování. Od toho se odvíjejí základní technologie zpracování a přípravy ke spalování:

- termo-chemická přeměna pyrolýza (produkce plynu, oleje)
- zplyňování (produkce plynu)
- bio-chemická fermentace, alkoholové kvašení (produkce etanolu)
- anaerobní vyhnívání, metanové kvašení (produkce bioplynu)
- mechanicko-chemická přeměna lisování olejů (produkce kapalných paliv, oleje)
- esterifikace surových bio-olejů (výroba bionafty a přírodních maziv)
- štípaní, drcení, lisování, výroba peletek, mletí (výroba pevných paliv) [3, 34]

### 2.2.1 Přímé spalování a zplyňování

#### *Spalování*

Suchá biomasa je velmi složité palivo, protože podíl částí zplyňovaných při spalování je velmi vysoký. Vzniklé plyny mají různé spalovací teploty [3].

Hořlavina všech tuhých paliv se skládá ze dvou částí, zvaných prchavá hořlavina a fixní (pevný) uhlík. Prchavá hořlavina se z paliva uvolňuje po jeho zahřátí na dostatečně vysokou teplotu (cca 850°C u fluidního kotle) a představuje směs uhlovodíkových a dusíkatých hořlavých složek. Po jejím uvolnění zůstává fixní uhlík. Pro biomasu je typický vysoký obsah prchavé hořlaviny v rozsahu od 70% (sláma) do více než 80% (tvrdé druhy dřeva). Po spálení plynné složky zůstává zbytek dřevěného uhlí přímou oxidací [15].

#### *Dřevoplyn*

Ze suché biomasy se působením vysokých teplot uvolňují hořlavé plynné složky, tzv. dřevoplyn. Jestliže je přítomen vzduch, dojde k hoření, tj. jde o prosté spalování. Pokud jde o zahřívání bez přístupu vzduchu, odvádí se vzniklý dřevoplyn do spalovacího prostoru, kde se spaluje obdobně jako jiná plynná paliva. Část vzniklého tepla je použita na zplyňování další biomasy. Výhodou je snadná regulace výkonu, nižší emise a vyšší účinnost [3].

#### *Vliv vlhkosti na výhřevnost biomasy*

Výhřevnost dřeva je srovnatelná s českým hnědým uhlím. U rostlinných paliv však kolísá podle druhu a vlhkosti, na kterou jsou tato paliva citlivá. Čerstvě vytěžené dřevo má relativní vlhkost až 60 %, dobře proschlé dřevo na vzduchu má relativní vlhkost cca 20 %, pod střechou snižuje svůj obsah vody na 20 % za šest až dvanáct měsíců. Dřevěné brikety mohou mít vlhkost od 3 do 10 %, podle kvality lisování. **Pro spalování štěpek je optimální vlhkost 30 - 35 %.** Při vyšší vlhkosti se mnoho energie spotřebuje na její vypaření a spalování je nedokonalé. Pro spalování dřeva lze doporučit vlhkost cca 20 %. Této hodnoty se však v praxi dosahuje jen zřídka.

V níže uvedené tabulce č.1 jsou uvedeny jednotky používané k vyjádření objemu dřevní hmoty.

	NÁZEV	PŘEPOČET	VÝZNAM
<b>plm</b>	plnometr = m <sup>3</sup>		krychle o hraně 1 m vyplněná dřevem bez mezer, 1 m <sup>3</sup> skutečné dřevní hmoty ("bez děr")
<b>prm</b>	prostorový metr = m <sup>3</sup> p.o. (tedy "prostorového objemu")	1 prm = 0,6 až 0,7 plm	krychle o hraně 1 m vyplněná částečně dřevem s mezerami, čili 1 m <sup>3</sup> složeného dřeva štípaného nebo neštípaného ("s dírami"), např. dřevo v lese složené do "metrů"
<b>prms</b>	prostorový metr sypaný	1 prms = cca 0,4 plm	1 m <sup>3</sup> volně loženého sypaného (nezhutňovaného) drobného nebo drceného dřeva

Tab. 1 Jednotky objemu dřevní hmoty

V praxi používaný výraz "kubík" většinou znamená plm.

V další tabulce uvádím přepočty mezi jednotkami objemu dřevní hmoty.

Jednotky	plm	prm	prms
<b>1 plm</b>	1	1,43 - 1,54	2,43 - 2,86
<b>1 prm</b>	0,65-0,7	1	1,61-1,86
<b>1 prms</b>	0,35 - 0,41	0,54 - 0,62	1

Tab. 2 Přepočty mezi jednotkami objemu dřevní hmoty

[3, 34]



## **2.3 Druhy biopaliv obecně**

### **2.3.1 Rozlišení biomasy podle obsahu vody**

#### **2.3.1.1 Suchá biomasa**

Jedná se zejména o dřevo a dřevní odpady, ale také o slámu a další odpady. Lze ji spalovat přímo, případně po mírném vysušení [3].

#### **2.3.1.2 Mokrý biomasa**

Jedná se zejména o tekuté odpady - kejda a další odpady. Nelze ji spalovat přímo, využívá se zejména v bioplynových technologiích [3].

#### **2.3.1.3 Speciální biomasa**

Jedná se o olejninu, škrobové a cukernaté plodiny. Využívají se ve speciálních technologiích k získávání energetických látek - zejména bionafty nebo lihu [3].

### **2.3.2 Rozlišení biomasy podle přírodních podmínek ČR**

V přírodních podmínkách České republiky lze využívat biomasu v následujících kategoriích:

#### **2.3.2.1 Biomasa odpadní**

- Rostlinné odpady ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny - řepková a kukuřičná sláma, obilná sláma, seno, zbytky po likvidaci křovin a náletových dřevin, odpady ze sadů a vinic, odpady z údržby zeleně a travnatých ploch;
- Lesní odpady (dendromasa) - po těžbě dříví zůstává v lese určitá část stromové hmoty nevyužita (pařezy, kořeny, kůra, vršky stromů, větve, šišky a dendromasa z prvních probírek a prořezávek);
- Organické odpady z průmyslových výroby - spalitelné odpady z dřevařských provozů (odřezky, piliny, hobliny, kůra), odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce (cukrovary), odpady z jatek, mlékáren, lihovarů, konzerváren;
- Odpady ze živočišné výroby - hnůj, kejda, zbytky krmiv, atd.;
- Komunální organické odpady - kaly, organický tuhý komunální odpad (TKO).

#### **2.3.2.2 Biomasa záměrně produkovaná k energetickým účelům**

- Lignocelulózní dřeviny (vrby, topoly, olše, akáty);
- Obiloviny (celé rostliny);
- Travní porosty (sloní tráva, chrastice, trvalé travní porosty);
- Ostatní rostliny (konopí seté, čirok, křídlatka, šťovík krmný, sléz topolovka);
- Olejnaté rostliny (řepka olejná, slunečnice, len, dýně na semeno);
- Škrobo-cukernaté rostliny (brambory, cukrová řepa, kukuřice) [3].

### **2.3.2.2.1 Pěstování energetických plodin**

Druh energetické plodiny je určován mnoha faktory: druhem půd, způsobem využití a účelem, možností sklizně a dopravy, druhovou skladbou v okolí. Předem se musí porovnat náklady na pěstování a na výrobu (spotřebu energie) a výnosu (zisku) energie.

Z bylin jsou zajímavé rostliny produkující cukr, škrob nebo olej. Například brambory, cukrová řepa, slunečnice a zejména řepka (řepkový olej se zpracovává na naftu a mazadla, řepková sláma se použije ke spálení). Řepková sláma má vyšší výhřevnost 15 - 17,5 GJ/t oproti obilné slámě, u které počítáme s výhřevností 14,0 - 14,4 GJ/t.

Z víceletých rostlin je známá křídlatka sachalinská (*Reynoutria sachalinensis* Nakai), která dosahuje vysokých výnosů 30 - 40 t sušiny z ha. Velmi diskutovanou energetickou rostlinou je sloní tráva (*Miscanthus giganteus*). Výhodné je pěstování konopí setého (*Cannabis sativa* L.), neboť nevyžaduje žádné ošetření v průběhu vegetace. V Evropě dosahuje výšky až 4 m a výnosu hmoty 6 - 15 t suché hmoty z ha. Konopí je jednoletá rostlina, ale na stanovišti vydrží, pokud se vysemení, mnoho let (odtud např. Konopiště) [3].

Výnosy z pěstování energetických plodin na území ČR jsou velmi závislé na aktuálních přírodních a klimatických podmínkách. Podle informací Plzeňské teplárenské, a.s. skutečné výnosy nenaplnují očekávání.



*Obr. 3 Energetická plodina čičorka pestrá [10]*

V následující tabulce č.3 jsou uvedena orientační klíčová čísla pro výhřevnost, výnosy, dobu sklizně a sklizňovou vlhkost energetické fytomasy. (Zdroj: VÚRV).

PLODINA/TERMÍN	VÝHŘEVNOST [MJ/kg]	VLHKOST	VÝNOS [t/ha]		
			min.	prům.	opt.
Sláma obilovin (VII-X)	14	15	3	4	5
Sláma řepka (VII)	13,5	17-18	4	5	6
Energetická fytomasa - orná půda (X-XI)	14,5	18	15	20	25
Rychlerostoucí dřeviny - zem. půda (XII-II)	12	25-30	8	10	12
Energetické seno - zem. půda (VI;IX)	12	15	2	5	8
Energetické seno - horské louky (VI;IX)	12	15	2	3	4
Rychlerostoucí dřeviny - antropogenní půda (XII-II)	12	25-30	8	10	12
Jednoleté rostliny - antropogenní půda (X-XI)	14,5	18	15	17,5	20
Energetické rostliny - antropogenní půda (X-XII)	15	18	15	20	25

Tab. 3 Energetické plodiny

Nejvhodnější rychle rostoucí dřeviny (RRD) jsou platany, topoly (černý, balzamový), pajasany (žláznatý), akáty, olše a zejména vrby, které jsou vhodné hlavně pro hydromorfní půdy podél vodotečí, kde lze uplatnit i domácí topol černý. Obmýtní doba je 2 až 8 vegetačních období, životnost plantáže je 15 - 20 let. Speciální vyšlechtěné klony mají výtěžnost až 15 -18 t sušiny na ha, v našich podmínkách se dosahuje roční výtěžnosti 10 t/ha. Je třeba respektovat zákon č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny (cizí rostliny a dřeviny) [3].



*Obr. 4 Alej rychlerostoucích topolů [11]*

Úplný seznam plodin povolených k pěstování a materiálů vhodných k využití pro energetické účely je uveden ve Vyhlášce č. 477/2012 Sb. (Vyhláška o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchovávání dokumentů) [36].

## 2.4 Výhřevnost některých druhů biopaliv

Druh paliva	Obsah vody [%]	Výhřevnost [MJ/kg]	[kg/m <sup>3</sup> ]= [kg/plm]	[kg/prm]	[kg/prms]
Dřevo obecně	20	14,23	670	469	275
Listnaté dřevo	15	14,605	678	475	278
Listnaté dřevo	50	7,585	1130	791	463
Jehličnaté dřevo	15	15,584	486	340	199
Jehličnaté dřevo	50	8,161	810	567	332
Polena (měkké dřevo)	0	18,56		355	
Polena (měkké dřevo)	10	16,4		375	
Polena (měkké dřevo)	20	14,28		400	
Polena (měkké dřevo)	30	12,18		425	
Polena (měkké dřevo)	40	10,1		450	
Polena (měkké dřevo)	50	8,1		530	
Dřevní štěpka	10	16,4			170
Dřevní štěpka	20	14,28			190
Dřevní štěpka	30	12,18			210
Dřevní štěpka	40	10,1			225
Smrková kůra	15	15,47			
Smrková kůra	50	8,4			
Sláma obilovin	10	15,49		120	(balíky)
Sláma kukuřice	10	14,4		100	(balíky)
Lněné stonky	10	16,9		140	(balíky)
Sláma řepky	10	16		100	(balíky)

Tab. 4 Výhřevnosti vybraných druhů biopaliv [3]

#### 2.4.1 Výhřevnost ostatních druhů paliv - uvedeno pro srovnání

Druh paliva	Výhřevnost [MJ/kg]	Výhřevnost [MJ/m <sup>3</sup> ]
<b><i>Pevná paliva</i></b>		
Koks	27,5	
Černé uhlí (20,9-31,4)	25,1	
Hnědé uhlí (10,5-17,2)	15,1	
<b><i>Kapalná paliva</i></b>		
Petrolej	43,97	
Nafta motorová	42,6	
Těžký topný olej (TTO)	40,3	
Lehký topný olej (LTO)	41,45	
Benzín (střední frakce)	42,7	
Etanol	26,8	
<b><i>Plynná paliva</i></b>		
Zemní plyn		34,05
Propan	43,5	
Butan	50	
Propan-butan		46,1
Svítiplyn		14,5
Bioplyn - 100 % CH <sub>4</sub>		35,8
Bioplyn - 80 % CH <sub>4</sub>		28,6
Bioplyn - 70 % CH <sub>4</sub>		25,1
Bioplyn - 67 % CH <sub>4</sub>		24
Bioplyn - 55 % CH <sub>4</sub>		19,6
Bioplyn skot průměr		21
Bioplyn prasata průměr		22,5

Tab. 5 Výhřevnosti ostatních druhů paliv [3]

## **2.5 Legislativa**

### **2.5.1 Legislativa ČR**

Z hlediska legislativy ČR se výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů týkají především tyto právní předpisy:

- zákon č. 458/2000 Sb, ve znění pozdějších předpisů (energetický zákon);
- zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie;
- zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie;
- zákon č. 406/2000 Sb, o hospodaření s energií;
- vyhláška č. 343/2008 Sb., kterou se stanoví vzor žádosti o vydání záruky původu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a vzor záruky původu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie;
- vyhláška ERÚ č. 475/2005 Sb, kterou se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře využívání obnovitelných zdrojů;
- vyhláška MPO č. 477/2012 Sb, o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchovávání dokumentů ;
- vyhláška ERÚ č. 502/2005 Sb, o stanovení způsobu vykazování množství elektřiny při společném spalování biomasy a neobnovitelného zdroje;
- vyhláška ERÚ č. 541/2005 Sb, o pravidlech trhu s elektřinou, zásadách tvorby cen za činnosti operátora trhu s elektřinou a provedení některých dalších ustanovení energetického zákona;
- cenové rozhodnutí ERÚ č.7/2011 kterým se stanovuje podpora pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných energetických zdrojů [8, 9, 36].

Všechny výše uvedené zákony, vyhlášky či cenové rozhodnutí jsou uvedeny bez novelizací.

### **2.5.2 Evropská legislativa**

Evropské legislativní prostředí v oblasti spalování biomasy pak určují zejména následující normativní právní akty - směrnice a nařízení Evropské rady (dále „Rady“) a od roku 2000 i Evropského parlamentu (EP):

- Směrnice Rady 96/61/EC, o integrované prevenci a omezování znečištění (Směrnice o IPPC);
- Směrnice Rady 97/11/EC, o posuzování vlivů na životní prostředí (Směrnice k EIA);

- Směrnice 2001/77/EC, o obnovitelných zdrojích energie;
- Směrnice 2003/87/ES o obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů.

Evropská komise zveřejnila v lednu 2008 návrh tzv. **Klimaticko-energetického balíčku**. Jedná se o čtveřici návrhů nových právních předpisů, které mají Evropské unii pomoci dosáhnout tří náročných cílů, které stanovil summit EU v březnu 2007. Jde o závazek na snížení emisí CO<sub>2</sub> do roku 2020 o 20 % oproti roku 1990 (v případě, že se zapojí i další velcí světoví znečišťovatelé, pak půjde o snížení o 30 %), zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie na 20 % do roku 2020 a zvýšení podílu biopaliv v dopravě v každém členském státě na 10 % do stejného roku.

Pro **ČR** navrhuje EK **podíl energie z OZE ve výši 13 % konečné spotřeby energie v roce 2020**.

Velmi důležitým instrumentem energetické politiky EU jsou emisní povolenky. Původní směrnice vymezující pravidla pro emisní povolenky byla upravena novým návrhem:

- Revize směrnice 2003/87/ES o obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů (EU ETS).

**Systém emisních povolenek** a obchodování s nimi je důležitým nástrojem pro limitování emisí skleníkových plynů. Je klíčovým nástrojem EU ke splnění závazků z Kjótského protokolu o snížení emisí skleníkových plynů, které přispívají ke globálnímu oteplování. Tato opatření mají v současné době vliv na ceny elektrické energie. V současnosti neplní trh s emisními povolenkami původní účel neboť cena emisních povolenek je velmi nízká a nemotivuje výrobce elektrické energie k ekologickým krokům v oblasti výroby elektrické energie.

Cílem energetické politiky Evropské unie je zaručit bezpečné dodávky energie při nízkých nákladech a bez rizik pro zdraví občanů a pro životní prostředí. Komise EU navrhla program opatření pod názvem **Inteligentní energie pro Evropu**, který si klade za cíl zvýšit v Evropě podporu obnovitelných energetických zdrojů (ALTENER) a energetické efektivity (SAVE) a přeorientovat mezinárodní snahy na realizaci těchto dvou priorit (COOPENER) [9, 34].

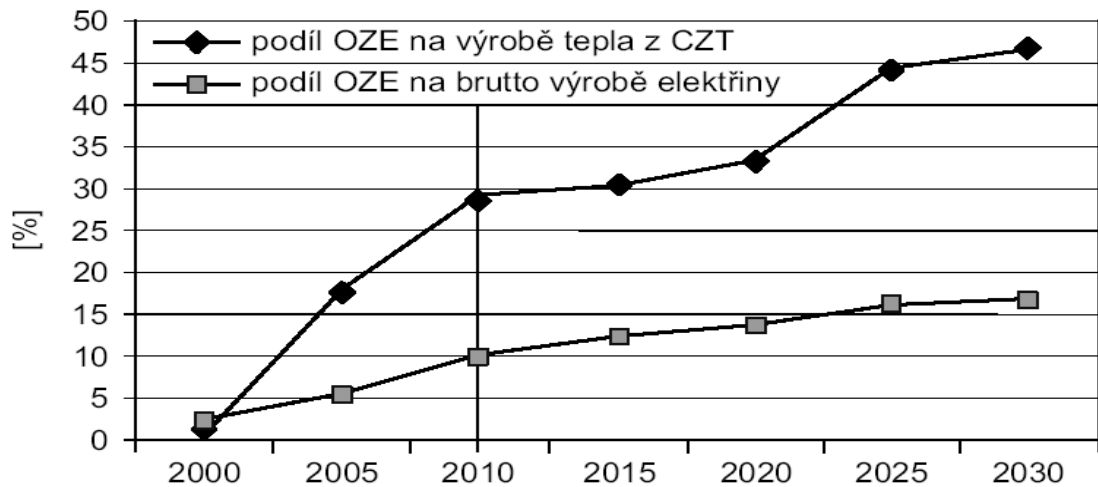
### 2.5.3 Zhodnocení spalování biomasy z hlediska legislativy

Legislativa EU a ČR ve vztahu k životnímu prostředí a energetické politice zaznamenává v posledních letech velmi významné změny, a rozsáhlé revize zákonů.

Cílem legislativy Evropského parlamentu je snížení emisí oxidu uhličitého a podobných skleníkových plynů o 20 % do roku 2020 oproti roku 1990, zároveň ve stejném období zvýšit podíl energie vyráběné z obnovitelných zdrojů o 20 %. V dlouhodobém horizontu do roku 2050 se v předloženém klimaticko-energetickém balíčku počítá se snížením skleníkových plynů o 50-60 %. Také je zde kladen důraz na využívání nových technologií, výzkum a inovace. Je třeba pečlivě zvažovat, zda se nová technologie či inovace hodí pro danou oblast.



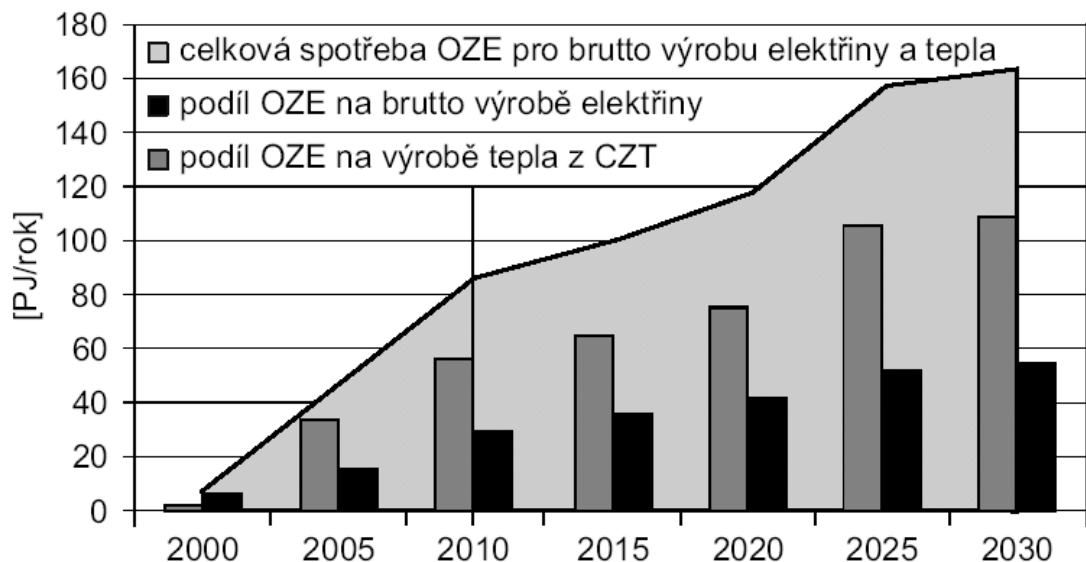
V grafu 1 vidíme předpoklady státní energetické koncepce ČR o podílu OZE na brutto výrobě elektřiny a tepla CZT.



Graf 1 Podíl OZE na výrobě brutto elektřiny a tepla CZT [17]

Brutto výroba elektřiny je celková výroba elektřiny změřená na svorkách hlavního generátoru [19].

Graf 2 ukazuje předpoklad vývoje celkové spotřeby OZE na výrobu elektřiny a tepla a dále poměr podílů těchto zdrojů zvlášť na brutto výrobě elektřiny a na výrobě tepla z CZT. Z grafu je zřejmý výraznější a dynamičtější rozvoj uplatnění OZE ve výrobě centralizovaného tepla, tedy na trzích spíše obecního a regionálního významu, než ve výrobě elektřiny dodávané do elektrických sítí.



Graf 2 Celková spotřeba obnovitelných zdrojů na brutto výrobu elektřiny a centralizovanou výrobu tepla [17]

Zákony ČR zatím obecně podporují výrobu energií z obnovitelných zdrojů. Jedná se např. o **Zákon o podpoře výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů**, který podporuje princip kombinované výroby elektrické energie a tepla. Podíl biomasy na celkové spotřebě OZE v roce 2000 představoval 66,9%. Očekává se, že biomasa (především fytomasa) bude

mít postupem času hlavní podíl na využití OZE pro výrobu tepla a elektřiny, a to až 85 % v roce 2030. Státní energetická koncepce požaduje, aby do roku 2030 výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů stoupla na 12 - 13 %. Z institucionálního hlediska má v energetice ČR rozhodující vliv **Energetický regulační úřad** (ERU), který prostřednictvím vyhlášek usměrňuje ceny elektrické energie a tepla [8, 9, 34, 17].

V budoucnosti ovšem může dojít také ke snížení podpory obnovitelných zdrojů energie, protože díky velké státní podpoře např. fotovoltaických elektráren došlo k nárůstům ceny elektrické energie pro konečné odběratele, což zhoršuje konkurenceschopnost průmyslu, proto se v současné době stát snaží najít vhodné řešení.

## 3 Praktická část

### 3.1 Plzeňská teplárenská, a.s.

Plzeňská teplárenská, a.s. je největším výrobcem energií na území města Plzně a v Plzeňském kraji. Vyrábí a dodává teplo pro vytápění a ohřev teplé vody pro více než 40 000 bytů v Plzni a velký počet komerčních, podnikatelských, správních a školských subjektů. Společnost dále vyrábí a dodává elektrickou energii [16].



*Obr. 5 Plzeňská teplárenská, a.s.*

Elektrickou energii vyrábí společnost Plzeňská teplárenská, a.s. na moderním zařízení pro kombinovanou výrobu tepelné a elektrické energie. Zařízení se sestává z jedné dvoutělesové přetlakové trubiny s jedním regulovaným odběrem a jedné jednotělesové kondenzační turbíny se dvěma regulovanými odběry. Oba generátory tvoří tzv. fiktivní blok. Dále je v provozu „zelený“ výrobní blok s kotlem K7 na biomasu a turbosoustrojím TG3. Instalovaný výkon fiktivního bloku pro dodávky silové elektřiny a podpůrných služeb je 137 MWe, instalovaný výkon bloku K7+TG3 je v současné době 13,5 MWe.

Hlavním odběratelem silové elektřiny je aktuálně společnost První energetická, a.s. Druhým významným odběratelem je provozovatel přenosové soustavy společnost ČEPS, a.s., pro kterou společnost rezervuje a dodává elektřinu na základě akutálně dvouletého kontraktu o podpůrných službách tj. primární regulaci frekvence, sekundární regulaci výkonu a tzv. minutovou zálohu. Pro tento obchod společnost vlastní certifikáty na schopnost poskytovat primární, sekundární a terciální regulace elektřiny. Zbývající volný elektrický výkon je nabízen jednak jako flexibilní dodávka silové elektřiny pro První energetickou a.s. nebo na denním internetovém obchodu jako podpůrné služby pro ČEPS, a.s., která tento trh provozuje. Byly uzavřeny rovněž potřebné související smlouvy s OTE (Operátor trhu s elektřinou) [34].

Společnost Plzeňská teplárenská, a.s. vyrábí a dodává také chlad. Významně se rovněž angažuje v oblasti ekologie a odpadového hospodářství [16].



*Obr. 6 Zařízení na výrobu chladu umístěné ve společnosti Plzeňský Prazdroj, a.s.*

Vlastníkem společnosti je od 25. 4. 2008 ze 100 % město Plzeň [34].

### 3.2 Biopaliva využívaná ve společnosti Plzeňská teplárenská, a.s.

Ve společnosti Plzeňská teplárenská, a.s. jsou v současnosti energeticky využívány následující druhy biopaliv:

- A. Dřevní štěpka
- B. Peletky
- C. Pivovarské mláto
- D. Palmové oříšky

#### A. Dřevní štěpka

Dřevní štěpka je většinou odpadní materiál z dřevovýroby nebo lesní odpadní materiál (dendromasa). Jedná se konkrétně o nekontaminovanou pevnou biomasu v podobě dřevní štěpky z lesní těžby a z odpadního dřeva a kůry z provozů zpracování dřeva. Další složkou biomasy je cíleně pěstovaná biomasa, tj. energetické plodiny a dřeviny o stejné zrnitosti jako štěpka, např. energetický šťovík, ozdobnice čínská.

Štěpka tvoří cca 91% spálené biomasy. Největšími dodavateli štěpky jsou: SOLITERA, s.r.o., Triumfa Energo, s.r.o. a 1. PÍSECKÁ LESNÍ A DŘEVAŘSKÁ. Dohromady dodávají více než polovinu objemu štěpky cca 68 %.

Množství spálené dřevní štěpky                      cca 200 000 t/rok



*Obr. 7 Česká dřevní štěpka*



*Obr. 8 Brazilská dřevní štěpka*

### **B. Peletky**

Jedná se o rostlinný cíleně pěstovaný nebo odpadní materiál slisovaný do granulí. U peletek je největším dodavatelem Družstvo Ekover, které dodává hnědé peletky z odpadu při čištění semen zemědělských rostlin, dále také peletky z cíleně pěstovaných obilnin - tritikale (žitovec) a největší objem pochází ze sena.

Množství spálených peletek

cca 50 000 t/rok



*Obr. 9 Peletky*

### C. Pivovarské mláto

Pivovarské mláto vzniká při výrobě piva ve společnosti Plzeňský Prazdroj, a.s. Kaly pivovarského mláta mají vysoký obsah vody cca 65 – 75% (výhřevnost cca 2,5 až 3 GJ/t). Před spálením je proto nutné mláto odstředit. Po odstředění ve společnosti Plzeňský Prazdroj, a.s. je vlhkost mláta cca 60 - 62% (výhřevnost cca 6 GJ/t).

Množství spáleného mláta

cca 2000 t/rok

### D. Palmové oříšky

Dodavatelé palmových oříšků z rozvojových zemí jsou firmy Dřevošrot, a.s., Solimex, s.r.o. Výhřevnost palmových oříšků je cca 14,9 GJ/t. Dodávky jsou nárazové, nedá se na nich stavět solidní plán výroby. Otázkou je i ekologie, neboť celková dopravní vzdálenost je odhadována na cca 2500 km.

Množství spálených palmových oříšků

cca 2000 t/rok



Obr. 10 Palmové oříšky

Informace o množství jednotlivých druhů biomasy využitých během roku 2012 jako palivo jsou shrnuty v následující tabulce:

Druh biomasy	t/rok
dřevní štěpka	190764
peletky	45768
pivovarské mláto	1920
palmové oříšky	2168

Tab. 6 Množství jednotlivých druhů spálené biomasy

Z tabulky č.6 vidíme, že největší podíl spálené biomasy v Plzeňské teplárenské, a.s. tvoří dřevní štěpka, následují peletky a nejmenší podíl náleží palmovým oříškům a mlátu [34].

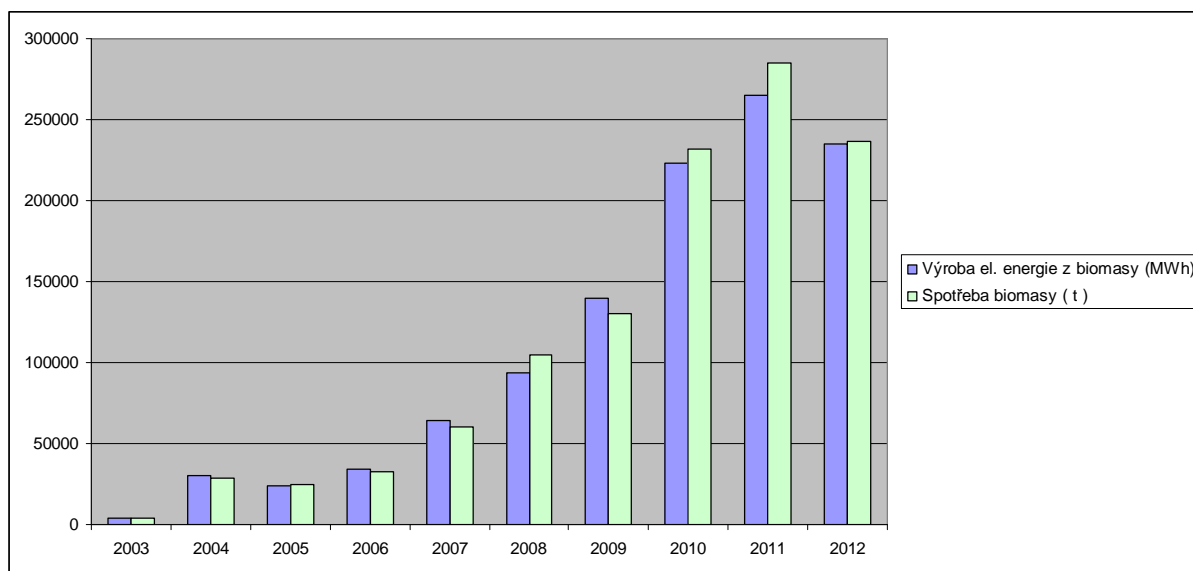
### 3.2.1 Historie spalování biomasy v Plzeňské teplárenské, a.s.

První pokusy se spalováním biomasy proběhly v dnes už neexistující výtopně v Plzni na Borech kolem roku 2000. V této době neexistovala žádná státní podpora. Zkoušky dopadly dobře, 24.6. 2003 se v Plzeňské teplárenské, a.s. spálilo prvních 30 tun dřevní štěpky a množství postupně narůstalo (viz tabulka v příloze 1 a graf 3 – Vývoj využití biomasy v Plzeňské teplárenské, a.s.).

Nejdříve se začalo se spoluspalováním biomasy na fluidním kotli K6. Následovalo spoluspalování peletek na práškových kotlích K4 a K5. V roce 2010 najel kotel K7 a následně trasa na dopravu uhelných mourů a mláta do kotle K6 [1, 34].

#### 3.2.1.1 Vývoj využití biomasy v Plzeňské teplárenské, a.s.

Vývoj množství spálené dřevní štěpky a peletek a zároveň množství vyrobené elektrické energie v letech 2003 až 2012 ve společnosti Plzeňská teplárenská, a.s. je uveden v tabulce, která je součástí přílohy 2.



Graf 3 Vývoj využití biomasy v Plzeňské teplárenské, a.s.

#### 3.2.1.2 Problémy při spalování biomasy

Trend růstu spotřeby dřevní štěpky sebou přinesl i některé problémy k řešení. Jedním z nich bylo ucpávání zauhlovacích cest nebo struskování v kotlích, protože štěpka má jinou konzistenci a chemické složení než hnědé uhlí [34].

#### 3.2.1.3 Řešení problémů při spalování biomasy

Aby biomasa nebyla vystavována dešti vybudovala Plzeňská teplárenská, a.s. v roce 2004 krytou halu na vykládání biomasy s řízeným dávkováním pomocí frekvenčně řízených šnekových dopravníků do uhlí na zauhlovacích pásech. Toto zařízení značně usnadnilo provoz na skládce paliva a zároveň umožnilo dostatečnou homogenitu paliva, biomasy a uhlí, přiváděného do fluidního kotle.



Další problém nastal v zásobnících paliva, kde směs uhlí s dřevní štěpkou vytvářela klenby a nálepy. Ty způsobovaly přerušování dodávky paliva do spalovací komory a docházelo tak ke značným výkonovým výkyvům fluidního kotle. Viníkem byla především vysoká vlhkost biomasy, někdy 40 – 60 %. Do dopravních cest byla proto instalována vzduchová děla, ale všechna tato opatření, ačkoliv zlepšila provozní situaci, veškeré problémy neodstranila. Proto byla v roce 2004 vypracována studie na sušení biomasy s využitím odpadního tepla spalin ze dvou práškových granulačních kotlů. V roce 2005 byl zkušebně osazen první výměník a bylo prokázáno, že je možné ze spalin odebrat 1,5MWt. V roce 2006 byl výměník instalován i na druhý práškový granulační kotel. V roce 2006 se rovněž vybuďovala samostatná dopravní trasa biomasy do kotle K6, která umožňuje spoluspalovat společně s uhlím 160 tun biomasy za den.

Problémy s vlhkostí biomasy pro kotel K6 vyřešila malá sušicí linka (dále suška biomasy 1) a vysoušení biomasy pro kotel K7 zajišťuje nová sušicí linka (dále suška biomasy 2), která zajišťuje uvedené efektivní využívání tepla odebíraného z protitlaku turbíny TG1 ve formě horké vody (do 140°C) o tepelném výkonu 3MW. Výchřevnost vysušené biomasy se zvyšuje o cca 2,5GJ/t oproti štěpce v původnímu stavu, kdy to bylo 9,5GJ/t. V roce 2009 vznikla samostatná dopravní cesta peletek vyrobených ze zemědělské produkce do práškových granulačních kotlů K4, K5. Tato doprava umožňovala ročně spoluspálit s uhlím 40 000 t peletek na jednom práškovém kotli. V současnosti je to ještě více (45 000 t). V roce 2010 byla dokončena výstavba bloku K7+TG3 určeného čistě ke spalování biomasy [34].

### **3.2.2 Spalování a spoluspalování biomasy v PT, a.s. v současnosti**

V roce 2011 až 2012 byla biomasa spoluspalována s hnědým uhlím a dalšími materiály, které byly certifikovány jako palivo v kotlích K4, K5 a K6. K čistému spalování biomasy je využíván pouze kotel K7. Podrobnější popis spalování a spoluspalování biomasy a zařízení k tomu určených se nachází na následujících stránkách.

### **3.3 Energetická zařízení v Plzeňské teplárenské, a.s.**

Ve společnosti Plzeňská teplárenská, a.s. se nacházejí následující energetická zařízení:

Horkovodní roštový kotel K2  
Horkovodní roštový kotel K3

Granulační kotel K4  
Granulační kotel K5  
Protitlaká turbína TG1

Fluidní kotel K6  
Kondenzační turbína TG2

Fluidní kotel K7  
Kondenzační turbína TG3

#### **3.3.1 Schéma Plzeňské teplárenské, a.s.**

Informativní schéma centrálního zdroje kombinované výroby elektrické energie a tepla Plzeňské teplárenské, a.s. se nachází v příloze 1.



*Obr. 11 Plzeňská teplárenská, a.s.*

### 3.3.2 Instalované zařízení na spoluspalování biomasy

Ke spoluspalování biomasy s hnědým uhlím se využívají kotle K4, K5 a K6, které mají vyústění přehřáté páry do jedné sběrné. Při popisu kotelny 2 byly využity informace převážně z místního provozního předpisu pro Plzeňskou teplárenskou, a.s. MPP 007 - CT - kotelna 2 [5].

#### 3.3.2.1 Kotelna 2 s granulačními kotli K4 a K5

##### Granulační kotel K4

základní palivo	sokolovské hnědé uhlí
doplňkové palivo	peletky
parní výkon	185t/hod
tepelný výkon	128 MW <sub>t</sub>
teplota páry	540°C
tlak páry	13,53 MPa
účinnost kotle	84 až 86%



Obr. 12 Samostatná trasa peletek do kotle K4, K5

### Granulační kotel K5

základní palivo	sokolovské hnědé uhlí
doplňkové palivo	peletky, TAP
parní výkon	185 t/hod
tepelný výkon	128 MW <sub>t</sub>
teplota páry	540°C
tlak páry	13,53 MPa
účinnost kotle	až 86%

### Turbina TG1

jmenovitý výkon	67 MWe
jmenovité otáčky	3000 ot./min
typ	protitlaká s jedním regul.odběrem
rok výroby	1984

#### 3.3.2.1.1 Popis provozu kotelny 2

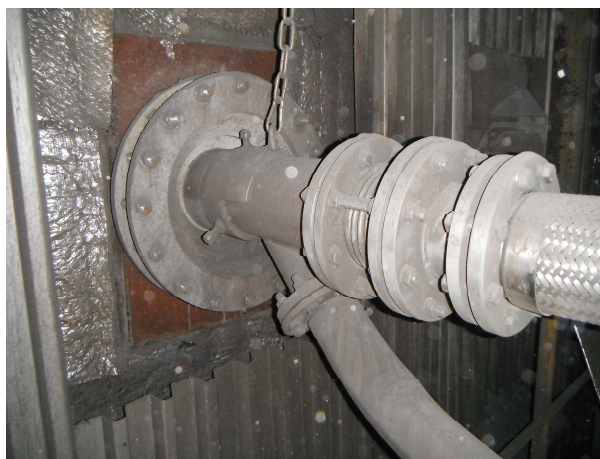
Provoz kotelny 2 slouží k zabezpečení výroby páry jmenovitých parametrů pro provoz turbogenerátoru a ohřev topné vody primárního okruhu a dodávku páry. Pro tento účel jsou zde instalovány dva parní granulační kotle s přirozenou cirkulací včetně zařízení pro provoz kotlů nezbytných.

Palivo využívané v kotli K4 je sokolovské hnědé uhlí a peletky.

Palivo využívané v kotli K5 je sokolovské hnědé uhlí, peletky a TAP.

TAP je certifikované palivo vyrobené úpravou specifického odpadního materiálu.

Každý druh paliva má do kotlů K4 a K5 samostatnou trasu.



Obr. 13 Konec samostatné trasy TAP – dávkování do kotle K5

### **Popis vybraných strojů, zařízení a paliva:**

#### KOTEL

Hlavní parametry granulačního parního kotle:

jmenovitý výkon	185 t/hod
jmenovitý tlak přehřáté páry	13,63 MPa
jmenovitá teplota přeh. páry	540°C
jmenovitá teplota napájecí vody	225°C

Pro přípravu uhelného prášku je kotel vybaven čtyřmi jednotkovými mlýnicemi s ventilátorovými mlýny. Surové uhlí se dopravuje ze zásobníků řetězovými podavači do mlýnů. Množství paliva do mlýnů se reguluje plynulou změnou otáček podavačů frekvenčními měniči pohonů. Do dvou mlýnů kotle K4 a dvou mlýnů kotle K5 jsou zaústěny svodky samostatné trasy alternativního paliva (peletky). Do kotle K5 kromě peletek také ústí samostatná trasa TAP. Toto palivo je následně foukáno do spalovací komory.

#### PALIVO

Hlavním palivem využívaným v kotlích K4 a K5 je sokolovské hnědé uhlí.

Drcené hnědé uhlí Hd podle ČSN 44 1450 ze sokolovského revíru:

výhřevnost	13,5 MJ/kg	v rozsahu od 10,0 do 15,0 MJ/kg
obsah vody	39%	v rozsahu od 38% do 42%
obsah popele v sušině	20,0%	v rozsahu od 10,5% do 30,6%
obsah síry veškeré	0,8%	v rozsahu od 0,7 až 1,2%
obsah prchavé hořlaviny v hořlavině	52,5%	
sypná hmotnost	720 kg/m <sup>3</sup>	
střední velikost zrna	15 – 20 mm	
max. velikost zrna	40 mm	

Přibližné složení popelovin paliva

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	NaO	K <sub>2</sub> O
46%	31%	7,6%	6,5%	5%	0,8%	1,1%	1,5%	0,5%

Potřeba paliva pro jmenovitý výkon

výhřevnost	15,5 kJ/kg	34,2t/h
výhřevnost	12,5 kJ/kg	42,4t/h

## MLÝNICE

### Dimenzování mlýnice

Při spalování paliva o výhřevnosti od 12 050 kJ/kg do 13 980 kJ/kg pomocí práškových hořáků je jmenovitý výkon kotle zajištěn provozem tří mlýnských okruhů. Čtvrtý mlýnský okruh je záložní.

Práškový hořák je zobrazen na technickém výkresu v příloze 5 .

### Základní technické parametry:

(Při výkonu *175t/h*, pro výhřevnost paliva 13,4 MJ/kg)

množství paliva do kotle	36,9	t/h
--------------------------	------	-----

## VYNAŠEČ ŠKVÁRY TYPU MAGALDI

Z ekologického hlediska je zajímavé, že granulovaná struska padá z granulační výsypky ve spodní části spalovací komory svisle ocelovými výsypkami na pohyblivý drátěný pás (s nosnými plechovými pánvemi) nového vynašeče škváry typu Magaldi. Využití tohoto zařízení způsobuje snížení nedopalů (tedy i následných nákladů na zneškodnění odpadu) a zároveň snížení ztráty fyzickým teplem tuhých zbytků.



*Obr. 14 Vynašeč škváry typu Magaldi*

### 3.3.2.2 Kotelna 3 s fluidním kotlem K6

Při popisu kotelny 3 s fluidním kotlem K6 byly použity informace poskytnuté společností Plzeňská teplárenská, a.s. [34].

základní palivo	sokolovské hnědé uhlí
doplňkové palivo	dřevní štěpka, mourové kaly, mláto, oříšky
parní výkon	190 t/hod
tepelný výkon	135 MW <sub>t</sub>
teplota páry	540°C
tlak páry	13,63 MPa
účinnost kotle	88%

#### Turbina TG2

jmenovitý výkon	67 MWe
jmenovité otáčky	3000 ot./min
typ	kondenzační s dvěma regulovanými odběry
rok výroby	1998



Obr. 15 Fluidní kotel K6



*Obr. 16 Uchycení fluidního kotle K6 shora*

### **3.3.2.2.1 Popis provozu kotle K6**

Provoz kotle K6 slouží k zabezpečení výroby páry jmenovitých parametrů pro provoz turbogenerátoru, ohřev topné vody a dodávku páry. Soustava K6 + TG2 běží v létě v kondenzačním provozu a v zimě je snaha o co největší podíl kogenerace.

Hlavním palivem využívaným v kotli K6 je sokolovské hnědé uhlí. V současné době se zkouší také severočeské hnědé uhlí. Hlavním dodatkovým palivem je dřevní štěpka. Dalšími dodatkovými palivy využívanými v menším množství jdou uhelné kaly, palmové oříšky a pivovarské mláto.

Do kotle K6 vedou 3 samostatné trasy paliva.

1. trasa: hnědé uhlí (2x)
2. trasa: dřevní štěpka
3. trasa: dodatková paliva (palmové oříšky, uhelné kaly, pivovarské mláto)



*Obr. 17 Podzemní kontejner pro dodatkové palivo (palmové oříšky, uhelné kaly, pivovarské mláto) k hnědému uhlí do kotle K6*





*Obr. 18 Silo na skladování dodatkového paliva (palmové ořšky, uhelné kaly, pivovarské mláto) do kotle K6*



*Obr. 19 Samostatná trasa dodatkového paliva (palmové ořšky, uhelné kaly, pivovarské mláto) do kotle K6*

#### **3.3.2.2 Popis samostatné trasy dodatkového paliva do kotle K6**

Při popisu samostatné trasy dodatkového paliva do kotle K6 bylo čerpáno převážně z informací získaných z provozního předpisu z ledna 2012 ( Schenck Process s.r.o.) pro stavbu samostatné trasy dopravy mourových kalů do fluidního kotle K6 v Plzeňské teplárenské, a.s. [4].

### ***Specifikace dopravovaného materiálu***

Materiál: uhelné kaly , sypaná hmotnost 0,9 – 1,1 t/m<sup>3</sup>

Podstatou uhelných mourů je uhelný prach, který se splavuje pomocí vody z výrobních prostor sokolovských dolů do nádrží, kde sedimentuje, poté se voda odpustí a usazený uhelný mour se odtěží na hromady. Materiál má atest jako nevybušný, další výhodou je nízký obsah síry. Nevýhodou je zvýšený obsah vody.

Výkon do kotle: 5 t/hod

Výkon do sila: 50 t/hod

Množství: cca 30000 t/rok

Výhřevnost: 11-12 GJ/t

Materiál je dovážen pomocí sklápěcího auta s vlekem, sklápění je prováděno do boku – 30 t/souprava nebo kontejnery na vagonu a pomocí speciálního čelního vidlicového vozu otočením o 180° je vysypán do příjmového místa.

Materiál: palmové oříšky, pivovarské mláto

Rozdrcené palmové oříšky a pivovarské mláto se dopravují do kotle K6 spolu s uhelnými moury.

### ***Popis technologie***

Kaly z nákladního auta (obdobně i z kontejnerů) jsou do boku sklopeny do jámy, v jejímž dně je šnekové pole. Celé toto vyklápěcí místo je zastřešeno ve výšce cca 9 m s ohledem na manipulaci s kontejnery. Osy šneků jsou kolmé k ose automobilu a zajišťují dopravu materiálu na vynášecí redler. Tento šikmý redler dopraví kaly na cca +3 m, odkud přes hvězdicové rotační síto s vyřídováním nadměrných kusů propadávají na vstup dalšího redleru. Tímto řetězovým dopravníkem se materiál přepraví na vstup do sila (+16 m).

Ocelové silo o objemu cca 280 m<sup>3</sup> stojí na podpěrách o výšce 5 m, celková výška je tedy 15 m, průměr 6 m. Silo není zateplené ani vyhříváno, nepředpokládá se v zimním období zpracování materiálu s obsahem vody. Silo je na dně vybaveno vynášecím šnekovým zařízením, dále materiál přes homogenizační šnek vstupuje na rozbalenou větev hadicového dopravníku. Homogenizační šnek a vstupní část hadicového dopravníku jsou umístěny pod silem.

Hadicovým dopravníkem je materiál přepraven ke kotli K6 na cca 13,5 m, Zde přes vyrovnávací zásobník s aktivátorem prochází kaly do dávkovací váhy Multiflex. Váha je tvořena kompaktní konstrukcí šneku spojeného s násypkou, přičemž na vstupu do násypky a výstupu ze šneku jsou instalovány tkaninové kompenzátory pro oddělení šnekové váhy od navazující technologie z důvodu umožnění jejího bezproblémového vážení.

Základním principem funkce šnekové dávkovací váhy je diferenciální dávkování paliva. Regulátor váhy slouží jak pro hlídání přednastaveného množství materiálu ve váze (v zásobníku) tak pro regulaci hmotnostního toku na přesypu z váhy (výstup ze šneku). Množství materiálu ve váze je získáno snímáním skutečného statického zatížení celé váhy prostřednictvím 3 kompaktních snímačů zatížení a porovnáním se zadanou hodnotou.

Regulátor dávkovací váhy dále řídí prostřednictvím FM rychlost šneku. Dále materiál prochází přes oddělovací člen (turniket) a dávkovací šnek otvorem na cca 7,5 m do kotle. Šnek je profukován vzduchem pro eliminaci přetlaku v kotli a je konstruován tak, aby byl demontovatelný pro využití otvoru pro vstup do kotle během odstávky.

### ***Popis strojů a zařízení***

#### **A. PŘÍJMOVÉ MÍSTO**

10 ks šikmo uložených šneků průměr 500 mm, délka 6500 mm. Pohon 10x 3 kW.  
Šnekový žlab – 8 mm Hardox



*Obr. 20 Šnekový dopravník*

#### **B. SBĚRNÝ REDLER**

Redler je řetězový dopravník se dvěma řetězy propojenými příčnými unašeči. Skládá se z poháněcí stanice, napínací stanice, z tubusu, vedení řetězu a z podpěr. Vedení řetězu je vyrobeno z otěruvzdorného plechu HARDOX.

Redler je 1x lomený se šikmou částí pod úhlem 55°. Ve spodní vodorovné části redleru padá do redleru shora materiál od šnekového pole. Výstup z redleru je do hvězdicového třídiče. Propojovací „hradla“ řetězu jsou vyrobena z antistatické plastické hmoty, aby se dopravovaný materiál na hradla nenalepoval.

Dno redleru je pokryto vysokomolekulárním polyethylenem, aby nedocházelo k lepení dopravovaného materiálu na dno.

#### **C. MECHANICKÝ HVĚZDICOVÝ TŘÍDIČ**

Používá se pro odstranění nadrozměrných předmětů z paliva.

#### **D. VYNÁŠECÍ REDLER**

Tento redler je řetězový dopravník obdobné konstrukce jako v pozici 1 s použitím vložené desky nad hradla spodní větve řetězu. Je lomený se šikmou částí 70°.

#### **E. SILO**

## F. VYNÁŠECÍ ŠNEK GOTTWALD

Spodní část tvoří oba pohony (hlavní pohon šneku a pohon posuvného pohybu), dále hlavní hřídel s dávkovacím zařízením a ložiskem, dva výstupní otvory a čidlo hlídání blokace materiálem. Vrchní část tvoří šneková hřídel, převodové ústrojí šneku a 6-ti stranný kryt. Rám D= 1.100 mm pro zabudování zařízení do ocelového síla.

## G. HOMOGENIZAČNÍ ŠNEK

Používá se pro homogenizaci materiálu na výstupu ze síla.

## H. HADICOVÝ DOPRAVNÍK

Trasa dopravníku je dlouhá cca 90 m. Rychlost pásu max. 1,8 m/s.

## I. DÁVKOVACÍ VÁHA MULTIFLEX

Kompletně uzavřený bezprašný systém v provedení ATEX

## J. DÁVKOVÁNÍ DO KOTLE

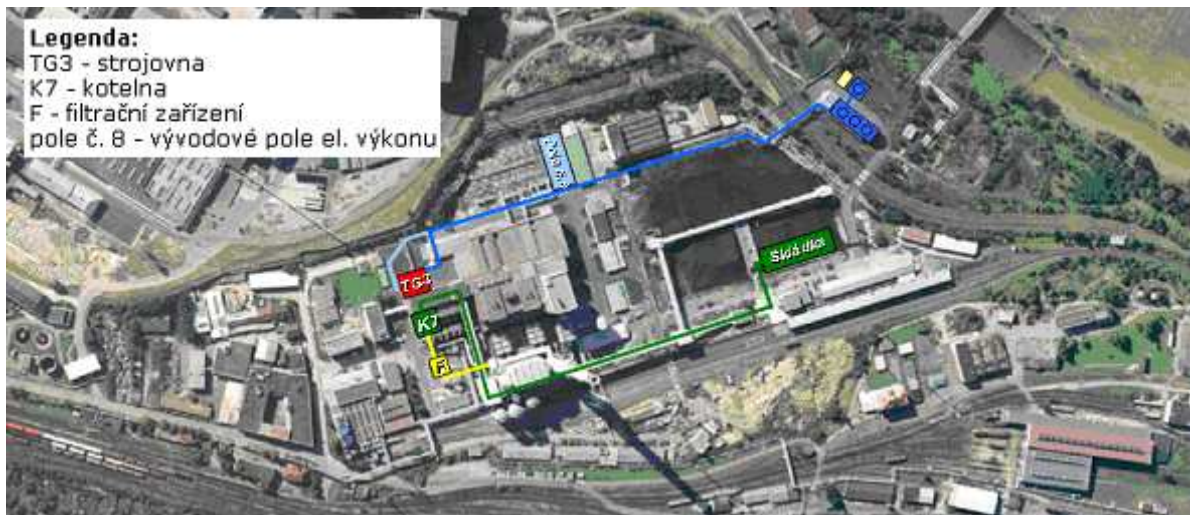
Z dávkovací váhy materiál prochází turniketem s mechanickým čištěním a svodkou k dávkovacímu šneku. Doprava materiálu do kotle je zajištěna dávkovacím šnekem průměru 300 mm, který je profukován vzduchem pro eliminaci přetlaku v místě vstupu do kotle (cca 30 Pa). Šnek prochází otvorem vstupních dveří na cca +8 m.

### 3.3.3 Instalované zařízení na čisté spalování biomasy

Při popisu energetického bloku - kotle K7 a turbogenerátoru TG3 byly částečně použity informace poskytnuté společností Plzeňská teplárenská, a.s. [34] a dále níže uvedené zdroje informací.

#### 3.3.3.1 Energetický blok – kotel K7 a turbogenerátor TG3

Energetický blok určený pro kogenerační výrobu elektřiny a tepla ze spalování biomasy zahrnuje kotel K7, turbosoustrojí TG3 (parní kondenzační odběrová turbína a generátor) a špičkový ohřívač topné vody ŠO4. Energetický blok slouží jako částečný záložní zdroj technologické páry pro Plzeňský Prazdroj, a.s. v případě odstávky vysokotlakých kotlů K4, K5, K6. Dalším účelem je částečná náhrada postupně dožívajících horkovodních kotlů pomocí instalovaného špičkového ohřívačů topné vody ŠO4.



Obr. 21 Umístění energetického bloku v areálu PT, a.s. [9]

#### Kotel K7

základní palivo	biomasa
spotřeba biomasy	od 11,35 do 14,7 t/h
výhřevnost paliva	od 9,7 do 12,13 GJ/t
teplo obsažené v palivu	142,3 GJ/h
instalovaný výkon kotle	45 t/h
teplota napájecí vody	146 (145) °C
tepelný výkon	34,79 MW <sub>t</sub>
teplota výstupní páry	495 °C
výstupní tlak páry	6,7 MPa
účinnost	90,9 %

Jediným palivem, které je spalováno v kotli K7, je biomasa.

Fluidní kotel K7 se stacionární fluidní vrstvou je navržen jako jednobubnový, s přirozenou cirkulací, třítahový s děleným-odskočeným druhým tahem. Ve spodní části ohniště jsou umístěny dva stacionární rošty s bočním odpouštěním popele. Do prostoru roštů je přiváděn primární spalovací vzduch a palivo. K základnímu palivu - biomase je v případě potřeby (při náběhu kotle) přidáván inertní materiál, který vrstvu stabilizuje a zvyšuje její tepelnou kapacitu. Tím jsou vytvořeny podmínky nejen pro potřebné vysušení mokré biomasy, dosažení stability vrstvy a její nižší náchylnost na výraznou změnu kvality paliva a tím omezí potřebu zapalování plynových hořáků, ale umožňuje i případné odstavení a najetí kotle z teplé zálohy.



*Obr. 22* *Prívod (cesta) štěpky do fluidního kotle K7*

Palivo je do kotle dopravováno ze stávající skládky paliva po stávajících trasách pasové dopravy zauhlování až do provozního zásobníku kotle K7. Kapacita provozního zásobníku je max. 250 m<sup>3</sup> paliva.

Spaliny z kotle jsou zavedeny do společného odsiřovacího zařízení kotlů K2 - K5.

Fluidní princip kotle - proces spalování se odehrává v pohybující se vrstvě paliva na roštu (fluidním loži), ten je konstruován tak, aby jednak byl zajištěn trvalý přísun nového paliva a odvod vyhořelé směsi, jednak aby přívodem vzduchu bylo umožněno trvalé nadlehčování (víření) směsi na roštu. Přívádění vzduchu tak slouží jednak k tomuto účelu - fluidizační funkce, jednak k okysličování paliva - spalovací funkce. Vrstva na roštu je složena z paliva a popele.

#### ***Přednosti fluidního spalování:***

- možnost spalování netradičních paliv (dřevo, papír, rašelina...) i s nízkou výhřevností
- vysoká účinnost spalování
- nízká koncentrace SO<sub>x</sub> a NO<sub>x</sub> v kouřových plynech
- možnost odsiřování ve spalovací komoře (není potřeba drahé odsiřovací zařízení)



Obr. 23 Denoxikace

Na obrázku č. 23 je vyobrazeno zařízení, které slouží ke snižování hodnot  $\text{NO}_x$  pomocí vstřikování Sataminu (obchodní název). Toto zařízení nebylo třeba za dobu provozu kotle K7 využít, hodnoty  $\text{NO}_x$  byly v pořádku, nepřesahovaly povolené limity [34].

Metoda snižování  $\text{NO}_x$  je založena na principu selektivní nekatalytické redukce  $\text{NO}_x$  nástřikem redukčního činidla na bázi močoviny (obchodní název Satamin) do spalovacího prostoru v oblasti teplot 850 - 1050°C. Během spalovacího procesu se močovina rozkládá na oxid uhličitý a čpavek, který reaguje během spalování se vzniklými oxidy dusíku za vzniku dusíku a vodní páry [20].

### Turbosoustrojí TG3

instal. výkon na svorkách generátoru původně	11,5 MWe
instal. výkon na svorkách generátoru po přetypování	13,5 MWe
jmenovité otáčky	8020 ot./min
výrobce	Škoda Power
rok výroby	2010

Zároveň s výstavbou nového kotle byla instalována nová parní kondenzační turbína. Pro kondenzaci páry je použit povrchový, vodou chlazený kondenzátor, který je umístěn příčně pod turbínou, pro chlazení se využívají chladicí věže. V současné době soustava K7 + TG3 jede čistě na kondenzační provoz a vyrábí pouze elektrickou energii. Z ekonomického hlediska se vyplatí pouze kondenzační provoz. Kogenerace je ale vyzkoušená a je s ní možné kdykoliv začít. Turbína je vybavena jedním regulovaným odběrem a dvěma neregulovanými odběry. Z neregulovaných odběrů je zajištěna dodávka páry pro regeneraci 2 nízkotlakých parních ohříváků [34].

### Špičkový ohřívák topné vody ŠO4

maximální tepelný výkon	15 MWt
-------------------------	--------

Pára pro ohřev topné vody ve špičkovém ohříváku ŠO4 je odebírána z regulovaného odběru parní turbíny TG3. Elektrický výkon turbíny je při těchto provozních stavech omezen. V případě odstavení parní turbíny TG3 z provozu, je možné ohřívat topnou vodu v ŠO4 parou ze sběrné technologické páry 11,8 bar/260 °C.

Vyvedení elektrické energie je provedeno do stávající 110 kV rozvodny, přes blokový transformátor [34].



***Obr. 24 Rozvodna 110 kV***

Zjednodušené schéma energetického bloku K7 a TG3 je zobrazené v příloze 3.



### **3.4 Technologické zařízení na skladování a úpravu biomasy v PT, a.s.**

#### **3.4.1 Zařízení na skladování biomasy**

Biomasa (konkrétně vysušená dřevní štěpka a peletky) je skladována v kryté hale.



*Obr. 25 Skladování biomasy*

#### **3.4.2 Zařízení na úpravu biomasy**

Před vlastním spalováním je biomasu (konkrétně se jedná o dřevní štěpku) nutno náležitě upravit. Biomasa je nadrcena a sušením částečně zbavena přebytečné vlhkosti.

##### **3.4.2.1 Drcení biomasy**

Drcení biomasy na sušce 1 i 2 je prováděno pomocí dvouhřídelového drtiče.

##### **3.4.2.2 Sušení biomasy**

Účelem zařízení na sušení biomasy je snížení vodního obsahu v nadrcené lesní štěpce z důvodu zvýšení její výhřevnosti (zvyšuje se cca o 2,5 GJ/t oproti původnímu stavu, kdy to bylo v průměru 9,5GJ/t) a zamezení tvorby klenb a nálepů v zásobnících paliva při míchání biomasy s uhlím. V současnosti je ve společnosti Plzeňská teplárenská, a.s. využíváno dvou sušek biomasy.

###### **3.4.2.2.1 Suška biomasy 1**

Jedná se o bubnovou rotační sušku biomasy. Zařízení je umístěno přímo vedle kryté haly na skladování biomasy. Účelem zařízení je snížení vodního obsahu v nadrcené lesní štěpce z 50-ti % na cca 30 - 35%. Teplo dodané pro sušící proces je teplem odpadním.



Obr. 26 Suška biomasy 1

### 3.4.2.2.1.1 Popis zařízení

#### Vlastní sušicí linka

Pomocí příhrnovacího šnekového dopravníku je štěpka kontinuálně dopravována do prostoru lomeného hrabicového dopravníku. Tímto dopravníkem je materiál přiveden na hvězdicové třídicí síto. Částice do 40 mm tříděného materiálu propadnou na sběrný pásový dopravník, částice o větších rozměrech jsou dopraveny do násypky dvouhřídelového drtiče.

Po jejich nadrcení na rozměry menší než 40 mm propadnou na sběrný pásový dopravník vedený pod hvězdicovým třídičem. Takto nadrcená štěpka zbavená pomocí magnetického separátoru železných příměsí, je dále pomocí šikmého šnekového dopravníku vedena do vstupní komory sušicího bubnu. Sušicí buben je navržen na požadovaný výkon 5000 kg/hod biomasy při vlhkosti 50%. **Sušicím médiem je vzduch o teplotě 140°C**, který je do sušiče vydechován ve směru toku materiálu, ještě před vsypem štěpky. Proces sušení je tedy souprůdý.

Vysušená biomasa vypadává z jehlanové násypky sušicího bubnu do žlabových šnekových dopravníků. Tyto dopravníky dopravují materiál do korečkového elevátoru. Korečkový elevátor vyzvedne materiál do 9-ti metrové výšky na pásový dopravník umístěný na ocelové konstrukci. Tento pásový dopravník je z horní části opatřen krytem z trapézového plechu. Výpad vysušené biomasy z pásového dopravníku je zajištěn pomocí plnicí hubice do haly biomasy. Odprašky z plnicí hubice a z korečkového elevátoru jsou přes dopravní ventilátor svedeny do nasávacího filtru MOLDOW.

#### Vzduchotechnika sušicí linky

Pro vysušení biomasy je do sušicího bubnu přiváděno 70884 m<sup>3</sup>/hod vzduchu. Venkovní vzduch je ve vzduchotechnické jednotce filtrován a předehříván v deskovém rekuperátoru s účinností okolo 70-ti %. Teplo pro předehřev venkovního vzduchu dodá do deskového rekuperátoru odváděný vzduch ze sušárny štěpky o teplotě cca 70°C a tepelné kapacitě 2083 kWh. Takto předehřátý vzduch je před vstupem do vysoušecího bubnu dohříván v horkovodním ohříváči na teplotu cca 130 – 140°C [6].

### **3.4.2.2.2 Suška biomasy 2**

Suška biomasy 2 je v podstatě rozměrný hrabicový dopravník, jehož dno je pomocí otvorů profukováno horkým vzduchem. Tato zařízení jsou 4.

#### **3.4.2.2.2.1 Popis zařízení**

##### Vlastní sušící linka

Mokrý biomasa se plní do prostoru sušících linek v zadní násypné části. Vysušená biomasa je vysypávána ze sušících linek na sběrný pásový dopravník PD1. Z pásového dopravníku PD1 je materiál dopraven na pásový dopravník PD2, odkud je dále dopravován ke třídění a drcení. Materiál, který nepropadne mezi disky třídiče je dopraven do hřídelového drtiče DR1. Odtud se nadrcená biomasa vrací pásovým dopravníkem PD4 na dopravník PD1, kde pokračuje znovu stejnou cestou buď na skládku biomasy nebo k opětovnému předrcení. Ještě před samotným drcením jsou z biomasy separovány kovové částice magnetickým separátorem s vynášecím pásem MS1. Odseparované částice jsou svodkou svedeny do kontejneru umístěného na zemi.

Z dopravníku PD2 je materiál dopraven na vibrační podavač VP1, který má za úkol rozprostřít materiál rovnoměrně v celé šíři podavače a dopravovat ho na diskový třídič DT1. Jemný materiál propadá mezi disky třídiče svodkou na dopravní pás PD3, a odtud je dopravován do kryté haly, kde je zavěšen hrablový výsypný dopravník HR1. Hrablový dopravník zakládá biomasu do haly v jeho celé délce a na konci je zajištěn havarijním koncovým čidlem z důvodu zamezení zavalení zařízení. Váhové množství biomasy dopravované na skládku je snímáno pásovou vahou PV1, která je umístěna na pásovém dopravníku PD3.



**Obr. 27 Suška biomasy 2**

Suška se skládá ze 4 sušících linek. Na každé sušící lince je vytvořen na vstupní straně násypný prostor. Na vlastní sušící lince je na vstupní straně před násypným prostorem umístěn srovnávač osazený elektromotorem 5,5 kW. Tento srovnávač zajišťuje dodržení stejnoměrné vrstvy v sušící lince. Sušený materiál po průchodu sušící linkou je vyhrnován na pásový dopravník PD1 vyhrnovačem. Vyhrnovač je osazen elektromotorem 2,2 kW. Délka jedné sušící linky je 20m.

Doba průchodu materiálu sušící linkou záleží na navolené prodlevě cyklování pohyblivých podlah v sušících linkách. Posun materiálu v sušící lince zajišťuje řetěz s mechanickým napínákem a vodorovnými hrabicemi. Posuv hrabicového dopravníku zajišťuje rohatka se západkou. Jejich pohon zajišťuje hydraulická jednotka se dvěma čerpadly. Pokud jsou provozovány obě sekce (A i B) současně sušící linky cyklují v pořadí SL1,2,3,4.

#### Vzduchotechnika – přívod vzduchu do sušárny

Zařízení přivádí do sušících linek biomasy ohřátý vzduch o celkovém objemu  $M_p=30\text{kg/s}$  ( $M_p=15\text{kg/s}$  na jednu sušárnu). V sušících linkách je vzduch ochlazován a vlhčen vodou obsaženou ve dřevní štěpce. Zařízení pracuje se 100% čerstvého vzduchu. Zařízení se skládá ze strany A a B. Strana A je pro sušící linky 1. a 2., strana B je pro sušící linky 3. a 4. Zařízení jedné strany je navrženo v sestavě středotlaký radiální ventilátor, kapsový filtr G4 a sestava za sebou řazených vodních ohřivačů (3ks). Čerstvý vzduch je nasáván z venkovního prostoru protidešťovou stříškou ve výšce cca 15m nad úroveň terénu z důvodu eliminace nasávání vzduchu s vyšším obsahem polévatého prachu ze skládky uhlí a štěpky těsně nad terénem. Na sání je umístěn tlumič hluku. Na sání je umístěn teploměr pro měření teploty nasávaného vzduchu. Horkým vzduchem je profukována vrstva štěpky v sušících vanách. Celkový objem přiváděného vzduchu je možno regulovat nastavením otáček ventilátoru na frekvenčním měniči elektromotoru, který je za normálního provozu regulován automaticky z řídicího systému zauhlování. Optimální množství vzduchu na výstupu je cca  $22,0\text{m}^3/\text{s}$ .

#### Ohřev vzduchu do sušárny

Ohřívání vzduchu je zajištěno sestavou za sebou tří řazených vodních ohřivačů Frisco (2+1rezerva). **Vodní ohřivače jsou topeny vodou z horkovodu DN 600 pro Lochotín.** Ochlazená voda ze sušárny se vrací zpátky do vratky horkovodu Lochotín. Optimální výstupní teplota vzduchu na výstupu z topné jednotky je 75 - 85°C [7].

### **3.5 Doprava paliva**

Pro přepravu biomasy, ale i ostatních druhů paliv je možné využít různých druhů dopravy. K nejvíce využívaným typům dopravy patří nákladní automobily nebo přeprava speciálními kontejnery po železnici. Biomasa je do Plzeňské teplárenské, a.s. dopravována vlastními nákladními automobily nebo nákladními automobily externích firem. Další možná řešení dopravy biomasy jsou uvedena níže [34].



*Obr. 28 Nákladní automobil Plzeňské teplárenské, a.s. pro přepravu peletek*



*Obr. 29 Nákladní automobil externí společnosti – vykládka dřevní štěpky*

#### **3.5.1 Doprava peletek**

Peletky dopravují do Plzeňské teplárenské speciálně upravené návěsy s posuvnou podlahou.

Uvnitř areálu Plzeňské teplárenské, a.s. jsou peletky transportovány redlerem několik metrů vzhůru na začátek trubkového dopravníkového pásu, který se po několika metrech

cesty „zabalí“, vytvoří uzavřené potrubí a nese peletky vzhůru ke kotlům, kde je vysype do zásobníku. Výsledkem je minimum lidské námahy i prachu v ovzduší.



*Obr. 30 Přeprava peletek šnekovými dopravníky*

Cena za 1t přepraveného paliva (peletek) je závislá na dovozové vzdálenosti. Pásma jsou členěna po 10 km [34].

### **3.5.2 Doprava dřevní štěpky**

Doprava dřevní štěpky je uskutečňována pomocí nákladních automobilů Plzeňské teplárenské, a.s., či externích nákladních automobilů (90%) nebo po železnici ve speciálních kontejnerech rakouské společnosti INNOFREIGHT Speditions. V areálu Plzeňské teplárenské, a.s. je s 25 t vážícím kontejnerem manipulováno pomocí speciálního vozíku KALMAR s otočným zařízením. Vozík je také schopen vysypat kontejner na určitém místě. Dřevní štěpka je následně přemístována pomocí kolového nakladače na konečné místo určení, což je sklad biomasy, či sušička.



*Obr. 31 Vozík KALMAR*



*Obr. 32 Vozík KALMAR*



*Obr. 33 Nakladač využívaný pro manipulaci a konečné umístění biomasy*

Cena za přepravu po železnici odpovídá vzdálenosti, ze které se biomasa vozí. Je to zhruba 100 -120 km. K tomu je ovšem nutné připočítat náklady na nakládání, překládání a manipulaci speciální technikou, která u ostatních druhů dopravy není třeba [34].

### **3.5.3 Doprava kalů pivovarského mláta**

Mláto je do Plzeňské teplárenské, a.s. dopravováno kamionem se sklápěčkou ze společnosti Plzeňský Prazdroj, a.s. Společnost Plzeňský Prazdroj, a.s. sousedí s areálem

společnosti Plzeňská teplárenská, a.s., což velmi snižuje náklady na přepravu tohoto materiálu [34].

### **3.5.4 Doprava palmových oříšků**

Palmové oříšky jsou do společnosti Plzeňská teplárenská, a.s. dopravovány lodní dopravou a následně nákladními automobily ze vzdálenosti cca 2500 km.

Pro palmové oříšky nelze vyspecifikovat cenu dopravy. Dle smlouvy cena za toto palivo zahrnuje i dopravu. Dodavatel má zřejmě výrazně levnější cenu komodity, aby ve výsledku dosáhl konkurenceschopné ceny. Je třeba říci, že do budoucna se nebudou patrně oříšky dovážet, neboť podpora obdobné biomasy ze zahraničí nebude do budoucna státem podporována. Bez zelených bonusů se nevyplatí uvedenou surovinu pálit [34].

### **3.5.5 Doprava hnědého uhlí**

Na následujícím obrázku je zobrazena krytá a uzavíratelná budova pro nákladní železniční vagóny. Stavba je vybavena účinným topením a v mrazivých dnech slouží jako rozmrazovací tunel, což usnadňuje následnou manipulaci s palivem. Jedná se o speciální vagóny otevíratelné směrem dolů. V budově v prostoru pod vagóny se nachází úložný prostor s dopravníky, odkud se palivo dopravuje rovnou ke kotlům případně na skládku uhlí [34].



*Obr. 34 Vagóny pro přepravu uhlí*

### **3.5.6 Doprava uhelných mourů**

Dovoz uhelných mourů ( kalů ) je prováděn kamiony [34].

### **3.5.7 Vyhodnocení cen za přepravu paliva**

Ve své práci jsem se snažila porovnat výhodnost jednotlivých druhů dopravy. Pro porovnání jsem zvolila jednotku Kč/t přepravovaného materiálu. Před vlastním porovnáním je třeba si uvědomit, že při přepravě paliva z větších vzdáleností je cena za 1 km nižší. Jiné společnosti zase mají levnější komoditu, ale ta se vozí z větší vzdálenosti. Někdy je tomu



obráceně. Podstatná je výsledná cena: komodita + doprava a to je pro Plzeňskou teplárenskou, a.s. určující. Cena dopravy se obvykle v energetice vyčísluje v Kč/GJ.

Z výše uvedených informací je zřejmé, že porovnání výhodnosti jednotlivých druhů dopravy biomasy není zcela úplně možné. Z dostupných informací jsem dospěla k závěru, že ekonomicky nejvýhodněji v současnosti vychází přeprava:

1. pivovarské mláto kamion
2. peletky spec. návěs ze vzdálenosti do 10 km
3. hnědé uhlí železnice
4. uhelné moury kamion
5. peletky spec. návěs ze vzdálenosti 50 – 60 km, dřevní štěpka železnice včetně manipulací
6. dřevní štěpka nákladní automobil

Dle informací PT, a.s. se při současných cenách v ČR vyplatí dovoz komodity zhruba do vzdálenosti 200 km [34].

## 4 Vyhodnocení

### 4.1 Přínosy spalování biomasy

#### 4.1.1 Environmentální přínosy spalování biomasy

Při spalování biomasy nevzniká více CO<sub>2</sub>, než bylo předtím z ovzduší rostlinami při jejich růstu přijato, ani více než by bylo do ovzduší vráceno přirozeným rozkladem v přírodě. Jedná se vždy o přirozený cyklus, který nezhoršuje "skleníkový" efekt. Také produkce emisí oxidu siřičitého jsou při spalování dřevní štěpky téměř zanedbatelné [9].

Dalším přínosem spalování biomasy je skutečnost, že se jedná o obnovitelný zdroj.

##### 4.1.1.1 Emise a imise kotle K7

Pro kogenerační blok K7+TG3 byla zpracována „Rozptylová studie“. Z jejího závěru vyplývá, že vlivem „zeleného“ bloku nedojde k překročení limitních imisních koncentrací a že existuje dostatečná rezerva v plnění imisních limitů [9].

Skutečné emise kotle K7 za dobu ročního provozu jsou uvedeny v kapitole 4.3.1.

Spalováním biomasy v kotli K7 dochází k úspoře cca 1 113 TJ/r primárního paliva (hnědého uhlí) vztaženo ke stejné výrobě elektrické energie a tepla v uhelném zdroji. Tím dojde k úspoře cca 111 300 t skleníkového plynu CO<sub>2</sub>. Uvedené je dáno charakterem výroby, která spočívá ve využití OZE z místních zdrojů. Spalováním OZE dojde ke snížení i ostatních znečišťujících látek do ovzduší oproti spalování hnědého uhlí. Údaje o přínosu pro životní prostředí jsou uvedeny v následující tabulce:

Znečišťující látka	Jednotky	Hnědé uhlí	Biomasa	Rozdíl
Tuhé látky	t/r	9,30	1,72	-7,58
SO <sub>2</sub>	t/r	298,89	51,63	-247,26
NO <sub>X</sub>	t/r	484,03	344,22	-139,81
CO	t/r	40,34	114,74	74,40
CO <sub>2</sub>	t/r	111297,84	0,00	-111297,84

Tab. 7 Úhrnné emise znečišťující ovzduší [9]

Ekologické efekty z hlediska produkce emisí parního kotle na biomasu K7 v porovnání s uhelným kotlem stejného výkonu:

#### Úspora emisí CO<sub>2</sub> z fosilních paliv

Uhlí jako fosilní palivo při spalování uvolňuje do ovzduší emise CO<sub>2</sub>. Při průměrné výhřevnosti hnědého uhlí 13,5 GJ/t je to z každé spálené tuny uhlí cca 1,38 t CO<sub>2</sub>. Při spalování biomasy v kotli K7 se oproti spalování hnědému uhlí (stejný výkon) uspoří cca 111 300 t/r emisí CO<sub>2</sub> do ovzduší.

#### Snížení produkce emisí SO<sub>2</sub>

Produkce emisí oxidu siřičitého jsou při spalování dřevní štěpky téměř zanedbatelné. Stopy síry se u biomasy vyskytují např. v kůře dřevin. Naproti tomu sokolovské hnědé

uhlí spalované v Plzeňské teplárenské, a.s. má průměrný obsah síry cca 2 %. Z každé spálené tuny hnědého uhlí vznikne tedy cca 13 kg SO<sub>2</sub>. Spálením odpovídajícího množství biomasy snížíme produkci emisí SO<sub>2</sub> o více jak 80 % oproti spalování uhlí.

#### **Úspora aditiv při odsíření spalin**

Pro zajištění povolené koncentrace a dodržení emisního stropu emisí SO<sub>2</sub> při spalování uhlí je nezbytné snížit koncentraci ve spalinách použitím aditiv - vápna v odsiřovací jednotce pro granulační kotle a vápence pro fluidní kotel. Spotřeba vápna v odsiřovací jednotce je cca 7,9 kg na 1 tunu spáleného hnědého uhlí a spotřeba vápence činí 50-55 kg na 1 tunu spáleného uhlí. Tyto suroviny lze spalováním biomasy ušetřit, protože SO<sub>2</sub> ve spalinách při spalování biomasy nepřekročí povolené koncentrace emisí.

#### **Úspora procesních emisí CO<sub>2</sub>**

Při odsiřování uhlí ve fluidním kotli pomocí vápence vzniká chemickou reakcí vápence a oxidu siřičitého siřičitan vápenatý a oxid uhličitý (procesní). Při odsíření 1 tuny hnědého uhlí vápencem se tedy spalováním biomasy ušetří 18-20 kg procesního CO<sub>2</sub>.

#### **Snížení produkce popela a popílku**

Kromě plynů vzniká při spalování uhlí popel. Popel je směs různě velkých částic. Více než tři čtvrtiny z celkového množství popela se vyskytují ve formě prachu se zrnitostí od tisícín milimetru do jednoho milimetru (polévatý popílek). Tato část je zachycována v elektrostatických odlučovačích. Hrubý popel a struska se zrny o velikosti do pěti centimetrů tvoří přibližně jednu čtvrtinu odpadu. Tato část se zachycuje ve spodní partii ohniště pod spalovací komorou. Obsah popela ve spalovaném sokolovském hnědém uhlí je cca 20 % i více, což je 15-20x více než obsah popela v biomase. Zatímco popel ze spáleného uhlí je zařazen z větší části jako odpad, popel ze spalování dřevní štěpky je při vhodném složení možno z větší části použít jako hnojivo s dobrým obsahem vápníku, hořčíku, draslíku a fosforu [9, 34].

### **4.1.2 Energetické přínosy spalování biomasy**

Z bilance ročního kondenzačního provozu soustrojí K7 - TG3 společnosti Plzeňská teplárenská, a.s. je zřejmé, že účinnost výroby elektřiny ku palivu je při průměrném jmenovitém výkonu generátoru 13,2 MWe 28,3% (viz. tab.14). Při garančním měření (za ideálních podmínek), které bylo provedeno 3x za dva roky, byla účinnost 31%.

4.1. 2013 od 16,05 do 16,07 hod jsem změřila aktuální parametry kondenzačního oběhu soustrojí K7 - TG3 při jmenovitém výkonu generátoru 13,5 MWe. Zjištěné hodnoty jsou uvedené v příloze č. 4.

#### **4.1.2.1 Energetická bilance tepelných zdrojů a přenos tepla do pracovní látky**

Energetická bilance nám umožňuje stanovit účinnost přeměny formy energie nebo předání energie. Dále je možné stanovit množství provozních látek potřebných k zisku požadovaného množství jednotlivých odebíraných druhů energií. Tepelná energie uvolněná v tepelném zdroji se předává (sdílí) do pracovní látky oběhu.

Oběhovou látkou v tepelných elektrárnách je většinou voda - vodní pára.

Pára se vyrábí v parogenerátoru, který je u kotelních zařízení přímo součástí jeho spalovací komory.

Energetická účinnost je obecně poměr energie odvedené k energii přivedené.

$$\eta = \frac{E_o}{E_p}$$

Protože

$$E_p - E_o = \text{ztráty}$$

můžeme také provádět energetickou bilanci jako:

$$\eta = 1 - \frac{E_p - E_o}{E_p} = 1 - \frac{\text{ztráty}}{E_p}$$

Energetická bilance kotlů:

U kotlů na pevná paliva převažuje určení účinnosti pomocí ztrát.

Ztráty v kotli můžeme rozdělit:

- 1) ztráty nedokonalým uvolněním tepla při spalování
- 2) ztráty nedokonalým využitím uvolněného tepla [18].

#### 4.1.3 Ekonomické přínosy spalování biomasy

Ekonomické faktory hrající důležitou roli v případě bloku K7+TG3 jsou hlavně výkupní ceny z výroby elektrické energie z OZE, které jsou na podporu obnovitelných zdrojů státem dotované.

Výkupní ceny elektrické energie z OZE byly v garantované pro rok 2012. Ve společnosti Plzeňská teplárenská, a.s. se spaluje biomasa zařazená do **kategorií O1, O2** (spalování čisté biomasy) a **SI, S2** (společné spalování palivových směsí biomasy a fosilních paliv). Toto zařazení bylo provedeno v roce 2012 podle **Vyhlášky č. 482/2005 Sb.** o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy.

Podpora výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů je prováděna formou výkupních cen nebo formou zelených bonusů. V rámci jedné výroby elektřiny nelze kombinovat režim výkupních cen a zelených bonusů. **Společnost Plzeňská teplárenská, a.s. využívá režim zelených bonusů.**

Výkupní ceny a zelené bonusy pro výrobu elektřiny z biomasy (kategorie O1, O2, S1, S2) podle cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č.7/2011 pro rok 2012:

Datum uvedení do provozu	Výkupní ceny elektřiny dodané do sítě v Kč/MWh	Zelené bonusy v Kč/MWh
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O1 v nových výrobních elektřiny nebo zdrojích od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2012	4580	3530
Výroba elektřiny spalováním čisté biomasy kategorie O2 v nových výrobních elektřiny nebo zdrojích od 1. ledna 2008 do 31. prosince 2012	3530	2480
Výroba elektřiny společným spalováním palivových směsí biomasy kategorie S1 a fosilních paliv	-	1370
Výroba elektřiny společným spalováním palivových směsí biomasy kategorie S2 a fosilních paliv	-	700

Tab. 8 Výkupní ceny elektřiny a zelené bonusy

Při stávající výši bonusů se vyplatí spalovat co nejvíce cíleně pěstované biomasy [34].

Dalším významným ekonomickým přínosem spalování biomasy je úspora emisních povolenek.

#### 4.1.3.1 Průměrné ceny biomasy

Cena biomasy úzce souvisí s poptávkou po této komoditě a ta v posledních letech roste. Některé energetické zdroje nahrazují z části spalování fosilních paliv alternativními zdroji konkrétně spalováním biomasy. S rostoucí poptávkou po uvedeném palivu nastává i nárůst ceny, který by měl být ovšem omezen tím, že substituce biomasou se bude uskutečňovat pouze v rámci určité ekonomické výhodnosti. Subjekty - odběratelé, kteří vstoupili na trh biomasy již před několika lety, mezi něž patří rovněž Plzeňská teplárenská, a.s., si již většinou vytvořily spolehlivou dodavatelskou základnu.

Cena biomasy se značně liší zejména podle jednotlivých druhů. Podstatné je, zdali hovoříme o štěpce, o peletkách vytvořených z biomasy, zdali se jedná o dřevní zbytky nebo o cíleně pěstovanou biomasu. Lze najít rovněž rozdíly v cenách mezi jednotlivými regiony a lokalitami.

Předpokládá se postupné zvyšování podílu cíleně pěstované biomasy, která se vyznačuje vyšší cenou, ale tomu odpovídá vyšší cena vykupované elektrické energie získané jejím spalováním [9].

Z informací získaných v Plzeňské teplárenské, a.s. vyplývá, že průměrná cena biomasy udávaná v Kč/ GJ vzrostla od roku 2008 do roku 2012 zhruba o 37 Kč/GJ. Pro porovnání cena za hnědé uhlí vzrostla od roku 2008 do roku 2012 o 6 Kč/GJ.

Ceny české biomasy, hnědého uhlí a uhelných mourů v roce 2012 v pořadí od nejlevnější komodity po nejdražší:

1. Uhelné moury
2. Hnědé uhlí
3. Pivovarské mláto
4. Dřevní štěpka
5. Peletky

Palmové oříšky nejsou uváděny záměrně, neboť je známa cena pouze dohromady s dopravou. Cena za peletky je vyšší, neboť odpadá další proces (nutný u štěpky), jako je sušení, drcení apod. a zároveň jejich výroba je energeticky a investičně nákladná.

#### **4.1.3.2 Ceny vstupů a výstupů**

Ceny vstupů a výstupů, z kterých jsem vycházela při ekonomickém hodnocení provozu zařízení K7 + TG3, jsou za období 2011 – 2012. V diplomové práci nemohou být z důvodu zachování obchodního tajemství vyčísleny aktuální hodnoty jednotlivých ekonomických vstupů a výstupů.

##### **4.1.3.2.1 Vstupy**

Vstupy do ekonomického hodnocení jsou rozděleny na pořizovací cenu zařízení, proměnné náklady a stálé náklady.

Pořizovací cena zařízení K7+TG3 byla: 907 mil. Kč

##### ***Nákladové položky vstupující do ekonomického hodnocení:***

Náhradní díly  
Chemikálie  
Materiál, mazadla, oleje  
Přímá spotřeba - ostatní  
Biomasa (štěpka, peletky)  
Plyn  
Opravy a udržování  
Přepravné  
Ostatní služby  
Reklama a propagace  
Uložení a odvoz škváry  
Odpad a odpadky  
Odvoz popílku  
Ostatní provozní náklady  
Ostatní provozní náklady neovlivňující daň z příjmu  
Odchylky ele PEAS  
Zmařená investice

Odpisy  
Provozní úroky z úvěru  
Pojistné ost. zákonné - aut, majetku  
Správní režije

---

Náklady celkem: 304 230 999 Kč/rok

Pro zjednodušení abstrahujeme od některých dalších nákladů, které by určitou měrou zisk ovlivnily (např. část účetních odpisů technologických zařízení, které neslouží pouze pro K7+TG3 – sušičky biomasy).

#### 4.1.3.2.2 Výstupy

##### *Výnosové položky vstupující do ekonomického hodnocení:*

Tržby za teplo  
Tržby za el. energii silovou  
Tržby za el. energii - zelené bonusy  
Tržby el. energie - odchylky  
Aktivace DHM  
Ostatní výnosy

---

Výnosy celkem: 399 504 795 Kč/rok

<b><i>Hrubý ekonomický zisk K7+TG3 za rok 2012:</i></b>	<b><i>95 273 796 Kč/rok</i></b>
---	---------------------------------

Celkové hodnoty zjednodušených ekonomických nákladu, výnosů a hrubého zisku K7+TG3 za rok 2012 jsou shrnuty v tabulce v příloze č. 6 [34].

#### 4.1.3.3 Porovnání spalování biomasy a hnědého uhlí

V následujících tabulkách se nachází *teoretické porovnání* výroby elektrické energie a tepla v kotli K7+ TG3 na čisté spalování biomasy se stejným blokem K7+TG3 spalujícím hnědé uhlí. V tabulce č.9 se nachází porovnání bilančních a technických ukazatelů. Zdrojem následujících informací byla Studie proveditelnosti K7 a TG3. V tabulce je počítáno s jmenovitým el. výkonem TG3 11,5 MWe tedy před navýšením na 13,5 MWe.

<b>Roční bilance výroby tepla a elektrické energie a technické ukazatele výroby energie v navrhovaných variantách</b>				
<b>ukazatel</b>	<b>označení</b>	<b>jednotky</b>	<b>HU</b>	<b>Biomasa</b>
<b>Blok K7 + TG3</b>				
Dosažitelný tepelný výkon	$P_{i\text{ tep}}$	$MW_t$	34,8	34,8
Výstupní tepelný výkon zdroje	$P_{i\text{ tep v\text{yst}}}$	$MW_t$	15	15
Jmenovitý elektrický výkon TG3	$P_{i\text{ el}}$	$MW_e$	11,5	11,5
Výroba elektrické energie	$E_{sv}$	MWh	90244	90244
Využití dosažitelného elektrického výkonu	$\tau_{el}$	hod/r	7847	7847
Vlastní spotřeba elektrické energie ve zdroji	$E_{v\text{isp}}$	MWh	9762	9762
Dodávka elektrické energie do sítě ZČE	$E_{Dod}$	MWh	80482	80482
Výroba dodávkového tepla	$Q_{tep}$	GJ/r	39263	39263
Využití dosažitelného tepelného výkonu	$\tau_{td}$	hod/r	727	727
Měrná spotřeba tepla v palivu na výrobu el. energie	$s_{pal}^{ev}$	GJ/MWh	11,855	11,855
Spotřeba tepla v palivu na výrobu el. energie	$M_{pal}^{el}$	GJ	1069832	1069832
Měrná spotřeba tepla na výrobu tepla	$s_{pal}^{td}$	GJ/GJ	1,099	1,099
Spotřeba tepla v palivu na výrobu tepla	$M_{pal}^t$	GJ	43146	43146
Celková spotřeba paliva	$M_{pal}$	GJ/r	1112978	1112978
Hnědé uhlí	$M_{palHU}$	t/r	80672	
Biomasa	$M_{palBiom}$	t/r		114740
Celková účinnost výroby dodávkového tepla	$\eta_{td}$	%	91	91
Celková účinnost výroby elektrické energie	$\eta_{el}$	%	30,37	30,37
Celková účinnost výroby tepla a el. energie	$\eta_{zdroj}$	%	32,72	32,72

Tab. 9 Roční bilance pro uhlí a biomasu [9]

Z tabulky č. 9 je patrné, že pro získání stejných výstupních parametrů z energetického zařízení je potřeba spálení většího množství biomasy.



Porovnání proměnných nákladů bloku K7+TG3 při spalování biomasy a hnědého uhlí je prezentováno v tabulce č.10. Stálé náklady jsou shodné (náklady na opravy a údržbu – 2 mil. Kč a režijní náklady nového bloku – 8,683 mil. Kč).

<b>Srovnání proměnných nákladů</b>			
Komodita	Hnědé uhlí	Biomasa	Rozdíl (B-HU)
	Kč	Kč	Kč
Palivo	43353538	164996185	<b>121642647</b>
Povolenky CO <sub>2</sub>	38647063	0	<b>-38647063</b>
Zemní plyn	200000	200000	<b>0</b>
Vápno	2316329	0	<b>-2316329</b>
Uložení tuhých zbytků	4117030	1069832	<b>-3047197</b>
Chladicí voda	1827228	1827228	<b>0</b>
Poplatky za emise	738236	401221	<b>-337015</b>
<b>Celkem</b>	<b>91199424</b>	<b>168494467</b>	<b>77295042</b>

Tab. 10 Srovnání proměnných nákladů [9]

V následující tabulce č.11 je zpracováno porovnání tržeb v obou variantách.

<b>Porovnání tržeb</b>			
Komodita	Hnědé uhlí	Biomasa	Rozdíl (B-HU)
	Kč	Kč	Kč
Dodané teplo [GJ]	10377174	10377174	<b>0</b>
Silová elektřina [MWh]	120722863	120722863	<b>0</b>
Zelený bonus [MWh]	0	173268384	<b>173268384</b>
Elektřina z KVET[MWh]	258128	258128	<b>0</b>
Tržby za elektřinu celkem	120980991	294249375	<b>173268384</b>
<b>Tržby celkem</b>	<b>131358165</b>	<b>304626549</b>	<b>173268384</b>

Tab. 11 Porovnání tržeb [9]

Jelikož porovnávané varianty se stejnou výrobou elektrické energie a tepla a předpokládáme stejné parametry zařízení, liší se varianty pouze ve spotřebě paliva a tím i nákladech na jejich pořízení. Dalším nákladem, který má významnou roli je náklad za povolenky CO<sub>2</sub>. Zatím co ve variantě biomasa není potřebné povolenky nakupovat, ve variantě hnědé uhlí je s těmito náklady počítáno. Oba výše uvedené náklady mají rozhodující váhu. Ostatní proměnné náklady jsou přímo úměrné spotřebě paliva.

Celkové proměnné náklady jsou nižší u varianty hnědé uhlí o 77 295 tis. Kč/rok.

Tržby za teplo jsou v obou variantách stejné, protože i výroba i prodej tepla v porovnávaných zdrojích je stejná. Výroba a prodej elektrické energie je sice v obou variantách také stejná, ale výrazně se liší výkupní ceny. Zatímco ve variantě hnědé uhlí je elektřina vykupována pouze za cenu silové elektřiny plus bonus za KVET, ve variantě biomasa je k těmto připočten Zelený bonus za výrobu elektrické energie z OZE.

Celkové tržby jsou vyšší u varianty biomasa o 173 268 tis. Kč/rok [9].

Hlavním dodavatelem hnědého uhlí do Plzeňské teplárenské, a.s. je společnost Sokolovská uhelná, a.s. Vzhledem k současným těžebním limitům se může stát, že v brzké budoucnosti bude pro teplárny nedostatek hnědého uhlí, které tím pádem bude na příděl a jen v omezeném množství, což se samozřejmě projeví i na jeho ceně, která je v současnosti výrazně výhodnější než průměrná cena biomasy. V současné době K7 a TG3 jede pouze na kondenzační provoz, prodává se pouze elektřina, je to v důsledku možnosti využití zelených bonusů ekonomicky nejvýhodnější. Pokud by se uskutečnil kogenerační provoz, poklesla by výroba el. energie (el. výkon na cca 9 MWe) a zisk za prodej tepla bez bonusu by nevykompenzoval ztrátu za prodej el. energie [34].

#### **4.1.3.4 Ekonomické zhodnocení spalování biomasy**

Z výše uvedených údajů je zřejmé, že za stávající situace možnosti uplatnění zelených bonusů bylo v roce 2012 ekonomicky výhodné v Plzeňské teplárenské, a.s. spalovat biomasu a vzniklé teplo využívat na výrobu el. energie.

## **4.2 Logistika paliv**

Do logistiky paliv je třeba zahrnout dopravu a dopravní vzdálenost biomasy, manipulaci s biomasou a případnou úpravu biomasy před spalováním.

### **4.2.1 Doprava**

Biomasa je přímo do Plzeňské teplárenské, a.s. dopravována kamiony, nákladními automobily a po železnici. Např. palmové oříšky jsou navíc část trasy dopravovány lodní dopravou.

### **4.2.2 Dopravní vzdálenost**

Biomasa je do Plzeňské teplárenské, a.s. dopravována ze vzdálenosti 1 - 200 km. Pouze malá část biomasy je dopravována z větší vzdálenosti. Podrobnosti jsou uvedeny v kapitolách 3.5.1. až 3.5.6.

### **4.2.3 Manipulace s palivem**

S biopalivem je v Plzeňské teplárenské, a.s. manipulováno následujícími způsoby:

Kolovým nakladačem,  
vozíkem KALMAR,  
systémem dopravníků.

### **4.2.4 Úprava paliva**

Pokud je to třeba, před spalováním biomasy se provádí její vysušení. Dřevní štěpka musí být drcena a případně zbavena nevhodných příměsí.

### **4.3 Vliv spalování biomasy na životní prostředí**

Město Plzeň leží v kotlině. Rozptylové podmínky v lokalitě jsou jedním ze základních parametrů ovlivňujících kvalitu ovzduší. V Plzeňské kotlině se nejčastěji vyskytují mírně nepříznivé rozptylové podmínky (v letních měsících je jejich výskyt četnější). Nepříznivé rozptylové podmínky nastávají v cca 1-4 % dnů v roce a to zejména v zimním období. V minulosti patřila Plzeň mezi města silně zatížená exhalacemi. V současné době mají emise klesající tendenci, která je nejvíce patrná u oxidu siřičitého a tuhých emisí. Mění se nejen množství emisí ale i podíl jednotlivých zdrojů. Dochází k poklesu emisí ze zdrojů REZZO 1 a u zdrojů REZZO 3, kde Magistrát města Plzně v minulosti dotoval změnu tuhých paliv na plynná. K růstu dochází u zdrojů REZZO 4 tj. mobilních zdrojů - dopravy. Doprava se stala dominantním zdrojem znečištění v centrální části města a v okolí frekventovaných komunikací, tj. i v posuzované lokalitě.

Plzeňská teplárenská, a.s. patří mezi největší znečišťovatele ovzduší v Plzni, ale vzhledem k výšce komína (170 m) dochází k tomu, že emise jsou rozptýleny a přeneseny do větších vzdáleností [9].



*Obr. 35 Komín Plzeňské teplárenské, a.s.*

Spalováním OZE dojde k úspoře emisí skleníkového plynu CO<sub>2</sub> a dále ke snížení emisí (následně i imisí) i ostatních znečišťujících látek do ovzduší oproti spalování hnědého uhlí. Dále dochází k snížení produkce popela a popílku a úspoře aditiv při odsíření palin.

Pro kogenerační blok K7 a TG3 byla vydána následující povolení v oblasti životního prostředí:

Natura 2000  
EIA

#### 4.3.1 Emise z kotle K7

Emise z kotle K7 za rok 2012:

TZL:	10,6 t
SO <sub>2</sub> :	9,7 t
NO <sub>x</sub> :	89,4 t
CO:	34,6 t
TOC:	35,4 t

Tab. 12 Emise z kotle K7

#### 4.3.2 Popel a popílek z kotle K7

Množství vyprodukovaného popílku a ložového popela za rok 2012:

Popílek z K7	5930 t
Ložový popel z K7	7200 t

Tab. 13 Popel a popílek z kotle K7

Ložový popel ani popílek není vhodné díky svému složení využívat k výrobě hnojiva.

## 4.4 Zhodnocení ročního provozu kotle K7

### 4.4.1 Bilance soustrojí K7 – TG3 při kondenzačním provozu

V tabulce ve sloupci optimismus a reál predikce jsou uvedené předpokládané hodnoty provozu K7+TG3 při činném provozním výkonu 11,5 MW a ve sloupci 2012 skutečné hodnoty jednotlivých parametrů při ročním kondenzačním provozu soustrojí K7 - TG3 při navýšeném činném průměrném provozním výkonu 13,2 MW.

Energetická bilance soustrojí K7 + TG3		reál - predikce	optimismus - predikce	2012
Jmenovitý parní výkon kotle	tp/hod	45	45	50,0
teplota páry na výstupu (přehřátá pára)	°C	495	495	490,0
tlak páry na výstupu (přehřátá pára)	MPa	6,7	6,7	6,7
entalpie páry na výstupu	GJ/t	3,403	3,403	3,3906
teplo obsažené v páře na výstupu	GJ/hod	153,1	153,1	169,5
tepelný výkon kotle	MW	42,5	42,5	47,1
teplota napájecí vody	°C	146	146	145,0
tlak napájecí vody	MPa	7,7	7,7	7,7
entalpie napájecí vody	GJ/t	0,62	0,62	0,6153
příkon kotle v napájecí vodě	MW	7,7	7,7	10,8
(jmenovitý) provozní výkon kotle	MW	34,8	34,8	36,3
provozní účinnost kotle	%	88,0%	90,9%	77,9%
příkon kotle v palivu	MW	39,5	38,3	46,6
teplo obsažené v palivu	GJ/hod	142,3	137,7	167,8
průměrná výhřevnost biomasy	GJ/t	9,7	9,7	11,625
množství spálené biomasy	t/hod	14,7	14,2	14,5
<b>Výroba elektřiny</b>				
činný (jmenovitý) provozní výkon generátoru	MW	11,5	11,5	13,2
účinnost výroby elektřiny (ku palivu)	%	29,10%	30,10%	28,30%
<b>Bilance ročního kondenzačního provozu</b>				
(předpokládaná) roční spotřeba paliva	t/rok	115 000	115 000	109 848,5
hodiny plného provozu soustrojí	hod/rok	7 838	8 100	7 578
množství vyrobené elektřiny	MW/rok	90 138	93 150	100 395,0
vlastní spotřeba elektřiny	%	10,82%	10,82%	7,287%
dodávka elektřiny do sítě	MW/rok	80 388	83 074	93 079,0
(výkupní) cena elektřiny + zelený bonus (2012)	Kč/MWh	3 460	3 460	4 254,9
<b>tržby za elektřinu</b>	<b>Kč/rok</b>	<b>278 141 413</b>	<b>287 434 656</b>	<b>396 041 837</b>

Teplo v palivu	GJ/rok	1 115 500	1 115 500	1 277 035,8
Spotřeba tepla v palivu na vyrobenou 1 MWh	GJ/MWh	12,375	11,975	12,720

Bilance úspory CO <sub>2</sub> - provoz K7 s TG3 kond.				
teplo v uspořeném palivu - uhlí	TJ/rok	1 115,50	1 115,50	1 277,0
emisní faktor hnědého uhlí	tCO <sub>2</sub> /TJ	94,2	94,2	96,6
oxidační faktor hnědého uhlí	-	0,9896	0,9896	0,9900
<b>uspořené emise CO<sub>2</sub> nespálením uhlí</b>	<b>tCO<sub>2</sub></b>	<b>103 987</b>	<b>103 987</b>	<b>122 128</b>

Tab. 14 Bilance soustrojí K7 - TG3 za rok 2012 [34]

#### **4.4.2 Zhodnocení roční bilance soustrojí K7 – TG3**

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že předpoklad splnění určitých parametrů soustrojí K7 – TG3 se většinou splnil. Reálné hodnoty se liší od předpokládaných pouze v několika ukazatelích (jsou porovnávány hodnoty ve sloupci reál predikce a skutečné hodnoty z roku 2012). V porovnání jsou uvedeny pouze významněji rozdílné hodnoty.

1. Průměrný jmenovitý provozní výkon (13,2MW) je vyšší než reál-predikce (11,5MW).
2. Skutečná provozní účinnost kotle (77,9%) je nižší než reál-predikce (88%).
3. Skutečný příkon kotle v palivu (46,6MW) je vyšší než reál-predikce (39,5MW).
4. Skutečné teplo obsažené v palivu (167,8GJ/hod) je vyšší než reál-predikce (142,3GJ/hod).
5. Skutečné množství spálené biomasy (14,5t/hod) je nižší než reál-predikce (14,7t/hod).
6. Skutečná účinnost výroby elektřiny ku palivu (28,3%) je nižší než reál-predikce (29,1%).
7. Skutečné hodiny plného provozu soustrojí (7578) jsou nižší než reál-predikce (7838).
8. Skutečné mn.vyrobené elektřiny (100395 MW/rok) je vyšší než reál-predikce (90138 MW/rok), větší je skutečná dodávka elektřiny do sítě a následně i tržby za elektřinu.
9. Skutečná spotřeba tepla v palivu je na vyrobenou 1 MWh (12,720 GJ/MWh) je větší než reál-predikce (12,375 GJ/MWh).
10. Skutečná průměrná výhřevnost biomasy (11,625GJ/t) je vyšší než reál-predikce (9,7GJ/t).

## 5 Návrh

### 5.1. Alternativní druhy paliv pro spoluspalování do kotlů K4, K5, K6

Na následujících stranách diplomové práce navrhuji alternativní druhy paliv, které by bylo možné energeticky využívat v kotlích K4, K5 a K6 společnosti Plzeňská teplárenská, a.s.

#### 5.1.1 Vytříděné a upravené odpady

Spoluspalování neupraveného komunálního a průmyslového odpadu v existujících energetických zařízeních určených primárně ke spalování uhlí není vzhledem k širokému spektru kvalitativních vlastností odpadu bez jeho předchozí úpravy možné. Pro spalování neupraveného odpadu jsou určeny spalovny odpadu se speciální technologií spalování a čištění spalin. Ve spalovnách odpadu je oproti elektrárnám a teplárnám volen jiný spalovací režim a jiné konstrukční materiály vystavené spalinám.



Obr. 36 Tři druhy paliva pro elektrárnu (TAP, biomasa, hnědé uhlí) [21]

„Palivo“ pro spoluspalování musí mít definované a časově stálé mechanické i kvalitativní vlastnosti a zaručené složení. Jedná se o palivo vyrobené z vybraných odpadů, převážně průmyslových, jako je textil, papír, vybrané plasty, dřevo apod., tzv. tuhé alternativní palivo (TAP). Producent tohoto paliva jej zpravidla deklaruje jako výrobek, nikoli odpad. Druhou, složitější cestou a s nejistým výsledkem je některá z variant mechanicko-biologické úpravy odpadů (MBU), kdy jedním z výstupů je vysokovýhřevná frakce. Ta sama o sobě ještě není využitelná pro spoluspalování, je nutné ji ještě dotřídit a upravit její granulometrii. Pro toto „palivo“ se užívá označení RDF (Refuse Derived Fuel = palivo odvozené z odpadů) [12].

#### 5.1.2 Úpravy spalovacích zařízení pro spoluspalování odpadů

Palivo z odpadů představuje směs nejrůznějších druhů odpadů (plasty, textil, pryž, obaly, aj.) a určitého podílu biomasové složky. V důsledku tohoto složení lze očekávat, že podíl prchavé hořlaviny bude značný, odhadem 60 až 70%. To znamená, že se jedná o snadno zápalné palivo se značnou reaktivností. Uvolňování velkého množství prchavých látek během



procesu hoření vyžaduje postupný přívod vzduchu s vysokým podílem tzv. dohořivacího vzduchu, který zajistí dohoření všech uvolněných spalitelných plynů. Podmínkou je zajištění dobrého promíchání se vzduchem a dostatečně dlouhé setrvání (min.2s) v oblasti teplot nad 900°C. V tomto smyslu spalování paliva z odpadů probíhá podobným způsobem jako spalování biomasy. Výhřevnost ve většině případů převyšuje výhřevnost hnědého uhlí, se kterým by palivo mělo být spoluspalováno, proto není nutné předpokládat žádné problémy se spalováním v podobě energetického obsahu takového paliva.

Rozsah nezbytných úprav stávajících uhelných kotlů pro spoluspalování závisí především na jejich typu. Největší úpravy by bylo třeba provést u práškových kotlů, naopak u fluidních případně roštových kotlů by úpravy byly minimální [12].

#### **5.1.2.1 Úpravy práškového kotle**

Práškové kotle mohou být upraveny dodatečnou instalací samostatných hořáků, do kterých je upravený odpad přiváděn samostatnou dopravní cestou ze zásobníku a do prostoru ohniště je rozptylován pneumaticky nebo mechanicky. Převážná část odpadu shoří v letu v prostoru spodní části ohniště a výsyvky. Vzniká však riziko, že větší a hmotnější částice v nevyhořelém stavu spadnou do výsyvky ohniště, odkud by byly odváděny spolu se škvárou a zvyšovaly by podíl nespálených látek v tuhých zbytcích nad přijatelnou mez pro jejich další využití. Proto je nezbytné doplnit do výsyvky granulačního ohniště dohořivací rošt, na kterém by nevyhořelé zbytky mohly dohořet. K tomu je zapotřebí pod rošt přivést určité množství spalovacího vzduchu. Podíl spoluspalování z odpadu může být **5 až 15% tepelného příkonu**.

V druhém případě není odpad rozptylován do prostoru výsyvky, nýbrž je přiváděn přímo na rošt umístěný na dno výsyvky, kde vyhořívá ve vrstvě. Odpadá tedy nutnost instalovat samostatné hořáky, současně je však třeba zvětšit velikost roštu.

Obě možnosti jsou z hlediska aplikovatelnosti ekvivalentní. Volba konkrétního způsobu spoluspalování by se v konkrétních případech rekonstrukcí stávajících kotlů řídila především dispozičními a konstrukčními možnostmi [12].

#### **5.1.2.2 Úpravy fluidního kotle**

Nezbytné úpravy fluidních kotlů pro spoluspalování paliva z odpadů by mohly být u většiny případů zcela minimální.

Dosavadní zkušenosti jednoznačně prokázaly, že není úplně vhodné palivo s uhlím míchat a dopravovat do kotle společně. Je proto nezbytné počítat s potřebou zřízení samostatné dopravní trasy ze skladu až do kotle. Způsob jejího zaústění do kotle je třeba řešit individuálně.

Provozní testy se spalováním ve fluidním kotli naznačily, že podíl paliva z odpadu by mohl činit až 30% celkového tepelného příkonu kotle, aniž by došlo ke změnám jeho provozního chování [12].

#### **5.1.2.3 Rizika spojená se spoluspalováním odpadů**

Spoluspalování paliva z odpadů ve stávajících kotlích může vyvolat zkrácení životnosti některých jejich částí, případně může způsobit jiné provozní problémy. Hlavními

riziky v tomto smyslu je možnost vzniku rychle postupující koroze způsobené přítomností chloru v palivu a tvorba nánosů nečistot na výhřevných plochách, které by zhoršovaly vychlazení spalin, a tím i účinnost kotle.

Ve vztahu k životnímu prostředí hrozí při spoluspalování v uhelných kotlích rizika spojená s emisí plynných exhalací do ovzduší a s přítomností škodlivých příměsí v tuhých zbytcích po spalování [12].

#### 5.1.2.4 Úpravy čištění spalin

Čištění spalin je u současných uhelných kotlů realizováno odlučením mechanických částic, případně jejich odsířením. Pro tzv. odprášení spalin se používají elektrostatické odlučovače popílku, u menších jednotek pak látkové filtry. Účinnost těchto zařízení je velmi vysoká, kolem 99,95 %, takže výsledná koncentrace prachu v odchozích spalinách se pohybuje v desítkách  $\text{mg}/\text{m}^3$ . U kotlů větších výkonů, kde platí přísnější limit pro  $\text{SO}_2$ , který není možné splnit spalováním nízkosírného uhlí, je použito odsíření spalin. To lze provádět u fluidních kotlů tzv. aditivním způsobem přímým dávkováním vápence do fluidní vrstvy, u práškových kotlů aplikací mokré nebo polosuché metody v odsiřovacím reaktoru zařazeném do cesty spalin mezi kouřový ventilátor a komín.

Platné limity  $\text{NO}_x$  se daří u našich kotlů plnit pomocí tzv. primárních opatření, která zahrnují úpravu spalovacího zařízení, především hořáků s postupným přívodem spalovacího vzduchu v několika pásmech.

Dosud publikované výsledky prokazují, že při **spoluspalování paliva z odpadu s uhlím s podílem 10 až 15%** se neprojeví významná změna úrovně běžně sledovaných emisních látek, kterými jsou  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , CO a TZL. Totéž platí i pro vlastnosti popela. Pokud bude při spoluspalování zajištěn vhodný vzduchový režim s dostatečným množstvím dohořivacího vzduchu, který zajistí dohoření uvolněných prchavých látek, lze očekávat, že emise CO se nezmění. Z tohoto pohledu by se tedy spoluspalování nemělo projevit zásadním zvýšením úrovně současných emisí a žádná dodatečná opatření pro čištění spalin by nebylo nutné provádět.

Poněkud složitější je otázka možného vzniku látek typu PCDD/F a PAH, respektive emisí dalších látek, které se sledují ve spalinách ze spaloven a nesledují u energetických zdrojů, např. těžkých kovů.

Pro příklad uvádím emise dioxinů a furanů:

1. V případě spálení jedné tuny odpadu ve spalovně vznikne jisté množství spalin obsahující maximálně 0,1 ng TEQ PCDD/F.
2. Je-li stejný odpad upraven pomocí MBÚ, vznikne z něj po úpravě přibližně 0,5 tuny (i méně) paliva z odpadu. Pokud by tento odpad byl spálen v práškovém kotli spolu s 90% uhlí, vznikne přibližně pětinasobné množství spalin. A i kdyby obsah dioxinů v nich nepřesáhl limit stanovený pro spalovny, stejně se dostane do ovzduší pětinasobné množství dioxinů a furanů.

Tato argumentace však předpokládá, že by spalování odpadu ve spalovenském i uhelném kotli probíhalo podobným způsobem, což neplatí. Vznik zmiňovaných organických škodlivin

nelze spojovat pouze se spalováním určitého druhu paliva, ale především se způsobem a s podmínkami jeho spalování. Uhlí je spalováno při podstatně vyšších teplotách (např. 850°C u fluidního kotle), při kterých dochází k termické destrukci organických škodlivin, proto jsou obsahy látek typu PCDD/F a PAH ve spalinách uhelných kotlů téměř neměřitelné. Není třeba se obávat, že spoluspalováním 10% odpadu by se podmínky ve spalovací komoře uhelného kotle změnilly natolik, že by se produkce organických škodlivin výrazněji zvýšila [12].

Spoluspalování vytríděných a upravených odpadů se provádí např. v Německu, Rakousku, Itálii.



*Obr. 37 Alternativní palivo vyrobené z odpadu [21]*

V České republice společnost Alpiq Generation již několik let prověřuje možnost využití RDF jako částečné náhrady uhlí ve fluidních kotlích Elektrárny Kladno. Výsledky zkoušek ukázaly, že náhrada uhlí RDF do cca 10% energetického obsahu na vstupu do kotle, by neměla mít zásadní vliv na provoz kotle včetně emisí do ovzduší. Vzhledem k charakteru technologického procesu se předpokládá využití předlisovaného RDF [12].

Dalším příkladem společnosti, která v současnosti v ČR spoluspaluje TAP v přestavěném granulačním kotli, je Plzeňská teplárenská, a.s.

TAP pochází ze společnosti Rumpold s.r.o. a obsahuje [22]:

- |   |        |
|---|--------|
| • plast                                   | 0- 20% |
| • syntetický textil                       | 35-50% |
| • pryž                                    | 10-15% |
| • kompozitní materiál (např. železobeton) | 0-10%  |
| • papír, dřevo                            | 5-10%  |

Některé druhy tuhých alternativních paliv, která se vyskytují na území ČR:

ASAPAL; TAP RUMPOLD; TTS O; TAP Lafarge; Palozo; S.E.R.B.– REKLA; nerozlišená TTS; dovozová TAP aj. [23].

### 5.1.3 Návrh vytríděných odpadů vhodných pro spoluspalování

#### 5.1.3.1 Plasty

Mezi materiály nabízející se k energetickému využití patří nerecyklovatelné odpadní plasty – zejména pak směsné plasty vytríděné z komunálního odpadu a jednorázové nerecyklovatelné odpadní plastové obaly vznikající v průmyslu a službách.



Obr. 38 Kontejnery na sběr separovaného odpadu (plastů)

V roce 2008 bylo v ČR v rámci sběru vytríděných složek komunálního odpadu shromážděno asi 210 tisíc tun směsných plastů, z toho je na provozovaných třídících linkách zhruba polovina vytríděna jako druhotná surovina určená k dalšímu materiálovému využití (zejména PET obaly a plastové fólie). Dalším zdrojem potenciálně energeticky využitelných plastů jsou **jednorázové nerecyklovatelné plastové obaly** vznikající v průmyslu a službách. Podle informací firmy EKO-KOM, a.s. bylo v roce 2008 vyprodukováno asi **90 tisíc tun tohoto odpadu**.

Hlavními složkami směsných plastových odpadů jsou **polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyethylentereftalát (PET) a polyvinylchlorid (PVC)**. Ostatní polymery se vyskytují v menší míře.



Obr. 39 Směs plastů sebraná v domácnosti

Prioritním faktorem, který brání intenzivnějšímu využívání směsných odpadních plastů jako alternativního paliva v energetických provozech je vysoký (proměnlivý) obsah některých škodlivých látek (zejména pak chlóru) a s tím související ekologické a technologické problémy. Různými přístupy však lze toto riziko snížit [14].

#### 5.1.3.1.1 Výzkum energetického využití odpadních plastů

V rámci programu výzkumu a vývoje „Pokrok“ řešila společnost DEKONTA, a.s., ve spolupráci s VÚAnCh, a.s. (Výzkumný ústav anorganické chemie) v letech 2005 – 2009 projekt „Výzkum progresivních postupů přepracování odpadů na druhotné zdroje energie“. V rámci výzkumu spalovacích procesů byla velká pozornost věnována možnostem eliminace vzniku dioxinů při hoření plastů a účinného odstraňování dioxinů ze vznikajících spalin. Pro provádění výzkumných a ověřovacích aktivit s reálnými vzorky byl v rámci projektu použit materiál odebíraný z třídící linky, do které se sváží plastový odpad ze Středočeského kraje, a to jak z měst, tak i z vesnic. Z přiváženého materiálu se zde ručně vytrídí PET, HDPE (např. použité obaly z drogistického zboží) a PE fólie.



Obr. 40 HDPE - polyethylén vysokohustotní [29]

**Zbytek**, který představuje *cca 35 až 45 %* z celkového množství směsného plastového materiálu zpracovaného na třídící lince, je označován jako tuhé alternativní palivo (TAP), nicméně k jeho energetickému využívání prakticky nedochází, je skládkován.

Z provedených analýz vyplynulo, že **průměrná hodnota obsahu spalitelného chlóru** v TAP se pohybuje v **rozmezí od 1,3 do 2,2 %**. Maximální zjištěná koncentrace spalitelného chlóru byla 3,3 % a minimální koncentrace pak 0,8 % [14].

#### 5.1.3.1.2 Možnosti separace PVC ze směsných plastů

Existuje celá řada metod použitelných k redukci obsahu PVC ve směsných plastech.

Příklady metod vhodných k separaci PVC [14]:

- gravitační rozduřování plastů v statických kapalinách
- rozduřování plastů na odstředivce
- rozduřování plastů v hydrocyklonu

#### 5.1.3.1.3 Možnosti spalování odpadních plastů

V rámci řešeného projektu byla vybudována pilotní jednotka v areálu Unipetrol a.s. pro studium vlivu různých technologických parametrů na spalování odpadních plastů a tvorbu spalin.

Spalovací jednotka má tyto hlavní části:

- hlavní hořák se systémem dávkování mletého plastového paliva
- spalovací pec, kde dochází k vyhoření paliva
- systém čištění spalin

Na modelové jednotce byly studovány jak vztahy mezi složením spalované směsi a obsahem škodlivých látek ve spalinách, tak i vliv způsobu chlazení spalin a jejich sorpční rafinace na kvalitu emisí. Největší pozornost byla věnována problematice tvorby dioxinů (PCDD/F). PCDD/F jsou toxické sloučeniny, které vznikají mimo jiné v důsledku spalování látek v přítomnosti chloru. Vzhledem k tomu, že směsné odpadní plasty obsahují určitý podíl PVC či přísady a zbytky katalyzátorů na bázi chloru, lze při jejich spalování tvorbu PCDD/F předpokládat.



Obr. 41 Odpadní plasty vytříděné ze separovaného odpadu nevhodné k recyklaci

Nejvýznamnější podíl na celkových emisích PCDD/F ze spalovacích procesů je připisován nízkoteplotním syntézám. Nízkoteplotní tvorba PCDD/F probíhá na povrchu pevných částic a za přítomnosti katalyzátorů v oblastech mezi 200 – 400 (600)°C. Tyto teploty ve spalovacích zařízeních odpovídají oblastem zpracování a čištění spalin [14].

#### 5.1.3.1.3.1 Vliv složení paliva na obsah polutantů ve spalinách

Byla provedena řada zkoušek, v rámci kterých byla spalována směs plastů různého složení:

- 100% PE
- 95% PE + 5% PVC
- 90% PE + 10% PS
- 85% PE + 10% PS + 5% PVC
- 80% PE + 10% PS + 10% PET
- 75% PE + 10% PS + 10% PET + 5% PVC

Z výsledků zkoušek vyplynulo, že korelace mezi obsahem PVC ve spalované směsi a množstvím vznikajících dioxinů není příliš významná. Byl však jednoznačně prokázán zásadní vliv přítomnosti PET na koncentraci PCDD/F ve spalinách. Koncentrace dioxinů ve spalinách při zpracování vzorku obsahujícího 10% PET dosáhla hodnoty asi 210 ng.m<sup>-3</sup>, zatímco ve všech ostatních případech se tato koncentrace pohybovala v úrovních kolem 10 ng.m<sup>-3</sup> [14].

#### 5.1.3.1.3.2 Vliv způsobu chlazení na kvalitu spalin

Pro experimenty bylo použito palivo, při kterém byla zaznamenána nejvýraznější tvorba polutantů, tzn. směs PE, PVC, PS a PET. Při zkoušce, kdy bylo použito přímé chlazení spalin, bylo zaznamenáno výrazně vyšší množství PCDD/F ve spalinách než v testu s nepřímým chlazením spalin.

### **5.1.3.1.3.3 Vliv integrace vysokoteplotního adsorbéru**

V rámci dalších zkoušek byl testován vliv zařazení vysokoteplotního adsorbéru na výstupu spalin z pece na čistotu spalin. Výsledky prokázaly, že zařazení vysokoteplotního adsorbéru s náplní CaO vede ke snížení koncentrace PCDD/F ve spalinách. Podobný trend se potvrdil i u koncentrace PAU a PCB.

### **5.1.3.1.3.4 Souhrnné vyhodnocení zkoušek**

Výsledky získané při studiu procesu spalování směsných odpadních plastů lze shrnout takto [14]:

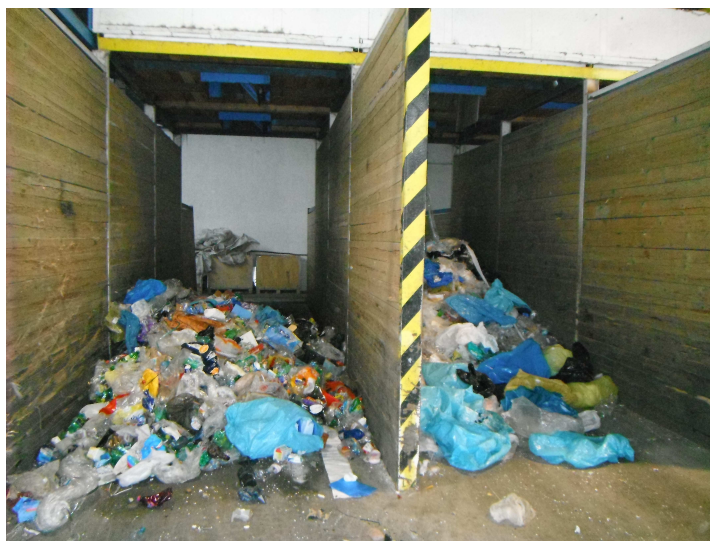
- Nebyl prokázán zásadní vztah mezi obsahem chloru v palivu (obsažen ve formě PVC) a obsahem PCDD/F ve spalinách.
- Vznik dioxinů významně ovlivňuje přítomnost PET ve spalovaném substrátu.
- Byl pozorován pozitivní vliv rostoucí teploty na složení spalin.
- Byl prokázán negativní vliv rychlého a přímého chlazení spalin.
- Pozitivně seověřilo zařazení vysokoteplotního adsorbéru na výstupu spalin z pece.
- Prokázala se souvislost mezi obsahem tuhých znečišťujících látek (TZL) a PCDD/F ve spalinách.

### **5.1.3.1.4 Závěr z výzkumu spalování plastů**

Na základě závěrů z realizace široké škály laboratorních, pilotních a provozních zkoušek se energetické využití plastů spalováním jeví jako výhodné [13].

## **5.1.4 Návrh realizace spoluspalování plastů ve stávajících kotlích PT, a.s.**

Ze všech výše uvedených informací jsem dospěla k závěru, že využití upraveného nerecyklovatelného plastového odpadu vytríděného z komunálního odpadu a upravené jednorázové nerecyklovatelné plastové obaly a odpady vznikající v průmyslu a službách jsou vhodným alternativním dodatkovým palivem k hnědému uhlí pro stávající kotle K5 a K6 společnosti Plzeňská teplotní, a.s.



*Obr. 42 Kóje na shromáždění odpadu před lisováním*



Podle katalogu odpadů (Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb.) lze plasty vhodné pro výrobu TAP zařadit pod následující kódy odpadů:

- plasty vytríděné z komunálního odpadu 200139
- plastové obaly 150102

V současnosti **nejvhodnějším kotlem pro spalování TAP** z plastů nevhodných k recyklaci je **granulační kotel K5**, ke kterému je již vybudována samostatná přívodní trasa pro jiný druh TAP od firmy Rumpold s.r.o, u kterého však lze předpokládat podobné palivové vlastnosti. Tato trasa lze tedy využít i pro TAP vyrobený z plastů nevhodných k recyklaci.

Plzeňská teplárenská, a.s. má integrované povolení na spalování TAP do 5%.

Fluidní kotel K6 by byl ke spalování TAP z vytríděných plastů také vhodný, ale musela by být k němu zřízena nová samostatná dopravní trasa, protože palivo z TAP není vhodné míchat ani s uhlím, ani s ostatními materiály ( dřevní štěpka, oříšky, pivovarské mláto, uhelné kaly).

V Plzeňském kraji bylo podle informací referátu životního prostředí Plzeňského krajského úřadu v roce 2010 sebráno 14551,12 t plastů vytríděných z komunálního odpadu (kód odpadu 200139), z toho je vytríděno zhruba od 35 do 50% plastů vhodných k recyklaci a cca 10% komunálního odpadu . Výstupem vhodným pro výrobu TAP je přibližně 30 až 40% původního odpadu. Informace jsou ověřené u společnosti AVE CZ.

Společnosti zabývající se svozem a sběrem vytríděného komunálního odpadu na území Plzeňského kraje:

- AVE CZ odpadové hospodářství s.r.o.
- Rumpold s.r.o.
- Západočeské komunální služby a.s.
- Eliod servis s.r.o.
- Becker Bohemia,s.r.o.
- IGRO s.r.o.

Dle evidence odpadů poskytnuté krajským úřadem Plzeňského kraje bylo v roce 2010 nahlášena firmami produkce 36826,46 t ostatních plastových obalů ( kód odpadu 150102).

Druh plastů	Množství [ t ]
Plasty vytríděné z komunálního odpadu nevhodné k recyklaci ( cca 35% ze sebraného množství )	5092,89
Plastové obaly	36826,46
<b>Celkové množství plastů teoreticky vhodných pro výrobu TAP</b>	<b>41919,35</b>

Tab. 15 Přehled sebraných a vytríděných plastů v Plzeňském kraji v roce 2010

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že na území Plzeňského kraje se teoreticky vyskytuje ročně produkce 41919,35 t plastů vhodných k výrobě TAP. Musíme však počítat s tím, že toto číslo obsahuje i plastové obaly, které firmy předávají k recyklaci. Proto tedy

celkově použiji množství plastů o něco nižší.

Celkové množství plastů vhodných pro výrobu TAP je dle mého odhadu cca 30 000 t/ rok.

### 5.1.5 Linka tuhého alternativního paliva

Plasty nevhodné k recyklaci, které svozové firmy vozí k uložení na skládku, by společnost Plzeňská teplárenská, a.s. mohla zpracovávat na vlastní lince. Z komunálního a živnostenského odpadu by si produkovala své alternativní palivo. Kromě plastů nevhodných k recyklaci je možné spoluzpracovávat např. objemný komunální odpad, starý textil, obuv, papír, lepenku, vše nevhodné k dalšímu využití.

Podobný projekt vznikl a funguje např. v Trnavě. Zařízení dokáže v jednosměrném provozu zpracovat ročně 40 tisíc tun odpadu a vyprodukovat 12 tisíc tun alternativního paliva pro cementárny. Na **projekt v hodnotě 3,2 milionu eur** získala Trnava nenávratný finanční **příspěvek 3 miliony eur z Evropské unie** [24].



*Obr. 43 Linka na výrobu TAP společnosti ASA [25]*

V následující tabulce č.16 jsou uvedeny výhřevnosti vybraných druhů odpadů dle ČSN 063090 - Zařízení pro termické odstraňování/ zneškodňování a energetické využívání odpadů.

Druh odpadu	Výhřevnost Qi [kJ.kg-1]	Místo vzniku
Polystyren	32379	metalurgický a strojírenský průmysl
PE	43400	ostatní
Odpad z reaktoplastů	15900	ostatní
PP tvrzený	39009	komunální odpad
Papír (TETRAPAK)	17940	komunální odpad
Papír (lepenka, karton)	13309	komunální odpad
Odpadový textil	17684	komunální odpad
Staré boty	16850 - 25000	komunální odpad
Koberec kovral	16000 - 22600	komunální odpad
Koberec jekor	21885 - 35000	komunální odpad

Tab. 16 Výhřevnosti vybraných druhů odpadů

## 5.1.6 Další druhy alternativních paliv

### 5.1.6.1 Čistírenské kaly

Čistírenské kaly patří k dalším druhům alternativních paliv, které by mohly být využity v budoucnosti v Plzeňské teplárenské, a.s., třeba i vzhledem k velmi výhodné poloze čistírny odpadních vod města Plzně.



Obr. 44 Areál čistírny odpadních vod města Plzně

Kaly mají běžně vlhkost 65 - 80%. Obsah organických látek v čistírenském kalu je zdrojem energie. Pro vyhodnocení termického zpracování kalů z čistíren odpadních vod je

nezbytné vycházet z objektivní energetické bilance procesu a z komplexní analýzy všech v úvahu připadajících nákladů. Z porovnání bilance získatelné energie ze spalování anaerobně stabilizovaného a surového směsného kalu vyplývá, že efektivnějším a ekologičtějším z obou způsobů využití energie z kalu je biologická transformace do bioplynu s následným spalováním vysušeného stabilizovaného kalu. ***Výhřevnost stabilizovaného a vysušeného kalu je 10,01 MJ/kg.***

Způsob zpracování kalu anaerobní stabilizací s následným sušením a spalováním stabilizovaného kalu je flexibilní a z hlediska rizikovosti bezpečnější než přímé spalování surového směsného kalu. Spalování vysušených vyhnílych kalů v cementárně se ukázalo jako jedinečná metoda jejich spolehlivé likvidace, bez jakékoli zátěže životního prostředí navíc s využitím jejich energetického obsahu i anorganické složky. Anaerobně stabilizovaný vysušený kal lze také úspěšně aplikovat na půdu, což je zvláště výhodné např. v případě jakéhokoliv výpadku spalovací jednotky (cementárna, spalovna, elektrárna) [26, 27].

Pro spoluspalování čistírenských kalů v elektrárnách či teplárnách není rozhodující konstrukce spalovacího zařízení (spalování na roštu, granulační kotel, fluidní kotel), protože množství přidávaných kalů bývá mezi 3 % až 4 % z váhového množství dávkovaného uhlí. Technicky se tedy jedná o doplnění stávajícího technologického řetězce o zásobník kalů, dopravní a dávkovací cesty, zařízení pro eliminaci pachů, bezpečnostní zařízení a doplnění stávajícího provozního souboru měření a regulace.

Spoluspalování kalů v elektrárenském provozu je proces, kdy těžké kovy v tuhé fázi obsažené v kalech z čistíren odpadních vod, přecházejí vlivem teploty ohniště v plynný stav a po vypuštění do ovzduší se opět v přírodě do tohoto tuhého stavu rozptýleny vracejí (princip ředění).

Otevřeným problémem zůstává kvalita zbytkových látek z procesu odsiřování, resp. možnost používání těchto látek ve stavebnictví (výroba sádrokartonu) [28].

### **5.1.6.2 Vodní řasy**

Vodní řasy mají výborný energetický potenciál a v blízké budoucnosti mohou být významnou složkou z oblasti obnovitelných zdrojů energie. V přírodě jich existuje přibližně 80 000 druhů a odrůd, k pěstování jich bude využíváno jen pár druhů. Vývoj biopaliva z vodních řas je velmi žádoucí vzhledem k nedávným evropským problémům výroby biopaliv z biomasy takzvané první generace - nedostatek zemědělské půdy a prokázané zdražení cen potravin. Pěstované vodní řasy tyto negativní jevy nezpůsobí a v dobrých podmínkách se mohou vodní řasy ve vodních nádržích donekonečna rozmnožovat.

V současné době existují ve světě dvě metodě pěstování vodních řas. První metodou je pěstování v takzvaných "otevřených vodních nádržích", druhým způsobem jsou takzvané "uzavřené systémy" (dále jen „otevřená“ a „uzavřená metoda“). Výhodou otevřené nádrže je relativně nízká investice. Nevýhodou je jejich větší citlivost na dešťové srážky, sucho, změny teplot a možnosti kontaminace jinými druhy vodních řas. Navíc je obtížnější uměle přidávat k řasám pro podporu růstu CO<sub>2</sub> a v neposlední řadě je k pěstování nezbytná větší plocha.



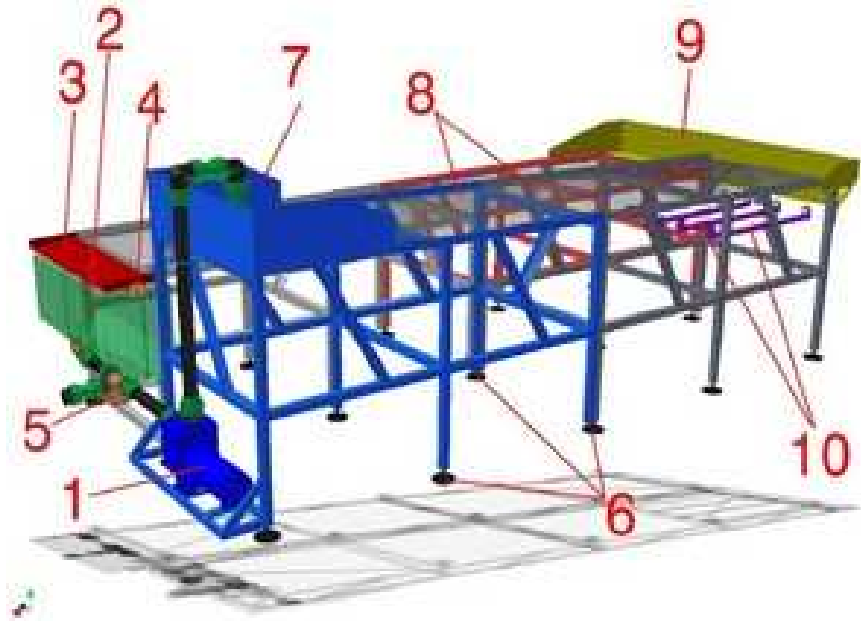
*Obr. 45 Nádrž na vodní řasy [32]*

Výhodou uzavřených systémů je větší možnost regulace vhodných podmínek ovlivňujících růst vodních řas. Existují dva druhy uzavřených systémů: takzvaný “trubicový” a “plechový” reaktor. V plechovém reaktoru je krátká světelná cesta a díky intenzivnímu míchání vody se přítomný kyslík velmi efektivně odvede. Sklizeň je vysoká, proces míchání je však energeticky náročný. V trubicovém reaktoru rostou řasy v trubici, které jsou 100 až 200 metrů dlouhé. Na jedné straně je trubicemi přivedený  $\text{CO}_2$ , čím jsou trubice delší, tím vyšší je koncentrace kyslíku, který zpomaluje růst řas. Tato metoda míchání vody je energeticky méně náročná, sklizeň je však nižší.

Když se porovnala účinnost pěstování při otevřené metodě s účinností při uzavřené metodě, ukázalo se následující: litr vody v otevřené vodní nádrži obsahoval 0,5 gramů řasové masy, trubicový reaktor 3 až 4 gramů a plechový reaktor 10 gramů. [32]

### ***Výroba řas využitím odpadního $\text{CO}_2$***

Jako nejvhodnější způsob výroby řas z odpadního  $\text{CO}_2$  se ukázal princip, který byl vyvinut na Mikrobiologickém ústavu AV ČR v Třeboni. Jedná se o ocelovou konstrukci s nakloněnou rovinou, po které samospádem stéká voda obohacená rostoucími řasami. Koloběh uzavírá oběhové čerpadlo, které točí vodu stále dokola. K vodě má neustálý přístup okolní vzduch, což znamená, že se může voda samovolně odpařovat a tím snižovat svoji teplotu - při růstu řas totiž teplota vzrůstá. Katalyzátorem růstu řas je ultrafialové záření obsažené ve slunečním svitu [30].



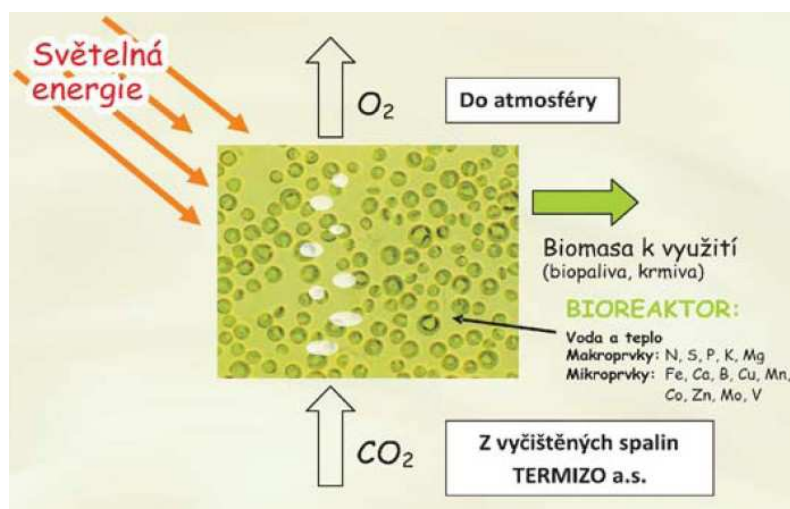
Obr. 46 Model zařízení na výrobu řas [31]

- 1) Oběhové čerpadlo
- 2) Akumulační nádrž (o objemu 100 litrů.)
- 3) Stavitelný svod vody
- 4) Servopohon
- 5) Trojcestný ventil - umožňuje vypuštění nádrže
- 6) Stavitelné nohy (Z důvodu předpokládané nerovnosti povrchu a co možná nejvyšší požadované přesnosti uložení celé konstrukce je nutné jednotlivé nohy přesně nastavit a aretovat.)
- 7) Ochranný kryt (zabraňující rozstříku vody z vyústění čerpadla)
- 8) Skla (Celý povrch je pokryt skleněnými tabulemi o síle 5 mm, sklo je umístěné na gumových distančních podložkách přičemž drobné nepřesnosti a přechody mezi nimi jsou utěsněny silikonem, který má zvýšenou odolnost proti UV záření.)
- 9) Plechový žlab (Konstrukce, která převádí tok vody z jedné strany na druhou a zároveň umožňuje regulovat intenzitu proudu vody v celé ploše výtoku.)
- 10) Zářivky (Osvit zářivkami, který simuluje sluneční svit, pro přehlednost jsou na modelu znázorněny pouze 4 kusy, z důvodu požadavku regulace intenzity osvětlení byla celá síť 16-ti zářivek rozdělena na 4 oddělené okruhy, které lze nezávisle na sobě rozsvěcet/zhasínat a tím nastavovat různé stupně osvětlení, pod zářivkami jsou umístěny odrazové plochy, které usměrní záření i ze spodní strany.)

#### **Zkušenosti společnosti TERMIZO, a.s.**

Společnost TERMIZO, a. s. získala podporu odborných partnerů (Mikrobiologický ústav AV ČR Třeboň, Institut für Getreideverarbeitung, GmbH., Abteilung der Algenbiotechnologie, Bergholz-Rehbrücke, Německo) a mohla se od roku 2006 věnovat mezinárodnímu projektu EUREKA BIOFIX. Ten ověřuje biotransformaci oxidu uhličitého z vyčištěných spalin TERMIZO a.s. do produkční kultury řas.

Při fotosyntéze řas platí, že pro produkci 1 kg suché hmoty řas je zapotřebí přibližně 2 kg CO<sub>2</sub>, přičemž se v procesu fotosyntézy do atmosféry uvolní přibližně 2,5 kg kyslíku (obr.39).



Obr. 47 Princip biokonverze oxidu uhličitého do řasové kultury [33]

Při řešení výzkumného projektu EUREKA BIOFIX bylo do konce roku 2008 dosaženo těchto hlavních výsledků:

- Byl vybrán vhodný produkční kmen řasové kultury rodu *Chlorella*. Kmen se vyznačuje vysokou růstovou rychlostí, snášenlivostí vůči vysoké koncentraci CO<sub>2</sub>, dodávaného ve formě spalin do rostoucí kultury a vhodným chemickým složením řasové buňky.
- Byl vybudován a v objektu spalovny TERMIZO a.s. provozován v kontaktu s reálnými vyčištěnými spalinami prototyp modelového bioreaktoru s umělými světelnými zdroji, vyznačujícími se vysokou fotosyntézovou účinností. U populace řas dlouhodobě pěstovaných na vyčištěných spalinách (s obsahem CO<sub>2</sub> 11-13 % obj.) se provádělo ověřování růstových, obsahových, fyziologických a strukturálních změn. Stejně testy se provádějí u kultur pěstovaných za standardních podmínek v prostředí vzduchu obohaceném potravinářským oxidem uhličitým.
- Srovnávací růstové testy, souběžně prováděné jak na spalinovém CO<sub>2</sub> tak i na potravinářském CO<sub>2</sub> (běžně používaném při kultivaci řas) prokázaly, že růstová rychlost řas pěstovaných na spalinovém CO<sub>2</sub> je vyšší, než u kultur pěstovaných za standardních podmínek. Tuto skutečnost lze vysvětlit nižším obsahem kyslíku, dodávaném do řas ve spalinách (cca 9 % obj.) ve srovnání s jeho obsahem ve vzduchu. Vyšší koncentrace kyslíku, rozpuštěného v řasové suspenzi, snižují aktivitu fotosyntézy.
- Byly vyprodukovány řasy z reálných vyčištěných spalin s vysokým obsahem bílkovin, splňující kritéria pro použití v potravinářství, krmivářství nebo kosmetice z hlediska limitů obsahu těžkých kovů i organických a zvláště sledovaných POPs.

- Byla prokázána možnost produkce řas s vysokým (až 50%) obsahem škrobu, který může být perspektivně využit jako surovina pro produkci bioetanolu.

### ***Možnosti využívání řasové biomasy***

Optimalizací kultivační technologie a použitím výkonných kmenů řas lze dosáhnout za vhodných klimatických podmínek výnosů řádově převyšujících výnosy zemědělských plodin, přičemž biochemické složení řasové biomasy je z nutričního pohledu mimořádně hodnotné. Výhodou řasových kultur je také úplné využití jejich cenného obsahu, neboť nevznikají méně hodnotné vedlejší produkty, obvyklé u pěstovaných plodin (sláma, odumřelé listy, kořeny apod.). Při kultivaci v prostorově vymezených bioreaktorech nedochází ke ztrátám dodávaných živin nebo k jejich znehodnocení, jak to známe v klasickém zemědělství. Vysoké výnosy řas snižují potřebu kultivačních ploch, přičemž lze využít ploch nevhodných pro zemědělskou produkci. Výhodou je také rovnoměrné rozložení sklizně napěstované biomasy v průběhu celé kultivační sezóny, jejíž délka je dána klimatickými podmínkami.

Produkční kmeny řas rodu *Chlorella* se vyznačují vysokou rychlostí růstu, relativní snadností pěstování a velmi kvalitním chemickým složením. Až 60 % tvoří bílkoviny, obsahující ve vyváženém poměru všechny esenciální aminokyseliny. Sacharidy, nejčastěji škrob, tvoří asi 20 % suché hmoty řas a lipidy 15 %. Kromě 3-5 % chlorofylu, zeleného barviva s vysokým obsahem hořčiku, obsahuje *Chlorella* až 1 % karotenoidů. Důležitou složkou řasové buňky jsou biologicky vázané a tedy i dobře příjemcem využitelné minerální látky a stopové prvky, důležité pro nerušený průběh biochemických procesů organismu příjemce. Jinou skupinou látek, kterých obsahuje *Chlorella* významně více než jiné rostliny, jsou vitamíny.

### ***Kultivační technologie***

Patentově chráněná česká technologie solární kultivace řas, vyvinutá v MBÚ AV ČR v Třeboni, je odlišná od technologií otevřených nádrží používaných ve světě. Suspenze řas stéká v tenké vrstvě po meandrovitě uspořádaných nakloněných plochách za intenzivní turbulence, která je předpokladem účinného využití fotosynteticky aktivní části slunečního spektra. V noci je suspenze uložena v nádržích. Sycení oxidem uhličitým se provádí jeho zapravováním do čerpadla, vynášejícího během dne suspenzi řas na spádovou plochu bioreaktoru. Díky pouze několikamilimetrové kultivační vrstvě je objem suspenze řas na jednotce plochy 50x menší a sklizňová hustota 100x větší (45-55 g suché hmoty řas/l) než u bazénů, takže náklady na provoz bioreaktoru a sklizeň řas jsou řádově nižší.

Zatímco v podmínkách klimatu jižních Čech se výnosy biomasy *Chlorelly* pohybují v přepočtu na plochu 1 ha v rozmezí 25-30 tun suché hmoty řas za kultivační sezónu (cca 150 dní), v oblasti jižního Řecka (Kalamata), pro kterou je na základě treboňské technologie projekčně zpracovaná výstavba produkční základny pro velkoobjemovou výrobu *Chlorelly*, se výnos biomasy za 240 kultivačních dní zvyšuje na 60-65 tun. V podmínkách klimatu, ve kterém je kultivační sezóna delší než 300 dní, lze očekávat výnosy v rozmezí 80-100 tun/ha [33].



***Možnosti pěstování řas v Plzeňské teplárenské, a.s.***

Na základě výše uvedených informací lze konstatovat, že by společnost Plzeňská teplárenská, a.s. mohla do budoucna uvažovat o zbudování uzavřeného systému na výrobu řas v areálu plánované spalovny komunálního odpadu v Chotíkově.

## **6 Závěr**

Z informací uvedených v mé diplomové práci vyplývá, že nevýhodou spalování biomasy oproti uhlí je její nižší výhřevnost: 12,5 GJ/t oproti 13,5 GJ/t u sokolovského hnědého uhlí (jedná se o průměrné hodnoty). U některých druhů biomasy je nutné drcení a předsoušení a s tím spojené i větší množství manipulací a spotřeby energie. Další nevýhodou biomasy je skutečnost, že je v současné době dražší než hnědé uhlí (nákupní cena hnědého uhlí v jednotkách Kč/GJ je zhruba 1/3 nákupní ceny biomasy).

Nespornou výhodou biomasy je její obnovitelnost, snadná dostupnost a relativní dostatek v ČR. Během roku 2012 bylo v Plzeňské teplárenské, a.s. energeticky využito cca 240 000 t biomasy. Spalováním biomasy také dochází k uvolnění výrazně menšího množství emisí, než při spalování hnědého uhlí. Tím dochází k úspoře emisních povolenek.

Ekonomická výhodnost spalování biomasy je velmi závislá na existenci zelených bonusů při výrobě elektrické energie. Z energetické bilance kondenzačního provozu soustrojí K7 - TG3 je patrné, že účinnost výroby elektřiny ku palivu je při průměrném jmenovitém výkonu 13,2 MWe 28,3%. Při kogenerační výrobě by došlo k lepšímu ekologickému a energetickému využití paliva (účinnost výroby by stoupla až na 60%), ale v současné době je tento způsob výroby ekonomicky nevýhodný.

Z roční ekonomické bilance soustrojí K7 - TG3 vyplývá, že tento blok přináší Plzeňské teplárenské, a.s. při současných výkupních cenách elektřiny a zelených bonusech hrubý objem zisku 95 273 796 Kč/rok.

V kapitole 5 a v jejích podkapitolách jsem navrhla několik možných alternativních druhů paliv, která by byla vhodná ke spoluspalování s hnědým uhlím ve společnosti Plzeňská teplárenská, a.s.

Energeticky nejvýhodněji vychází návrh výroby vlastního tuhého alternativního paliva (TAP) z objemného odpadu, dále z odpadu plastů, textilu, obuvi, či papíru nevhodných k dalšímu využití. Ročně je např. vyprodukováno na území Plzeňského kraje cca 30 000 t plastů nevhodných k recyklaci, které končí nevyužité na skládce. Další možností je energetické využití plzeňských čistírenských kalů a nebo vlastní výroba řas vhodných k energetickému využití.

Následující tabulka č.17 obsahuje stručné porovnání výhod a nevýhod spalování biomasy:

Ukazatel	Výhody	Nevýhody
Spalování biomasy	Menší emise	Nutnost dosoušení, drcení
	Úspora emisních povolenek	Spotřeba energie při dosoušení a drcení
	Menší vliv na vznik skleníkového efektu oproti uhlí	Vyšší cena proti uhlí
	Snadná dostupnost	Nižší průměrná výhřevnost proti uhlí
	Obnovitelný zdroj	Větší množství manipulací
	Dostatečné množství v ČR	
	Zelené bonusy	
Přeprava nákl. automobily	Technologická vhodnost	Emise
	Cena	Spotřeba primárních neobnovitelných zdrojů
	Flexibilita (silnic je více než kolejových tratí)	
Přeprava železnice	Technologická vhodnost	Manipulace s kontejnerem
	Čistý provoz při přepravě	Spotřeba el. energie + emise v lokalitě výroby el. energie
	Cena	Neflexibilita dopravní (menší množství kolejových tratí)
Kondenzační provoz kotle K7	Ekonomické v současnosti	Nedostatečné využití vstupní energie paliva

Tab. 17 Výhody a nevýhody spalování biomasy

## 7 Seznam literatury a informačních zdrojů

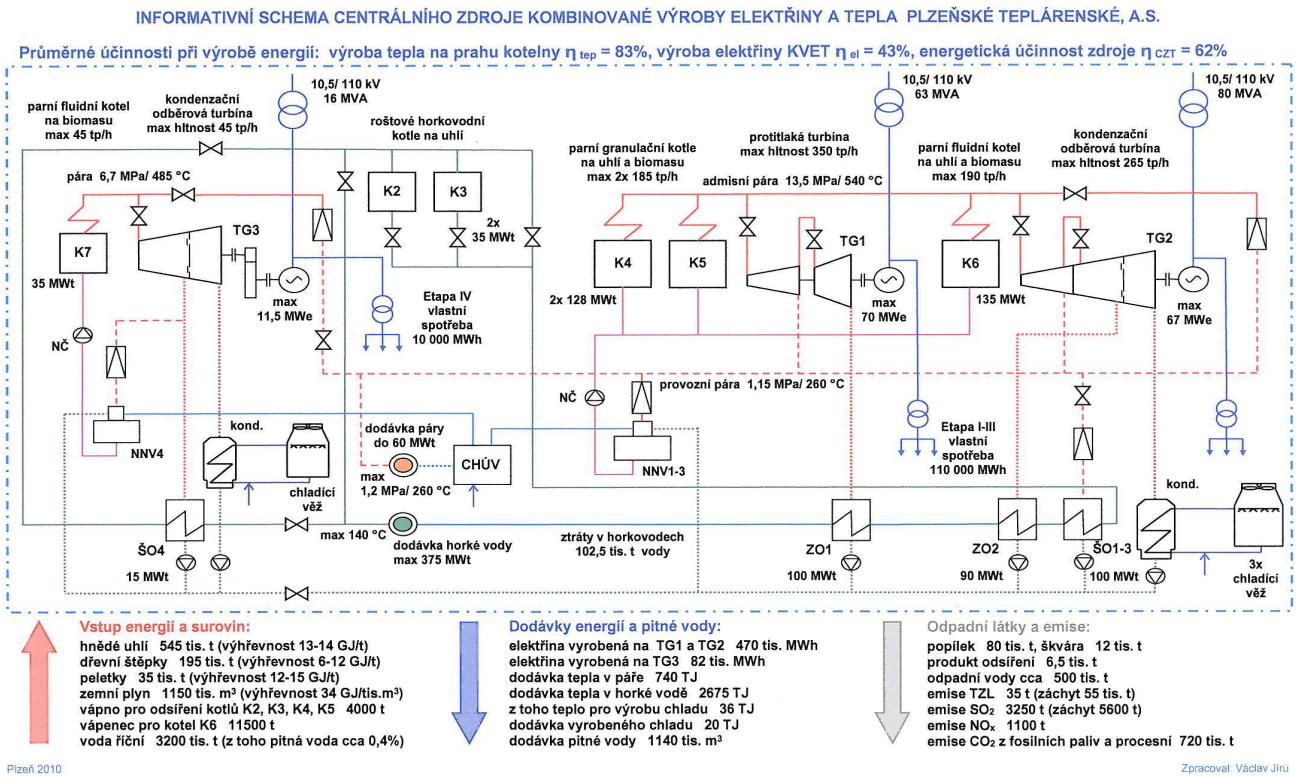
- [1] PLZEŇSKÉ TEPLŮ. Zákaznický magazín Plzeňské teplárenské, a.s., jaro 2011: *S ekologií a biomasou to myslíme vážně*, s. 4-5, Plzeň 2011.
- [2] Výroba elektřiny. *Obnovitelné zdroje*. [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/obnovitelne-zdroje.html>
- [3] EKOBIOENERGO. *Obnovitelné zdroje* [online]. [cit. 2013-02-11]. Dostupné z: <http://ekobioenergo.cz/5-obnovitelne-zdroje.html>
- [4] SCHENK Process s.r.o. : Provozní předpis pro stavbu samostatné trasy dopravy mourových kalů do fluidního kotle K6 v Plzeňské teplárenské, a.s., leden 2012.
- [5] MPP 007 – CT – kotelna 2 : Místní provozní předpis pro Plzeňskou teplárenskou, a.s., 2011.
- [6] MPP 053 – Suška biomasy 2 : Místní provozní předpis pro Plzeňskou teplárenskou, a.s., 2011.
- [7] MPP 051 – Suška biomasy 1: Místní provozní předpis pro Plzeňskou teplárenskou, a.s., 2009.
- [8] Tzbinfo. *Obnovitelná energie: normy a právní předpisy* [online]. [cit. 2013-01-15]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-obnovitelna-energie>
- [9] ORTEP, s.r.o.: Studie proveditelnosti – Výstavba bloku K7 + TG3 na spalování biomasy, 2008.
- [10] Energetické plodiny: Wikipedia. *Wikimedia Commons* [online]. *Securigera varia* (L.) P. Lassen, syn. *Coronilla varia* L. Photo : follavoine: Niort (Deux-Sèvres, France) 2004 - GFDL [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Coronilla\\_varia005.JPG](http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Coronilla_varia005.JPG)
- [11] Alej rychle rostoucích topolů. Autor: Ji-Elle, 2010. [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:For%C3%A4t\\_de\\_la\\_Robertsau-Peupliers.jpg](http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:For%C3%A4t_de_la_Robertsau-Peupliers.jpg)
- [12] ODPADOVÉ FÓRUM, 10/2010: *Energetické využití odpadů (EVO)* - tematická informační příručka, s.12-13. Praha, září 2010.
- [13] ODPADOVÉ FÓRUM, 10/2010, s.14 - 16: KUKAČKA, Jan, RASCHMAN, Robert: *Závěrečná výzkumná zpráva o výsledcích řešení projektu IH-PK2/28 (program POKROK)*. Praha, 2009.
- [14] ODPADOVÉ FÓRUM, 10/2010, s.14: EKO – KOM. *Výroční shrnutí systému třídění EKO – KOM, a.s.* Praha, 2009.

- [15] Spalování. [online]. [cit. 2012-10-30]. Dostupné z: [http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD\\_Biomasa\\_nove/Pdf/Spalovani.pdf](http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD_Biomasa_nove/Pdf/Spalovani.pdf)
- [16] PLZEŇSKÁ TEPLÁRENSKÁ, a.s. - více než energie. *O společnosti*. [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.pltep.cz/>
- [17] ZELENÝ, Vladimír: Fytoenergetika ve Státní energetické koncepci ČR. *Biom.cz* [online]. 2004-06-28 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z : <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/fytoenergetika-ve-statni-energeticke-koncepci-cr>>. ISSN: 1801-2655.
- [18] DVORSKÝ, Emil, HEJTMÁNKOVÁ, Pavla, KOČMICH, Martin: Elektrárny, Základy výroby elektrické energie v tepelných elektrárnách – příklady, s.52-53. 1994. vyd. ZČU Plzeň, 1994.
- [19] Bilance elektřiny ES ČR za březen 2012. [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: [http://www.eru.cz/user\\_data/files/statistika\\_elektro/mesicni\\_zpravy/2012/brezen/page8.htm](http://www.eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/mesicni_zpravy/2012/brezen/page8.htm)
- [20] Spalovna Malešice. [online]. [cit. 2013-04-10]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/uchop/velebudice/odpady/malesice.htm>
- [21] ODPADY. *Jsou tuhá alternativní paliva jen přechodné řešení?* [online]. [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: <http://odpady.ihned.cz/c1-56416060-jsou-tuha-alternativni-paliva-jen-prechodne-reseni>
- [22] Alternativní paliva. [online]. [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: [http://kotelfluid.ic.cz/?page\\_id=82](http://kotelfluid.ic.cz/?page_id=82)
- [23] Ministerstvo průmyslu a obchodu: Statistika energetického využívání odpadů 1905-2009, výsledky statistického zjišťování, březen 2010
- [24] ODPADY: *Slovensko má třetí linku na TAP*, s.5, 10/2012.
- [25] TAP - linka na výrobu alternativního paliva. [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.asa-group.com/cs/Ceska-republika/Provozovny/A-S-A-spol-s-r-o-provozovna-Brno/TAP-linka-na-vyrodu-alternativniho-paliva-Brno.asa>
- [26] VALEČKO, Zdeněk: Čistírenské kaly lze spalovat, ale ne energeticky využívat. *Biom.cz* [online]. 2003-01-06 [cit. 2013-03-17]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/cistirenske-kaly-lze-spalovat-ale-ne-energeticky-vyuzivat>>. ISSN: 1801-2655.]
- [27] KUTIL, Josef, DOHÁNYOS, Michal: Efektivní využití a likvidace čistírenských kalů. *Biom.cz* [online]. 2005-01-05 [cit. 2013-04-26]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-vyuziti-a-likvidace-cistirenskych-kalu-2>>. ISSN: 1801-2655.

- [28] ODPADY. *Technologické možnosti zpracování čistírenských kalů*. [online]. [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: <http://odpady.ihned.cz/c1-19924430-technologicke-moznosti-zpracovani-cistirenskych-kalu>
- [29] HDPE. [online]. [cit. 2013-03-29]. Dostupné z: <http://www.google.cz/search?q=HDPE&hl=cs&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=B9dVUYibJvHo4QTso4GIAQ&sqi=2&ved=0CFMQsAQ&biw=1920&bih=983>
- [30] PLUHAŘ, Tomáš, NOVÁK, Petr, KLÍMKOVÁ, Štěpánka, ČERNÍK, Miroslav: Využití odpadního CO<sub>2</sub> pro pěstování řas. *Biom.cz* [online]. 2011-11-02 [cit. 2013-03-30]. Dostupné z : <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-odpadniho-co2-pro-pestovani-ras>>. ISSN: 1801-2655.
- [31] Využití odpadního CO<sub>2</sub> pro pěstování řas. *Celkový model zařízení*. [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z : <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-odpadniho-co2-pro-pestovani-ras>>. ISSN: 1801-2655.
- [32] BUUREN, Martin van: Vodní řasy pro energetiku – zkušenosti z Nizozemska. *Biom.cz* [online]. 2008-10-22 [cit. 2012-07-03]. Dostupné z : <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vodni-rasy-pro-energetiku-zkusenosti-z-nizozemska>>. ISSN: 1801-2655.
- [33] STRAKA, František: Výrobu biopaliv z odpadu spalovny umí jenom řasy? (II). *Biom.cz* [online]. 2010-01-20 [cit. 2013-03-30]. Dostupné z : <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyrodu-biopaliv-z-odpadu-spalovny-umi-jenom-rasy-ii>>. ISSN: 1801-2655.
- [34] PLZEŇSKÁ TEPLÁRENSKÁ, a.s.: Sdělené informace, 2013.
- [35] Japonské topoly. *Plantáž Doubravice 2 ha (výsadba 2012)*. [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: <http://www.japonsketopoly.com/node/49>
- [36] POSLANECKÁ SNĚMOVNA PARLAMENTU ČR. *Předpis 477/2012 Sb.* [online]. [cit.2013-04-27]. Dostupné z: <http://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?r=2012&cz=477>

## 8 Přílohy

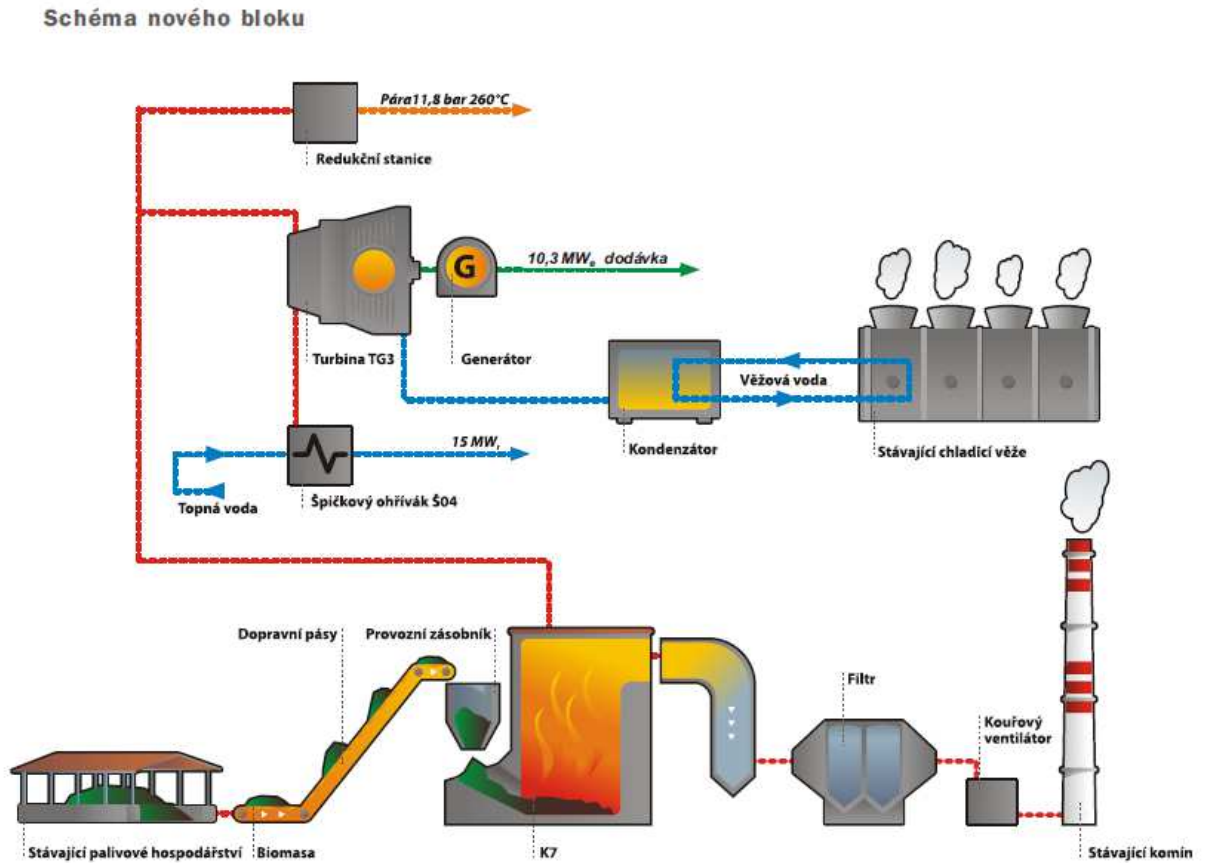
### Příloha 1:



### Příloha 2: Vývoj spotřeby biomasy a výroby elektrické energie z biomasy

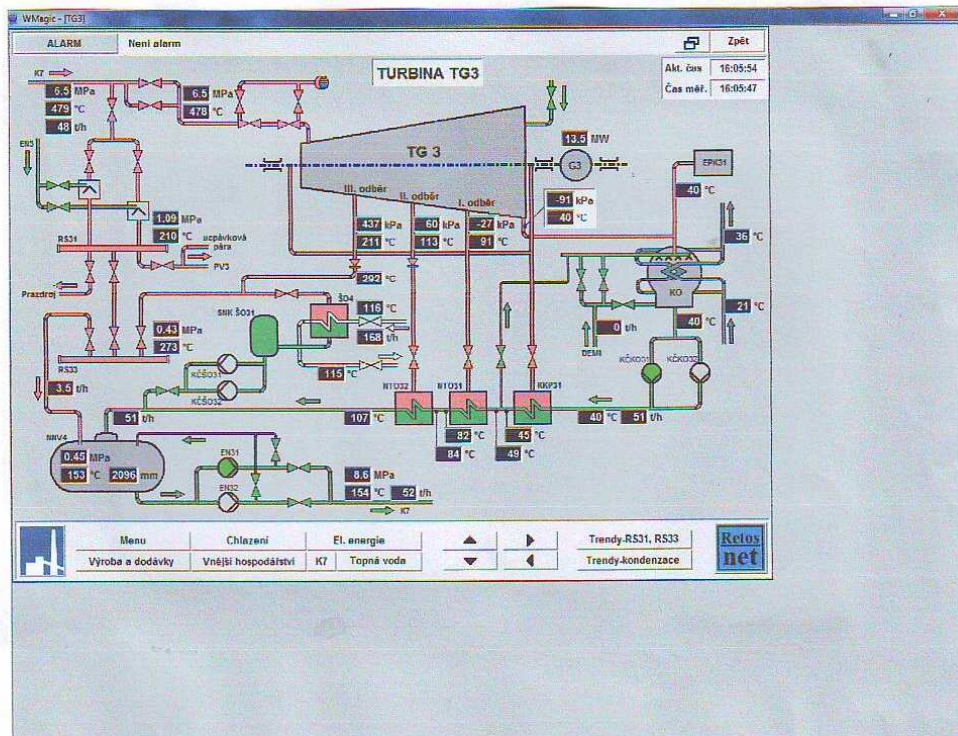
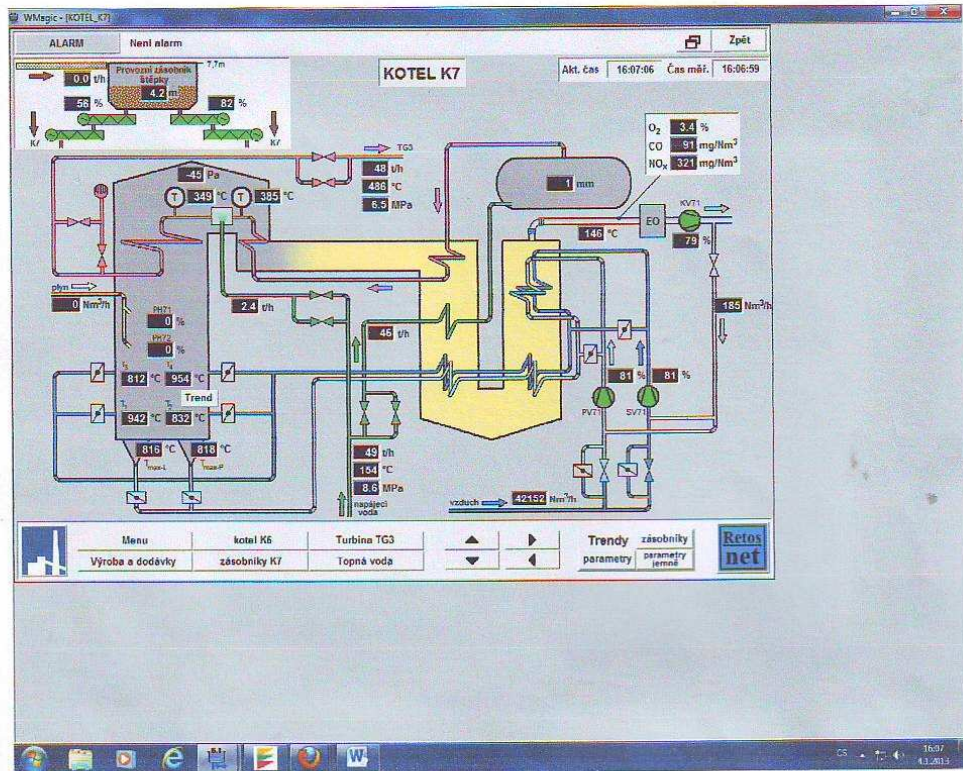
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Výroba el. energie z biomasy (MWh)	4225	30286	23543	34455	64140	93360	139904	222957	264758	235110
Spotřeba biomasy ( t )	3619	28260	24703	32852	60300	104889	129925	231783	285267	236532

Příloha 3: Zjednodušené schéma energetického bloku K7 a TG3

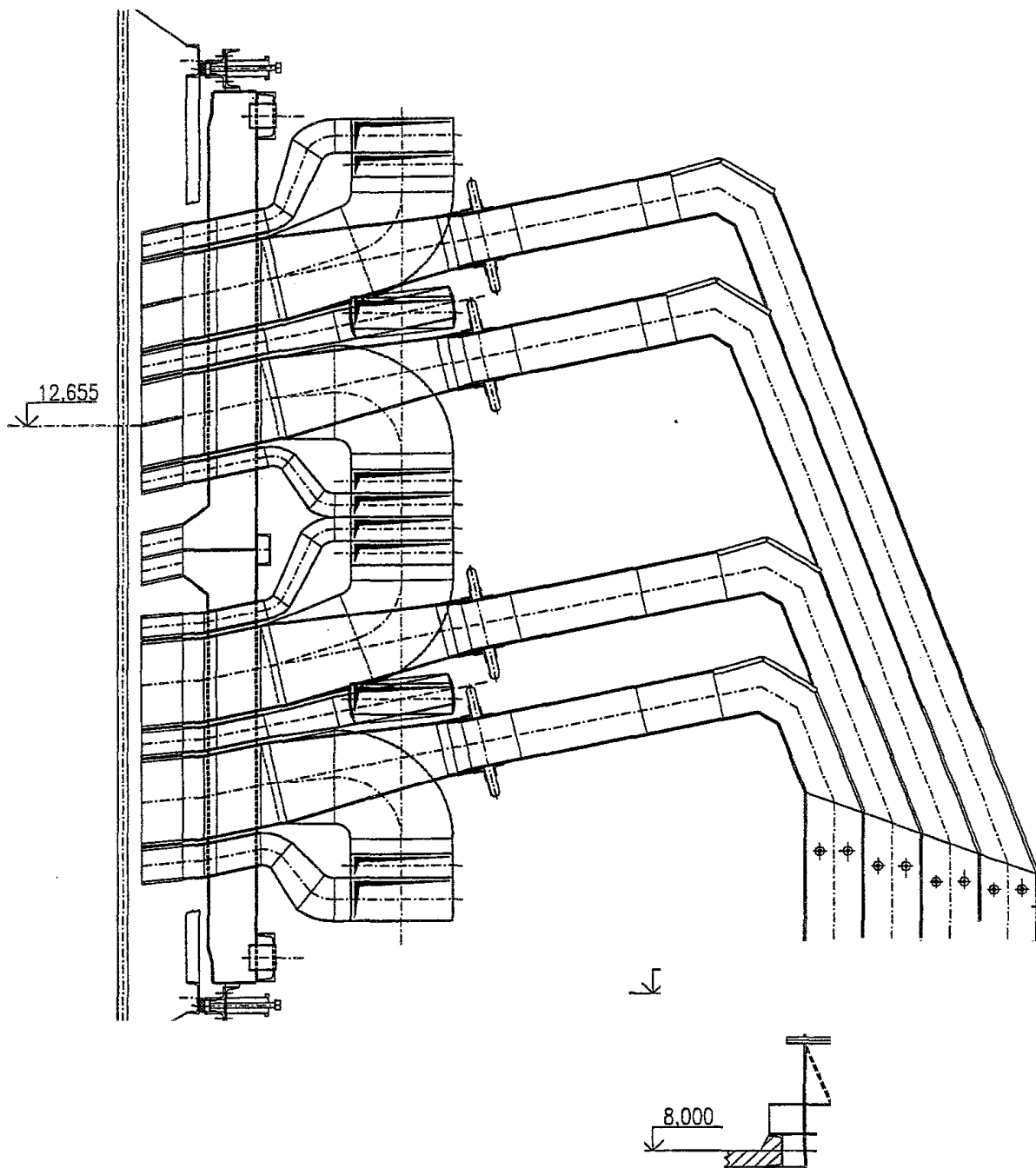




**Příloha 4: Aktuální parametry kondenzačního oběhu soustrojí K7 a TG3**



**Příloha 5: Práškový hořák**



***Příloha 6: Hospodaření na K7 + TG3 v roce 2012***

Ekonomické náklady celkem	304 230 999 Kč/rok
Ekonomické výnosy celkem	399 504 795 Kč/rok
<b>Hrubý ekonomický zisk celkem</b>	<b>95 273 796 Kč/rok</b>

## 9 Seznam tabulek

Tab. 1 Jednotky objemu dřevní hmoty .....	16
Tab. 2 Přepočty mezi jednotkami objemu dřevní hmoty .....	16
Tab. 3 Energetické plodiny .....	19
Tab. 4 Výhřevnosti vybraných druhů biopaliv .....	21
Tab. 5 Výhřevnosti ostatních druhů paliv .....	22
Tab. 6 Množství jednotlivých druhů spálené biomasy .....	31
Tab. 7 Úhrnné emise znečišťující ovzduší .....	58
Tab. 8 Výkupní ceny elektřiny a zelené bonusy .....	61
Tab. 9 Roční bilance pro uhlí a biomasu .....	64
Tab. 10 Srovnání proměnných nákladů .....	65
Tab. 11 Porovnání tržeb .....	65
Tab. 12 Emise z kotle K7 .....	69
Tab. 13 Popel a popílek z kotle K7 .....	69
Tab. 14 Bilance soustrojí K7 - TG3 za rok 2012 .....	70
Tab. 15 Přehled sebraných a vytríděných plastů v Plzeňském kraji v roce 2010.....	81
Tab. 16 Výhřevnosti vybraných druhů odpadů .....	83
Tab. 17 Výhody a nevýhody spalování biomasy .....	91

## 10 Seznam grafů

Graf 1 Podíl OZE na výrobě brutto elektřiny a tepla CZT .....	25
Graf 2 Celková spotřeba obnovitelných zdrojů na brutto výrobu elektřiny a centralizovanou výrobu tepla .....	25
Graf 3 Vývoj využití biomasy v Plzeňské teplárenské, a.s. ....	32

## 11 Seznam obrázků

Obr. 1 Plantáž japonských topolů .....	12
Obr. 2 Dřevní štěpka v PT, a.s.....	13
Obr. 3 Energetická plodina čičorka pestrá .....	18
Obr. 4 Alej rychlerostoucích topolů .....	20
Obr. 5 Plzeňská teplárenská, a.s.....	27
Obr. 6 Zařízení na výrobu chladu umístěné ve společnosti Plzeňský Prazdroj, a.s. ....	28
Obr. 7 Česká dřevní štěpka .....	29
Obr. 8 Brazílská dřevní štěpka .....	30
Obr. 9 Peletky .....	30
Obr. 10 Palmové oříšky .....	31
Obr. 11 Plzeňská teplárenská, a.s.....	34
Obr. 12 Samostatná trasa peletek do kotle K4, K5.....	35
Obr. 13 Konec samostatné trasy TAP – dávkování do kotle K5.....	36
Obr. 14 Vynášec škváry typu Magaldi.....	38
Obr. 15 Fluidní kotel K6.....	39
Obr. 16 Uchycení fluidního kotle K6 shora.....	40
Obr. 17 Podzemní kontejner pro dodatkové palivo (palmové oříšky, uhelné kaly, pivovarské mláto) k hnědému uhlí do kotle K6 .....	40

<i>Obr. 18 Silo na skladování dodatkového paliva (palmové oříšky, uhelné kaly, pivovarské mláto) do kotle K6.....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 19 Samostatná trasa dodatkového paliva (palmové oříšky, uhelné kaly, pivovarské mláto) do kotle K6.....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 20 Šnekový dopravník.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 21 Umístění energetického bloku v areálu PT, a.s. ....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 22 Přívod (cesta) štěpky do fluidního kotle K7 .....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 23 Denoxikace .....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 24 Rozvodna 110 kV .....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 25 Skladování biomasy .....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 26 Suška biomasy 1 .....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 27 Suška biomasy 2 .....</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 28 Nákladní automobil Plzeňské teplárenské, a.s. pro přepravu peletek.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 29 Nákladní automobil externí společnosti – vykládka dřevní štěpky.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 30 Přeprava peletek šnekovými dopravníky .....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 31 Vozík KALMAR.....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 32 Vozík KALMAR.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 33 Nakladač využívaný pro manipulaci a konečné umístění biomasy .....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 34 Vagóny pro přepravu uhlí .....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 35 Komín Plzeňské teplárenské, a.s. ....</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 36 Tři druhy paliva pro elektrárnu (TAP, biomasa, hnědé uhlí) .....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 37 Alternativní palivo vyrobené z odpadu .....</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 38 Kontejnery na sběr separovaného odpadu (plastů) .....</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 39 Směs plastů sebraná v domácnosti .....</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 40 HDPE - polyethylén vysokohustotní .....</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 41 Odpadní plasty vytríděné ze separovaného odpadu nevhodné k recyklaci .....</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 42 Kóje na shromáždění odpadu před lisováním .....</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 43 Linka na výrobu TAP společnosti ASA .....</i>	<i>82</i>
<i>Obr. 44 Areál čistírny odpadních vod města Plzně .....</i>	<i>83</i>
<i>Obr. 45 Nádrž na vodní řasy .....</i>	<i>85</i>
<i>Obr. 46 Model zařízení na výrobu řas .....</i>	<i>86</i>
<i>Obr. 47 Princip biokonverze oxidu uhličitého do řasové kultury.....</i>	<i>87</i>