

# **VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

**BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY**

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING**

## **EKONOMICKÉ ASPEKTY STAVBY A PROVOZU TEPELNÉ ELEKTRÁRNY NA BIOMASU**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

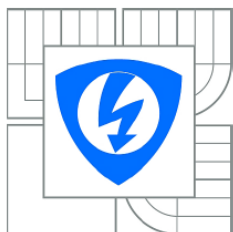
**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**MAREK ŠPINAR**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**doc. Ing. PETR MASTNÝ, Ph.D.**

**BRNO 2013**



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

**Student:** Marek Špínar  
**Ročník:** 3

**ID:** 134415  
**Akademický rok:** 2012/2013

## NÁZEV TÉMATU:

**Ekonomické aspekty stavby a provozu tepelné elektrárny na biomasu**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Problematika využití biomasy v energetice.
2. Kvantifikace potřeby biomasy pro energetickou výrobu definovaného výkonu.
3. Zhodnocení provozních rizik a zpracování doporučení pro výstavbu tohoto typu zdroje v podmínkách ČR.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

**Termín zadání:** 11.2.2013

**Termín odevzdání:** 31.5.2013

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D.

**Konzultanti bakalářské práce:**

**doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**

*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

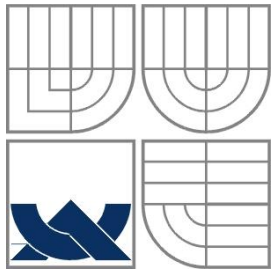
Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

ŠPINAR, M. *Ekonomické aspekty stavby a provozu tepelné elektrárny na biomasu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 47 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D..

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

.....



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**



**Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií**  
**Ústav elektroenergetiky**

**Bakalářská práce**

# **Ekonomické aspekty stavby a provozu tepelné elektrárny na biomasu**

**Marek Špínar**

**vedoucí: doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D.**

**Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2013**

**Brno**



**BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

**Faculty of Electrical Engineering and Communication  
Department of Electrical Power Engineering**

**Bachelor's Thesis**

# **Economics aspects of building and operation of heat powerplant utilizing biomass**

by  
**Marek Špínar**

**Supervisor: doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D.**

**Brno University of Technology, 2013**

**Brno**

## ABSTRAKT

Tato práce navazuje na semestrální projekt, kde byly zpracovány první dva body zadání práce, tedy problematika využití biomasy v energetice a kvantifikace potřeby biomasy pro energetickou výrobu definovaného výkonu. Nyní je práce věnována porovnání výroben využívající tepelnou energii z biomasy z ekonomického hlediska a možnostmi budoucího vývoje resp. doporučeními pro výstavbu.

Před samotnou problematikou jednotlivých technologií jsou řešeny aspekty spojené s realizací výroby z hlediska investice. Jsou zde uvedeny metody řešení investičních příležitostí a celkový náhled na realizační fázi elektrárenského díla.

Dále se práce věnuje posouzení ekonomické výhodnosti a porovnání jednotlivých technologií k přeměně biomasy na elektrickou energii. V práci jsou porovnány investiční i provozní náklady uvažovaných typů energetických výroben definovaného výkonu. Ukazatelem je poměr Kč/kWh.

Důležitou částí práce je zpracování doporučení pro výstavbu na základě zjištěných informací. Tato část pojednává o zdrojích elektrické energie s výhledem do budoucnosti, tedy úvahy nad vhodnou aplikací konkrétního typu výroby s ohledem na regulaci, dobu využití a s ohledem na optimální režim provozu.

V závěru je práce věnována problematice čisté energie z biomasy, kde je hlavním bodem zájmu finanční podpora ze strany státu formou dotací, kterými stát motivuje dílčí subjekty ve výstavbě energetických zdrojů a bio provozoven.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** Doporučení pro výstavbu; ekonomika; energie; biomasa; energetická výroba; dotace

**ABSTRACT**

This work builds on a semester project where they were processed by the first two points of tasks, this the issue of the use of biomass in energy and needs quantification of biomass for energy production plant defined performance.

Now the work is devoted to comparing plants using heat energy from biomass economically and possible future developments respectively. Recommendations for construction.

Prior to the issue of technology are addressed aspects related to the implementation of production in terms of investment. Methods are provided solution investment opportunities and outlook on the implementation phase electricity works.

The work is devoted to the assessment of value and comparison of different technologies to convert biomass into electricity. The paper compares the capital and operating costs of the considered types of power plants defined performance. The indicator is the ratio CZK / kWh.

The important part is the processing recommendations for construction based on the information gathered. This section discusses the sources of electrical energy with a view to the future, therefore consideration of appropriate application of specific types of production with regard to regulation, for use as to the optimal mode of operation.

At the end of the work is devoted to the issue of clean energy from biomass, which is the main point of interest in financial support from the state in the form of grants, which the state encourages individual entities in the construction of energy sources and bio establishments.

**KEY WORDS:** recommendations for construction; economics; energy; biomass; energy sources; grants

## OBSAH

<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>11</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>12</b>
<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>13</b>
<b>2 PŘÍPRAVA PROJEKTU .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 PŘEDINVESTIČNÍ FÁZE.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 REALIZAČNÍ FÁZE.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 TECHNICKO-EKONOMICKÉ STUDIE .....</b>	<b>15</b>
2.3.1 KOMERČNÍ STUDIE .....	16
2.3.2 TECHNICKO-EKONOMICKÉ STUDIE.....	16
<b>2.4 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ INVESTICE.....</b>	<b>17</b>
2.4.1 CASH FLOW.....	17
2.4.2 PROSTÁ NÁVRATNOST INVESTICE .....	19
2.4.3 ČISTÁ SOUČASNÁ HODNOTA.....	19
2.4.4 INDEX RENTABILITY .....	20
2.4.5 VNITŘNÍ VÝNOSOVÁ MÍRA.....	20
2.4.6 PRŮMĚRNÉ ROČNÍ NÁKLADY .....	21
2.4.7 DISKONTOVANÉ NÁKLADY.....	21
<b>3 POUŽÍVANÉ TECHNOLOGIE BĚHEM PROCESU VÝROBY ENERGIE Z BIOMASY.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 POUŽITÍ PARNÍ TURBÍNY .....</b>	<b>22</b>
3.1.1 KONCEPCE VÝROBY MENŠÍCH VÝKONŮ .....	23
3.1.2 VÝROBNY VELKÝCH VÝKONŮ .....	23
<b>3.2 POUŽITÍ JEDNOTKY ORC .....</b>	<b>24</b>
<b>3.3 BIOPLYNOVÉ STANICE .....</b>	<b>25</b>
<b>4 EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH ZDROJŮ.....</b>	<b>28</b>
<b>4.1 BIOPLYNOVÁ STANICE .....</b>	<b>28</b>
4.1.1 NÁKLADY NA VÝSTAVBU .....	28
4.1.2 NÁKLADY NA PROVOZ.....	30
4.1.3 PŘÍJMY BPS .....	31
<b>4.2 VÝROBNA S TECHNOLOGIÍ ORC.....</b>	<b>31</b>
4.2.1 NÁKLADY NA VÝSTAVBU .....	31
4.2.2 NÁKLADY NA PROVOZ.....	32
<b>4.3 VÝROBNA S PARNÍM OBĚHEM.....</b>	<b>33</b>
4.3.1 NÁKLADY NA VÝSTAVBU .....	33
4.3.2 NÁKLADY NA PROVOZ.....	34
<b>5 DOPORUČENÍ PRO VÝSTAVBU A RIZIKA PROVOZU .....</b>	<b>35</b>
<b>5.1 VÝSTAVBA BIOPLYNOVÝCH STANIC.....</b>	<b>35</b>
<b>5.2 PROVOZNÍ RIZIKA BIOPLYNOVÝCH STANIC.....</b>	<b>37</b>
5.2.1 VOLBA A SKLADBA VSTUPNÍ SUROVINY .....	37
5.2.2 VOLBA TECHNOLOGIE .....	37



---

5.2.3 MÍCHÁNÍ OBSAHU FERMENTAČNÍCH NÁDRŽÍ .....	38
5.2.4 ZPRACOVÁNÍ VÝSTUPŮ Z BPS .....	38
5.2.5 PROVOZ BPS .....	38
<b>5.3 VÝSTAVBA ZDROJŮ S ORC TECHNOLOGIÍ.....</b>	<b>39</b>
<b>5.4 PROVOZ ZDROJŮ S TECHNOLOGIÍ ORC .....</b>	<b>39</b>
<b>6 DOTACE.....</b>	<b>41</b>
6.1 BIOPLYNOVÉ STANICE .....	42
6.2 TVAROVANÁ BIOPALIVA .....	43
6.3 KOTELNY A VÝTOPNY NA BIOMASU .....	43
6.4 PROVOZOVNA .....	44
6.5 DOTACE NA RYCHLE ROSTOUCÍ DŘEVINY .....	45
<b>7 ZÁVĚR.....</b>	<b>46</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>47</b>

## Seznam obrázků

<i>Obr. 2-1 Příklad grafického znázornění finančních toků .....</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 3-1 Schéma zařízení ORC.....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 3-2 Mapa bioplynových stanic na území ČR.....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 5-1 Příklad denního diagramu zatížení .....</i>	<i>36</i>

---

## SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 4.1 Příklady investičních nákladů BPS u nás: .....</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 4.2 Příklad investičních nákladů jednotky ORC .....</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 4.3 Příklad investičních nákladů elektrárny s parním oběhem.....</i>	<i>33</i>

## **SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK**

OZE	Obnovitelný zdroj energie
ORC	Organic Rankine-Clausius cycle
BPS	Bioplynová stanice
ES	Elektrizační soustava
EU	Evropská unie
RRD	Rychle rostoucí dřeviny
ERÚ	Energetický regulační úřad
ČOV	Čistírna odpadních vod

# 1 ÚVOD

K součásti moderní civilizace neodmyslitelně patří elektrická energie resp. elektroenergetika. Elektroenergetika je součástí energetiky, což představuje proces získávání různých forem energie, jejich přeměny a dopravu do místa její konečné spotřeby. Mezi nejušlechtlejší formy energie patří energie elektrická. S rozvojem elektroenergetiky úzce souvisí rozvoj všech průmyslových odvětví i růst životní úrovně obyvatelstva. Na přelomu 19. a 20. Století během průmyslové revoluce se přešlo ve velkém na užívání energie, která svůj původ měla ve fosilních palivech jako uhlí, ropa, zemní plyn apod. Tato koncepce se v energetice udržela dodnes a i po 120 letech vývoje energetiky představují fosilní paliva největší zdroj primární energie, ze které se vyrábí elektrická energie v globálním měřítku. Tento trend je samozřejmě žádoucí snižovat, jedním z důvodů je např. skleníkový efekt, znečišťování atmosféry a také skutečnost, že fosilní paliva jsou vyčerpatelná a je proto nutné myslet na budoucí vývoj energetiky resp. celého lidstva. Biomasa má velký energetický potenciál, který je k dispozici v podstatě všude v přírodě. Energetická biomasa se buď cíleně pěstuje, nebo se používá odpadní biomasa ze zemědělství, lesnictví apod.

Rizikovost celého záměru stavby a provozu energetické výroby na biomasu je dána mnoha faktory, které je nutné řešit ještě před realizací. Je nutné mít na paměti všechny procesy s tím související, na události, se kterými se může realizační tým setkat. Na stavbu takovéto výroby lze nahlížet z mnoha úhlů. Jedním může být ekonomické hledisko, druhým je většinou hledisko technické proveditelnosti. Mezi další hlediska patří provozní požadavky, umístění zdroje, logistika, ekologie apod. Stavba celé výroby je rozsáhlý projekt, na kterém se podílejí desítky pracovníků, kterému předchází nespočet příprav v různých vědních oborech a zaměření. Provoz takovéto výroby má svá jistá specifika, které se liší od konvenčních energetických výroben spalující fosilní paliva. Největším rozdílem je samozřejmě spalované palivo, ale rozhodující je také použitá technologie. Podstata procesu výroby elektřiny resp. tepla zůstává stále stejná, ať uvažujeme spalování biomasy nebo uhlí, či spalování zemního plynu nebo bioplynu. Je však víceméně nesmysl myslet si, že biomasa jednou nahradí všechna fosilní paliva, která se spalují v elektrárnách či teplárnách. Biomasa v sobě nese potenciál doplňkového paliva, vzhledem k jejímu výskytu a především zpracovatelnosti ve velkém měřítku. Je žádoucí zvyšovat podíl vyrobené energie vzhledem k celkové bilanci.

Energetické výroby na biomasu mají tu výhodu, že se dají poměrně dobře regulovat ve srovnání s velkými uhelnými elektrárnami. Staví se také do menších výkonů, s čímž souvisí tzv. decentralizace výroby. Decentralizace výroby je rozmístění zdrojů rovnoměrně po rozloze, kde každý zdroj má menší instalovaný výkon, než velká výrobní zásobující větší rozlohu. To má řadu výhod, především to, že energie je vyráběna v místě spotřeby a nenastávají ztráty způsobené jejím přenosem na velké vzdálenosti. Lokalitu je nutné vybrat s ohledem na instalovaný výkon, musí se zajistit i využití odpadního tepla či zvolit vhodné místo k připojení do uzlu sítě.

Po dokončení stavby a jejího uvedení do provozu jsou tu samozřejmě i provozní požadavky. Ty se odvíjí od použité technologie i spalovaného paliva. Vzhledem k našim zeměpisným šířkám se biomasa spaluje jen v omezené míře, budou uvedeny demonstrační příklady investičních nákladů i legislativní záležitosti ve formě dotací od státu, který má jako člen EU zájem na zvyšování podílu OZE v celkovém množství vyrobené energie.

## 2 PŘÍPRAVA PROJEKTU

Příprava celého projektu výstavby energetické výroby na biomasu v sobě nese mnoho rizik. Vzhledem k tomu, že celkové investované prostředky do projektu výstavby energetické výroby na biomasu mohou dosahovat až stovek miliónů korun, je v této fázi rozhodující důkladná studie všech možných faktorů, které se do konečné ceny zařízení mohou promítnout. Na druhé straně stojí životnost takového zařízení, která bývá řádově desítky let. S životností zařízení úzce souvisí návratnost investice. Celkový proces investování do projektu podobného typu lze rozdělit do tří částí:

- předinvestiční fáze
- investiční (realizační) fáze
- provozní (uživatelská) fáze

### 2.1 Předinvestiční fáze

Při této fázi investice je nutné mít dostatek informací o všech částech celého projektu. Mezi těmito informacemi nesmějí chybět přepočty nákladů na jednotlivá zařízení, na pozemky a cenu vůbec celého výrobního komplexu. Vedle těchto nákladů je nutné mít propočítané náklady i na provoz energetické výroby. Z celého projektu je tato fáze klíčová, protože od ní se navrhuje dílčí řešení a má rozhodující vliv na konečnou podobu realizovaného projektu. V této fázi padají rozhodnutí, která ve výsledku znamenají v tom lepším případě úspěch nebo naopak neúspěch celého investičního záměru. Předinvestiční fáze v sobě nese 4 dílčí etapy, jsou to:

- Identifikace investičních příležitostí
- Předběžný výběr a definování projektu
- Podrobné formulování projektu
- Hodnocení projektu a rozhodnutí o jeho přijetí/nepřijetí

Identifikace investičních příležitostí je v podstatě průzkum trhu, na jehož základě se investor rozhodne, zda pro něj má smysl investovat do stavby energetické výroby. Další etapa má za úkol především vybrat konkrétní projekt s použitou konkrétní technologií, na jehož základě se vyhodnotí studie technické proveditelnosti projektu. Tato studie vychází z technicko-ekonomických analýz projektu. Musí podat všechny informace o realizačních postupech a musejí z ní být patrné všechny charakteristiky projektu, jako je umístění výroby, kapacita výrobní jednotky, umístění technologie, vliv na životní prostředí, nároky na personál, rizika apod. Pokud je nutné z nějakého důvodu (např. nestandardní vlivy na realizaci, faktory ovlivňující realizaci, apod.) rozšířit informační obsah předinvestiční fáze, vytvářejí se tzv. podpůrné studie. Ty v sobě nesou analýzy použitých technologií, ceny surovin, možnosti financování apod. Na základě těchto dokumentů je rozhodnuto o dalším vývoji projektu.

## 2.2 Realizační fáze

Realizační fáze navazuje na poznatky získané během předinvestiční fáze, na které navazuje posloupnost jednotlivých úkonů vedoucí k realizaci projektu. Tato fáze zabírá časový úsek, během kterého je projekt realizován od prvních výkopových prací až po první (zkušební) provoz. Tato investiční fáze se skládá z několika kroků:

- Vytvoření právní, organizační a finanční základny pro realizaci projektu,
- zpracování projektové dokumentace a její veřejnoprávní projednání,
- zajištění výstavby,
- získání pozemků,
- projednání nabídkových řízení a výběr dodavatelů stavebních a technologických dodávek,
- smluvní zajištění financování,
- provedení výstavby a montáží,
- provedení předvýrobních a marketingových činností, zajištění potřebných zásob,
- personální zajištění provozu, popř. zaškolení zaměstnanců,
- dokončení výstavby a zkušební provoz

Po úspěšném zkušebním provozu následuje tzv. provozní fáze, která musí být zvažována již během fáze předinvestiční, kde prvotní návrh provozu odráží ve výsledku efektivnost celého projektu. V opačném případě, pokud se během provozu vyskytnou potíže, což je velice pravděpodobné vzhledem k náročnosti celého projektu, následuje důkladná analýza příčin neúspěchu, které lze rozdělit do dvou skupin. Mohou to být následky chyb vzniklých během realizační fáze jako např. špatně zvládnutá technologie, nedostatečné zaškolení pracovníků či špatná organizace. Tyto důsledky mají zpravidla krátkodobý charakter a nemají dalekosáhlé důsledky.

Druhou možností neúspěchu během zkušebního provozu jsou chyby během předinvestiční fáze, které se promítají dlouhodobě a mohou ovlivnit (a také ovlivňují) efektivitu celého projektu. Typicky se jedná o neplnění strategických předpokladů či neprofesionální jednání ze strany projektanta, podcenění některého faktoru apod. Konečná neefektivita či menší výnosy mohou být ovlivněny i faktory, které nebyly v předinvestiční fázi uvažovány jako např. měnící se cena vstupních surovin, v našem případě paliva. Obzvláště obezřetně se musí postupovat při odhadu provozních nákladů do budoucna při používání biopaliv, jelikož ceny za biopalivo jsou pohyblivé a mohou se neúměrně zvýšit během realizace projektu, s čímž musí být počítáno již během předinvestiční fáze. [1]

## 2.3 Technicko-ekonomické studie

V těchto studiích se definují podmínky budoucí realizace projektu. Jedná se o podmínky komerční (marketing, analýza trhu, poptávka, konkurence), technické (instalovaný výkon, lokalita, použitá technologie, ...) a podmínky ekonomické (náklady, výnosy, návratnost investice, efektivita, ...). Speciálním druhem podmínek je časová náročnost projektu.

### 2.3.1 Komerční studie

Obsahuje jednak charakteristiku ekonomiky státu, ve kterém je projekt realizován, s uvažováním budoucích prognóz vývoje ekonomiky ve vztahu k projektu. Z této studie vyplývá ekonomické prostředí, ve kterém bude projekt realizován s uvažováním i budoucího vývoje ekonomiky. Dále komerční studie obsahuje informace o výchozí pozici projektu resp. investora. Jsou zde popsány dostupné prostředky, kterými je projekt realizován. Studie se skládá z těchto částí:

- Specifikace cílového trhu – charakteristika trhu, zboží, cen, objemu trhu, ...
- analýza zákazníků
- analýza konkurence
- analýza distribuce
- analýza oboru podnikání
- odhad budoucího vývoje poptávky

Na základě těchto informací je investor schopen zhodnotit tržní rizika a výhody plánovaného projektu z hlediska vývoje ekonomiky úzce související s projektem. V oblasti bioenergetiky hraje pro investora fakt, že tento obor je dotován státem i EU.

### 2.3.2 Technicko-ekonomické studie

Technické hledisko realizovatelnosti projektu jde ruku v ruce s ekonomickým hlediskem vycházejícího ze závěrů v předchozí podkapitole. V těchto studiích jde především o volbu velikosti instalovaného výkonu výrobní jednotky, použité technologie pro provoz a náročnosti celé výroby resp. jejích provozních nákladů.

Kritériem pro výběr výrobní jednotky (kotle) je mimo dostupnost surovin samozřejmě i její druh, cena, náklady na přípravu spalovaného paliva atd. Do dalšího kritéria vstupuje mj. i tzv. bod zvratu. Bod zvratu určuje hranici produkce, v našem případě výkonu zdroje, při kterém je výhodné jej provozovat tak, aby nebyl prodělečný. Z hlediska horní hranice omezení jmenovitého výkonu jsou to zdrojová omezení, jak již bylo uvedeno výše a cena doprovodného zařízení, jehož navýšení kapacity by bylo vzhledem k ekonomice projektu nerealizovatelné. Příkladem mohou být stavební omezení, dopravní obslužnost, nároky na skladování apod.

Volba použité technologie závisí hlavně na druhu vstupní suroviny (biomasy) a způsobu provozu. Volba technologie odpovídá spalovanému materiálu, teplotnímu médiu a jmenovitému výkonu. Je nutné v této části uvažovat o provozu jako celku, složeném z dílčích částí. Od příjezdové cesty pro kamiony s biomasou přes skladovací prostory, dopravníky, zařízení pro sušení a úpravu biomasy, tepelné výměníky, okruhy teplotních médií, zastřešení provozu, ... Ve volbě těchto technologií se odráží mj. i spotřeba elektřiny, vody, maziv, spotřební materiál atd.

Dalšími body studie jsou:

- Umístění projektu
- Lidské zdroje
- Finančně ekonomické hodnocení
- Analýza rizik
- Plán realizací [5]



## 2.4 Ekonomické zhodnocení investice

Tato část projektu je z hlediska záměru celé investice nejdůležitější. Ve většině případů jde u projektu tohoto typu o zisk, který je rozhodující o další existenci projektu. Ve veřejném sektoru může jít nejen o zisk, ale např. i o čistší ovzduší, lepší infrastrukturu apod. V této části budou možné způsoby „rozhodování“, zda je investice do tohoto typu zdroje na našem území výhodná. Investor se rozhodne pro realizaci tehdy, je-li celkový efekt investice vyšší než celkové nároky investice s přihlédnutím na časovou hodnotu peněz. Pro vynesení rozhodnutí nám slouží řada metod:

- Cash flow
- Prostá návratnost investice
- Čistá současná hodnota
- Index rentability
- Vnitřní výnosové procento
- Průměrné roční náklady
- Diskontované náklady
- Průměrná výnosnost

Metody dovoluují simulaci změn jednotlivých vstupních podmínek ovlivňující projekt. Hodnocení je vždy určeno z rozdílu mezi příjmy a výdaji za jednotlivá časová období během životnosti celého projektu.[5]

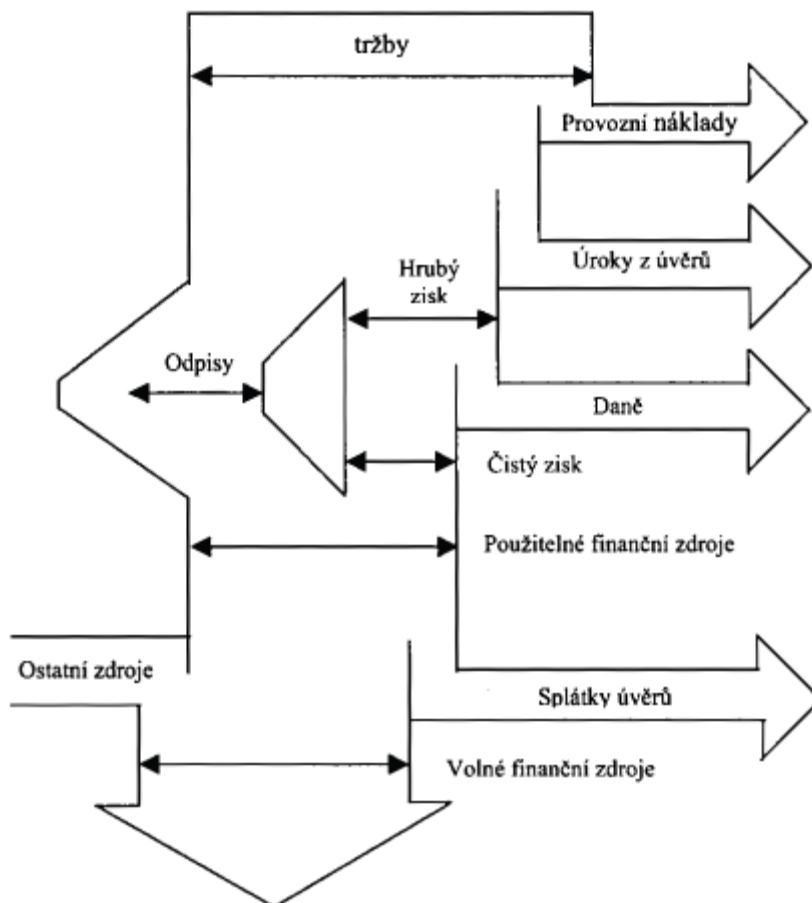
### 2.4.1 Cash flow

Tento nástroj se dá charakterizovat jako pohyb finančních prostředků a je často vyžadován bankami pro poskytnutí úvěru. Počítá se každý rok provozu a představuje rozdíl mezi všemi příjmy a výdaji.

$$CF = P - V$$

kde:                    CF.....Cash flow [Kč]  
                          P.....Příjmy [Kč]  
                          V.....Výdaje [Kč]

Příjmy mohou tvořit např. zisk za minulé období, úbytek pohledávek, úbytek zásob, prodej cenných papírů, přírůstek závazků, přírůstek rezerv z nákladů, nové úvěry atd. Mezi výdaje můžeme začlenit např. nákup cenných papírů, přírůstek zásob, přírůstek pohledávek, úbytek závazků, splátky úvěrů apod.



Reprodukce podniku, Plnění fondů, Dividendy

Obr. 2-1 Příklad grafického znázornění finančních toků

Pokud se Cash Flow určuje na delší časový horizont, vychází se z diskontu a dalších metod složeného úrokování. Používá se k vyhodnocování investičních variant a dlouhodobého plánování. Diskontovaný Cash Flow se vypočítá ze vztahu: [3]

$$DCF = \frac{CF}{(1 + i)^n}$$

kde: DCF.....Diskontovaný Cash Flow [Kč]  
 CF.....Cash Flow [Kč]  
 i.....diskontní sazba [/]  
 n.....počet let [/]

### 2.4.2 Prostá návratnost investice

Patří mezi nejjednodušší a proto i nejpoužívanější metody hodnocení investice. Její vyhodnocení spočívá ve vyhodnocení doby, za kterou se investice vrátí. Obecně nejkratší doba návratnosti je považována za nejvýhodnější investici avšak toto hodnocení je celkem nepřesné. Vypočte se ze vztahu:

$$DN = \frac{IN}{CF}$$

kde: DN.....doba návratnosti [rok]  
 IN.....investiční náklady [Kč]  
 CF.....Cash Flow [Kč]

Rovněž je možné určit i diskontovanou dobu návratnosti:

$$DDN = \frac{IN}{DCF}$$

kde: DN.....diskontovaná doba návratnosti [rok]  
 IN.....investiční náklady [Kč]  
 CF.....Cash Flow [Kč]

Tyto metody jsou však zastaralé a proto se dnes uvažují metody zohledňující hned řadu faktorů vstupující do investice jako je existence úvěru či vliv inflace.

### 2.4.3 Čistá současná hodnota

Tato metoda hodnocení investice je jednou z nejpřesnějších metod. Představuje rozdíl mezi současnou hodnotou peněžních toků z investice a současnou hodnotou výdajů spojených s investicí. Rovněž se tato metoda nazývá diskontovaný peněžní tok. Čistou současnou hodnotu určíme dle vztahu:

$$\check{C}SH = \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+d)^i}$$

kde: ČSH Čistá současná hodnota  
 n doba životnosti investice  
 CF<sub>i</sub> finanční tok v jednotlivých letech  
 i rok života projektu  
 d diskontní míra

Tato metoda opět vychází z Cash Flow, díky které se vypočtou příjmy v jednotlivých letech. Investice se vyplatí, platí-li ČSH > 0. Rozhodující je při této metodě správné zvolení diskontní míry, která má značný vliv na výslednou ČSH. Hlavní předností této metody je určení efektivnosti během životnosti projektu při uvažování časové hodnoty peněz a díky diskontní míře i s uvažováním rizik konkrétního projektu.

#### 2.4.4 Index rentability

Metoda založená na stejných principech jako ČSH. Vychází ze stejných údajů, avšak neuvažujeme zde rozdíl mezi současnou hodnotou příjmů a výdajů, ale podíl resp. poměr. Index rentability určíme ze vztahu:

$$I_R = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+d)^i}}{K}$$

kde:                     $I_r$                     index rentability  
                                $K$                         kapitálový výdaj

Metoda má stejné závěry jako ČSH, používá se při hodnocení těch případů, kdy jsou vstupní finance omezené. V podstatě popisuje, kolikrát se vstupní kapitál zhodnotí. V těchto případech není možné přijmout variantu i přes to, že mají kladnou ČSH.

#### 2.4.5 Vnitřní výnosová míra

Tato metoda je založena na peněžních příjmech s uvažováním faktoru času. Z anglického názvu Internal Rate of Return se označuje IRR. Opět má společné rysy s ČSH, avšak místo diskontní míry se uvažuje vnitřní výnosové procento, které je hledanou neznámou. IRR určíme ze vztahu:

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+IRR)^i} = 0$$

Vnitřním výnosovým procentem rozumíme takovou výši úrokové míry, která vyhovuje rovnici výše. Tato metoda se řeší iteračně, kdy postupně zjišťujeme úrokové procento, aby se investice vyplatila.

### 2.4.6 Průměrné roční náklady

Metoda porovnává průměrné náklady na celý projekt s uvažováním i provozních nákladů. Roční podíl nákladů je zde uvažován jako úrok z pořizovacích nákladů. Tento úrok právě vyjadřuje výnosnost investice a vypočte se ze vztahu:

$$N_{prům} = i * IN + O + PN_R$$

kde:	$N_{prům}$	průměrné roční náklady [Kč]
	$i$	úrokový koeficient [/]
	$IN$	investiční náklady [Kč]
	$O$	Odpisy [Kč]
	$PN_R$	Provozní náklady

Tuto metodu lze použít i na projekty s různou dobou životnosti při uvažování jednotné časové míry.

### 2.4.7 Diskontované náklady

Metoda diskontovaných nákladů je založena na stejném principu, jako předchozí metoda. Výstupem metody diskontovaných nákladů je součet všech nákladů na dobu životnosti. Náklady jsou v jednotlivých letech diskontovány. Vypočtou se ze vztahu:

$$DN = IN + DPN$$

kde:	$DN$	Diskontované náklady [Kč]
	$IN$	Investiční náklady [Kč]
	$DPN$	Diskontované náklady [Kč]

Metoda DN se používá ke srovnání projektů se stejnou životností. [22]

Každá z výše uvedených metod nabízí specifické možnosti hodnocení investiční příležitosti. Před výběrem konkrétního projektu resp. použité technologie výroby se v drtivé většině případů vychází z toku finančních prostředků (z Cash Flow), z finanční náročnosti projektu, času, dostupných prostředků apod. [2]

## 3 POUŽÍVANÉ TECHNOLOGIE BĚHEM PROCESU VÝROBY ENERGIE Z BIOMASY

Během celého procesu získávání energie z biomasy je řada dílčích procesů, které ve výsledku tvoří propracovaný systém nezbytný k fungování elektrárny. Od prvotního zasazení rostliny resp. rychle rostoucí dřeviny až po její spálení v kotli je časový interval většinou do 10 let, kdy nejdéle trvá samotný růst „paliva“. Biomasa může mít mnoho podob, zde je pojednáváno o biomase, jako o sypkém materiálu s frakcí okolo 100 mm nebo o prvotním biomateriálu, který je přeměněn na bioplyn. Energetika z biomasy jako proces přeměny na elektrickou energii má dvě fáze. První je příprava biomasy, která v sobě zahrnuje veškeré zemědělské úkony. Jedná se o systematické zasazování RRD, péči o ně během jejich růstu a nakonec i sklizeň. Nebo to může být získání biopaliva např. z lesnictví, potravinářství nebo zemědělství jako odpadu. Druhou skupinou je pak proces úpravy biomasy před spálením příp. jiným technologickým procesem, např. zplyňováním. Metody těchto úprav závisí na druhu a požadované kvalitě biomasy i na technologii spalování. U pevné biomasy většinou hovoříme o drcení a sušení, u bioplynových stanic o výrobě bioplynu. V neposlední řadě je nutné brát v úvahu logistiku mezi jednotlivými procesy.

Výroba samotné elektrické energie při použití dnešních technologií v tepelných elektrárnách je velice neekonomická. Z tohoto důvodu většina tepelných energetických výroben je kogeneračních. Kogenerace znamená současnou výrobu elektrické energie a tepla. Při samotné výrobě elektrické energie účinnost výroby zpravidla nepřesáhne 40 - 50 %. Použitím kogenerační výroby můžeme účinnost zvýšit až na hodnotu přes 90 %. V tomto ohledu nejde o spalované palivo, tento fakt platí při spalování biomasy i fosilních paliv, rozhodující je v tomto ohledu použitá technologie a princip celé přeměny. Mezi nejrozšířenější principy přeměny biomasy na energii patří Rankine-Clausiov cyklus používaný v parních elektrárnách, při spalování biomasy se stále více mluví o Organickém Rankine-Clausiově cyklu ORC. V případě mikrogenerace lze použít i Stirlingův motor, jiným typem výroben jsou bioplynové stanice spalující plyn z biomasy. Získání energie z biomasy formou bioplynové stanice předchází technologická úprava biomasy, která je blíže uvedena v [4].

### 3.1 Použití parní turbíny

Hlavním požadavkem na proces přeměny pomocí parního oběhu je účinnost přeměny elektrické energie. Důvodem je mj. fakt, že elektrárna stojí hlavně na výrobě elektrické energie, kterou dodá do rozvodné sítě a teplo vyrobené současně s elektřinou je víceméně odpadním produktem, pro které je jeho využití více problematické. Z tohoto důvodu je v některých zemích legislativou dána minimální účinnost přeměny biopaliva na elektrickou energii. Se snižujícím se instalovaným výkonem klesá i požadovaná hodnota minimální účinnosti přeměny. Každý provozovatel takovéto výroby musí prokázat, že jeho parní oběh pracuje s vyšší účinností, než je předepsané minimum. Od těchto kritérií se odrážejí také sazby, za které je od výrobce elektřina vykupována. V praxi se osvědčila hodnota instalovaného výkonu 5 MW<sub>e</sub>. Tato výkonová hladina je zajímavá jak pro investory, tak i z praktických důvodů. Vzhledem k tomu, že biomasa jako palivo má poměrně malou hustotu a výhřevnost, jsou potřeba obrovské zásoby paliva pro dodržení kontinuálního provozu zařízení a tím zajištění dodávky, nemluvě o nárocích na

skladovací prostory. Dáno také přibližnou spotřebou 1,2 t dřevního odpadu na každou vyrobenou MWh elektrické energie. [7]

### 3.1.1 Koncepce výroben menších výkonů

U menších výroben se většinou jedná o kondenzační turbínu bez technologického nebo teplotního odběru. Teplo slouží k optimalizaci celého parního oběhu a spotřebovává se pro regeneraci a topení v odplynovák, Odběr pracovní páry odplynovák je většinou řešen neregulovaným odběrem na turbíně. Kondenzace páry probíhá ve vodním nebo vzduchovém kondenzátoru, vodní kondenzátor je výhodnější kvůli své vyšší účinnosti.

Energetické výroby menších výkonů pracují s tlakem mírně přehřáté páry cca 1,3 – 2 MPa. Od výroben spalujících fosilní paliva se liší stavbou kotle, ve kterém je topeniště uzpůsobeno spalovanému palivu. V severských zemích jako Dánsko, Norsko, Švédsko či Finsko je provoz takovýchto zdrojů značně rozšířen a nalezneme stovky podobných výroben. V některých případech se jedná o stanice zajišťující centrální zásobování teplem.

Nepřesáhne-li instalovaný tepelný výkon hranici okolo 10 MW, používají se zde i mj. jednostupňové protitlaké turbíny spojené přímo s generátorem, v případě axiálních či radiálních turbín je generátor spojen s převodovkou.

Obecně je výhodnější investovat do drahé turbíny s vyšší účinností, která se projeví během své životnosti resp. během provozu. U nás mezi hlavní výrobce patří firmy PBS Velká Bíteš, Ekol nebo Polycomp.

V některých případech je výhodnější použít parního stroje, který má při instalovaných výkonech 30 – 300 kW v některých ohledech lepší parametry než Rankine-Clausiusův oběh. Jedná se především o termodynamickou účinnost přeměny a cenu celého zařízení. Parní stroje pro stacionární použití se vyvíjí v USA i v západní Evropě. Většinou jsou to rychloběžné stroje s výkony od 3 kW až do několika stovek kW. [5], [7]

### 3.1.2 Výroby velkých výkonů

Vzhledem k charakteristice biomasy jako paliva se využívá ve třech typech výroben velkých výkonů:

- Teplárny s parním oběhem
- Velké výroby kombinující spalování biomasy a fosilních paliv
- Připojení zvláštních kotlů na biomasu k dosavadnímu energetickému zařízení

Velké teplárny s parním oběhem jsou provozovány především v severských zemích, kdy se jejich instalovaný výkon pohybuje v rozmezí 1 – 10 MW. Výroby kombinující spalování biomasy a fosilních paliv většinou nejsou nijak zvlášť technologicky upraveny. Výkony těchto výroben mohou dosahovat řádově stovek MW, avšak biomasa má ve spalovaném palivu menšinový podíl.

Z ekonomického hlediska se u velkých výroben vyplatí spoluspalování biomasy především díky dotacím, jelikož cena potenciálu paliva obsaženého v biomase může být i vyšší než v případě stejného energetického potenciálu obsaženém v uhlí. Jinými slovy náklady na 1 MWh z biomasy mohou být vyšší než náklady na 1 MWh z uhlí. [7]

### 3.2 Použití jednotky ORC

Termín ORC je zkratkou pro modifikovaný Rankine-Clausiusův cyklus. Modifikace spočívá v tom, že místo páry je zde teplonosným médiem termoolej resp. silikonový olej. Technologie a princip ORC je blíže uveden v [4].

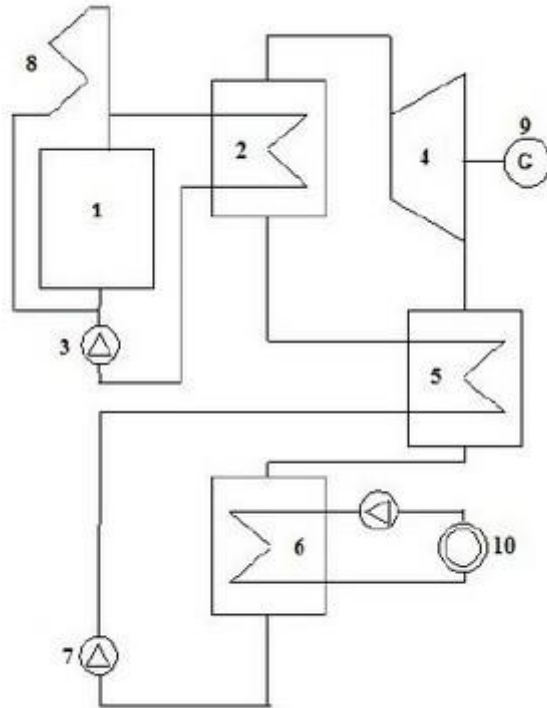
Z hlediska ekonomiky má použití jednotky ORC řadu výhod oproti výrobnám s parním oběhem. Mezi nejdůležitější výhody je téměř bezobslužný provoz, odpadá nutnost úpravy vody, protože termoolej je v uzavřeném okruhu s teplotním spádem okolo 50 °C. Náplně tedy nepotřebují žádnou zvláštní údržbu, což šetří provozní náklady. Vzhledem použité technologii dvou teplonosných médií, kde termoolej předává část své energie silikonovému oleji ve výměníku, jedná se o systém vnějšího přívodu tepla pracovnímu médiu. Tento vnější přívod tepla resp. nepřímý ohřev dovoluje použití různých kombinací druhů i kvality paliv, což je z ekonomického hlediska velice výhodné. Použité palivo se může měnit v závislosti na sezónní ceně paliva, ekonomické situaci výroby apod. Požitá média se liší svými mezními křivkami od vody, díky tomu je zde možnost efektivnějšího zařazení regenerace do celého cyklu, což nám ve výsledku zvyšuje celkovou účinnost přeměny elektrické energie. [8]

Mezi výhody použití jednotky ORC oproti parnímu oběhu patří:

- Nižší teploty pracovního média
- Vysoká účinnost turbíny při různých zatíženích
- Nízké otáčky turbíny umožňují přímé připojení generátoru a turbína je méně mechanicky namáhána díky menší obvodové rychlosti
- Delší životnost turbíny (zanedbatelný vliv par oleje na lopatky, na rozdíl od páry)
- Celý systém pracuje s teplotou do 300 °C a tlakem do 1 MPa, což zaručuje delší životnost
- Modulové uspořádání, které preferují výrobci snižuje náklady na montáž a na zastavěnou plochu [6]

Další výhody a bližší popis ORC je uveden v [4]





Obr. 3-1 Schéma zařízení ORC

Legenda:

- 1 - kotel
- 2 - tepelný výměník termoolej/silikonový olej
- 3 - cirkulační čerpadlo
- 4 - pomaluběžná turbína
- 5 - tepelný výměník (předehřev termooleje)
- 6 - kondenzátor
- 7 - napájecí čerpadlo
- 8 - výměník nouzového chlazení primárního okruhu
- 9 - generátor

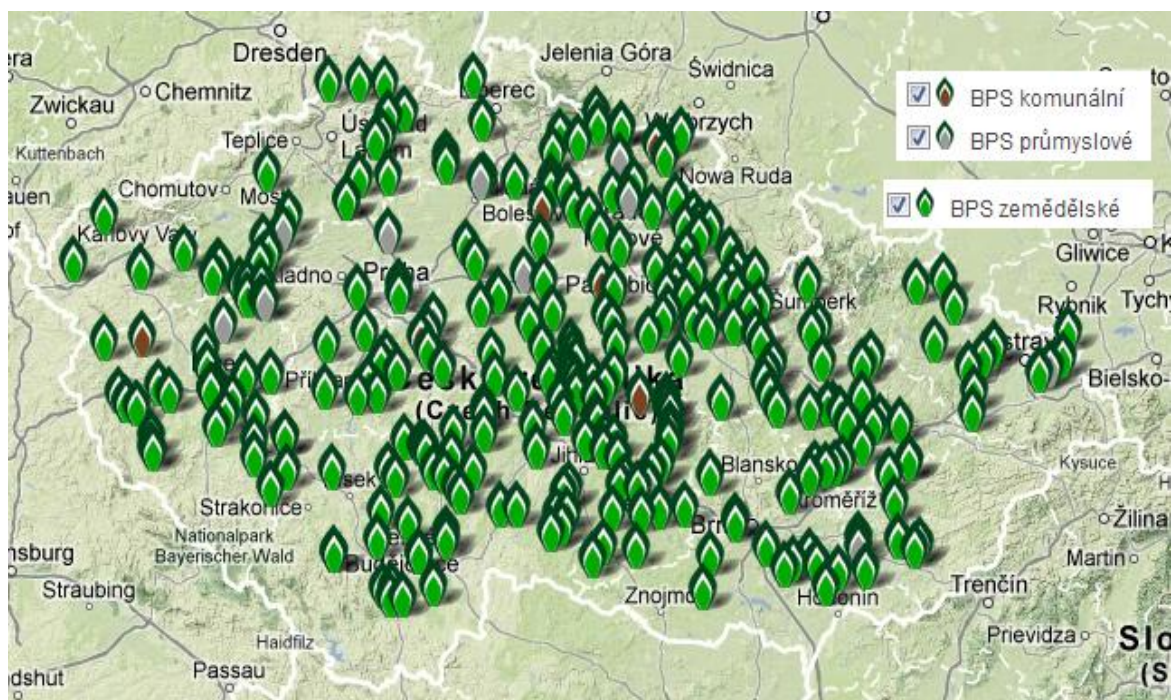
### 3.3 Bioplynové stanice

Bioplyn je palivo vyšší „ušlechtilosti“ než samotná biomasa, ze které se vyrábí. Je známo mnoho postupů výroby bioplynu, blíže uvedeno v [1]. V této části se budeme zabývat výrobou tepla a elektřiny z bioplynu. Tento způsob je na našem území velice rozšířen, bioplynové stanice se u nás budují s výkony většinou nepřesahující 1 MW. Upřednostňovány jsou výkony v řádu stovek kW.

Bioplyn se vyrábí běžnými přírodními procesy, kdy dochází k rozkladu organické hmoty (biomasy) bez přístupu kyslíku díky působení bakterií, kvasinek nebo hub, tzv. anaerobní digesce. Tento jev se běžně vyskytuje v přírodě, např. na dně jezer, v rašeliništích či v trávicím traktu některých živočichů. Bioplyn obsahuje až 50-70 % metanu, což je rovněž hlavní složkou

zemního plynu. Určitými postupy tedy můžeme nahradit fosilní palivo obnovitelným zdrojem energie, které má ve výsledku téměř stejné vlastnosti.

Z ekonomického hlediska je výroba bioplynu velice výhodná, již proto, že se vyrábí z odpadu. V zemědělském, potravinářském i chovatelském průmyslu vzniká obrovské množství bioodpadu, které může najít své využití v přeměně na bioplyn, který pak slouží jako palivo k výrobě elektřiny, tepla, nebo paliva pro dopravní prostředky. Zbytek po přeměně biomasy na bioplyn je tzv. digestát. Digestát je kapalná látka používaná v zemědělství jako vysoce kvalitní hnojivo. Proces přeměny biomasy v bioplyn není nijak složitý. Dochází k ní v tzv. fermentoru, což je nádrž, kde se rozmělněná a zředěná biomasa promíchává při teplotě 42 °C. Při tomto ději dochází k rozkladným procesům, při nichž dochází k produkci bioplynu, ten se dále jímá a posléze čistí. Je-li bioplyn použit k výrobě elektřiny, vyčištěný bioplyn se spaluje v kogenerační jednotce využívající oběh se spalovací turbínou speciálně uzpůsobenou parametrům bioplynu. Na našem území se po roce 2000, kdy vešel v platnost zákon o dotacích týkajících se bioplynových stanic, začalo se budovat stále více těchto výroben. Plánovaný počet bioplynových stanic na našem území je v roce 2015 okolo 400. Na obr. 3.3 je zobrazena mapa bioplynových stanic na území ČR. [9],



Obr. 3-2 Mapa bioplynových stanic na území ČR

Pro provoz bioplynové stanice jako kogenerační jednotky je nutné zhodnotit mj. řadu skutečností. Tou hlavní je pro kontinuální provoz BPS množství produkovaného plynu, které úzce souvisí s volbou jmenovitého výkonu.

Je-li v okolí plánované výstavby BPS plynovod zemního plynu, lze použít dvoupalcovou kogenerační jednotku pro kombinovaný provoz na zemní plyn a bioplyn přepínáním paliv. Toto

je výhodné při nerovnoměrné produkci bioplynu, v případě produkce bioplynu s nedostačujícími parametry (typicky s nižší výhřevností) lze spalovat směšovaný bioplyn se zemním plynem.

Při hodnocení investice do bioplynové stanice je nutné uvážit především parametry uvažovaného paliva a zvážit možnou produkci bioplynu. K hlavním ukazatelům pro plánování stavby BPS jsou:

- Obsah metanu  $\text{CH}_4$  – jeho koncentrace se běžně pohybuje cca od 50 – 70 %. Jako minimální mezní hodnota pro použití v BPS se považuje 50 %.
- Stálost kvality bioplynu – na tom je závislý chod BPS a emise škodlivin
- Obsah škodlivých příměsí – zde se jedná především o sloučeniny síry, fluoru a chlóru. Obsah těchto škodlivin je nutné brát v potaz především kvůli jejich korozním účinkům na technologická zařízení. Při nadměrné produkci sloučenin síry lze použít i odsiřovací zařízení. [10]

## 4 EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ JEDNOTLIVÝCH ZDROJŮ

V této kapitole chceme zhodnotit výše uvedené 3 typy výroben z hlediska ekonomické výhodnosti. Pokusíme se vyčíslit přibližně náklady na stavbu každého z uvedených zdrojů. Ukazatelem zde bude celková cena projektu i výše vynaložených nákladů na každý kW výkonu výrobní. Stejně bude provedeno porovnání i v případě provozních nákladů a výstupem by mělo být zhodnocení, který zdroj je výhodnější v našich podmínkách provozovat a do kterého se naopak nevyplatí investovat.

Porovnání 3 výše zmíněných technologií bude spočívat v tom, že ukazatelem jsou náklady na každý instalovaný kW. Důvod je prostý, Rankinův cyklus s parní turbínou je výhodnější stavět o výkonu od 4 MW<sub>e</sub>, zatímco technologie ORC se ve střední Evropě staví s výkonem okolo 1 MW<sub>e</sub>. Bioplynové stanice se staví také s ohledem na dostupnost paliva do 1 MW, častější je však výstavba BPS s výkonem řádově stovky kW.

### 4.1 Bioplynová stanice

Investiční náklady do výroben tohoto typu se pohybují od desítek do stovek milionů korun. Pořizovací náklady jsou dány především instalovaným výkonem a vstupním materiálem. Bioplynové stanice se staví s elektrickým výkonem v řádu stovek kW. Výjimečně jednotek MW, v případě velkých zdrojů přidružených k velkému zemědělskému provozu. Ukazatelem pro velikost resp. instalovaný výkon plánované bioplynové stanice je dostupnost surovin. Jedná se o např. o dostupnost kejdy, kukuřičné siláže, cukrovarnických řízků, odpadů z průmyslu zpracovávající resp. vyrábějící celulózu apod. Dovoz těchto surovin popř. jejich nákup by výrobu energie značně prodražil. Proto se bioplynové stanice staví s ohledem na místní poměry vždy přidružené k nějakému zemědělskému subjektu, který zajistí kontinuální dodávku paliva.

U záměrů, při kterých se využívá skládkový či kalový plyn, jsou investice zpravidla menší než u výstavby nové bioplynové stanice u zemědělského subjektu. Tento fakt je dán tím, že tyto většinou kogenerační jednotky jsou instalovány do již existující technologie, jako je např. čistírna odpadních vod. Investiční náklady se pohybují okolo 50 tis. Kč/kW viz. vyhláška ERÚ 475/2005 Sb. [11] Toto číslo je nižší než v případě bioplynových stanic, které se budují jako nové provozy.

#### 4.1.1 Náklady na výstavbu

Před samotnou realizací stavby BPS je nutné vzít v úvahu i provozní požadavky tj. zajistit několik základních kritérií, týkajících se zajištění biomasy pro provoz:

- Region pro zajišťování vstupního materiálu nesmí být příliš rozsáhlý, což úzce souvisí s efektivní logistikou.
- Dodávané palivo musí být kvalitní z hlediska obsahu organické sušiny, která je důležitá pro získání bioplynu.
- Musí být zajištěno svážení materiálu velkoobjemovými vozy resp. zdroj paliva musí být vzhledem k BPS centralizovaný.
- Cena za palivo musí korespondovat s náklady na dopravu.

Z těchto požadavků se vybere ideální lokalita, kde bude BPS realizována.

Náklady na výstavbu resp. měrné investiční náklady mohou dosahovat až 120 tis. Kč/kW, viz vyhláška ERÚ 475/2005 Sb. [6] Toto platí v případě spalování bioplynu s uvažováním výstavby nové BPS. Měrné investiční náklady mohou být i nižší, v případě BPS v Nových Albrechticích (BPS II) jsou udávány měrné investiční náklady 47 mil. Kč s instalovaným výkonem lehce přes 900 kW<sub>e</sub>. To je tedy cca 52 tis. Kč/kW. V případě projektu BPS realizovaného dříve ve Velkých Albrechticích, pořizovací náklady BPS I byly cca 87 mil. Kč. To při instalovaném výkonu téměř 900 kW dělá měrné investiční náklady cca 96 tis. Kč/kW. Bioplynová stanice v Ostřetině s instalovaným výkonem 844 kW<sub>e</sub> měla investiční náklady 76,5 mil. Kč. Měrné investiční náklady pak téměř 91 tis. Kč/kW. Porovnání nákladů na výstavbu jednotlivých BPS ukazuje Tab.4.1.1.

Tab. 4.1 Příklady investičních nákladů BPS u nás:

BPS	instalovaný el. Výkon [kW]	instalovaný tep. Výkon [kW]	investiční náklady [Kč]	měrné investiční náklady [Kč/kW]
BPS Ostřetín	844	854	76,5 mil	91 000
BPS Velké Albrechtice I	900	1218	87 mil	96 000
BPS Velké Albrechtice II	900	1244	47 mil	52 000
BPS Pustějov	600	736	50 mil	83 000
BPS Vintířov	999	1093	120 mil	120 000
BPS Meclov	1000	1012	92 mil	92 000

Pozn.: snížené náklady u BPS Velké Albrechtice II jsou způsobeny investicí do rozšíření stávající technologie

Do nákladů na výstavbu BPS se promítá jednak cena jednotlivých technologií, tak i cena projektové přípravy i realizace.

V této části je vhodné uvést příklady investičních nákladů BPS (výkon uvažované BPS je 526 kW<sub>e</sub>):

#### 4.1.1.1 Stavební část

- Úprava homogenizační nádrže 250 000 Kč
- Homogenizační nádrž 300 000 Kč
- Základy pod fermentor, skladovací nádrž 1 200 000 Kč
- Fermentor 4 250 000 Kč
- Skladovací nádrž 2 340 000 Kč
- Stavební objekt pro KGJ a příslušnou technologii 800 000 Kč
- Podzemní potrubí pro dopravu kejdy 1 250 000 Kč
- Stavební objekt pro řízení 2 250 000 Kč
- **Celkem 12 940 000 Kč**

**4.1.1.2 Technologická část**

• Vybavení homogenizace	980 000 Kč
• Vybavení hygienizace	4 800 000 Kč
• Vystrojení fermentoru	4 450 000 Kč
• Vestavěný plynojem	840 000 Kč
• Vybavení skladovací nádrže	620 000 Kč
• KGJ	7 500 000 Kč
• Ohřev kalu s cirkulací	990 000 Kč
• Strojovna BPS	870 000 Kč
• Potrubí, pohony, čerpadla	1 440 000 Kč
• Montáže, nátěry, izolace	1 290 000 Kč
• Vyvedení elektrické energie	530 000 Kč
• Řídicí systém	1 320 000 Kč
• Odborná činnost, zaškolení pracovníků	550 000 Kč
• Odsíření bioplynu	220 000 Kč
• <b>Celkem</b>	<b>26 400 000 Kč</b>

**4.1.1.3 Projektová dokumentace**

• Projekt pro územní řízení	150 000 Kč
• Projekt pro stavební povolení	460 000 Kč
• Realizační projekty	360 000 Kč
• <b>Celkem</b>	<b>990 000 Kč</b>

Za těchto předpokladů by výstavba bioplynové stanice s elektrickým výkonem 526 kW a s použitím jednotky GE Jenbacher JMS 312 GS-B.L. přišla téměř na 40 mil. Kč. Uvážíme-li instalovaný výkon srovnatelný s uvažovanou jednotkou ORC s elektrickým výkonem 1 MW jsme na ceně okolo 80 mil. Kč. Vezmeme-li v úvahu, že lze využít společné prostory pro technologii, bude cena ještě nižší. Je důležité vzít v úvahu, že uvedené údaje jsou pouze orientační.

**4.1.2 Náklady na provoz**

Náklady na provoz BPS spočívají především v zajištění paliva resp. bioodpadu. Dalšími položkami jsou náklady na údržbu KGJ, náklady na obsluhu, vlastní spotřebu energií apod. Ilustrační provozní náklady jsou uvedeny níže.

**4.1.2.1 Provozní náklady**

• Osobní náklady obsluhy	1 100 000 Kč
• Servisní náklady KGJ	1 220 000 Kč
• Spotřeba elektrické energie	450 000 Kč
• Opravy a údržba	80 000 Kč
• Nákup vepřové kejdy 8 Kč/t	321 200 Kč
• Nákup masokostní moučky 360 Kč/t	657 000 Kč

• Odhad pojištění	730 000 Kč
• Odhad odpisů	2 000 000 Kč
• <b>Celkem</b>	<b>6 558 200 Kč</b>

### 4.1.3 Příjmy BPS

• Prodej elektrické energie (4120/MWh)	16 764 280 Kč
• Výkup trávy a sena (250 Kč/t)	456 250 Kč
• <b>Celkem</b>	<b>17 220 530 Kč</b>

V tomto ilustračním příkladě jsou náklady na každý instalovaný kW zhruba 76 000 Kč. Při dalším zvyšování kapacity výroby by cena ještě klesla. Investice by se vrátila zhruba za 6-7 let. Pořizovací cena BPS s instalovaným výkonem cca od 500 kW do 1 MW se pohybuje v rozmezí 60 – 120 tis Kč/kW. Provozní náklady jsou pak od 5 do 10 % pořizovací ceny zařízení. [5]

## 4.2 Výroba s technologií ORC

Technologie ORC je poměrně nová technologie přeměny biomasy na elektrickou a tepelnou energii. U nás dosud byly elektrárny tohoto typu postaveny pouze 3, v Borohrádku, Trhových Svinech a v Žatci. Vzhledem k celkově novému odvětví výroby energie tohoto typu a tím pádem ne příliš zastoupenému odbornému poradenství, je vhodné nechat dodávku zařízení na firmách, které mají pověst po celé Evropě dobrou ve spojitosti s kogenerací pomocí technologie ORC. Jedná se o rakouskou firmu Kohlbach, vyrábějící kotle na biomasu. Druhou stěžejní firmou v Evropě ve spojitosti s ORC technologií je italská firma Turboden, vyrábějící celé moduly jednotky ORC, blíže v [4].

### 4.2.1 Náklady na výstavbu

Stavba elektrárny využívající ORC jednotku vyžaduje investici v řadech desítek resp. stovek miliónů Kč. Měrné investiční náklady technologie ORC jsou jen mírně vyšší než v případě parního oběhu. Příklad investičních nákladů je patrný z Tab. 4.2.1. Údaje jsou pouze ilustrační a týkají se jednotky o elektrickém výkonu 1,1 MW. Měrné investiční náklady jsou v tomto případě zhruba 164 tis/kW<sub>e</sub>. Toto číslo, i když je relativně vysoké ve srovnání s měrnými investičními náklady u BPS, je nutné brát z jiného úhlu pohledu než u BPS. ORC cyklus pracuje s vyšší účinností než plynové turbíny instalované u BPS. Rozhodující u ORC je také množství tepla vyrobeného souběžně s elektrickou energií resp. využití tepla pro co možná nejvyšší účinnost přeměny.

Tab. 4.2 Příklad investičních nákladů jednotky ORC

Část výroby	Jednotka	Investice související s výrobou		Celková investice
		Tepla (4,3 MW)	Elektřiny (1,1 MW)	
Budovy, pozemky	[Kč]	43 mil	/	43 mil
Kotel	[Kč]	54 mil	14 mil	68 mil
Čištění spalin	[Kč]	/	700 000	700 000
Doprava a skladování popelu	[Kč]	/	/	/
Doprava paliva	[Kč]	/	/	/
Elektroinstalace	[Kč]	7,7 mil	3,5 mil	11,2 mil
Tlakové rozvody	[Kč]	/	2 mil	2 mil
Modul ORC	[Kč]	/	27 mil	27 mil
Projekty	[Kč]	7,8 mil	5,4 mil	13,2 mil
Sklad paliv	[Kč]	/	/	/
Mostní váha	[Kč]	/	/	/
Ostatní investiční náklady	[Kč]	2,8 mil	7,3 mil	10,1 mil
Dopravní prostředky	[Kč]	4,3 mil	/	4,3 mil
Celkové investiční náklady	[Kč]	119,6 mil	59,9	179,5 mil

Zde jsou měrné investiční náklady cca 164 tis/ kW.

#### 4.2.2 Náklady na provoz

Na rozdíl od BPS, elektrárna s ORC technologií spaluje pevnou biomasu, kterou musí koupit. Pevná biomasa je palivo, na které jsou stanoveny smluvní ceny s ohledem na kvalitu paliva. Kvalita paliva v případě biomasy je dána především procentuálním obsahem sušiny v palivu. Provozní výdaje se týkají především tedy ceny paliva, ve které je promítnuta i vzdálenost mezi produkcí a spotřebou. Je zřejmé, že pokud se elektrárna s technologií ORC vybuduje mj. i za účelem snížení emisí z fosilních paliv, je nutné mít zvládnutou logistiku. Jinými slovy je nutné, aby doprava biomasy do místa spotřeby byla pro ekologii co možná nejpříjemnější. Uvažujeme-li dopravu biomasy do místa spotřeby velkoobjemovými nákladními vozy, z podstaty problému je žádoucí co možná nejkratší vzdálenost.

Dopravu resp. dostupnost vstupních surovin je nutné uvažovat již v předinvestiční fázi, jelikož se nevhodně zvolená lokalita může velice prodražit a tím mohou provozní náklady vzrůst i nad únosnou mez. Silniční doprava nákladními vozy je často jediná možnost, jak dostat biomasu z místa produkce do místa spotřeby. Cena se pohybuje okolo 30 Kč/km, avšak dopravci cenu nezveřejňují, téměř ve všech případech se cena řeší individuálně dle zakázky. Návěsy pro přepravu biomasy jsou vybaveny posuvnou podlahou pro snazší vykládku, objem návěsu je 90 m<sup>3</sup> a maximální nosnost návěsu je okolo 24 tun. Vzhledem k povaze paliva, které má nízkou hustotu a tedy nízkou hmotnost je při plně naloženém návěsu hmotnost paliva 18 tun. S klesající vlhkostí paliva klesá i jeho hmotnost, z ekonomických (i ekologických) důvodů je vhodné přepravovat co možná nejsušší palivo. Náklady na provoz při bezporuchovém chodu resp.



náklady na kontinuální provoz s uvažováním pouze ceny spáleného paliva je blíže uvedena v [4]. [5]

### 4.3 Výroba s parním oběhem

Parní oběh je zřejmě nejstarší a nejrozšířenější metodou výroby elektrické energie spalováním paliva. Ať se jedná o spalování fosilních paliv nebo o biomasu, princip je stejný. Z hlediska hospodárnosti se staví zdroje používající parního oběhu k výrobě elektřiny a tepla o instalovaném výkonu cca od 4 MW<sub>e</sub>. Investice do celého díla je tedy o poznání vyšší ve srovnání s BPS či ORC technologií. Z hlediska měrných investičních nákladů se však dostáváme na přijatelnou mez, srovnatelnou s investicí do BPS.

#### 4.3.1 Náklady na výstavbu

Celý záměr stavby elektrárny spalující biomasu a využívajícího parního oběhu je o poznání větší, než záměr stavby ORC či BPS. Tento fakt předurčuje ideální lokalitu pro stavbu zdroje tohoto typu tam, kde je zajištěn kontinuální provoz elektrárny obrovskými zásobami biomasy. V našich podmínkách se stavba energetické výroby tohoto typu nevyplatí z prostého důvodu, kterým je nedostatek biomasy na našem území pro decentralizaci výroby elektřiny a tepla. Jak již bylo popsáno výše, tento typ výroby se s výhodou využívá v severských zemích jako je Dánsko či Švédsko, kde podíl vyrobené elektrické energie spalováním biomasy v poměru s celkovou vyrobenou energií dosahuje až 40 %. Elektrárny spalující biomasu s parním oběhem jsou tedy výhodné v místech, kde je zajištěno dostatečné množství paliva pro kontinuální provoz výroby se zhruba pětinasobně větším instalovaným výkonem, než v případě ORC technologie. Následující tabulka ukazuje příklad investičních nákladů zdroje s parním oběhem.

Tab. 4.3 Příklad investičních nákladů elektrárny s parním oběhem

Část výroby	Jednotka	Investice související s výrobou		Celková investice
		Tepla (14 MW)	Elektřiny (4,7 MW)	
Budovy, pozemky	[Kč]	37 mil	/	37 mil
Kotel	[Kč]	6 mil	92 mil	98 mil
Čištění spalin	[Kč]	1,2 mil	9 mil	10,2 mil
Doprava a skladování popelu	[Kč]	1,6 mil	0,8 mil	2,4 mil
Doprava paliva	[Kč]	12 mil	4 mil	16 mil
Elektroinstalace	[Kč]	2 mil	11,4 mil	13,4 mil
Tlakové rozvody	[Kč]	0,4 mil	0,4 mil	0,8 mil
kogenerační jednotka	[Kč]	/	82 mil	82 mil
Projekty	[Kč]	2 mil	12,4 mil	14,4 mil
Sklad paliv	[Kč]	12 mil	/	12 mil
Mostní váha	[Kč]	2 mil	/	2 mil
Ostatní investiční náklady	[Kč]	8 mil	43 mil	51 mil
Úvěrové náklady	[Kč]	1,3 mil	/	1,3 mil
Celkové investiční náklady	[Kč]	85,5 mil	255 mil	340,5 mil

Z těchto předpokladů vyplývá, že měrné investiční náklady se pohybují okolo 73 tis Kč/kW<sub>e</sub>.

### 4.3.2 Náklady na provoz

Provozní náklady zdrojů tohoto typu jsou dány stejně jako v případě ORC technologie především cenou vstupního materiálu resp. paliva. K dalším výdajům je nutné připočítat také náklady na údržbu parního oběhu, např. provoz odplynováku, úpravy vody apod. Vzhledem k tomu, že v našich podmínkách není vhodné stavět energetické výroby na biomasu velkých výkonů, nebude dále provoz výroby tohoto typu uvažován.[5]

## 5 DOPORUČENÍ PRO VÝSTAVBU A RIZIKA PROVOZU

V předcházejících odstavcích byla nastíněna ekonomická náročnost stavby energetické výrobní u nás, které mají na území ČR budoucnost. Především elektrárna s technologií ORC pro využití biomasy a bioplynová stanice, která bioplyn vyrobený z organických odpadů přemění v kogeneračních jednotkách na elektrickou energii

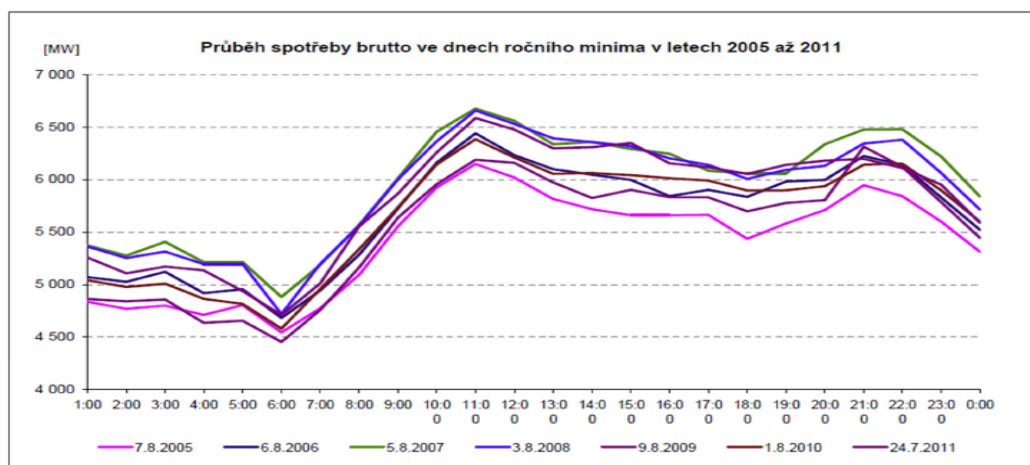
V našich podmínkách, vzhledem k neekonomičnosti stavby velkých zdrojů na biomasu, je vyloučeno stavět parní oběhy s kotlem na biomasu. To je způsobeno tím, že optimální výkony těchto zdrojů se pohybují cca od 5 MWe. Takto vysoký výstupní elektrický výkon vyžaduje, jak již bylo řečeno výše, nepřetržité dodávky obrovského množství biomasy pro zajištění kontinuálního provozu výrobní. To je nejen z hlediska logistiky krok zpět, alespoň v našich podmínkách. Spalování biomasy a výroba čisté energie by v tomto případě nebyla možná vzhledem k emisím z dopravy biomasy do místa spotřeby, překonáváním velkých vzdáleností a celkově problémy s dodáním paliva do místa spotřeby z rozlehlého území několika desítek kilometrů čtverečních. Z toho důvodu můžeme zahrnout elektrárnu s parním cyklem, spalující biomasu v podmínkách ČR.

### 5.1 Výstavba bioplynových stanic

V současné době zažívají na našem území opravdový boom a jsou do nich investovány desítky miliard Kč. Jejich velkou výhodou je mj. i díky vývoji výpočetní a řídicí techniky jejich snadná regulace na dálku a v reálném čase s přijatelnými ekonomickými dopady.

Zpočátku se bioplynové stanice potýkaly s řadou problémů, co se týče regulace ale také spolehlivosti. Dnes jsou nově budované BPS velice spolehlivé s možností dálkové regulace výkonu, což úzce souvisí s efektivním nakládáním takto čistě vyrobené elektřiny.

Distribuční soustava v ČR (vlastně i všude po světě) se potýká se změnami spotřeby elektřiny během roku, během týdne i během dne. Obecně je spotřeba elektřiny vyšší v zimě než v létě, vyšší v pracovní dny než o víkendech či o svátcích a přirozeně ve dne než v noci. Ve spojení s BPS je vhodné uvažovat rozdíl ve spotřebě během dne a noci. V ČR je střední spotřeba elektřiny během pracovního dne cca o 2000 MW větší než v noci, rozdíl maximální denní spotřeby a minimální noční spotřeby se pohybuje okolo 3000 MW. Spotřebu elektřiny během 24 hodin ukazuje obr.5.1. Z tohoto obrázku je patrná vyšší denní spotřeba elektřiny, kterou je nutné pokrýt zdroji schopnými pružně reagovat na změny spotřeby v ES s co nejmenšími ekonomickými dopady. V ČR tuto funkci zajišťují elektrárny pracující do pološpičkového pásma zatížení, většinou uhelné elektrárny, které v noci pracují s nižším výkonem, což v energetice znamená s nižší účinností. Dále do tohoto pásma pracují některé vodní, popř. větrné elektrárny. Vysokou denní spotřebu pokrývají především jaderné a uhelné elektrárny. V případě uhelných elektráren se během nočních hodin snižuje jejich výkon, což ve spojení se snížením již tak celkově nízké účinnosti (cca od 30-50%) znamená vyšší měrnou spotřebu paliva, vyšší emise a celkově neekonomický provoz.



Obr. 5-1 Příklad denního diagramu zatížení

V ČR a nejen zde, ale takřka po celém světě je kladen důraz na energii z obnovitelných zdrojů. Předpokládáme-li u nás rozvoj jaderné energetiky a energii z OZE, je patrné, že se s časem bude snižovat podíl uhelných elektráren resp. elektráren spalující fosilní paliva. A pro krytí pološpičkového pásma se z dosavadních poznatků jeví BPS jako velice efektivní alternativa se slušnou budoucností.

Nyní je na území ČR provozováno 481 BPS různých výkonů s celkovým instalovaným výkonem okolo 363 MW (aktuální k datu 31.12.2012). Porovnáme-li předpokládaný vývoj BPS se sousedním Německem, můžeme v roce 2020 uvažovat celkový instalovaný výkon až 2000 MW.

U BPS bylo donedávna obvyklé budovat je s roční dobou využití asi 8000 hodin, což je přibližně 22 hodin provozu na jmenovitém výkonu denně. Snaha snížit emise a provozovat elektrárny efektivněji během dne než doposud, dala vzniknout nové koncepci BPS. Dnes i v budoucnu bude výhodné stavět BPS s dvojnásobným instalovaným výkonem, ale s polovičním denním využitím, tedy místo původních 22 hodin provozu, budou BPS vyrábět elektřinu jen během dne, kdy je spotřeba elektřiny vysoká; řekněme přibližně 12 hodin denně. Celá technologie získávání bioplynu zůstane stejná, pouze se zvětší kapacity pro jeho ukládání. Z konstrukčního hlediska je nutné investovat do větší kogenerační jednotky a celkové technologie, dimenzované na 2x větší výkon než při konvenčním provozu BPS. Dále je výhoda v tom, že větší kogenerační jednotka oplývá do jisté míry i větší účinností, to však vzhledem k různým řadám vyráběných kogeneračních jednotek nemusí být pravidlem. Tato koncepce je výhodná i z hlediska vyšší výkupní ceny elektřiny během dne po dobu vysoké spotřeby, než při kontinuální výrobě elektřiny „navíc“ v nočních hodinách.

Další stěžejní výhodou moderních BPS je fakt, že jsou snadno regulovatelné. S budoucím výhledem např. do r. 2020, kdy by se předpokládal instalovaný výkon BPS provozovaných pouze během dne na 2000 MW s dobou využití 4000 hodin ročně, ve výsledku by bylo vyrobeno 8 TWh čisté energie, která by byla velice dobře regulovatelná, to vše díky dispečerskému řízení a vývojem výpočetní a řídicí techniky. Z hlediska politiky ČR a EU v elektroenergetice je výstavba bioplynových stanic s dálkovou regulací v reálném čase, s dobou využití během dne, avšak s nepřetržitou produkcí bioplynu tím správným krokem k postupnému omezení uhelných elektráren. [12]

## 5.2 Provozní rizika bioplynových stanic

Na našem území se cca od roku 2006 masově rozšířily bioplynové stanice. Jejich výstavba s sebou nese rizika jako všechna ostatní technologická zařízení. Protože primárně BPS zpracovává odpady např. z jatek, masokostní moučku, průmyslových bioodpadů apod., je nutné věnovat zvýšenou pozornost při celém procesu přeměny těchto materiálů na rozdíl od fytomasy. Prakticky od počátku vlny výstavby BPS u nás se veřejnost shoduje, že BPS neúměrně zapáchají. To však ve většině případů není dáno samotnou existencí BPS, ale jejím nesprávným návrhem či provozem. Důkazem tohoto tvrzení může být například situace v sousedním Německu či Rakousku. Řádově tisíce BPS vystavěných v těchto zemích jsou naprosto bez zápachu, o čemž svědčí jejich provoz např. i v zastavěných obcích apod.

Správný a bezproblémový provoz BPS s minimálním vlivem na okolní prostředí je možný při dodržení základních předpokladů, které budou vysvětleny v následujícím textu.

### 5.2.1 Volba a skladba vstupní suroviny

Vstupnímu materiálu BPS se nutně věnovat velkou pozornost, jelikož zpracování organických bioodpadů se může lišit od zpracování např. odpadů z čistíren odpadních vod apod. Mezi nejrozšířenější problémy, týkající se vstupních surovin je z hlediska ekologie především obsah dusíku. Se zvyšujícím se obsahem dusíku v sušině se také zvyšuje riziko vzniku toxických látek, což může vést až k úplnému kolapsu biologického procesu. Vysoký obsah dusíku se nachází např. v masokostní moučce (až 8% v sušině), v odpadech z jatečního průmyslu a v kalové vodě z ČOV. Dalším problémem může být obsah síry v odpadech z výrob, kde se používá kyselina sírová jako neutralizační činidlo. Vysoký obsah síry v bioplynu se projeví při spalování v kogeneračních jednotkách, kdy je bioplyn méně kvalitní s vyššími emisemi.

Předejít těmto problémům znamená v rámci přípravy každého projektu zohlednit bilanci surovin s ohledem nejen na energetickou výťažnost, ale i na obsah dusíku v sušině. Již během příprav projektu je nutné zohlednit řešení těchto problémů se vstupními surovinami, jako je např. ředění, recyklace kalové vody apod. V případě zpracování neověřených vstupních materiálů jsou nutné důkladné laboratorní rozbor, které vyhodnotí nejen energetickou výťažnost bioplynu, ale především stabilitu celého procesu přeměny.

### 5.2.2 Volba technologie

S ohledem na zpracovávané druhy materiálů lze rozlišit 3 druhy technologie přeměny. Jedná se o mokrou metodu pracující v reaktorech se sušinou do 12 %, o polosuchou metodu pracující se sušinou 15-20% a suchou metodu, kde je obsah sušiny ve vstupním materiálu vyšší než 20 %.

Pro každou technologii je nutné vhodně navrhnout velikost fermentačních nádrží, což úzce souvisí s dobou zadržení materiálu. Lze obecně říci, že čím je kratší doba zadržení materiálu, tím je větší riziko zápachu BPS. Způsobeno ne zcela vyhnílym materiálem, který opouští reaktor. Dále je nutné sledovat zatížení reaktoru vnosem organické sušiny, sledovat fermentační teplotu, vlhkost, možnost pění v reaktoru a další aspekty, které je nutné řešit vhodnou technologií. Patří sem možnost ovládání a vhodného navržení technologických detailů, jako např. volba výšky provozní hladiny v nádržích, umístění hydraulických pojistek a jejich citlivost na případnou tvorbu pěny v nádrži, řešení čerpání či přepadů mezi nádržemi a jejich ochrana proti zanášení, volba správné konstrukce plynojemu, odsíření apod.

V projektu by měl být uveden bilanční výpočet pro konkrétní typ fermentace, velikost fermentačních nádrží s ohledem na dobu zadržení a vstupní materiál. Dále zdůvodnění výběru konkrétní technologie a řešení dílčích technologických detailů.

### 5.2.3 Míchání obsahu fermentačních nádrží

Volba správného míchání fermentačních nádrží je jedním ze základních předpokladů správného provozu zařízení. Je nutné vhodně zvolit míchání obsahu v reaktoru v závislosti na zpracovávaném materiálu, vhodně nadimenzovat počet míchacích zařízení, by nedocházelo ke vzniku tzv. mrtvých zón, kde nedochází k dokonalé homogenizaci materiálu což má za následek snížení kvality bioplynu. Dalším předpokladem je snadná přístupnost míchacích zařízení kvůli servisním úkonům apod.

### 5.2.4 Zpracování výstupů z BPS

Výstupem z BPS je ve většině případů tekutý fermentační zbytek, tzv. digestát. S digestátem je pak nakládáno jako s tekutinou, nebo je odvodněn, čímž vznikne pevný digestát s obsahem sušiny 20-30% a tekutý digestát resp. kalová voda. Snahou provozovatelů BPS je uplatnit tyto výstupy jako hnojiva podle zákona č. 308/2000 o hnojivech. Legislativa stanovuje velikosti skladovacích prostor, která je vázána i na potřeby odběratelů hnojiv. Provozovatel má dále povinnost tzv. registrace hnojiv.

Z hlediska provozu BPS a tedy i nakládání s výstupním materiálem je nutné uvažovat i technologii separace digestátu. To je řešeno šnekovými separátory, odstředivkami, zřídka i sítopásovými lisy.

V projektu se zohlední očekávané vlastnosti digestátu, počet provozních hodin separačního zařízení, zohlednit možnosti výskytu poruch a jejich řešení. Samozřejmě navrhnout i vhodnou velikost skladovacích prostor.

### 5.2.5 Provoz BPS

Je-li BPS připravena na provoz, jsou splněny všechny předpoklady správného fungování BPS z technické stránky. Pro bezproblémový chod BPS je nutné zajistit vhodné řízení a monitoring celého procesu. Správný způsob řízení BPS by měl být z hlediska projektanta a provozovatele řešen především přípravou kvalitních provozních řádů, definující všechny potřebné úkony za jakýchkoliv provozních podmínek, zvláště při zpracování odpadů, jejichž vlastnosti a tím i provozní podmínky jsou do jisté míry proměnlivé. Vlastní monitoring provozu BPS by měl kromě monitorování teploty a výtěžnosti bioplynu obsahovat také údaje o obsahu dusíku, pracovní sušině, obsahu mastných kyselin, kvality bioplynu apod. Zjištění problému v provozu na základě poklesu výtěžnosti bioplynu je v praxi nevýhodné, jelikož už je většinou pozdě a odstraňování problému je zpravidla nákladnější, než v případě včasného zásahu do procesu fermentace. Pravidelný a kvalifikovaný monitoring je schopen předejít většině provozních problémů, které mají za následek vždy pokles vyrobené elektrické energie. Důležitý je tedy jak monitoring v reálném čase, technické zařízení pro změny parametrů procesu během provozu, tak i kvalifikovaný personál. [13]

### 5.3 Výstavba zdrojů s ORC technologií

V našich podmínkách se energetické výroby s použitím cyklu ORC rozvíjí pomalejším tempem, než např. BPS. Jak plyne z ekonomického zhodnocení jednotek ORC, cena těchto zařízení je přibližně dvakrát až třikrát vyšší než v případě BPS. To platí při uvažování ceny zařízení s ohledem na instalovaný výkon, jinými slovy poměr Kč/kW. Jak je patrné z [4], celé zařízení se skládá v podstatě ze 3 částí. Těmi jsou kotel, jednotka ORC a technologické okruhy včetně stavebního zajištění. Jelikož je technologie ORC u nás relativně nová, obrací se investoři se záměrem výstavby na ověřené firmy z oboru, které zrealizovaly desítky fungujících instalací po celém světě (TURBODEN v 28 zemích). U nás se jedná o 3 firmy. Kotel dodává firma Kohlbach, ORC jednotku firma TURBODEN a technologické okruhy včetně všech potřebných doprovodných zařízení zajišťuje firma Schiestl s.r.o., případně pracovníci z vlastních řad.

Během výstavby se nesmí podcenit žádný detail při montáži jednotlivých zařízení, právě to je v drtivé většině případů důvod poruch při zkušebním provozu. Spolehlivost zařízení ORC a kotle je velice vysoká a ve většině případů je problém s dosažením jmenovitých hodnot způsoben během montáže technologických zařízení.

Ovšem spojení výše zmíněných 3 společností většinou zaručuje spolehlivý provoz po nutném záběhu turbíny. Odkážeme-li se na instalaci ORC jednotky v Trhových Svinech, je patrná maximální profesionalita pracovníků Kohlbach a TURBODEN:

„Zkušenost výrobců Kohlbach a TURBODEN se prokázala i při výkonových testech zařízení, kdy splnění předem garantovaných parametrů (tepelný výkon, teplota oleje, čistý elektrický výkon na prodej) nebylo problémem a soustrojí ihned po nezbytné záběhové době turbíny pracuje trvale na maximální výkon (garantovaný elektrický výkon 600 kW je běžně překračován o 10 %). Obdivuhodná zkušenost, dokonale zvládnutá výroba a profesionalita pracovníků firmy TURBODEN se prokázala i při vlastní instalaci modulu ORC, kdy byl kompletně smontovaný modul přímo z dopravního prostředku uložen na základ, během 3 dnů byl propojen pracovníky TURBODEN s elektrickými rozvaděči a po zaizolování a napojení na zdroj tepla opět během několika hodin a to již formou internetového připojení přímo z Itálie, seřízen a spuštěn do provozu bez jakékoli nutné asistence pracovníků na místě montáže. Další odstávky a připojování modulu ORC (na obrazovce PC lze sledovat 22 fází spouštěcího procesu) probíhá naprosto automaticky a to skutečně pouze zmáčknutím jednoho tlačítka na PC.[14]“

### 5.4 Provoz zdrojů s technologií ORC

Poznatky z praxe dokazují, že při dodržení pracovních postupů a splnění všech plánů instalací nebývá problém se stabilitou jmenovitého výkonu na svorkách generátoru. Pokud se na nově vznikajících zařízeních objeví nějaké komplikace, byly většinou způsobeny nedostatky na straně dodavatele příslušenství termoolejového okruhu, kde někteří výrobci podcení jeho vlastnosti při 300 °C. V každém okruhu jsou umístěny sondy, které hlídají jeho vlastnosti jako teplota, tlak, viskozita, čistota apod. V případě odchylky od normálu ihned automatický systém hlásí velínu a dělá předurčené úkony. Celý systém je plně automatický, personál v provozu je hlavně pro údržbu a dozor nad bezproblémovým chodem. V případě poruchy nebo nestandardního provozu je personál ihned informován o situaci na PC.

Závady na zařízení bývají většinou způsobeny buď nevhodnou montáží, únavou materiálu či nevhodností jeho použití. Typicky se jedná o závady na těsnících prvcích nebo spolehlivosti dílů, kdy výrobce podcení parametry termooleje a dochází k poruchám. Během provozu a tedy při

točícím se turbosoustrojím jsou jeho části mechanicky namáhány, a to především mechanické části vystavované tlaku, ventily, ložiska v generátoru a celkově všechny mechanické části díla. Důvodem odstávky elektrárny může být například klepající ložisko na turbíně, což by bez včasného zásahu vedlo ke značným škodám. Dále se provozovatel může setkat se špatným palivem, což se samozřejmě projeví na vyrobené elektřině, nečistotami v palivu jako např. železné předměty, nadměrným usazováním nečistot v prostoru kotle, přebytkem strusky v kotli apod. V takovýchto případech se musí elektrárna odstavit a problém vyřešit manuálně příp. vlézt do téměř vychladnutého kotle v obleku odolávajícím vysokým teplotám.

Výhodou ORC cyklu je ten, že může pracovat v širokém rozmezí provozního zatížení bez větších ztrát, což umožňuje regulaci výkonu na turbíně i v kotli s vysokou účinností, což je výhodné i z ekonomického hlediska. Regulace probíhá z velínu elektrárny a vzhledem k tomu, že všechny parametry jsou dostupné online, je možné měnit provozní stavy i z centrály v Itálii, z praktických důvodů za asistence personálu na provozovně. V ORC cyklech se na výstupu používají asynchronní stroje z důvodu snadného opětovného rozběhu v případě výpadku na rozdíl od synchronního stroje, který se sám nerozběhne. To platí pro zdroje tohoto typu s výkonem do 3 MW<sub>e</sub>. Bohužel zkušenosti z provozu elektráren ORC si majitelé velmi pečlivě střeží, což je pochopitelné vzhledem ke konkurenci, obzvláště v tomto odvětví obnovitelných zdrojů energie a situaci na dnešním trhu. Navíc tento druh zařízení je u nás relativně mladý a počty zdrojů tohoto typu rostou velmi pomalu. Oproti BPS jejich růst roste pomaleji i kvůli zdaleka ne tolika vhodným lokalitám k výstavbě, jako je to v případě BPS.



## 6 DOTACE

Biomasa jako zdroj primární energie má na našem území značný potenciál. Mimo jiné je to dáno i tím, že biomasa má u nás přirozené podmínky a je nezastupitelným zdrojem obnovitelné energie. Celkový trend spotřeby biomasy pro energetické účely má stále narůstající charakter, což přispívá i k rozvoji hospodaření s touto surovinou. Přestože vyrobené množství energie z biomasy na našem území nemůže konkurovat konvenčním způsobům výroby energie z fosilních paliv, může se biomasa stát alternativou náhrady ztenčujícím se zásobám konvenčních zdrojů primární energie. Je zřejmé, že právě biomasa se může stát majoritním nositelem cíle ČR, který spočívá ve výrobě 13,1 % energie z obnovitelných zdrojů do roku 2020. Aby tato skutečnost mohla být naplněna, je nutné nastavit takové podmínky pro provozovatele výroben tohoto typu, aby pro ně byl záměr výroby energie z biomasy atraktivní resp., aby byl výdělečný. Provozovatelé energetických výroben na biomasu jsou motivováni dotacemi buď od státu, nebo od Evropské unie. Chce-li provozovatel pobírat dotace, musí splnit řadu podmínek. Některé z nich vycházejí z návrhu Akčního plánu pro biomasu v ČR na období 2012-2020. Patří k nim např.:

- Efekty z výroby biomasy a následné výroby konečné energie z biomasy, včetně efektů z vyplacených podpor pro výrobu biomasy z veřejných rozpočtů a kapes daňových poplatníků v maximální možné míře zůstanou v ČR.
- Biomasa bude sloužit jako náhrada (alternativa) za ztenčující se zásoby fosilních paliv, které jsou v současné době významným palivem pro výrobu tepla jak v domácnostech, tak i ve zdrojích soustav zásobování tepelnou energií a pro výrobu elektřiny.
- Biomasa, která je relativně snadno skladovatelná a spalitelná v domácnostech bude „ponechána“ primárně pro výrobu tepla v domácnostech.
- Systém podpory výroby a využití biomasy pro energetické účely bude nastaven tak, aby na straně jedné došlo ke skutečnému rozvoji a využití dostupného potenciálu a na straně druhé nedocházelo ke zbytečnému vynakládání finančních prostředků z veřejných rozpočtů a kapes daňových poplatníků na podporu výroby a využití biomasy. [4]

Dotačních programů je celá řada na mnoho odvětví týkající se bioenergetiky. Formou dotace je vždy finanční výpomoc pro realizaci projektu. Forma dotace se může lišit v závislosti na dotovaném projektu nebo v dnešním systému i na čase. Čas je u dotací rozhodující, neboť dotační programy se aktualizují každý rok a to, co bylo výhodně dotováno minulý rok, nemusí být výhodně dotováno letos či nemusí být dotováno vůbec. Bohužel legislativa nutná k získání dotace na ten či onen projekt je zdoluhavá cesta a ne každý má na to čas. Z tohoto důvodu vznikají různé poradenské společnosti, které za určitou provizi zařídí dotaci projektu, pokud je ovšem dotace schválena státem.

V oblasti získávání energie z biopaliv jsou následující dotační programy:

- Bioplynové stanice
- Tvarovaná biopaliva
- Kotelny a výtopny na biomasu
- Provozovna
- Dotace na rychle rostoucí dřeviny

## 6.1 Bioplynové stanice

Tento program je zaměřen především na výstavbu a modernizaci bioplynových stanic. Program v sobě obsahuje následující části:

- **Dotace v rámci bioplynové stanice:** (např. dotace na skladovací kapacity, technologie homogenizace a hygieničce, fermentační technologie, plynové hospodářství, kogenerační jednotky, rozvody tepla, elektroinstalace, technologie odsíření apod.)
- **Dotace na úpravu areálu bioplynové stanice:** (např. úpravy povrchů, odstavná a parkovací stání, skladová hospodářství, manipulační plochy, účelové komunikace, osvětlení, oplocení, nákup a výsadba doprovodné zeleně apod.)
- **Dotace na technologie čištění bioplynu za účelem použití v dopravě:** (např. technologie pro odsíření, technologie pro snížení obsahu CO<sub>2</sub> aj.)
- **Dotace na veřejnou plnicí stanici**
- **Dotace na montáž a zkoušky** (před uvedením pořizovaného majetku do stavu způsobilého užívání)

Výše dotace se pohybuje v rozmezí 30 – 60 % celkových investičních nákladů. Závisí na druhu investičních výdajů, na regionu i na velikosti projektu resp. podniku.

Program je určen pro:

- Fyzickou nebo právnickou osobu, která podniká minimálně 2 roky v zemědělské výrobě v souladu se zákonem č. 252/1997 Sb., o zemědělství a zároveň není mikropodnikem.
- Fyzickou nebo právnickou osobu, která je bez podnikatelské historie, která podniká nebo bude podnikat v zemědělské výrobě v souladu se zákonem č. 252/1997 Sb., o zemědělství a je mikropodnikem.

Základní podmínky pro uznání dotace:

- Žadatel musí mít prokazatelně uspořádány vlastnické nebo nájemní vztahy k nemovitostem, které souvisí s realizací projektu.
- Způsobilým výdajem nesmí být nákup použitých zařízení nebo silničních vozidel.
- Maximální výše investice je 75 mil. Kč na projekt.
- Převažující činnost žadatele musí spadat do zemědělské výroby.

## 6.2 Tvarovaná biopaliva

Dotační program na tvarovaná biopaliva je zaměřen především na výstavbu a modernizaci zařízení na výrobu alternativních paliv z biomasy jako jsou brikety, pelety, peletky apod. Dotace je možné čerpat v následujících oblastech:

- Dotace na zařízení k výrobě biopaliv (výstavba, modernizace, rozšiřování kapacit objektů včetně zázemí pro zaměstnance – rozvody, přípojky, sociální zázemí apod.)
- Dotace na technologie (např. dotace na technologie skladovacích prostor, dotace na výstavbu peletovací/briketovací linky, příjmů, dopravy biomasy, technologie dezintegrace biomasy, sušení, lisování, elektroinstalace a všech aspektů spojených s technologií výrobních linek včetně nezbytné výpočetní techniky)
- Dotace na úpravu areálu provozovny (zpevnění povrchů, oplocení areálu, dotace na nákup a výsadbu doprovodné zeleně aj.)
- Dotace na montáž a zkoušky (před uvedením pořízovaného majetku do způsobilého užívání)

Výše dotace je v rozmezí 20 – 60 % z celkových pořízovacích nákladů, závisí zejména na regionu a velikosti podniku, který o dotaci žádá.

Program je určen pro:

- Fyzickou nebo právnickou osobu, která podniká minimálně 2 roky v zemědělské výrobě v souladu se zákonem č. 252/1997 Sb., o zemědělství a není mikropodnikem
- Fyzickou nebo právnickou osobu, která je bez podnikatelské historie, která podniká nebo bude podnikat v zemědělské výrobě v souladu se zákonem č. 252/1997 Sb., o zemědělství a je mikropodnikem.

Základní podmínky pro uznání dotace:

- Žadatel musí mít prokazatelně uspořádány vlastnické nebo nájemní vztahy k nemovitostem, které souvisí s realizací projektu.
- Způsobilým výdajem nesmí být nákup použitých zařízení nebo silničních vozidel.
- Maximální výše investice je 15 mil. Kč na projekt; v případě mikropodniku bez historie je maximální výše investice 10 mil. Kč na projekt.
- Převažující činnost žadatele musí spadat do zemědělské výroby.

## 6.3 Kotelny a výtopny na biomasu

Program je zaměřen na podporu výstavby a modernizace kotelen a výtopen na biomasu včetně kogenerační výroby tepla a elektřiny. Dotace jsou rozděleny do těchto oblastí:

- Dotace na výstavbu, přestavbu nebo rekonstrukci výtopny nebo kotelny na biomasu (včetně technického zázemí pro zaměstnance – rozvody, přípojky, sociální zařízení)
- Dotace na pořízení nových technologií (dotace např. na technologii skladování paliva, dotace na kotel, na dopravu paliva do kotle, odprášení kotle, na kabeláž, rozvodny, elektroinstalace, na nezbytnou výpočetní techniku)
- Dotace na úpravu areálu provozu (zpevnění povrchů, odstavná a parkovací stání, osvětlení, oplocení, na nákup a výsadbu doprovodné zeleně apod.)
- Dotace na montáž a zkoušky (před uvedením pořízovaného majetku do způsobilého užívání)

Dnes se kromě výtopen jako zdroje centrálního zásobování teplem uvažuje hlavně dotování kogenerační výroby tepla a elektřiny z biomasy. Výše dotace je až 60 % z celkových nákladů. Závisí zejména na regionu a velikosti podniku, který o dotaci žádá.

Program je určen pro:

- Fyzickou nebo právnickou osobu, která podniká minimálně 2 roky v zemědělské výrobě v souladu se zákonem č. 252/1997 Sb., o zemědělství a není mikropodnikem.
- Fyzickou nebo právnickou osobu, která je bez podnikatelské historie, která podniká nebo bude podnikat v zemědělské výrobě v souladu se zákonem č. 252/1997 Sb., o zemědělství a je mikropodnikem.

Základní podmínky pro uznání dotace:

- Žadatel musí mít prokazatelně uspořádány vlastnické nebo nájemní vztahy k nemovitostem, které souvisí s realizací projektu.
- Způsobilým výdajem nesmí být nákup použitých zařízení nebo silničních vozidel.
- Maximální výše investice je 50 mil. Kč.
- Převažující činnost žadatele musí spadat do zemědělské výroby.
- Spalovat je možné pouze čistou biomasu bez přídavku fosilních paliv a jiných materiálů.

## 6.4 Provozovna

Program podporuje hlavně provozy zabývající se zpracováním zejména lesních produktů (dřevo, odpadní biomasa aj.). Podstatou dotace je výstavba nebo modernizace provozovny včetně nákupu pozemků a nemovitostí. Dále se jedná o dotace na nové strojní vybavení, techniku a technologii provozovny. Jedná se např. o vybudování skladu řeziva, výstavbu sušárny řeziva, modernizaci/nákup pily, čelního nakladače apod.

Program je určen pro:

- Zemědělského podnikatele podle zákona č. 252/1997 Sb.
- Fyzickou nebo právnickou osobu podnikající v lesnictví nebo souvisejícím odvětví, pokud je držitelem některé z těchto živností:
  - Poskytování služeb pro zemědělství, lesnictví, zahradnictví, rybníkářství a myslivost
  - Zpracování dřeva
  - Výroba dřevěných, korkových, proutěných a slaměných výrobků
  - Výroba vlákniny, papíru a lepenky a zboží z těchto materiálů
  - Činnost odborného lesního hospodáře
  - Nakládání s reprodukčním materiálem lesních dřevin

Základní podmínky pro uznání dotace:

- Žadatel musí splňovat definici mikropodniku (do 10 zaměstnanců a roční obrat do 2 mil Eur).
- Způsobilým výdajem nesmí být dělicí pila na deskové řezivo a CNC stroje (dotace je poskytována za účelem výroby polotovarů, nikoliv nábytku).
- Žadatel musí mít prokazatelně uspořádány vlastnické nebo nájemní vztahy k nemovitostem, které souvisí s realizací projektu.
- Podpora je poskytována v režimu „de minimis“.

## 6.5 Dotace na rychle rostoucí dřeviny

Záměrem je podpora zakládání porostů rychle rostoucích dřevin na zemědělské půdě k následnému energetickému využití. Hlavním cílem je zajištění stabilnější finanční situace zemědělských farem formou rozvoje hospodaření a tím zvýšení konkurence schopnosti zemědělských podniků. Přínos zakládání plantáží rychle rostoucích dřevin je také ve zvýšení podílu zornění půdy a snížení počtu neobhospodařovaných polí. Vysazování RRD přispívá mj. i ke snožování skleníkového plynu CO<sub>2</sub>.

Program je určen pro:

Zemědělské podnikatele dle zákona č. 252/1997 Sb., o zemědělství, hospodařících na zemědělských pozemcích. [15]

Výše dotací se liší od použité RRD a pohybuje se okolo 30 % ceny každé sazenice.

## 7 ZÁVĚR

Energie z biomasy je dnes hojně zastoupeným obnovitelným zdrojem energie, jejím spalováním se nepřispívá k tvorbě oxidu uhličitého tvořící skleníkový efekt. Je v zájmu všech snižovat podíl energetických zdrojů využívajících fosilní paliva. Během posledních 10 až 15 let nastal na našem území velký rozvoj energetiky v oblasti OZE. Energetické výroby na biomasu rostou na našem území přiměřeně situaci na trhu. Největší rozvoj se týkal bioplynových stanic, kterých u nás za posledních 10 let vyrostly stovky.

Současný stav práce nastiňuje pohled na 3 typy výroben elektřiny z biomasy resp. organického materiálu. Uvádí metody hodnocení investic, které se používají k rozhodování, zda je uvažovaný záměr výhodný nebo slouží k porovnání více záměrů mezi sebou. Zároveň uvádí doporučení pro výstavbu uvažovaných zdrojů na území ČR s ohledem na ekonomickou náročnost, místní podmínky i na dostupnost surovin. Dalším bodem je shrnutí možných dotací od státu, které může provozovatel nejen elektrárny využít k efektivnímu využívání biomasy.

Zhodnocením 3 typů uvažovaných energetických výroben bylo dosaženo několika poznatků. Na území ČR je nevhodné stavět elektrárnu s parním oběhem spalující biomasu, protože by pro optimální provoz při přijatelné účinnosti bylo nutné svázat biomasu ze vzdálenosti přes 100 km, což by bylo nejen velice nevhodné, ale mařila by se tím i prvotní myšlenka snížit emise oxidu uhličitého. Investiční náklady na elektrárnu využívající ORC cyklu jsou téměř dvojnásobné než v případě BPS z pohledu nákladů na instalovaný kW elektrické energie. Obě tyto technologie jistě mají u nás uplatnění a budoucnost. Na našem území, kde je velké procento zemědělských ploch a tedy velké množství bioodpadu po sklizni či od hospodářských zvířat, je vhodné stavět BPS s přiřazenými kogeneračními jednotkami spalující bioplyn přímo v areálu provozovny. Výroby ORC je nutné stavět s co možná největším odbytem tepla, jelikož vysoká účinnost přeměny energie z biomasy je vykoupena hlavně produkcí většího množství tepla a relativně nízkému podílu elektrické energie k celkové vyrobené energii.

Budoucí rozvoj BPS by měl spočívat v předimenzování výrobních jednotek k výrobě elektřiny během dne. Proces tvorby plynu by měl kontinuální charakter, avšak kogenerační jednotka by byla v provozu pouze poloviční dobu na dvojnásobný výkon, než doposud. Dodávala by elektrickou energii pouze ve dne, kdy je jí nedostatek a naopak v noci, kdy je energie přebytek by BPS pouze produkovala bioplyn. Protože se v BPS jedná o spalovací turbíny, je jejich odstavení a rozběh bezproblémový bez větších dopadů na hospodárnost provozu. ORC cyklus patří mezi zdroje, které musí běžet nepřetržitě, protože přerušení jejich provozu je ekonomicky znatelnější. Jejich výhodou je však možnost provozu v širokém rozmezí zatížení bez ztráty účinnosti.

Problematika spalování biomasy má na naší planetě tradici několika tisíců let, avšak stále nejsou dostupné technologie pro její efektivní přeměnu na elektrickou energii, která je nejušlechtlejší. Další postup by měl směřovat ke zvyšování poměru vyrobené elektřiny k množství vyrobeného tepla. Problém přebytečného tepla je dán jak principy dosud provozovaných technologií, tak možnostmi jeho přenosu na vzdálenější místa spotřeby. V současné době je elektřina z biomasy jako sypkého dřevnatého materiálu výsadou ORC systému, alespoň v našich zeměpisných šířkách. Ovšem poměr vyrobeného tepla a elektřiny je 4/1 až 5/1. I přes tato omezení je technologie ORC s účinností 97% velice efektivním zdrojem energie v případě, že všechno vyrobené teplo najde uplatnění.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] SCHOLLEOVÁ, H. Ekonomické a finanční řízení pro neekonomy. 1. vyd. [s.l.] : Grada Publishing, a. s., 2008. 256 s. ISBN 978-80-247-2424-9
- [2] KONRÁD, R. *Hodnocení efektivnosti investičních projektů*. Brno, 2008. Dostupné z: [http://is.muni.cz/th/171562/esf\\_b/KHBP\\_171562.pdf](http://is.muni.cz/th/171562/esf_b/KHBP_171562.pdf)
- [3] VACHTOVÁ, J. Cash Flow - peněžní toky: Základy Cash Flow. [online]. [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.vachtova.cz/ucetnictvi/vyklady/198-zaklady-cash-flow>
- [4] ŠPINAR, M. *Ekonomické aspekty stavby a provozu tepelné elektrárny na biomasu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 30 s. Vedoucí semestrální práce doc. Ing. Petr Mastný, Ph.D..
- [5] OCHODEK, T, J. KOLONIČNÝ a M. BRANC. *Ekonomika při energetickém využívání biomasy*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2008. 115 s. ISBN 978-80-248-1751-4
- [6] Elektřina z biomasy: ORC (Organický Rankinov cyklus). INTECH SLOVAKIA. [online]. Dostupné z: <http://www.intechenergo.sk/sekcie/energia-z-biomasy/elektrina-z-biomasy/orc-organicky>
- [7] *MM Průmyslové spektrum: Výroba: Ekologie: Parní turbíny pro elektrárny na biomasu*. 2004, roč. 8, č. 11. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/parni-turbiny-pro-elektrarny-na-biomasu.html>
- [8] TTS BOILERS. *Kotle: ORC* [online]. [cit. 2013-03-14]. Dostupné z: <http://www.tts.cz/cz/boilers/orc.html>
- [9] Nazeleno.cz: *Bioplynová stanice*. [online]. 2008. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/bioplynova-stanice.dic> ISSN 1432-0487
- [10] Ekologická energie: Jak fungují bioplynové stanice?. EON. [online]. [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://eon.energieplus.cz/ekologicka-energie/bioplyn-1/jak-funguji-bioplynovye-stanice-ukazkovy-priklad-zajimaveho-reseni-z-trebone>
- [11] Vyhláška ze 30. listopadu 2005. In: Dostupné z: [http://www.eru.cz/user\\_data/files/legislativa/legislativa\\_CR/Vyhlaska/475/475\\_2005\\_3\\_11\\_2010.pdf](http://www.eru.cz/user_data/files/legislativa/legislativa_CR/Vyhlaska/475/475_2005_3_11_2010.pdf)
- [12] BLÁHA, P. Možnost využití bioplynových stanic pro pokrytí vysoké denní spotřeby elektřiny v elektrizační soustavě ČR. *Biom.cz* [online]. 2007 [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyuziti-bioplynovych-stanic-pro-pokryti-velkecasti-vysoke-denni-spotreby-elektriny-v-elektrizacni-soustave-CR>
- [13] DVOŘÁČEK, T: Základní problémy přípravy a provozu bioplynových stanic v České republice. *Biom.cz* [online]. 2008-10-01 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zakladni-problemy-pripravy-a-provozu-bioplynovych-stanic-v-ceske-republice>. ISSN: 1801-2655
- [14] KARABEC, L. Tepelné hospodářství Trhové Sviny: ORC Trhové Sviny - zahájení trvalého provozu. [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://thts.hledam-najdu.cz/orc.html>
- [15] ALNIO GROUP S.R.O. *Dotační služby* [online]. Brno [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.dotacnisluzby.cz>