

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2011

JIŘÍ PELÍŠEK



Rozbor parametrů vybrané bioplynové stanice
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Ing. Martin Fajman, Ph.D.

Vypracoval:
Jiří Pelíšek

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Rozbor parametrů vybrané bioplynové stanice vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příloženém seznamu literatury.

Bakalářská práce je školním dílem a může být použita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně.

dne

podpis diplomanta

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Martinu Fajmanovi, Ph.D. za odborné vedení a připomínky při zpracovávání této práce.

ABSTRAKT

Bakalářská práce s názvem Rozbor parametrů vybrané bioplynové stanice, se zabývá především problematikou vzniku, získávání a využívání bioplynu v zemědělských bioplynových stanicích a technologickými parametry těchto zařízení.

První část práce poskytuje všeobecný úvod do problematiky vzniku a vlastností bioplynu, dále pojednává o zařízeních pracujících s bioplynem a technologiích v nich využitých a popisuje historický a současný stav využívání bioplynu jako obnovitelného zdroje energie.

Druhá část práce se zaměřuje na zemědělské bioplynové stanice a využívání bioplynu v nich, a to popisem technologie a technických parametrů dvou konkrétních provozů.

ABSTRACT

Bachelor thesis entitled Analysis of parameters of select biogas plants, mainly deals with issues of creation, acquisition and use of biogas in rural biogas plants and the technological parameters of these devices.

The first part provides a general introduction into the origin and properties of biogas and also discusses the plants working with biogas plants and their technologies that have developed, and finally of describes the history and current status of the use of biogas as a renewable energy source.

The second section focuses on farm biogas stations and use of biogas in them, and it describes the technology and technical parameters of the two specific plants.

KLÍČOVÁ SLOVA

Bioplyn, biomasa, anaerobní fermentace, kogenerace.

KEY WORDS

Biogas, biomass, anaerobic digestion, cogeneration.

OBSAH

ÚVOD	9
CÍL PRÁCE.....	10
1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY	11
1.1 BIOPLYN	11
1.2 VZNIK BIOPLYNU	11
1.2.1 <i>Hydrolyza</i>	11
1.2.2 <i>Acidogeneze</i>	11
1.2.3 <i>Acetogeneze</i>	12
1.2.4 <i>Methanogeneze</i>	12
1.3 SLOŽENÍ A VLASTNOSTI BIOPLYNU	12
1.3.1 <i>Faktory ovlivňující složení bioplynu</i>	13
1.3.1.1 Poměr C : N	13
1.3.1.2 Obsah sušiny	14
1.3.1.3 pH prostředí	14
1.3.1.4 Teplota prostředí	14
1.4 ZÍSKÁVÁNÍ BIOPLYNU.....	14
1.4.1 <i>Anaerobní fermentace</i>	15
1.4.1.1 Mokrý fermentace	15
1.4.1.2 Suchá fermentace	17
1.5 VYUŽITÍ BIOPLYNU	18
1.6 BIOPLYNOVÁ STANICE.....	18
1.6.1 <i>Zemědělská bioplynová stanice</i>	19
1.6.1.1 Příprava substrátu.....	19
1.6.1.2 Proces anaerobní fermentace.....	20
1.6.1.3 Vzniklý bioplyn.....	21
1.6.1.4 Kogenerace	22
1.6.2 <i>Komunální bioplynová stanice</i>	24
1.6.3 <i>Průmyslová bioplynová stanice</i>	25
2 HISTORIE VYUŽÍVÁNÍ BIOPLYNU.....	26
2.1 VYUŽÍVÁNÍ BIOPLYNU V MINULOSTI.....	26
2.2 VYUŽÍVÁNÍ BIOPLYNU V DNEŠNÍ DOBĚ.....	28
2.3 VYUŽÍVÁNÍ BIOPLYNU V ČR A EU.....	28
3 ROZBOR PARAMETRŮ KONKRÉTNÍ BIOPLYNOVÉ STANICE	31
3.1 BIOPLYNOVÁ STANICE VOD JETŘICHOVEC	31
3.1.1 <i>Charakteristika podniku</i>	31
3.1.2 <i>Charakteristika a parametry Bioplynové stanice VOD Jetřichovec</i>	32
3.1.2.1 Proces fermentace	32
3.1.2.2 Kogenerace	34
3.1.3 <i>Využití vyrobené energie</i>	35
3.1.3.1 Elektrická energie	35
3.1.3.2 Odpadní teplo.....	35
3.2 BIOPLYNOVÁ STANICE PODNIKU SPV SPOL. S.R.O PELHŘIMOV	37
3.2.1 <i>Základní charakteristika podniku</i>	37
3.2.2 <i>Charakteristika a parametry bioplynové stanice</i>	38
3.2.2.1 Proces fermentace	38
3.2.2.2 Kogenerace	40
3.2.3 <i>Využití vyrobené energie</i>	41
3.2.3.1 Elektrická energie	41
3.2.3.2 Odpadní teplo.....	41
4 VÝSLEDKY A DISKUSE.....	43
4.1 VLASTNÍ ZHODNOCENÍ KONKRÉTNÍCH BPS POPSANÝCH V TÉTO PRÁCI A POSOUZENÍ JEJICH VHODNOSTI VZHEDEM K CHARAKTERISTIKÁM KONKRÉTNÍCH PODNIKŮ	43

4.2	POSOUZENÍ INVESTIC NA VÝSTAVBU ZEMĚDĚLSKÉ BPS A PRŮMĚRNÁ DOBA JEJICH NÁVRATNOSTI V PODMÍNKÁCH ČR	44
4.3	POTENCIÁL BIOPLYNU A BPS A JEJICH VYUŽITÍ DO BUDOUCNA.....	45
4.4	ZÁVĚR	46
SEZNAM LITERATURY		47
SEZNAM OBRÁZKŮ		50
SEZNAM TABULEK.....		51
SEZNAM ZKRATEK		52

ÚVOD

Současná doba a životní styl obyvatel většiny kontinentů jsou vzhledem k svému technickému a průmyslovému charakteru stále náročnější na spotřebu zdrojů ve formě materiálů a energií. Na druhou stranu, je ale snahou většiny producentů i spotřebitelů těchto zdrojů, aby způsoby jejich získávání byly co nejšetrnější k životnímu prostředí. Zaměříme-li se na stále se zvyšující spotřebu energií, je z tohoto zřejmé, že v globálním měřítku je snaha o to, vyrobit velké množství energie při co nejmenším zatížení životního prostředí a nezvyšující se ekonomické náročnosti. Vzhledem k těmto požadavkům je stále více aktuální otázka uplatnění obnovitelných (alternativních) zdrojů energie.

Už od dob průmyslové revoluce, až dodnes, je pokrytí energetických nároků z největší části zajišťováno primárními zdroji na bázi fosilních paliv. Fosilní paliva tvoří jednu z hlavních složek mezi energetickými zdroji. Tato paliva mají bezesporu své výhody, mezi ně patří např. poměrně snadná dostupnost a získávání, možnost velkoobjemného skladování a dopravy, ale na druhou stranu mají poměrně širokou škálu nedostatků, do kterých lze zahrnout např. jejich omezené množství, škodlivost životnímu prostředí při jejich využívání atd. Vzhledem k těmto faktům a bezesporu také proto, že závislost naší populace na fosilních palivech je velmi vysoká, je pochopitelné, že většina zemí a států se snaží podporovat rozvoj obnovitelných zdrojů energií na svém území. Např. Česká republika se EU v přístupové dohodě v Aténách v roce 2003 zavázala, že do roku 2010 bude energie z alternativních zdrojů tvořit nejméně 8 % její celkové produkce. Mezi obnovitelné zdroje energie patří např. energie slunečního záření, vody, větru, energie uvolňovaná spalováním biomasy atd. [1]

Pro účely této práce jsem se zaměřil na energii získávanou z biomasy a to konkrétně spalováním tzv. bioplynu. Tento způsob přeměny energie patří k obnovitelným zdrojům a zároveň napomáhá minimalizovat škody na životním prostředí vzniklé nevhodným zacházením se zemědělskými a jinými biologickými odpady a únikem bioplynu volně do atmosféry, jako třeba v případě neodplyněných skládek.

Cíl práce

Cílem této práce, je přiblížit a popsat proces vzniku, získávání a využívání bioplynu, zhodnotit vývoj zařízení pracujících s bioplynem v minulosti a současné době, na základě konkrétní bioplynové stanice, popsat její hlavní parametry a vyvodit z tohoto závěry a možná doporučení.

První část se zaměřuje na všeobecnou problematiku týkající se bioplynu, bioplynových stanic a historii jejich vývoje. Konkrétní proces výroby a využití bioplynu bych se chtěl pokusit přiblížit v další části práce a to popisem dvou konkrétních bioplynových stanic. Jako popisovanou předlohu jsem využil bioplynovou stanici podniku SPV spol. s.r.o Pelhřimov a bioplynovou stanici patřící VOD Jetřichovec.

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

1.1 Bioplyn

Bioplyn, je označení pro plyn, který vzniká převážně při tzv. anaerobní fermentaci (digesci) organických materiálů za specifických podmínek.

1.2 Vznik bioplynu

Tento biologický rozklad je složitým vícestupňovým procesem, na jehož konci působením acetotrofních, hydrogenotrofních a methanogeních mikroorganismů vzniká bioplyn. [2]

Proces rozkladu organických látek se dělí do 4 fází:

- hydrolýza
- acidogeneze
- acetogeneze
- methanogeneze

1.2.1 Hydrolýza

Ve fázi hydrolýzy jsou rozkládány složité vazby (polysacharidy, lipidy, proteiny) na vazby jednodušší, které jsou rozpustné ve vodě. Tento stupeň je intenzivnější u technologií tzv. mokrých, zpracovávajících biomasu v tekuté formě (obsah sušiny do 14%) a méně intenzivnější až nedostatečný u technologií tzv. suchých, které zpracovávají biomasu v tuhém stavu. [3]

1.2.2 Acidogeneze

Ve fázi acidogeneze je odstraňován vzdušný kyslík a vytváří se anaerobní prostředí. Tato přeměna je umožňována anaerobními mikroorganismy, které jsou štěpeny na

jednodušší látky (CO_2 , H_2 , alkoholy, kyseliny), které jsou schopné aktivace v obou prostředích. [4] [5]

1.2.3 Acetogeneze

Ve fázi acetogeneze jsou organické kyseliny převáděny acidogenními kmeny bakterií na kyselinu octovou, oxid uhličitý a vodík. Dochází tak k dalšímu rozkladu kyselin a alkoholů za produkce kyseliny octové. [5]

1.2.4 Methanogeneze

Fáze methanogeneze je posledním krokem anaerobního rozkladu. Z kyseliny octové, H_2 a CO_2 vzniká metan CH_4 . Tento krok je prováděn methanogenními bakteriemi. Methanogenní bakterie jsou striktně anaerobní organismy, které jsou podobné nejstarším organismům na Zemi. [5]

Bioplyn může vznikat volně v přírodě nebo při reakcích částečně řízených člověkem. Jako příklad jeho vzniku v přírodě je možné uvést vyhnívání zbytků těl živočichů a rostlin za nepřístupu vzduchu v bažinách a mokřinách. V tomto případě bývá bioplyn také označován triviálním názvem jako tzv. bahenní plyn. Dalším příkladem jeho vzniku v přírodě je jeho produkce metabolickými pochody v tělech živočichů. Volně vznikající bioplyn je většinou uvolňován do atmosféry a vzhledem k svým vlastnostem je považován za tzv. skleníkový plyn.

1.3 Složení a vlastnosti bioplynu

Ideální bioplyn je plynnou sloučeninou metanu CH_4 a oxidu uhličitého CO_2 s převahou metanu. Bohužel, tohoto ideálního stavu nelze zcela dosáhnout a vzhledem k vlastnostem reakce, při které bioplyn vzniká obsahuje ještě další látky např. O_2 , Ar, N_2 , H_2S , HCN, N_2O , NH_3 , jejich deriváty a vodní páru. Výhřevnost bioplynu se pohybuje kolem $16\text{-}24 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ podle složení. [6]

1.3.1 Faktory ovlivňující složení bioplynu

Vlivů působících na průběh anaerobní fermentace a tím i na složení výsledného bioplynu je mnoho. Mezi ty nejdůležitější je možno zařadit:

- složení vstupního materiálu (poměr C : N)
- obsah sušiny ve vstupním materiálu
- pH prostředí (kyselost)
- teplota prostředí
- použitá technologie

1.3.1.1 Poměr C : N

C : N vyjadřuje poměr mezi látkami substrátu obsahujícími uhlík a dusík. Za optimální se považuje hodnota tohoto poměru pohybující se kolem 20-30 : 1. Tabulka 1 uvádí průměrné hodnoty poměru C : N ve vybraných materiálech. Převažující dusíkaté látky mají např. za následek vyšší obsah NH_3 a N_2O ve vzniklém bioplynu. [7]

Tab. 1 Poměr C : N vybraných materiálů [7]

Druh materiálu	C : N
<i>kůra</i>	120 : 1
<i>piliny</i>	500 : 1
<i>papír, karton</i>	350-1000 : 1
<i>odpad z kuchyně</i>	12-20 : 1
<i>odpad ze zeleniny</i>	13 : 1
<i>posečená tráva</i>	12-25 : 1
<i>odpad ze zahrad</i>	20-60 : 1
<i>listí</i>	30-60 : 1
<i>dřevěné štěpky</i>	100-150 : 1
<i>drůbeží trus</i>	10 : 1
<i>močůvka</i>	2 : 1
<i>kejda skotu</i>	10 : 1
<i>sláma obilná</i>	60-100 : 1

1.3.1.2 Obsah sušiny

Pro zpracování pevných materiálů se uvádí optimální obsah sušiny v substrátu 20-25 % u tekutých 8-14 %. V praxi obsah sušiny v materiálu ovlivňuje použitou technologii pro získávání bioplynu. [7]

1.3.1.3 pH prostředí

Za optimální hodnotu pH pro tzv. methanogenní fermentaci se při vstupu materiálu do procesu se uvádí $\text{pH} = 7-7,8$ %. V průběhu procesu je snaha udržovat hodnotu pH v intervalu 6-8 %. Mimo tento interval je popsána činnost mikroorganismů tlumena. [7]

1.3.1.4 Teplota prostředí

Rozsah teplot při, při kterých vzniká bioplyn se pohybuje přibližně od 0 °C do 70 °C. [7]

Rozlišujeme teploty:

- psychofilní 0-20 °C
- mezofilní 15-45 °C
- termofilní 45-70 °C;

1.4 Získávání bioplynu

Dalším způsobem vzniku bioplynu je jeho cílené získávání při reakcích kontrolovaných člověkem. Většinou se takto získává energeticky využitelný bioplyn, který se dále využívá způsoby popsanými výše. Mezi nejčastější způsoby získávání energeticky využitelného bioplynu patří jeho produkce v:

- čistírnách odpadních vod
- skládkách odpadů
- bioplynových stanicích
- kompostárnách

V těchto provozech kde je bioplyn získáván záměrně, může být použito několika odlišných technologií pro jeho získávání.

1.4.1 Anaerobní fermentace

Anaerobní fermentací je možno nazvat, několik po sobě jdoucích, výše popsaných procesů, při kterých je organická hmota rozkládána směsí mikroorganismů, za nepřístupu vzduchu. V těchto provozech je nejčastěji využívána anaerobní fermentace probíhající za mezofilních a termofilních teplot. Pro udržení těchto podmínek je nutné do reakcí dodávat teplo. Jako hlavní produkt anaerobní fermentace je bioplyn a tzv. digestát (po jeho separaci na tuhý podíl – separát a tekutý odpadní produkt – fugát). Tyto produkty se využívají jako kvalitní zemědělská hnojiva nebo jako surovina pro výrobu kompostů. Anaerobní fermentace může být podle obsahu sušiny v materiálu:

- mokrá
- suchá

1.4.1.1 Mokrý fermentace

Při použití metody mokré fermentace jsou zpracovávány substráty s obsahem sušiny menším než 14%. Pokud by obsah sušiny přesáhl tuto hranici, je nutné jej ředit. Tento proces je nejčastěji realizován ve velkoobjemových nádobách, které jsou vyhřívány a jsou opatřeny míchacími zařízeními. Často se tohoto způsobu fermentace využívá v čistírnách odpadních vod a v zemědělských bioplynových stanicích. Existuje několik způsobů jak hospodařit se zpracovávanou náplní fermentoru:

- dávkový způsob
- metoda střídání zásobníků

- zásobníkový způsob
- průtokový způsob
- kombinovaná průtoková metoda

Dávkový způsob (batch process)

Při použití této metody se fermentor naplní substrátem najednou a substrát pak vyhnívá najednou bez jakéhokoli přidávání nebo odebírání materiálu. Křivka produkce bioplynu zprvu roste, poté dosahuje svého maxima s jistou výdrží a následně klesá až do ukončení reakce. Poté je nutno obsah nádrže vyprázdnit a zaplnit novým substrátem. Část starého substrátu (5 až 10%) ve formě kalu je možno ve fermentoru ponechat pro snazší rozmnožení bakterií nutných k reakci. Tato metoda není pro praktické využití moc vhodná, vzhledem k tomu, že dodávka bioplynu je v tomto případě velmi nerovnoměrná, vzhledem k aktuálním fázím procesu. Patrně nejvýhodnější je pro tuto metodu využití v laboratorních podmínkách, kde není nutná plynulá dodávka bioplynu a je možnost pracovat samostatně s novým substrátem, aniž by došlo k významnému promíchání s tím předchozím. [8]

Metoda střídání zásobníků

Při použití této metody je nutné mít dvě vyhnívací nádrže a jednu nádrž přípravnou, která pojme substrát potřebný řádově na 1-2 dny provozu. První vyhnívací nádrž je průběžně doplňována z přípravné nádrže, než hladina substrátu dosáhne požadované výšky. Mezitím v druhé vyhnívací nádrži probíhá vyhnívací proces. Po dosažení potřebné výšky hladiny v první nádrži je druhá nádrž vyprázdněna do skladovací jímky a celý proces se opakuje v obráceném pořadí. Doplňována je druhá nádrž a v první probíhá vyhnívací proces. Tato metoda je výhodná vzhledem k plynulosti dodávky produkovaného bioplynu. [8]

Zásobníkový způsob

Při použití této metody jsou vyhnívací nádrže spojeny se zásobníkem. Při vyvážení vyhnílého materiálu se zásobník vyprázdní až na malý zbytek, který pak slouží k tzv. naočkování další náplně. Poté je vyhnívací a skladovací nádrž plynule plněna

z přípravné nádrže nebo přítokem kejdy přes přepadové zařízení. Tato metoda se vyznačuje svojí jednoduchostí, přehledností a relativně nižšími pořizovacími náklady. [8]

Průtokový způsob

Při použití průtokové metody se vyhnívací nádrž vyprazdňuje pouze zřídka (např. z důvodu oprav nebo čištění) a její doplňování je řešeno v pravidelných časových intervalech z přípravné nádrže novým substrátem. Vyhníly materiál je z nádrže odváděn např. přepadovým potrubím do skladovací nádrže. Výhodou této metody je plynulost provozu a rovnoměrná dodávka bioplynu. Tento způsob provozu je široce aplikován v bioplynových stanicích. [8]

Kombinovaná průtoková metoda

Při použití kombinované průtokové metody funguje hlavní vyhnívací nádrž jako u průtokové metody. Za hlavní nádrží je však umístěna sekundární vyhnívací nádrž, kam je odváděn již částečně vyhníly materiál. Sekundární vyhnívací nádrž bývá zakryta a dochází v ní k dodatečnému jímání bioplynu z uskladněného materiálu. Po jejím zaplnění může být materiál průběžně vyvážen nebo plynule přesunován do skladovací jímky. Tato metoda představuje zatím nejefektivnější způsob hospodaření se substrátem, vzhledem k tomu, že při obvyklých skladovacích dobách je možno v sekundární nádrži zachytit 20-40 % celkově uvolněného bioplynu. [8]

1.4.1.2 Suchá fermentace

Jedná se o proces, který je vývojově mladší než mokrá fermentace. I navzdory tomuto faktu se již v praxi využívá. Na rozdíl od mokré fermentace se dají v tomto případě zpracovávat i materiály s vyšším obsahem sušiny (až 60 %), podle tohoto kritéria rozlišujeme:

- suchý proces (materiál obsahuje 25 – 45 % sušiny)
- vysokosušinový proces (materiál obsahuje nad 40 % sušiny)

Pro účely suché fermentace je potřeba využívat speciální fermentor např. garážového typu. Plnění tohoto fermentoru může být řešeno pomocí kolového nakladače nebo různých typů dopravníků. Materiál zpracovávaný v garážovém fermentoru je nutno po určitém období jednorázově obměňovat. Častá je doba kolem 28 dní. Vzhledem k tomuto faktu je plynulost dodávky vyráběného bioplynu velmi nerovnoměrná a doporučuje se mít v procesu zařazeno více fermentorů (doporučeno nejméně 4) což velmi zvyšuje pořizovací náklady celé technologie.

Suchá fermentace jako proces pro výrobu bioplynu není zdaleka tak rozšířena jako mokrá fermentace a je částečně ještě ve fázi vývoje. Jejím původním účelem mělo být využití při zpracovávání komunálních bioodpadů, ale v ČR není zatím rozšířena. Dále je využívána hlavně v zemědělských provozech, kde je používáno převážně materiálů s vyšším obsahem sušiny, např. podestýlky na bázi pilin.

1.5 Využití bioplynu

Využívání získaného bioplynu je realizováno několika způsoby:

- spalování v kogeneračních jednotkách
- spalování hořáky
- spalování jako paliva v dopravě
- dodávka do plynárenských sítí

Tato práce pojednává především o využití bioplynu v kogeneračních jednotkách.

1.6 Bioplynová stanice

Bioplynová stanice je technologické zařízení, které ke své činnosti využívá tzv. anaerobní fermentace ke zpracování převážně biologicky rozložitelného odpadu nebo biomasy jako obnovitelného zdroje energie za účelem výroby energeticky využitelného bioplynu. Podle druhů zpracovávaného materiálu rozlišujeme:

- zemědělské bioplynové stanice
- komunální bioplynové stanice
- průmyslové bioplynové stanice

V současné době existuje mnoho způsobů a variant technického provedení těchto provozů. Pro účely této práce se chci zaměřit na nejčastěji využívané technologie a to hlavně u zemědělských bioplynových stanic.

1.6.1 Zemědělská bioplynová stanice

Zemědělské bioplynové stanice jsou provozy, které mohou fungovat jako přidružená výroba v zemědělských podnicích, která zajišťuje podniku především přínos finančních prostředků, zisk kvalitního hnojiva a zajišťuje odbyt pro biologicky rozložitelný odpad vznikající při primárních odvětvích zemědělské činnosti podniku. Nejčastěji jsou v zemědělských bioplynových stanicích zpracovávány produkty živočišné a rostlinné výroby jako kejda, hnůj, kukuřičná siláž, senáž, sláma atd. Vzhledem k používaným technologiím, které jsou popsány výše v této práci jsou tyto materiály záměrně a kontrolovaně míšeny, aby došlo k vzniku vhodného substrátu především s požadovaným obsahem sušiny. [9]

1.6.1.1 Příprava substrátu

Samotná realizace tohoto procesu, může být v jednotlivých bioplynových stanicích individuální, vzhledem, k jejich technickému stáří, stupni vybavenosti a automatizace. Často je však tato problematika řešena tak, že jednotlivé složky výsledného substrátu jsou odděleně skladovány v prostorech k tomu určených, odkud jsou vedeny do zařízení, kde dochází k jejich míšení. Kejda nebo chlévská mrva bývají skladovány v zásobních jímkách nebo nádržích k tomuto účelu určených a kukuřičná siláž nebo jiné rostlinné produkty bývají uskladněny v silážních žlabech nebo věžích. Homogenizace těchto materiálů bývá realizována v tzv. míchacích (homogenizačních) nádržích, kam jsou jednotlivé složky substrátu buď přiváděny automaticky pomocí potrubních tras a dopravníků nebo individuálně obsluhou pomocí manipulační techniky. Množství jednotlivých složek výsledného substrátu je dáno technologií výroby bioplynu a musí

být obsluhou dodržováno pro správný průběh reakce. Proto je množství přiváděného materiálu regulováno buď hmotnostně nebo objemově.

1.6.1.2 Proces anaerobní fermentace

Zemědělské bioplynové stanice využívají nejčastěji mokré anaerobní fermentace. Důležitá část technologického vybavení bioplynové stanice je tzv. fermentor kde dochází k samotné anaerobní reakci a vzniku bioplynu za specifických, výše popsaných podmínek. Substrát připravený v míchací nádrži je veden přímo do fermentoru nebo může být na této trase ještě integrován zásobník substrátu, který zajišťuje náplň pro fermentor i v případě dočasného nedostatku vstupních materiálů. V takovém případě je substrát veden do fermentoru odsud. Fermentor může být řešen mnoha způsoby, jako např. železobetonová nebo ocelová nadzemní věž. Častěji je však využito železobetonové jímky částečně nebo zcela zapuštěné v zemi. Vzhledem k požadavku vzduchotěsnosti mohou být fermentory opatřeny pevným vrchním krytem nebo může být v horní části umístěn plynojem ze speciální fólie, jímající vznikající bioplyn.

Rozměry, počet fermentorů a jejich konstrukční řešení jsou dány parametry a použitou technologií konkrétní bioplynové stanice. Souhrnně lze ale říci, že fermentor je velmi významný prvek technologie bioplynové stanice s vysokými vstupními náklady a s velkými nároky na zastavěný prostor. Samotnou realizaci fermentoru komplikuje fakt, že pro správný průběh využívané mezofilní nebo termofilní anaerobní reakce je nutné do ní dodávat teplo. Za tímto účelem bývají na vnitřních stěnách fermentorů umístěny topné spirály, kterými cirkuluje kapalina přivádějící teplo vzniklé v kogeneračních jednotkách a předává tepelnou energii zpracovávanému substrátu. Dalším technickým zařízením nacházejícím se ve fermentoru jsou tzv. kalová míchadla, která substrát neustále promíchávají. Toto promíchávání je nutné ke správnému uvolňování bioplynu a dále zabraňuje tvorbě usazenin a plovoucích vrstev. Míchadla mohou být opět řešena individuálně, vzhledem ke konkrétní používané technologii. Často jsou zpracovány jako vertikální či horizontální mechanické lopaty, které se neustále pohybují substrátem a promíchávají ho.

Vzhledem k tomu, že ve fermentoru probíhají specifické reakce za přesně daných podmínek, je nutné aby tato zařízení bezpodmínečně splňovala všechny technické požadavky dané výrobní technologií. Pro správný průběh anaerobní reakce je nutný tzv. záběh fermentoru. To je období po zaplnění novým substrátem, kdy v substrátu dochází k vzniku bakteriálních pochodů nutných pro vznik bioplynu. Doba tohoto záběhu fermentoru se pohybuje kolem 60 dní, ale může se lišit vzhledem k velikosti a způsobu plnění. Z tohoto důvodu bývá v zemědělských bioplynových stanicích umístěno fermentorů více a je možno využívat několika známých způsobů hospodaření se substrátem. Tyto způsoby jsou popsány výše v této práci. Nejvíce efektivním a v poslední době nejčastěji využívaným způsobem je tzv. kombinovaná průtoková metoda. Pokud je využito této metody, je za hlavním fermentorem umístěn vedlejší fermentor tzv. sekundární fermentor (dofermentor) kam je přepadovým potrubím nebo jiným způsobem odváděn již částečně vyhnitý substrát z fermentoru hlavního. Dofermentor je řešen podobně jako fermentor hlavní. Dodatečné jímání bioplynu se ukázalo jako zefektivnění průtokové metody a zvyšuje využití energie ze zpracovávaného substrátu. Jako nevýhodu tohoto způsobu je možné uvést výrazné prodražení celé počáteční investice, vzhledem k nutnosti výstavby dofermentorů.

Součástí zemědělské bioplynové stanice bývají také skladovací nádrže na již využitý materiál. Mohou být řešeny jako železobetonové jímky tvořící jeden komplex s fermentory nebo jako ocelové věže. Možnost realizace je individuální vzhledem ke konkrétní bioplynové stanici. V jímkách se skladuje využitý materiál do doby, než je možné jeho další využití např. jako hnojiva zemědělských ploch. Doba skladování by však neměla přesáhnout 6 měsíců.

1.6.1.3 Vzniklý bioplyn

Za hlavní produkt bioplynové stanice je považován tzv. bioplyn jehož vlastnosti a složení jsou popsány výše v této práci. Bioplyn se uvolňuje při průběhu specifických reakcí ve fermentorech a dofermentorech. Vzhledem k tomu, že jeho dodávka nemusí být vždy zcela plynulá, bývá většina zemědělských bioplynových stanic opatřena plynojemy, kde je vzniklý bioplyn akumulován. Plynojemy bývají často řešeny jako vaky ze speciální fólie, které mohou být umístěny přímo pod vrchními kryty fermentorů

nebo jako nádrže na stlačené kapaliny. V některých stanicích je plynojem řešen i jako speciální vak umístěný v prostorech k tomu určených např. v podkrovní části provozní budovy bioplynové stanice. Bioplyn je v plynojemech skladován pod určitým skladovacím tlakem. Překročení hranice tohoto dovoleného tlaku je hlídáno několika regulačními prvky, kterými jsou především regulační a přepouštěcí ventily. Dojde-li např. k výpadku činnosti kogeneračních jednotek a bioplyn není z plynojemu průběžně odebírán, začne ho být v tomto tělese nadbytek a přepouštěcí ventily umožní jeho odvedení z plynojemu. Vzhledem k tomu, že bioplyn obsahuje metan, který je považován za skleníkový plyn, není možné jeho vypouštění do atmosféry a je nutná jeho likvidace. K tomuto účelu je využíváno externího hořáku, tzv. fléry, kde je přebytečný bioplyn spalován.

Vzhledem ke složení bioplynu je nutná jeho úprava před dalším využitím. Tato úprava obnáší především odstranění vodního kondenzátu a sulfanu H_2S (sirovodík). Pokud by nedošlo k jejich odstranění, tak při následném spalování bioplynu spolu tyto látky reagují a vzniká kyselina sírová H_2SO_4 , která významně snižuje životnost použité technologie. Odstranění kondenzátu bývá řešeno průchodem bioplynu přes tzv. kondenzační jednotku a sulfan může být odstraněn např. pomocí aktivního uhlí. [10]

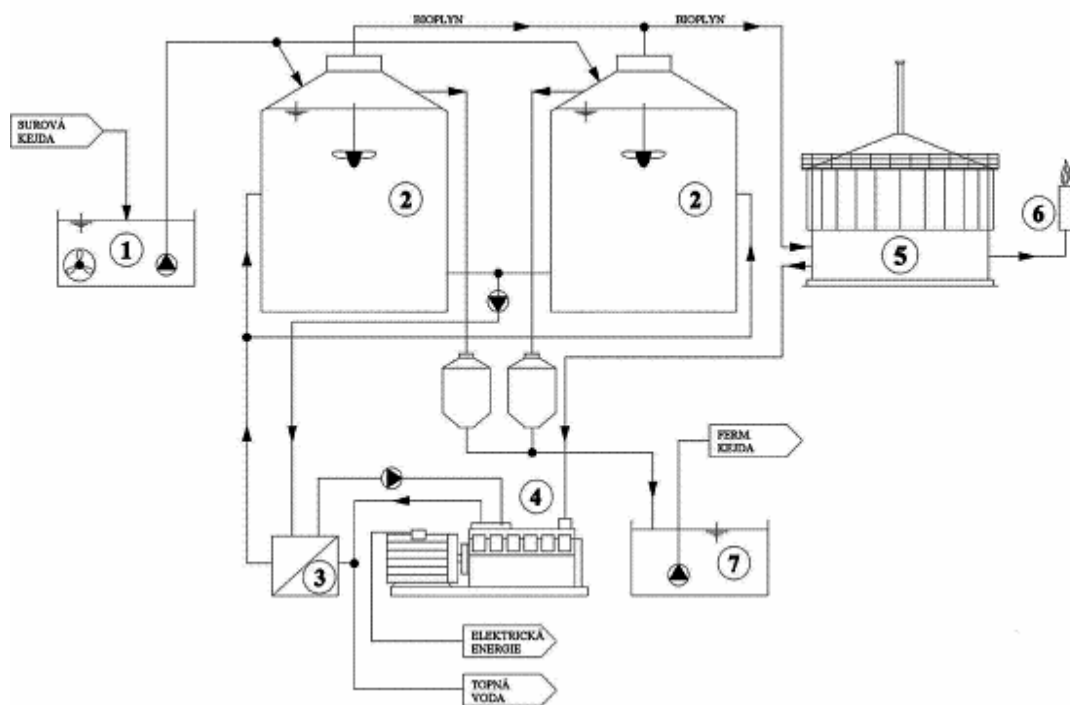
1.6.1.4 Kogenerace

Hlavním způsobem využití bioplynu v zemědělských bioplynových stanicích je jeho spalování v tzv. kogeneračních jednotkách. Termín kogenerace označuje kombinovanou výrobu energie. Chemická energie uložená v palivu je kogenerační jednotkou přeměňována na energii elektrickou a tepelnou.

Základ kogenerační jednotky tvoří spalovací motor, který může být vyroben speciálně za účelem spalování bioplynu a zemního plynu nebo se může jednat o upravený vznětový motor. Spalovací motor spaluje přiváděné palivo a je napojen na generátor elektrické energie, který roztáčí. Generátor pracuje při určitých parametrech a vyrábí elektrickou energii. Takto vyráběná energie, je většinou hned transformována pomocí transformátorů na parametry používané v rozvodné síti, do které bývá v zápětí dodávána. Využití elektrické energie je však individuální a odvíjí se od požadavků

konkrétních zemědělských podniků. Často jí bývá využíváno buď k částečnému nebo celkovému pokrytí energetických nároků podniku. Kogenerační jednotka může také fungovat jako záložní zdroj energie v případě výpadku dodávky elektrické energie z veřejné rozvodné sítě.

Druhým energetickým produktem kogenerační jednotky je tzv. odpadní teplo, které vzniká ochlazováním spalovacího motoru nebo je získáváno z tepelné energie vzniklých spalin. Chladicí kapalina procházející blokem spalovacího motoru, odvádí tepelnou energii vzniklou při spalování bioplynu. Teplota chladicí kapaliny vystupující ze spalovacího motoru se pohybuje kolem 80-120 °C. Takto vzniklá tepelná energie bývá využita v zemědělských bioplynových stanicích k podpoře průběhu anaerobní reakce ve fermentoru. Jako další využití této tepelné energie se nabízí možnost vytápění budov a zařízení přilehlých k bioplynové stanici. Většinou tak bývá řešeno vytápění např. odchoven zvířat, administrativních budov, dílen, ale i bazénů. Toto využití odpadního tepla je velice efektivní, ale na druhou stranu, samotná realizace těchto rozvodů tepelné energie je velmi náročná z finančního hlediska a doba návratnosti této investice je závislá na způsobu využití tepla. Z tohoto důvodu, některé podniky, kterým by se tato investice nevyplatila, využívají odpadního tepla pouze k zpětnému ohřevu fermentorů a zbytek tepelné energie je pomocí chladičů (např. stolových) odváděn do atmosféry. Zisk tepelné energie ze vzniklých spalin bývá realizován pomocí tzv. spalinových výměníků.



Obr. 1 Schéma zemědělské bioplynové stanice [11]

1 – homogenizační nádrž, 2 – fermentory, 3 – tepelný výměník, 4 – kogenerační jednotky, 5 – plynojem, 6 – fléra, 7 – odpadní nádrž

1.6.2 Komunální bioplynová stanice

Komunální bioplynové stanice jsou provozy, které zpracovávají komunální bioodpady za účelem zisku energeticky využitelného bioplynu. Za komunální bioodpad lze považovat odpad, vzniklý v domácnostech, stravovacích provozech nebo při údržbě veřejné zeleně (zbytky jídel, posečená tráva atd.) V komunálních bioplynových stanicích bývá jako výrobní proces bioplynu převážně využita suchá anaerobní fermentace. Provoz tohoto zařízení klade vyšší nároky na využití technologie, zejména v oblasti vstupů do procesu. Využívané materiály mohou často zapáchat a je nutná minimalizace pachové zátěže okolí. Celkově lze říci, že náklady na výstavbu komunální bioplynové stanice jsou vyšší než pořizovací cena zemědělské bioplynové stanice o srovnatelném výkonu. [9]

1.6.3 Průmyslová bioplynová stanice

Průmyslové bioplynové stanice jsou zařízení, která zpracovávají ve fermentoru výlučně nebo alespoň zčásti rizikové vstupy. Mezi rizikové vstupy patří hlavně kaly z různých provozů (např. čističek odpadních vod), odpady z jatek a podobně. Kladeny jsou tedy vysoké nároky na technologii a na plnění provozních podmínek. Zejména dodržování hygienických pravidel snižuje na minimum riziko vyplývající ze vstupů. [9]

2 HISTORIE VYUŽÍVÁNÍ BIOPLYNU

Zemědělství, jako jedno z odvětví lidské činnosti patří od pradávna k základním způsobům lidské obživy ve většině zemí celého světa. Klimatické podmínky a ekonomické faktory např. v Evropě poskytují značné části obyvatelstva tohoto kontinentu možnost využívat zemědělství jako hlavního způsobu své výdělečné činnosti. Zemědělské obhospodařování půdy má tedy v Evropě zakořeněnou silnou tradici. Nejen, že díky této činnosti vznikají potravinové zdroje pro výživu obyvatelstva a pro mnoho obyvatel představuje zemědělství možnost pracovního uplatnění, vznikají na druhé straně i zemědělské produkty, které jsou považovány za odpadní nebo takové, které lze využít i jinak než jako potravinový zdroj. Vzhledem k těmto faktorům se nabízí více možností využití zemědělských produktů jako např. získání energie z obnovitelných zdrojů v zemědělství pomocí bioplynu. Realizace některých těchto metod je velmi aktuální v současné době, ale pokusy týkající se této problematiky se objevily již v minulosti a otázka využití energie bioplynu je možností, objevujících se jak v teoretické tak i v praktické podobě několik desetiletí zpět.

2.1 Využívání bioplynu v minulosti

Existenci metanu (základní složka bioplynu) jako tzv. bahenního plynu zná lidstvo již poměrně dlouhou dobu. Pro účely této práce bych se však chtěl zaměřit na období kdy se začal bioplyn získávat cíleně a byl dále zpracováván a využíván. Jako období počátku rozšiřování bioplynových zařízení se dá označit druhá polovina 20. století, kdy docházelo k množství pokusů v laboratorních podmínkách, ale objevily se i realizace prakticky využitelných bioplynových zařízení v konkrétních podnicích.

Politická a majetková situace v tehdejší ČSSR a v ostatních částech tzv. východního bloku vedla v zemědělství k vzniku větších hospodářských celků např. jednotných zemědělských družstev, což byly podniky zabývající se rostlinnou a živočišnou výrobou s velkými hektarovými výměrami a vysokými počty hospodářských zvířat. Nejen, že provoz těchto větších zemědělských celků byl náročný po energetické stránce, vznikalo velké množství biologicky rozložitelného odpadu ve formě zbytků a produktů

z rostlinné a živočišné výroby. Tento fakt vedl již v tehdejší době k myšlence využití těchto odpadních produktů.

Jako jeden z prvních kroků v ČSSR byla snaha spojit čištění odpadní vody z velkovýkrmem prasat s procesem čištění odpadní vody z čističek komunálních vod a tím řešit situaci s přebytkem biologicky rozložitelného odpadu a zároveň získat větší množství bioplynu pro následnou výrobu energie. Jedním z prvních úspěšných pokusů o realizaci této myšlenky byla úprava čistírny odpadních vod a realizace první bioplynové stanice v Třeboni v roce 1974. [12]

Lze říci, že v několika minulých desetiletích byla otázka využití bioplynu v ČSSR jako obnovitelného zdroje energie řešena spíše teoreticky a ke konkrétním realizacím jednotlivých projektů nedocházelo tak často. Jistou měrou se na tomto faktu podílí i skutečnost, že v tehdejších dobách nebyla zcela zpracovávána otázka technického vybavení pro provoz pracujících s bioplynem. Tato situace se však v posledních dvou desetiletích změnila, což do jisté míry přispělo k rozvoji bioplynových zařízení. Po roce 1989 došlo ke změně politických poměrů v naší zemi a s otevřením hranic na západ, se na tuzemský trh dostalo mnoho zahraničních výrobců a prodejců technického vybavení pro provoz pracujících s bioplynem, což velmi rozšířilo možnosti pro realizaci nových bioplynových zařízení.

Historie využívání obnovitelných zdrojů energie formou zpracovávání biologicky rozložitelného odpadu a zisku bioplynu z něj v okolních státech Evropy, ale i v USA má podobný charakter jako výše popsaná situace. Vzhledem ke stále se zvyšující poptávce po energetických zdrojích v minulosti, rostl i význam provozů získávajících energii z bioplynu. Samotná realizace těchto projektů však narážela na podobné problémy, které jsou popsány výše, především nedostatečná technologická vybavenost a pomalá návratnost investic vložených do výstavby jednotlivých provozů. Tabulka 2 je sestavena na základě údajů poskytnutých odbornou literaturou a uvádí počet jednotlivých zemědělských provozů získávajících energii z bioplynu v některých vybraných státech v roce 1982.

.Tab. 2 Počet zemědělských BPS ve vybraných zemích v roce 1982 [12]

Stát	Počet zemědělských BPS
<i>Dánsko</i>	12
<i>Francie</i>	4
<i>Švýcarsko</i>	160
<i>SRN</i>	9

2.2 Využívání bioplynu v dnešní době

Využívání bioplynu jako obnovitelného zdroje energie, je v dnešní době velmi aktuální problematikou. Počáteční investice na pořízení bioplynových provozů jsou sice poměrně vysoké, ale jednotlivé státy nebo např. EU poskytují zemědělcům dotace pro výstavbu bioplynové stanice.

Lze říci, že poslední dvě desetiletí až po současnost je období, které je rozvoji bioplynových zařízení velmi nakloněno a toto odvětví lidské činnosti prochází významným rozvojem a dá se předpokládat, že současný stav tohoto trendu bude trvat i nadále a do budoucna se bude ještě více rozvíjet.

2.3 Využívání bioplynu v ČR a EU

V současné době je v ČR i v celé EU stále více podporována a vyzdvihována důležitost získávání a využívání bioplynu. Nejen, že pro většinu států je nutné zvyšovat podíl obnovitelných zdrojů energie na své celkové energetické produkci, ale je chápána nutnost obnovování současných technicky zastaralých zdrojů elektrické energie. Např. podle údajů ze studie energetické společnosti ČEZ tvoří až 62% pokrytí poptávky po elektrické energii v ČR elektrická energie vyrobená v uhelných elektrárnách. Podle stejných pramenů se hranice maximální technické životnosti těchto provozů pohybuje kolem roku 2020. Vzhledem k tomuto faktu je třeba průběžně zajišťovat náhrady za tyto zdroje aby v budoucnu nedošlo k energetickému deficitu. Jako jedno z možných řešení je chápána podpora rozvoje bioplynových stanic. [13]

V ČR i EU je bioplyn získáván a využíván nejčastěji základními způsoby, popsány výše v této práci. V současné době v ČR převládá výroba bioplynu v zemědělských bioplynových stanicích a čističkách odpadních vod. K 1.1.2010 bylo v ČR evidováno celkem 209 provozů vyrábějících energii z bioplynu s konstrukčním výkonem cca 97 MW, z toho 91 zemědělských bioplynových stanic o konstrukčním výkonu cca 57 MW. V současné době tvoří podíl obnovitelných zdrojů elektrické energie cca 5 % z celkového množství vyrobené elektrické energie na území ČR. Energie získaná z bioplynu zaujímá asi 5 % podíl mezi obnovitelnými zdroji. Získaný bioplyn je v ČR nejčastěji využíván pro výrobu elektrické energie a tepelné energie. V menší míře je zde zastoupeno využití v dopravě a minimálně využití plynových rozvodných sítích. [13]

O situaci týkající se využívání bioplynu k výrobě elektrické energie v EU pojednává tabulka 3 znázorňující množství vyrobené elektrické energie z bioplynu v letech 2005 a 2006 v jednotlivých státech EU. Některých členských státech EU je velmi rozvinuto využívání bioplynu jako paliva v dopravě. Literatura uvádí 1,5x větší ekonomické zhodnocení bioplynu v dopravě než při výrobě elektrické energie. [2] Mezi průkopnické země těchto metod patří severské státy jako např. Švédsko. Státem s největším počtem zemědělských bioplynových stanic je Spolková republika Německo kde se počet zemědělských bioplynových stanic pohybuje kolem 3 500. [2]

Tab. 3 Elektrická energie vyrobená z bioplynu ve vybraných zemích [2]

Elektrická energie vyrobená z bioplynu [GWh]		
Stát	Rok 2006	Rok 2005
<i>Německo</i>	338,00	708,00
<i>Ukrajina</i>	997,00	690,00
<i>Itálie</i>	234,00	189,00
<i>Španělsko</i>	675,00	620,00
<i>Řecko</i>	579,00	179,00
<i>Francie</i>	501,00	483,00
<i>Rakousko</i>	410,00	70,00
<i>Nizozemsko</i>	286,00	286,00
<i>Dánsko</i>	285,00	275,00
<i>Polsko</i>	241,00	175,00
<i>Belgie</i>	237,00	240,00
<i>Česká republika</i>	175,00	161,00
<i>Irsko</i>	108,00	106,00
<i>Švédsko</i>	54,00	54,00
<i>Portugalsko</i>	33,00	35,00
<i>Lucembursko</i>	33,00	27,00
<i>Slovinsko</i>	32,00	32,00
<i>Maďarsko</i>	22,00	25,00
<i>Finsko</i>	22,00	22,00
<i>Estonsko</i>	7,00	7,00
<i>Slovensko</i>	4,00	4,00
<i>Malta</i>	0,00	0,00
<i>EU</i>	17 271,00	13 397,00

Závěrem této kapitoly lze říci, že výroba a využívání bioplynu v Evropě a v ČR je v poslední době velmi žádaným oborem lidské činnosti, který má při současném způsobu života obyvatel tohoto kontinentu velký potenciál i do budoucna.

3 ROZBOR PARAMETRŮ KONKRÉTNÍ BIOPLYNOVÉ STANICE

3.1 Bioplynová stanice VOD Jetřichovec

3.1.1 Charakteristika podniku

VOD Jetřichovec (Výrobně obchodní družstvo) je zemědělský podnik nacházející se v obci Jetřichovec u města Pacov na severozápadě Českomoravské vrchoviny. Podnik se zabývá zemědělskou prvovýrobou a přidruženou výrobou v dalších odvětvích. Základním pilířem zemědělské činnosti je rostlinná a živočišná výroba a v rámci přidružené výroby podnik provozuje bioplynovou stanici, provoz na výrobu plastů vstřikováním, vlastní restauraci ve městě Pacov a dále provádí zemědělské služby a nákladní dopravu. Tyto činnosti poskytují zaměstnání pro 125 osob a podnik hospodaří s ročním obratem cca 170 mil. Kč.

Zemědělská výroba je rozdělena do tří středisek (Jetřichovec, Zhoř a Salačova Lhota) a celkem je obhospodařováno kolem 2 050 ha zemědělské půdy. Rostlinná výroba zajišťuje krmivovou základnu pro výrobu živočišnou a dále je zaměřována především na pěstování brambor, obilí, řepky, krmiv a lnu. Tržby z rostlinné výroby představují asi 1/3 tržeb podniku. Družstvo si uvědomuje význam rostlinné výroby a v současné době probíhají rozsáhlé investice do zemědělské půdy a do strojového vybavení, kterým je půda obhospodařována.

Živočišná výroba je podobně jako rostlinná rozdělená do tří výše zmíněných středisek a je zaměřena především na chov skotu s produkcí mléka, hovězího masa a chov prasat s produkcí vepřového masa a plemenných zvířat. Základní stádo skotu tvoří asi 550 kusů holštýnského mléčného skotu. V produkci prasat se družstvo zaměřuje na plemena Landrase a Bílé ušlechtilé a to především na produkci plemenných zvířat. Dosahuje produkce cca 1 000 zvířat ročně.

3.1.2 Charakteristika a parametry Bioplynové stanice VOD Jetřichovec

Bioplynová stanice podniku VOD Jetřichovec se nachází v areálu tohoto družstva ve stejnojmenné obci. Jedná se o poměrně nové a moderní pracoviště, jehož výstavba začala roku 2007 a v provozu je od roku 2009. Investice na jeho výstavbu se podle vedení podniku pohybuje kolem 98 mil. Kč a 47 % této částky bylo pokryto dotací z prostředků SZIF. Realizátorem projektu byla firma MWK Biogasanlangen. Při současné ekonomické situaci se počítá s návratností investice na výstavbu v řádu 6 let.

3.1.2.1 Proces fermentace

Jedná se o bioplynovou stanici, která zpracovává z části materiál (kejdu) produkovaný živočišnou výrobou, a to konkrétně chovem prasat, a produkty rostlinné výroby, tj. kukuřičnou siláž a vedlejší produkty z pěstování obilnin. Za tímto účelem družstvo každoročně pěstuje asi 225 ha kukuřice a kolem 200 ha žita. Kejda, která je zde používána je přiváděna z odchoven prasat, které se též nacházejí v areálu podniku.

Jako výrobního postupu je zde využito tzv. anaerobní mokré fermentace a plnění fermentorů je zajišťováno tzv. kombinovaným průtokovým způsobem. Fermentory jsou zde 4, z toho dva hlavní a dva skladovací. Konstrukce fermentoru je řešena jako železobetonová jámka s pevným krytem o průměru 21 m, výšce 6 m a celkovém objemu 2 080 m³. Hladina substrátu se běžně pohybuje kolem 5,5 m. Na vnitřních stěnách fermentoru jsou umístěny topné spirály, kterými cirkuluje kapalina přenášející tepelnou energii z kogeneračních jednotek, která fermentor ohřívá na teplotu požadovanou pro správný průběh reakce. V tomto případě je snaha udržovat teplotu zpracovávaného substrátu na hodnotě 47 °C. Plnění fermentorů substrátem je realizováno dvakrát denně z přípravné jámky, kam je přiváděná kejda z odchoven prasat a zároveň je pomocí zabudovaných krmných vozů Trioliet dávkovaná kukuřičná siláž. Tento proces je plně automatizován a dochází tak k získání požadovaného substrátu o daném množství sušiny (max. 14 %). Jediným postupem, při kterém je potřeba lidské práce je doplňování kukuřičné siláže do dvou krmných vozů. To je zajišťováno dvakrát denně obsluhou stanice pomocí kolového nakladače. Z přípravné jámky je substrát veden do dvou hlavních fermentorů, kde je neustále míchán pomocí tří nastavitelných kalových

míchadel. Aby byla udržena správná hladina substrátu v hlavních fermentorech, je vyhnílý digestát odveden přečerpávacím potrubím do skladovacího fermentoru, který je řešen podobně jako hlavní fermentor. Zde dochází k jímání zbytkového bioplynu, jak je popsáno výše v metodě kombinovaného průtoku. Ze skladovacího fermentoru je takto využitý materiál odváděn do skladovací jímky na, která je opodál a tvoří s fermentory jeden komplex. Skladovací jímka je železobetonová kruhová nádrž o průměru 40 m a výšce 6 m. Tato nádrž pojme kolem 7 540 m³ materiálu a po jejím zaplnění je tento materiál vyvážen nákladními automobily jako hnojivo na zemědělské plochy.



Obr. 2 Krmný vůz Trioliet



Obr. 3 Odpadní jímka a kryty fermentorů

3.1.2.2 Kogenerace

Bioplyn vzniklý v hlavních a skladovacích fermentorech je soustavou potrubí odváděn do řídicí a provozní haly. Provozní hala je řešena jako nadzemní stavba, ve které jsou kromě tzv. velína, rozvodny a prostor pro zaměstnance umístěny kogenerační jednotky a plynojem. Plynojem je řešen jako vak ze speciální fólie, který je umístěn v podkrovní části budovy a dokáže pojmout až 640 m³ bioplynu při tlaku cca 0,1 MPa. Ještě před vstupem bioplynu do skladovacího zásobníku je provedeno odstranění kondenzátu pomocí kondenzační jednotky a tzv. odsíření bioplynu. Poté je takto upravený bioplyn veden do zásobníku. V případě, že obě kogenerační jednotky běží bez poruch, je odtud plynule odebírán. V případě, že se některá z kogeneračních jednotek zastaví a bioplyn v zásobníku začne být přebytek, je automaticky odveden a spálen, aby neunikal svévolně do atmosféry. K tomuto účelu slouží speciální externí hořák tzv. fléra.

Kogenerační jednotky jsou v tomto provozu umístěny dvě. Tvoří je dva dvanáctiválcové spalovací motory značky Jenbacher typového označení X JMS 312 6SB. Zdvihový objem každého motoru je přibližně 8 400 cm³. Každý z těchto agregátů roztáčí generátor elektrické energie, který dosahuje výkonu 625 kW při otáčkách

1 500 min⁻¹. Tepelný výkon kogenerační jednotky se pohybuje kolem 659 kW. Spotřeba bioplynu oběma spalovacími motory činí při těchto parametrech asi 573 m³.h⁻¹ při tlaku 0,1 MPa. Kogenerační jednotky většinou pracují v takovém režimu, kdy vždy jedna z jednotek běží na plný výkon a druhá je vytížena jen částečně. Tyto režimy se však volí většinou podle aktuální situace a potřeby.



Obr. 4 Kogenerační jednotka GE Jenbacher

3.1.3 Využití vyrobené energie

3.1.3.1 Elektrická energie

Elektrická energie vyrobená generátory je vedena do transformátorů, kde je upravována na parametry, které jsou nutné pro dodávku energie do rozvodné sítě. Veškerá elektrická energie, kterou kogenerační jednotky vyrobí podnik dodává do elektrické rozvodné sítě.

3.1.3.2 Odpadní teplo

Druhý energetický produkt kogenerační jednotky je teplo, které je získáno vodním chlazením spalovacích motorů. V současné době je toto tzv. odpadní teplo podnikem

využíváno pouze ke zpětnému ohřevu fermentorů pomocí topných spirál vedených v jejich pláštích. Tato topná soustava má udávaný topný výkon cca 100-140 kW. Jiného využití zatím odpadní teplo v tomto provozu nemá a všechna ostatní tepelná energie, která není využita k ohřevu fermentorů je předávána do okolního prostředí pomocí tzv. stolových chladičů, které jsou umístěny za budovou bioplynové stanice. Všechny tyto okruhy, kde se jako média pro přenos tepelné energie využívá kapaliny, musí být chráněny především proti povětrnostním vlivům a případnému úniku kapaliny nebo zavzdušnění soustavy. V tomto konkrétním případě se je jako kapaliny pro přenos tepelné energie využito vody s aditivem na bázi glykolu, který zabraňuje nejen zamrznutí a následnému možnému defektu potrubí, ale i jeho zvýšené korozi.

V příštích několika letech, podnik uvažuje o vybudování teplovodního rozvodu vytápění po celém areálu a hodlá odpadním teplem vytápět odchovny selat, dílny a ostatní obytné a administrativní budovy. V rámci této investice se počítá ještě s využitím tepelné energie spalín, které jsou produkovány kogeneračními jednotkami. Jedná se o úpravu, která spočívá v integraci tepelného výměníku do potrubí odvádějícího spaliny.



Obr. 5 Stolový chladič

VOD Jetřichovec je nové a moderní zařízení, při jehož výstavbě byl kladen důraz na vysoký stupeň automatizace provozu. Provoz technologie dlouhodobě vyžaduje

nasazení dvou pracovních sil obsluhy. Tato obsluha se skládá z osoby pověřené vedením bioplynové stanice a osoby starající se o údržbu a chod technologie (např. doplňování kukuřičné siláže do krmných vozů). Samotné dávkování a míšení materiálů, ale i jiné procesy jsou řízeny elektronicky, pomocí počítače a regulační prvky (např. pneumatické ventily) jsou ovládány stlačeným vzduchem z centrálního rozvodu, který je plněn kompresorem.

Tab. 4 Souhrnná tabulka parametrů BPS Jetřichovec

Obsah sušiny v substrátu [%]	14
Počet hlavních fermentorů [ks]	2
Počet sekundárních fermentorů [ks]	2
Produkce bioplynu [$m^3 \cdot h^{-1}$]	580
Objem plynojemu [m^3]	640
Počet kogeneračních jednotek [ks]	2
Elektrický výkon [kW]	625
Tepelný výkon [kW]	659
Spotřeba bioplynu [$m^3 \cdot h^{-1}$]	573

3.2 Bioplynová stanice podniku SPV spol. s.r.o Pelhřimov

3.2.1 Základní charakteristika podniku

SPV spol. s.r.o Pelhřimov je zemědělský podnik nacházející v obci Plevnice poblíž města Pelhřimova. Jedná se o provoz, který se zaměřuje především na zemědělskou prvovýrobu v oblasti živočišné a rostlinné výroby a v rámci přidružené výroby provozuje ještě několik dalších činností, mezi něž lze zahrnout provoz bioplynové stanice, poskytování zemědělských služeb a obchodní činnost se zemědělskými komoditami. Tyto činnosti poskytují pracovní uplatnění cca pro 105 osob.

Hlavním pilířem činnosti je živočišná výroba, v které se podnik zaměřuje především na produkci prasat, vepřového masa, drůbežího masa a vajec. Chov prasat je rozdělen do dvou středisek, v Plevnici a v nedaleké obci Lítohošť. Průměrný počet zvířat odchovávaný na těchto dvou místech se pohybuje kolem 16 000 ks. Podnik se zaměřuje

především na plemena Landrase a Bílé ušlechtilé a produkuje jak jateční tak chovná zvířata. V rámci produkce drůbežního masa a slepičích vajec chová podnik cca 21 000 ks drůbeže.

Rostlinná výroba podniku je realizována cca na 1 400 ha zemědělské (1 100 ha orné půdy) a představuje především krmivovou základnu pro živočišnou výrobu. Podnik se zaměřuje především na pěstování obilnin, řepky, kukuřice a brambor.

3.2.2 Charakteristika a parametry bioplynové stanice

Bioplynová stanice podniku SPV spol. s.r.o Pelhřimov se nachází v areálu firmy v obci Plevnice. Toto zařízení je v provozu již od roku 1993 a od té doby se snaží vedení firmy o jeho průběžnou údržbu a modernizaci.

3.2.2.1 *Proces fermentace*

Tato bioplynová stanice zpracovává především prasečí kejdu a drůbeží trus produkované jako biologický odpad živočišné výroby podniku. Dále je do zpracovávaného substrátu přidávána kukuřičná siláž, která je získávaná ze za tímto účelem pěstované kukuřice, senáže, krmné mléko, lanolínový koncentrát a kuchyňské zbytky.

Výše popsané komponenty základní vsázky jsou shromažďovány v homogenizační nádrži, kam je potrubím přiváděna kejda z odchoven prasat a lanolínový koncentrát. Směs kukuřičné siláže, senáže, kuchyňských zbytků, drůbežího trusu a krmného mléka jsou do nádrže dopravovány individuálně obsluhou pomocí traktoru s čelním nakladačem. Než dojde k samotné přepravě této směsi je její složení a množství obsluhou odváženo a dávkováno podle aktuálního plánu. V této konkrétní bioplynové stanici se zpracovávají substráty s maximálním obsahem sušiny do 8 %. Substrát odpovídající těmto požadavkům je z homogenizační nádrže přečerpán do fermentorů.

Jako základního postupu výroby bioplynu je zde použito anaerobní mokré fermentace a plnění fermentorů je zajišťováno kombinovaným průtokovým způsobem.

Fermentory jsou zde umístěny čtyři, z toho dva hlavní a dva skladovací. Hlavní fermentor je řešen jako nadzemní železobetonová věž s pláštěm z vlnitého plechu o průměru 9 m, výšce 11 m a pracovním objemu cca 522 m³. Výška hladiny substrátu v tomto fermentoru se za běžného provozu pohybuje mezi minimální (7 m) a maximální hodnotou (9 m). Pro správný průběh reakce je potřebné udržovat ve fermentorech danou teplotu. V tomto případě anaerobní fermentace probíhá za mezofilních teplot a je snaha udržovat teplotu materiálu v rozmezí 38-40 °C. Za tímto účelem jsou ve stěnách fermentorů integrovány topné spirály, kterými protéká kapalina přenášející tepelnou energii z kogeneračních jednotek. Vzhledem k tomu, že tento hlavní fermentor je doplňován substrátem z přípravné jímky dvakrát denně, je zřejmé, že by hodnota maximální hladiny v něm byla brzy překročena. Z tohoto důvodu je ve výškové úrovni maximální hladiny umístěno přepadové potrubí, které odvádí již částečně vyhnílý fermentát do skladovacího fermentoru. Skladovací fermentor je stejně jako hlavní, řešen jako železobetonová nadzemní věž s opláštěním z vlnitého plechu v jejíž horní části je umístěn plynojem, ve kterém je skladován získaný bioplyn. Pracovní objem skladovacího fermentoru se pohybuje kolem 625 m³ a kapacita integrovaného plynojemu je cca 350 m³ při tlaku 0,1 MPa. Po naplnění skladovacího fermentoru je již využitý materiál odveden do skladovacích jímek na digestát, které jsou umístěny za bioplynovou stanicí. Je to 16 ocelových věží o celkovém objemu cca 9 980 m³. Z těchto skladovacích věží je tento materiál vyvážen nákladními automobily jako hnojivo zemědělských ploch.



Obr. 6 Hlavní a sekundární fermentory

3.2.2.2 Kogenerace

Získaný bioplyn je skladován ve výše popsaném plynojemu, a odtud je veden dopravním potrubím ke kogeneračním jednotkám. Během této trasy je z něj odstraněn kondenzát jeho průchodem přes kondenzační zařízení a následně dochází k odsiření bioplynu jeho průchodem přes odsiřovací jednotky.

Kogenerační jednotky jsou dvě a jsou umístěny v provozní hale bioplynové stanice. První kogenerační jednotka nese typové označení Tedom Cento T160 SP BIO a dosahuje při plné zátěži 160 kW výstupního elektrického výkonu a 199 kW tepelného výkonu. Druhá kogenerační jednotka je Tedom Cento T150 SP BIO dosahující 150 kW elektrického výkonu a 193 kW výkonu tepelného. Průměrná spotřeba bioplynu oběma kogeneračními jednotkami při těchto parametrech tvoří cca 140 m³.h⁻¹.



Obr. 7 Kogenerační jednotka Tedom



Obr. 8 Spalovací motor kogenerační jednotky Tedom

3.2.3 Využití vyrobené energie

3.2.3.1 Elektrická energie

Elektrická energie vyrobená kogeneračními jednotkami slouží primárně k pokrytí energetických potřeb podniku. Vzhledem k aktuálnímu stavu odběru elektrické energie v provozech a vzhledem k režimu, v kterém pracují kogenerační jednotky je nadbytečná elektrická energie dodávána do veřejné rozvodné sítě. Kogenerační jednotky pracují převážně v takovém režimu, že jedna pracuje na plný výkon a druhá je v provozu podle aktuální potřeby. V případě poruchy a následného výpadku činnosti kogeneračních jednotek je automaticky zajištěna dodávka elektrické energie pro všechny provozy podniku z veřejné rozvodné sítě.

3.2.3.2 Odpadní teplo

Odpadní teplo produkované kogeneračními jednotkami je z části využíváno k ohřevu hlavních a sekundárních fermentorů na požadovanou teplotu, a dále je ho využito pro vytápění provozů živočišné výroby a přilehlých budov. Vytápěny jsou

odchovny a porodny selat, dílny a administrativní budovy. Dále je využito tohoto tepla k ohřevu užitkové vody, která je využívána v areálu podniku.

Tab. 5 Souhrnná tabulka parametrů BPS Plevnice

<i>Obsah sušiny v substrátu [%]</i>	8
<i>Počet hlavních fermentorů [ks]</i>	2
<i>Počet sekundárních fermentorů [ks]</i>	2
<i>Produkce bioplynu [$m^3 \cdot h^{-1}$]</i>	95-140
<i>Objem plynojemu [m^3]</i>	700
<i>Počet kogeneračních jednotek [ks]</i>	2
<i>Elektrický výkon [kW]</i>	310
<i>Tepelný výkon [kW]</i>	392
<i>Spotřeba bioplynu [$m^3 \cdot h^{-1}$]</i>	140

4 VÝSLEDKY A DISKUSE

4.1 Vlastní zhodnocení konkrétních BPS popsaných v této práci a posouzení jejich vhodnosti vzhledem k charakteristikám konkrétních podniků

Konkrétní bioplynové stanice popsané výše v této práci jsem osobně navštívil, byl jsem proveden provozy a seznámen s parametry použitých technologií. Souhrnně lze říci, že obě zemědělské bioplynové stanice jsou provozy, kde je dbáno na dodržování platných legislativních norem a opatření a proces získávání a využívání bioplynu probíhá bez závažnějších problémů.

Bioplynová stanice podniku VOD Jetřichovec je zařízení, jehož dokončení bylo realizováno v nedávné době (2009). Tento fakt je patrný při návštěvě provozu. Bioplynová stanice je osazena moderním technickým vybavením a je dbáno na vysoký stupeň automatizace a co největší pohodlí obsluhy při práci. Vzhledem k výše uvedené charakteristice zemědělského podniku VOD Jetřichovec, lze tuto bioplynovou stanici, pracující s popsanou technologií označit jako vhodnou pro tento podnik. Toto tvrzení, je možno obhájit tím, že vstupy, které bioplynová stanice zpracovává si podnik zajišťuje sám jako hlavní nebo vedlejší produkty rostlinné a živočišné výroby. V rámci doporučení pro konkrétní bioplynovou stanici lze uvést, že by měl podnik zefektivnit využívání odpadního tepla produkovaného kogeneračními jednotkami.

Bioplynová stanice podniku SPV spol. s.r.o je zařízení, které je v provozu od roku 1993. Od této doby došlo k několika menším, ale i rozsáhlejšími rekonstrukčním pracím mezi něž lze zařadit např. automatizaci provozu. Tato bioplynová stanice je poměrně moderní provoz, ale z hlediska objemu živočišné a rostlinné výroby lze říci, že je při těchto parametrech pro podnik nedostačující a z množství vstupů, produkovaných podnikem by bylo možné provozovat bioplynovou stanici o větším instalovaném výkonu. Vedení podniku si je tohoto faktu vědomé a v řádu několika příštích let se uvažuje o výstavbě nové bioplynové stanice na prasečí kejdu v areálu firmy v obci Lítohošť.

4.2 Posouzení investic na výstavbu zemědělské BPS a průměrná doba jejich návratnosti v podmínkách ČR

Z výše popsaných parametrů technologií bioplynových stanic, je zřejmé, že bioplynová stanice je složitý provoz pracující za specifických podmínek. Vzhledem k těmto faktům je patrné, že její výstavba a uvedení do provozu je velmi nákladná operace. Tabulka 6 uvádí průměrné náklady na výstavbu bioplynové stanice o daném výkonu a obrázek 9 znázorňuje odhadované rozložení finančních prostředků na jednotlivé komponenty bioplynové stanice.

V současné době existuje několik podpůrných programů např. SZIF, Program rozvoje venkova atd. zřizovaných ČR nebo EU, které umožňují získání dotace na výstavbu bioplynové stanice. Poskytnutá dotace se může pohybovat až v řádu 50 % celkové investice. Doba návratnosti investice je závislá na její počáteční velikosti, druhu a způsobu provozu bioplynové stanice, využívání produktů bioplynové stanice, velikosti provozních nákladů atd. V podmínkách ČR se průměrná doba návratnosti investice na výstavbu zemědělské bioplynové stanice pohybuje v řádu 5-10 let. [14]

Hlavními činnostmi přinášejícími ekonomický zisk jsou:

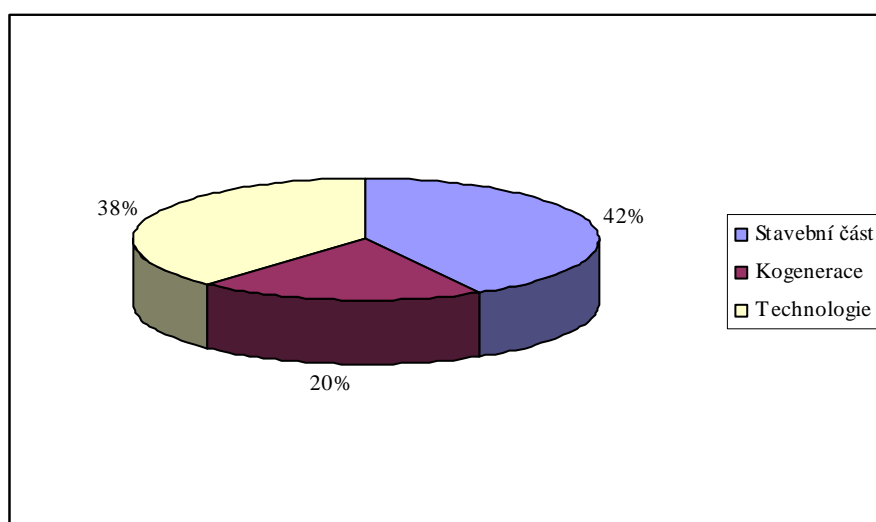
- prodej elektrické energie
- prodej tepelné energie
- prodej zemědělských hnojiv

V podmínkách ČR je snaha podporovat produkci energie z obnovitelných zdrojů především garantovanou výkupní cenou energie, daňovými zvýhodněními nebo tzv. zeleným bonusem. Zelený bonus je cenové zvýhodnění pro energii vyrobenou z obnovitelných zdrojů.

Zařízení vyrábějící energii z obnovitelných zdrojů jsou v podmínkách ČR osvobozeny od daně z příjmů v roce uvedení do provozu a po dobu následujících 5 let. Výkupní cena elektrické energie je garantována na dobu 15 let. V roce 2008 se výkupní cena elektrické energie pohybovala kolem hodnoty 3,9 Kč/kWh a zelený bonus 2,62 Kč/kWh. [14]

Tab. 6 Průměrné náklady na výstavbu BPS [14]

Výkon BPS [kW]	Náklady [Kč]
190	21 500 000
526	60 000 000
716	65 000 000



Obr. 9 Graf rozložení finančních prostředků na pořízení jednotlivých komponentů bioplynové stanice [15]

4.3 Potenciál bioplynu a BPS a jejich využití do budoucna

Vzhledem k faktům uváděným výše v této práci je patrné, že problematika bioplynu a zařízení s ním pracujících, je do budoucna velmi aktuální. Podle současného stavu, lze odhadovat možný směr vývoje využívání bioplynu nejen jako zdroje pro výrobu elektrické energie, ale i jako paliva pro dopravní prostředky. K tomuto odhadu stále více přispívá v současné době rapidně zvyšující se cena ropy a ropných produktů.

4.4 Závěr

Cílem této práce bylo přiblížit problematiku bioplynu, jeho vzniku, získávání a využívání a učinit rozbor parametrů konkrétního zařízení pracujícího s bioplynem.

První část práce se zaměřuje na teoretický úvod do problematiky. Je charakterizován pojem bioplyn, jsou uvedeny jeho vlastnosti, popsán vznik bioplynu a faktory, které ho ovlivňují. Dále je věnována pozornost zařízením, v kterých je bioplyn cíleně získáván z biomasy a následně využíván jako alternativní zdroj energie. Tato zařízení jsou zde rozdělena, popsána a jsou uvedeny nejčastější druhy technologií využívaných v těchto provozech. Práce také pojednává o historickém uplatnění těchto zařízení a o jejich současném stavu a počtech na území ČR a EU.

Druhá část práce je již zaměřena na popis dvou konkrétních zemědělských bioplynových stanic. Vybrané kapitoly obsahují stručné charakteristiky zemědělských podniků (činnost, velikost základního stáda, výměra obhospodařované půdy atd.) provozujících tato zařízení. Samotný rozbor parametrů konkrétních bioplynových stanic je realizován popisem a objasněním využití technologie, doplněným o základní technická data získaná při osobní návštěvě těchto provozů.

Závěrečná část práce obsahuje vlastní hodnocení a doporučení autora na popsané konkrétní bioplynové stanice, pojednává o průměrných velikostech investic na výstavbu zemědělských bioplynových stanic, době jejich návratnosti a také se snaží posoudit potenciál bioplynu jako alternativního zdroje energie do budoucna.

Problematika bioplynu jako alternativního zdroje energie, je velmi aktuální otázkou vzhledem ke stále se zvyšujícím energetickým nárokům společnosti. Vzhledem k tomu se dá v budoucích letech očekávat významný nárůst počtu zařízení produkujících energeticky využitelný bioplyn, mezi něž patří i zemědělské bioplynové stanice. Zejména o problematice těchto zařízení pojednává tato práce.

SEZNAM LITERATURY

- [1] ALTERNATIVNÍ ZDROJE ENERGIE, [cit. 2011-04-13]. Dostupné na:
<http://www.alternativni-zdroje.cz/>
- [2] MARTANOVÁ I., 2010: *Bioplynové technologie*. Databáze online [cit. 2011-04-16]. Dostupné na:
http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=27716
- [3] JAK VZNIKÁ BIOPLYN, [cit. 2011-04-13]. Dostupné na:
<http://kogenerace.tedom.cz/magazin-08-1-jak-vznika-bioplyn.html>
- [4] CO JE TO BIOPLYNOVÁ STANICE, [cit. 2011-04-13]. Dostupné na:
http://www.enviweb.cz/page/co_je_to_bioplynka
- [5] MICHAL P., 2005: *Bioplyn – Energie ze zemědělství*. Databáze online [cit. 2011-04-16]. Dostupné na: http://www.agronavigator.cz/attachments/Studie_bioplyn.pdf
- [6] BIOPLYN, [cit. 2011-04-13]. Dostupné na:
http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD_Biomasa_nove/Pdf/Bioplyn.pdf
- [7] KÁRA J., PASTOREK Z. & PŘIBYL E., 2007: *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Databáze online [cit. 2011-04-16]. Dostupné na:
<http://212.71.135.254/vuzt/poraden/prirucky/2007-7.pdf?menuid=608>
- [8] OCHODEK T., KOLONIČNÝ J. & BRANC M., 2007: *Metodická příručka ke studii - Technologie pro přípravu a energetické využití biomasy*. Databáze online [cit. 2011-04-16].
- [9] NAZELENO, 2010: *Bioplynová stanice*. Portál online [cit. 2011-04-05]. Dostupné na: <http://www.nazeleno.cz/bioplynova-stanice.dic>

- [10] SYSTÉMY ODSÍŘENÍ BIOPLYNU, [cit. 2011-04-13]. Dostupné na:
<http://www.novaenergo.cz/sluzby-a-produkty/systemy-odsireni-bioplynu>
- [11] BIOPLYNOVÉ STANICE, [cit. 2011-04-05]. Dostupné na: <http://profesni-vzdelavani.viarustica.cz/page/biopllynovy-stanice>
- [12] VOLEJNÍK A., 1987: Stav a perspektivy výroby bioplynu ve světovém měřítku, v zemích RVHP a v ČSSR, s. 16-24. In. HONS P., DUFEK V. a kol., *Výroba a využití bioplynu v ČSSR*. Český výbor zemědělské společnosti a společnosti potravinářského průmyslu ČSVTS, Praha, 138 s.
- [13] JÓN Z., 2007: *Bioplyn ve skupině ČEZ*. Databáze online [cit. 2011-04-16]. Dostupné na: http://www.schaumann.cz/ke-stazeni/produktove-letaky/CEZ_OZE_27_02_07.pdf
- [14] SEDLÁČKOVÁ D., 2009: *Bioplyn*. Databáze online [cit. 2011-04-16]. Dostupné na: <http://www.dyjanka.webzdarma.cz/Bioplyn.pdf>
- [15] KALKULACE BIOPLYNOVÝCH STANIC, [cit. 2011-04-13]. Dostupné na: <http://www.agrifair.cz/component.php?cocode=section&seid=20>
- [16] GATE2BIOTECH, 2006: *Komunální bioplynová stanice u Passau v Bavorsku*. Biotechnologický portál online [cit. 2011-04-04]. Dostupné na: <http://www.gate2biotech.cz/komunalni-biopllynova-stanice-u-passau-v/>
- [17] HRŮZA R., 2007: *Zemědělské bioplynové stanice*. Databáze online [cit. 2011-04-16]. Dostupné na: http://www.ekoconnect.org/pdf/Bioverbindet/07-11-19_biopllyn-renergy.pdf
- [18] JENBACHER GAS ENGINES, 2006: *J312V202*. [cit. 2011-04-16]. Dostupné na: http://www.cogeneration.com.ua/img/zstored/J312V202_en.pdf
- [19] KOCIÁN O., 2009: *Návrh bioplynové stanice*. Databáze online [cit. 2011-04-16]. Dostupné na: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=17545
- [20] KOGENERACE TEDOM, [cit. 2011-04-13]. Dostupné na: <http://kogenerace.tedom.cz/download/121.pdf>

[21] SEDLÁŘOVÁ L., 2010: *Bioplynová stanice*. Databáze online [cit. 2011-04-16].
Dostupné na: www.hledam-investora.cz/prilohy/71.doc

[22] STRAKA F. a kol., 2006: *Bioplyn*. GAS s.r.o, Praha, 706 s.

[23] VÁŇA J., 2010: *Bioplynová stanice na využití bioodpadů*. Portál online [cit. 2011-04-16]. Dostupné na: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynové-stanice-na-vyuziti-bioodpadu>

[26] WIKIPEDIE, 2011: *Bioplyn*. Encyklopedie online [cit. 2011-04-16]. Dostupné na:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Bioplyn>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Schéma zemědělské bioplynové stanice.....	24
Obr. 2 Krmný vůz Trioliet.....	33
Obr. 3 Odpadní jímka a kryty fermentorů.....	34
Obr. 4 Kogenerační jednotka GE Jenbacher.....	35
Obr. 5 Stolový chladič.....	36
Obr. 6 Hlavní a sekundární fermentory.....	39
Obr. 7 Kogenerační jednotka Tedom.....	40
Obr. 8 Spalovací motor kogenerační jednotky Tedom.....	41
Obr. 9 Graf rozložení finančních prostředků na pořízení jednotlivých komponentů bioplynové stanice.....	45

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Poměr C : N vybraných materiálů.....	13
Tab. 2 Počet zemědělských BPS ve vybraných zemích v roce 1982.....	28
Tab. 3 Elektrická energie vyrobená z bioplynu ve vybraných zemích.....	30
Tab. 4 Souhrnná tabulka parametrů BPS Jetřichovec.....	37
Tab. 5 Souhrnná tabulka parametrů BPS Plevnice.....	42
Tab. 6 Průměrné náklady na výstavbu BPS.....	45

SEZNAM ZKRATEK

atd. – a tak dále

BPS – Bioplynová stanice

C – Uhlík

°C – stupeň Celsia

CH₄ - Metan

CO₂ – Oxid uhličitý

ČR - Česká republika

ČSSR - Československá socialistická republika

EU – Evropská unie

h – hodina

ha - hektar

H₂ - Vodík

H₂S – Sulfan

H₂SO₄ – Kyselina sírová

HCN – Kyanovodík

min - minuta

např. - například

N₂ - Dusík

N₂O – Oxid dusičitý

NH₃ – Amoniak

Obr. - obrázek

s - sekunda

Spol. s.r.o – Společnost s ručením omezeným

SZIF – Státní zemědělský intervenční fond

Tab. - tabulka

Tzv. – tak zvaný

VOD – Výrobně obchodní družstvo

W - Watt