

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ENERGETICKÝ ÚSTAV**

**FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**ENERGY INSTITUTE**

## **MOŽNOSTI ENERGETICKÉHO VYUŽITÍ BIOMASY– VÝROBA BIOPLYNU**

POSSIBILITIES OF ENERGY EXPLOITATION OF BIOMASS – BIOGAS PRODUCTION

***BAKALÁŘSKÁ PRÁCE***  
*BACHELOR'S THESIS*

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**MICHAL BECK**

**doc. Ing. MICHAL JAROŠ, Dr.**

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav  
Akademický rok: 2009/10

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Beck Michal

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Možnosti energetického využití biomasy - výroba bioplynu**

v anglickém jazyce:

### **Possibilities of energy exploitation of biomass - biogas production**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedním z obnovitelných zdrojů energie je biomasa, ať již ve formě zbytků nebo odpadů z jiných procesů nebo pěstovaná záměrně pro daný účel. V současné době při nadbytku zemědělských plodin se tento způsob využití zemědělské půdy přímo nabízí. Otázkou je efektivita celého procesu, související i s dostupností dostatečného množství biomasy.

Cíle bakalářské práce:

Zpracujte úvodní studii výroby bioplynu z biomasy a jeho následného energetického využití, včetně případných příkladů realizace. Posud'te energetický přínos, ekonomickou výhodnost a možnosti aplikace v podmínkách České republiky. Formulujte vlastní závěry a doporučení.

Seznam odborné literatury:

- Noskovič, P.: Biomasa a její energetické využití. MŽP, Praha, 1996.  
Kolektiv: Obnovitelné zdroje energie. 2. upr. a dopl. vyd. FCC Public, Praha, 2001.  
Brož, K.: Alternativní zdroje energie. Vydavatelství ČVUT, Praha, 2003.  
Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P.: Biomasa: obnovitelný zdroj energie. FCC Public, Praha, 2004.  
Murtinger, K.: Energie z biomasy. ERA, Brno, 2006.  
Přichystal, L.: Biomasa jako obnovitelný zdroj energie. FCH VUT Brno, 2008.  
Internetové, časopisecké a jiné zdroje dle vlastního výběru studenta.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Michal Jaroš, Dr.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 22.10.2009



doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.  
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je přiblížit metodu výroby energie z biomasy použitím anaerobní fermentace a produkce bioplynu. Práce popisuje celý tento proces jak teoreticky, tak i na reálném příkladu z praxe. V poslední kapitole je zhodnocen tento proces po stránce ekonomické.

## ABSTRACT

Objective of this Bachelor thesis is to describe production of energy from biomass, using anaerobic fermentation and biogas production. It describes this entire process from theoretical and practical point of view. The last chapter contains an evaluation of this energy production in context of its economical returns.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Bioplyn, biomasa, anaerobní fermentace, kogenerace, bioplynová stanice, Velký Karlov

## KEYWORDS

Biogas, biomass, anaerobic fermentation, cogeneration, biogas station, Velký Karlov

## Bibliografická citace mojí práce

BECK, M. *Možnosti energetického využití biomasy - výroba bioplynu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 17 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Michal Jaroš, Dr.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, jenž je umístěn na konci této práce.

23. března 2010

.....

Michal Beck

# OBSAH

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>ÚVOD.....</b>  | <b>8</b>  |
| 1.1      | CÍL PRÁCE .....   | 8         |
| 1.2      | ZÍSKÁVÁNÍ INFORMACÍ.....                                  | 8         |
| <b>2</b> | <b>BIOMASA – ANAEROBNÍ FERMENTACE .....</b>               | <b>9</b>  |
| 2.1      | SEZNÁMENÍ S PROBLEMATIKOU.....                            | 9         |
| 2.2      | VÝZNAM TECHNOLOGIE .....                                  | 10        |
| 2.3      | BIOPLYN .....   | 11        |
| 2.3.1    | <i>Složení bioplynu.....</i>                              | <i>11</i> |
| 2.3.2    | <i>Vznik bioplynu .....</i>                               | <i>12</i> |
| 2.4      | TECHNOLOGIE VYUŽÍVANÉ K VÝROBĚ BIOPLYNU .....             | 14        |
| 2.4.1    | <i>Mokrý fermentace.....</i>                              | <i>14</i> |
| 2.4.2    | <i>Suchá fermentace.....</i>                              | <i>17</i> |
| 2.4.3    | <i>Jímání skládkového bioplynu.....</i>                   | <i>18</i> |
| <b>3</b> | <b>MOŽNOSTI VYUŽITÍ ANAEROBNÍ FERMENTACE .....</b>        | <b>19</b> |
| 3.1      | V ČR .....  | 19        |
| 3.2      | NA MORAVĚ .....   | 19        |
| 3.3      | VELKÝ KARLOV JAKO IDEÁLNÍ PŘÍPAD ZPRACOVÁNÍ BIOMASY ..... | 20        |
| <b>4</b> | <b>EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....</b>                         | <b>24</b> |
| 4.1      | DOTACE .....  | 24        |
| 4.2      | POROVNÁNÍ NÁKLADŮ NA VÝSTAVBU .....                       | 24        |
| <b>5</b> | <b>ZÁVĚR .....</b>  | <b>26</b> |

# 1 ÚVOD

K lidské činnosti je zapotřebí velké množství energie, jejíž spotřeba každým okamžikem stoupá. Tuto energii musíme odněkud získávat. Jedním ze způsobů je získávání energie z neobnovitelných zdrojů. Pod tímto pojmem se rozumí zdroje, jejichž délka regenerace je nesrovnatelně vyšší oproti délce lidského života. Proto je zřejmé, že se společnost jednou dožije doby, kdy se tyto zdroje vyčerpají nebo vypálí. Je tedy zapotřebí nevyužívat pouze tyto neobnovitelné zdroje, ale počítat i s jinými – obnovitelnými zdroji. Méně využívaným, ale o to více progresivním způsobem je proto získání energie ze slunečního záření, vodní energie, energie přílivu, větrné energie, energie z biomasy apod. Zpracování biomasy, respektive její fermentace, jež je téma této bakalářské práce, má v současné době značný materiální potenciál a také podporu státu ve formě dotací na výstavbu bioplynových stanic.

## 1.1 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je zpracovat úvodní studii výroby bioplynu z biomasy a jeho následné využití, včetně příkladů realizace. Dále pak získání informací a dat z reálného provozu a jejich následné zpracování do stručné a srozumitelné formy.

První, teoretická část práce, je zaměřena na obecný popis anaerobní fermentace (kvašení za nepřístupu vzduchu) vlhkých organických materiálů, druhá část se zabývá touto problematikou v praxi, a to na největší bioplynové stanici ve střední Evropě – Velký Karlov, včetně zpracování biomasy na jižní Moravě. Poslední kapitola obsahuje krátké ekonomické zhodnocení, týkající se převážně výstavby bioplynových stanic.

## 1.2 ZÍSKÁVÁNÍ INFORMACÍ

Jako hlavní zdroj informací k danému tématu sloužily webové stránky, a to hlavně díky dnes velmi často skloňované ekologii a velmi rychle rostoucím zájmu o toto téma. Dále pak informační a reklamní brožury zejména od firem, které se v této problematice pohybují (např. ČEZ, Agro-Jevisovice, Zevo-Jevisovice, Tedom). První část, která je zaměřena na výrobu bioplynu obecně, je zpracována převážně z knižních podkladů. Ve druhé části, kde je popsáno zpracování biomasy na jižní Moravě, jsou použity informace z reálného provozu. Autor měl možnost navštívit některé bioplynové stanice osobně a jednak zkonzultovat nalezené informace s techniky a vedoucími provozoven, jednak také získat nové údaje, které se týkají přímo těchto pracovišť. V práci jsou také uvedena data z distribuční sítě energetické společnosti E.ON, která společnost poskytl.

Veškeré zdroje informací jsou uvedeny na konci bakalářské práce.

## 2 BIOMASA – ANAEROBNÍ FERMENTACE

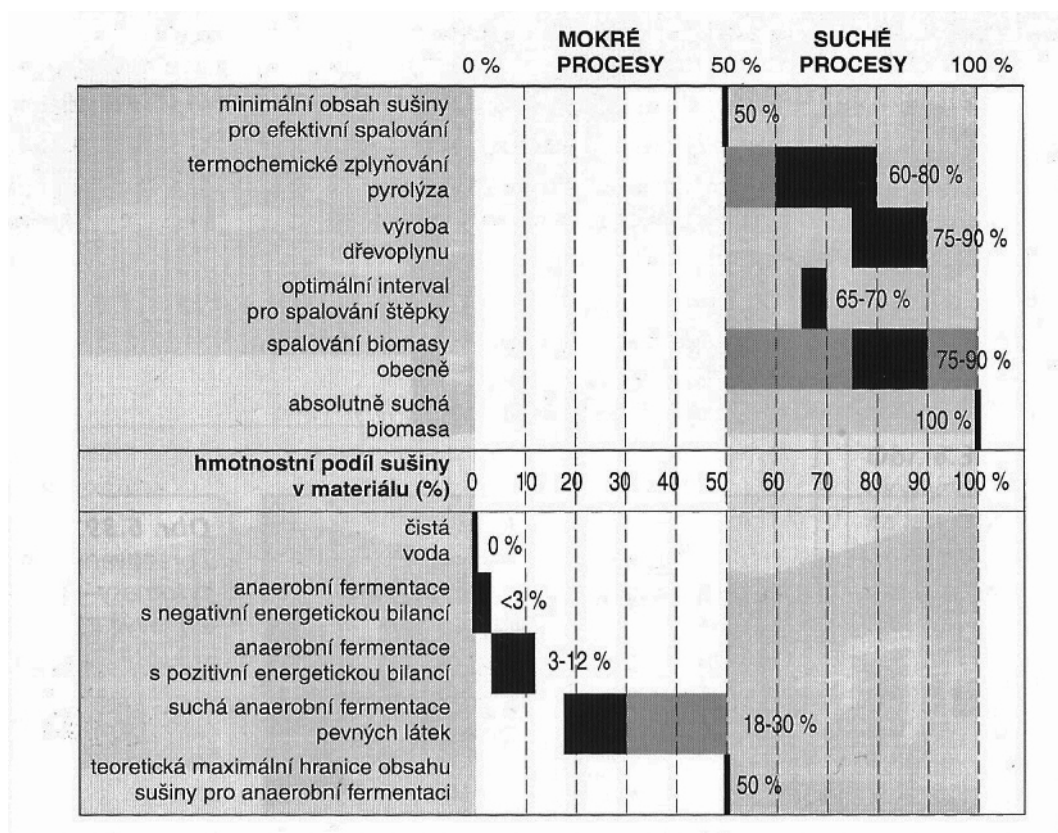
### 2.1 SEZNÁMENÍ S PROBLEMATIKOU

Co je to biomasa:

Biomasa je definována jako hmota organického původu. V souvislosti s energetikou jde nejčastěji o dřevo a dřevní odpad, slámu a jiné zemědělské zbytky včetně exkrementů užitkových zvířat.

Rozlišujeme biomasu suchou (např. dřevo) a mokrou (např. tzv. kejda – tekuté a pevné výkaly hospodářských zvířat promísené s vodou). Technologie zpracování se dělí na suché procesy (termochemická přeměna), jako je spalování, zplyňování a pyrolýza, a procesy mokré (biochemická přeměna), které zahrnují anaerobní vyhnívání (metanové kvašení), lihové kvašení a výrobu biovodíku. Zvláštní podskupinu potom tvoří lisování olejů a jejich následná úprava, což je v podstatě mechanicko-chemická přeměna (např. výroba bionafty a přírodních maziv)[1].

Pro účely anaerobní fermentace s pozitivní energetickou bilancí se používá mokrá biomasa s obsahem 3–12 % sušiny[2]. Při využití biomasy s podílem sušiny pod touto mezí jde o fermentace s negativní energetickou bilancí. Pro úplnost uvádíme graf hmotnostního podílu sušiny v biomase při různých způsobech zpracování.



Obr. 1 Hmotnostní podíl sušiny v energetické biomase při různých způsobech zpracování [2]

Anaerobní fermentace vlhkých organických materiálů, zkráceně nazývaná anaerobní fermentace, patří mezi tzv. nízkopotenciální energetické zdroje. Jestliže bychom měli popsat pojem anaerobní fermentace širší veřejnosti, zněla by definice např. takto: anaerobní fermentace je biologický proces, při kterém dochází k rozpadu organické hmoty – biomasy působením bakterií bez přístupu kyslíku, přičemž se uvolňuje bioplyn.

## 2.2 VÝZNAM TECHNOLOGIE [2]

Jako hlavní přínos anaerobní fermentace, potažmo bioplynových stanic, kde se tato technologie využívá, se často uvádí získání zdroje elektrické energie, což není tak úplně pravda. Existují tři hlavní důvody, proč je anaerobní fermentace vlhkých organických materiálů přínosná:

### 1) Výroba přírodních hnojiv

Tento důvod je velmi důležitý pro zemědělské podniky, které již zfermentovaný materiál aplikují jako hnojivo na pole. Tím sníží náklady za pořizování hnojiva, které si takto sami vytvoří. Pokud bioplynovou stanicí vlastní menší, například soukromý majitel, je možné, aby s hnojivem obchodoval na trhu. V tom případě je ale nutné, aby se řídil novelou zákona č. 156/1998 Sb. o hnojivech.

### 2) Zlepšení životního prostředí

Takzvaná odpadní biomasa, která zahrnuje například odpad při kácení lesů, kosení trávníků, odpady po těžbě dřeva, odpady z potravinářských výrob, komunální organické odpady atp. se většinou pálí, v lepším případě kompostuje. Tento problém anaerobní fermentace řeší také. Odpadní biomasa se zfermentuje, poté se jako hnojivo použije na pole a nepůsobí tak zátěž životnímu prostředí jako v případě spálení.

### 3) Získání zdroje energie

Fermentaci biomasy nelze považovat za hlavní zdroj elektrické energie, ale pouze jen jako doplňkový. Jako nejvýhodnější variantou se jeví využití tepelné energie pro vlastní účely. Poměrná část získané tepelné energie je spotřebována přímo v bioplynové stanici pro vlastní spotřebu. Např. v létě jde o ochlazování fermentorů, v zimě o jejich zahřívání. V případě agrodržetev jde např. o vytápění přilehlých prostor pro chov dobytka, ohřívání užitkové vody apod. Jako další možnost se jeví prodávání tzv. zelené energie do sítě, avšak výkupní ceny za energii z biomasy jsou nižší než z fotovoltaických elektráren.

## 2.3 BIOPLYN

### 2.3.1 SLOŽENÍ BIOPLYNU

Bioplyn získaný metodou anaerobní fermentace se v ideálním případě skládá ze dvou složek: z metanu ( $\text{CH}_4$ ), který je majoritní složkou bioplynu (dosahuje až 75 % celkového objemu plynu), a oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ). S tímto složením se ale v praxi nesetkáme. Bioplyn obsahuje vždy příměsi, jako jsou vodní pára, dusík, kyslík, vodík, čpavek nebo sulfan ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Obsah nejčastějších složek bioplynu je uveden v tab. 1. Výsledné složení bioplynu můžeme vyhodnotit a poté zjistit, zda fermentace proběhla v ideálních podmínkách, případně zajistit zlepšení průběhu fermentace. Sledování složek bioplynu má velký význam už jen kvůli bezpečnosti. Při zanedbání pozornosti může dojít k nehodě (metan a vzdušný kyslík totiž tvoří výbušnou směs).

| Složka               | Objemový podíl |
|----------------------|----------------|
| <b>Metan</b>         | <b>40–75 %</b> |
| <b>Oxid uhličitý</b> | <b>25–55 %</b> |
| <b>Vodní pára</b>    | <b>0–10 %</b>  |
| <b>Dusík</b>         | <b>0–5 %</b>   |
| <b>Kyslík</b>        | <b>0–2 %</b>   |
| <b>Vodík</b>         | <b>0–1 %</b>   |
| <b>Čpavek</b>        | <b>0–1 %</b>   |
| <b>Sulfan</b>        | <b>0–1 %</b>   |

Tab. 1 Složení bioplynu [3]

Největší vliv na složení bioplynu a jeho fyzikální a chemické vlastnosti má vstupní materiál (resp. jeho složení) a podmínky při fermentaci. Vlastnosti vzniklého bioplynu nezávisí pouze na tom, jestli jde o biomasu živočišnou nebo rostlinou, ale například v případě exkrementů závisí i na zvířeti, který jej produkuje (obsah sulfanu získaného při fermentaci exkrementů z chovu skotu je zanedbatelný, naproti tomu při použití drůbežích exkrementů je velice vysoký).

### 2.3.2 VZNIK BIOPLYNU

Bioplyn vzniká činností metanogenních bakterií. Organismy, které tento rozklad provádějí, jsou velmi citlivé na přítomnost kyslíku, a proto k přeměně organických látek na metan dochází jen v prostředí, v němž není přítomen kyslík (anaerobní prostředí) [4]. Metan tímto způsobem vzniká na různých místech, a proto se v praxi ustálilo rozdělení směsí těchto plynů podle místa vzniku. Rozlišujeme tak:

- 1) Zemní plyn – řadíme jej mezi neobnovitelné zdroje energie, je energeticky nejvhodnější. Obsahuje totiž obvykle přes 90 % metanu.
- 2) Důlní plyn – představuje nebezpečí pro horníky, protože se vzduchem tvoří vysoce třaskavou směs. Z energetického hlediska nemá využití.
- 3) Kalový plyn – uvolňuje se samovolně ze dna vodních nádrží, oceánů, jezer, močálů, rašelinišť apod. Jeho složení se odvíjí od místa vzniku a tak je značně rozličné.
- 4) Skládkový plyn – uvolňuje se na skládkách komunálního odpadu. Metan se uvolňuje samovolně, proto hrozí nebezpečí výbuchu, které se může částečně eliminovat bezpečnostním hořákem. I zde je složení plynu značně rozličné.
- 5) Bioplyn – tento pojem zahrnuje veškeré plynné směsi, jenž vznikly činností mikroorganismů. V praxi se ustálil název bioplyn pro plyn, vzniklý kvašením za nepřístupu vzduchu v umělých zařízeních.

Anaerobní fermentace, při které bioplyn vzniká, je poměrně složitý chemický proces, sestávající ze čtyř fází, které nyní podrobněji popíšeme:

#### 1. fáze: Hydrolýza

Jde o přeměnu polymolekulárních organických látek (polysacharidy, proteiny, lipidy atd.) na jednodušší organické látky (monomery). Tato fáze začíná v době, kdy je ještě přítomen vzdušný kyslík. Předpokladem k nastartování celého procesu fermentace je obsah vlhkosti v biomase alespoň 50 %.

#### 2. fáze: Acidogeneze

V této fázi dochází k působení acidogenních bakterií, které zapříčiní vznik mastných kyselin a některých alkoholů. Zároveň také dochází k vytvoření anaerobního prostředí.

#### 3. fáze: Acetogeneze

Někdy také nazývaná mezifáze. Acidogenní bakterie přeměňují vyšší organické kyseliny na kyselinu octovou ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), vodík ( $\text{H}_2$ ) a oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ).

#### 4. fáze: Metanogeneze

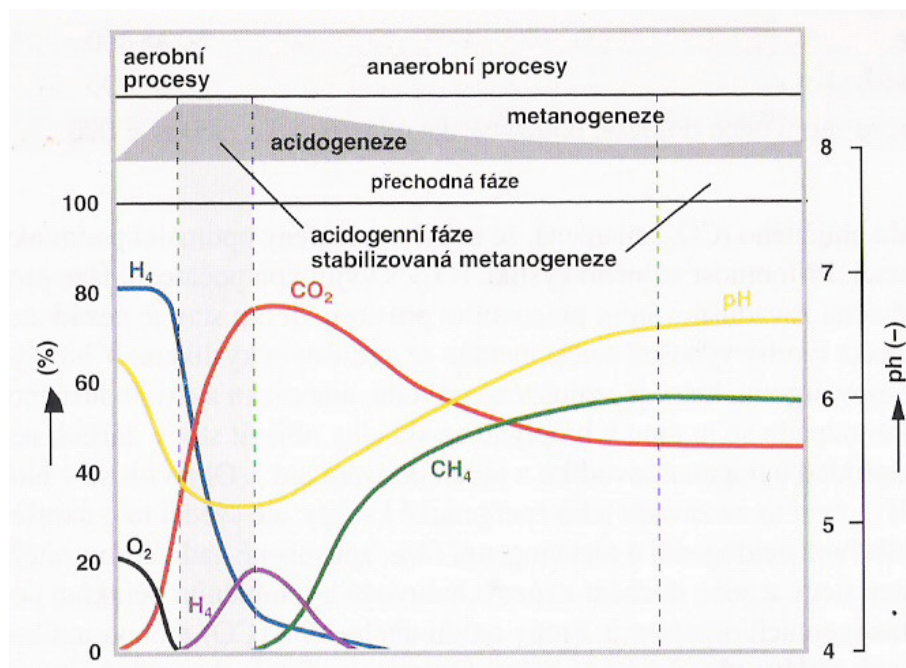
Z kyseliny octové vzniká působením metanogenních autotrofních bakterií metan. Pokud se v této fázi poruší striktně anaerobní prostředí, bakterie, pro něž je kyslík velice škodlivý, rychle odumírají a proces výroby metanu se tak zastaví.

Pro názornost ještě uvádím detailnější schéma výroby bioplynu (tab. 2.).

| Anaerobní fermentace organických látek<br>(zjednodušené schéma)                                |   |  |   |   |   |   |
|--|---|--|---|---|---|---|
| I.fáze<br>Hydrolyza  | ⇒ | II.fáze<br>Acidogeneze                     | ⇒ | III.fáze<br>Acetogeneze   | ⇒ | IV.fáze<br>Metanogeneze   |
| <b>VSTUP</b><br>Vlhké organické látky<br>Hlavní složky:<br>-uhlohydráty<br>-tuky<br>-bílkoviny |   | Jednodušší organické sloučeniny (monomery) |   | Organické kyseliny (kapronová, valerová, máselná, propionová)<br><br>-Vodík (H <sub>2</sub> )<br>-Oxid uhličitý (CO <sub>2</sub> )<br>-Kyselina octová (CH <sub>3</sub> COOH) |   | <b>VÝSTUP</b><br>1) bioplyn<br>-metan<br>-oxid uhličitý<br>-sulfan<br>-další minoritní plyny<br><br>2) fementovaný materiál |

Tab. 2 Schéma anaerobní fermentace [2]

Nejdůležitější vlastností bioplynu z energetického hlediska je jeho výhřevnost, která je určena obsahem metanu ve směsi. Obecně se udává výhřevnost bioplynu 18–25 MJ·m<sup>-3</sup>, podle obsahu metanu (čím větší procento metanu plyn obsahuje, tím je výhřevnější. Samotný metan má výhřevnost 35,9 MJ·m<sup>-3</sup>). Jak je již popsáno v předchozí kapitole, metan vzniká ve čtvrté fázi výroby bioplynu, při metanogenezi. Schéma změny složení bioplynu v procesu fermentace je popsán na obr. 2. V grafu také vidíme změnu pH měnící se směsí.



Obr. 2 Schéma změn složení bioplynu při náběhu anaerobního fermentačního procesu [2]

## 2.4 TECHNOLOGIE VYUŽÍVANÉ K VÝROBĚ BIOPLYNU

Jako základní se jeví rozdělení technologií na mokrou a suchou fermentaci. Mokrý fermentace, nazývaná též výroba bioplynu z tekutých materiálů, využívá jako vstupní materiál ten, který obsahuje maximálně 12 % sušiny. Pro ideální průběh celého procesu se používá biomasa s maximálně 10 % sušiny. Je to v praxi daleko více využívaná metoda než fermentace suchá a to díky tomu, že mokrý fermentace je metoda starší a tudíž více zavedená a technicky propracovanější. Dále také hrají také roli investiční náklady, které jsou u stanice se suchou fermentací vyšší. Suchá fermentace neboli výroba bioplynu z tuhých materiálů je metoda mladší, zavedená původně ke zpracování komunálních bioodpadů, avšak dnes je používána i ke zpracování ostatní biomasy. Obě metody jsou detailněji popsány v následujících kapitolách.

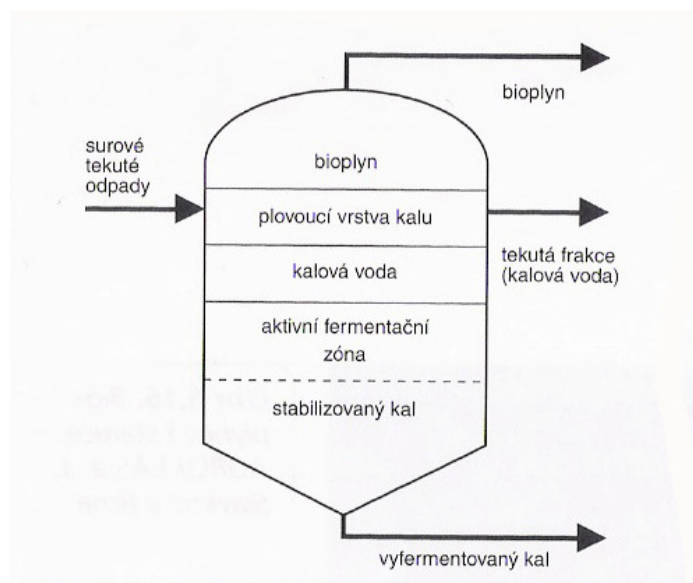
### 2.4.1 MOKRÁ FERMENTACE

Tato metoda fermentace je používána s mnoha modifikacemi výrobní linky z nichž některé jsou uvedeny níže. Samotný vznik bioplynu se děje ve fermentorech (reaktorech), avšak než k tomuto procesu dojde, musí mu předcházet několik dalších kroků. V následujícím textu je popsán celý tento proces, od přivezení vstupního materiálu do stanice až po vznik bioplynu.

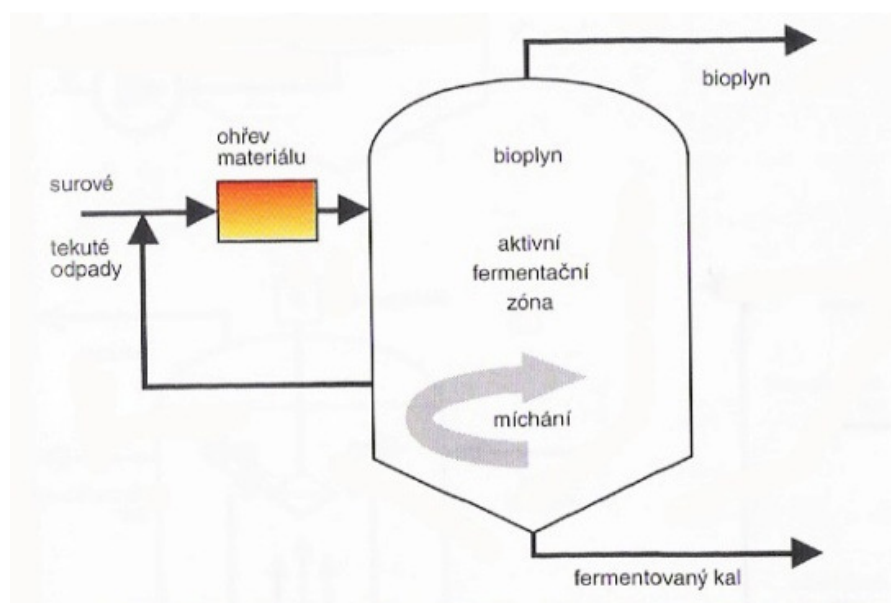
Začátku celého procesu předchází svoz vstupního materiálu do stanice. Ten je poté podle původu naveden buď do hygienizační linky nebo do příjmového zařízení. Biologicky rozložitelný odpad (např. jateční odpady) musí být podle Přílohy VI nařízení ES 1774/2002 být pasterizovány a také musí být upravena jejich velikost. Tento proces probíhá v hygienizační lince, kde se materiál rozmělní na velikost částic maximálně 12 mm a poté je pasterizován. Rostlinná biomasa je bez nutnosti hygienizace svezena rovnou do příjmového zařízení. Poté se materiál z těchto pracovišť smísí v homogenizační nádrži, odkud je čerpán do reaktorů. Dávkování materiálu může probíhat:

1. kontinuálně – používá se při zpracování tekutých odpadů.
2. semikontinuálně – nejrozšířenější způsob dávkování. Dávkuje se několikrát za den.
3. diskontinuálně – materiál se do reaktorů doplňuje až poté, co je předešlý materiál odklizen.

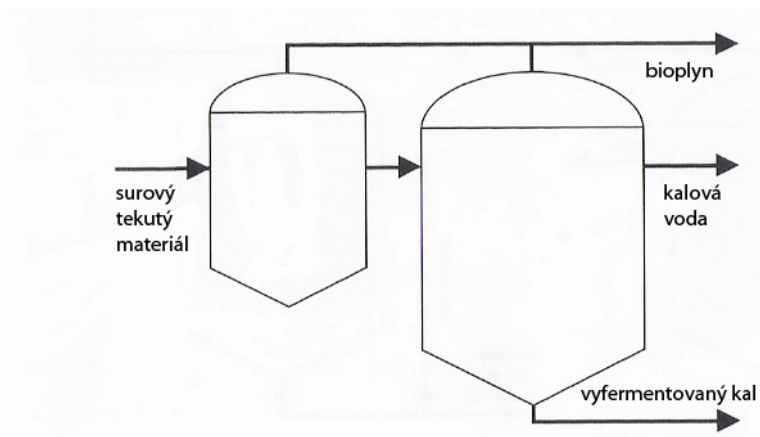
Reaktory, ve kterých samotný proces fermentace probíhá, mohou mít různá provedení (např. laguna, hranolovitý tvar, válcový tvar, kulový tvar...) a fermentace v nich může probíhat: jednostupňově nebo vícestupňově (ve více fermentorech). Při jednostupňovém procesu (obr. 3 a 4) se všechny čtyři fáze výroby bioplynu dějí v jednom fermentoru, při vícestupňovém procesu se tyto fáze rozdělí do více fermentorů. V praxi je používán maximálně dvoustupňový proces (obr. 5). Pro úplnost také uvádíme, jak se může lišit v různých fermentorech regulace a řízení procesu. Jde o rozdělení na tzv. low-rate a high-rate produkci bioplynu, což můžeme do češtiny převést jako systém s nízkou, respektive vysokou intenzitou produkce bioplynu (obr. 3 a 4).



Obr. 3 Systém anaerobní fermentace s nízkou intenzitou (low-rate) produkce bioplynu [2]



Obr. 4 Systém anaerobní fermentace s vysokou intenzitou (high-rate) produkce bioplynu [2]



Obr. 5 Dvoustupňový kombinovaný systém anaerobní fermentace [2]

Poté, co substrát ve fermentorech dokončí čtvrtou fázi výroby metanu – metanogenezi, je přečerpán do nádrží pro zfermentovaný materiál, odkud je jako hnojivo čerpán a aplikován na pole. Bioplyn, stoupající ke stropu fermentoru, je přiváděn do kogenerační jednotky (obr. 6). To je zařízení pro spalování bioplynu, které spojuje spalovací motor a generátor elektrického proudu. Tato metoda je pro účely výroby energie z bioplynu nejúčinnější – dosahuje totiž účinnosti až 90 %. Bioplyn se zde přeměňuje na tepelnou energii (cca 60 %) a elektrickou energii (cca 30 %). Zbýlých cca 10 % jsou tepelné ztráty. Pro názornost uveďme, že na výrobu 1 kWh elektrické energie je zapotřebí přeměnit v kogenerační jednotce asi 0,6 m<sup>3</sup> bioplynu s průměrným obsahem metanu 60 %, což odpovídá zpracování asi 6 kg odpadní biomasy nebo 5 m<sup>3</sup> tekutých komunálních odpadů. Vzniklá tepelná energie se většinou používá pro vlastní spotřebu – např. k dodávání tepla do hygienizační linky nebo v případě potřeby na vyhřívání fermentorů. Způsoby využití jsou zde opravdu široké. Elektrická energie se také používá k vlastní spotřebě, ale stále častěji se setkáváme s dodáváním elektrické energie do sítě.



Obr. 6 Kogenerační jednotka TEDOM CENTO T160 BIO [5]

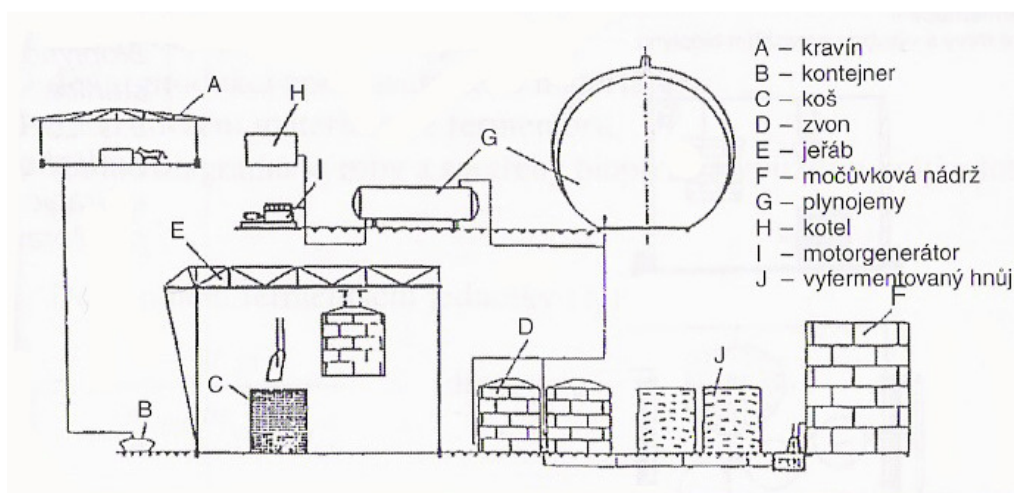
## 2.4.2 SUCHÁ FERMENTACE

Podobně jako mokrá fermentace, má i tato metoda mnoho možných technických provedení a používá se taktéž v mnoha modifikacích. Tento proces se může uskutečňovat při zpracování biomasy, obsahující od 20 % do 50 % sušiny, avšak v praxi se využívá při fermentaci biomasy s obsahem sušiny 18 % až 30 % (viz obr. 1). Tato hodnota se však může lišit v závislosti na zpracovávaném substrátu. Pro správný obsah sušiny v substrátu se může použít i ředění. V případě použití biomasy s nižším obsahem sušiny lze použít vysokosušinnové přísady, jako například seno, slámu, žito apod. U použití biomasy s vysokým podílem sušiny ji naopak naředíme.

I tuto technologii můžeme rozdělit podle dávkování materiálu na kontinuální a diskontinuální. Hlavním kritériem rozdělení linek, provádějících suchou fermentaci, se jeví způsob manipulace s materiálem:

- 1) Metoda speciálních vaničkových kontejnerů
- 2) Reaktor plněný šnekovými dopravníky
- 3) Tunelový systém
- 4) Metoda s použitím hranolovitých kontejnerů
- 5) Metoda s válcovými fermentory typu: fermentační koš + krycí zvon

Poslední jmenovaná metoda se projevila jako jediná spolehlivě fungující dávkovací metoda pro linky suché fermentace. Schéma realizace takové linky je na obr. 7.



Obr. 7 Blokové schéma strojní linky na anaerobní fermentaci materiálů [2]

### 2.4.3 JÍMÁNÍ SKLÁDKOVÉHO BIOPLYNU [2]

Ve své podstatě se nejedná o technologii výroby bioplynu v pravém smyslu slova, protože bioplyn, resp. metan ze skládek komunálního odpadu uniká samovolně, bez cizího přičinění. Jedním z hlavních předpokladů pro vznik bioplynu ve skládce je dostatečné množství organických látek v odpadní hmotě. Intenzita unikání bioplynu je značně nestálá, kulminuje asi po jednom roce skladování. Bioplyn se ze skládky jímá aktivně – podtlakem nebo pasivně – bioplyn stoupá sám. V tomto případě získávání bioplynu je velice důležité dbát na bezpečnost, protože může dojít k vytvoření výbušné směsi metan + kyslík.

Na obr. 8 je zobrazena skládka Únanov u Znojma, která je od roku 2009 vybavena kogenerační jednotkou a dodává elektrickou energii do elektrické sítě. Plyn vznikající ve skládce je systémem potrubí přepravován do kogenerační jednotky (na obr. 8 úplně vpravo), kde se přeměňuje na energii obdobně jako u bioplynových stanic s mokrou či suchou fermentací. Ve srovnání této metody jímání bioplynu s metodou suché nebo mokré fermentace je množství jímaného bioplynu mnohem menší. Na druhou stranu je tato metoda méně náročná na obsluhu a investiční náklady jsou oproti bioplynovým stanicím menší.



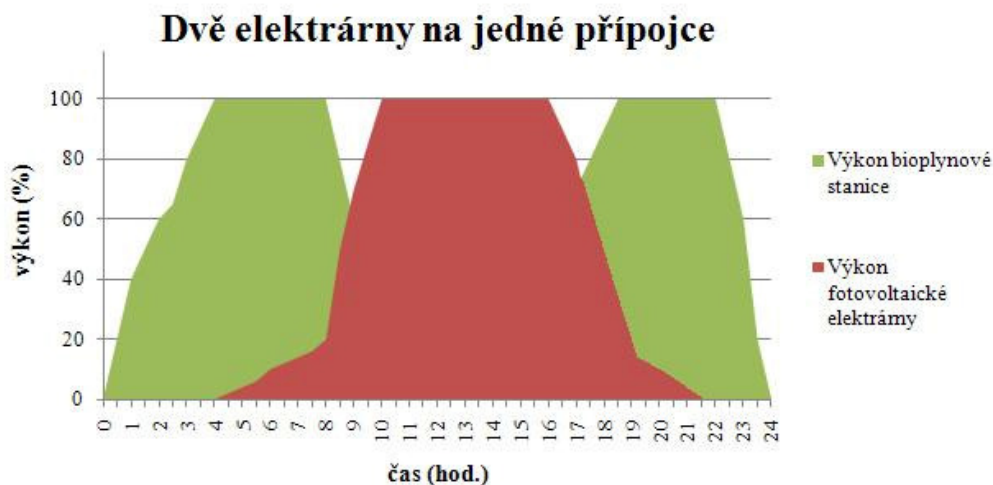
*Obr. 8 Skládka komunálního odpadu firmy A.S.A. ES v Únanově u Znojma*

### 3 MOŽNOSTI VYUŽITÍ ANAEROBNÍ FERMENTACE

#### 3.1 V ČR

Ve srovnání s vyspělými státy Evropské unie Česká republika stále zaostává v počtu bioplynových stanic. Toto se děje z mnoha důvodů. Jedním z nich je omezený počet přípojek do elektrické sítě, které si dravější podnikatelé ve fotovoltaické energii zarezervují. Místo bioplynových stanic tak vznikají další a další fotovoltaické elektrárny, které mají levnější provoz, výkupní cena elektřiny z tohoto zdroje je vyšší než u energie z biomasy a tedy i jejich návratnost je kratší.

Zajímavým řešením tohoto problému je metoda „dvou elektráren na jednom kabelu“ [7]. Primární rezervovaný výkon by v čase slunečního svitu dodávala fotovoltaická elektrárna. V době, kdy by sluneční elektrárna energii nevyráběla, by mohla dodávat energii bioplynová elektrárna, napojená na stejný vývod do rozvodné sítě (Obr. 9). Tím by se oba zdroje vhodně doplňovaly a nedocházelo by tak k prudkým výkyvům v dodávce elektrické energie, které způsobují nemalé problémy v regulaci v síti distributorů.



Obr. 9 „Dvě elektrárny na jednom kabelu“

#### 3.2 NA MORAVĚ

V České republice bylo v březnu 2010 zaznamenáno 110 bioplynových stanic, z toho nejvíce (15) jich je vystavěno a provozováno na jižní Moravě. To je dáno klimatickými a morfologickými podmínkami, které jsou na jihu Moravy pro výstavbu bioplynových stanic ideální. Dalším důvodem také je, že je na jižní Moravě velmi rozvinuté zemědělství, takže o vstupní materiál procesu fermentace není nouze. Z důvodu největší koncentrace bioplynových stanic a také protože je jižní Morava trvalé bydliště autora práce, je největší pozornost věnována právě tomuto kraji.

### 3.3 VELKÝ KARLOV JAKO IDEÁLNÍ PŘÍPAD ZPRACOVÁNÍ BIOMASY

Na jižní Moravě se také nachází největší bioplynová stanice ve střední Evropě, a to bioplynová stanice Velký Karlov (obr. 10), jejíž provoz lze považovat za výborně fungující systém pro zpracování odpadní biomasy.



*Obr. 10 Bioplynová stanice Velký Karlov*

Jedná se o stanici vybudovanou u vesnice Velký Karlov, asi 30 km východně od Znojma, která zde byla vystavěna pro Agrodružstvo Jevišovice jako doplňkový zdroj elektrické energie z odpadní biomasy a vedlejších organických odpadů. Pro účely družstva je také důležitý zbytkový zfermentovaný materiál, takzvaný digestát, který je schválen a používán jako organické hnojivo.

Stanice Velký Karlov využívá více rozvinutou metodu mokré fermentace. Proces přeměny biomasy na bioplyn přímo v této bioplynové stanici je detailněji popsán v následujícím textu.

Celý proces anaerobní fermentace začíná navezením vstupního materiálu do stanice. Materiál organický, jako je jateční odpad, kosti, tukový sediment atp., je navážen do hygienizační linky (obr. 11), kde je rozmělněn na malé kousky v drtiči a poté je podroben hygienizačnímu procesu, kde probíhá ohřev na teplotu 70 °C po dobu asi 50 minut. Tento proces je důležitý jak z hygienického hlediska (veškerý organický materiál je nutné pasterizovat), tak i z hlediska technologického (menší, nahřáté kusy směsi jsou lépe zpracovatelné v následujících krocích).



*Obr. 11 Hygienizační linka bioplynové stanice Velký Karlov*

Materiál rostlinného původu je navážen nakladači do příjmové jámy (obr. 12), odkud je přečerpán do homogenizační nádrže (obr. 12). Zde je organický i anorganický materiál smíchán a přečerpáván do fermentorů.



*Obr. 12 Vstup pro rostlinný materiál (vlevo), homogenizační nádrž (běžová vysoká nádrž, na obrázku vpravo)*

Každý den je ve stanici spotřebováno cca 200 tun rostlinné a živočišné biomasy, pro názornost je složení vstupního materiálu s podílem všech složek uvedeno v tab. 3. Rostlinný materiál je převážně dovážen z území jižní Moravy, převážně z pozemků Agrodružstva Jevišovice, ale i od dalších zemědělských subjektů. Naproti tomu jateční odpad je svážen ze všech krajů České republiky. Tito dodavatelé jsou však povinni zaplatit zpracovateli za jeho likvidaci.

| Typ biomasy         | Denní spotřeba[t] |
|---------------------|-------------------|
| Prasečí kejda       | 100               |
| Cukrovarnické řízky | 35                |
| Siláž               | 10                |
| Obilné plevy        | 10                |
| Živočišné produkty  | 10                |
| Brambory            | 10                |
| Tukový sediment     | 10                |
| Ostatní             | 15                |
| <b>Celkem</b>       | <b>200</b>        |

Tab. 3 Hmotnostní podíl složek vstupního materiálu za den

Homogenizovaný materiál je poté čerpán do osmi fermentorů (obr. 10), každý o objemu asi 1200 m<sup>3</sup> [8], kde probíhá samotný proces vzniku bioplynu, který je popsán v kapitole 2.3.2. Proces výroby bioplynu je jednostupňový (všechny čtyři fáze probíhají v jednom fermentoru). Bioplyn samovolně stoupá ke stropu fermentoru, kde je nasáván a vháněn do dvou kogeneračních jednotek, každá o výkonu 700 kW. V záloze jsou ještě připraveny dvě menší kogenerační jednotky, každá o výkonu 300 kW. Tyto ale nejsou využívány stále, slouží jen jako záloha v případě nadměrné produkce bioplynu. Maximální výkon jsou tedy 2 MW elektrické energie. Dvě hlavní kogenerační jednotky také vyrábějí, jak je již uvedeno výše, vyrábějí energii tepelnou, jejíž výkon je udáván taktéž 2 MW. V součtu má tedy stanice Velký Karlov maximální výkon 4 MW.

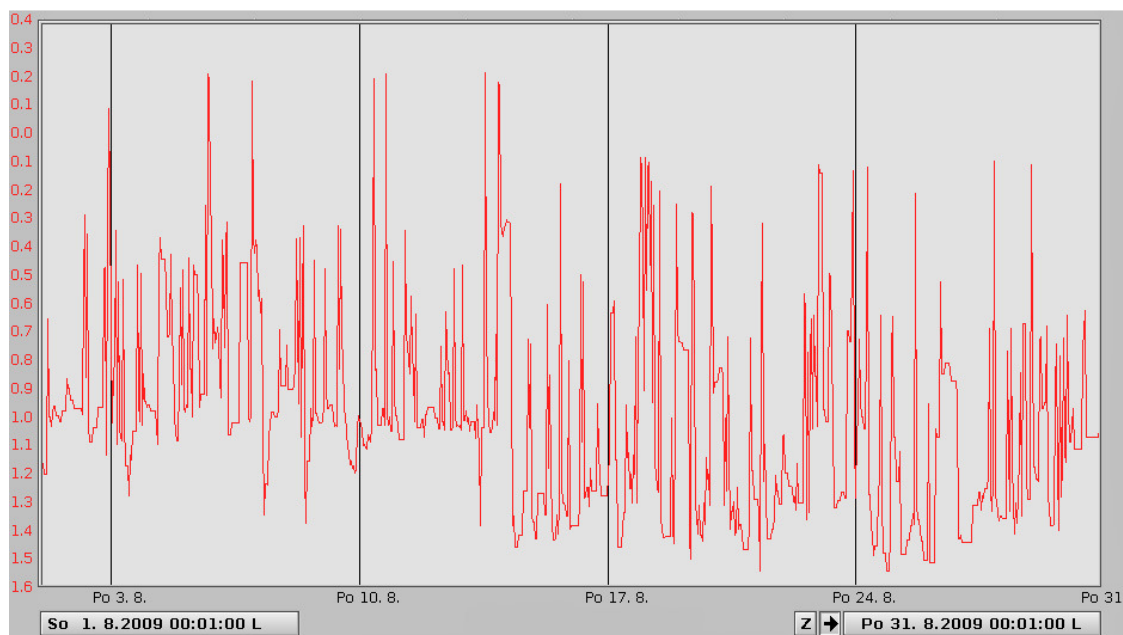
Po dokončení fermentačního procesu je materiál z fermentorů přečerpáván do nádrží pro vyhnitý substrát (digestát) viz obr. 13. Ve stanici Velký Karlov jsou takové nádrže tři. Jejich objem je dostatečně velký na to, aby pojal i s rezervou denní produkci digestátu. Tento je poté vyvážen na pole jako hnojivo.

V ideálním případě by se o bioplynové stanici dalo hovořit jako o zdroji s rovnoměrnou a stálou výrobou elektrické energie. Obvykle však dochází k různým poruchám a výpadkům, ať už třeba z důvodu nestálého složení bioplynu (kogenerační jednotky mají na různý obsah metanu v plynu různé nastavení – to se musí korigovat, a proto dochází k výkyvům výroby energie) nebo kvůli technickým problémům – např. s dopravou, s anaerobními bakteriemi, které se musí v případě vymření dovážet z jiných stanic, popřípadě z laboratoří nebo z farem (pro zajímavost uvedeme, že stanice Velký Karlov s bakteriemi za čtyři roky své existence žádný problém neměla, což je v tomto ohledu jedinečná skutečnost – není výjimkou, že jiné stanice mají s vymíráním bakterií problémy i několikrát do roka).

Celý proces je tedy závislý na mnoha faktorech, ať už jde o faktory přírodního, lidského nebo technického původu a proto je dodávka energie do rozvodné sítě zpravidla značně kolísavá (obr. 14). Ve špičkách dodává výkon až 1,5 MW, naopak při nulovém výkonu stanice elektrickou energii ze sítě odebírá. Tento příkon je její vlastní spotřeba – až 0,2 MW.



*Obr. 13 Akumulační nádrž digestátu a následné vyvážení hnojiva na pole*



*Obr. 14 Dodávka el. energie do rozvodné sítě*

## 4 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Při současných výkupních cenách elektřiny, které jsou pro energii získávanou z bioplynu značně znevýhodňující, (naopak pro energii z fotovoltaických článků velice výhodné) se nelze divit tomu, že investoři, kteří zvažují podnikání v oblasti výroby „zelené energie“ se takřka bez výjimky pustí do budování fotovoltaické elektrárny. Ta má kratší návratnost vložených financí, i když náklady na její vybudování jsou srovnatelné s bioplynovou stanicí s podobným výkonem. Dalšími faktory, ve kterých vítězí fotovoltaická elektrárna, jsou náklady na provoz. K provozu bioplynové stanice je potřeba mnoho zaměstnanců, kteří se starají o přísun vstupního materiálu a následný vývoz digestátu. Je také potřeba techniky, kteří se starají o provoz celé výrobní linky. Oproti tomu provoz fotovoltaické elektrárny je takřka bez nákladů – k výrobě jí stačí jen sluneční energie. Bioplynová stanice má však obrovskou výhodu v tom, že nás při svém provozu zbaví nepříjemného odpadu. Tento aspekt však zřídka vyváží předešlé nevýhody bioplynové elektrárny, a tak jsou tyto stanice většinou budovány pouze velkými agrodružstvy, pro které odpadá starost, kam s odpadní biomasou.

### 4.1 DOTACE

Pro snížení nákladů na vybudování bioplynové linky jsou k dispozici dotace na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů, jak ze strany státu, tak ze strany Evropské unie.

Jedním z takových dotačních programů je program EFEKT, který slouží právě k využití obnovitelných zdrojů energie v ČR. Dotace může být poskytnuta podnikatelským subjektům, školám, neziskovým organizacím, městům, krajům, veřejnoprávními organizacím apod., a to až do výše 3 mil. Kč. Dalším dotačním programem je například operační program Životní prostředí, zaměřený především na zlepšování kvality životního prostředí. Nejznámější a nejvíce propagovaný je program nazvaný Zelená úsporám, který je však zaměřen hlavně na úsporu energie a využití obnovitelných zdrojů v obytných budovách.

### 4.2 POROVNÁNÍ NÁKLADŮ NA VÝSTAVBU

Pro představu je v tab. 4 uveden odhad současných investic pro vybudování bioplynové stanice o výkonu 1 MW [6]. Jedná se o elektrárnu pro zpracování kejdy a jatečních odpadů metodou anaerobní fermentace.

Výslednou částku lze zmenšit využitím různých dotací a podpor až o 20 mil. Kč. Fotovoltaická elektrárna se srovnatelným výkonem by stála obdobnou částku, avšak náklady na její provoz jsou minimální, kdežto roční náklady na provoz bioplynové stanice se pohybují v řádu milionů. Návratnost počáteční investice je u fotovoltaických článků zhruba 5 let, u bioplynových stanic to bývá 7 i více roků.

Dalším aspektem je údržba. Fotovoltaická elektrárna má životnost až 25 let, přičemž za dobu jejího provozu je údržba takřka nulová, nejsou zde žádné součásti, které by vykazovaly opotřebení a bylo by potřeba je vyměnit. Během provozu dochází jen ke snižování účinnosti fotovoltaických článků. Oproti tomu bioplynové stanice fungují bez zvýšených nákladů na údržbu jen 10 let a poté je potřeba nejvíce namáhané součásti linky vyměnit, popřípadě opravit, což značně zatíží rentabilitu investice.

|                                      | <b>Kč</b>         |
|--------------------------------------|-------------------|
| Zařízení pro příjem biomasy          | 2 000 000         |
| Homogenizace                         | 1 000 000         |
| Hygienizace                          | 3 000 000         |
| Reaktor                              | 8 000 000         |
| Plynové příslušenství                | 1 500 000         |
| Akumulační nádrž                     | 200 000           |
| Přístroje pro výrobu energie a tepla | 9 000 000         |
| Skladovací nádrže fugátu             | 10 000 000        |
| Separátor                            | 850 000           |
| Potrubí                              | 970 000           |
| Elektrotechnické části               | 1 800 000         |
| Stavební objekty                     | 7 600 000         |
| <b>Investice celkem</b>              | <b>45 920 000</b> |

*Tab. 4 Odhad investičních nákladů [6]*

## 5 ZÁVĚR

Výroba bioplynu z biomasy má dnes své místo nejen v energetické, ale i v ekologické sféře. Její ohromný potenciál je však v České republice značně brzděn omezeními ze strany státu, avšak stále rostoucí počet bioplynových stanic je neklamným znakem toho, že i přes úskalí, která tato metoda výroby energie má, si našla uplatnění na řadě míst.

Výroba bioplynu anaerobní fermentací není metoda, ve které autor práce vidí budoucnost jako náhradu za fosilní paliva, je však vhodným doplňkovým zdrojem energie. Nezanedbatelnou a nezastupitelnou roli hraje v otázce ekologie. Vstupní materiál, kterým jsou vesměs odpady, přeměněn na čistou energii a dokáže tak efektivně zpracovat tento nepříjemný a všudypřítomný materiál. Bioplynové stanice jsou často budovány zemědělskými družstvy, která se tímto způsobem zbaví odpadní biomasy, kterou sama produkují. Energií elektrickou použijí podle svých potřeb buď k prodeji, nebo na vlastní spotřebu a energie tepelná může být použita pro vytápění hospodářských objektů.

Budoucnost jímání skládkového bioplynu je značně nejasná, a to z důvodu stále se zmenšujícího podílu biologicky rozložitelných materiálů v komunálním odpadu.

Vzhledem k tomu, že klasické zdroje energie nejsou nevyčerpatelné, je nutno se zaměřit na hledání nových technologií pro výrobu energie. V Evropské unii je této problematice věnována mimořádná pozornost, a proto se i naše republika musí tomuto celosvětovému trendu přizpůsobit. Z tohoto důvodu je v budoucnosti potřeba počítat nejen s rozrůstajícím se počtem bioplynových stanic, ale i se zcela novými obnovitelnými zdroji energie.

Seznam použitých zdrojů:

- [1] Actum s.r.o. *Výroba energie z biomasy* [cit. 23.3 2010] <<http://www.alternativni-zdroje.cz/vyroba-energie-biomasa.htm>>.
- [2] PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 2004. ISBN 80-86534-06-5.
- [3] *Bioplyn* [cit. 31.3 2010] <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Bioplyn>>.
- [4] MURTINGER, K., BERANOVSKÝ, J. *Energie z biomasy*. Brno: ERA, 2006. ISBN 80-7366-071-7.
- [5] *Cento T160 BIO, základní charakteristika* [cit. 5.4 2010] <<http://kogenerace.tedom.cz/cento-t-160-bio.html>> .
- [6] KOUŘA, J. a kol. *Bioplynové stanice s mokrým procesem*. Praha: ČKAIT, 2008. ISBN 978-80-87093-33-7.
- [7] KLOS, Č. Solární dravci utiskují bioplyn. *Euro*, 2010 č. 11, s 48–49. ISSN 1212-3129.
- [8] KOCIÁN, O. *Bioplyn jako alternativní zdroj energie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2007.