

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: **Zemědělské inženýrství (N4101)**

Studijní obor: **Zemědělské inženýrství – Prvovýroba**

Katedra: **Agroekosystémů**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Zvýšení efektivity bioplynové stanice "Koloměřice"

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.

Autor: Bc. Pavel Červenka

České Budějovice 2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel ČERVENKA**
Osobní číslo: **Z14388**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Zemědělské inženýrství - Prvovýroba**
Název tématu: **Zvýšení efektivity bioplynové stanice "Koloměřice"**
Zadávající katedra: **Katedra agroekosystémů**

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

Cílem práce je plné využití kapacitních možností a maximální efektivity BPS "Koloměřice" optimálním využitím stávající technologie, zlepšeným využitím daných či jiných substrátů při zvýšení výtěžnosti bioplynu. Optimalizací biologické rozložitelnosti zpracovávaného substrátu s cílem dosažení zvýšené transformace organického C do bioplynu. Zlepšení výkonnosti BPS lze dosáhnout především optimalizací provozu pro využití stávajících technologických komponent a optimalizací podmínek procesu vhodným dávkováním substrátu, dostatečným mícháním reaktorů, dodržováním technologických parametrů, správného zatížení a doby zdržení, zabezpečením konstantní teploty. Možností zvýšení výkonnosti je volba skladby substrátu ve prospěch rozložitelnějších substrátů s vyšší výtěžností bioplynu nebo s nižším obsahem organického dusíku. Zvýšení biologické rozložitelnosti a vyšší výtěžnosti metanu lze dosáhnout i různou předúpravou suroviny. Metody předúpravy jsou založeny na zpřístupnění složek materiálu enzymovému rozkladu zmenšením velikosti částic mechanickou nebo jinou dezintegrací s významným zvětšením povrchu nebo hydrolýzou makromolekulárních látek vedoucí k úplnějšímu enzymovému rozkladu. Při použití doporučené i další literatury vypracujte literární rešerši na téma: "Faktory ovlivňující efektivitu bioplynové stanice". Poznatky získané při zpracování literární rešerše uplatněte v návrhu opatření vedoucích ke zvýšení efektivity bioplynové stanice "Koloměřice".

Diplomovou práci vypracujte dle Opatření děkana č. 4 ze dne 14. 3. 2014. Použijte publikaci prof. Kalače - Jak vypracovat diplomovou práci v zemědělských oborech, 2009.

Rozsah grafických prací: **tabulky, grafy, obrázky dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **40-60 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Straka F. a kol. (2006): Bioplyn - příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových stanic. Gas Praha, 706 s.; Schulz, H., Eder, B. (2004): Bioplyn v Praxi. Hel Ostrava, 167 s.; Kára a kol. (2007): Výroba a využití bioplynu v zemědělství. MZe, 119 s.; Elliott A., Mahmood T.: Pretreatment technologies for advancing anaerobic digestion of pulp and paper biotreatment residues. Water Research, 41, 2007, 4273-4286; Lantz M.: The economic performance of combined heat and power from biogas produced from manure in Sweden - A comparison of different CHP technologies. Applied Energy, 98, 2012, 502-511; Stürmer B. et al.: Impacts of biogas plant performance factors on total Substrate costs. Biomass and Bioenergy, 35, 2011, 1552-1560; Xufeng Yuan et al.: Effect of pretreatment by a microbial consortium on methane production of waste paper and card board, Bioresource Technology, 18, 2012, 281-288; Lianhua Li et al.: Biogas Production Potential and Kinetics of Microwave and Conventional Thermal Pretreatment of Grass. Appl. Biochem. Biotechnol., 2012, 166:1183-1191; Kim M. et al.: Comparative process stability and efficiency of anaerobic digestion; mesophilic vs. Thermophilic. Water Research, 36, 2002, 4369-4385; Zhong W. et al.: Biogasproductivity by co-digesting Taihu blue algae with porn straw as anexternal carbon source. Bioresource Technology, 114, 2012, 281-286; Madlener R. et al.: Assessing the performance of biogas plants with multi-criteria and data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 197, 200, 1084-1094; Dohányos M. (2009): Zvyšování efektivity fermentace. Nejnovější poznatky ve výzkumu a praxi. Biom.cz [online]. 2009-02-25 [cit. 2012-10-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zvysovani-efektivita-fermentace-nejnovejsi-poznatky-ve-vyzkumu-a-praxi>> ISSN: 1801-2655.

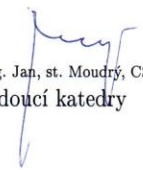
Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.**
Katedra agroekosystémů

Datum zadání diplomové práce: **13. února 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **24. dubna 2016**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studená 13
370 02 České Budějovice


prof. Ing. Jan, st. Moudrý, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 11. března 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě archivovaných elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Chtěl bych upřímně poděkovat panu prof. Ing. Stanislavu Kuželovi, CSc. za cenné rady, odbornou pomoc a vedení při zpracování této diplomové práce.

ABSTRAKT

V této diplomové práci se pokusím přiblížit téma významu a provozu bioplynových stanic. Teoretická část je zaměřena na veškerý provoz bioplynových stanic - od jejich rozdělení, přes možné vstupy a výstupy a také procesy.

Cílem praktické části je zaměřeni se na množství a kvalitu vstupních surovin pro optimální chod bioplynové stanice i v krizových obdobích, jako je nedostatek sklizeného materiálu na polích v nepříznivém roce. A na cenové zhodnocení oproti klasickému roku.

Klíčová slova:

digestát, bioplyn, bioplynová stanice, anaerobní fermentace, digesce

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on the topic of an important and working of biogas plants. Literature review is focused on working of biogas plants - their kinds, possible inputs and outputs and naturally processes.

The aim of practical part is a research, which is concentrated on quantity and quality of inputs for maintain an optimal running of biogas plant, even in crisis periods (like is lack of harvest in poor year). And also it is focused on profitability poor year against average year.

Keywords:

digestant, biogas, biogas plant, anaerobic fermentation, digestion

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Literární přehled.....	10
2.1 Bioplynová stanice	10
2.1.1 Historie BPS v ČR	11
2.1.2 Provoz BPS	12
2.1.3 ROZDĚLENÍ BPS	12
2.2 Bioplyn.....	15
2.2.1 Vznik bioplynu.....	19
2.2.2 Mikroorganismy a jejich členění.....	20
2.3 Digestát	21
2.3.1 Využití digestátu jako organického hnojiva.....	23
2.4 Vlivy na efektivitu BPS	24
2.4.1 Výkupní cena elektrické energie.....	25
2.4.2 Cena vstupní suroviny.....	25
2.4.3 Kvalita technologie	26
2.4.4 Průběh fermentačního procesu.....	27
2.4.5 Vedlejší přínosy	27
3 Popis BPS Koloměřice.....	29
3.1 Dávkovací zařízení.....	30
3.2 Fermentor	30
3.3 Dofermentor	30

3.4 Sklad kvasných zbytků.....	31
3.5 Technologie.....	31
3.5.1 Míchací technologie.....	31
3.5.2 Vytápěcí technologie.....	31
3.5.3 Odsiřovací technologie.....	32
3.6 Přeměna bioplynu.....	33
3.7 Kogenerační jednotka.....	33
3.8 Životnost, generální opravy a údržba motoru	33
4 Cíl a Metodika práce	35
5 Výsledky a diskuse.....	37
5.1 Vícenásobná lineární regrese	37
5.2 Porovnání příznivého a nepříznivého roku	39
6 Diskuse.....	47
7 Závěr	48
8 Přehled literatury	50
9 Seznam grafů, obrázků a tabulek	56
9.1 Seznam grafů.....	56
9.2 Seznam obrázků	56
9.3 Seznam tabulek	56

1 Úvod

Rozvoj bioplynových stanic zažíval v posledních letech značný „boom“. Při rozhodování zda vybudovat bioplynovou stanici bychom měli vycházet z několika faktorů. Hlavními faktory jsou velikost živočišné a rostlinné výroby. Všechny odpady organického původu mohou být kvalitní surovinou pro výrobu bioplynu. Jde o hnůj a kejdu z chovu skotu či prasat nebo kukuřičnou siláž. Výjimkou nejsou čistírenské kaly nebo biologicky rozložitelný komunální odpad. Čím vyšší vlhkost materiálu, tím je vhodnější pro vstup do bioplynové stanice.

Využívá se princip kofermentace. Jde o fermentování vybraných vstupních materiálů v jednom zařízení. Díky správné kombinaci substrátů můžeme docílit lepšího vlivu na průběh procesu výroby bioplynu a to jak kvalitou, tak množstvím. Poslední rok nebyl příznivý k zemědělské produkci a to mělo zásadní vliv na vstupní materiál pro bioplynové stanice - hlavně kukuřičnou siláž.

Provoz bioplynové stanice může být pro obyvatele přínosem. Bioplyn v bioplynových stanicích je využíván k produkci elektrické energie a tepla. A tímto teplem se může v okolních budovách ohřívat voda nebo vytápět celý objekt. Stanice pro svůj chod spotřebuje přibližně jednu třetinu své vyprodukované elektrické energie.

Ve druhé kapitole jsou shrnuty poznatky o bioplynových stanicích, historie, druhy a jejich procesy. Dále následuje cíl a metodika s popisem užitých statistických metod. Ve třetí kapitole je charakterizována zkoumaná bioplynová stanice. Výsledky výzkumu a diskuse jsou součástí 4 a 5 kapitoly, za níž následuje závěr a přehled užití literatury.

Cílem diplomové práce je plné využití kapacitních možností a maximální efektivity BPS „Koloměřice“ optimálním využitím stávající technologie, zlepšeným využitím daných či jiných substrátů při zvýšení výtěžnosti bioplynu.

2 Literární přehled

2.1 Bioplynová stanice

Bioplynová stanice (dále jen BPS) je **technologické zařízení**, které zpracovává biomasu (organického původu) v nádržích za pomoci řízeného procesu anaerobní digesce (proces, při kterém mikroorganismy rozkládají organický materiál bez přístupu vzduchu). Řízená anaerobní digesce je z ekologického hlediska perspektivní způsob využití biomasy, resp. organického odpadu a energetických plodin.

Hlavním produktem anaerobní digesce je bioplyn a tak zvaný „digestát“ (kašovitý zbytek po vyhnití). Digestát může sloužit jako kvalitní hnojivo. Výhřevnost bioplynu je v intervalu $18 - 26 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-3}$, ta je závislá na obsahu metanu (55 – 70 %). Bioplyn vyrobený v bioplynové stanici se spaluje v kogenerační jednotce pro výrobu elektřiny a tepla. Ke dni 31. 7. 2013 bylo v České republice v provozu celkem 487 bioplynových stanic, z čehož je 317 zemědělských, 7 komunálních, 11 průmyslových, 55 skládkových a 97 bioplynových stanic je provozováno v rámci čističek odpadních vod (pro srov. 2008 – cca 20 stanic). Aktuálně ke dni 31. 12. 2015 je v ČR 507 bioplynových stanic s průměrným instalovaným výkonem 358 MW.

Bioplyn je podle zákona č. 180/2005 Sb. hodnocen jako obnovitelný zdroj energie. Elektrická a tepelná energie z něj vyrobená je tedy ekologicky šetrná. Hlavní přínosy jsou následující:

- jeho uplatnění může významně pomoci při plnění závazku ČR vůči EU v oblasti obnovitelných zdrojů, ale také může přispět ke snížení závislosti ČR na fosilních palivech a na jejich dovozu;
- jeden z největších a rychle mobilizovatelných potenciálů;
- pro venkov podporuje zaměstnanost;
- ve vhodných lokalitách efektivním způsobem řeší zpracování bioodpadů;
- umožňuje přirozený koloběh živin v půdě a náhradu umělých hnojiv - výsledkem řádného fermentačního procesu je stabilizovat digestát, který může mít široké uplatnění, zejména jako organické hnojivo (BAČÍK, 2008).

2.1.1 Historie BPS v ČR

V České republice byl vydán zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a došlo ke změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) a to byl důležitý mezník v historii výroby bioplynu na našem území. To znamenalo, že podpora výroby bioplynu v zemědělských bioplynových stanicích, čistírnách odpadních vod i na skládkách byla tedy zakotvena v legislativě České republiky. Vzhledem k faktu, že kalový bioplyn je vázán pouze na čističky odpadních vod, k největšímu rozvoji došlo v oblasti zemědělských bioplynových stanic a využití plynu na skládkách.

Většina komunálního odpadu v České republice je ukládána na skládkách, protože téměř nedochází k separaci biologicky rozložitelné frakce. Organický materiál se hromadí ve velkém množství a podléhá samovolnému rozkladu. Z důvodu snížení emisí uvolňovaného metanu do ovzduší probíhá odplynění. Na většině velkých skládek tato technologie již existuje (PASIVNÍ SYSTÉMY¹, AKTIVNÍ SYSTÉMY²). Menší se zatím snaží naplnit limity trhu. V současné době je tato technologie v České republice využívána na 63 skládkách komunálního odpadu o celkovém instalovaném výkonu 23 MW (ŠTAMBASKÝ, 2012).

První zemědělské bioplynové stanice začaly vznikat již na začátku roku 2007. Konkrétně takové, v nichž jsou spolu s vedlejšími produkty živočišné výroby zpracovávány ještě cíleně pěstované energetické plodiny. A od té doby zemědělské bioplynové stanice zaznamenaly rychlý rozvoj. V následujících dvou letech jich každým rokem přibýlo asi 40. Na začátku roku 2010 bylo v České republice 91 zemědělských bioplynových stanic, které využívaly bioplyn v kombinované výrobě elektřiny a tepla s celkovým výkonem 54 MW. Na konci roku 2009 začínaly převažovat bioplynové stanice zpracovávající pouze energetické plodiny. Tento nový trend byl primárně založen na nízkých ekonomických výstupech živočišné výroby, které se již řadu let odráží v poklesu množství chovaných užitkových zvířat v České republice (ŠTAMBASKÝ, 2012).

¹Plyn vychází ze skládky samovolně, vlastním přetlakem.

²Plyn je ze skládky odsáván pomocí odsávacího zařízení, většinou dmychadla.

2.1.2 Provoz BPS

Ve vzduchotěsné nádrži je biomasa zahřívána na provozní teplotu - fermentor, kde zůstává po určitou dobu. Optimální teplota pro anaerobní digesci je vázána na kmeny bakterií. Bioplyn vznikající ve fermentoru je odváděn do zásobníku a upravován a následně spalován. Výsledná energie je přeměněna v kogenerační jednotce na teplo a elektřinu.

Pro proces anaerobní digescce je nutné zajištění vhodných životních podmínek pro mikroorganismy. Základním předpokladem je anaerobní prostředí (bez přístupu vzduchu) s optimální hodnotou pH (6,5 – 7,5), dostatečnou vlhkostí (minimálně 50 %) a s níže uvedenou stálou teplotou. Spolehlivá a ověřená technologie zajistí bezproblémový provoz bioplynové stanice (ANONYMUS 1, 2008).

2.1.3 ROZDĚLENÍ BPS

Rozdělují se dle zpracování biomasy na tři typy stanic: komunální, zemědělské a průmyslové. Komunální bioodpady zpracovává komunální bioplynová stanice. Velké zkušenosti s komunálními bioplynovými stanicemi má např. sousední Německo. Nedostatky ve zpracování komunálního odpadu v České republice brání rozvoji této technologie. Zemědělská BPS zpracovává vstupy ze zemědělské prvovýroby (statková hnojiva a energetické plodiny). Průmyslová bioplynová stanice zužitkovává v jednom zařízení různé materiály (často rizikové vstupy – krev z jatek, kaly z čističek odpadních vod, atd.). Vhodná kombinace materiálů má pak vliv na kvalitu bioplynu. V České republice jsou nejpočetněji zastoupeny zemědělské bioplynové stanice, ostatní typy jsou zatím zastoupeny (ANONYMUS 1, 2008).

a) Bioplynové stanice odpadové (komunální)

Komunální odpad zahrnuje vytríděné bioodpady z domácností, stravovacích provozů (restaurací a jídelen) a odpad z údržby zeleně. Mají technologicky náročnější průběh zpracování vstupů. Problematická technologie je především příjmová část. Odpad zapáchá, je tedy nutné minimalizovat pachovou zátěž okolí. K tomu mohou přispět uzavíratelné haly s odtahem a čištěním vzduchu. Ve snaze ušetřit investiční náklady často dochází k nedodržení technologických postupů

a okolí bioplynové stanice je zatíženo nepřiměřeným zápachem z odpadů. Přestože náklady na komunální stanici jsou oproti zemědělské stanici přibližně dvojnásobné, tak se šetření nevyplatí a nápravná opatření náklady dodatečně ještě zvýší.

Výhody:

- Odpadají náklady na cíleně pěstovanou biomasu (kukuřičnou siláž).
- Cena za zpracování bioodpadu nadále poroste, následkem zdražování skládkovného.
- Stanice má příjem nejen z prodeje energií, ale i za zpracování bioodpadu.
- S dotacemi má investice zajímavou ziskovost s dobou návratnosti okolo 5 až 7 let.
- Moderní odpadové bioplynové stanice mají vyspělé automatizované technologie, které eliminují negativní vlivy na své okolí.

Nevýhody:

- Investiční náklady jsou vysoké.
- Složitější povolovací proces - lidé často nejsou takovým projektům nakloněni, což povolovací proces komplikuje. Politická reprezentace toho využívá a často na boji proti bioplynovým stanicím sbírají politické body.
- Získání vstupních surovin – neexistuje trh s bioodpadem (ANONYMUS 2, 2008).

b) Bioplynové stanice zemědělské

V České republice nejčastěji vyskytované bioplynové stanice. Vstupy tvoří hlavně energetické plodiny (např. kukuřice) statková hnojiva (kejda, hnůj). Jejich výstavba probíhá nejčastěji přímo v areálech zemědělských provozů. Koncepčně jde o jednodušší zařízení, než je tomu u ostatních bioplynových stanic, není tedy problematické uvedení do provozu. Míchání ve fermentorech patří mezi technologicky komplikovanější kroky zemědělských stanic, kdy při špatném míchání může dojít k vytvoření vrstvy (krusty), která brání prostorově funkci fermentoru a může narušovat proces kvašení a ucpávat.

Na žádost Ministerstva zemědělství ČR bylo pro výstavbu kvalitní bioplynové stanice zpracováno Českým sdružením pro biomasu (CZ Biom)

Desatero přípravy bioplynových stanic, které obsahuje zásady pro zprovoznění kvalitního zařízení:

1. dostatek kvalitních surovin,
2. precizní příprava projektů,
3. volba kogenerační jednotky,
4. výtěžnost bioplynu,
5. využití odpadního tepla,
6. optimalizace investičních nákladů,
7. spolupráce s místní samosprávou,
8. nakládání s digestátem,
9. spolehlivá a ověřená technologie,
10. další možnosti využití (ANONYMUS 1, 2008).

Výhody:

- Více dodavatelů = konkurenční prostředí na trhu s technologií i surovinami.
- Relativně jednoduchý proces povolení.
- Uplatnění pro dosud nevyužitou biomasu – luční tráva, zbytky z údržby zeleně.
- Relativně levná technologie.
- Vyzkoušený provoz.
- Možnost využít digestát na vlastních pozemcích.

Nevýhody:

- Kolísající ceny vstupů (siláž).
- Závislost na dodávkách od zemědělců – nutná úzká kooperace.
- Často není odbyt pro vyrobené teplo.

- Zvýšená doprava v obci (neplatí vždy, záleží na současném využití zemědělských produktů a s tím souvisejícími dopravními trasami).

c) Průmyslové bioplynové stanice

Průmyslové bioplynové stanice zpracovávají výlučně nebo zčásti rizikové vstupy. Jateční odpady, kaly z různých provozů (např. čističek odpadních vod) a podobné patří mezi rizikové vstupy. Pro splnění všech provozních podmínek má větší nároky na technologii. Zejména dodržování hygienických pravidel, jež minimalizuje rizika vyplývající ze vstupů (ANONYMUS 1, 2008).

2. 2 Bioplyn

Mikrobiálním rozkladem organické hmoty za nepřítomnosti vzduchu vzniká bioplyn. Kde metan CH_4 (cca 55-70 %) a oxid uhličitý CO_2 (cca 30-40 %) jsou hlavní složkou. Výhřevnost bioplynu se pohybuje rozmezí 19,6 až 25,1 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$ v závislosti na obsahu metanu. A to záleží na výběru základního materiálu. Nejnižší výhřevnost má zpracování kejdy skotu, kde se hodnoty pohybují mezi 19,6 až 22 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$, následuje bioplyn z fermentace kejdy prasat 22 až 23 $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$. Travní fytomasou s prasečí kejdou (s vysokým obsahem dusíkatých látek a nízkou sušinou) můžeme docílit optimálního poměru C:N a tím i zvýšit výtěžnost metanu.

Bioplyn je obnovitelný zdroj energie.

Sušina je hlavní složkou, která nás zajímá u vstupního materiálu. **Sušina** obsahuje organické látky (bakteriemi snadno rozložitelné) a popeloviny, což jsou anorganické a biologicky nerozložitelné látky, které nazýváme digestátem. Digestát v závislosti na struktuře vstupního substrátu má vždy různé složení. Kde obsah dusíku je základem pro výpočet, podle kterého stanovíme dávku digestátu na hektar. Dusík se z digestátu uvolňuje velice rychle, je tedy nutné, jej co možná nejrychleji zapravit do půdy (do 24 hodin). Je to dáno především díky poměru C:N, který je u digestátu do 10:1, zatímco například u hnoje je to až 25:1 a u slámy dokonce 100:1. Organické látky v něm obsažené jsou v půdě pouze těžko rozložitelné.

Možnost získání bioplynu dle sušiny:

- Mokrý fermentace (obsah sušiny max. 12 %).
- Suchá fermentace (obsah sušiny 20 % až 60 %).

a) „Mokrý“ anaerobní fermentace

Anaerobní digesce (fermentace) je biodegradační proces. Při kterém jsou organismy rozkládány organickou hmotou v anaerobním prostředí za optimálních podmínek (např. obsah sušiny, reakční teplota, pH). Bioplyn je hlavním energetickým produktem - využitelný bioplyn (obsahující okolo 50 – 70 % metanu) a kvalitní hnojivo – kompost. V bioplynových stanicích je nejčastěji využíván proces anaerobní digesce.

Anaerobní digesce je výrazně redukována přirozená pachová zátěž z rozkladu organické hmoty obsažené ve zpracovaných odpadech. Proces totiž probíhá v plynotěsné nádrži a není doprovázen žádnými dalšími emisemi nežádoucích chemických komponent.

Digestát je výsledným produktem anaerobní fermentace (hnojivý substrát využitelný pro výrobu kompostu a hnojiv) a energeticky využitelný bioplyn.

Vyšší investiční náročnost a vyšší provozní náklady jsou jistou nevýhodou ve srovnání s aerobní fermentací. Tato zdánlivá nevýhoda je však více než kompenzována energetickým přínosem bioplynu (HŘEBÍČEK a kol., 2006).

Výhody mokré technologie:

- Technologie jsou rozšířenější.
- Mokré technologie mají širší uplatnění z hlediska používání substrátu.
- Jsou dobře provozně prověřené.
- Bohatší technologická výbava a příslušenství.
- Technicky propracovanější, s různou nabídkou zařízení.

Nevýhody mokré technologie:

- Zvýšená možnost četnosti poruch.
- V případě zvyšování kapacity produkce stanice jsou nároky na investice skoro jako u výstavby nové stanice.

- Zvyšují provozní náklady (spotřeba elektřiny, servis a údržba).
- Zvýšené investiční nároky na technologii.
- V případě závozu kontaminovaného substrátu je znehodnocena celá výroba stanice.
- Nelze zpracovávat hodně suché substráty na bázi podestýlky z pilin - tvoří krusty a ucpávají čerpadla (POKORNÁ a kol., 2009).

b) Suchá“ anaerobní fermentace

Jsou i projekty bioplynových stanic pracující na principu „suché“ fermentace, tzv. Garážové fermentory, kde je biomasa s vysokým obsahem sušiny zpracována, naváží se do fermentoru v sypkém stavu nakladačem. Základní principem „suché“ fermentace je anaerobní rozklad biologicky rozložitelných materiálů - **biomasy** (cíleně pěstované zemědělské plodiny a produkty, jejich zpracování, hnůj z živočišné výroby, travní zeleň, BRO) na bioplyn a jeho přeměna na elektrickou energii a teplo. Na konci procesu zůstává pevný zbytek (fermentát) a tekutý zbytek (perkolát), je možné oba aplikovat na zemědělské pozemky.

Popis suché fermentace

Po naplnění fermentoru jsou uzavřena plynotěsná vrata. Biomasa je vyhřívána podlahovým topením. Postřík perkolátu, který obnovuje mikrobiální kulturu na povrchu biomasy. Do tří dnů po navezení dojde k odstranění zbytkového kyslíku a stabilizaci celého anaerobního procesu. Vznikající bioplyn je odsáván do plynových vaků a dále odváděn do kogenerační jednotky. Zde je přeměněn na elektrickou energii při vzniku „odpadního“ tepla. Proces je diskontinuální, obvyklá délka cyklu je 28 dní. Pro kontinuitu procesu se doporučuje pracovat minimálně se čtyřmi fermentory. Na konci cyklu je biomasa vyvezena a část zkvašeného substrátu je nahrazena novou biomasou v tzv. „směsném navýšení“ (poměr mezi starou, částečně zkvašenou biomasou a čerstvou biomasou). Proces je až na manipulaci s biomasou plně automatizován (ANONYMUS 5, 2015).

Možné druhy zpracovávaných odpadů:

- listí a štěpka (v omezené míře),
- tráva z veřejných prostranství,
- odpady ze zemědělské výroby,

- odpad ze zahrad,
- prošlé ovoce a zelenina,
- odpad ze supermarketů – prošlé potraviny,
- nespotřebované pečivo,
- odpad z tříděného sběru a biologicky rozložitelný,
- vedlejší produkty ze zpracování ovoce nebo zeleniny,
- další odpady z potravinářské výroby,
- kuchyňské odpady, tuky (v omezené míře) (POSPÍŠIL, 2010).

Výhody suché fermentace:

- Není nutné biomasu před vložením do fermentoru ničím rozmělnovat, ředit, třídít nebo jinak upravovat. Též je možné bez problému zpracovávat materiál s delší řezankou jako je tráva, travní senáže, slamnatý hnůj.
- Bez problému zpracovává biomasu s vyšším obsahem sušiny (25 % a více).
- Nižší požadavky na technologii a elektrickou energii (biomasa se ve fermentoru nemíchá ani se do něj nečerpá).
- Nižší požadavky na obsluhu - plnění fermentoru probíhá pouze jednou až dvakrát do týdne.
- Snadná modernizace a rozšíření kapacity stanice.
- Fugát se nijak nemusí odstřeďovat, po ukončení kvasného procesu zůstává na jedné straně kapalná složka (perkolát) a na straně druhé pevná složka (fermentát), jak již bylo zmíněno.
- Nižší poruchovost stanice.
- V případě navedení nevhodného kontaminovaného substrátu jako například biomasy s pozůstatky antibiotik, není ohrožena produkce celé stanice. Vyveze se pouze jeden kontaminovaný fermentor a následně se naplní čerstvou biomasou a biomasou částečně fermentovanou (s přídavkem kejdy) z jiného fermentoru. Chod fermentoru se opět nastartuje a sníží se tím případné provozní ztráty.

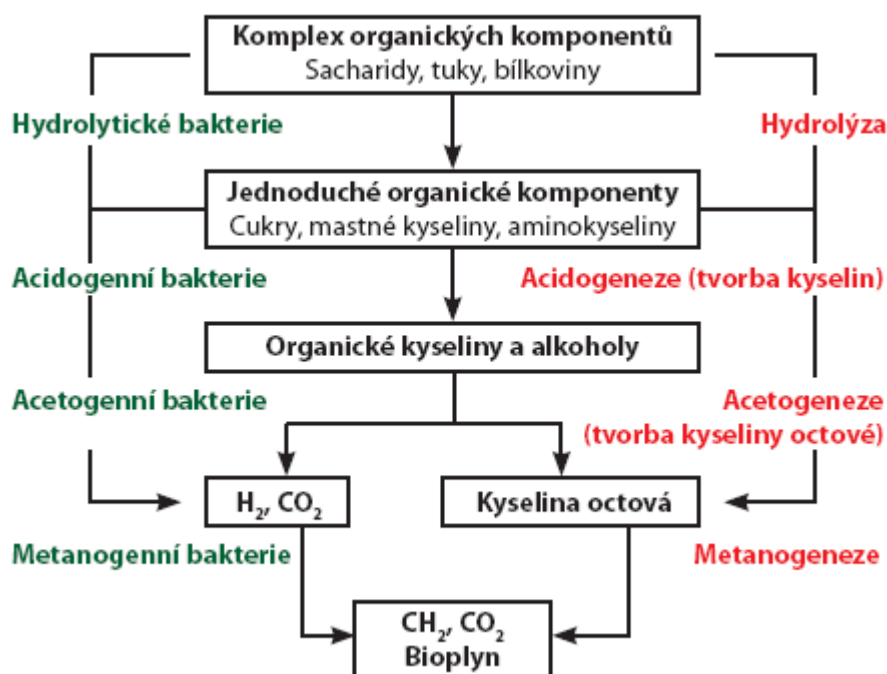
Nevýhody suché fermentace:

- Nerovnoměrná produkce bioplynu - nutno osadit minimálně 4 fermentory.
- o 10 - 15% vyšší investiční náklady spojené s využitím této technologie na výstavbu bioplynové stanice.
- Technologie nevhodná pro materiály z potravinářského zpracovatelského průmyslu.

- Tekuté materiály nelze zpracovat ve větším množství (kejda, kaly z ČOV).
- Vyšší nároky na řízení procesu.
- Malé množství suchých fermentorů v ČR a relativně malý počet těchto stanic v zahraničí. Tím je i malé množství referenčních aplikací k vývoji.
- Proces lze efektivně řídit pouze vhodným stanovením struktury obsahu biomasy na počátku každého cyklu (struktura, předpokládaná délka zdržení). Možnosti zasahování do procesu v průběhu cyklu jsou pak již velmi omezené (prostřednictvím perkolátu) (POKORNÁ a kol., 2009).

2.2.1 Vznik bioplynu

Obrázek 1: Vznik bioplynu



Zdroj: Schaumann, 2015

Dle WARDA(2008):

1) Hydrolýza

Substrát, který je vkládán do zařízení na výrobu bioplynu ve formě vysokomolekulárních nerozpuštěných sloučenin, jež se v procesu hydrolýzy rozloží na jednotlivé elementy, které jsou následně rozloženy bakteriemi. Uhlohydráty, proteiny a tuky jsou rozloženy na nízkomolekulární sloučeniny (uhlohydráty na jednoduché cukry, proteiny na aminokyseliny a tuky na mastné kyseliny) působením hydrolytických bakterií. Hydrolýza je krokem určujícím rychlost výroby

bioplynu. Pomalý rozklad je příčinou dalšího pomalého procesu, proto je nutno používat substráty dobře hydrolyzovatelné.

2) Acidogeneze (Okyselení)

Produkty hydrolýzy se dále rozkládají v této další fázi. K dalšímu rozkladu dochází přijímáním vzniklé nízkomolekulární sloučeniny bakteriemi. Hlavně na kyselinu mléčnou, máselnou, propionovou a valerovou.

Dále pak vznikají alkoholy, aldehydy, kyselina octová, mravenčí a vodík. Při této přeměně spotřebovávají bakterie zbývající kyslík a vytváří tak anaerobní prostředí pro vznik metanu. V této fázi se může přeměnit i kyselina octová přímo na metan (metanotvornými bakteriemi).

3) Acetogeneze (Vznik kyseliny octové)

Dále se přeměňují látky, které vznikly při acidogenezi na kyselinu octovou, vodík a oxid uhličitý. Kyselina propionová, valerová, mléčná a mravenčí (vzniklé v předchozím procesu) jsou vstupními látkami pro tento proces..

4) Methanogeneze (Vznik metanu)

Posledním krokem k výrobě bioplynu je tento proces. Pomocí příslušných bakterií bez přístupu vzduchu se tvoří metan – jeho přítomnost by inhibovala nebo zničila metanogenní bakterie, které jsou schopny měnit oxid uhličitý. Až 70 % vytvořeného metanu vzniká využitím kyseliny octové, vyvinuté v acetogenní fázi a 30 % vzniká metanizací oxidu uhličitého a vodíku. Tvorba metanu z ostatních látek např. z alkoholů hraje pouze druhotnou roli.

2.2.2 Mikroorganismy a jejich členění

Členění mikroorganismů z hlediska reakčních teplot - rozdělení podle optimální teploty pro mikroorganismy:

- extrémně termofilní (nad 60°C),
- termofilní (45-60°C),
- mezofilní (30-40°C),
- psychrofilní (5 - 30°C).

Procesy probíhající za vyšších teplot, jsou vhodné pro tzv. **hygienizaci** zpracovávaných materiálů. Tohoto jevu lze využít při zpracování odpadů

ze zpracovatelského průmyslu (masný a mlékárenský), které jsou náchylné na pachovou stopu. Dnes je nejběžnější aplikací proces **mezofilní, s teplotou cca 40°C**.

Obsah metanu je přímo závislý na teplotě procesu, při kterém vzniká. Je-li teplota při procesu vyšší, klesá přímo úměrně výtěžnost složky metanu.

Druhým faktorem, který výrazně ovlivňuje výtěžnost je u zvířecích exkrementů živočišný zdroj a čas (MUŽÍK, KÁRA, 2009).

Mezofilní vs. termofilní

Studiemi bylo prokázáno, že termofilní mikroorganismy se vyznačují vyšším využitím substrátu a vyšším růstem, a i vyšší rychlostí rozpadu ve srovnání s mezofilními bakteriemi. Studie byla prováděna několika výzkumníky (WIEGANT et al., 1989) a (ZINDER et al., 1984) a ukázala, že termofilní mikroorganismy jsou schopny využít vyšší organické zatížení a měly vyšší růstovou rychlost ve srovnání s mezofilními. Výtěžek bioplynu z těchto mikroorganismů na jednotku množství substrátu je nižší. Nižší růst termofilních bakterií může být vzhledem k jejich útlumu dvakrát nižší než u mezofilních kultur. Protože buňky mají tendenci rychle zpracovávat hmotu za termofilních podmínek, (SPEECE, 1996) a vzhledem k tomu mají vyšší energetické nároky na udržení nebo specifické molekulární vlastnosti enzymatických reakcí v termofilním prostředí (ZEIKUS, 1979).

2. 3 Digestát

Tuhý zbytek po kvašení se sníženým obsahem biologicky rozložitelných látek se nazývá digestát. Tento materiál, lze využít jako hnojivo nebo přípravek do kompostu pokud vyhovuje všem parametrům stanoveným vyhláškou Ministerstva životního prostředí (ANONYMUS 3, 2010).

Digestát není hnojivo organické, ale jen slabé hnojivo minerální. Sporné jsou také údaje o vysokém obsahu dusíku v sušině. Přesto může být efektivně využito v zemědělství.

Má-li být organická hmota označena jako organické hnojivo, musí splňovat základní požadavek – musí být snadno mikrobiálně rozložitelná, aby byla schopna uvolnit pro půdní mikroorganismy potřebnou energii. Část této energie z procesu

mineralizace pak může být převedena do procesu humifikace. Minerální živiny uvolněné při rozkladu organické hmoty, jsou dalším kladem. Ale když se organická hmota oxidačně nerozkládá, nemohou být uvolněny minerální živiny.

A to je právě největší problém: zvířata využijí nestabilní frakce organické hmoty v krmivu, anaerobní digesce využila mírně nestabilní frakce výkalů a digestát přináší do půdy už jen stabilní, špatně rozložitelnou organickou hmotu. A čím dokonaleji pracuje BPS tím stabilnější frakce to jsou. Čím vyšší je výtěžek bioplynu tím hlubší je degradace organické hmoty. BPS s mezofilní fermentací dává z hlediska organického hnojiva digestát mnohem horší kvality, než psychrofilní BPS zpracovávající městské kanalizační kaly.

Výborným, pomalu se rozkládajícím prostředkem pro zlehčení těžkých půd a úpravu jejich vlastností je zejména stabilní organická hmota. Zvýšení provzdušněnosti takových půd může mít větší výnosový efekt, než intenzivní hnojení půdy se špatným vlivem. Ve světě se obrací pozornost k přebytku využití odpadů při výrobě bioplynu, k výrobě pelet (pevných paliv z fytomasy).

Má to však také své problémy:

1. Obsahuje-li fytomasa draslík, síru a sodík, vytváří se při spalování silně korozivní spaliny a teplota tání popela se rychle snižuje. Dusík fytomasy zvyšuje kontaminaci atmosféry oxidy dusíku. Tyto látky je nutno odstranit z fytomasy.

2. Jak tvrdí někteří ekologové zcela bez důkazů, spalování fytomasy vůbec není ekologické. Obsahuje-li fytomasa chlór, a to i ve formě iontové, mohou při spalování v oblasti teplot 350 – 700 °C vznikat jedovaté a rakovinotvorné polychlorované dioxiny a dibenzofurany. Je tedy nutno z fytomasy odstranit i chlór (KUZEL, KOLÁŘ, 2010, 2011).

Minerální dusíkatá hnojiva lze používat pouze tehdy, jestliže lze očekávat využití dusíku rostlinou. Hnojení tekutými statkovými hnojivy a minerálními dusíkatými hnojivy od začátku července do začátku období nevhodného ke hnojení je možné pouze v dávce do 40 kg N*ha⁻¹ v minerálních hnojivech nebo do 80 kg N*ha⁻¹ v tekutých statkových hnojivech:

- k meziplodinám, v jejich kapalně nebo tekuté formě k podpoře rozkladu slámy, s výjimkou půd s promyvným vodním režimem a deficitních půd, kde

Lze používat jen tekutá statková hnojiva, kdežto aplikace vyrovnávací dávky v minerálních dusíkatých hnojivech se přesouvá na jarní vegetační období;

- k ozimým plodinám, s výjimkou půd s promyvným vodním režimem a deficitních půd;
- v případě podzimního hnojení tekutými statkovými hnojivy bez přítomnosti porostu nebo slámy k následným jarním plodinám, s výjimkou půd s promyvným vodním režimem a deficitních půd, v termínu od 15.10. do začátku období nevhodného ke hnojení s podmínkou, že tekuté statkové hnojivo bude nejpozději do 24 hodin od aplikace zapraveno do půdy (KÁRA a kol., 2007).

2.3.1 Využití digestátu jako organického hnojiva

a) Digestát z fermentování zvířecích fekálií

Pro digestát z rostlinné biomasy, kejdy drůbežího trusu platí podobné legislativní požadavky jako na digestát z anaerobní digesce hnoje. Navíc musí splňovat hygienické požadavky pro vedlejší živočišné produkty 2. kategorie podle Evropské legislativy ABP. Pro digestát ze zvířecích fekálií je požadován podle Nařízení komise č. 208/2006 nový způsob hodnocení hygienizace reprezentativních vzorků digestátu při vyskladňování, a to pro indikátorový organismus *Escherichia coli*.

b) Digestát ze zkvašené rostlinné biomasy

Nejčastěji v současné době se v zahraničí provádí anaerobní digesce kukuřičné siláže, dalších píceňin nebo energetických rostlin. Dále je často používaná čerstvá nebo senážovaná travní fytomasa, jejímž zdrojem jsou nejen louky, ale též golfové hřiště, veřejná zeleň apod. Sušina digestátu by měla minimálně obsahovat 25 % spalitelných látek a 0,6 % celkového dusíku. Takový digestát je považován za typové organické hnojivo vyrobené anaerobní fermentací ze statkových hnojiv (číslo typu 18. 1. e.). Pro zemědělskou půdu jsou ostatní digestáty považovány za netypové organické hnojivo.

Vyhláška č. 209/2005 Sb. zrušila zvláštní ustanovení, že digestát tohoto typu je možné aplikovat na půdu maximální dávkou 30 t/ha nejvýše jednou za 3 roky. Na zemědělské půdě je nezbytné tuhý digestát zapravit do půdy do 48 hodin a tekutý digestát do 24 hodin. Aplikace musí být rovnoměrná po celém pozemku, je zakázáno aplikovat ho na půdu zasněženou, promrzlou nebo přemokřenou. Ve zranitelných oblastech je třeba respektovat zejména omezení hnojení dusíkem a respektování období zákazu hnojení v Nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí. Nutno zamezit vniknutí digestátu na sousední pozemek anebo do povrchových vod. Aplikace digestátu je předmětem evidence použitých hnojiv podle vyhlášky č. 274/1988 Sb., příloha č. 1. Pro tuhý i tekutý digestát, ze statkových hnojiv musí být dostatečné skladovací prostory (VÁŇA, 2007).

2.4 Vlivy na efektivitu BPS

Provozování bioplynové stanice její výhody a nevýhody, je často diskutované téma odborníky. A na to navazuje snaha o řešení odmítavého postoje obyvatel obcí. Produkce elektrické energie a její prodej za zajímavé výkupní ceny je hlavním impulsem pro stavbu BPS. Producent má zajištěný odbyt a pravidelné cash flow.

Mnoho podniků odsouvá již hotové projekty bioplynových stanic s tím, že bude výhodnější se věnovat převážně rostlinné výrobě z důvodu zajímavých cen zemědělských komodit. Toto je ovšem krátkozraký přístup, který, mimo jiné, vyplývá z nedostatku informací o technologii BPS.

Hlavní vlivy:

- cena vstupní suroviny,
- výkupní cena elektrické energie,
- průběh fermentačního procesu,
- kvalita technologie,
- vedlejší přínosy (HRŮZA, STOBER, 2009).

2.4.1 Výkupní cena elektrické energie

Výrobce elektřiny je povinen registrovat firmu provozní podpory elektřiny podle právního předpisu u operátora trhu. Způsob předávání a evidence naměřených hodnot elektřiny z podporovaných zdrojů u podpory formou výkupních cen a způsob předávání a evidence naměřených nebo vypočtených hodnot elektřiny z podporovaných zdrojů a ověření vypočtených hodnot u podpory formou zelených bonusů stanoví jiný právní předpis.

Následující podmínky platí pro elektřinu vyrobenou z obnovitelných zdrojů

Výkupní ceny jsou stanoveny jako minimální ceny podle jiného právního předpisu. Roční a hodinové zelené bonusy na elektřinu jsou stanoveny pro dané časové období jako pevné hodnoty podle jiného právního předpisu. V rámci jedné výroby elektřiny nelze kombinovat podporu formou výkupních cen a zelených bonusů na elektřinu. Roční a hodinové zelené bonusy na elektřinu se uplatňují za elektřinu naměřenou podle jiného právního předpisu a dodanou v předávacím místě výroby elektřiny a sítě provozovatele distribuční soustavy nebo přenosové soustavy a dodanou výrobcem (VĚŠTNÍK, 2013).

V minulosti výkupní cena vyrobené elektrické energie z bioplynu téměř vzrostla o 30 %, a to na 3,90 Kč/kWh. Podmínkou dosažení této výkupní ceny ale je, aby nadpoloviční množství hmotnosti sušiny veškerých vstupů pocházelo z pěstovaných rostlin. Ostatní vstupy může tvořit kejda nejlépe hovězí, slamnatý hnůj, případně lihovarské výpalky a další (nesmějí se ale požívat jateční odpady). Výkupní cena klesá na 3,30 Kč/kWh, pokud tato podmínka není splněna.

2.4.2 Cena vstupní suroviny

Zemědělská podnik by v první řadě měl používat do BPS takové vstupní suroviny, na které není třeba vynaložit dodatečné finanční prostředky. Těmito surovinami jsou: odpady z posklizňového zpracování obilovin, kejda, zbytky krmiva, slamnatý hnůj, odpadní brambory a podobně.

Jako následující suroviny by měl podnik využít suroviny s minimálními náklady na získání - poslední seče trav, které by se jinak třeba ani nesklízely, biomasa z neudržovaných ploch a veřejných prostranství, biomasa po výmlatu trav

pěstovaných na semeno, hroznové výlisky, sklizeň přerostlého zeleného hnojení před zaorávkou apod.

Jako poslední by měly být používány nejméně výhodné plodiny pěstované pouze za účelem získání bioplynu (siláž, senáž, GPS³). Jejich používání by mělo být dobře z kalkulované a neměly by tvořit hlavní podíl surovin pro BPS. Na straně druhé ale k jejich produkci v podstatě nejsou potřeba průmyslová hnojiva.

Z ekonomického hlediska se profilují tři vhodné typy bioplynových stanic:

- stanice využívající téměř 100 % rostlinných vstupů, převážně travních senáží z finančně dotovaných ploch;
- stanice, které téměř nevyužívají rostlinné vstupy – vzhledem k levným vstupům může být i výkupní cena 3,30 Kč/kWh zajímavá;
- stanice využívající 51 % sušiny vstupů rostliny (ostatní tvoří hnůj, kejda, výpalky apod.) – výkupní cena elektřiny je 3,90 Kč/kWh.

2.4.3 Kvalita technologie

Určení velikosti zařízení by mělo být prvním krokem při projektování v závislosti na dostupných surovinách. Pro některý podnik tak bude vhodná stanice o výkonu 250 kW, pro jiný 360 kW či 500 kW. Málokdy je ale vhodné uvažovat o větších výkonech.

Pokud nejprve vybíráme velikost stanice a až pak plánujeme plochy, například kukuřice je tento obrácený postup chyba.

Velmi důležitá je kvalita, životnost a bezpečnost technologie.

Investor musí předem sledovat zejména tato kritéria:

- co se stane v případě poruchy,
- zda technologie umožní bezproblémové zpracování delšího slamnatého hnoje,
- kvalitu exponovaných částí bioplynové stanice (potrubí, míchadla, motor, folie),

³ Drť celých rostlin.

- jaká je energetická náročnost jednotlivých prvků (dávkovací zařízení, doprava surovin, míchání),
- co se stane, pokud s hnojem vnikne do zařízení pevný předmět,
- zajištění bezpečnosti ve výbušném prostoru plynojem (HRŮZA, STOBER, 2009).

2.4.4 Průběh fermentačního procesu

Proces fermentace je shodný s procesy v bachoru přežvýkavců: Bakterie jsou živé organismy, požadují určité prostředí, stopové prvky a nesnášejí přítomnost plísní nebo velké změny vstupní suroviny. Zde je důležitá nejen odborná a pravidelná péče servisní organizace, která by měla zajišťovat rozbory vstupních surovin a složení obsahu fermentoru, sledovat online průběh procesů a dávat potřebná doporučení k optimalizaci a také technologická kázeň obsluhy.

Proto nemůže v žádném případě skončit spolupráce zemědělského podniku a dodavatele technologie kolaudací bioplynové stanice, ale následuje náročné najetí fermentoru na požadovaný výkon a jeho udržení po celou dobu.

Pokud je celý proces dobře zvládnut, bioplynová stanice vyrábí dostatek plynu a produkuje kvalitní hnojivo bez zápachu. V opačném případě z nedostatečně zfermentovaných surovin vzniká zápach a ekonomika celého provozu je špatná (HRŮZA, STOBER, 2009).

2.4.5 Vedlejší přínosy

Odpadní teplo bioplynová stanice částečně využívá pro provoz stanice, zbytek je k dalšímu využití.

Více možností využití: posklizňové sušení obilovin nebo sena, vytápění provozů, sušení řeziva či palivového dřeva a jeho prodej. V mnoha případech teplo nejde takto využít, ale i tak mají projekty dobrou návratnost.

Jsou zde totiž i další vedlejší přínosy:

- možnost úspory průmyslových hnojiv (při porovnání s hnojištěm či kejdovou jímkou nedochází ke ztrátám živin),
- lepší hospodaření s živinami ze statkových hnojiv,

- zlepšení krmivové základny, protože méně kvalitní siláže a senáže se zužitkuje na výrobu bioplynu,
- vyřešení hnojných koncovek a úspory za budování nových hnojišť či možnost využití stávajících hnojišť na uskladnění např. siláží (mnoho podniků investuje do nových hnojišť či kejdových jímek a přitom by se tyto prostředky daly výhodněji použít na vybudování bioplynové stanice),
- zisk z dosud nevyužívaných surovin.

3 Popis BPS Koloměřice

BPS Koloměřice je stanice zpracovávající pouze rostlinné materiály s živočišným odpadem s technologií fermentoru a dofermentoru. Stanice byla postavena jako novostavba. Tato stanice je v provozu od roku 2011 a nachází se v areálu firmy Farma Koloměřice pod vedením pana Červenky st.

Bioplynová stanice zpracovává kukuřičnou siláž, travní senáž a pšeničný šrot ze zemědělské produkce firmy a kravskou kejdu. Předpokládaná roční kapacita BPS je okolo 90 000 t zpracovaného materiálu.

Bioplynová stanice se skládá z pojízdné váhy, homogenizační jímky, dvou fermentorů s integrovaným plynojemem, uskladňovacích jímek digestátu, objektu technologie, údržby a trafostanice.

Na pojízdnou váhu se dopraví suroviny ze zemědělské výroby (mimo kejdy). Na váze se automaticky odváží potřebné množství, které pokračuje dále přes šnekový dopravník do fermentoru. Druhým vstupem do fermentoru a dofermentoru je homogenizační jímka, která slouží ke skladování digestátu.

Fermentor má zabudované technologie pro míchání, vytápění, dávkování surovin a čerpání. Technologie výroby bioplynu společnosti MT-Energie je založena na dvoustupňovém kontinuálním procesu. K tomu jsou za běžných okolností nezbytné tři nádrže: fermentor, dofermentor a sklad kvasných zbytků.

Konstrukční vlastnosti:

- Dávkovací zařízení,
- Vertikální fermentor,
- Dofermentor,
- Sklad kvasných zbytků,
- Technologie:
 - Míchací,
 - Vytápěcí,
 - Odsiřovací.

3.1 Dávkovací zařízení

Pro přípravu a následné dávkování vstupní suroviny slouží dávkovací zařízení. Dávkovací zařízení tvoří dávkovací zásobník s posuvnou podlahou, doplněný systémem dopravních šneků. Zařízení musí být umístěno v těsné blízkosti fermentoru. Dávkovací zásobník je umístěn na tenzometrech, které slouží ke snímání hmotnosti a k přesnému dávkování vstupní suroviny. Celé zařízení je řízeno automaticky a ovládáno přes centrální počítač, kde se i následně zaznamenávají navážené hodnoty. Vstupní suroviny musí mít takové parametry, aby je šnekový dopravník dokázal dopravit do fermentoru. Vstupní suroviny se musí do dávkovacího zařízení plynule rozvrstvit, aby bylo dosaženo co nejlepší účinnosti. Plnění dávkovacího zařízení se provádí podle velikosti zásobníku (MT-ENERGIE, 2014).

3.2 Fermentor

Velikost 3 185 m³. Vertikální fermentor je stavební kámen celé bioplynové stanice. Ve fermentoru probíhá anaerobní proces a dochází k rozmnožování mikrobiální kultury. Uvádí se cca 70 % produkce bioplynu. Fermentor musí být vybaven míchacím zařízením, ohřevem a homogenizačním zařízením. Součásti uvnitř fermentoru musí být zhotoveny z velmi odolných materiálů, neboť zde dochází k uvolňování velmi agresivních sloučenin plynů, které způsobují rychlou korozi. Používají se dva základní konstrukční typy fermentorů a to buď vertikální (stojící) nebo horizontální (ležící). Vertikální konstrukce fermentoru dosahují lepšího poměru mezi povrchem a objemem, čímž se snižují materiálové náklady a tepelné ztráty. Mohou být umístěny jak nadzemí tak podzemí.

Nadzemní umístění je voleno pro oblasti s vysokou hladinou spodní vody. Výhoda je, že na tepelnou izolaci nádrže lze použít levnější materiály, naopak nevýhoda je, že nádrž je vystavena okolním povětrnostním vlivům a dochází ke značným tepelným ztrátám. Podzemní umístění má výhodu v tom, že nádrže nezabírají místo a jsou chráněny před povětrnostními vlivy, což se projeví snížením tepelných ztrát, ale může docházet k přehřívání. Je však nutné plášť nádrže izolovat drahými izolačními materiály.

3.3 Dofermentor

O velikosti 2 714m³. Zde také probíhají hlavní procesy fermentace a je zde produkován bioplyn. Uvádí se cca 25 % produkce bioplynu. Je opatřený

integrovaným plynojemem. Suroviny z fermentoru jsou dopraveny do dofermentoru. Jedná se o železobetonovou kruhovou beztlakovou jímku, která je zastřešena kopulí integrovaného plynojemu. Ten tvoří současně plynotěsné zastřešení jímky (KAJAN, 2005).

3.4 Sklad kvasných zbytků

O velikosti 4 825 m³. I ve skladu kvasných zbytků se uvádí jen cca 5 % produkce bioplynu. Zde se skladují zbytky z kvasných procesů ve fermentoru a dofermentoru. A zůstávají zde do doby vyvážení na hnojené zemědělské pozemky.

3.5 Technologie

3.5.1 Míchací technologie

Míchadla slouží k promíchávání substrátu ve fermentoru, aby bylo dosaženo následujících efektů:

- čerstvý substrát se musí smíchat s již fermentovaným substrátem,
- teplota ve fermentoru musí být stálá,
- míchání zabraňuje vzniku „krusty“,
- míchání zlepšuje látkové výměny bakterií.

Rychloběžné ponorné míchadlo s elektromotorem:

Používá se ve vertikálních fermentorech. Vrtule je poháněná vodotěsně zapouzdřeným elektromotorem. Výhodou je výškové nastavení míchadla, které napomáhá k odstranění usazenin a plovoucího příkrovu. Nevýhodou je, že ponorné motory musí být používány do teploty cca 40°C jinak se dostatečně nechladí (SCHULZ, EDER, 2004).

3.5.2 Vytápěcí technologie

Hlavní podmínkou pro dobrou činnost bakterií ve fermentoru je udržení optimální a stálé teploty. Teplotní pásma pro fermentační proces s mezofilními bakteriemi (35 – 40 °C). Nejčastěji používaná pásma jsou mezofilní (vhodné pro zpracování prasečí a hovězí kejdy). Teplota musí být konstantní, s jemným kolísáním se mění intenzita bioplynu. Velké rozdíly teplot jsou pro bioplynový proces velmi nebezpečné, mikroorganismy se nepřizpůsobí novým podmínkám, zahynou

a zkolabuje celý bioplynový proces. Požadovaná teplota je zajištěna ohřevem substrátu přímo ve fermentoru. Fermentor je osazen soustavou trubek. Jako topné medium je použita voda. Horká voda je přiváděna dovnitř fermentoru, kde dochází k výměně tepla. Tento systém se používá u menších a středních fermentorů. Pro větší fermentory se používá systém externí cirkulace reaktorové směsi přes tepelné výměníky, do nichž se přivádí voda. Tento systém umožňuje zároveň kvalitní promíchávání reaktorové směsi. K ohřevu vody se používají různé druhy kogeneračních jednotek (KOGENERAČNÍ JEDNOTKY TEDOM, 2010)

3.5.3 Odsiřovací technologie

Síra je škodlivá složka v bioplynu. Sulfan (sirovodík) vzniká z kyseliny sírové při spalování bioplynu kdykoliv dojde ke kondenzaci spalin. Sulfan v bioplynu snižuje životnost potrubí a všech zařízení, se kterými přichází do styku a může při vysokém tlaku způsobit křehnutí oceli. Sulfan je jedovatý a velmi nebezpečný zdraví lidí i zvířat.

Aby se zabránilo poškození spalovacího motoru kogenerační jednotky, výměníků tepla, katalyzátorů, kompresorů a dalších zařízení, musí být z bioplynu odstraněn sulfan - na parametry o velmi nízké koncentraci. Pro bezporuchový provoz kogenerační jednotky by neměla být překročena mezní hodnota od 100 do 500 mg*Nm⁻³ (což se rovná 0,05 v objemových %). V závislosti na doporučení výrobce motoru je limit při tlaku 250 bar pro koncentraci sulfanu 10 ppm. Platí pro běžně používané uhlíkové oceli, proto je to mezní koncentrace požadovaná pro odsiřovací zařízení. **Biologické odsiřování** je nejběžnější metoda pro snížení koncentrace sulfanu. Sulfan se nejdříve rozpustí ve vodě a pak biologicky odstraní. Tuto činnost obstarávají mikroorganismy druhu Thiobacillus a Sulfolobus, které jsou v prostředí všudypřítomné a proto nemusí být speciálně očkovány, mají tu zvláštnost, že jsou schopny využívat pro svůj růst síru zesulfanu. Tyto mikroorganismy spotřebovávající síru, jsou aerobní a pro svůj vývoj potřebují kyslík. Vzduch s kyslíkem je dávkován přímo do fermentoru v koncentraci cca 4–6 %.

Biologickým odsiřováním lze snížit obsah sulfanu na 200–500 mg*Nm⁻³, což jsou hodnoty obvykle dostačující pro využití bioplynu pro kogeneraci, ale

nedostatečné pro vysokotlakou kompresi. Při vysokých tlacích přitom dochází k rozkladu sulfanu podle rovnice (DEUBLEIN, 2008):



3.6 Přeměna bioplynu

Bioplyn se používá k výrobě elektrické energie a tepla v kogenerační jednotce. Teplo je v tomto případě vedlejší produkt. Účinnost kogenerační jednotky je 38,0 % elektrická a 40,8 % tepelná (celková 78,7 %).

3.7 Kogenerační jednotka

V KJ dochází ke spalování bioplynu a výrobě elektrické energie. Odpadní teplo vzniklé při spalování bioplynu je využíváno dále k výhřevu různých objektů BPS a dalších objektů. Nejběžnější kogenerační jednotka se skládá ze spalovacího motoru a elektrického (synchronního nebo asynchronního) generátoru. Obě zařízení jsou propojena (WOLNER, 2011).

3.8 Životnost, generální opravy a údržba motoru

Technicko-ekonomická životnost motoru je úzce spojena s výší nákladů na nový motor. Zážehové motory jsou dražší. Proto jsou běžné generální opravy, jež jsou za 30,000-60,000 h (HANDREICHUNG, 2006) a (HEINEMANN, 2007), jejichž výsledkem je životnost motoru cca. 80,000 h (HANDREICHUNG, 2006). Náklady na generální opravy zážehových motorů lze vypočítat pomocí rovnice (2) (BHKW-KENNDATEN, 2005).

Rovnice (2)

$$P = 7977 * p_{el} + 16 534,$$

kde P je cena (€) a p_{el} je instalovaný výkon (kW).

Kromě generální opravy, je také třeba pravidelné údržby, u níž se cena liší pro různé instalace v závislosti na rozsahu, kvalitě bioplynu a počtu zapnutí

a vypnutí, atd. V případě smluv o kompletním servisu, cena se pohybuje 13 - 25 € / MWh elektřiny (HANDREICHUNG, 2006) a (EDER, SCHULZ, 2009).

V rovnici (3) jsou náklady na plné smlouvy o poskytování služeb pro zážehové motory - vypočítá ve vztahu k instalovanému výkonu (BHKW-KENNDATEN, 2005).

Rovnice (3)

$$C = 49406 \times \rho_{el},^{-0,2219}$$

kde C jsou náklady na údržbu (ct / kWh_{el}) a ρ_{el} je instalovaný výkon (kW).

Jako alternativa k plné servisních smlouvě, majitel může vykonávat některé údržby sám. Bez nákladů na pracovní sílu, což jsou náklady na údržbu cca 4 € / MWh (HANDREICHUNG,2006) a (EDER, SCHULZ,2009). Čas potřebný pro údržbu, jsou v průměru 1-1,2 h / týden (EDER, SCHULZ,2009). Nicméně je velmi důležité, aby motor byl řádně udržován, protože nesprávně provedená údržba může mít za následek nákladné prostoje. V době údržby vyžaduje zájem vlastníka nebo zaměstnanců. Zde se předpokládá, že vlastní údržby snižují náklady o 1/3 v porovnání s náklady vypočítané podle rovnice (3). Jako alternativu k rovnici (3) HERMANSSON (2009) odhaduje, že náklady na údržbu odpovídají ze 4 % původní investici, s výjimkou vlastní práce zemědělce (LANTZ, 2001).

Obrázek 2: Fotografie BPS



Zdroj: fotoarchiv vlastníka BPS

4 Cíl a Metodika práce

Cílem diplomové práce je plné využití kapacitních možností a maximální efektivity BPS „Koloměřice“ optimálním využitím stávající technologie, zlepšeným využitím daných či jiných substrátů při zvýšení výtěžnosti bioplynu.

Cílem metodiky je stanovit produkci a kvalitu bioplynu v závislosti na množství a kvalitě vstupní suroviny. Kde hlavním momentem ovlivňujícím produkci budou vstupní suroviny poskytnuté k fermentaci a jejich kvalita. Provedeme porovnání sledovaných období průměrného roku oproti době nepřízně počasí ve vztahu k zemědělské produkci (např. extrémně suchý rok), kdy nahrazujeme vstupní surovinu kukuřičnou siláž a žito (pšeničným šrotem). Základem bude porovnání jejich finančního hodnocení z pohledu produkce bioplynu.

Došlo ke studiu domácí a zahraniční literatury se zaměřením na faktory ovlivňující efektivitu BPS. Dále pak proběhl samotný výzkum.

Data k výzkumu byla sbírána v letech **2014, 2015 a 2016** a byla získána ze softwaru zkoumané bioplynové stanice a doplněna pozorováním a nestrukturovanými rozhovory s majitelem a zaměstnanci zkoumané bioplynové stanice. Tato data se týkala kvality bioplynu, vstupních surovin a dále pak výkonu bioplynové stanice. Data byla zpracována v programu **Statistica** a Microsoft Excel.

Proměnnými výzkumy tedy byly:

- vstupní suroviny: kukuřičná siláž (dále jen kukuřice), travní senáž, skot hnůj, žito, kukuřičné zrno, obilí - konkrétně pšenice (kg/den);
- denní množství ze zásobníku (kg/den);
- spotřeba bioplynu, jež měří jeho kvalitu (m³/den);
- výkon (kWh).

Spotřeba bioplynu byla určena jako hlavní ukazatel kvality bioplynu. Vypočítaná průměrná hodnota bioplynu (10 906) značila průměrnou kvalitu plynu a od této hodnoty se mohlo postupovat hlouběji do problematiky.

Pro analýzu celého období (n = 731) byla užita **vícenásobná lineární regresní analýza**, sloužící k analýze vlivu proměnných na kvalitu bioplynu.

Pro zhodnocení dvou shodných období v roce 2015 (průměrný příznivý rok, n = 104) a v roce 2016 (nepříznivý rok, n = 104) byl užit **dvouvýběrový t-test pro nezávislé vzorky**, který sloužil k prokázání, zda sledovaná období byla shodná či nikoliv. Tedy k zamítnutí či potvrzení hypotéz:

- H_0 : značí, že proměnná ve sledovaných obdobích byly shodná ($t_1 = t_2$).

- H_1 : značí, že proměnná ve sledovaných obdobích byla odlišná ($t_1 = t_2$).

A dále pak došlo k **porovnání** nákladů na vstupní suroviny do bioplynové stanice ve sledovaných letech **2015 a 2016**.

Obrázek 3: Ukázka dat z programu Statistica

Den	množství	2 Kvalita plynu	3 Kukuřice	4 Senáž	5 Skot hnůj	6 Žito	7 Kukuřičné zmo	8 Obilí	9 Celkem naloženo
1	39 065	11 173	42 700	0					42 700
2	45 065	11 215	41 175						41 175
3	0	9 351	43 115						43 115
4	940	13 271	38 710			0	0	0	38 710
5	940	11 428	43 655					0	43 655
6	940	11 348	47 050						47 050
7	1 935	11 403	45 875			0	0	0	45 875
8	44 040	11 321	41 870	0					41 870
9	44 070	11 384	51 480						51 480
10	44 045	11 476	43 025			0		0	43 025
11	48 040	11 435	48 150						48 150
12	67 250	10 903	42 965						42 965
13	45 025	11 229	42 015			0		0	42 015
14	47 045	11 274	47 780						47 780
15	47 040	11 201	50 795		0				50 795
16	47 010	11 117	44 415		0			0	44 415
17	47 065	11 107	48 305			0		0	48 305
18	45 005	10 620	41 890					0	41 890
19	41 065	9 899	41 760	0	0			0	41 760
20	46 050	10 987	49 035						49 035
21	43 000	9 927	46 335		0				46 335
22	41 030	11 055	37 375			0		0	37 375
23	45 065	11 050	43 805						43 805
24	45 025	11 059	48 705		0				48 705
25	48 035	11 175	30 685			0		0	30 685
26	48 050	11 126	46 925						46 925
27	48 035	11 107	52 500					2 640	55 140
28	48 040	11 121	38 900		0		0	1 990	40 890
29	47 055	11 206	50 230	0		0		0	50 230
30	45 990	10 279	44 420				0	1 990	46 410
31	44 025	11 195	35 560		0			4 805	40 365
32	47 060	11 238	47 755					0	47 755
33	45 005	11 188	42 585	0					42 585
34	43 040	11 109	47 030		0	0		0	47 030
35	44 035	11 314	40 830					1 420	42 250
36	44 075	11 340	39 535					2 410	41 945
37	44 050	11 252	43 595		0	0		1 740	45 335
38	44 030	10 526	42 480					0	42 480

Zdroj: vlastní zpracování dle dat poskytnutých majitelem BPS

5 Výsledky a diskuse

5.1 Vícenásobná lineární regrese

Vícenásobná lineární regrese dokázala existenci vztahu mezi kvalitou bioplynu a vstupními složkami, konkrétně významný vliv má silážní kukuřice a kukuřičné zrno. U ostatních vstupů nebyl vztah statisticky prokazatelný. Pro tuto analýzu $R^2 = 0,03166761$ a $p < 0,00068$, což tedy znamená, že tyto výsledky jsou statisticky signifikantní. A však díky nízké hodnotě R^2 , která se má blížit k hodnotě 1, model bude fungovat jen v nízkém procentu případů (viz tab. 1).

Tabulka 1: Výsledky vícenásobné lineární regrese

N=731	Výsledky regrese se závislou proměnnou : Kvalita plynu (Celkem regrese) R= ,17795396 R ² = ,03166761 Upravené R ² = ,02364276 F(6,724)=3,9462 p<,00068 Směrod. chyba odhadu : 1287,2					
	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(724)	p-hodn.
Abs. člen			10446,90	259,9473	40,18853	0,000000
Kukuřice	0,133703	0,041338	0,02	0,0052	3,23443	0,001274
Senáž	0,042453	0,037273	0,01	0,0091	1,13898	0,255088
Skot hnůj	0,026315	0,036941	0,04	0,0506	0,71236	0,476472
Žito	-0,012722	0,040700	-0,00	0,0061	-0,31258	0,754690
Kukuřičné zrno	-0,084486	0,037058	-0,06	0,0267	-2,27982	0,022909
Obilí	0,021340	0,037237	0,03	0,0450	0,57308	0,566767

Zdroj: vlastní zpracování

Tedy po vypuštění proměnných, které nemají prokazatelný vliv, jsou výsledky následující (viz tab. 2).

Tabulka 2: Výsledky vícenásobné lineární regrese

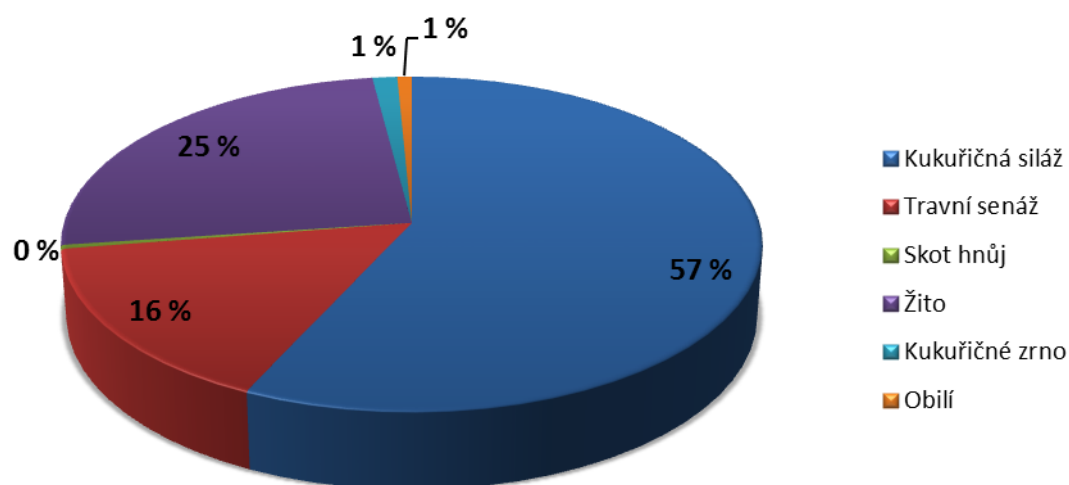
N=212	Výsledky regrese se závislou proměnnou : Kvalita plynu (Celkem regrese) R= ,30756897 R ² = ,09459867 Upravené R ² = ,08593455 F(2,209)=10,918 p<,00003 Směrod. chyba odhadu : 1080,4					
	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(209)	p-hodn.
Abs.člen			10614,67	209,8982	50,57055	0,000000
Kukuřice	0,188002	0,067263	0,02	0,0079	2,79501	0,005673
Kukuřičné zrno	-0,207730	0,067263	-0,07	0,0228	-3,08831	0,002286

Zdroj: vlastní zpracování

Byla provedena vícenásobná lineární regresní analýza pouze se vstupy, které mají prokazatelný vliv na kvalitu bioplynu. Z toho vyplynula následující regresní rovnice: $y = 10614,67 + 0,02 * \text{kukuřice} - 0,07 * \text{kukuřičné zrnó}$ (4)

To určuje, v jakém poměru musíme měnit množství významných vstupů, abychom dosáhli požadované změny kvality bioplynu. Dlouhodobým pozorováním chodu bioplynové stanice a i pohovory se zaměstnanci byla potvrzena hypotéza plynoucí z výše uvedené analýzy. Tedy, že největší vliv na kvalitu bioplynu má právě kukuřice. A podle odborníků je dlouhodobým sledováním a rozbory vzorků dokázáno že **silážní kukuřice je nejlepší zdroj energetické plodiny pro výrobu kvalitního bioplynu** a dosud nebyla žádná stejně kvalitní plodina k pěstování nalezena. Tudíž je třeba zajistit na konkrétní bioplynové stanici dostatečné zásoby této suroviny.

Graf 1: Struktura biomasy v celém sledovaném období



Zdroj: vlastní zpracování

Tento koláčový graf (graf 1) ukazuje procentuální zastoupení jednotlivých vstupních složek. A slouží pro demonstraci, že základem pro krmnou dávku u této bioplynové stanice je kukuřičná siláž, která je i v doporučení různých firem zabývajících se technologií bioplynových stanic jako je třeba MT-energie, která

zprostředkovávala tento projekt anebo firma Schaumann ČR s.r.o. která přejala hlídání biologické kvality projektu.

5.2 Porovnání příznivého a nepříznivého roku

Užitou statistickou metodou pro porovnání dvou časově shodných období pro rok 2015 a 2016 (leden – duben) byl t-test pro nezávislé vzorky.

Tabulka 3: Výsledky porovnání Kvality plynu v letech 2015 a 2016

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Porovnání 2015-2016) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky													
	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p	t samost. odh.rozp.	sv	p oboustr.	Poč.plat. skup. 1	Poč.plat. skup. 2	Sm.odch. skup. 1	Sm.odch. skup. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
Kvalita plynu 2015 vs. Kvalita plynu 2016	11028,67	11179,98	-1,31952	206	0,188461	-1,31952	205,4973	0,188465	104	104	847,0922	806,1835	1,104062	0,616349

Zdroj: vlastní zpracování

Kvalita plynu byla v obou obdobích shodná (tab. 3), to je zapříčiněno vhodným nahrazením chybějících vstupních surovin a jejich výtěžností kvality bioplynu. Ale metoda neprokázala větší spotřebu kukuřičné siláže ve shodném sledovaném období (tab. 4).

Tabulka 4: Výsledky porovnání objemu užitě Kukuřičné siláže v letech 2015 a 2016

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Porovnání 2015-2016) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky													
	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p	t samost. odh.rozp.	sv	p oboustr.	Poč.plat. skup. 1	Poč.plat. skup. 2	Sm.odch. skup. 1	Sm.odch. skup. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
Kukuřice 2015 vs. Kukuřice 2016	23512,84	23512,84	0,00	206	1,000000	0,00	206,0000	1,000000	104	104	6379,570	6379,570	1,000000	1,000000

Zdroj: vlastní zpracování

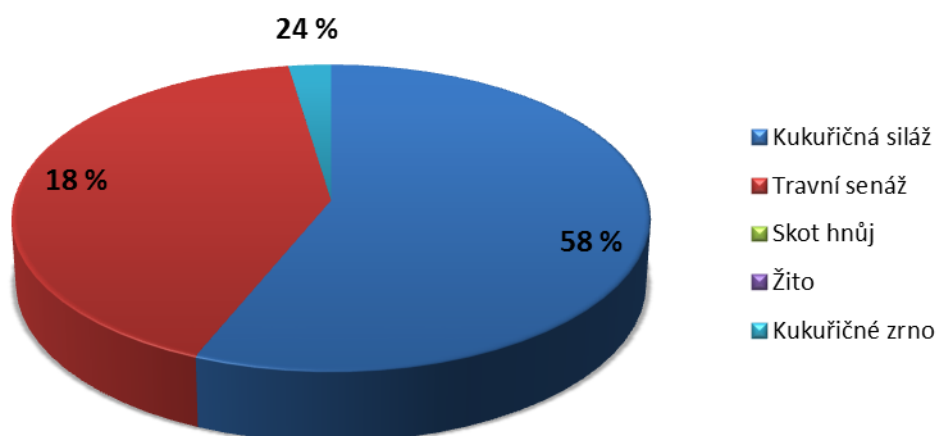
Tabulka 5: Výsledky porovnání Výkonu BPS v roce 2015 a 2016

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (Porovnání 2015-2016) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky													
	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p	t samost. odh.rozp.	sv	p oboustr.	Poč.plat. skup. 1	Poč.plat. skup. 2	Sm.odch. skup. 1	Sm.odch. skup. 2	F-poměr Rozptyly	p Rozptyly
Výkon 2015 vs. Výkon 2016	17454,52	16642,38	1,859900	206	0,064325	1,859900	129,9997	0,065160	104	104	1527,707	4182,768	7,496305	0,000000

Zdroj: vlastní zpracování

Byl prokázáný rozdílný výkon, to může mít několik příčin. Jedna z nich mohla být ta, že nebylo z fermentačních procesů vytěženo dostatečné množství bioplynu na plné zatížení kogenerační jednotky, anebo, což je v tomto případě, se stalo, že ve sledovaném období byla chyba na kogenerační jednotce a byla mimo provoz. Tento výpadek se využil k servisnímu zásahu větší generální revize stroje, kterou je nutné po pravidelných intervalech provádět.

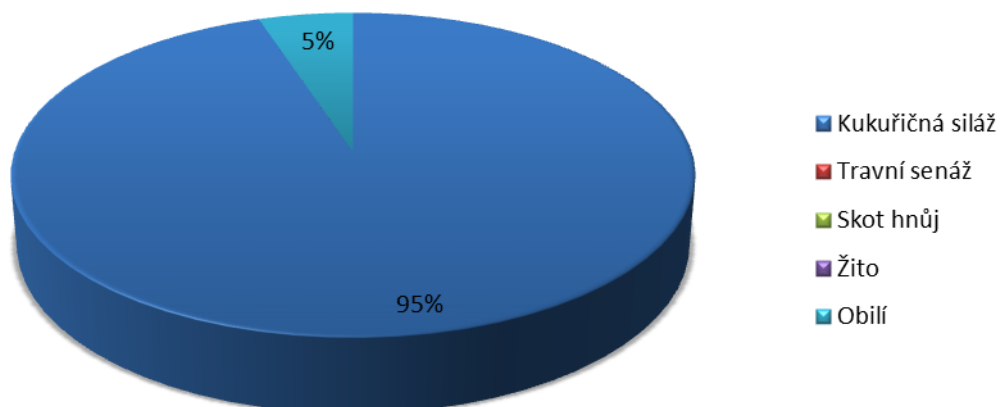
Graf 2: Struktura vstupů v roce 2015



Zdroj: vlastní zpracování

Zde je vidět původní krmná dávka pro rok 2015, který byl ještě příznivý k energeticky využitelným plodinám. Takže se dala využít i travní senáž sklizená z vlastních luk podniku a to znamená, že je to kvalitní surovina za nižší cenu než je výkupní cena produktu na českém trhu. Dále v průběhu roku se přidávalo žito sklizené na zeleno pro potřebu bioplynové stanice, v grafu 2 není zaznamenáno, protože se začalo vkládat až později po době sledování.

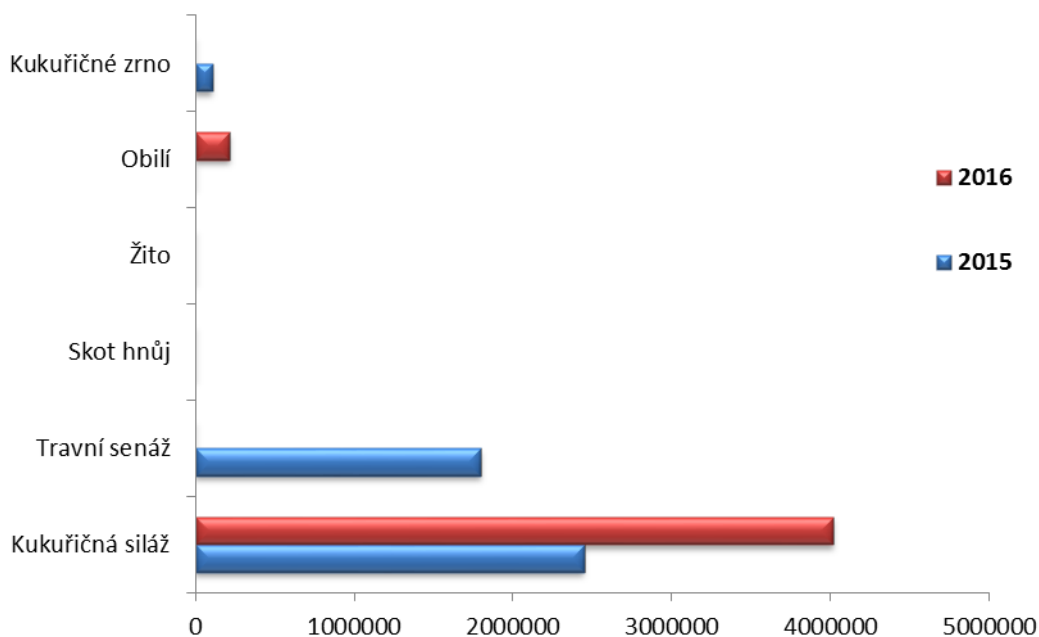
Graf 3: Struktura vstupů v roce 2016



Zdroj: vlastní zpracování

Tento graf ukazuje strukturu krmné dávky v nepříznivém období pro energetické plodiny jako je kukuřice, kde se ukázalo, že se sklídilo o cca 1500 tun méně silážní kukuřice než v předchozím roce. A to v podniku, který pěstuje zásobu vstupních surovin jen s malou rezervou, je problematické. A proto se muselo najít jiné řešení, které by dostatečně nahradilo dosud používané suroviny. Majitel zvolil obilné zrno, které bylo nutno rozmělnit, a to šrotováním. Zrno bylo následně lépe přístupné bakteriím a tím i urychlení fermentačního procesu. A jelikož cena krmné pšenice nebyla dle představ vedoucího podniku, tak se rozhodl, že rentabilnější bude použít komoditu k fermentaci a následnému zhodnocení přes bioplyn. Z grafu 3 je patrné, že stačilo 5 % ve směsné dávce s kukuřičnou siláží, aby uspokojivě nahradila ostatní chybějící vstupní suroviny.

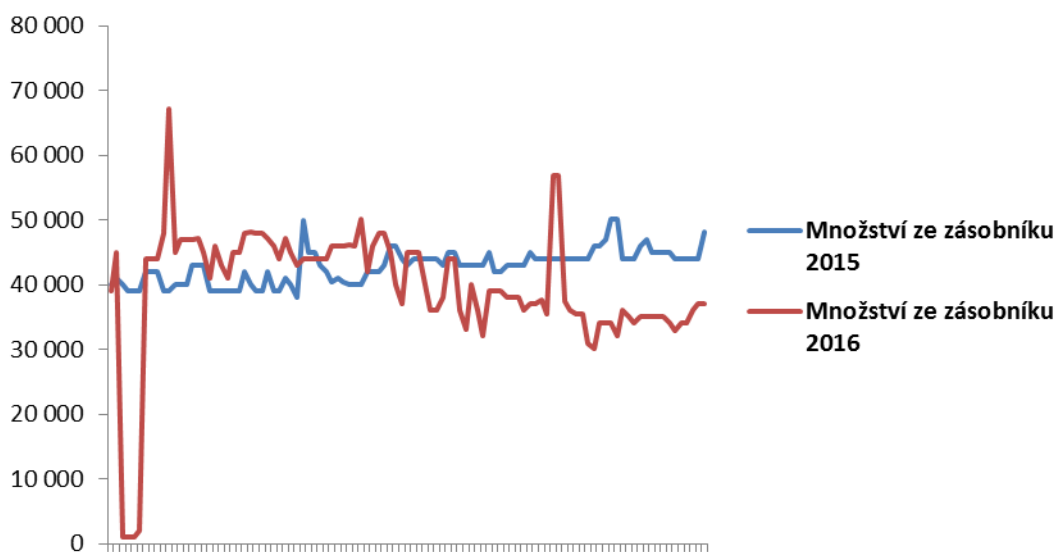
Graf 4: Složení krmné dávky ve sledovaných letech 2015 a 2016



Zdroj: vlastní zpracování

Tento sloupcový graf 4 znázorňuje změnu složení krmné dávky pro výrobu bioplynu. A to tak že bylo z původní krmné dávky přidáno více kukuřičné siláže a jako nová složka byla přidána šrotovaná pšenice (v grafu 4 zobrazeno jako obilí). Jak bylo výše již popsáno.

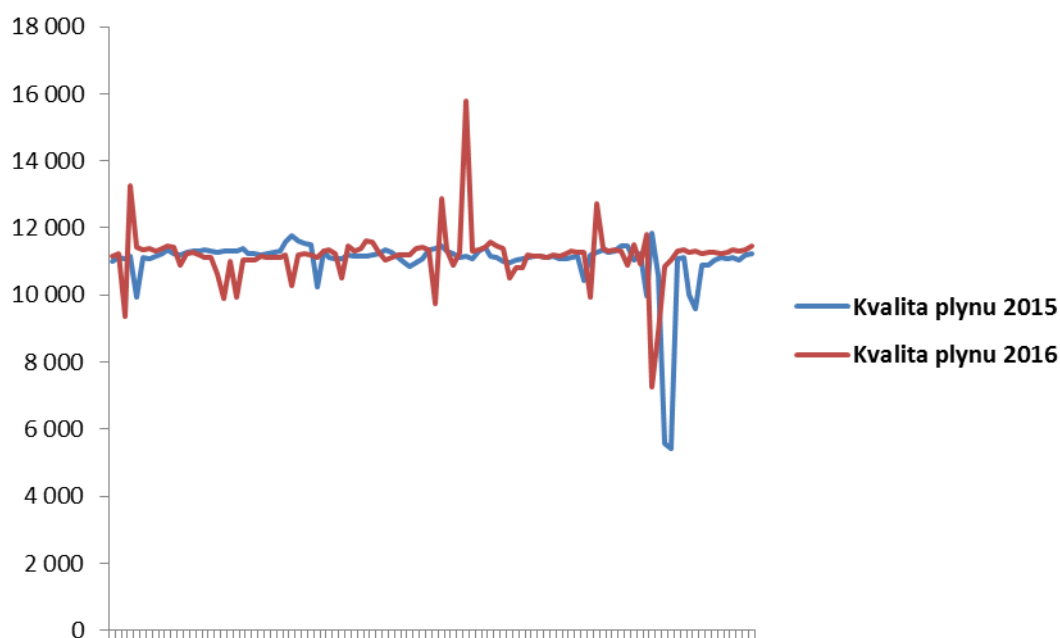
Graf 5: Množství ze zásobníku ve sledovaných letech 2015 a 2016



Zdroj: vlastní zpracování

Tento spojnicový graf 5 ukazuje množství krmné dávky, která byla přesunuta do fermentoru. Graf ukazuje, že směs silážní kukuřice a šrotované pšenice produkovala více plynu, z důvodu většího podílu a tím i množství silážní kukuřice. A to způsobilo, že se mohlo dávkovat menší množství než se směsí s travní senází a kukuřičným zrnem. I tak to neznamená, že se ušetřilo na množství silážní kukuřice. Výchytky v grafu jsou způsobeny opravou dávkovacího zařízení a to utržením se motoru, který pohání šnekový dopravník v upevňovacích šroubech a následným přerušením vedení. Další výchytky, které ukazují hodnoty přes 50 tun, ty jsou způsobené výpadkem proudu a následným spuštěním. Tato závada obvykle způsobí špatně ukazující hodnoty nakrmené směsi.

Graf 6: Kvalita bioplynu ve sledovaných letech 2015 a 2016



Zdroj: vlastní zpracování

Tento spojnicový graf 6 ukazuje rozdíl kvalit bioplynu, který se hodnotí spotřebou bioplynu v motoru. Vyplývá z něj, že kvalita plynu byla shodná až na pár výchylek, které mohou být způsobené závadou na míchadle. Kde oprava probíhá tak, že se odkryje část zastřešení fermentoru, provede se oprava a zpět se fermentor zakryje. Ale problém je, že bioplyn je plný O_2 a s malým obsahem CH_4 . Tento nekvalitní bioplyn kogenerační jednotka není schopna zpracovat a nekvalitní bioplyn je spalován přes tzv. plynový hořák do té doby, dokud není O_2 na mizivé úrovni nebo

Tabulka 6: Náklady v roce 2015

Kukuřičná siláž (Kč)	Travní senáž (Kč)	Skot hnůj (Kč)	Žito (Kč)	Kukuřičné zrno (Kč)	Suma (Kč)
2 689 868,5	1 616 490	0	0	373 592	4 679 950,5

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 7. Náklady v roce 2016

Kukuřičná siláž (Kč)	Travní senáž (Kč)	Skot hnůj (Kč)	Žito (Kč)	Obilí (Kč)	Suma (Kč)
6 263 673	0	0	0	617 883	6 881 556

Zdroj: vlastní zpracování

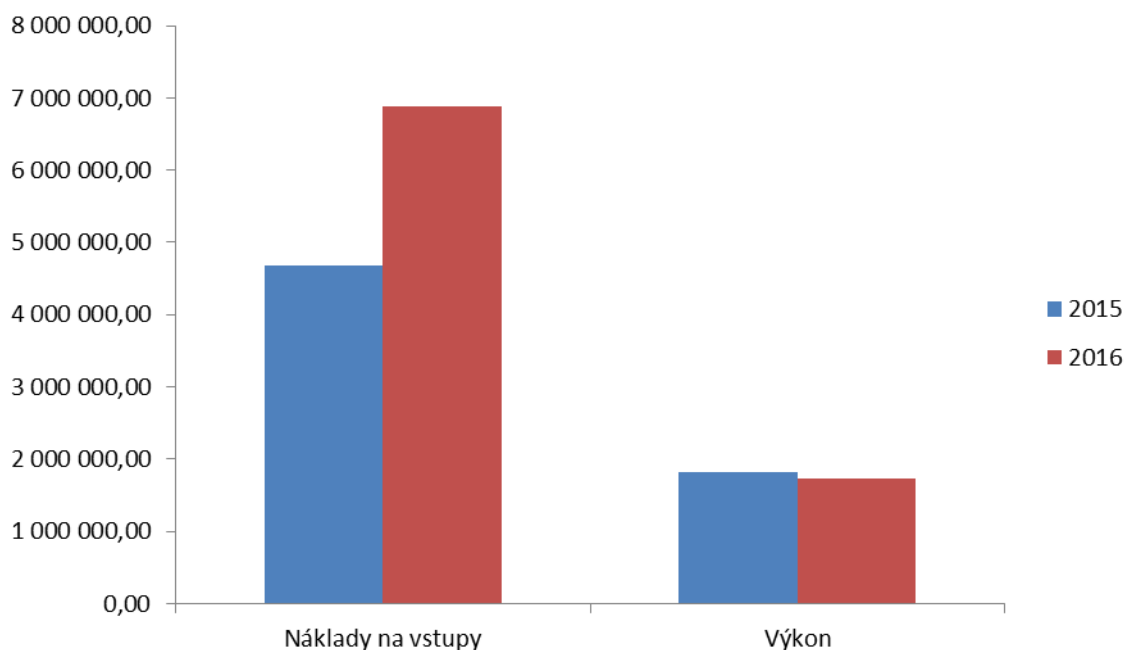
V tabulkách (6 a 7) je vypočítána cena v jednotlivých sledovaných obdobích za vstupní suroviny. Ceny jsou přežaté z ceníku firmy PROWENA s.r.o. a další ceny poskytnuty od majitele provozu. Ceníkové ceny posloužily k orientačnímu zhodnocení vstupních surovin pro porovnání nepříznivého roku s průměrným rokem. Firma si většinu vstupů pěstuje sama, tedy toto porovnání předpokládá, že si podnik nakupuje veškeré vstupy od jiných výrobců. Toto porovnání je pouze orientační pro představu prodražení v nepříznivém roce.

Tabulka 8: Výkon BPS v letech 2015 a 2016

Výkon 2015 (kWh)	Výkon 2016 (kWh)
1 815 270	1 730 808

Zdroj: vlastní zpracování

Graf 8: Porovnání nákladů na vstupy a výkonu BPS ve sledovaných letech



Zdroj: vlastní zpracování

Ve sloupcovém grafu 8 je znázorněná vypočtená ceníková cena a porovnána s výkonem zařízení, kde je znát že i když se náklady na krmení zvýšily tak výkon se nezvýšil. Avšak za předpokladu, že by kogenerační jednotka byla v provozu bez poruchy, dalo by se předpokládat, že výkon by byl nepatrně vyšší než v minulém roce. Ale k dosažení tohoto výkonu je nutné počítat s poměrně vyšší finanční náročností. I pokud by byly náklady počítány pouze s náklady vlastní výroby, ceny budou o něco nižší (z důvodu vlastní výroby), ale i přesto finanční rozdíl by byl stále velký.

6 Diskuse

Diskuse byla provedena zčásti již u jednotlivých výsledků výzkumu.

Bioplynová stanice je individuální zařízení, u kterého se nedá odhadnout budoucí stav jakéhokoliv problému. A proto je stále co zdokonalovat. Hlavní nedostatek této bioplynové stanice je, že vedení nepočítalo s nepřízní počasí a nebylo připraveno na tuto skutečnost.

Na další období je potřeba udělat větší zásobu sklizených zemědělských plodin pro potřebu bioplynové stanice. Jako reakci na krizovou situaci rozhodlo vedení osít 310 ha kukuřicí na siláž a 240 ha svatojánského žita, které se bude sklízet také pro potřebu bioplynové stanice.

Dále bych doporučil použít pokos travnatých ploch a tím zvětšit zásobu bioplynu na tak dlouho, jak jen bude potřeba ke sklizni svatojánského žita. U kterého musí proběhnout proces konzervace. Dále bych doporučil zlepšit kvalitu konzervace silážní kukuřice. Tím je myšleno např.: lepší naplánování sklizně kukuřice, kde v roce 2015 při sklizni došlo ke srážkám a tím i méně kvalitní hmotě a dále lepšímu hutnění hmoty.

7 Závěr

Bioplynové stanice sice už nezažívají takový rozvoj, ale k 31. 12. 2015 se jich vyskytovalo na území ČR 507. Tedy je třeba se do budoucna zajímat o rozvoj stávajících, jejich rentabilitu, udržitelnost a vliv na životní prostředí. Tedy toto téma lze pořád považovat za aktuální.

Na kvalitu bioplynu má největší vliv jako vstup kukuřice. Výkon i s ohledem na nepříznivé období na produkci vstupů je obdobný, ovšem rozdíl je v nákladech na vstupy do bioplynové stanice, na které má vliv nepříznivý rok z hlediska zemědělské produkce. A v důsledku tohoto nepříznivého roku jsou náklady vyšší.

V důsledku provedeného výzkumu a analýzy dat by bylo vhodné uskutečnit následující návrhy:

- Je vhodné jako výchozí surovinu použít **kukuřičnou siláž**. Z důvodů její vyšší koncentrace energie (6,2–6,8 MJ NEL*kg⁻¹sušiny), její další výhodou je její snadná konzervovatelnost. Z toho vychází, že kukuřice je zatím nejlepší vstupní surovinou pro výrobu bioplynu.
- Zlepšit kvalitu **konzervace** silážní kukuřice.
- Mělo by dojít k **vytvoření dostatečných zásob**.
- Dobrým doplňkem je **pšeničný šrot**, ale jen za předpokladu nízké výkupní ceny. Kde jeho zhodnocení je relativně větší při zpracování na bioplyn.
- Z hlediska nákladů na vstupní suroviny by bylo vhodné, aby se majitel bioplynové stanice zaměřil na **pěstování** vybraných vstupů do bioplynové stanice, samozřejmě s ohledem na rentabilitu tohoto pěstování a výnosnost dané rostlinné výroby.

Nelze jednoznačně říci, který typ bioplynových stanic je nejlepší. Z pohledu zemědělce to bude zemědělská bioplynová stanice. Z důvodu možnosti pěstování vlastních vstupních materiálů a tím i levnějšího zajištění procesu fermentace.

Bioplyn a jeho získávání je jednoznačně přijatelnější vůči prostředí než jiná zařízení na výrobu elektrické energie a tepla. Jeho výhody jsou, že se vytváří **z obnovitelných zdrojů**, které se z velké části vracejí zpět do půdy a tím vytváří menší zatížení půdy organickými hnojivy. Pro podnik je to významná pomoc pro konkurenceschopnost. A dle mého názoru příčinou odporu vůči této technologii je nedostatečná informovanost společnosti.

Každá fermentační metoda v zemědělské bioplynové stanici má své klady i zápory. Pokud máme proces zařízený na mezofilní prostředí, musíme dávat pozor,

aby nedocházelo ke zbytečnému přehřívání fermentoru. Mikrobiologická složka se přizpůsobí tím, že se změní zastoupení mikroorganismů, ale technika se může přehřívát a tím zbytečně vznikají náklady na opravy např.: míchadel.

Proces výroby bioplynu v „Koloměřicích“ je stálý a nezměnil se za celou dobu provozování od roku 2011. Dalo by se vytknout pár věcí např.: využití tepla, které by se dalo využívat lépe než jen vytápěním objektu dílen a stájí pro koně. V nejbližší době majitel nic nového neplánuje. Případně by se mohla zvýšit homogenizace vstupních materiálů. Toto odvětví není tak staré a určitě bude do budoucna ještě mnoho, co zlepšovat.

8 Přehled literatury

- ANONYMUS 1.** Bioplynová stanice: Bioplynová stanice. In: [online]. 2008. vyd., (2008) [cit. 2014-04-01]. ISSN 1803-4160. DOI: <http://www.nazeleno.cz/bioplynova-stanice.dic>.)
- ANONYMUS 2.** Členění bioplynových stanic: Členění bioplynových stanic. In: [online]. (2008). vyd. [cit. 2014-04-01]. DOI: <http://www.bioplynovestanice.cz/cleneni-bps/>.)
- ANONYMUS 3.** Co je to bioplynová stanice?. In: [online]. (2011). vyd. [cit. 2014-04-01]. ISSN 1803-6686. Dostupné z: http://www.enviweb.cz/page/co_je_to_bioplynka
- ANONYMUS 4.** Tvorba bioplynu: Bioplyn vzniká ve čtyřech fázích. *SCHAUMANN ČR s.r.o.* [online]. Volyně, (2015) [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://bioplyn.schaumann.cz/vyroba/vznik-bioplynu/>
- ANONYMUS 5.** Bioplynové stanice „suchá“ anaerobní fermentace: Popis „suché“ fermentace. *Fortexags* [online]. Šumperk, [cit. 2016-04-27] (2015). Dostupné z: <http://www.fortexbioplyn.cz/cz/sucha-fermentace/>
- BAČÍK, O.** Bioplynové stanice: technologie celonárodního významu. *Biom.cz* [online]. [cit. 2013-12-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynovestanice-technologie-celonarodniho-vyznamu>>. ISSN: 1801-2655 (2008).
- BHKW-Kenndaten.** Arbeitsgemeinschaft für Sparsamen und Umweltfreundlichen Energieverbrauch ev, Rationeller Erdgaseinsatz, Kaiserslautern; (2005).
- DEUBLEIN, D., STEINHAUSER, A.:** Biogas from Waste and Renewable Resources. (2008)
- DOHÁNYOS, M.** Zvyšování efektivity fermentace - nejnovější poznatky ve výzkumu a praxi. *Biom.cz* [online]. [cit. 2014-04-06]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zvysovani-efektivita-fermentace-nejnovejsi-poznatky-ve-vyzkumu-a-praxi>>. ISSN: 1801-2655 (2009).
- DÖHLER, H, SCHLIEBNER, P.** Verfahren und der Wirtschaftlichkeit Gärrestaufbereitung. Darmstadt: KTBL; (2006).

- EDER, B, SCHULZ, H.** Biogas Praxis – Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit, Ökobuch Verlag, Staufen, (2009).
- HANDREICHUNG** Biogasgewinnung und-nutzung, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe eV, Gülzow; (2006).
- HÄRDTLEIN, M, ELTROP L, THРАН, D.** Voraussetzungen zur Standardisierung biogener Festbrennstoffe. Münster: Landwirtschaftsverlag; 2004 Heinemann A. Schnell Zündstrahlmotoren, personal communication; (2007).
- HEJDUK, S., HRABĚ, F.:** Vývoj botanické skladby pastevních porostů vlivem hnojení a způsobu využívání. In: Sborník referátů z mezinárodní vědecké konference Agroregion 99, ZF JČU České Budějovice, (2. – 3. 9. 1999), s. 199-201. (1999)
<http://www.calla.cz/data/energetika/seminare/bioplyn/KlirBPS.pdf>
- HERMANSSON, H.** Project leader, Swedish Biogas AB, personal, communication; (2009).
- HOWLEY, M., B. Ó'GALLACHÓIR, E. DENNEHY,** Energy in transport, Energetická politika statistické podpory Unit, udržitelný úřad pro energii z Irsku, Glasnevin, Dublin 9, Irsku (2009) k dispozici from:http://www.seai.ie/Publications/Statistics_Publications/EPSSU_Publications/Energy_in_Transport/Energy_In_Transport_2009_Report.pdf
- HOWARD, R. L., ABOTSI E., JANSEN, van RENSBURG, E. L., HOWARD, S.** (2003): Lignocellulose biotechnology: issues of bioconversion and enzymeproduction. African Journal of Biotechnology 2 (12), s. 602-619. Straka F.: Bioplyn. Vydal GAS s.r.o. Říčany. 1. vydání, 2003. ISBN 80-7328-029-9.
- HRDINOVÁ, J., KOZUMPLÍKOVÁ, M., JAGOŠOVÁ, V., MINAŘÍK, M., PÍŠTĚK, V.** Vliv biologické předúpravy lignocelulosových substrátů na produkci bioplynu. *Biom.cz* [online]. (2011-11-16) [cit. 2014-04-08]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vliv-biologicke-predupravy-lignocelulosovych-substratu-na-produkci-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.

- HŘEBÍČEK, J., HEJČ, M., PILAR, F. ZHYLTSOVÁ, J.** Identifikace a posouzení efektivnosti systémů nakládání s BRO v ČR a v zemích EU, DEKONT INTERNATIONAL, s.r.o., (2006), 151 s. [cit. 2013-02-12].
- HRŮZA, R., STOBER, K.** Co ovlivňuje efektivitu provozu bioplynové stanice. Biom.cz [online]. 2009-04-01 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/co-ovlivnuje-efektivitu-provozu-bioplynove-stanice>>. ISSN: 1801-2655.
- KAJAN, M.** Bioplyn z odpadů živočišné výroby. Biom.cz [online]. 2005-08-23 [cit. 2014-04-05]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyn-z-odpadu-zivocisne-vyroby?add_disc=1>. ISSN: 1801-2655.
- KÁRA, J.** *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Vyd. 1. Praha: VÚZT, (2007), 120 s. ISBN 978-80-86884-28-8.
- KIM, M. et al.** Comparative process stability and efficiency of anaerobic digestion; mesophilic vs. Thermophilic. Water Research, 36, (2002), 4369–4385
- KOCOUROVÁ, D., FUKSA, P.,** Využití travní fytomasy pro výrobu bioplynu. In: Nové poznatky v pícninářství a trávníkářství. Sborník příspěvků z odborného semináře „Univerzitní pícninářské dny“, ČZU Praha, 12. – 13. 10. (2006), s. 49-51.
- Kogenerační jednotky TENDOM.** *Kogenerační jednotky v bioplynových stanicích* [online]. Třebíč, (2010) [cit. 2015-04-27].
- KUŽEL, S., KOLÁŘ, L., PETERKA, J., HŘEBEČKOVÁ, J.** Jak efektivně využít digestát?. In: [online]. (25. 6. 2010, 2011) [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: <http://energie21.cz/jak-efektivne-vyuzit-digestat/>
- KWS,:** *Bioplyn – základy kvasné technologie*. KWS *osiva* s.r.o., Velké Meziříčí, 86 s. (2008)
- LANTZ, M.** The economic performance of combined heat and power from biogas produced from manure in Sweden – A comparison of different CHP technologies. Applied Energy, (2001), 98, 2012, 502–511.

- LOOTSMAN, RAUSSEN, T.** Aktuelle Verfahren zur Aufbereitung und Verarbeitung von Gärresten. In: 20.. Kasseler Abfall-und Bioenergieforum (2008)
- MAROUŠEK, J.** Dezintegrace lignocelulózy pro bioplynové stanice. *Biom.cz* [online]. (2012) [cit. 2014-04-08]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/produkcii-bioplynu-lze-zvysit-dezintegraci-vstupni-fytomasy>>. ISSN: 1801-2655.
- MUŽÍK, O., KÁRA, J.** Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR. *Biom.cz* [online]. (2009) [cit. 2014-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>>. ISSN: 1801-2655.
- PAWLICA, P.** Sušení odpadním teplem z bioplynové stanice. *Biom.cz* [online]. 2010-05-24 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/suseni-odpadnim-teplem-z-bioplynové-stanice>>. ISSN: 1801-2655.
- POKORNÁ, M., KŠICA, M., ŠMARDA, P.** 2009. Konkurenceschopnost a kvalita - cesta k úspěchu zemědělského podniku. *Irs-eu*[online]. [cit. 2013-02-12]. Dostupné z http://www.irs-eu.com/files/prezentace_pOlt_final.pdf
- POSPÍŠIL, L.** *Zemědělec* 39/2010, Výroba bioplynu „suchou“ fermentací, str. 14, citováno 1.4. 2014 dostupné na:
http://www.fortexbioplyn.cz/uploaded/zemedelec_2010.pdf
- PROCHÁZKA, Z.** Využití odpadního tepla z BPS a granulace biomasy. In: *Agroing* [online]. 2011 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.agroing.cz/vyuziti-odpadniho-tepla-z-bps-a-granulace-biomasy>
- SCHULZ, H., EDER, B.** *Bioplyn v praxi*. HEL, Ostrava, (2004).<http://kogenerace.tedom.com/kogeneracni-jednotky-download.html> [5.4.2014]
- SPEECE, R. E.** *Anaerobic biotechnology for industrial wastewaters* Archae Press, Nashville, TN (1996).
- ŠAFARČÍK, M.** Bioplynové stanice – podmínky a možnosti využití tepla. *Biom.cz* [online]. 2012-03-13 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z WWW:

<<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biopllynovy-stanice-podminky-a-moznosti-vyuziti-tepla>>. ISSN: 1801-2655.

ŠTAMBASKÝ, J. Energie 21, odborný časopis o obnovitelných zdrojích energie, vydání 6/2012, čl. Dynamická výstavba se v příštích letech zbrzdí, Praha 2012, str. 18-19, ISSN 1803-0394.

TRNAVSKÝ, J. Možnosti intenzifikace produkce bioplynu. Biom.cz [online]. 2013-11-11 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-intenzifikace-produkce-biopllynu>>. ISSN: 1801-2655.

VÁŇA, J. Využití digestátů jako organického hnojiva. Biom.cz [online]. 2007-04-25 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-digestatu-jako-organickeho-hnojiva>>. ISSN: 1801-2655.

VĚTSTNÍK, ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. Výkupní ceny a zelené bonusy na elektřinu: Pro elektřinu vyrobenou z obnovitelných zdrojů energie platí následující podmínky. In: 28. 11. 2013. Jihlava.

WARD, A. J. , HOBBS, P. J., HOLLIMAN, P. J., JONES, D. L.: Optimisation of the anaerobidigestion of agricultural resources, Bioresource Technology, [cit. 2013-02-12]. doi:10.1016/j.biortech.2008.02.044 in press, pp. 7928-7940. (2008)

WIEGANT, W., HENNINK, M., LETTINGA, G. Separation of the propionate degradation to improve the efficiency of thermophilic anaerobic treatment of acidified wastewater Water Res, 20 (4) (1986), pp. 517–524.

HARRIS, WL., DAGUE, RR. Comparative performance of anaerobic filters at mesophilic and thermophilic temperatures

WOLLNER, A.: Využití kukuřice k energetickým účelům, Diplomová práce, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita, 2011. www.mt-energie.cz (5.4.2014)

ZEIKUS, J. G. Thermophilic bacteria: ecology, physiology, and technology Enzyme Microb Technol, 1 (1979), pp. 243–251.

ZINDER, S. H, ANGUISH, T., CARDWELL, S. C. Effects of temperature on methanogenesis in a thermophilic (58°C) anaerobic digester *Appl Environ Microbiol*, 47 (4) (1984), pp. 808–813.

9 Seznam grafů, obrázků a tabulek

9.1 Seznam grafů

Graf 1: Struktura biomasy v celém sledovaném období	38
Graf 2: Struktura vstupů v roce 2015	40
Graf 3: Struktura vstupů v roce 2016	41
Graf 4: Složení krmné dávky ve sledovaných letech 2015 a 2016	42
Graf 5: Množství ze zásobníku ve sledovaných letech 2015 a 2016	42
Graf 6: Kvalita bioplynu ve sledovaných letech 2015 a 2016	43
Graf 7: Výkon ve sledovaných letech 2015 a 2016	44
Graf 8: Porovnání nákladů na vstupy a výkonu BPS ve sledovaných letech	46

9.2 Seznam obrázků

Obrázek 1: Vznik bioplynu	19
Obrázek 2: Fotografie BPS	34
Obrázek 3: Ukázka dat z programu Statistica	36

9.3 Seznam tabulek

Tabulka 1: Výsledky vícenásobné lineární regrese	37
Tabulka 2: Výsledky vícenásobné lineární regrese	37
Tabulka 3: Výsledky porovnání Kvality plynu v letech 2015 a 2016	39
Tabulka 4: Výsledky porovnání objemu užití Kukuřičné siláže v letech 2015 a 2016	39
Tabulka 5: Výsledky porovnání Výkonu BPS v roce 2015 a 2016	39
Tabulka 6: Náklady v roce 2015	45
Tabulka 7: Náklady v roce 2016	45
Tabulka 9: Výkon BPS v letech 2015 a 2016	45