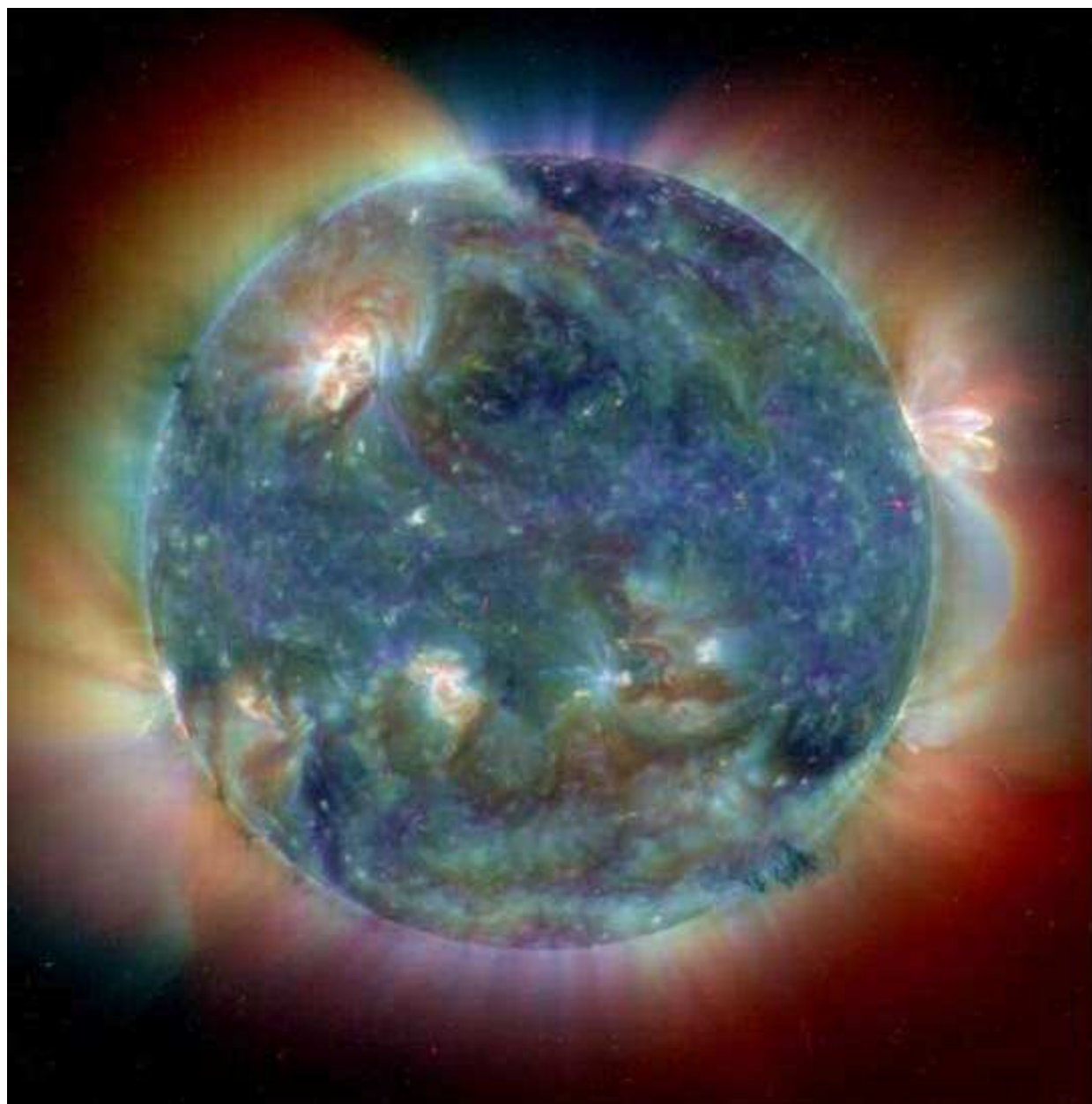




ENERSOL 2012



JIHOČESKÝ KRAJ



Provoz bioplynové stanice v Kardašově Řečici

Adresa autora projektu:

Jméno, příjmení autora(ů) projektu Enersol 2010:

Učební, studijní obor, ročník studia: Kristýna Dubská, Ochrana a tvorba životního prostředí (16-01-M/001), 4. roč.

Adresa školy: Střední odborná škola ekologická a potravinářská, Veselí nad Lužnicí, Blatské sídliště 600/1

Jméno učitele-koordinátora projektu: Jana Šašková

Kontakt:

Tel/fax: 775066474

Email: saskova27@seznam.cz

Webové stránky školy: <http://www.sos-veseli.cz/>

Práce zaslána (předložena) regionálnímu centru dne: 17.2. 2012

Podpis autora (při kolektivní práci hlavního gestora) projektu:

Podpis učitele-koordinátora projektu:

Prohlášení :

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracovala samostatně, použila jsem pouze podklady uvedené v citaci literatury a postup při zpracování práce je v souladu se zákonem č. 121/ 2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

Ve Veselí nad Lužnicí dne: 17.2. 2012

Podpis:

Abstrakt:

Bioplynová stanice je technologické zařízení, které využívá proces anaerobní digesce ke zpracování bioodpadu, popřípadě jiného biologicky rozložitelného materiálu. Hlavním produktem anaerobní digesce je bioplyn. Bioplyn lze využít jako alternativní zdroj energie. Práce se zabývá provozem bioplynových a podrobným popisem bioplynové stanice v Kardašově Řečici.

Abstract :

The biogas station is a device that uses anaerobic digestion to process biowaste or other biologically decomposable materials. The main product of anaerobic digestion is biogas. It can be used as an alternative source of energy. The study deals with biogas station management and in-depth description of the biogas station in Kardašova Řečice, South Bohemia.

Obsah

1	Úvod.....	- 8 -
2	Teoretická část	- 10 -
2.1	Bioplynová stanice	- 10 -
2.1.1	Bioplynové stanice v zemědělství.....	- 11 -
2.1.2	Rozvoj bioplynových stanic v České Republice	- 11 -
2.2	Bioplyn	- 13 -
2.2.1	Vznik bioplynu	- 13 -
2.2.2	Výroba bioplynu.....	- 13 -
2.2.3	Druh a složení substrátu	- 15 -
2.2.4	Využití bioplynu.....	- 16 -
2.3	Faktory ovlivňující anaerobní stabilizaci biomasy.....	- 18 -
2.4	Konstrukční typy fermentorů	- 20 -
2.4.1	Horizontální konstrukční typ.....	- 20 -
2.4.2	Vertikální konstrukční typ.....	- 21 -
2.5	Míchání a ohřev fermentoru	- 22 -
2.6	Anaerobní fermentace	- 23 -
3	Praktická část	- 24 -
3.1	Metodika.....	- 24 -
3.2	Bioplynová stanice Kardašova Řečice	- 25 -
3.5	Ekonomické zhodnocení	- 28 -
3.6	Výsledky rozborů digestátu.....	- 29 -
4	Diskuze	- 31 -

5	Závěr	- 32 -
6	Seznam literatury	- 33 -
7	Seznam příloh	- 34 -

1 Úvod

V posledních letech výrazně stoupá zájem o energetické využití biomasy, včetně organických odpadů. Důvodem je naléhavá potřeba omezení produkce skleníkových plynů v souladu s Kjótským protokolem. Přestože při získávání energie prostřednictvím biomasy převažují termické konverzní procesy, anaerobní digesce biomasy spojená s produkcí bioplynu a organického hnojiva se stále více uplatňuje. To se projevuje rostoucím počtem projektovaných bioplynových stanic a velkým zájmem mnoha zemědělců, obcí, firem, politiků i soukromých osob o rozvoj v této oblasti. V současnosti je ve světě provozováno více jak 7 milionů bioplynových stanic a to převážně v asijských státech. V České republice je podíl bioplynu na celkové energetické produkci (cca 0,11 % podíl na celkové spotřebě primárních energetických zdrojů a 3,76 % podíl na energii z obnovitelných zdrojů), a provozované bioplynové stanice zpracovávají převážně jen čistírenské kaly.

V bioplynových stanicích je možné zpracovávat nejen zvířecí fekálie, ale i odpad z rostlinné výroby, produkce a zpracování ovoce a zeleniny, jateční, mlékárenské, tukové, koželužské a farmaceutické odpady, odpady z výroby bionafty a bioetanolu. Bioplyn je velmi vhodné získávat při anaerobní stabilizaci čistírenských kalů a při odplynování skládek organických odpadů.

Rozvoj anaerobní digesce při zpracování komunálních bioodpadů a odpadů z veřejné a soukromé zeleně stále roste a anaerobní digescí se tak zpracovávají odpady rostlinného původu. Řešení problému velkého množství travní fytomasy zaměřuje anaerobní digesci na efektivní způsob získávání energie z trávy. Zároveň se v současné době začínají budovat zemědělské bioplynové stanice na zpracování cíleně pěstovaných energetických zemědělských plodin, převážně čiroky, sudánské trávy, vysokoenergetického šťovíku, kukuřice a řepky. Také bioplynové stanice na zpracování zvířecích fekálií začínají přidávat do substrátu rostlinný materiál.

Při anaerobní digesci fytomasy nevzniká žádné riziko snižování půdní úrodnosti, ale je zárukou zvyšování úrodnosti půdy. Pro rozvoj technologií anaerobní digesce fytomasy jsou v České republice dobré předpoklady využívání zemědělské půdy, v potřebě vykazování podílu obnovitelných zdrojů energií v Evropské unii a zejména ve zkušenostech s provozem zemědělských bioplynových stanic a v činnosti výzkumné, vývojové a výrobní základny.

Anaerobní digesce může zabezpečit ekologické palivo pro výrobu tepla, elektrické energie i provoz mobilních zařízení. Konkurenceschopnost bioplynu bude narůstat se zvyšujícími se cenami energií a požadavky občanů.

2 Teoretická část

2.1 Bioplynová stanice

Kvalitně realizované bioplynové stanice jsou moderní a ekologická zařízení, která se běžně provozují v celé Evropské unii. Zpracovávají širokou škálu materiálů nebo odpadů organického původu prostřednictvím procesu anaerobní digesce za nepřístupu vzduchu v uzavřených reaktorech. Výsledkem procesu jsou bioplyn, který je zatím nejčastěji používán k efektivní výrobě obnovitelné elektřiny a tepla, a dále digestát, který lze používat jako hnojivo. Bioplyn je podle zákona č. 180/2005 Sb. hodnocen jako obnovitelný zdroj energie a elektrická a tepelná energie z něj vyrobená je tedy ekologicky šetrná. Pro venkov jsou bioplynové stanice možností, jak udržet jeho rozvoj, podporu zaměstnanosti umožňují přirozený koloběh živin v půdě. Bioplynové stanice lze rozlišovat podle druhu vstupů a kategorizovat je na:

Zemědělské bioplynové stanice, jejichž vstupy lze hodnotit jako nejméně problematické zpracovávají pouze organickou hmotu ze zemědělské prvovýroby, zejména statková hnojiva (keřda, hnůj apod.) a cíleně pěstované plodiny (např. kukuřice) k energetickému využití. Jsou většinou situovány v areálech stávajících zemědělských provozů a zpracováním a stabilizací statkových hnojiv výrazně snižují dosavadní zatížení oblasti pachovými látkami. Právě tato zařízení se stala typickými představiteli BPS v Německu a Rakousku a proces jejich schvalování by měl být co nejjednodušší.

Kofermentační bioplynové stanice zpracovávají výhradně nebo v určitém podílu rizikové vstupy, např. jateční odpady, kaly ze specifických provozů, kaly z ČOV, tuky, masokostní moučku, krev z jatek apod. Pro fermentaci těchto vstupů je nezbytné pečlivě zvolit technologii zařízení a zpracovat kvalitní provozní řád zařízení. Povolovací proces by měl být v těchto případech přísnější. Zejména je třeba vyžadovat důsledné plnění požadavků z nařízení EP a Rady č. 1774/2002, které stanovuje hygienická pravidla na nakládání s vedlejšími živočišnými produkty.

Komunální bioplynové stanice jsou speciálně zaměřeny na zpracování komunálních bioodpadů, zejména z údržby zeleně, vytríděných bioodpadů z domácností a restaurací a jídelen. Vlastnický podíl v těchto zařízeních by měly mít často přímo obce. Požadavky pro provoz komunálních BPS, ostatně i pro provoz stejně zaměřených kompostáren, by měly

ideálně obsahovat určitá zjednodušení a měly by být řešeny samostatným národním předpisem, obdobně jako v Rakousku a Německu. [1]

2.1.1 Bioplynové stanice v zemědělství

Největší množství odpadů vznikajících při zemědělských činnostech představují zbytky rostlin a exkrementy hospodářských zvířat. V obou dvou případech se jedná o odpady s velmi vysokým podílem organické hmoty a minerálních látek. Nejstarší a nejjednodušší technologií nakládání s těmito „odpady“ je jejich přímá aplikace na zemědělskou půdu a její následné zaorání. V případě správného technického postupu při aplikaci jde o proces, který má své opodstatnění. Tato technologie umožňuje, při zachování hnojivých účinků vstupní suroviny, využití části organické hmoty „odpadu“ k produkci bioplynu jako významného zdroje energie.

2.1.2 Rozvoj bioplynových stanic v České Republice

Bioplynové stanice mají mnoho výhod z pohledu úhlu jednotlivých sektorů, jako je například státní rozpočet. Pro Českou republiku jsou bioplynové stanice levným plněním závazku z obnovitelných zdrojů energie. Většinu bioplynových stanic u nás provozují zemědělské podniky, které zaměstnávají své pracovníky a 100% svých daní odvádí ČR narozdíl od provozovatelů slunečních a jiných elektráren. Výstavba bioplynových stanic je velmi náročná na finanční prostředky (od 50 mil. Kč výše), a proto obsahuje i vysoké procento stavebních prací a dodávek z České republiky. Tím je posílen kladný vliv navazujících oborů na odvody do státního rozpočtu a na zaměstnanost.

Z energetických důvodů mají bioplynové stanice cca 80% využití energie, výrobu energie lze regulovat a akumulovat po celý den a 365 dní v roce narozdíl od slunečních a větrných elektráren.

Z pohledu životního prostředí dochází ke snižování emisí čpavku do ovzduší z kejdy a hnoje, snížení kontaminace podzemních vod dusíkem z kejdy a hnoje. Digestát z bioplynové stanice je velmi kvalitní hnojivo, které se vrací zpět do půdy a udržuje její trvalou úrodnost. To je velký rozdíl od spalování biomasy, kde se do půdy nic nevrací.

Česká republika se zavázala, že v roce 2020 bude vyrábět 13% z veškerých energií (elektřina a teplo) z obnovitelných zdrojů. Takto se zavázaly všechny členské země EU, přičemž nižší závazek než ČR má pouze Malta a Lucembursko. Rakousko má např. 34 % a Dánsko 30 %. Za nedodržení závazku hrozí velké sankce a je málo pravděpodobné, že by kvalifikovaná většina rady EU tyto závazky změnila pod 13 % . Jde tedy o to naplnit tento závazek racionálně a co nejlevněji. Právě bioplynové stanice mohou významně pomoci naplnit tento cíl v porovnání s ostatními zdroji OZE velmi levně. Na rozdíl od slunečních, větrných a vodních elektráren nevyrábějí pouze elektrickou energii, která je dotovaná spotřebiteli energie zeleným bonusem, ale i teplo, které je také započítáno do plnění závazku a to již dotované není. [4]

Příklad: Při průměrném využití tepla na úrovni 50 % je náklad na 1 kWh z OZE u bioplynových stanic v roce 2011 (2Kč/kWh) a to je 6x levnější než podpora u slunečních elektráren spuštěných do roku 2010(cca 12 Kč/ kWh) a dokonce levnější, než preferované malé vodní elektrárny.

Bioplynové stanice momentálně nedosahují plánované úrovně Národního akčního plánu obnovitelných zdrojů energie do roku 2020, který byl schválen vládou ČR a komisí EU. Po započtení realizace stanic mimo dotace na MZe se předpokládá maximální nárůst v roce 2012 a 2013. Mimo jiné došlo k výraznému zdražení rostlinné produkce , zejména surovin pro provoz bioplynových stanic, přičemž dojde k snížení motivace zemědělců k investování do bioplynových stanic.

Na základě studie, kterou zpracovalo Mze, by při 100% soběstačnosti ČR v potravinách zůstalo bez využití minimálně 900 tis. ha zemědělské půdy. Ve většině komodit však ČR soběstačná není. Na těchto hektarech se v současné době pěstují obiloviny, které se exportují bez přidané hodnoty, tedy ekonomicky nevýhodně. Ročně je to cca 2,5 až 3 mil. tun obilovin. Pro zemědělce i ČR bude výhodné tuto zemědělskou půdu zapojit do obnovitelných zdrojů energie, jako jsou bioplynové stanice, biopaliva a biomasa. Kdyby byl naplněn cíl pro bioplynové stanice z národního akčního plánu v roce 2020, tak je potřeba na pokrytí vstupů do bioplynových stanic cca 150 tis. hektarů zemědělské půdy a to není žádný problém. [4]

2.2 Bioplyn

Bioplyn je směsí plynů. Z 50 až 70% se skládá z metanu a z 30 až 50% z oxidu uhličitého. [8]

2.2.1 Vznik bioplynu

Bioplyn je produktem látkové výměny methanogenních bakterií. Tento proces má v podstatě čtyři fáze:

- V první fázi přeměňují přítomné anaerobní bakterie, tedy ještě nikoli metanové bakterie, makromolekulární organické látky (bílkoviny, uhlovodíky, tuk, celulózu) pomocí enzymů na nízkomolekulární sloučeniny, jako jsou jednoduché cukry, aminokyseliny, mastné kyseliny a voda. Tento proces se nazývá hydrolýza.
- Poté mohou acidogenní bakterie provést další rozklad na organické kyseliny, oxid uhličitý a čpavek.
- Z toho nyní acetogenní bakterie vytvoří acetáty, oxid uhličitý a vodík.
- A teprve nakonec metanové bakterie vytvoří metan, oxid uhličitý a vodu. [8]

Tyto procesy probíhají vedle sebe a nejsou odděleny místně ani časově. Pouze při rozběhu bioplynových stanic probíhají fáze rozkladu odděleně. Po zahájení provozu může trvat i několik týdnů, než nastane 4. fáze, tj. tvorba metanu, a než vznikající plyn hoří.

2.2.2 Výroba bioplynu

Na výrobě a bioplynu se podílí několik veličin. Množství plynu běžně vznikající v bioplynové stanici, tzn. plynový výkon, se většinou udává denním objemem vyrobeného plynu připadajícím na 1m³ vyhnívající nádrže nebo jednu dobytčí jednotku (DJ). Při měření na 28 stanicích zpracovávajících hovězí kejdu se zjistili plynové výkony mezi 0,56 a 1,33 m³/DJ. Výsledky šetření z r.1998 ukázaly, že lze dokonce docílit denního výtěžku plynu 1,5 m³/DJ. [8]

Podmínkou pro větší výtěžnost je delší doba kontaktu a přidání množství fytomasy jako slámy, nasečené trávy a zbytků krmiva.

Celkové množství výnosu plynu získaného ze substrátu je možné určit jednotkou objemu vyhnívací nádrže, dobytčí jednotkou nebo 1 m³ čerstvé kejdy. Nejvhodnější je však

udávat množství 1kg os = (organické sušiny). Na výnos plynu má kromě složení a množství živin v substrátu vliv především stupeň rozkladu.

Stupeň rozkladu udává, kolik procent organické sušiny bylo rozloženo během doby kontaktu. Úplný rozklad až na úroveň mineralizace je teoreticky možný jen tehdy, když substrát neobsahuje lignin, neboť metanové bakterie nejsou schopny ho rozkládat. Skutečnost, že se neusiluje o úplný rozklad, má ještě jeden důvod: v půdě totiž musí zůstat organická hmota pro tvorbu humusu, ta vzniká především z ligninu a celulózy, což jsou látky, které metanové bakterie nejsou schopny rozložit, nebo jen stěží. Literatura uvádí stupeň rozkladu od 30 do 70 %. Při nižším stupni rozkladu se pozitivní vedlejší efekty bioplynové technologie, zvláště snížení pachových projevů a žíravých účinků, projeví méně. [8]

Doba kontaktu substrátu ve fermentoru má spolu s teplotou vyhnívacího procesu vliv na stupeň rozkladu, plynový výkon a výnos plynu. Při dlouhých dobách kontaktu klesá plynový výkon, zatímco výnos plynu a stupeň rozkladu se zvyšují. Vliv doby kontaktu na výtěžek plynu s vazbou na druh organické sušiny se mění. Mezi jednotlivými zvířecími substráty jsou velké rozdíly. Slepičí trus je v mezofilní teplotní oblasti při době kontaktu 30 dní zcela vytěžen, zatímco hovězí a prasečí kejda potřebuje 40 dní a tuhý hnůj 50 dní. Plyn vzniká většinou v počáteční fázi doby kontaktu, poslední fáze už mnoho nepřináší. V praxi se s plynem z poslední fáze nepočítá, protože se jedná o zcela zanedbatelné množství plynu.

Jako čistý (*netto*) výnos plynu se označuje to množství plynu, které zůstane z hrubého (*brutto*) výnosu po odečtení energie potřebné pro podporu procesu. U dobrých, moderních stanic činí čistý výnos 65 až 70 % hrubého výnosu, za předpokladu stoprocentního zužitkování plynu během celého roku. Aby spotřeba energie pro podporu procesu byla co nejnížší, je nutné dosáhnout co největšího podílu sušiny v substrátu. Velký podíl vody v substrátu je pro výnos plynu neúčinný, protože pouze vyžaduje ohřev a udržování teploty mimo to se spotřebovává energie na čerpání a oběh směsi. Jestliže se zpracovává kejda bez kofermentace, měl by podíl sušiny činit více než 6 %. U hovězí kejdy tomu tak většinou je, u prasečí kejdy mohou být hodnoty nižší, zvláště při užívání kapalného krmiva a vysoké spotřebě vody pro čištění vepřínů. [8]

Tabulka 1 Průměrné složení bioplynu [8]

Metan	40-75%
Oxid uhličitý	25-55%
Vodnípára	0-10%
Dusík	0-5%
Kyslík	0-2%
Vodík	0-1%
Čpavek	0-1%
Sulfan	0-1%

Energeticky hodnotný je v bioplynu metan a vodík. Problematickým je čpavek, který je často nutné před energetickým využitím bioplynu odstranit, aby nepůsobily agresivně na strojní zařízení. [6]

2.2.3 Druh a složení substrátu

Při realizaci bioplynové stanice je nejdůležitější stanovení vstupních materiálů. V bioplynové stanici lze technicky zpracovávat veškerý materiál organického původu.[8]

2.2.3.1 Základní druhy substrátů

- 1) Exkrementy hospodářských zvířat: Chlévská mrva je čerstvá směs tuhých výkalů, moče, steliva a zbytků krmiv. Hnůj směs tuhých a tekutých výkalů hospodářských zvířat. Močůvka je moč hospodářských zvířat zředěná technologickou vodou. Hnojůvka je tekutý podíl uvolňující se ze skladované chlévské mrvy. Kejda je směs pevných výkalů, moče a technologické vody.

2) Fytomasa - siláže, senáže, vybrané části rostlin, vybrané druhy energetických rostlin, ekonomicky neprodejné produkty.

3) Odpady ze zpracovatelského a potravinářského průmyslu: (mlékáren, jatek, lihovarů, cukrovarů).

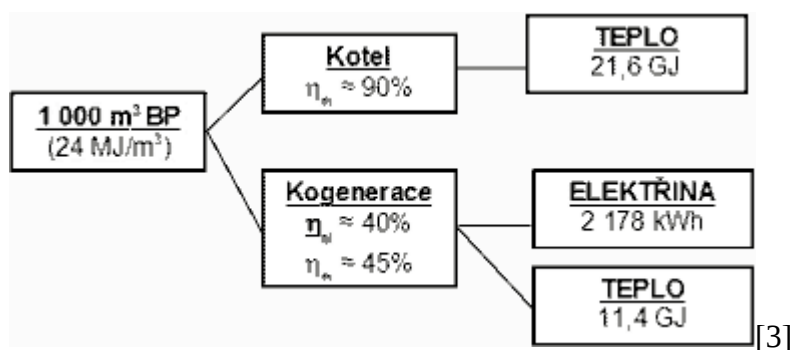
4) Specifické a speciální odpady: (např. bioodpady z chemické výroby, masokostní moučka)

5) Tříděné domovní a komunální odpady: pevné, členité materiály jsou zvláště vhodné pro aerobní zpracování, tzn. pro kompostování, zatímco kapalný, mokrý materiál se výborně hodí pro anaerobní zpracování, to znamená pro zkvašení (fermentaci). Vzniklé hnojivo bez problému aplikujeme na pole, bioplyn pro nás představuje surovinu, kterou jsme schopni přes kogenerační motory přeměnit na elektrickou energii a teplo, energii dodáme do rozvodné sítě a teplo využijeme dle vlastních možností.

2.2.4 Využití bioplynu

Při využití bioplynu se nejčastěji používají 3 základní možnosti tak, jak je běžné v projektech bioplynových stanic v EU. Vyšší ekonomické zhodnocení bioplynu lze docílit při jeho využití pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla (kogenerační jednotka) oproti výrobě tepla (spalování v kotli) :

Obr. 1. Schéma využití bioplynu



Spálením 1 000 m³ bioplynu v kogenerační jednotce získáme 2 178 kWh elektrické energie a 11,4, GJ tepla. I při uvažování nákupu potřebného množství zemního plynu

pro dovýrobu chybějícího množství tepla ($10,2 \text{ GJ}$, $\eta_{th} \approx 90\% \dots 333 \text{ m}^3$) a započítání nákladů na servis kogenerační jednotky, dostáváme zajímavý provozní zisk (všechny ceny bez DPH):

- o výkupní cena elektřiny $3,04 \text{ Kč/kWh}$ (Cenové rozhodnutí ERÚ 8/2006),
- o odhad nákladů na servis kogenerační jednotky $\approx 0,35 \text{ Kč/kWh}$,
- o odhad ceny zemního plynu $\approx 10,00 \text{ Kč/m}^3$. [3]

Bioplyn nachází své využití také v dopravě jako alternativní a obnovitelné palivo. Vzhledem k stále rostoucím cenám pohonných hmot v České republice je využívání bioplynu vysoce ekonomické. Rozvoji bioplynu v dopravě však brání chybějící sítě čerpacích stanic, problematické a cenově náročné obstarávání vhodných automobilů (nákladních, osobních, ale i zemědělských strojů, apod.) a nevyjasněná daňová politika (např. spotřební daň). Dobré vyhlídky využití pro bioplyn v rámci pohonných hmot se nachází ve velkých městech s městskou hromadnou dopravou, které mohou využívat bioplyn z městských ČOV pro pohon vozidel technických služeb a autobusů.

Bioplyn má využití také v dodávce bioplynu do plynárenské sítě nebo přímo výrobcům tepla. Při prodejní ceně bioplynu $>8,12 \text{ Kč/m}^3$ bez DPH, je prodej bioplynu výhodnější než jeho využití pro výrobu elektřiny. Tento způsob využití bioplynu je otázkou vývoje cen energií na trhu. Proto, při přípravě nových projektů bioplynových stanic, je vhodné vzít v úvahu i tuto alternativu využití bioplynu. Také lze doporučit průběžné posuzování výhodnosti využití bioplynu a příbuzných plynů u projektů, kde Zákon 180/2005 Sb. přináší snížení výkupních cen elektřiny oproti klasickým bioplynovým stanicím (např. sklárky odpadů, ČOV, důlní plyny, apod.). [3]

2.3 Faktory ovlivňující anaerobní stabilizaci biomasy

Anaerobní stabilizace je proces složený z několika vzájemně propojených fází, které probíhají v ustálených podmínkách a to současně. Dnes známe asi 10 druhů *methanococcus* a *methanobacterium* velikosti pouze 1/1000 mm, které vyžadují různé typy péče. Všechny však potřebují životní parametry a nejdůležitějšími jsou:

- Vlhké prostředí, ve kterém metanové bakterie mohou pracovat a množit se jen tehdy, když je substrát dostatečně dost zalit vodou, nedokáží totiž žít v pevném prostředí na rozdíl od aerobních bakterií, kvasinek a hub.
- Zabránění přístupu vzduchu. Metanové bakterie jsou anaerobní. Je-li v substrátu přítomen kyslík, musejí ho aerobní bakterie spotřebovat. K tomuto procesu dochází v první fázi fermentačního procesu. Nepatrné množství vznikající při odsíření metanovým bakteriím neškodí.
- Zabránění přístupu světla, protože světlo bakterie neničí a zpomaluje proces. Zabránění přístupu světla v tomto případě není problém.
- Stálá teplota, metanové bakterie pracují při teplotě mezi 0 °C a 70 °C. Kromě několika kmenů, které mohou žít při teplotě až 90 °C, při vyšších teplotách hynou. Při teplotách pod bodem mrazu přežívají, ale nepracují. Literatura udává jako dolní hranici 3 až 4 °C. Rychlost procesu je na teplotě silně závislá. Zásadně platí: čím vyšší je teplota, tím rychleji nastává rozklad a tím vyšší je produkce plynu, tím kratší je doba vyhnívání a tím nižší je obsah metanu v bioplynu. Množství plynu se ovšem v průběhu vzájemného kontaktu složek substrátu sbližují. Praxe ukázala 3 typické teplotní oblasti, které jednotlivým bakteriálním kmenům prospívají:
 - *Mezofilní kmeny*- teploty od 25 do 35 °C
 - *Termofilní kmeny*- teploty nad 45 °C

Čím vyšší teplota, tím jsou bakterie citlivější na teplotní výkyvy, zejména jsou –li výkyvy krátkodobé a teplota klesne. Zatím co v mezofilní oblasti bakterie denní výkyvy v rozmezí 2 až 3 °C kolem střední hodnoty ještě zvládnou, v termofilní oblasti by výkyvy neměly být větší než 1 °C. [8]

- pH by se mělo pohybovat kolem 7,5. U kejdy a hnoje tento stav nastává většinou samovolně ve 2 fázi vyhnívacího procesu vlivem tvorby amoniaku. U kyselých substrátů, jako jsou výpalky, syrovátka a siláž bývá zapotřebí přidat vápno, aby se hodnota pH zvýšila.
- Přítomnost toxických a inhibujících látek: Za toxické nebo inhibující látky pokládáme látky, které nepříznivě ovlivňují biologický proces. Nejčastěji se setkáváme s inhibičním působením mastných kyselin a amoniaku.
- Zatížení vyhnívacího prostoru: Udává, jaké maximální množství organické sušiny na m³ a den může být dodáváno do fermentoru, aby nedošlo k jeho přetížení.
- Rovnoměrný přísun substrátu: Aby nedošlo k nadměrnému zatížení fermentoru, je třeba zajistit rovnoměrný přísun substrátu. [7]

2.4 Konstrukční typy fermentorů

Vzhledem k velkým objemům zpracovaného odpadu (stovky m^3 denně) se v naprosté většině používají fermentory vertikální. Většinou jsou instalovány dva i více reaktorů provozovaných samostatně, zapojených do série nebo paralelně. Objem fermentorů se pohybuje v průměru kolem od 1000 m^3 do 6000 m^3 . Nejsou ale výjimkou reaktory s objemy 8000 m^3 . Reaktory jsou železobetonové nebo kovové. Oba tyto materiály jsou zcela vyhovující a výběr závisí pouze na ceně. Tvar je cylindrický s plochým nebo konickým dnem. Výhoda konického dna s vypouštěcím a čistícím otvorem v nejnižším místě se příznivě projeví při čištění reaktoru od případných usazenin (písek). K tepelné izolaci fermentorů se používají izolační materiály používané ve stavebnictví.

2.4.1 Horizontální konstrukční typ

Důležitou předností je možnost instalovat výkonné, funkčně bezpečné a energeticky sporné mechanické míchadlo. Tím lze dosáhnout dobrého promíchání napříč směrem průtoku, aniž dochází k přílišnému promíchávání v podélném směru.

Horizontální fermentory jsou většinou konstruovány jako cylindrické ocelové nádrže a jsou umístěny nad zemí. Při provedení v betonu přichází v úvahu pouze čtvercový nebo pravoúhlý průřez. (Viz. příloha 1)

Délka horizontální nádrže je oproti její výšce zpravidla několikanásobná, automaticky zde vzniká velmi žádoucí tzv. pístové proudění. Tento pojem označuje jev, kdy jedna dávka kejdý je posunována rourou jako píst, takže čerstvý substrát z plnicí zóny se nesmíchává s vyhnílym materiálem na druhém konci nádrže, což podporuje hygienizační efekt. [8]

Nevýhodou je velký prostor pro umístění nádrže, nadměrná velikost povrchu nádrže což vede k velkým tepelným ztrátám a dochází k znemožnění naočkování čerstvého substrátu bakteriální flórou vyhnílého kalu. U hnoje a hovězí kejdý toto nehraje roli, protože v substrátu je přítomno dostatečné množství metanových bakterií. Prasečí kejda, organický odpad nebo slepičí trus neobsahují žádné anaerobní bakterie, a proto by u tohoto typu fermentoru měly být očkované vyhnílym substrátem. K tomu dochází v přípravné nádrži nebo recirkulací očkovacího materiálu pomocí čerpadla. Horizontální fermentory jsou konstruovány jako cylindrické ocelové nádrže, které jsou umístěny nad zemí.

2.4.2 Vertikální konstrukční typ

Fermentor konstruovaný jako vertikální bývá vyroben z betonu nebo oceli a má kruhový průřez. Oproti horizontálnímu provedení mají tu přednost, že zde lze dosáhnout lepšího poměru mezi povrchem a objemem, čímž se sníží materiálové náklady a tepelné ztráty. (Viz. příloha 2)

Nadzemní umístění se volí při vysokém stavu spodní vody. Jeho výhodou je i to, že k vnější tepelné izolaci lze použít nepříliš drahé materiály. Nevýhodou, tak jako u horizontální konstrukce jsou opět velké tepelné ztráty v zimě. Zcela pod zemí uložená zařízení mají velkou výhodu v tom, že nezabírají místo. Kromě toho jsou okolní zemí chráněna před kolísáním venkovní teploty, což se především v chladném zimním období projeví relativně nízkou spotřebou energie potřebné pro chod zařízení. Je však nutno celý plášť nádrže izolovat drahými izolačními materiály odolnými proti vlhkosti. [8]

2.5 Míchání a ohřev fermentoru

Míchání má zabezpečit homogenizaci obsahu reaktoru, a zajistit dobrý styk mezi bakteriemi, substrátem a zamezit vytvoření kalového stropu na hladině suspenze.[7]

V praxi se nejčastěji používají dva systémy:

Mechanické míchání - různé druhy míchadel, turbín, vrtulových čerpadel. Z hlediska provozní spolehlivosti se nejvíce osvědčila pomaloběžná míchadla umístěná na centrální hřídeli s motorem nad reaktorem. Rychloběžná míchadla byla postupně nahrazována míchadly pomaloběžnými.

Pneumatické míchání – bioplyn je čerpán z plynového prostoru reaktoru a pod tlakem, kompresorem vháněn přes difuzor ke dnu reaktoru, tímto způsobem dochází k dokonalému míchání obsahu. Tento systém je využíván na bioplynové stanici v Třeboni již od roku 1974.

Většina bioplynových stanic pracuje v mezofilní oblasti teplot od 25 do 35 °C. Termofilní oblast teplot nad 45 °C umožňuje rychlejší průběh anaerobní stabilizace, zkrátit dobu zdržení a tím zmenšit potřebný reaktorový objem. Ovšem na druhé straně vzrostou provozní náklady na vytápění. Zvýšený výkon a tepelného výměníku a lepší izolace mohou vyvážit úspory investičních nákladů na reaktor. [8]

Největší náklady spojené s výrobou tepla připadají na ohřev surové biomasy na požadovanou teplotu. Ztráty tepla do okolí jsou proti tomu mnohokrát menší. Vytápění obsahu reaktoru může být zajištěno externím, interním systémem nebo kombinací obou způsobů.

Při použití interního způsobu ohřevu, je uvnitř reaktoru zabudovaný výměník tepla – systém trubek, kterým protéká horká voda, získaná z horkovodního kotle nebo kogenerační jednotky. Problém může vzniknout při ucpání výměníku např. pískem.

Externí ohřev je zrealizován čerpáním obsahu reaktoru přes výměník tepla voda/kal umístěného mimo reaktor. Je zapotřebí instalovat čerpadlo na čerpání obsahu nádrže přes výměník. Výhodou je snadné čištění teplosměnné plochy výměníku. Prakticky všechny zemědělské bioplynové stanice jsou vybaveny tímto systémem.

2.6 Anaerobní fermentace

Anaerobní digesce (neboli anaerobní vyhnívání, anaerobní fermentace, metanogenní kvašení, metanizace) je vícestupňový přírodní proces rozkladu organických látek některými skupinami mikroorganismů bez přístupu kyslíku. Anaerobní digesce je efektivním využitím biologicky rozložitelných odpadů z různých odvětví zemědělství, průmyslu a odpadového hospodářství, jako obnovitelného zdroje surovin a energie. Výsledkem anaerobního vyhnívání biologicky rozložitelných odpadů nebo biomasy jsou 3 hlavní produkty:

- 1) Bioplyn - směs metanu, oxidu uhličitého, dusíku, vodíku a dalších plynů, která je schopna hoření a využití pro produkci tepla a elektřiny (je využitelný jako energeticky bohaté palivo).
- 2) Digestát - vyhnílý kal, tuhá nerozložená frakce organických látek vláknité povahy, využitelná jako organické hnojivo, která je před aplikací na půdu obvykle upravována na kompost.
- 3) Perkolát - procesní tekutina, obsahuje základní živiny pro rostliny v dostupné formě, přebytky jsou použitelné v zemědělství jako tekuté hnojivo. [2]

Proces anaerobního vyhnívání probíhá ve fermentorech za účelem omezení přístupu vzduchu, které potřebují anaerobní mikroorganismy pro svou existenci.

Anaerobní digesce má celou řadu výhod: snížení emisí skleníkových plynů, snížení tvorby a šíření zápachu, snížení obsahu patogenů a semen plevelů, snížení znečištění životního prostředí, recyklace živin pro výživu rostlin, zvýšení efektivity nakládání s odpady.

3 Praktická část

3.1 Metodika

V práci byly odebírány vzorky digestátu, které byly následně analyzovány v laboratoři SOŠ EP, Veselí nad Lužnicí. Rozbor byl prováděn ve dnech: 6.8.2010, 21.2.2010, 13.4.2010, 22.8.2011 a 7.12.2011.

V závěru práce byly výsledky měření zpracovány do tabulek. Mnou sledované veličiny jsou v tabulce označeny zelenou barvou.

- amoniakální dusík - byl zjištěn destilační metodou pomocí přehánění vodní parou
- pH - potenciometricky
- sušina - vysušením při teplotě 105 °C
- organická sušina - po vysušení spálením vzorku při teplotě 550 °C, stanoven jako spalitelné látky

Stanovení koncentrací kyselin: kyselina iso- máselná, kyselina iso- valerová, kyselina n- máselná, kyselina octová a kyselina propionová bylo provedeno metodou kapalinové chromatografie. Výsledky rozborů TAC (celkový anorganický uhlík) a FOS (těkavé organické kyseliny) byly stanoveny titrací, FOS-TAC byl vypočten poměrem obou hodnot. Výsledky rozborů poskytla akreditovaná laboratoř: Ing. Josef Němec, Chemická a mikrobiologická laboratoř, U Ovčína 53, Nový Dvůr, 397 01 Písek.

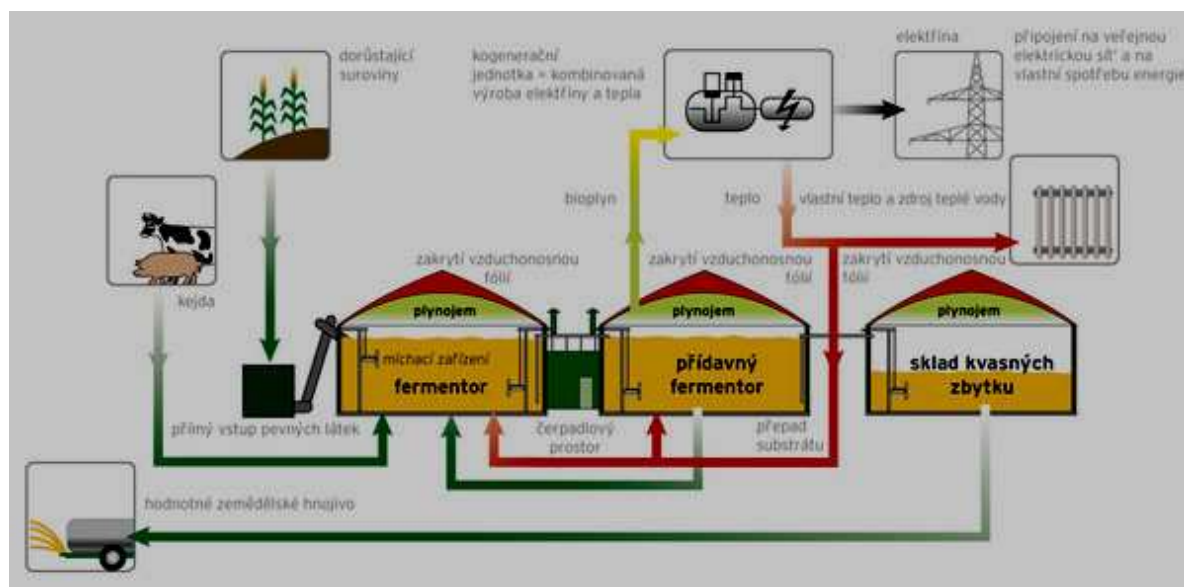
3.2 Bioplynová stanice Kardašova Řečice

BPS Kardašova Řečice je stanice zpracovávající pouze rostlinné materiály s technologií fermentoru a dofermentoru. Stanice byla stavěna jako novostavba. Tato stanice byla uvedena do provozu v roce 2008. Nachází se v areálu firmy AGRO-B s.r.o. Kardašova Řečice.

BPS zpracovává kravskou kejdu a kukuřičnou siláž ze zemědělské produkce firmy AGRO- B s.r.o. Předpokládaná roční kapacita BPS je okolo 90 000 t zpracovaného materiálu.

BPS se skládá ze skladovací plochy siláže, pojízdné váhy, homogenizační jímky, fermentorů, fermentoru s integrovaným plynojemem, uskladňovacích jímek digestátu, objektu technologií a údržby a trafostanice.

Obr.2 Schéma provozu BPS [7]



Na pojízdnou váhu se dopraví suroviny zemědělské výroby (mimo kejdy). Na váze se automaticky odváží potřebné množství, které pokračuje dále přes válcové rozdužovače do šnekového dopravníku. Tímto dopravníkem je surovina dopravena do fermentoru.

Druhým vstupem do fermentoru a dofermentoru je homogenizační jímka, která slouží ke skladování kejdy a je vybavena míchadlem.

V BPS se nachází dva hlavní horizontální fermentory, které jsou tvořeny železobetonovou kruhovou zastropenou jímkou, ta je umístěna na terénu. Objem fermentorů

činí 2500 m³ (výška 6 m, průměr 21 m). Fermentor je z vnější strany izolován, ve spodní části je fermentor opatřen hydroizolací. Na stropu je také položena tepelná izolace.

Fermentor obsahuje různé 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.

Na rozdíl od klasických dvoustupňových zařízení jsou jak v nádržích fermentoru, tak i v dofermentoru ideální podmínky pro život a rozvoj bakterií.

V tomto systému nejsou odděleny jednotlivé fáze tvorby metanu (hydrolýza, acidogeneze, acetogeneze a metanogeneze). Výhodou systému je maximální výtěžek plynu.

Ve fermentorech se nachází 2 ručně nastavitelná míchadla, kde se dá nastavit výška i úhel natočení. Vytápění je řešeno trubkovým systémem po obvodu fermentoru a na dně fermentoru. Z fermentorů je vznikající bioplyn odváděn ze stropní části do plynojemu druhého fermentoru.

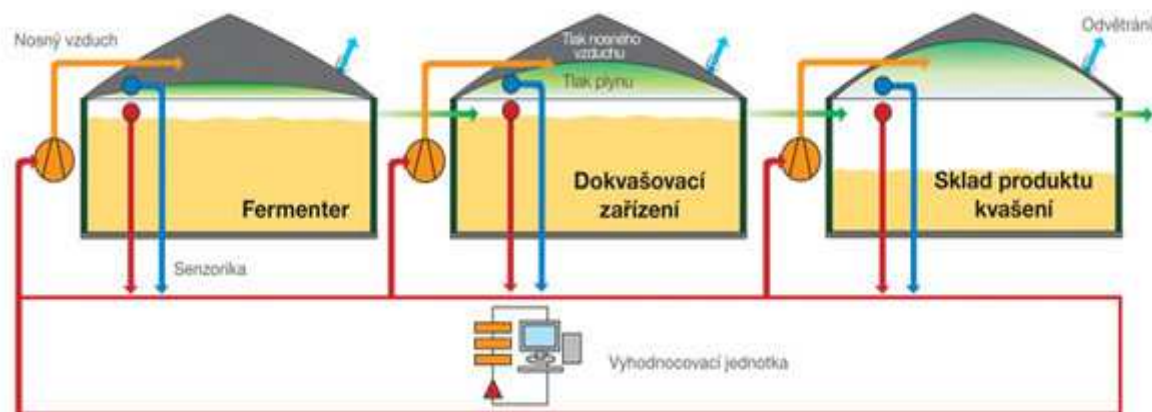
Dofermentor je také tvořen železobetonovou kruhovou jímkou, umístěnou rovněž na terénu. Objem dofermentoru je 3700 m³. Zateplení a kryt izolace je řešen stejným způsobem jako u fermentorů. Součástí je také plynojem. Z plynojemu je plyn jímán do kogeneračních jednotek.

Teplota fermentorů je v rozsahu (40 - 42°C) a materiál se zde zdržuje po dobu 120 dní.

V BPS se také nachází dvě kogenerační jednotky typu Jenbacher GE 312. V kogeneračních jednotkách je objem bioplynu cca 73 m³.

Bioplyn je z plynojemu odváděn plynovým potrubím k technologiím souvisejícím s jeho energetickým využitím. Součástí je sušení bioplynu popřípadě jeho odsíření. Bioplyn je dále dopravován ke kogeneračním motorům. Přebytky bioplynu jsou v případě poruchy kogenerace nebo náhlého přebytku páleny na bezpečnostním hořáku.

Obr.3 Schéma zařízení MT-gasmanager [7]



Výhody zařízení MT- gasmanager: Aktivní řízení toku plynu umožňuje přepouštění plynu mezi plynokomory. Snížení ztráty plynu při servisních pracích a údržbě díky využití volného potenciálu plynokomor. Lepší využití existujícího objemu plynokomory. Lepší složení plynu a vyšší vyčíslení zařízení. Automatická regulace systémových tlaků. Úspory energie díky přerušovanému provozu ventilátoru nosného vzduchu. Kontrola a ovlivnění rozvodu tlaku je možná prostřednictvím dálkového přístupu.

3.3 Ekonomické zhodnocení

Výstavba bioplynové stanice v Kardašově Řečici stála cca 80 000 000 Kč, byla dotována 30% z dotací EU, dotace činila 30% z celkové částky.

Cena výkupu bioplynu: 1,05 Kč/ Kwh

Ceny jsou uvedeny v rámci zelených bonusů tzn. k tržní ceně elektřiny je připočten příplatek, který získává výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. Systém zelených bonusů je zakotven v zákoně č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů.

Firma AGRO- B s.r.o. ušetřila 1 160 000 Kč za rok 2011 důsledkem vlastní výroby elektrické energie. Vyrobené teplo firma používá na vytápění vlastních stájí, sušení obilí a prodej do sítě.

V uplynulém roce 2011 prodala firma AGRO-B s.r.o. do sítě celkem 7 375 534 Kwh elektrické energie, což v přepočtu činí částku 7 744 310 Kč/rok.

Tabulka 2 Produkce a spotřeba energií

Období	Rok 2011	Jednotky
Výroba bioplynu	4 428 923	m ³
Výroba elektřiny	8 487 500	Kwh
Vlastní spotřeba BPS (na kvasný proces)	543 798	Kwh
Vlastní spotřeba kogeneračních jednotek	236 188	Kwh
Výkon BPS	1, 2	Mwh
Provozní hodiny (jedna kogenerační jednotka)	8 762	h

3.4 Výsledky rozborů digestátu

Vzorky odebírané z hlavního horizontálního fermentoru č.1.

Taülka 3 Výsledky rozboru fermentoru č.1

BPS Karadšova Řečice	Datum odběru:	6.8.2010	21.2.2010	13.4.2011	22.8.2011	7.12.2011
	Místo odběru :	Fermentor 1	Fermentor 1	Fermentor 1	Fermentor 1	Fermentor 1
Parametry:	Jednotky:					
NH ₄ -N	% vzorku			0,111	0,105	0,096
FOS		2466	2594	3231	3386	2319
FOS/TAC	mg/l vzorku	0,27	0,3	0,337	0,392	0,296
iso- máselná	mg/l vzorku	< 15	<20	<20	33	<20
iso- valerová	mg/l vzorku	< 15	20,6	<20	<20	<20
n-máselná	mg/l vzorku	< 15	<20	<20	50	<20
Kyselina octová	mg/l vzorku	53	324	378	936	<20
Kyselina propionová	mg/l vzorku	< 15	39,1	34	76	<20
Org.kyseliny celkově	mg/l vzorku	53	377			
pH- hodnota		7,49	7,6	7,41	7,48	7,49
Sušina	% vzorku			7,61	7,78	7,67
TAC	mg CaCO ₃ /l vzorku	9277	8735	9597	8640	7838
Org.sušina	% vzorku			79,53	80,12	80,87
Zásobení mikroživinami		střední- dobré		dobré		

Vzorky odebírané z hlavního horizontálního fermentoru č. 2

Tab.4 výsledky rozboru fermentoru č.2

BPS Karadšova Řeč		Datum odběru:	6.8.2010	22.8.2011	7.12.2011	Optimální
		Místo odběru :	Fermentor 2	Fermentor 2	Fermentor 2	hodnoty
Parametry:	Jednotky:					
NH ₄ -N	% vzorku			0,112	0,097	
FOS			2454	2788	2364	
FOS/TAC	mg/l vzorku		0,26	0,292	0,313	<0,5
iso- máselná	mg/l vzorku		<15	<20	<20	<50
iso- valerová	mg/l vzorku		<15	<20	<20	<50
n-máselná	mg/l vzorku		<15	<20	<20	<50
Kyselina octová	mg/l vzorku		29	123	<20	<2000
Kyselina propionová	mg/l vzorku		<15	<20	<20	<500
Org.kyseliny celkově	mg/l vzorku		29			<3000
pH- hodnota			7,47	7,59	7,39	
Sušina	% vzorku			7,67	8,62	
TAC	mg CaCO ₃ /l vzo		9287	9558	7548	<20000
Org.sušina	% vzorku			80,98	83,04	
Zásobení mikroživinami						

4 Diskuze

V bioplynové stanici se spotřebovává homogenní odpad, v období od prosince do července je to kravská kejda a v období od srpna do listopadu kukuřičná siláž. Ve výsledcích rozboru nebyl zjištěn významný rozdíl naměřených veličin. Rozdíl produkce bioplynu v závislosti na substrátu je taktéž nepatrný.

Při porovnání výsledků byl zjištěn mírný pokles množství amoniakálního dusíku a FOS (těkavé organické kyseliny) ve vzorcích, které byly odebrány 7.12.2010. Naopak nárůst amoniakálního dusíku nastal ve vzorcích ze dne 13.4.2011 a 22.8.2011. Tento rozdíl se pohybuje v rozmezí 920 mg CH_3COOH u FOS, což je rozdíl prakticky nevýznamný.

Finanční návratnost projektu bez dotací z EU by byla přibližně za 9 let a s dotacemi z EU je předpokládaná návratnost již za 6 let, při stávajících cenách energie. Promyšlený energetický koncept umožňuje dosahovat energetických úspor a tím zvyšovat dlouhodobou konkurenceschopnost společnosti.

5 Závěr

Bioplyn vzniká rozkladem organické hmoty za nepřístupu vzduchu. Je to směs plynů z nichž energeticky využitelný je pouze metan. Bioplyn je možné vyrábět z cíleně pěstovaných energetických plodin, ale i z odpadních materiálů, kterými jsou například čistírenské kaly, odpady ze zemědělství, průmyslu a domácností. Bioplyn je nejčastěji používán k výrobě tepla přímým spalováním, ke kombinované výrobě elektrické energie a tepla v kogeneračních jednotkách v bioplynových stanicích

Jak již bylo zmíněno, bioplynové stanice mají příznivý dopad na životní prostředí v důsledku zamezení tvorby skleníkových plynů. Efektivně a ekonomicky využívají BRO.

Další význam spočívá v rozvoji bioplynových stanic využívajících cíleně pěstované zemědělské plodiny jako je např. kukuřice a jejich využití ve formě siláže. Siláž se využívá jako náplň do fermentorů. Zbytky jsou použitelné jako hnojivo. Výstavba a rozvoj těchto bioplynových stanic umožňuje udržování zemědělské produkce v krajině, stálé využití zemědělské půdy a snižování nezaměstnanosti v dané oblasti. Výhodou bioplynové stanice je konstantní výkon s možností regulace na rozdíl od větrných a slunečních elektráren

V současnosti je využití bioplynových stanic v České Republice mizivé. V České republice pracuje okolo sto padesáti bioplynových stanic, jejich rozvoj však záleží na výši a struktuře státní podpory obnovitelných zdrojů energie. Výstavba nových projektů je omezena kvůli ukončení podpory ministerstva zemědělství, investoři proto musí v současné době hledat další zdroje financování. Do budoucna se počítá až s 1 000 bioplynových stanic na území České Republiky.

6 Seznam literatury

1. Biom.cz: Bioplynové stanice, <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-technologie-celonarodniho-vyznamu>, Horizontální fermentor, <http://biom.cz/cz/obrazek/horizontalni-reaktor>, Vertikální fermentor, <http://biom.cz/cz/obrazek/vertikalni-reaktor>, listopad, 2009, www.biom.cz 24.10.2011
2. Bioplynová fermentace biomasy a biologicky rozložitelných odpadů: CZ Biom- České sdružení pro biomasu a VÚRV, Praha, 2005, str.6- 21
3. Bioprofit: Jak využít bioplyn , http://www.bioplyn.cz/at_bioplyn.htm, květen, 2007, www.bioplyn.cz , 10.10.2011
4. Belada, B.:Chce Česká republika bioplynové stanice?, Alternativní energie, roč. XIV, 4/2011, str. 28-29
5. Kříž, J.: ústní sdělení, 2011
6. Mt- energie: Bioplynová zařízení, <http://www.mt-energie.com/sc/bioplynova-zarizeni.html>, březen ,2008, www. Mt-energie.cz, 24.10.2011
7. Sýkora K.: Míchání anaerobních reaktorů, sborník semináře „Kaly a odpady“, Brno ČSVTS 1993, str. 175-181
8. Schulz, H.: Bioplyn v praxi,HEL, Ostrava-Plesná, 26.dubna 2008, str. 17-38
9. Zařízení využívající obnovitelné zdroje energie, 2008, www.calla.cz, <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?kat=2&id=1584> , 3.1.2012
<http://www.calla.cz/atlas/detail.php?kat=3&id=1584>,3.1.2012

7 Seznam příloh

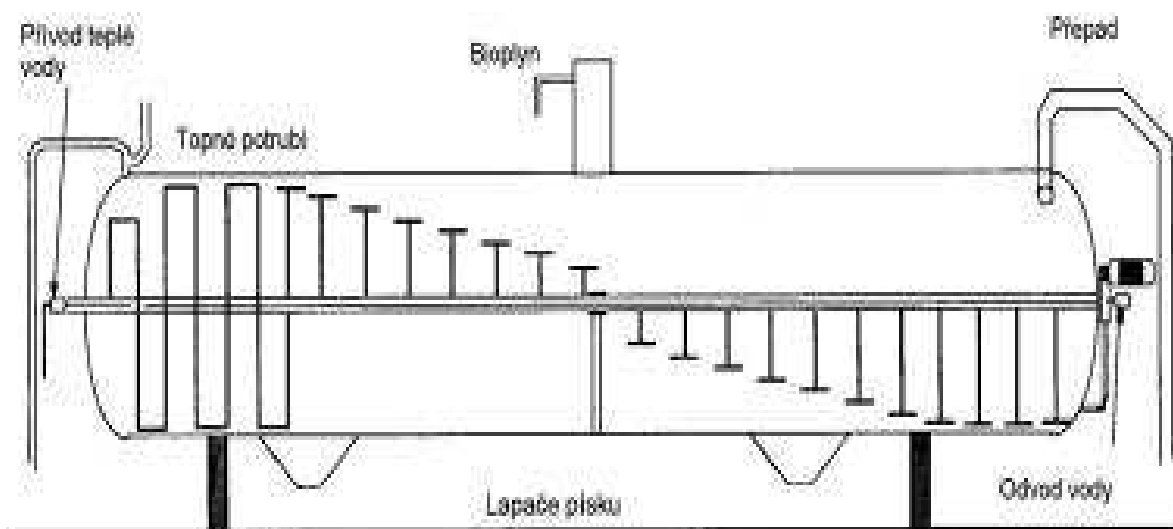
Příloha 1 Horizontální reaktor [1]

Příloha 2 Vertikální reaktor [1]

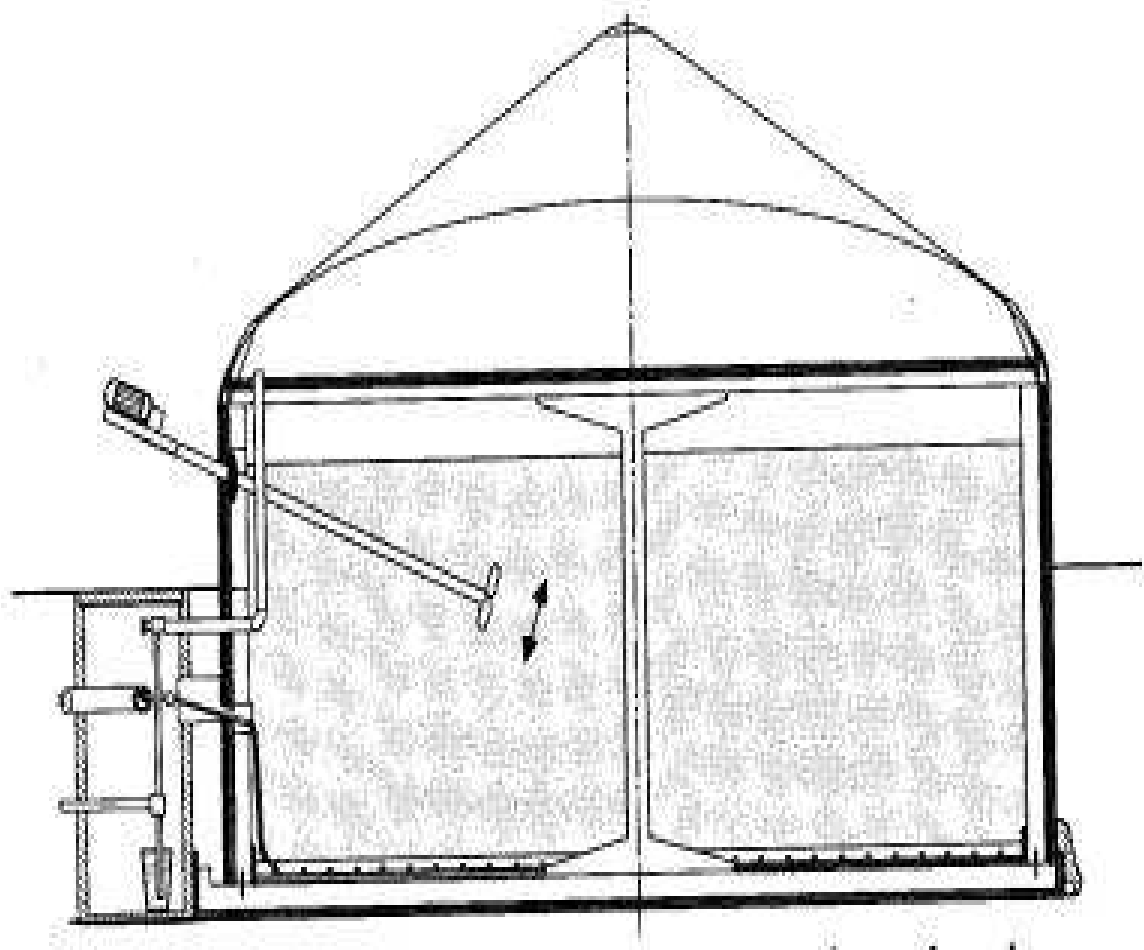
Příloha 3 Poloha BPS Kardašova Řečice [9]

Příloha 4 BPS Kardašova Řečice, pohled z ptačí perspektivy [9]

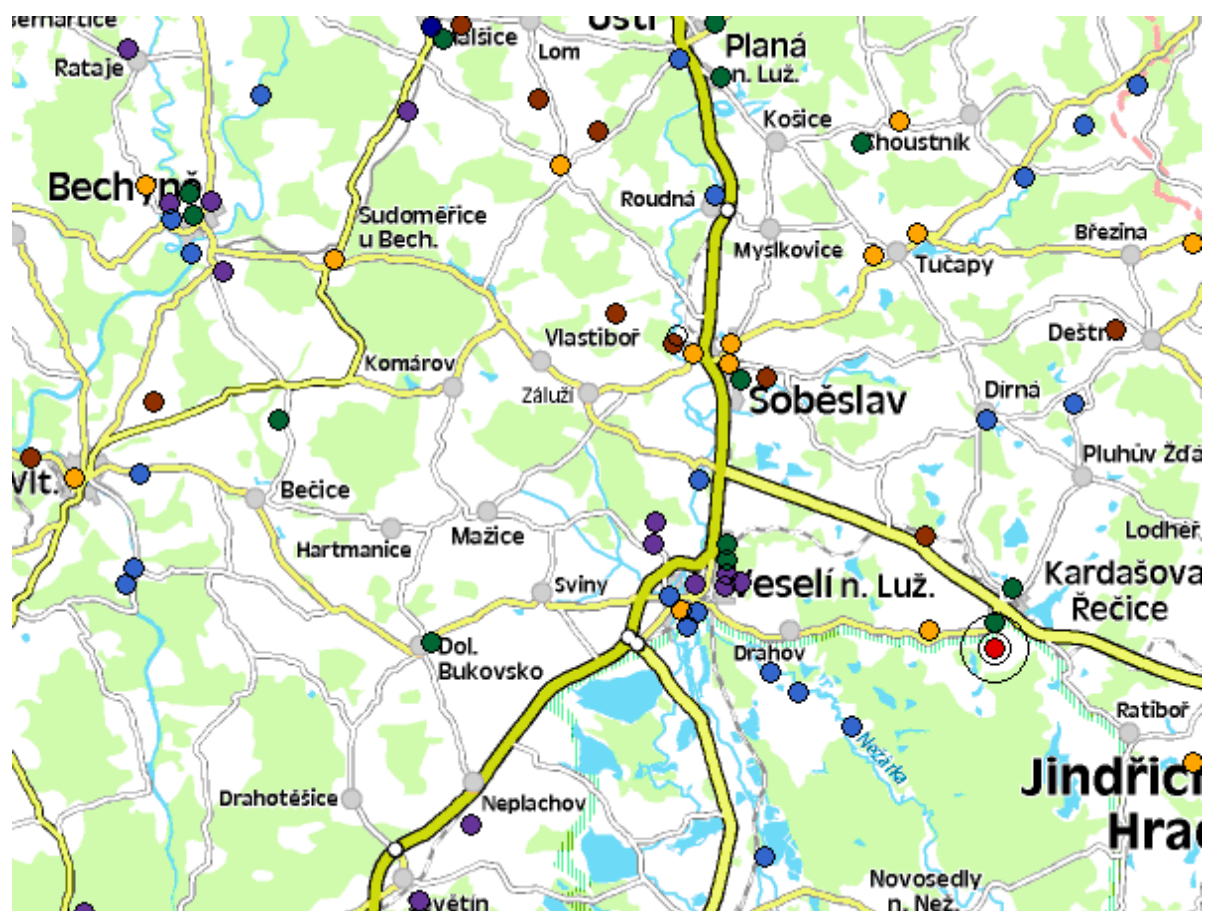
Příloha 1 Horizontální fermentor [1]



Příloha 2 Vertikální fermentor [1]



Příloha 3 Poloha BPS Kardašova Řečice [9]



Příloha 4 BPS Kardašova Řečice, pohled z ptačí perspektivy [9]

