
ANALYSE OF BIOGAS PRODUCTION FROM ENERGY MAIZE VARIETIES

Haitl M., Vítěz T.

Department of Agriculture, Food and Environment Engineering, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic

E-mail: martin.haitl@mendelu.cz

ABSTRACT

Numbers of Biogas plants (BP) has rapidly increased in last few years. This is because a lot of factors. One of the most important was passing the law about renewable energy. For effective treatment of BP is necessary a good supply of quality input materials. The seeds companies focus their breeders programs to get new energy varieties. The aim of this work was to confirm the characteristics of new energy maize varieties for biogas production. There were tested three new energy maize varieties Cassilas, Fernandez and Atletico, bred by company KWS seeds in anaerobic, mesophilic conditions. Tests were making in batch lab scale reactors of working volume 0.12 m^3 . The highest production of biogas gives variety Cassilas $0.356 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$, followed by Atletico $0.342 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ and Fernandez $0.327 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ total solids. The greatest methane production per m^2 of varieties TS yield was aimed by variety Fernandez $0.659 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$, followed by Atletico $0.612 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$ and Cassilas $0.601 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$.

Key words: biogas, methane, maize,

Acknowledgement: This paper was supported by the project TP 9/2011 of Internal Grant Agency, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno

ÚVOD

V oblasti energetiky je zřejmý trend odklonu od tradičních fosilních paliv a jejich nahrazení novými, obnovitelnými zdroji energie. Je to zapříčiněno jednak z důvodů klesajících zásob fosilních paliv, jejich rostoucích cen, ale rovněž získání energetické soběstačnosti jednotlivých zemí na dodavatelích a také vytváření ostrovních energetických systémů v oblastech se špatnou infrastrukturou. Jednotlivé členské země Evropské unie se zavázaly, že v roce 2020 bude 20% jejich spotřeby zajištěno energií z obnovitelných zdrojů. K tomu aby bylo těchto ambiciózních cílů dosaženo, je potřeba hledat zdroje, které jsou snadno dostupné a stabilní. Energie biomasy splňuje tyto základní požadavky. Region Střední Evropy, Českou republiku nevyjímaje, je charakteristický intenzivním zemědělstvím, které se ovšem dlouhodobě potýká s nadprodukcí a problematickým odbytem produkovaných komodit surovin potravin. Výroba energie z bioplynu nabízí pro zemědělský sektor stabilizaci. K výrobě bioplynu lze totiž využívat zemědělské produkty a odpady. Použitelnými produkty jsou energetické plodiny, organický odpad a exkrementy hospodářských zvířat (Oslaj et al. 2010). Kukuřice, lipnicovité, jeteloviny, čirok, řepa obecná a další plodiny mohou být využity pro energetické účely (Rasi et al. 2007, Chynoweth DP et al., 1993, Gunaseelan VN 1997, Vindis et al. 2008). Jejich produkce je možná za využití stávající techniky a pěstebních zkušeností. Vzniklý bioplyn je možné vyčistit na kvalitu zemního plynu a dodávat do sítě nebo přeměnit kogenerací na elektrickou a tepelnou energii s následnými dodávkami elektřiny do veřejné sítě a využitím tepla k vytápění hospodářských, obytných objektů, k provozu sušáren, či jinému využití. Již dnes je v České republice v provozu více než 200 zemědělských bioplynových stanic (BPS) a počet nově do provozu uváděných zařízení každým rokem narůstá. Odhaduje se, že konečný počet BPS bude několikanásobně vyšší, celkem asi 750 BPS. Z tohoto je zřejmé, že je zde stále dostatečný prostor pro nové BPS.

Bioplyn vzniká během rozkladu organických látek jako produkt anaerobní fermentace. Jedná se o v přírodě běžně se vyskytující proces. Bioplyn je směsný plyn skládající se ze dvou majoritních složek CH_4 a CO_2 , dále se v něm vyskytují O_2 , H_2S , NH_3 , jejichž zvýšený obsah je ovšem nežádoucí.

Člověku je bioplyn znám dlouhodobě a také jej využívá. V posledních desetiletích došlo ke značné intenzifikaci tohoto procesu s cílem jeho maximální efektivnosti za využití vědeckých poznatků a moderních technologií. Z těchto důvodů je věnována vysoká pozornost jednak vývoji nových technologií a rovněž šlechtění energetických odrůd kulturních plodin. Pouze intenzivní a řízený průběh anaerobní fermentace, kdy dochází k maximálnímu možnému využití vstupních surovin a produkci bioplynu o požadované kvalitě, je totiž pro provozovatele a životní prostředí přínosem.

Rozšířené technologie výroby bioplynu lze rozdělit v závislosti na obsahu sušiny fermentovaného materiálu (tekutá, netekutá fermentace), způsobu dávkování (kontinuální, semikontinuální a diskontinuální), teploty (psychrofilní, mezofilní, termofilní). Z výše uvedeného je zřejmé, že existuje řada technologií a jejich případné využití závisí na vlastnostech zpracovávaného materiálu a nárocích na finální produkty.

Rozšířená technologie semikontinuální tekuté anaerobní fermentace za mezofilních teplotních podmínek má pro provozovatele řadu výhod, zejména možnost využití snadno dostupných vstupních materiálů, např. kejdy a stabilitu procesu. Její nevýhodou je nižší míra intenzity produkce bioplynu v porovnání s termofilní technologií, která dokáže lépe využít vstupní materiály. S rostoucí úrovní technologického pokroku a vědeckých poznatků se stále více uplatňují technologie, které byly dříve náročné na provoz a řízení procesu. Moderní BPS je možné realizovat, tak aby esteticky nerušily okolí výstavbou uzavřených fermentačních, skladovacích a zásobních nádrží pod úrovní terénu. Další možností je integrace jednotlivých technologických celků BPS do jednoho objektu, čímž je zamezeno případným hlukovým a pachovým emisím. K realizaci takto důmyslně integrovaných BPS je zapotřebí menší stavební plocha a lze je velmi dobře začlenit do stávajících výrobních provozů. Na obr.1 je zobrazena termofilní BPS, jejíž kompaktní řešení spolu s řadou inovativních technologických prvků z ní činí jednu z vysoce sofistikovaných a efektivních realizací BPS.

Obr.1 Bioplynová stanice firmy Enserv



V současnosti se na BPS zemědělského typu nejčastěji jako vstupních surovin využívá směs kukuřičné siláže a kejdy hospodářských zvířat, pro jejich snadnou dostupnost a optimální vlastnosti pro proces anaerobní fermentace. Kejda hospodářských zvířat slouží jako inokulum, kdy zejména kejda skotu obsahuje značné množství metan produkujících mikroorganismů, a k dosažení

optimálního obsahu sušiny fermentovaného materiálu, pohybující se u tekuté anaerobní fermentace v rozmezí 5 – 15% (Schulz et al., 2004). Obsah sušiny pod 5% je z ekonomického hlediska neefektivní, dochází k čerpání a ohřevu velkého objemu vody a při sušině vyšší než 15% výrazně rostou energetické a technologické nároky na míchání fermentované směsi. U kukuřičné siláže je z pěstovaných zemědělských plodin dosahováno nejvyšší produkce bioplynu vztahované na kg sušiny, při její současné vysoké hektarové výnosnosti sušiny. Vzhledem k těmto jejím vlastnostem je kukuřice nejvyužívanější plodinou pro výrobu bioplynu (Amon et al. 2007). Tento autor rovněž uvádí optimální obsah sušiny fermentované siláže kukuřice v rozmezí 30 – 35 %, kdy je dosahováno nejvyšší produkce bioplynu. Nároky na kvalitu siláže kukuřice využívané pro výrobu bioplynu jsou rozdílné od krmné siláže. Je to dáno odlišnými způsoby využití, kdy v bioplynových stanicích je požadována maximální produkce metanu, která je ovšem u hospodářských zvířat z pohledu ochrany životního prostředí nežádoucí (Siegfried Schittenhelm 2008)

Pro projektování takovýchto BPS dosud chybí podklady o produkci bioplynu novými energetickými odrůdami kukuřice. Proto cílem tohoto měření bylo ověření vhodnosti nových kukuřičných hybridů pro výrobu bioplynu. V laboratorních podmínkách byly testovány tři energetické hybridy kukuřice. Byla provedena kvanti-kvalitativní analýza a na jejím základě stanovena produkce bioplynu, resp. metanu na jednotku plochy, kdy se vycházelo z hektarových výnosů sušiny testovaných hybridů.

MATERIÁL A METODIKA

Popis laboratoře

Jednotlivé testy byly provedeny v Republikové referenční laboratoři bioplynových transformací na Mendelově univerzitě v Brně. Tato laboratoř disponuje šesti reaktory o objemu 0,12 m³. Reaktory jsou vybaveny samostatným teplovodním okruhem pro ohřev substrátu přes mezistěnu, sondou pro aplikaci přídavných látek, měřením teploty substrátu, prostupy pro odběr vzorků substrátu a bioplynu. Dále jsou reaktory vybaveny automatickým míchacím zařízením a sondou na kontinuální měření pH. Všechny výše jmenované zařízení byly na reaktoru instalovány tak, aby bylo zamezeno vniknutí vzduchu do reaktoru. Vznikající bioplyn prochází průtokoměrem PREMGAS BK G4, který zaznamenává jeho množství. Poté je odváděn systémem sběrných potrubí do sběrného vaku o objemu 1m³. Na tento vak je napojeno spalovací zařízení (fléra). Při mírném nárůstu tlaku bioplynu v zásobním vaku dojde ke spuštění vývěvy, která nasává bioplyn do spalovacího zařízení. Pomocí elektrické jiskry je bioplyn zapálen a spalován. Hoření probíhá v digestoři a vzniklé spaliny jsou z laboratoře odsávány.

Charakteristika testovaných energetických odrůd kukuřice

Byly testovány tři nové energetické odrůdy firmy KWS: Cassilas, Fernandez a Atletico vyprodukované na lokalitě Švábenice, bývalého okresu Vyškov na Moravě, spadající do kukuřičné výrobní oblasti. Kukuřice byla sklizena 20.9.2010, kdy ihned po sklizni byla silážována do číselně označených mikrosilážních nádob. Po době potřebné po průběh silážovacího procesu, bylo zahájeno testování. Obsah sušiny dávkovaných hybridů kolísal v rozmezí 35,3 – 38,2%. Jejich pH bylo vyrovnané a mělo hodnoty od 3,78 do 3,84.

Charakteristika inokula

Testy byly prováděny formou kofermentace. Jako inokulační substrát byl použit materiál z reaktoru prvního stupně zemědělské bioplynové stanice v Čejči. Jedná se o stanici zpracovávající směs kukuřičné siláže a prasečí kejdy. Substrát byl odebrán v množství dostatečném pro všechny reaktory, aby byly zajištěny stejné výchozí podmínky pro všechny testy. Do zkušebních reaktorů byl substrát umístěn bezprostředně po transportu, aby došlo k co nejmenším změnám jeho vlastností. Před naplněním byly reaktory vyhřátý na provozní teplotu 39 °C, aby nedošlo k ochlazení inokulačního substrátu a k ovlivnění populace mikroorganismů.

Postup testů

Do jednotlivých reaktorů bylo nadávkováno 0,1 m³ inokulačního substrátu. Poté byly reaktory uzavřeny a jeden den ponechány bez přídatku siláže. Stejnou produkcí bioplynu ve všech reaktorech bylo ověřeno, že během transportu a dávkování nedošlo ke znehodnocení substrátu. Během prvního dne byla také stanovena sušina právě testovaných hybridů kukuřice a inokulačního substrátu, aby mohla být určena přesná dávka přídatku kukuřičné siláže. Během testů se sušiny hybridů pohybovaly v rozmezí a sušiny inokula. Dávka byla zvolena tak, aby výsledná sušina v reaktoru byla 6%. Tato hodnota byla určena jako konstantní, aby byly podmínky veškerých testů co nejvíce srovnatelné. Zároveň se odvíjela od možného zatížení reaktoru. Sušina inokulačního substrátu z bioplynové stanice se pohybovala v rozmezí 3,5 – 4,3%. Dávka kukuřičné siláže, potřebná k navýšení celkové sušiny v reaktoru na 6%, se pohybovala v rozmezí 6-7 kg.

Při každé sérii testů byl jeden reaktor ponechán bez přídatku kukuřičné siláže jako kontrolní. Do ostatních reaktorů byla přidána siláž jednotlivých hybridů kukuřice ve vypočtených dávkách. Testy probíhaly za mezofilních teplotních podmínek (39°C), po dobu 30dní.

Sledované parametry

Před zahájením testů bylo změřeno pH, sušina, obsah organických látek v sušině a pufrální kapacita Fos/Tac substrátu z bioplynové stanice a siláží jednotlivých energetických odrůd kukuřice.

Během testů byly každý den měřeny tyto parametry:

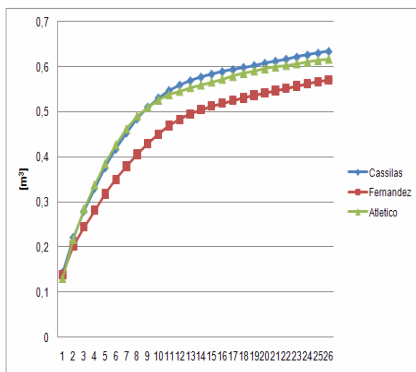
- množství vzniklého bioplynu pomocí průtokoměru PREMGAS BK G4
- objemové zastoupení vybraných plynů v bioplynu (CH₄, CO₂ a H₂S) pomocí přístroje KOMBIGASS

Od celkových produkcí bioplynu jednotlivých reaktorů byla odečtena produkce bioplynu v kontrolním reaktoru. Tím bylo získáno množství bioplynu vyprodukovaného z jednotlivých siláží energetických odrůd kukuřice. Výsledky měření v testovacích reaktorech byly převedeny na množství dávkované sušiny. Pomocí tohoto parametru je možno přepočítat získaná data na odpovídající produkci bioplynu při různém hektarovém výnosu jednotlivých energetických odrůd kukuřice. Z porovnání těchto rozdílů je pak možné určit, které energetické odrůdy kukuřice se jeví jako nejvhodnější na cílené pěstování pro bioplynové stanice v různých výrobních oblastech.

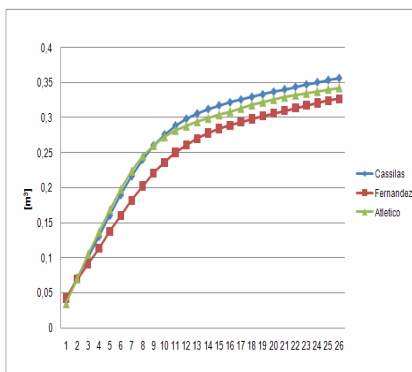
VÝSLEDKY A DISKUZE

Celkem byly opakovaně testovány tři nové energetické odrůdy kukuřice náležící do stejné třídy ranosti. Bylo dosaženo vyrovnané produkce bioplynu a metanu, u kterého byly produkce ještě vyrovnanější, jak zobrazují Obr.2 a Obr.3 na nichž je zobrazena kumulativní produkce bioplynu, resp. metanu vztažených na kg sušiny přidané kukuřičné siláže. Nejvyšší produkce bioplynu a metanu bylo dosaženo u odrůdy Cassilas následované odrůdami Atletico a Fernandez. Měření byla provedena v tolika opakováních, aby byla dosažena průkaznost testu produkce s hladinou spolehlivosti 0,05.

Obr.2 Kumulativní produkce bioplynu

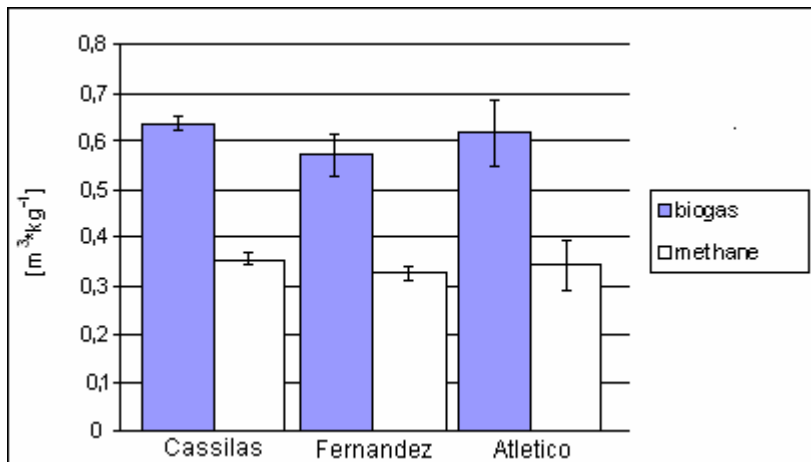


Obr.3 Kumulativní produkce metanu



Množství vzniklého bioplynu a metanu byla u jednotlivých energetických odrůd následující: Cassilas $0,634 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ bioplynu a $0,356 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ metanu, Atletico $0,617 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ a $0,342 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$, Fernandez $0,570 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ a $0,327 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Na Obr. 4 jsou tato množství produkcí i s rozptyly.

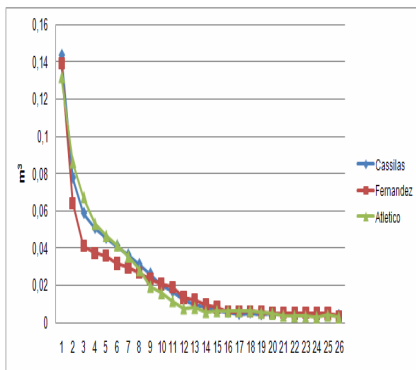
Obr.4 Produkce bioplynu a metanu energetických odrůd kukuřice



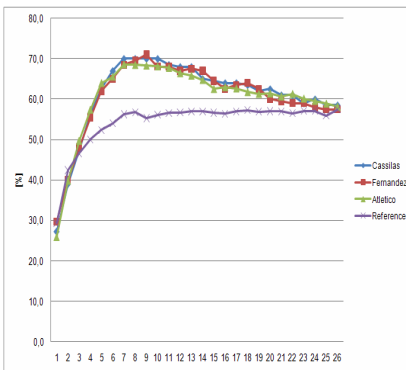
Amon et.al 2007 zjistil produkci metanu u odrůd kukuřice firmy Pioneer v podmínkách Dolního Rakouska, PR39G12 – 0,292 $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$, Sandrina – 0,375 $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$, Clarica – 0,329 $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$, Monalisa – 0,274 $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ a Ribera – 0,311 $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. Další autor Oslaj jet. al v podmínkách Slovinska během testování níže uvedených odrůd kukuřice různé třídy ranosti (FAO classification) zjistil rovněž obdobné produkce metanu: PR38F70 – 0,312 $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$, PR38H20 – 0,300 $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$, NK THERMO – 0,251 $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$, NK C I S K O – 0,290 $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$

Dynamika produkce bioplynu odpovídala použité vsázkové technologii, kdy po počátečních vysokých množstvích bioplynu došlo k jejímu ustálení Obr.5. Kvalita vzniklého bioplynu byla vysoká Obr.6, obsah metanu v bioplynu dosáhl hodnoty do 70% obj. . Dynamika produkce metanu měla obvyklý průběh pro proces anaerobní fermentace Obr.7, kdy po počátečním propadu produkce došlo ve fermentované směsi k nárůstu počtu metanogenních mikroorganismů a zvýšení produkce metanu.

Obr.5 Denní produkce bioplynu

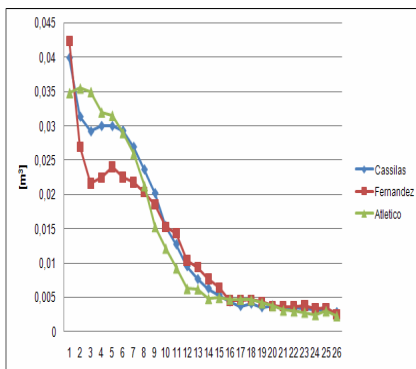


Obr.6 Obsah metanu v bioplynu

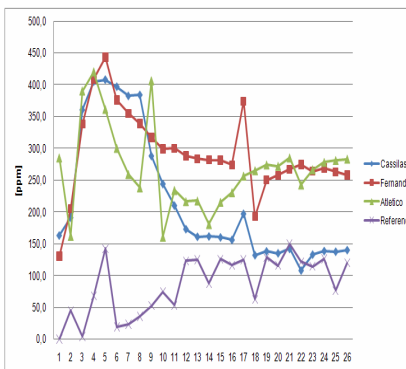


Obsah CO₂ se pohyboval v hodnotách obvyklých pro průběh anaerobní fermentace. Zaznamenaný byl zvýšený obsah H₂S, který lze vysvětlit rozkladem bílkovin obsažených v kukuřičné siláži Obr.8. H₂S je vedlejším produktem bakteriálního anaerobního rozkladu bílkovin a jiných organických látek obsahujících síru (Straw et al. 2006)

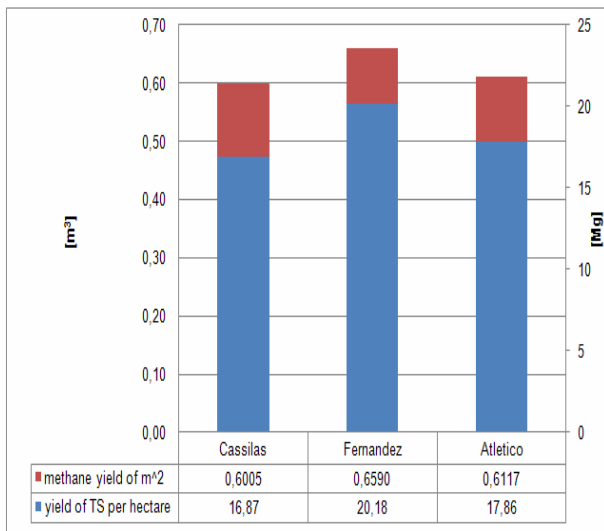
Obr.7 Denní produkce metanu



Obr.8 Obsah sirovodíku v bioplynu



U testovaných nových energetických odrůd kukuřice byly zjištěny rozdílné výnosy sušiny siláže vztahených na jednotku plochy. Zahrneme-li tyto jednotkové výnosy sušiny do vyhodnocení, zjistíme že odrůda Fernandez dosáhla nejvyšší produkce, následována odrůdou Atletico a Cassilas. Oslav et al. Na Obr.9 jsou výnosy sušiny odrůd a produkce metanu vztahena k jednotce plochy. Při výběru odrůdy kukuřice pro výrobu bioplynu je tedy nutné zohlednit i takové faktory jako je ranost, produkce sušiny na jednotku plochy, agrotechnické nároky odrůdy, abychom plně využili potenciál pěstovaného materiálu a docílili vysoké produkce kvalitního bioplynu.



ZÁVĚR

Cílem této práce bylo ověřit vlastnosti nových energetických odrůd kukuřice pro výrobu bioplynu technologií tekuté anaerobní fermentace v mezofilních teplotních podmínkách. Tento cíl byl splněn, neboť byla zjištěna vysoká produkce kvalitního bioplynu u všech testovaných hybridů. Tyto výsledky testování jsou hodnověrným podkladem pro projektování BPS, které tyto energetické odrůdy kukuřice budou používat ve své substrátové skladbě. Takové podklady dosud praxe postrádala.

LITERATURA

T.Amon, B. Amon, V. Kryvoruchko, W.Zollitsch, K. Mayer, L.Gruber, Biogas production from maize and dairy cattle manure-Influence of biomass composition on the methane yield, Agriculture, Ecosystems and Environment 118 (2007) 173-182

R. Braun and A. Wellinger, Potential of co-digestion, *IEA Bioenergy* (2003) [Task 37].

Chynoweth DP, Turick CE, Owens JM, Jerger DE, Peck MW, Biochemical methane potential of biomass and waste feedstocks. *Biomass and bioenergy*,5, 1993 95-111

Gunaseelan VN, Anaerobic digestion of biomass for methane production: a review, *Biomass and Bioenergy*, 13, 1997, 83-114

M. Oslaj, B. Mursec, P.Vindis, Biogas production from maize hybrids, *Biomass and bioenergy* 34 (2010) 1538-1545

Rasi S, Veijanen A, Rintala J., Trace compounds of biogas from different biogas production plants. *Energy*, 32, 2007, 1375-1380

H. Schulz, B. Eder, *Bioplyn v praxi*, Hel, Ostrava, 2004, ISBN 80-86167-21-6

S.Schittenhelm, Chemical composition and methane yield of maize hybrids with contrasting maturity, *European Journal of Agronomy* 29 (2008) 72-79

B. E. Straw, Jeffery J. Zimmerman, Sylvie D'Allaire, David J. Taylor, *Diseases of swine*, Blackwell Publishing USA, ISBN-13: 978-0-8138-1703-3

Vindis P, Mursec B., Rozman C., Janzekovic M., Cus F., Biogas production with the use of mini digester, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 28, 2008, 99-102