

---

## LABORATORY REACTOR OF NON LIQUID SUBSTRATES FERMENTATION

**Karafiát Z., Vítěz T.**

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

E-mail: xkarafi0@node.mendelu.cz, vitez@mendelu.cz

---

### ABSTRACT

Currently, the number of biogas plants using fermentation technology free flowing. Preconditions for the successful operation of such devices is accurate understanding of biological processes and their contexts. Consequently, The goal of research is to optimalize liquid substrates fermentation process for different sorces of materials and raise amount of findings which are neceséry for more effective bio-gas stations procescution using liquid substrates technology. The work describes the use of pig manure during the incorporation of laboratory reactor.

**Key words:** biogas, biogas station, fermentation, biomass

**Acknowledgments:** The project is funded with support from College Development Fund, FR 2100281. The project is being implemented with financial support TA 5 / 2010 Internal Grant Agency of the Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno.

## ÚVOD

V současné době je přibližně 80% celkové světové energie vyráběno z fosilních paliv. Z biomasy je vyrobeno 10-15% energie, což z ní činí nejdůležitější obnovitelný zdroj (Weiland 2010).

Jedním z příkladů využití biomasy je zpracování v bioplynových stanicích. V posledních letech stoupá zájem o tyto technologie, což se projevuje i na množství projektovaných bioplynových stanic. Evropská produkce energie z bioplynu dosáhla v roce 2007 6 milionů tun ekvivalentu ropy (Mtoe) s ročním nárůstem 20 % (EurObserv'ER 2008). Bioplynové stanice lze považovat za zemědělskému sektoru nejbližší. Jedná se především o anaerobní rozklad zemědělských substrátů (např. hnuj, kejda, kukuřičná siláž, travní senáž, různé zbytky obilovin), jehož výsledkem je bioplyn. Bioplyn je směsí plynů obsahující 55 – 75obj.% metanu a 23 – 43% oxidu uhličitého a cca 2% vodíku. Další plynné látky obsažené v bioplynu ve stopových koncentracích jsou sirovodík a další sirmé a dusíkaté sloučeniny (merkaptany, amidy). Který je spalován v kogeneračních jednotkách za současné výroby elektrické energie a tepla. Výhřevnost bioplynu o obsahu 60% metanu představuje 25MJ, což odpovídá cca 6,2kWh (Váňa 2009).

Bioplynové transformace se rozdělují na tekuté, kde by měl být obsah sušiny zachován pod 10%, a netekuté s vyšším obsahem sušiny, která může dosahovat až 30% (Braun 2008). V rámci projektu bioplynových transformací bylo pořízeno laboratorní zařízení, které dokáže zpracovat tuhé materiály ze zemědělské činnosti, údržby zeleně a biologicky rozložitelných komunálních odpadů. Jedná se o rozvíjející se technologii, která je u nově stavěných bioplynových zařízení zastoupena pouze z 10%, ale i přesto jsou zde patrné trendy výstavby stanic tohoto typu (Braun 2008). U této technologie narozdíl od tekutých procesů zcela chybí základní poznatky o vhodné skladbě substrátů a optimalizace jejich chodu. Proto abychom zjistili vlastnosti jednotlivých substrátů využíváme laboratorních fermentorů. Naším cílem je zjistit vhodný poměr mezi zreagovaným a novým substrátem, tak aby výnosnost bioplynu byla maximální.

## MATERIÁL A METODIKA

Dosavadní zkoušky probíhaly při zapracovávání reaktoru do provozu. Jako prvotní substrát byl použit slamnatý vepřový hnuj o vstupní sušině 25,4% a jako procesní tekutina byla použita kapalná část fermentačního zbytku z bioplynové stanice.

Laboratorní fermentor o objemu 10L aktivního materiálu, je naplněn a následně hermeticky uzavřen. Materiál je temperován na mezofilní teplotu  $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Od vložení je v pravidelných intervalech zkrápěn perkolátní tekutinou, která nový materiál naočkuje dostatečným množstvím mikroorganismů. Perkolátní tekutina také pomáhá udržovat stabilní teplotu materiálu. Do tří dnů od začátku cyklu dojde k odstranění kyslíku a stabilizaci anaerobního prostředí. Vznikající bioplyn je

jímán do plynových vaků, kde probíhá kvantitativní a následně kvalitativní analýza pomocí analyzátoru plynů (Dräger X-am 7000). Délka jednoho cyklu trvá 27 dnů. Denně se zapisují hodnoty: teplota biomasy, pH, tlak v reaktoru, množství vzniklého plynu a jeho složení CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, O<sub>2</sub>. Na začátku a konci cyklu je zjišťována sušina materiálu. Poměr C:N se pohybuje v rozpětí 20-35:1, ideální poměr C:N je 25:1 (Zhang 1999).

### Fáze procesu

Fermentace je velmi složitý proces, který může být rozdělen do čtyř fází: hydrolyza, acidogeneze, acetogeneze a methanogeneze.

Na jednotlivých fázích rozkladu se podílí různé společenstva mikroorganismů, která jsou částečně ve vzájemném vztahu, ale s různými požadavky na životní prostředí (Angelidaki 1993).

Hydrolyzující mikroorganismy jsou odpovědní za počáteční rozklad základních látek (uhlohydráty, proteiny, tuky) na nízkomolekulární sloučeniny (jednoduché cukry, aminokyseliny, mastné kyseliny). Většina z hydrolyzujících bakterií jsou striktní anaeroby, jako Bacteriocides, Clostridia a Bifidobakteria.

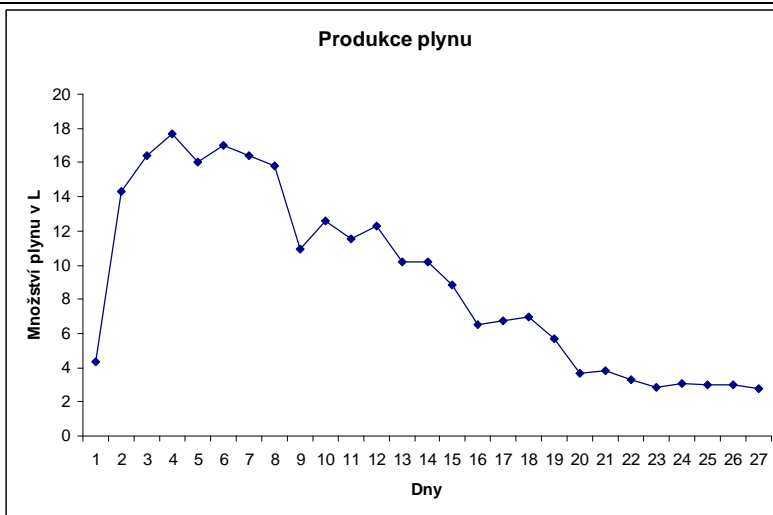
Produkty hydrolyzy se dále rozkládají v následné fázi acidogenezi. Zde dochází k dalšímu rozkladu především na kyselinu propionovou, kyselinu máselnou, kyselinu valerovou, kyselinu mléčnou a dále vzniká vodík a oxid uhličitý. Při zpracování látek dochází ke spotřebování kyslíku, čímž se vytváří anaerobní prostředí nezbytné pro produkci metanu.

Při fázi acetogeneze se látky vzniklé v předchozí fázi přeměny na kyselinu octovou, vodík a oxid uhličitý. Fáze acetogeneze úzce souvisí s následnou fází methanogeneze, která představuje poslední krok v procesu výroby bioplynu. Metan se tvoří za přísně anaerobních podmínek pomocí příslušných bakterií (Methanosarcina spp., Methanobacterium spp., Methanococcus spp.) (KWS 2008). První a druhá skupina mikroorganismů stejně jako třetí a čtvrtá jsou úzce spojené mezi sebou, proto může být proces veden jako dvoustupňový (Schink 1997).

## VÝSLEDKY A DISKUZE

### Množství vyprodukovaného plynu

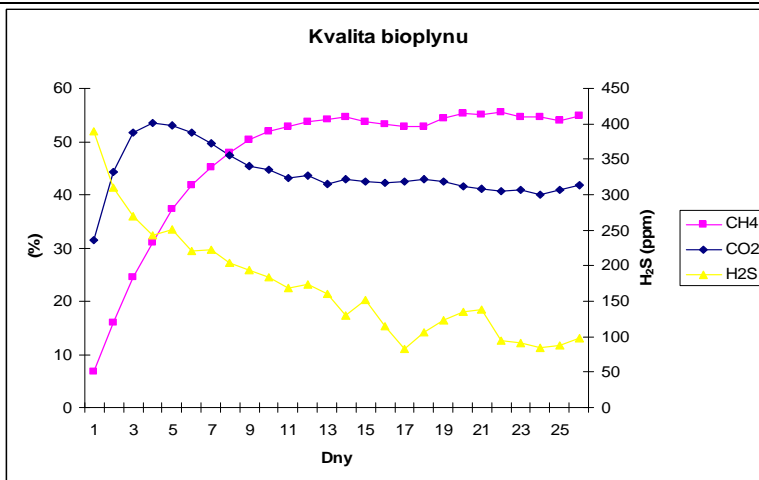
Celkové množství vyprodukovaného bioplynu za 27 dnů tvoří 246 litrů. Produkce od prvního dne výrazně stoupala. Největší produkce se dosáhlo 4. den, kdy bylo dosaženo hodnoty 17 litrů. Průměrná denní produkce během celého cyklu byla 9,1 litru. Celková produkce bioplynu se může rozdělit do tří etap. V prvních 8 dnech produkce nepoklesla pod 15 litrů za den, v následujících 10 dnech se hodnoty držely v rozmezí 6,5-12,5 litrů za den a od 20 dne se produkce propadla na 3 litry bioplynu na den. Prudký nárůst bioplynu způsobil dostatek jednoduše dostupných živin, které se postupně stávají hůře dostupné, jednotlivé komponenty substrátu jsou obtížněji rozložitelné mikroorganismy, což je důvodem snížení tvorby bioplynu.



Graf 1 Množství vyprodukovaného bioplynu

### Kvalita plynu

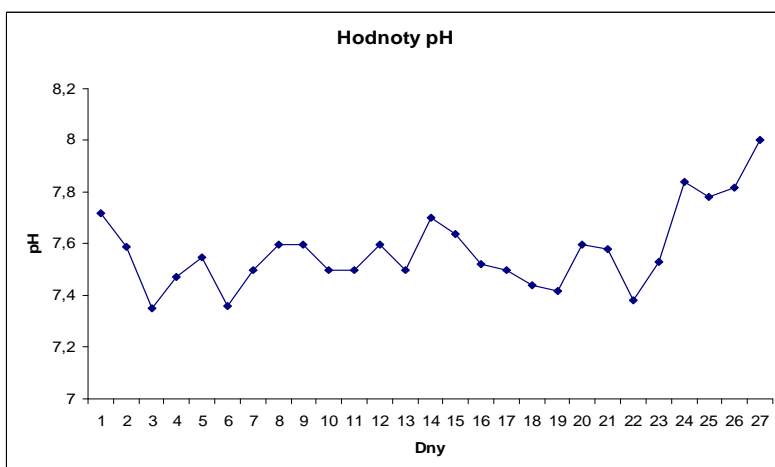
Hodnota metanu postupně narůstala a již 6. den dosáhla hodnoty 40%, 9 den 50% a postupně se dále zvyšovala. Největšího obsahu metanu bylo dosaženo 22 den, kdy bylo naměřeno 55,6%. Obsah metanu byl po celou dobu cyklu stabilní. Pozvolný nárůst metanu je způsoben delší generační dobou metan produkujících mikroorganismů. Průměrná hodnota oxidu uhličitého byla po celou dobu pokusu na 44%, přičemž hodnoty oscilovaly v rozmezí 31,5-53,4%. Obsah sirovodíku byl nejvyšší na začátku pokusu, činil 390 ppm (první den), po zbytek se jeho obsah snižoval až na hodnotu 82 ppm. Vysokou hodnotu sirovodíku na začátku cyklu si vysvětlujeme rychlým rozkladem dobře rozložitelných proteinů, při kterých se do bioplynu uvolňují sirmaté složky a postupným zvyšováním pH, kdy při pH substrátu 8 je disociováno 90% sulfidů vyskytujících se v bioplynu, oproti 50% při pH 7 (Žídek 2003). Průběžně se také sledovala hodnota kyslíku, která se průměrně pohybovala okolo 0,1%. Ve složení bioplynu nedocházelo v průběhu pokusu k výraznějším výkyvům.



Graf 2 Kvalita vyprodukovaného bioplynu

### pH

Hodnota pH byla po celou dobu velmi stabilní. V průběhu pokusu oscilovala v rozmezí 7,3-7,8. Zajímavé je zvyšování hodnoty pH v posledních třech dnech pokusu, až k hodnotě pH 8. S tím souvisí zvýšené riziko zhroucení systému, kdy s vyšším pH silně vzrůstá hodnota koncentrace nedisociované formy amoniaku, která je při vyšších koncentracích toxická pro anaerobní bakterie zejména metanogeny (Dohányos 2009).



Graf 3 Hodnota pH

Tab. 1 Souhrnné výsledky

Denní průměr		Vepřová mrva
pH	[-]	7,6
Metan	[%]	46,7
Produkce bioplynu	[l]	9,1

## ZÁVĚR

V rámci výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů má produkce bioplynu nezastupitelný význam. Při testování laboratorního zařízení, jsme se snažili zvolit vhodné podmínky (skladba substrátu, intenzita perkolace, teplota materiálu) tak, abychom se přiblížili reálným provozním podmínkám. Z dosavadních výsledků vyplývá vhodnost využití slamnatého vepřového hnoje, jako substrátu pro zapracování reaktoru do provozu. Produkce i kvalita vznikajícího bioplynu odpovídá výsledkům naměřených v laboratoři netekuté fermentace v Šumperku-Temenicích, při společnosti Fortex AGS. Zařízení bylo sestaveno za účelem seznámení studentů a získání ucelené představy o technologii netekuté fermentace. Dalším cílem výzkumu je sběr, zpracování a vyhodnocení dat, tak aby bylo možno provádět následující výzkum v oblasti netekuté fermentace. V současné době připravujeme sérii testů s různými druhy vstupních substrátů, zpracovatelných anaerobní fermentací. Jedná se především o biologicky rozložitelné odpady z komunální sféry. A rozvinout tak databázi informací o procesu anaerobní fermentace netekutých substrátů a optimalizovat tak celý proces.

## LITERATURA

Angelidakii, I., Ellegaard, L., Ahring, B. (1993): A mathematical model for dynamic simulation of anaerobic digestion of complex substrates: focusing on ammonia inhibition. *Biotechnol Bioeng* 42: pp.159–166

Braun, R., Weiland, P., Wellinger, A. (2008): Biogas from energy crop digestion, IEA Bioenergy Task 37 – Energy from Biogas and Landfill Gas,

Dohányos, M. (2008): Jak zvýšit efektivnost bioplynové stanice? *Alternativní energie* **XI**, pp:26-27, ISSN 1212-1673

EurObserv'er Report (2008): The state of renewable energies in Europe : pp. 47–51.

Weiland, P. (2010): Biogas production: current state and perspectives, *Applied Microbiology and Biotechnology* 85 , pp. 849–860.

Kws Osiva, (2008): Bioplyn: Základy kvasné technologie, 86 s. vyd. KWS 2008

**MENDELNET 2010**

---

Schink, B. (1997): Energetics of syntrophic cooperation in methanogenic degradation. *Microbiol Mol Biol Rev* 61: pp.262–280

Schulz, H., Eder, B. (2004): *Bioplyn v praxi*. 1. vyd. Ostrava: Nakladatelství HEL, 168s. ISBN 80-86167-21-6.

Váňa, J.(2010): Bioplynové stanice na využití bioodpadů. *Biom*. <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stance-na-vyuziti-bioodpadu> . ISSN: 1801-2655.

Zheng, M., Zhang, L. (1999): Biogasification of rice straw with an anaerobic-phased solids digester system, *Bioresource Technol.*68, pp.235–245.

Žídek, M. (2003): Alternativní využití bioplynu, *Energie z biomasy seminář 2003* s.133-136