

# KRMIVA<sup>®</sup>

## ZOOTEHNIČKI I EKONOMSKI ASPEKTI PROIZVODNJE BIOPLINA IZ SVINJSKE GNOJOVKE

## ZOOTECNICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF PRODUCING BIOGAS OUT OF PIG MANURE

**D. Kralik, Z. Tolušić, I. Kralik, Ivana Majkovčan**

Izvorni znanstveni članak  
UDK: 633.85.492  
Primljeno: 21. lipanj 2006.

### SAŽETAK

U istraživanju je korištena gnojovka s dvije svinjogojske farme u okolici Osijeka. Na jednoj od istraživanih farmi sustav uzgoja je na rešetkastom podu (rešetka) pa je količina suhe tvari gnojovke vrlo niska zbog velike količine tehnološke vode koja se koristi za ispiranje kanala. Količina suhe tvari (ST) iznosila je 3,8% i kondicionirana je na 10% suhe tvari dodavanjem krute separirane komponente. Kod svinja držanih na dubokoj stelji (DST) s druge farme, gnoj ima znatno veći udio suhe tvari koji iznosi 19,56%. Dodavanjem vode koncentracija ST svedena je na 10%. Prosječna dinamika stvaranja bioplina iz supstrata DST iznosila je 232,75 ml/dan, a iz supstrata rešetka 105,25 ml/dan. Evidentirana je najintenzivnija proizvodnja kod supstrata iz duboke stelje u vremenskom razdoblju od 5. do 35. dana anaerobne fermentacije s prosječnom dnevnom proizvodnjom bioplina preko 472,44 ml. Kod gnojovke (rešetka) intenzitet proizvodnje bioplina je znatno slabiji, najintenzivnija proizvodnja ostvarena je u vremenskom razdoblju od 2. do 21. dana uz prosječnu dnevnu proizvodnju od 390,92 ml. Ukupno ostvarena proizvodnja bioplina iz 500 ml svinjske gnojovke s 10% ST tijekom anaerobne fermentacije u trajanju od 80 dana iznosila je 18.768 ml (DST), a ukupna ostvarena proizvodnja iz 500 ml svinjske gnojovke s 10% ST 8.415 ml (rešetka). Testiranjem proizvodnje dnevne količine plina a time i ukupne količine plina utvrđena je statistički vrlo visoko značajna razlika (Mann-Whitney;  $P < 0,001$ ) iz čega se može zaključiti da je sastav gnojovke sa steljom pogodniji za proizvodnju bioplina. Istraživanja pokazuju da se iz 1 m<sup>3</sup> bioplina može se proizvesti 6,1 kWh električne energije. Na svinjogojskim farmama troši se velika količina električne i toplinske energije. Na istraživanoj farmi s rešetkastim podovima godišnje se utroši 984200 kW električne energije i 433512 m<sup>3</sup> zemnog plina. Izgradnjom bioplinskih pogona moguće je stajnjak i gnoj pretvoriti u energiju i na taj način osigurati vlastitu energiju, te smanjiti troškove proizvodnje.

**Ključne riječi:** bioplin, duboka stelja, uvjeti uzgoja, ekonomski aspekti, svinjska gnojovka

Doc. dr. sc. Davor Kralik, prof. dr. sc. Zdravko Tolušić, Igor Kralik, dipl. oec. i Ivana Majkovčan, dipl. inž.- Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Trg sv. Trojstva 3, 31000 Osijek, Hrvatska – Croatia.

## UVOD

Organski otpad, zbog svoje specifičnosti i neprekidnog priljeva iz raznih industrija i poljoprivredne proizvodnje, predstavlja potencijalnu opasnost za zdravlje ljudi i ekologiju. Zbog toga sve se više nameće potreba za iznalaženje različitih rješenja za obradu i kvalitetno zbrinjavanje takvog otpada. Proizvodnja bioplina vjerojatno je najprivlačnije rješenje sa stajališta zaštite čovjekove okoline i mogućnosti povećanja vrijednosti organskog otpada, i to prvenstveno kao goriva, a potom kao visokovrijednog organsko-mineralnog gnojiva. Naime, anaerobnom obradom gnoja sprječava se širenje neugodnih mirisa, zaraze ljudi i životinja, kao i preopterećenje tla, vode i biljaka štetnim i toksičnim tvarima. Cilj istraživanja bio je utvrđivanje mogućnosti proizvodnje bioplina iz svinjske gnojovke pri različitim sustavima držanja. Iskorištavanje gnojovke, osim ekoloških aspekata, koji su vrlo bitni i često nemjerljivi, postoji i ekonomski aspekt. Korištenjem bioplina za proizvodnju električne energije i toplinske energije ostvarila bi se dodatna dobit na poljoprivrednim gospodarstvima, povećala domaća proizvodnja električne i toplinske energije te istovremeno smanjila potreba za uvozom.

## MATERIJAL I METODE

U istraživanju je korištena gnojovka s dvije svinjogojske farme u okolici Osijeka. Na jednoj od istraživanih farmi sustav uzgoja je na rešetkastom podu (rešetka) pa je količina suhe tvari gnojovke vrlo niska zbog velike količine tehnološke vode koja se koristi za ispiranje kanala. Količina suhe tvari (ST) iznosila je 3,8% i kondicionirana je na 10% suhe tvari dodavanjem krute separirane komponente. Kod svinja držanih na dubokoj stelji (DST) s druge farme, gnoj ima znatno veći udio suhe tvari koji iznosi

19,56%. Dodavanjem vode koncentracija ST svedena je na 10%. Ukoliko se želi postići pogodna koncentracije suhe tvari, ukupni volumen gnojovke ne treba biti veći od 100 litara po jednom uvjetnom grlu, o čemu su izvijestili Dobričević i sur. (1999.). Anaerobna fermentacija je postavljena u bioreaktore s mezofilnim uvjetima (40 °C) te u retencijskom trajanju od 80 dana. Upotrijebljena je diskontinuirana metoda.

Sadržaj suhe tvari, tj. ukupne krute tvari u uzorcima, određen je sušenjem 100 g svježe tvari gnojiva u sušioniku na 75 °C do konstantne mase. Ukupne krute tvari i postotci vlage izračunati su iz podataka odvaga svježe tvari i suhe tvari nakon sušenja. Ukupni sadržaj pepela i organske tvari određen je žarenjem na 550 °C tijekom 2 sata u peći za žarenje, a korišteni su uzorci suhe tvari nakon sušenja na 75 °C prema metodi koju je koristio Thompson (2001.). Proizvedeni bioplin prikupljan je kroz zasićenu otopinu u potopljenim graduiranim posudama i svakodnevno je očitana količina proizvedenog plina. Plin je analiziran u plinskom kromatografu Varian 3900 prema modificiranoj metodi HRN ISO 6974-4:2000. Plinskom kromatografijom detektirani su udjeli (%): N, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i H<sub>2</sub>S. Statistička obrada podataka obavljena je u programu STATISTICA 7.0 (StatSoft, Inc.).

## REZULTATI I RASPRAVA

Količina suhe i organske tvari (OT) u istraživanim supstratima prikazana je na tablici 1. Prema Benčeviću (1993.), količina ST iznosi 8,5%, 10,4% prema Gačeši i sur. (1985.), a Đulabić (1986.) navodi da se koncentracija ST kreće od 6,5 do 12%. Usporedbom navedenih s našim podacima vidljiva je niska razina koncentracije ST u istraživanoj gnojovci kod sustava uzgoja na rešetkastom podu (3,83%).

**Tablica 1. Količina suhe i organske tvari**  
**Table 1. Amount of dry and organic matter**

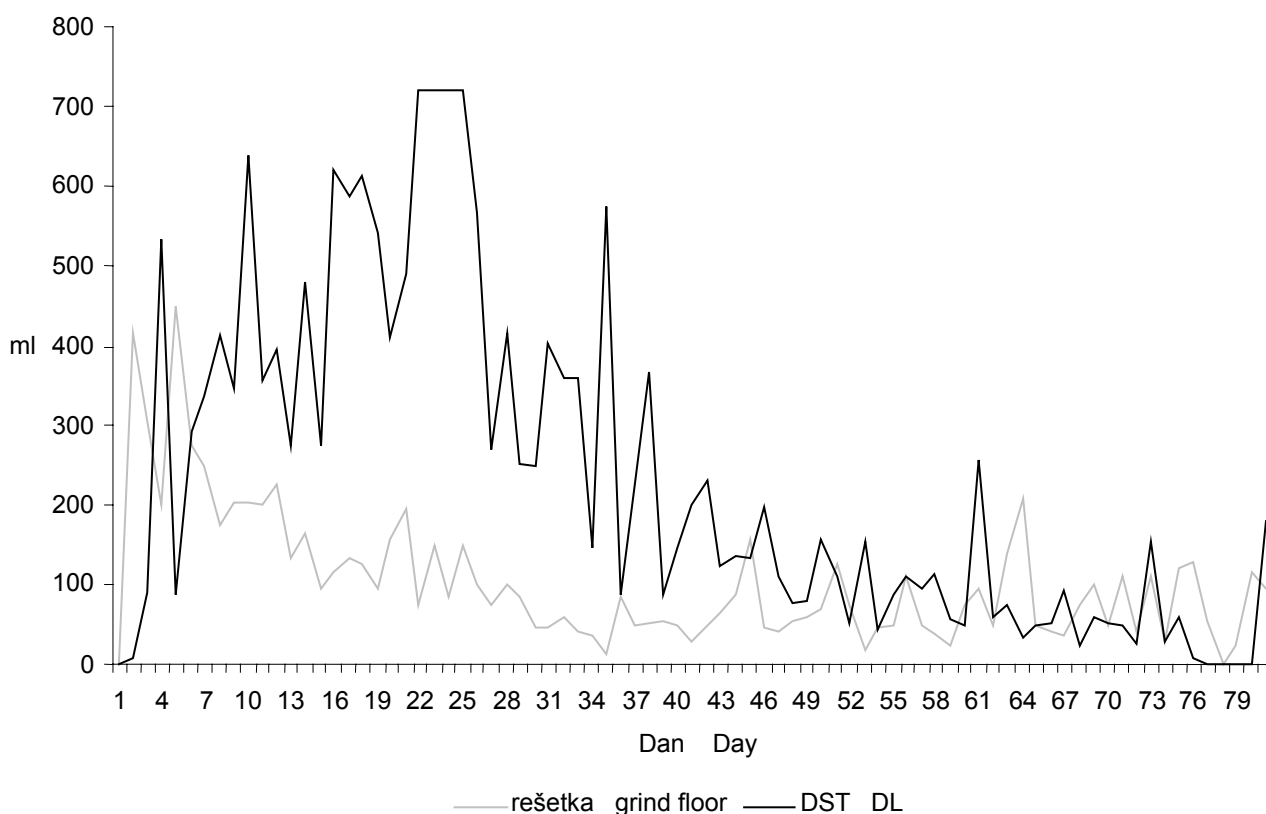
Vrsta supstrata - Substrate type	Suha tvar (ST) - Dry matter (DM)	Organska tvar (OT) Organic matter (OM)
Duboka stelja (DST) - Deep litter (DL)	19,56 %	85,73%
Gnojovka (rešetka) - Manure (grid floor)	3,83%	85,48%

Odnos vode i organske suhe tvari važan je u svim fazama anaerobne razgradnje. Količina vode posebice je važna u fazi hidrolize, jer je u nedostatku vode usporen rad bakterija. Ukoliko je vode previše, tada osim što je usporen rad bakterija razgradnja se ne može obaviti u predviđenom obimu, pa supstrat izlazi iz fermentatora gotovo nerazgrađen. Količina ST u supstratu iz duboke stelje imala je koncentraciju kao u literaturnim podacima koje navodi Benčević (1993.) i ona se kreće za gnojovku sa steljom od 18 do 49%. Udio organske tvari u oba istraživana supstrata bio je približno jednak.

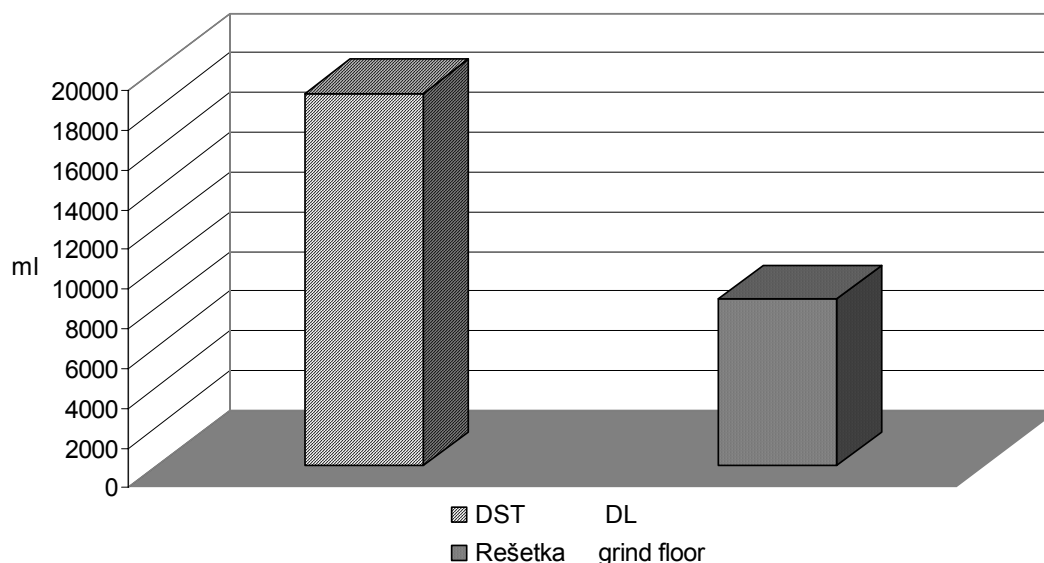
Prosječna dinamika stvaranja bioplina iz supstrata DST iznosila je 232,75 ml/dan, a iz supstrata rešetka 105,25 ml/dan. Evidentirana je najintenzivnija proizvodnja kod supstrata iz duboke stelje u vremenskom razdoblju od 5. do 35. dana anaerobne fermentacije s prosječnom dnevnom proizvodnjom bioplina preko 472,44 ml. Kod gnojovke (rešetka)

intenzitet proizvodnje bioplina je znatno slabiji, najintenzivnija proizvodnja ostvarena je u vremenskom razdoblju od 2. do 21. dana uz prosječnu dnevnu proizvodnju od 390,92 ml. Daljnji tijek proizvodnje plina bio je sve slabiji što ukazuje na istrošenost supstrata tj. smanjenu koncentraciju produkata acetata. Dinamika stvaranja bioplina tijekom anaerobne fermentacije prikazana je na grafikonu 1.

Ukupno ostvarena proizvodnja bioplina iz 500 ml svinjske gnojovke s 10% ST tijekom anaerobne fermentacije u trajanju od 80 dana iznosila je 18.768 ml (DST), a ukupna ostvarena proizvodnja iz 500 ml svinjske gnojovke s 10% ST 8.415 ml (rešetka). Testiranjem proizvodnje dnevne količine plina a time i ukupne količine plina utvrđena je statistički vrlo visoko značajna razlika (Mann-Whitney;  $P < 0,001$ ) iz čega se može zaključiti da je sastav gnojovke sa steljom pogodniji za proizvodnju bioplina. Količina proizvedenog plina prikazana je na grafikonu 2.



Grafikon 1. Dinamika stvaranja plina  
Graph 1. Dynamics of biogas production



Grafikon 2. Proizvedena količina plina

Graph 2. Amount of produced biogas

Proizvedena količina plina po jednom ml supstrata kod duboke stelje iznosila je 37,54 ml, a kod gnojovke – rešetkasti pod bila je 16,83 ml. Usporedbom naših rezultata sa sličnim rezultatima istraživanja vidljiva je dobro ostvarena proizvodnja bioplina iz duboke stelje. Navodi se primjer jednog pogona za bioplin kojeg su koristili Wallace i sur. (1995.) u Danskoj, gdje 10 farmara u okrugu od 10 km proizvedu godišnje 440 000 kg biomase odnosno 12 000 000 l bioplina. Proces proizvodnje bioplina u ovom pogonu odvija se pri temperaturi 50-52 °C i zato je skraćeno trajanje na 17 dana, i sadrži visoki postotak suhe tvari u biomasi (5-10 %). Pretpostavlja se da su farmeri veliki proizvođači tako da je biomasa raznovrsna, što poboljšava kakvoću proizvodnje. Rezultati su izvanredni (po ml svinjske gnojovke dobije se 27 ml bioplina), uložena je velika količina energije, tako da se investicija isplatila.

Prosječna specifična energetska vrijednost biomase je skromna (oko 20 % energetske vrijednosti

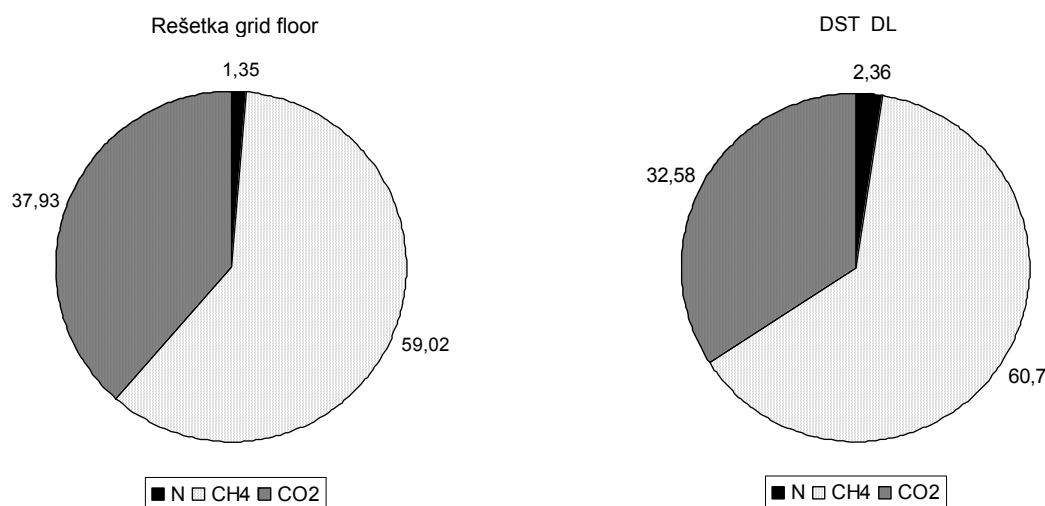
ugljena) pa to gorivo iz ekonomskih razloga ne podnosi dugi transport. Prije uporabe biomase kao goriva u elektroenergetici, potrebna je njezina prerada. Proces prerade ovisi o načinu uporabe goriva, o čemu su izvijestili Fertić i sur. (2000.). Energetska vrijednost bioplina, utvrđena prema Lebegneru (1995.), ovisi o odnosu CH<sub>4</sub> i CO<sub>2</sub> te iznosi od 20 do 25 MJ/m<sup>3</sup>. Kod prikazivanja toplinskih svojstava po jedinici zapremine bioplina i plina općenito koristi se jedinica 1 Nm<sup>3</sup> (1 m<sup>3</sup> pri temperaturi od 0 °C i pritisku od 101,325 Pa). Energetska vrijednost bioplina ovisi o sastavu metana i pojedinim komponentama te je prikazana na tablici 2.

Proizvedeni bioplin prema koncentraciji CH<sub>4</sub> dobre je kakvoće i energetske vrijednosti iznad 20 MJ/m<sup>3</sup>. Vrijednosti sastava plina prikazane su na grafikonu 3. Razlike u koncentraciji bioplina između istraživanih skupina nisu značajne.

Tablica 2. Energetska vrijednost bioplina

Table 2. Energetic value of biogas

Udjeli metana u bioplinu (%)			
Portions of methane in biogas (%)	56	62	70
Vrijednost (MJ/m <sup>3</sup> ) - Value (MJ/m <sup>3</sup> )	20	22	25



Grafikon 3. Sastav plina  
Graph 3. Biogas composition

Usporedbom ovih podataka s onima za bioplin, može se izračunati da 1 m<sup>3</sup> bioplina s 62 % metana po energetske vrijednosti odgovara 0,66 m<sup>3</sup> zemnog plina. Bioplin ima slične značajke sa zemnim plinom, ali je slabije kakvoće: nestabilan, teže se podešava jakost plamena, posebno pri malom plamenu gdje se pojavljuje tendencija gašenja, što su pokazala istraživanja Lebegnera (1995.).

Najbolji način iskorištavanja bioplina je sustav kogeneracije. Kogeneracija se definira kao sekvencijsko korištenje primarne energije goriva za proizvodnju dvaju korisnih energetske oblika: toplinske energije i mehaničkog rada. Pritom se dobiveni mehanički rad najčešće koristi za dobivanje električne energije, dok se toplinska energija može koristiti u raznim tehnološkim procesima, procesima grijanja te u procesima hlađenja. Prednost kogeneracije je bolja ekonomska iskoristivost goriva, a s time i niža cijena električne energije i topline. Značajan element je i ekološki aspekt, jer uz istu količinu dobivene korisne energije manje je opterećenje okoliša.

Istraživanja pokazuju da se iz 1 m<sup>3</sup> bioplina dobiva 6 do 8 MJ energije ako se uračunavaju gubici (Lebegner, 1995.). Prema navodima Gaćeše i sur. (1985.), od 1 m<sup>3</sup> bioplina može se proizvesti 6,1 kWh električne energije. Na svinjogojskim farmama troši se velika količina električne i toplinske energije. Na istraživanoj farmi s rešetkastim podovima godišnje

se utroši 984 200 kW električne energije i 433 512 m<sup>3</sup> zemnog plina. Izgradnjom bioplinskih pogona moguće je stajnjak i gnoj pretvoriti u energiju i na taj način osigurati vlastitu energiju te smanjiti troškove proizvodnje.

Gnoj nastao anaerobnom fermentacijom svinjske gnojovke bogat je organskim dušikom koji se ionizira i nastaje NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, a prima ga kao hranivo korijen biljaka (Sophin i sur., 2001.).

## ZAKLJUČAK

Na osnovi vlastitih istraživanja i pregleda literature možemo zaključiti da svinjogojske farme imaju veliki potencijal za proizvodnju bioplina, jer se radi o velikoj dnevnoj proizvodnji gnojovke.

Zootehnički uvjeti uzgoja i način izgnojavanja imaju utjecaj na količinu proizvedenog bioplina. Po jednom ml supstrata može se proizvesti kod DST 37,54 ml, a kod Rešetke 16,83 ml bioplina.

Pogon za proizvodnju bioplina osigurava očuvanje okoliša i tehnološko rješenje za zbrinjavanje gnojovke i stajnjaka, a neiskorišteni otpad pretvara se u iskoristivu energiju te se smanjuju troškovi uvoza energije i naftnih derivata.

Na kraju procesa fermentacije dobiva se korisno gnojivo.

## LITERATURA

1. Benčević, K. (1993) : Biokont- osnove biološkog poljodjelstva, Zagreb.
2. Dobričević, N., S. Pilešić, T. Krička, S. Miletić, Ž. Jukić (1999): Energetski potencijali biomase iz poljoprivrede u Republici Hrvatskoj, *Krmiva* 41:283-289.
3. Đulabić, M. (1986): Biogas, dobijanje, korišćenje i gradnja uređaja, Tehnička knjiga Beograd.
4. Feretić, D., Ž. Tomšić, D. Škanata, N. Čavlina, D. Subašić (2000): Elektrane i okoliš, Element Zagreb , 154-164.
5. Gaćeša, S. Lj. Vrbeša, J. Baras, L. Knežić, M. Klašnja, F. Zdanski (1985): Biogas proizvodnja i primena, Tehnološki fakultet Novi Sad.
6. Lebegner, J. (1995): Mogućnost proizvodnje bioplina u Hrvatskoj. *Energija*, 44:17-23.
7. Sophin, P., T. R. Preston (2001): Effect of processing pig manure in a biodigester as fertilizer input for ponds growing fish in polyculture. *Livestock Research for Rural Development*, 13:121-129.
8. Thompson, W. H. (2001): Test Methods for the Examination of Composting and Compost. The United States Composting Council Research and Education Foundation. The United States Department of Agriculture.
9. Wallace, R. J., A. Chesson (1995.): *Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding*, Weinheim, 5:313-327.

## SUMMARY

Pig manure that was used in the research was obtained on two farms situated near Osijek. The first farm used grid floor system (grid floor), so the amount of manure dry matter was low due to high amount of technological waters used for rinsing the drainage canals. The amount of 3.8% dry matter (DM) was conditioned at 10% of dry matter by adding solid separated component. The second farm used deep litter system (DL) and provided significantly higher amount of dry matter, 19.56%. By adding water, DM concentration was reduced to 10%. The average dynamics of producing biogas out of deep litter (DL) substrates was 232.75 ml/day, and out of grid floor substrates it was 105.25 ml/day. The most intensive production was achieved with deep litter substrates in the period from 5th to 35th day of anaerobic fermentation, when the average daily amount of produced gas reached 472.44 ml. Pig manure from grid floor had weaker intensity of biogas production. The most intensive biogas production was achieved from 2nd to 21st day, with average daily amount of 390.92 ml. Total biogas produced out of 500 ml of pig manure with 10% DM during an 80-day anaerobic fermentation was 18.768 ml (DL), and total biogas produced out of 500 ml pig manure from grid floor with 10% DM was 8.415 ml. By testing daily amounts of biogas and total biogas produced, statistically highly significant difference were determined ( $p < 0.001$ ), which led to a conclusion that deep litter pig manure was more favorable for biogas production. The research has proved that it is possible to produce 6.1 kWh of electric energy out of 1 m<sup>3</sup> of biogas. Pig farms spend great amounts of electric and heating energy. The farm with grid floors spends yearly 984200 KW of electric energy and 433512 m<sup>3</sup> of earth gas. Building plants for biogas production within farms enables usage of manure as a source of energy, thus producing their own energy affecting resulting in lower production costs.

Key words: biogas, deep litter, keeping system, economic aspects, pig manure