

## UTJECAJ ANAEROBNE FERMENTACIJE NA BIOGENE ELEMENTE VAŽNIJIH SIROVINA ZA PROIZVODNJU BIOPLINA

## EFFECT OF THE ANAEROBIC FERMENTATION ON THE BIOGENIC ELEMENTS IN THE MAJOR RAW MATERIALS FOR BIOGAS PRODUCTION

**N. Bilandžija, Tajana Krička, N. Voća, S. Sito, Darija Čapka, T. Čosić**

Izvorni znanstveni članak  
Primljeno: 20. prosinca 2009.

### SAŽETAK

Stajski gnoj koji se sastoji od fekalija i mokraće domaćih životinja, ponekad i manjih količina stelje, a prerađen pomoću mikroorganizama upotrebljava se kao stajsko gnojivo. No danas se organski gnoj može prije primjene na polju koristiti kao energent putem anaerobne fermentacije kao sirovina u proizvodnji bioplina. Također, uz stajska gnojiva supstrati za proizvodnju bioplina mogu biti sve vrste biljnih materijala koji se mogu anaerobno razgraditi. Ovim radom je utvrđen odnos biogenih elemenata (N, P, K) u fermentiranom mulju nakon proizvodnje bioplina u odnosu na stajski gnoj, te prisutnost pojedinih izoliranih bakterija i to roda: *Escherichia*, *Bacillus*, *Enterococcus*, *Micrococcus*, *Proteus* i *Nocardia*. Analize biogenih elemenata, kao i bakteriološke analize, provedene su na tri različite vrste stajskog gnoja i to na pilećem, svinjskom i goveđem. Osim na stajskom gnoju analize biogenih elemenata rađene su i na kukuruznoj silaži, sjenaži i djetelinskoj travnatoj smjesi. Na temelju dobivenih rezultata utvrđeno je da se fermentirani mulj nakon anaerobne fermentacije bez obzira na vrstu sirovine može primjenjivati u poljoprivrednoj proizvodnji, posebice u gnojidbi travnjaka i ratarskih kultura odmah po završetku procesa. Količine dušika i fosfora su približno jednake kao i kod stajskog gnoja, dok je količina kalija nešto manja. Kako niti u jednom uzorku nisu dokazane *Salmonella* i *Listeria*, s bakteriološkog stanovišta fermentirani ostaci se mogu koristiti kao organsko gnojivo u poljoprivredi.

**Ključne riječi:** stajski gnoj, biogeni elementi, anaerobna fermentacija, fermentirani mulj

---

Nikola Bilandžija, dipl. ing., Doc. dr. sc. Stjepan Sito, Prof. dr. sc. Tomislav Čosić, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede; Prof. dr. sc. Tajana Krička, Doc. dr. sc. Neven Voća, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport, Svetošimunska 25, Zagreb; Darija Čapka, dipl. ing. Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Odjel za zaštitu klime i ozonskog sloja; Sektor za atmosferu, more i tlo; Uprava za atmosferu i gospodarenje otpadom, Ulica Republike Austrije 14, Zagreb - Hrvatska.

## UVOD

U bioplinskim postrojenjima moguće je korištenje različitih vrsta biomase kao sirovine, od stajskog gnoja i čiste gnojnice pa do različitih organskih supstrata. Organsku biomasu moguće je dodavati u fermentor tijekom proizvodnje bioplina u svježem obliku ili konzerviranu u obliku silaže ili sjenaže. O sastavu supstrata uvelike će ovisiti proizvodnja i kakvoća bioplina (Krička i sur., 2009).

Anaerobna fermentacija postaje sve atraktivniji način obrade biomase s visokim udjelom organske tvari, budući da rezultira proizvodnjom metana kao obnovljive energije te visokovrijednog fermentiranog ostatka, koji se može koristiti kao biognojivo (Chae i sur., 2008). Anaerobna fermentacija je biokemijski proces tijekom kojega određene vrste bakterija razgrađuju biomasu u anaerobnim uvjetima. Veliki broj metanskih bakterija, koje djeluju zajednički, u nekoliko faza prerade biološki materijal u bioplin (metan i CO<sub>2</sub>) (Voća i sur., 2005). Anaerobni proces razgradnje organskih supstanci odvija se u zatvorenom sustavu bioplinskog postrojenja (fermentor) u strogo kontroliranim uvjetima (bez kisika) (Boekhurst i sur., 1981).

Fermentirani mulj (ostatak) koji ostaje nakon procesa anaerobne fermentacije i dobivanja bioplina može se koristiti kao organsko gnojivo, kao i za potrebe navodnjavanja poljoprivrednih površina. Fermentirani mulj ima nekoliko prednosti kad se koristi kao organsko gnojivo, a to su visoki udio hranjivih tvari, humusne karakteristike te kratko razdoblje sazrijevanja (Dalemo i sur., 1998).

Posebno treba pratiti pH vrijednosti u fermentoru, koji treba biti neutralan, kako ne bi došlo do naglog smanjenja pH, u kojem zbog isparavanja masnih kiselina i njihovog nakupljanja u fermentiranom materijalu dolazi do prestanka rada i produkcije metanskih bakterija te se proces proizvodnje bioplina zaustavlja prije vremena (Bouallagui i sur., 2003).

Stajski gnoj, kao jedna od najčešćih sirovina za proizvodnju bioplina je najstarije organsko gnojivo koje se sastoji od fekalija i mokraće domaćih životinja, a ponekad i manjih količina stelje. Upotrebljava se kao organsko gnojivo koje je vrlo heterogeno i vrednuje se prvenstveno prema sadržaju organske tvari (Butorac, 1999).

Sva gnojiva, pa tako i ona stajska, ukoliko ne prođu određen način obrade, a unose se u tlo radi poboljšanja ishrane bilja, jednako tako mogu imati i negativne posljedice, jer su to ipak strane kemijske tvari koje ulaze u jedan ekološki sustav. Do zagađenja okoliša gnojivima može doći primjerice izlivanjem stajskog gnoja s farmi, neadekvatnim čuvanjem stajskog gnoja i prekomjernom upotrebom gnojiva. Gnojiva posebice predstavljaju opasnost za vode – kako podzemne, tako i nadzemne. Onečišćenje voda u jednoj državi može utjecati i na vode druge države pa je tako Vijeće Europske Unije, 1991. godine donijelo tzv. "Nitratnu direktivu" – direktivu o zaštiti voda od onečišćenja koje uzrokuju nitrati poljoprivrednog podrijetla, (91/676/EEZ). Kako je uporaba dušičnih gnojiva i stajskog gnoja nužna za poljoprivredu prekomjerna uporaba gnojiva predstavlja opasnost za okoliš, stoga bi države članice EU, a i ostale, trebale zajednički djelovati radi kontrole problema intenzivne stočarske proizvodnje.

U posljednjih desetak godina u EU instalirano je više tisuća većih i manjih bioplinskih jedinica s ciljem proizvodnje bioplina kao goriva u postrojenjima za dobivanje električne energije i topline. Te se jedinice temelje na stajskom gnoju kao temeljnoj sirovini za anaerobnu fermentaciju. U bioplinskim postrojenjima moguće je korištenje različitih vrsta biomase kao sirovine, od čiste gnojnice pa do različitih organskih supstrata. Organsku biomasu je moguće dodavati u fermentor tijekom proizvodnje bioplina u svježem obliku ili konzerviranu u obliku silaže ili sjenaže (Bujoczek i sur., 2000; Magbanua i sur., 2001). Siliranje je način konzerviranja zelene mase, odnosno biljaka i njihovih nusproizvoda vlažnim putem (Butorac, 1999). Postiže se fermentacijom mase pomoću mikroorganizama bez prisutnosti zraka. Zbog toga se u silaži nalaze korisni i štetni mikroorganizmi, koji izravno utječu na fermentaciju supstrata tijekom proizvodnje bioplina. Temeljni cilj siliranja za proizvodnju bioplina je očuvanje energetske vrijednosti sirovine, uz što manje gubitaka koji nastaju skladištenjem, odnosno čuvanjem materijala tijekom cijele godine (Krička i sur., 2007). Sjenaža je povenuta trava, travnato-djetelinska smjesa ili povenuta lucerna. Sjenaža je u principu silirano sijeno (Katalinić i sur., 2000). Najveći problem sjenaže koji negativno utječe na njezinu anaerobnu fermentaciju jest činjenica da ona može sadržavati dijelove zemlje ili pijeska koji u

sjenažu mogu ući uz pomoć oborinskih voda te štete nastaju djelovanjem toksičnih mikroorganizama odnosno plijesni (Krička i sur., 2009).

Fermentirani ostatak, dobiven nakon anaerobne fermentacije stajskog gnoja, može se primijeniti u poljoprivrednoj proizvodnji, posebice u gnojdbi travnjaka i ratarskih kultura. Karakterizira ga porozna struktura visokog kapaciteta za zrak te tamna boja (u ne prerađenom obliku), a ukoliko se razrjeđuje s vodom ne dolazi do naknadnih kemijskih reakcija, kao ni do oslobađanja plinova. Nadalje, razgrađene mineralne tvari (posebice se to odnosi na dušik) ostaju u cijelosti "spremne" za gnojidbu. Za razliku od gnojidbe s nefermentiranim gnojivima, fermentirano organsko gnojivo brže djeluje u tlu, budući da su hranjive tvari nakon fermentacije već u mineraliziranom obliku i tako ih mogu bolje iskoristiti biljke (Kaltwasser, 1980; Dalemo i sur., 1998).

Temeljem „Uredbe o kakvoći biogoriva“ Republike Hrvatske iz 2005. godine, bioplin se definira kao plinsko gorivo što se proizvodi od biomase i/ili od biorazgradivoga dijela otpada, koje se može pročistiti do kakvoće prirodnoga plina, da bi se koristilo kao biogorivo ili generatorski plin. Kao što je i navedeno, nastaje anaerobnom fermentacijom organske tvari djelovanjem anaerobnih bakterija, koje su kao mikroorganizmi prisutne u tvarima i odgovorne za proces razgradnje (Sterling i sur., 2001; Lansing i sur., 2007). Definira se također kao smjesa nekoliko plinova, pri čemu metan i ugljični dioksid čine preko 90% ukupne smjese. Bioplin se sastoji i od manjih količina vodikovog sulfida, dušika, vodika i kisika. Energetski sadržaj bioplina ovisi o količini metana koja se nalazi u njemu, a udio metana obično je između 55 i 75%. Može se prevesti u toplinsku i/ili električnu energiju korištenjem kogeneracijskih postrojenja, a može se koristiti i kao gorivo u motorima. Pogodan je za motore s unutarnjim sagorijevanjem koji, u kombinaciji s generatorom, mogu proizvoditi električnu energiju. Buduća primjena bioplina, dobivenog anaerobnom fermentacijom, uključuje i turbinsku proizvodnju električne energije ili gorive ćelije (Kaltwasser, 1980; Krička i sur. 2009).

Vraćanje fermentiranog mulja nakon proizvodnje bioplina u poljoprivrednu proizvodnju ima za zadaću recikliranje hranjiva i smanjenje utjecaja gnojiva na okoliš (Marchaim i sur., 1991; Shih, 1993). Osim

organskih i mineralnih tvari, fermentirani mulj sadrži tvari za pospješivanje rasta (skatole, indole, vitamin C, karotene itd.). U korist fermentiranog mulja govori, pored njegovog sadržaja hranjivih tvari i to što je uz mikrobiološku razgradnju naveliko čist od raznih klica i sjemenki korova i praktički je bez mirisa (Kaltwasser, 1980).

Ukoliko se fermentirani ostaci kvalitetno koriste kao gnojivo u poljoprivrednoj proizvodnji moraju zadovoljiti potrebe biljaka, a svaka vrsta biljke ima specifičnu potrebu za hranjivim tvarima sa specifičnim odnosom količine hranjivih tvari N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O. Primjerice, specifični odnos hranjivih tvari za neke od kultura iznosi: za žitarice 1,2 : 1 : 1,5, za krumpir 1 : 1 : 1,8, dok za trave iznosi 2,4 : 1 : 1 (Kaltwasser, 1980; Voća i sur., 2005).

Cilj ovog rada je bila usporedba sadržaja osnovnih biogenih elemenata (odnosno N, P, K) u stajskom gnojivu u odnosu na fermentirani mulj koji ostaje prilikom proizvodnje bioplina, te ustvrditi prisutnost pojedinih bakterija u istraživanim fermentiranim ostatcima. Istraživanja su provedena na tri različite vrste stajskog gnoja i to na: pilećem, svinjskom i goveđem stajskom gnojju, kao i na kukuruznoj silaži, sjenaži i djetelinsko travnatoj smjesi.

Kakvoća fermentiranih ostataka glede mogućnosti njihove primjene na poljoprivrednim površinama uspoređena je i interpretirana prema Pravilniku o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda (NN 91/2001) u kojem su navedene štetne tvari za zemljište, kao i dozvoljene količine štetnih tvari u tlu.

## MATERIJAL I METODE

Istraživanja su provedena na laboratorijskom bioplinskom postrojenju na Agronomskom fakultetu u Zagrebu. Sirovine za anaerobnu fermentaciju bili su pileći, svinjski i goveđi stajski gnoj uzeti na različitim farmama u okolici Zagreba, dok je kukuruzna silaža, sjenaža i djetelinsko travnata smjesa uzeta s pokusnih polja u okolici Daruvara.

Proces anaerobne fermentacije, provodio se u mezofilnim uvjetima, na 35 °C. Za pileći, svinjski i goveđi gnoj te kukuruznu silažu, sjenažu i djetelinsko

travnatu smjesu trajao je u vremenskom razdoblju od 40 dana. Laboratorijsko postrojenje na kojem su provedena istraživanja sastoji se od vodene kupelji, miješalice i šaržnog reaktora od inoxa, koji u potpunosti simuliraju uvjete kakvi se nalaze u industrijskim postrojenjima za proizvodnju bioplina velikog kapaciteta.

Kemijske analize obuhvatile su određivanje:

- ukupnog dušika, određenog metodom po Kjeldahlu (ISO 1871:1975),
- fosfora, određenog spektrofotometrijski metodom molibdat-plavo na UV/VIS spektrofotometru (Perkin Elmer, Lambda 25),
- kalija, određenog plamenofotometrijski.

Provedene su bakteriološke analize i to opća analiza, analiza na patogene bakterije rodova *Salmonella* spp. i listerija spp. kao i broj bakterija u uzorku – Colony Forming Units (UFN). Ove analize obuhvatile su inkubaciju uzorka fermentiranog ostatka pri temperaturi do 4 °C, 35 °C i 55 °C na

hranjivim podlogama (XLD, neutralni krvni ager). Za temperature od 4 °C i 55 °C, inkubacija je trajala 72 sata, dok je uzorak inkubiran pri temperaturi od 35 °C učinjen pomoću FU (broj izraslih kolonija u 1 mL uzorka) zbog porasta različitih bakterijskih kolonija. Izoliranost patogenih bakterija napravljena je promjenom metode selektivnih bujona.

Svi dobiveni podaci analizirani su GLM procedurom u SAS sistemskom paketu, verzija 8.00.

## REZULTATI I RASPRAVA

Temeljem prethodno navedenih metoda obavljene su kemijske analize za pileći, svinjski i goveđi stajski gnoj te za kukuruznu silažu, sjenažu i DTS za tov prije i nakon fermentacije (tablica 1).

Iz tablice 1 je vidljivo da su istraživani supstrati (pileći, svinjski i goveđi gnoj) povoljni za proizvodnju bioplina te da fermentirani ostaci imaju dobru kakvoću nakon anaerobne fermentacije.

**Tablica 1. Rezultati srednjih vrijednosti kemijskih analiza uzorka gnoja i sirovina biljnog podrijetla prije i nakon fermentacije**

**Table 1. Results of average values of chemical analyses of the manure sample and plant raw material before and after anaerobic fermentation**

Oznaka kemijske analize Chemical analysis	Prije fermentacije - Before fermentation					
	Pileći gnoj Chicken manure	Svinjski gnoj Pig manure	Goveđi gnoj Cow manure	Kukuruzna silaža Corn silage	Sjenaža Hay	DTS Clover - grass mixture
%N ukupni na suhu tvar %N total per dry matter	5,28b	8,00a	5,36b	7,57a	5,46c	6,89b
% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,69a	2,04a	1,69a	0,98c	1,87b	1,92a
% K <sub>2</sub> O	3,56a	2,96b	3,67a	1,18c	3,06a	2,63b
Oznaka kemijske analize Chemical analysis	Nakon fermentacije - After fermentation					
%N ukupni na suhu tvar %N total per dry matter	5,36b	6,50a	5,88b	8,62a	5,71c	6,58b
% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,72a	1,71a	0,68b	0,95c	1,58b	1,80a
% K <sub>2</sub> O	3,66a	3,57a	1,03b	1,15b	2,95a	2,55a

Također se na temelju podataka iz tablice 1, koji su u skladu s podacima iz literature (Krička i sur., 2009; Voća i sur., 2005; Jeyabal i Kuppuswamy, 2001) može utvrditi da su biogeni elementi u istraživanim fermentiranim ostacima u umjerenim količinama te da se mogu koristiti kao gnojivo u poljoprivrednoj proizvodnji.

Kako se prosječni odnos N:P:K u fermentiranim ostacima različitih sirovina kreće u odnosu 1:0,33:0,1, iz navedenog omjera je vidljivo, da s takvim odnosima fermentirani ostatak može pokriti potrebe biljaka za dušikom i fosforom, a kalij treba dodatno unositi u tlo. Da bi se utvrdilo jesu li uzorci istraživanih fermentiranih ostataka pogodni za korištenje u poljoprivredi, kao gnojivo, izračunati su relativni odnosi osnovnih biogenih elementima dušika, fosfora i kalija koji su za pileći gnoj iznosili 1:0,31:0,68 za goveđi 1:0,11:0,17 i za svinjski 1:0,26:0,54. Također, su napravljene analize i izračunati odnosi za biljne ostatke te su iznosili za kukuruznu silažu 1:0,11:0,13, za sjenažu 1:0,27:0,51 i za DTS 1:0,27:0,38. Fermentirani ostatak je novi izvor gnojiva koji se može uspješno koristiti u ishrani bilja, što je s ekološkog aspekta daleko prihvatljiviji način gnojidbe. Međutim, prilikom korištenja fermentiranog ostatka kao gnojiva nailazimo na određene poteškoće. Hranjive tvari u nusproduktima bioplina prisutne su u manjim količinama, što povećava volumen gnojiva do polja, a samim time i troškove njihove uporabe (Marchaim i sur., 1991; Shih, 1993). Također, on mora u potpunosti zadovoljiti potrebe biljaka i ne smije sadržavati teške metale izvan dopuštenih granica. Rezultati koji su

prikazani na tablici 2 potvrđuju prethodno navedenu pretpostavku da će i u ovim slučajevima stajskih i biljnih fermentiranih ostataka potrebe biljaka za dušikom i fosforom biti zadovoljene, a dodatno treba unositi samo kalij.

Usporedbom svježeg i fermentiranog mulja vidljivo je da praktično nema gubitaka ili je gubitak mineralnih tvari za gnojidbu zanemariv.

S obzirom da se približno 50% mineralnog gnojiva u poljoprivrednoj proizvodnji može zamijeniti fermentiranim ostacima dobivenim nakon proizvodnje bioplina može se utvrditi da će doći do značajnih ušteda u proizvodnji i korištenju mineralnog gnojiva.

Kakvoća fermentiranih ostataka, glede mogućnosti njegove primjene na poljoprivrednim površinama, uspoređena je i interpretirana prema Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima, a u kojem su navedene štetne tvari te njihove dozvoljene količine. Prema tom pravilniku, nus-proizvodi neke proizvodnje, u ovom slučaju kruta faza organskog gnojiva, mogu se koristiti na poljoprivrednom tlu.

Pored analize gnojiva neophodno je izvršiti i analizu tla poradi određivanja količine primijenjenog gnojiva s obzirom da analizirani proizvod spada u vrlo kvalitetna gnojiva predlaže se njegovo korištenje na poljoprivrednim površinama, u osnovnoj gnojidbi. Količina primijenjenog gnojiva ovisi o količini organske tvari hranjiva u tlu. Na tablici 3 sažeto su prikazane bakterije utvrđene u fermentiranim ostacima istraživanih supstrata.

**Tablica 2. Rezultati relativnih odnosa osnovnih biogenih elemenata (N, P, K) sirovina stajskog i biljnog podrijetla prije i nakon fermentacije**

**Table 2. Results of relative relations of basic biogenic elements (N, P, K) in manure samples and plant raw materials before and after anaerobic fermentation**

	Pileći gnoj Chicken manure	Svinjski gnoj Pig manure	Goveđi gnoj Cow manure	Kukuruzna silaža Corn silage	Sjenaža Hay	DTS Clover - grass mixture
Prije fermentacije Before fermentation	1:0,23:1,48	1:0,25:0,37	1:0,31:0,68	1:0,12:0,15	1:0,34:0,54	1:0,27:0,38
Nakon fermentacije After fermentation	1:0,31:0,68	1:0,26:0,54	1:0,11:0,17	1:0,11:0,13	1:0,27:0,51	1:0,27:0,38

**Tablica 3. Prikaz izoliranih bakterija u istraživanim fermentiranim ostacima**

**Table 3. Review of isolated bacteria in fermented residues**

Uzorak fermentiranog ostatka Sample of fermented residue	Utvrđeni rodovi bakterije Determined genera of bacteria
Pileći gnoj - Chicken manure	<i>Escherichia, Bacillus, Enterococcus</i>
Svinjski gnoj - Pig manure	<i>Micrococcus, Bacillus</i>
Goveđi gnoj - Cow manure	<i>Proteus, Escherichia, Bacillus</i>
Kukuruzna silaža, sjenaža i DTS Corn silage, Haylage, Clover - grass mixture	<i>Bacillus, Nocardia, Micrococcus</i>

### ZAKLJUČCI

Temeljem vlastitih istraživanja kakvoće fermentiranih ostataka različitih ulaznih sirovina (pileći, svinjski, goveđi stajski gnoj, kukuruzna silaža, sjenaža i djetelinsko travna smjesa) nakon anaerobne fermentacije može se utvrditi da se sve sirovine mogu koristiti kao gnojivo na poljoprivrednim površinama uz dodatak kalija.

Nakon primjene na poljoprivrednim obradivim površinama brzo podliježu daljnjoj biološkoj razgradnji pomoću aerobnih bakterija do biljnih hranjiva, što pored ishrane biljaka vrlo povoljno utječe na mikrobiološku aktivnost u tlu. Ukoliko se fermentirani ostatak biljnih materijala navedenih supstrata miješa sa životinjskim gnojem prije anaerobne fermentacije može se utvrditi da će dobiveni gnoj biti u skladu s Pravilnikom o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda (NN 91/2001) te se može koristiti čak i u ekološkoj poljoprivredi kao odlično organsko gnojivo za ratarske kulture i travnjake.

Rezultati bakterioloških analiza životinjskih i biljnih fermentiranih ostataka nakon anaerobne fermentacije pokazuju da pri temperaturi od 4 °C nije bilo porasta kolonija bakterija tijekom inkubacije od 72 sata. Pri inkubaciji od 35 °C, na hranjivim podlogama porastao je manji broj bakterija iz rodova *Bacillus*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Nocardia*, *Enterococcus*. Inkubacijom na temperaturi od 55 °C izrasle su kolonije roda *Bacillus*. Metodom prebogaćenja i bogaćenja u selektivnim bujonima nije dokazana prisutnost bakterija iz rodova *Salmonella* i *Listeria* te s bakteriološkog stanovišta fermentirani ostaci se mogu koristiti kao organsko gnojivo u poljoprivredi.

### LITERATURA

1. Boekhurst, R. H., Ogilvie, J. R., Pos, J. (1981): An overview of current simulation models for an anaerobic digester. U: *Livestock Waste: A renewable Resource*. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, 105-108.
2. Bouallagui, H., Ben Cheikh, R., Marouani, L., Hamdi, M. (2003): Mesophilic biogas production from fruit and vegetable waste in tubular digester, *Bioresource Technology* Vol. 86, 85 – 89.
3. Bujoczek, G., Oleszkiewicz, J., Sparling, R., Cenkowski, S. (2000): High solid anaerobic digestion of chicken manure, *J. agric. Engng. Res.*, Vol. 76, 51- 60.
4. Butorac, A. (1999): *Opća agronomija, Školska knjiga, Zagreb*
5. Dalemo, M., Sonesson, U., Jönsson, H., Björklund, A. (1998): Effects of including nitrogen emissions from soil in environmental systems analysis of waste management strategies, *resources, Conservation and Recycling* Vol. 24, 363 – 381.
6. Jeyabal, A., Kuupuswany, G. (2001): Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its response in rice-legume cropping system and soil fertility. *Eur J Agron*, Vol. 15, 153-170.
7. Chae, K. J., Am Jang, S., Yim In, K., Kim, S. (2008): The effect of digestion temperature and temperature shock on the bio gas yields from the mesophilic anaerobic digestion of swine manure . *Bioresour Technol*, Vol 99, 1-6.
8. Katalinić, I., Pejaković, D., Brčić, J. (2000): *Spremanje sjenaže, Hrvatski zavod za poljoprivrednu savjetodavnu službu, Zagreb*
9. Kaltwasser, B. J. (1980): *Biogas – Regenerative Energieerzeugung durch anaerobe Fermentation organischer Abfälle in Biogasanlagen*, Book, Bauverlag GmbH, Berlin, Germany.

10. Krička, T., Čosić, T., Tomić, F., Jukić, Ž., Matin, A. (2007): Mineral composition of corn plant material after fertilization with meat-bone meal, *Cereal research communications*, Vol. 35, No. 2 (Part 1), 669-672.
11. Krička, T., Tomić, F., Voća, N., Janušić, V. (2007): Proizvodnja bioplina iz ostataka poljoprivredne proizvodnje, *Naftaplin – Znanstveno-stručno glasilo hrvatske udruge naftnih inženjera i geologa, Zbornik radova s 4. Međunarodnog znanstveno-stručnog skupa o naftnom gospodarstvu*, Zadar, 49-58.
12. Krička, T., Voća, N., Jurišić, V., Matin, A., Brlek Savić, T., Bilandžija, N. (2009): Proizvodnja bioplina i fermentiranog ostatka iz svinjske gnojovke, *Krmiva*, Vol. 51, No.2, 19-24.
13. Krička, T., Voća, N., Jurišić, V. (2009): Pojmovnik bioplina, *Grad Zagreb, Gradski ured za poljoprivredu i šumarstvo*, Zagreb
14. Lansing, S., Botero Botero, R.I., Martin, J.F. (2007): Waste treatment and biogas quality in small-scale agricultural digesters. *Bioresour Technol*, u tisku.
15. Magbanua, B.S., Adams, T.T., Jonston, P. (2001): Anaerobic codigestion of hog and poultry waste, *Bioresource Technology*, Vol. 76, 165 – 168.
16. Marchaim, U., Levanon, D., Danai, O., Musaphy, S. (1991): A suggested solution for slaughterhouse wastes: uses of the residual materials after anaerobic digestion, *Bioresource Technology*, Vol. 37, 127–134.
17. Shih, J.C.H. (1993): Recent development in poultry waste digestion and feather utilisation – a review, *Poultry Science*, Vol. 72, 1617–1620.
18. Sterling, M.C., Lacey, R.E., Engler, C.R., Ricke, S.C. (2001): Effect of ammonia nitrogen on H<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> production during anaerobic digestion of dairy cattle manure. *Bioresour. Technol.* Vol. 77: 9-18.
19. Voća, N., Krička, T., Čosić, T., Rupić, V., Jukić, Ž., Kalambura, S. (2005): Kakvoća digestiranog ostatka nakon anaerobne digestije pilećeg gnoja, *Krmiva*, Vol.47, No.2, 65-72.
20. ... Narodne novine 91/2001, (2001): Pravilnik o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda u RH.
21. .... ISO 1871:1975 (1975): General directions for the determination of nitrogen by the Kjeldahl method
22. ... Europska direktiva EC 91/676/ECC – «Nitratna direktiva»

## SUMMARY

Manure which consists of feces and urine of domestic animals, and sometimes of small amounts of litter, processed using micro-organisms is used as a fertilizer. But today, the organic manure can also be used as an energy-generating product through anaerobic fermentation as a by-product in the production of biogas, before its application in the field. Also, beside manure all kinds of plant material which can be anaerobically can be substrates for the biogas production. This work has established the relationship of biogenic elements (N, P, K) in AD and manure, after the biogas production and also the presence of certain isolated bacteria from *Escherichia*, *Bacillus*, *Enterococcus*, *Micrococcus*, *Proteus* and *Nocardia* species. Analysis of biogenic elements and bacteriological analysis were conducted on three different kinds of solid manure: chicken manure, pig manure and cow manure. In addition to the solid manure, analysis of biogenic elements were also conducted on corn silage, hay and clover - grass mixture. Based on the obtained results, it was found that the fermented sludge after the anaerobic fermentation, regardless of the raw material type can be applied in agricultural production, especially in lawn fertilization and field crops fertilization immediately after the process. Amounts of nitrogen and phosphorus are approximately equal as in the manure, while the amount of potassium is slightly smaller. From the bacteriological point of view, fermented sludge can be used in agriculture as organic fertilizer because *Salmonella* and *Listeria* have not been proven in any sample.

Keywords: solid manure, biogenic elements, anaerobic fermentation, fermented sludge