

Mogućnosti korištenja stajskog gnoja kao sirovine u proizvodnji bioplina

Nikolina Kelava Ugarković, Mila Vidulin, Zvonimir Prpić, Miljenko Konjačić

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska
(nkelava@agr.hr)

Sažetak

Ovisno o količini te načinu skladištenja i korištenja, stajski gnoj može doprinijeti onečišćenju zraka, vode, tla te emisiji stakleničkih plinova. Anaerobna digestija stajskog gnoja tijekom proizvodnje bioplina smanjuje rizik od navedenih onečišćenja. Proizvedeni bioplina može biti iskorišten za proizvodnju biometana, dok se nusproizvod proizvodnje bioplina, digestat, može koristiti se kao gnojivo ili stelja. Stoga je cilj ovog rada prikazati svojstva stajskog gnoja te njegove prednosti i nedostatke kao sirovine u proizvodnji bioplina.

Ključne riječi: stajski gnoj, bioplina, metan, anaerobna digestija, očuvanje okoliša

Uvod

Stočarstvo je sastavni dio poljoprivredne proizvodnje i gospodarstva neke zemlje. No, uzgoj domaćih životinja pored primarnih proizvoda (mlijeko/meso/vuna/vlakno/jaja) rezultira i neizbježnim nusproizvodom - stajskim gnojem. Na razini Europske unije ne postoji jedinstvena zakonska definicija stajskog gnoja. U Regulativi EC/1069/2009 navodi se da je stajski gnoj životinjski nusproizvod, odnosno svaki ekskrement i/ili urin farmskih životinja, izuzev riba, sa ili bez stelje. Direktiva 91/676/EEC, poznatija kao Nitratna direktiva, definira stajski gnoj domaćih životinja kao otpadni produkt koje izlučuju domaće životinje ili mješavinu stelje i otpadnih produkata koje izlučuju domaće životinje (Köninger i sur., 2021.). U Republici Hrvatskoj pojam „stajski gnoj“ definiran je u II. Akcijskom programu zaštite voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima poljoprivrednog podrijetla (NN 60/2017.). Prema navedenom Programu stajski gnoj čine kruti stajski gnoj, gnojovka, gnojnica i stajski gnoj kao organski gnoj u prerađenom obliku. Pojam *krutog stajskog gnoja* odnosi se na smjesu stelje, krutih i tekućih životinjskih izlučevina različitog stupnja biološke razgrađenosti, stabilnosti i zrelosti. *Gnojovka* je polutekuće stajsko gnojivo, smjesa krutih i tekućih životinjskih izlučevina, tj. stajski gnoj uglavnom bez stelje, dok je gnojnica tekući stajski gnoj, najčešće smjesa tekućih životinjskih izlučevina i otpadnih voda (obično nastaje kao tekući ostatak izlučevina koje stelja ne uspije upiti). Prema sadržaju vode stajski gnoj se dijeli na topli i hladni. Zbog velikog sadržaja vode, goveđi i svinjski gnoj su hladni, dok je stajski gnoj konja, magaraca, ovaca, koza, mazgi i mula topli (Brdarić i sur., 2009.).

U Europi (EU-27+Velika Britanija) godišnje se proizvode oko 1400 milijuna tona stajskog gnoja, pri čemu šest zemalja (Njemačka, Španjolska, Francuska, Italija, Poljska, Velika Britanija) proizvodi oko 68 % ukupne količine. Oko 75 % ukupne količine stajskog gnoja u EU potječe od goveda, a svinjogojstvo i peradarstvo doprinose svaki sa po 12 % ukupne količine proizvedenog stajskog gnoja (Köninger i sur., 2021.). Također, 60-70 % stajskog gnoja u EU-27 nastaje na farmama, dok 30-40 % nastaje pri pašnom držanju, poglavito goveda, ovaca i koza. Više od 50 % stajskog gnoja je u obliku gnojnice i/ili gnojovke, dok manje od 50 % je u formi krutog stajskog gnoja i sadrži stelju (Oenema i sur., 2007.).

Ukoliko se stajski gnoj pravilno ne skladišti i ne koristi na propisani način, može doprinijeti onečišćenju površinskih i podzemnih voda, kao i zraka. Stoga je cilj ovoga rada prikazati sastav i svojstva stajskog gnoja te mogućnosti njegova korištenja kao sirovine u proizvodnji bioplina.

Sastav i svojstva stajskog gnoja

Većina proizvedenog stajskog gnoja koristi se kao gnojivo na poljoprivrednim površinama stoga što popravljiva fizikalna i kemijska svojstva tla (zahvaljujući visokom puferskom kapacitetu), osigurava esencijalna mineralna hranjiva (N:P:K), povećava zalihe ugljika u tlu, stabilizira sadržaj organske tvari te omjer ugljika i dušika u tlu (Köninger i sur., 2021.). Dostupnost dušika kao primarnog hranjiva iz stajskog gnoja ovisi o formi u kojoj se nalazi. U krutom stajskom gnoju (>20 % suhe tvari) dušik se nalazi vezan za organsku tvar te je njegova mineralizacija spor proces koji traje 5-10 godina (Webb i sur., 2013.). Dušik iz gnojovke (4-20 % suhe tvari) i gnojnice (<4 % suhe tvari) podrijetlom od preživača sadrži dušik uglavnom u obliku amonijaka koji biljke mogu odmah koristiti, osobito u tlu siromašnom dušikom (Webb et al., 2013.). Međutim, problemi primjene stajskog gnojiva nastaju u slučajevima kad se zbog ograničenih i/ili nedovoljnih skladišnih kapaciteta stajski gnoj izlaže na poljoprivrednim površinama u svježem ili nedovoljno prerađenom stanju. Prema ranijim procjenama, oko 90 % hranjiva iz stajskog gnoja u EU završi na poljoprivrednim površinama u neprerađenom ili neznatno prerađenom obliku (Foged i sur., 2011.). U tim slučajevima hranjiva (dušik, fosfor i kalij) se nakupljaju u tlu u količinama koje biljke ne mogu iskoristiti.

Skladištenje, dozrijevanje te primjena stajskog gnoja na poljoprivrednim površinama rezultira i gubitkom dijela hranjiva uslijed hlapljenja. Procjenjuje se da u EU27 + UK stajski gnoj doprinosi emisiji metana (CH₄) sa 18,6 % i emisiji dušikovog(I)oksida (N₂O) sa 11,3 % (Eurostat, 2018.). Kako bi se spriječilo i kontroliralo onečišćenje voda nitratima iz poljoprivrednih izvora, na razini Europske unije propisano je da u tijeku jedne kalendarske godine poljoprivredno gospodarstvo može gnojiti poljoprivredne površine stajskim gnojem do granične vrijednosti primjene od 170 kg dušika/ha. Ujedno, skladištenje stajskog gnoja mora se provoditi na uređenim gnojištima, kao što su: platoi za kruti stajski gnoj, gnojišne jame, lagune, jame za gnojnicu, ili drugi spremnici. Svojom veličinom spremnici moraju omogućiti prikupljanje stajskog gnoja tijekom šestomjesečnog razdoblja (NN 60/2017.).

Količina i sastav proizvedenog stajskog gnoja određene su brojnim čimbenicima, kao što su: vrsta domaćih životinja, kategorija, hranidba i količina vode koju životinje popiju, proizvodni sustav, vrsta stelje i uvjeti skladištenja (Rayne i Aula, 2020.). Stoga se dostupni literaturni podaci o sastavu stajskog gnoja pojedinih vrsta domaćih životinja često razlikuju. Stajski gnoj prosječno sadrži 0,20-0,60 % dušika (N₂), 0,04-0,30 % fosfora (P₂O₅), 0,10-0,80 % kalija (K₂O), 0,07-1,00 % kalcija (CaO) i 0,03-0,06 % magnezija (MgO) (Brdarić i sur., 2009.). U II. Akcijskom programu zaštite voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima poljoprivrednog podrijetla navodi se da stajski gnoj goveda, ovaca i koza proizveden tijekom jedne godine sadrži 70 kg N/uvjetnom grlu (UG), stajski gnoj konja 60 kg N/UG, svinja 80 kg N/UG te peradi 85 kg N/UG. Salajpal i sur. (2014.) navode da mliječne krave godišnje proizvedu 22,6-23,4 t tekućeg stajskog gnoja, junad 8 t tekućeg stajskog gnoja, kobile i pastusi 10,9 t krutog stajskog gnoja, ovce 0,75-0,88 t krutog stajskog gnoja, krmače s prasadi 5,1 t tekućeg stajskog gnoja, svinje u tovu 1,2 t tekućeg stajskog gnoja, kokoši nesilice 0,053 t te brojleri 0,011 t krutog stajskog gnoja. Brdarić i sur. (2009) navode da jedno UG goveda dnevno izluči oko 46 L ekskrementa (uključujući urin), dok jedno UG svinja izluči oko 50 L ekskremenata.

Proces proizvodnje bioplina

Sukladno odredbama Direktive 2009/28/EZ o poticanju uporabe energije iz obnovljivih izvora, članice EU su do 2020. godine trebale ostvariti 20 % udjela obnovljive energije u ukupnoj potrošnji energije. Ujedno, u EU je prihvaćen cilj da se u razdoblju od 2020. do 2030. godine ostvari smanjenje emisije stakleničkih plinova za 40 % u odnosu na razinu iz 1900.-ih (Scarlet i sur., 2018.). Istodobno u većini zapadnoeuropskih zemalja postoji

problem iskorištenja svih količina stajskog gnoja kao gnojiva na poljoprivrednim površinama (ograničenje od 170 kg N/ha). Stoga, kako bi se spriječio negativan utjecaj na okoliš u vidu potencijalnog onečišćenja zraka, tla i voda te oslobađanja metana i ugljičnog dioksida tijekom skladištenja, primjenjuju se različiti tehnološki procesi kao što su spaljivanje, piroliza, rasplinjavanje. No, ovi procesi što zbog visokih ulaganja i/ili neučinkovitosti nisu značajnije zastupljeni u tretiranju stajskog gnoja. Anaerobnom digestijom (AD) stajskog gnoja kao biološkim tretmanom ostvaruje se bolji balans između ulaganja i učinkovitosti te rezultira korisnim (nus) proizvodima (bioplin, digestat) (Moeller i sur., 2004.; Al Seadi i sur., 2008.; Bošnjak i sur., 2018.). Bioplin nastaje tijekom biokemijskog procesa u kojem se složeni organski spojevi razgrađuju djelovanjem različitih vrsta bakterija u anaerobnim uvjetima. U većini slučajeva, u proizvodnji bioplina se koristi homogena mješavina dva ili više različitih supstrata te se taj postupak naziva kodigestija. Proces AD može se odvijati pri različitim temperaturnim uvjetima: psifrofilnim (<25 °C), mezofilnim (25-45 °C) i termofilnim (45-70 °C). Ipak, većina suvremenih bioplinskih postrojenja koristi termofilne uvjete tijekom AD zbog prednosti u odnosu na druge: učinkovito uništenje patogena, veća stopa rasta metanogenih bakterija, kraće trajanje digestije, poboljšana razgradnja i iskoristivost hranjivih tvari iz supstrata, bolja mogućnost razdvajanja tekuće i krute frakcije supstrata. Potencijalni nedostaci su: veća potrošnja energije tijekom zagrijavanja do viših temperatura, nastanak veće količine amonijaka koji inhibira proces AD te teže održavanje optimalnih uvjeta AD (Al Seadi i sur., 2008.). Proces AD se odvija u digestoru ili fermentatoru, zračno nepropusnom spremniku koji je toplinski izoliran i grijan. Ovisno o ulazu i izlazu sirovine iz fermentatora postoje obročni (sirovina se puni u jednom obroku, prolazi proces fermentacije i po završetku se u potpunosti prazni) i kontinuirani (kontinuirano punjenje sirovinom i stalna proizvodnja bioplina). Kontinuirani fermentatori ovisno o izvedbi mogu biti vertikalni i horizontalni. Prosječno vrijeme zadržavanja supstrata u digestoru je između 20 i 40 dana (ovisni o sirovini i temperaturi). Sirovine za proizvodnju bioplina razvrstavaju se najčešće ovisno o sadržaju suhe tvari, prinosu metana i udjelu hlapljivih tvari u ukupnoj suhoj tvari. U stajskom gnoju se osnovne komponente suhe tvari (ugljikohidrati, proteini i masti) razgrađuju tijekom četiri glavne faze anerobne digestije: hidroliza, acidogeneza, acetogeneza i metanogeneza. Bioplin sadrži 55-80 % metana, 20-40 % ugljikovog dioksida, u tragovima sumporovodika i ostale primjese (Truong i Abatzoglou, 2005.). Prednosti korištenja stajskog gnoja u proizvodnji bioplina su niska cijena, laka dostupnost, prirodna prisutnost anaerobnih bakterija te visoki sadržaj vode koja je otapalo za druge tvari (Al Seadi i sur., 2008.). Prilikom proizvodnje bioplina nastaje nusproizvod digestat koji ima smanjen udio hlapljivog dušika, ali poboljšava kvalitetu tla i prinose. U odnosu na stajski gnoj digestat sadrži veći udio amonijaka koji biljke lakše i brže koriste čime se sprječava procjeđivanje i dospijevanje dušika u vode (Díaz-Vázquez i sur., 2020.). Također, proizvodnjom bioplina smanjuje se pojava neugodnih mirisa i insekata koji inače nastaju tijekom skladištenja stajskog gnoja.

U stajskog gnoju goveda, svinja i peradi uglavnom se nalazi oko 80 % hlapljivih tvari u ukupnoj suhoj tvari te se prinos metana kreće od 0,20 do 0,60 m³/kg hlapljivih tvari. Prinos metana po toni suhe tvari za stajski gnoj je 200-250 m³ te je gotovo upola manji u odnosu na biljne sirovine (npr. ostatke iz prerade šećera, proizvodnje piva i alkoholnih pića, energetske usjevi). Stoga je kodigestija stajskog gnoja i biljnih komponenti uobičajena u povećanju učinkovitosti proizvodnje bioplina (Al Seadi i sur., 2008.). Dodatak zelene biljne mase povećava proizvodnju bioplina za 18-40 %, dok kodigestija sa sjetvenim ostacima sa većim udjelom suhe tvari (npr. slama) povećava prinose bioplina 10-80 % (Al Seadi i sur., 2008.). Naime, stajski gnoj nastaje kao rezultat probave biljne hrane u probavnom sustavu domaćih životinja te je stoga njegov potencijal za proizvodnju metana manji u odnosu na druge supstrate, odnosno biljne komponente. Također, stajski gnoj sadrži i veliki udio teže

probavljivih komponenti jer su one lakše probavljive već razgrađene u probavnom sustavu životinje (Liebetrau i sur., 2021.).

Glavni čimbenici učinkovitosti procesa AD su potencijal stajskog gnoja za proizvodnju bioplina, sadržaj vode u stajskom gnoju, nepoželjne i inhibirajuće komponente u stajskom gnoju, veličina stada odnosno količina proizvedenog stajskog gnoja (Liebetrau i sur., 2021.). Pri tome, sve ove komponente su međusobno ovisne. Visoki udio vode u stajskom gnoju (<10 % suhe tvari; npr. svinjska gnojovka) zahtjeva veći utrošak energije za postizanje i održavanje optimalne temperature digestije te povećava troškove prijevoza i potrebu za korištenjem dodatnih supstrata koji će povećati prinos metana. S druge strane, gnoj peradi ima veliki postotak suhe tvari što olakšava manipulaciju i prijevoz na veće udaljenosti te visoki postotak dušika. No, peradski stajski gnoj sadrži veće količine inertnih materijala (pijesak, kamenčići i sl.) koji mogu abrazivno djelovati na pokretne dijelove digestora i uzrokovati mehaničke probleme, a ujedno se talože na dno digestora, smanjujući njegov efektivni volumen. Osim toga, visok udio dušika predstavlja problem i izazov u održavanju optimalnih uvjeta u digestoru budući da rezultira nastankom većih količina amonijaka koji inhibira rast anaerobnih mikroorganizama.

Stajski gnoj goveda sadrži povoljniji udio dušika u odnosu na peradski ili svinjski stajski gnoj te se lako prevodi u metan. Brdarić i sur. (2009.) navode da bioplin iz goveđe gnojovke u RH sadržava prosječno 4,35 % dušika (N₂), 68,83 % metana i 26,81 % ugljikovog dioksida. Isti autori navode da se anaerobnom fermentacijom u trajanju od 40 dana pri mezofilnim uvjetima iz 1 kg goveđe gnojovke proizvede 31 L bioplina, a iz 1 kg svinjske gnojovke 14,83 L bioplina. Isplativost i opravdanost ulaganja u izgradnju bioplinskih postrojenja koja će koristiti stajski gnoj kao sirovinu treba zasnivati i na veličini farmi, odnosno broju domaćih životinja na pojedinom području. Tako stado od 50 mliječnih krava (što je manje-više prosjek veličine stada u većini razvijenih zemalja) nije dovoljno za proizvodnju dostatnih količina stajskog gnoja za ekonomski isplativu proizvodnju bioplina (Liebetrau i sur., 2021.). Stoga, s obzirom na broj domaćih životinja i veličinu farmi u RH, preporučuje se izgradnja mikro bioplinskih postrojenja (10-50 kW) (Energetika-net, 2018.).

Zaključak

Stajski gnoj je zbog niske cijene, dostupnost, prirodno prisutnih anaerobnih bakterija te visokog sadržaj vode poželjna sirovina u proizvodnji bioplina. Ipak, kako bi se ostvarili veći prinosi bioplina poželjno je stajski gnoj koristiti u kodigestiji sa biljnim sirovinama. Stajski gnoj goveda ima bolji potencijal proizvodnje bioplina u odnosu na peradski ili svinjski.

Literatura

- Al Seadi T., Rutz D., Prassl H., Köttner M., Finsterwalder T., Volk S., Janssen R. (2008). Biogas handbook. Esbjerg, Denmark: University of Southern Denmark.
- Bošnjak R., Prpić Z., Kelava Ugarković N., Konjačić M., Vnućec I. (2018). Possibilities for mitigating the environmental footprint of dairy ruminants. *Mljekarstvo*. 68(3): 153-168.
- Brdarić, D., Kralik, D., Kukić, S., Spajić, R., Tunjić G. (2009). Konverzija organskog gnoja u bioplin. *Poljoprivreda*. 15(2): 3-7.
- Direktiva 2009/28/EZ Directive 91/676/EEC of the Council of the European Communities of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources.
- Energetika-net (2018.). Raspoloživo: <http://www.energetika-net.com>
- Eurostat (2018). Agri-Environmental Indicators Greenhouse Gas Emissions. Raspoloživo: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Agri-environmental_indicator_-_greenhouse_gas_emissions&oldid=374989

- Foged, H., Flotats, X., Blasi, A.B., Palatsi, J., Magri, A., Schelde, K.M. (2011). Inventory of manure processing activities in Europe. Technical Report No. I concerning 'Manure Processing Activities in Europe' to the European Commission, Directorate-General Environment.
- Köninger J., Lugato E., Panagos P., Kochupillai M., Orgiazzi A., Briones M.J.I. (2021). Manure management and soil biodiversity: Towards more sustainable food systems in the EU. *Agricultural Systems*. (194): 103251.
- Liebetrau J., O'Shea R., Wellisch M., Lyng K.A., Bochmann G., McCabe B.K., Harris P.W., Lukehurst C., Kornatz P., Murphy J.D. (2021). Potential and utilization of manure to generate biogas in seven countries. Objavljeno u: IEA Bioenergy Task, Murphy J.D. (Ed.), 37, 2021: 6.
- Moeller H.B. , Sommer S.G. , Ahring B.K. (2004). Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. *Biomass Bioenergy*. 26: 485-495.
- NN 60/2017. II. Akcijski program zaštite voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima poljoprivrednog podrijetla. Zagreb: Ministarstvo poljoprivrede.
- Oenema O., Oudendag D., Velthof G.L. (2007). Nutrient losses from manure management in the European Union. *Livestock Science* 112(3): 261-272. Raspoloživo: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.09.007>
- Rayne N., Aula L. (2020). Livestock manure and the impacts on soil health: a review. *Soil Systems*. 4: 64. Raspoloživo: <https://doi.org/10.3390/soilsystems4040064>
- Regulation 1069/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption.
- Sajalpal K., Vnučec I., Konjačić M. (2014). Analiza opterećenja površinskih i podzemnih voda iz stočarske proizvodnje. Objavljeno u: *Utjecaj poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda u Republici Hrvatskoj*. Zagreb: Sagra.
- Scarlat N., Fahl F., Dallemand J.F., Monforti F., Motola V. (2018). A spatial analysis of biogas potential from manure in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 94: 915-930. Raspoloživo: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.035>.
- Truong L.V.A, Abatzoglou N. (2005). A H₂S reactive adsorption process for the purification of biogas prior to its use as a bioenergy vector. *Biomass Bioenergy*. 29(2): 142–151.
- Webb J., Sørensen P., Velthof G., Amon B., Pinto M., Rodhe L., Salomon E., Hutchings N., Burczyk P., Reid J. (2013). An assessment of the variation of manure nitrogen efficiency throughout Europe and an appraisal of means to increase manure-N efficiency. *Advantages in Agronomy*. 119: 371-442.

Possibilities of using manure as a raw material in biogas production

Abstract

Depending on the yield, storage and application, manure can contribute to pollution of air, water, soil and greenhouse gas emissions. Anaerobic digestion of manure during biogas production reduces the risk of these contaminants. The produced biogas can be used for biomethane production, while the by-product of biogas production, digestate, can be used as fertilizer or litter. Therefore, the aim of this paper is to present the properties of manure and its advantages and disadvantages as raw materials in biogas production.

Key words: livestock manure, biogas, methane, anaerobic digestion, environment protection