

Biblid: 0350-2953 (2007) 33: 3-4, p. 220-226

Originalni naučni rad

UDK: 662.767.2:636.4:631.22

Original scientific paper

ENERGETSKI I EKOLOŠKI POKAZATELJI PLANIRANOG BIOGAS POSTROJENJA NA FARMI SVINJA

ENERGY AND ENVIRONMENTAL INDICATORS FOR THE PLANNED BIOGAS FACILITY ON PIG FARM

Đatkov Đ,* Nedić D,** Janić T.***

REZIME

Proučavani su energetske bilansi i ekološki efekti koji bi se postigli eksploatacijom planiranog biogaz postrojenja na farmi svinja u Velikim Radincima. Na osnovu sadašnjeg broja svinja i goveda na farmi (ukupno oko 3.000 uslovnih grla), izračunata je godišnja moguća proizvodnja biogasa. Osim proizvodnje biogasa iz osoke životinja, u obzir je uzet kao kosupstrat, i silaža kukuruza sa 300 ha. Na osnovu moguće proizvodnje biogasa iz supstrata i kosupstrata, urađena je analiza moguće proizvodnje električne i toplotne energije i utvrđeno da bi se postigla potpuna energetska nezavisnost, a moguća proizvodnja električne i toplotne energije iznosi 4,5 GWh_{el}/a i 5,3 GWh_{th}/a. Zatim, moguće je sprečiti emisiju znatne količine gasova, koji značajno doprinose efektu staklene bašte, a to su ugljen-dioksid i metan, od 2.361 t/a i 815 t/a.

Ključne reči: biogaz postrojenje, energetske bilansi, ekološka analiza

SUMMARY

Studied in this paper are budgets and environmental effects that could be achieved through exploitation of biogas facility which is planned on the pig farm in Veliki Radinci. Based on the present number of pigs and cattle on the farm (a total of 3.000 units), annual biogas production potentials were calculated. In addition to biogas production from animal waste water, corn silage cosubstrate from 300 ha was also taken into consideration. Using the data on potential biogas production from substrate and cosubstrate, analysis was made to determine the possible production of electricity and thermal energy. It was established that the calculated production of electrical (4,5 GWh_{el}/a) and thermal energy (5,3 GWh_{th}/a) could provide for total energy independence. Furthermore, it could be possible to prevent emission of substantial quantities of greenhouse gases, i.e. 2.361 t/a of carbon-dioxide and 815 t/a of methane.

Key words: biogas facility, energy budget, environmental analysis

* Đorđe Đatkov, dipl. inž, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

** Dušan Nedić, dipl. inž, „Mitrosrem”, Sremska Mitrovica

*** Dr Todor Janić, vanredni profesor, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad

UVOD

Vojvodina predstavlja značajnu poljoprivrednu regiju, a samim tim su i potencijali proizvodnje biogasa veliki. Ranih osamdesetih godina bilo je izgrađeno nekoliko postrojenja, od kojih se danas u eksploataciji ne nalazi ni jedno. Neka od postrojenja nikad nisu ni proradila, zbog tehničko-tehnoloških propusta u rešenjima još prilikom njihove izrade, a ostala su prestala da rade zbog lošeg održavanja i nepridržavanja propisa o korišćenju. Primena i razvoj biogas tehnologije u Vojvodini i Srbiji je u prekidu, ali se već u bliskoj budućnosti očekuje izgradnja novih biogas postrojenja, zbog orijentacije ka zaštiti i očuvanju životne sredine i korišćenju obnovljivih izvora energije.

Farma svinja u Velikim Radincima jedna je od tzv. „većih” farmi na kojima je moguće organizovati proizvodnju biogasa, pa se uvrštava u potencijalne investitore u biogas postrojenja. Osim „Mitrosrema”, potencijalni investitori u biogas postrojenja prvenstveno su farme sa više od 1.000 uslovnih grla stoke i veliki zagađivači životne sredine, pre svega, otpadnim vodama i organskim otpacima (Tešić i sar, 2006).

MATERIJAL I METOD RADA – PRORAČUNI

Moguća proizvodnja biogasa

Farma u Velikim Radincima uzgaja do 20.000 grla tovnih svinja po turnusu. Polovinom 2006, na farmi se nalazi oko 800 tovnih junadi, 17.300 tovnih svinja, 3.000 prasića i 1.300 rasplodnih krmača. Da bi se izračunalo kolika je moguća proizvodnja biogasa na farmi, potrebno je prvo izračunati broj uslovnih grla (UG) stoke Z_{ug} , koji se dobija množenjem broja grla stoke faktorom brojnosti f_b^* .

Kada se izračuna broj uslovnih grla, njegovim množenjem sa mogućom dnevnom prosečnom proizvodnjom biogasa po uslovnom grlu f_g^* , dobija se dnevna moguća proizvodnja biogasa V_g . Proizvodnja biogasa računa se posebno za svaku vrstu životinje:

Od goveda

Broj uslovnih grla goveda je:

$$Z_{ugg} = z \cdot f_b = 800 \cdot 0,7 = 560 \text{ UG} \quad (1)$$

Dnevna proizvodnja biogasa od goveda je:

$$V_{gg} = f_g \cdot Z_{ugg} = 0,755 \cdot 560 = 423 \text{ m}^3/\text{d} \quad (2)$$

*koeficijenti f_g i f_b preuzeti su iz (Đulbić, 1986) i (Biomasse Info-Zentrum. 2004).

Od svinja

Starosna struktura svinja na farmi je različita, pa se broj UG prema (Đulbić, 1986), izračunava na sledeći način:

$$Z_{ugs} = 11640 \cdot 0,16 = 1863 \text{ UG od tovnih svinja (preko 50 kg)} \quad (3)$$

$$Z_{ugs} = 5660 \cdot 0,06 = 340 \text{ UG od tovnih svinja (od 20 do 50 kg)} \quad (4)$$

$$Z_{ugs} = 3000 \cdot 0,02 = 60 \text{ UG od prasića (manje od 20 kg)} \quad (5)$$

$$Z_{ugs} = 1300 \cdot 0,33 = 429 \text{ UG od rasplodnih krmača} \quad (6)$$

Zatim, proizvodnja biogasa, takođe je različita za životinje različitog uzrasta, pa će proizvodnja biogasa od pojedinih grupa svinja iznositi:

$$V_{gs} = 1,275 \cdot 1863 = 2375 \text{ m}^3/\text{d od tovnih svinja} \quad (7)$$

$$V_{gs} = 1,275 \cdot 340 = 430 \text{ m}^3/\text{d} \text{ od tovnih svinja} \quad (8)$$

$$V_{gs} = 1,1 \cdot 60 = 66 \text{ m}^3/\text{d} \text{ od prasića} \quad (9)$$

$$V_{gs} = 1,602 \cdot 429 = 687 \text{ m}^3/\text{d} \text{ od rasplodnih krmača} \quad (10)$$

Na osnovu toga, ukupna dnevna proizvodnja biogasa od svinja čini zbir $2375+430+66+687 \text{ m}^3/\text{d}$, i ukupno iznosi $3.560 \text{ m}^3/\text{d}$.

Od kosupstrata

Za proizvodnju biogasa od kosupstrata, predviđena je silaža kukuruza. Na poljima farme, kukuruz je zasejan na 2.484 ha. Za proizvodnju biogasa, predviđena je silaža kukuruza sa 300 ha. Prosečan prinos silaže kukuruza iznosi oko 10 t/ha, što znači da je za proizvodnju biogasa predviđeno 3.000 t silažnog kukuruza (Đatkov, 2006). Ako se pretpostavi da je fermentor u pogonu 350 dana u godini, svakodnevno bi se u fermentor morala da unosi količina silažnog kukuruza od oko 8,5 t. Dnevni prinos biogasa V_{gk} iz kosupstrata iznosi:

$$V_{gk} = f_z \cdot Q_0 = 171 \cdot 8,5 = 1.450 \text{ m}^3/\text{d}, \quad (11)$$

gde su:

f_z (m^3/t kosupstrata) - prinos biogasa po t kosupstrata

Q_0 (t kosupstrata/d) - količina kosupstrata koja, se dnevno ulaže u fermentor.

Prinos biogasa po t silaže kukuruza iznosi 171 m^3 (Biomasse Info-Zentrum. 2004), pa je od predviđene količine kosupstrata dnevno moguće proizvoditi 1.450 m^3 biogasa.

Energetski bilansi gazdinstva i energetski pokazatelji potencijalnog postrojenja

Za potrebe grejanja radnih, administrativnih i prostorija u kojima se nalazi stoka, izgrađeno je postrojenje u kojem se sagoreva propan-butan. Grejanje prostorija za stoku je vazdušno, pomoću kalorifera koji uduvava topao vazduh. Za vreme grejne sezone, potroši se 120 t propan-butana, što predstavlja $1,2 \cdot 10^6 \text{ kWh}_{th}$ potrebne toplotne energije u toku godine. Sada se postrojenje na propan-butan više ne koristi, jer je izgrađen kotao snage 750 kW_{th} na biomasu, u kojem se sagoreva soja i pšenična slama sa polja gazdinstva. Uz to, za vreme grejne sezone potroši se od 1,3 do $1,5 \cdot 10^6 \text{ kWh}$ električne energije. Pošto ne postoji podatak o potrošnji električne energije u toku cele godine, procenjuje se da, na osnovu potrošnje u toku grejne sezone, ukupna godišnja potrošnja električne energije iznosi oko $2 \cdot 10^6 \text{ kWh}_{el}$ (Đatkov, 2006).

Izgradnjom biogas postrojenja, ostvarila bi se moguća proizvodnja biogasa od $423 \text{ m}^3/\text{d}$ iz osoke goveda i $3.560 \text{ m}^3/\text{d}$ iz osoke svinja, a osim toga i $1.450 \text{ m}^3/\text{d}$ iz silaže kukuruza, što ukupno čini oko $5.430 \text{ m}^3/\text{d}$ biogasa. Da bi se izračunala potrebna snaga agregata, potrebno je poznavati toplotnu moć biogasa. Donja toplotna moć metana iznosi 35.830 kJ/Nm^3 , a pod pretpostavkom da je procentualni udeo metana u biogasu u proseku 60%, toplotna moć biogasa iznosi 21.500 kJ/Nm^3 ili $5,97 \text{ kWh/m}^3$ (Đulbić, 1986). Na osnovu moguće proizvodnje biogasa, izrazima (12) i (13) izračunava se potrebna električna i toplotna snaga agregata. Stepni efikasnosti usvojeni su prema katalogu proizvođača gasnih agregata firme „Jenbacher” [6].

$$P_{el} = H_d \cdot V_{guk} \cdot \eta_{el} / n = 5,97 \cdot 5.430 \cdot 0,40 / 21 = 620 \text{ kW}_{el} \quad (12)$$

$$P_{th} = H_d \cdot V_{guk} \cdot \eta_{th} / n = 5,97 \cdot 5.430 \cdot 0,45 / 21 = 695 \text{ kW}_{th}, \quad (13)$$

gde su:

H_d (kWh/m³) – donja toplotna moć biogasa

V_{guk} (m³/d) – ukupna dnevna proizvodnja biogasa

η_{el} (%) – električni stepen efikasnosti agregata

η_{th} (%) – termički stepen efikasnosti agregata

n (h/d) – broj sati rada agregata u jednom danu

Na osnovu potrebne električne i toplotne snage agregata i stepena sigurnosti za određenu rezervu u snazi agregata, izabrana su dva jednaka gasna agregata od kojih svaki ima snagu od 335 kW_{el} i 391 kW_{th}, što ukupno daje 670 kW_{el} i 782 kW_{th}. Pošto je usvojena snaga agregata veća od potrebne snage agregata za sagorevanje moguće proizvedene količine biogasa, broj sati rada agregata sada će biti manji da bi se sagorela ista količina biogasa i iznosi 19,5 h/d.

Zatim, može da se izračuna moguća proizvodnja električne (E_{pr}) i toplotne energije (T_{pr}) u toku godine:

Godišnja proizvodnja električne energije:

$$E_{pr} = P_{el} \cdot n \cdot 350 = 670 \text{ kW}_{el} \cdot 19,5 \text{ h/d} \cdot 350 \text{ d/a} = 4.572.750 \text{ kWh}_{el}/a \quad (14)$$

Godišnja proizvodnja toplotne energije:

$$T_{pr} = P_{th} \cdot n \cdot 350 = 782 \text{ kW}_{th} \cdot 19,5 \text{ h/d} \cdot 350 \text{ d/a} = 5.337.150 \text{ kWh}_{th}/a \quad (15)$$

Ekološki efekti planiranog postrojenja

Najveći pozitivan doprinos planiranog biogas postrojenja na farmi u Velikim Radincima i biogas postrojenja uopšte, ogleda se u smanjenju emisije ugljen-dioksida i metana, sprečavanju štetnog delovanja nerazgrađene osoke na okolno zemljište, kao i smanjenju prostiranja neprijatnog mirisa.

Smatra se da ugljen-dioksid, koji nastaje pri sagorevanju biogasa, ne doprinosi povećanju efekta staklene bašte, jer su biljke odgovarajuću količinu ugljen-dioksida prethodno preuzele u procesu fotosinteze iz atmosfere i vezale je u organsku masu. Do emisije metana, koji je bar 23 puta odgovorniji za stvaranje efekta staklene bašte nego ugljen-dioksid, kod postrojenja za biogas sa zaptivenim fermentorom može da dođe samo u slučaju havarija, ukoliko dođe do ispuštanja biogasa u atmosferu (Effenberger i sar, 2004).

Redukcija emisije ugljen-dioksida

Redukcija emisije ugljen-dioksida izračunata je na osnovu vrednosti emisije ugljen-dioksida koja bi se odavala u atmosferu, kada bi se ista količina električne energije proizvela iz fosilnih goriva. Emisija ugljen-dioksida u slučaju proizvodnje električne energije iz fosilnih goriva u termo-elektranama, iznosi 0,27 kg CO₂/kWh_{el}. Ova vrednost dobijena je na osnovu stehiometrijskih proračuna sagorevanja fosilnih goriva. Vrednost redukovane emisije ugljen-dioksida na godišnjem nivou dobija se kada se količina električne energije, koja bi se proizvela izgradnjom biogas postrojenja, pomnoži iznosom emisije u slučaju sagorevanja fosilnih goriva:

$RCO_2 = 4.572.750 \text{ kWhel/a} \cdot 0,27 \text{ kg CO}_2/\text{kWhel} = 1.234.640 \text{ kg CO}_2/\text{a} = 1.235 \text{ t CO}_2/\text{a}$,

gde je:

R_{CO_2} - Redukovana emisija ugljen-dioksida na godišnjem nivou, koja bi se ispuštala u atmosferu sagorevanjem fosilnih goriva [$\text{t CO}_2/\text{a}$]

Godišnja proizvodnja biogasa na farmi svinja u Velikim Radincima iznosi $1,9 \cdot 10^6 \text{ Nm}^3$. Ako se pretpostavi da je zapreminski udeo ugljen-dioksida u biogasu 30%, znači da se godišnje iz nezaštićenih laguna u atmosferu ispusti $0,57 \cdot 10^6 \text{ Nm}^3$ ugljen-dioksida. Gustina ugljen-dioksida iznosi $1,9768 \text{ kg/Nm}^3$, pa se preračunavanjem dobije da se godišnje u atmosferu ispusti 1.126 t ugljen-dioksida.

Ukupnu redukciju ugljen-dioksida čini zbir redukcije ugljen-dioksida zbog toga što se neće sagorevati fosilna goriva i količine koja se neće emitovati iz nezaštićene lagune u atmosferu, $1.235 + 1.126 = 2.361 \text{ t/a}$.

Redukcija emisije metana

Na osnovu dnevne proizvodnje biogasa od 5.430 Nm^3 , godišnja proizvodnja biogasa iznosi oko $1,9 \cdot 10^6 \text{ Nm}^3$, a metana oko $1,14 \cdot 10^6 \text{ Nm}^3$, uz pretpostavku da je procentualni udeo metana u biogasu 60%. Udeo metana u biogasu od 60% je prosečna vrednost, jer se vrednosti kreću od 50 do 75%. Gustina metana iznosi $0,717 \text{ kg/m}^3$, pa se dobija da se godišnje proizvede oko 815 t metana. Pošto se izgradnjom i eksploatacijom biogas postrojenja sprečava emisija metana u atmosferu, proizilazi da će sprečena emisija metana iznositi 815 t/a .

Redukcija zagađivanja zemljišta

Osim štetnog delovanja gasova ispuštenih u atmosferu, dodatno životnu sredinu zagađuje i osoka ispuštena u zemljište ili vodotokove. Na farmi u Velikim Radincima dnevno se proizvede oko 114 m^3 osoke, a na godišnjem nivou oko $40 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ (Đatkov, 2006). Ta osoka se sada ne razgrađuje kontrolisano, nego se pušta u nezaštićeno zemljište. Time se zagađuje okolno zemljište, podzemne vode, pa i vodotokovi koji su spojeni sa podzemnim vodama. Izgradnjom biogas postrojenja potpuno bi se otklonio ovaj štetan uticaj, a prevrela tečnost koja u sebi još uvek sadrži organsku materiju, tretirala bi se u rezervoaru prevrele tečnosti aerobnom fermentacijom. Nakon toga bilo bi potpuno bezbedno ispustiti ovakav sadržaj u okolinu.

Redukcija ostalih štetnih materija

Pri energetskom korišćenju biogasa u agregatima za spregnutu proizvodnju električne i toplotne energije oslobađaju se, pre svega, ugljen-monoksid (CO), azotni oksidi (NO_x), sumpor-dioksid (SO_2), kao i čestice formaldehida i nesagoreli metan. Emisije CO i NO_x srazmerne su onima koje se javljaju pri emisijama iz agregata SUS u vozilima. Posmatrano u apsolutnim iznosima, koncentracije SO_2 u izduvnim gasovima agregata pogonjenih biogasom, znatno su ispod graničnih vrednosti. Emisija čađi kod agregata u kojima se sagoreva biogas, po pravilu, manja je nego kod dizel-agregata [4].

Emisija NO_x

Prema katalogu proizvođača gasnih agregata „Jenbacher“, data je vrednost količine NO_x koja se ispusti u atmosferu sagorevanjem 1 Nm^3 biogasa, a za usvojene agregate ona

iznosi maksimum 500 mg/Nm³ (www.gejenbacher.com), pa se godišnje u atmosferu ispusti maksimum 0,950 t azotnih oksida (NO_x).

U radu su korišćeni publikovani zakonski propisi koji se odnose na normativnu regulaciju rada Poljoprivrednih stručnih službi, s aspekta potreba države i Vojvodine. Konsultovana je i određena literatura o nastanku, razvoju i ciljevima delovanja Poljoprivredne savetodavne službe Vojvodine.

REZULTATI I DISKUSIJA

Proizvedena količina električne i toplotne energije višestruko premašuju potrebe farme. Preostali deo energije je na raspolaganju za prodaju spoljnom potrošaču. Na taj način može da se ostvari isplativost postrojenja, što najviše zavisi od uslova plasmana električne energije, koji treba da odredi država.

U tab.1. prikazani su osnovni bilansi biogasa i energije na farmi, ukoliko se izgradi biogas postrojenje. Vidi se da postoje znatne količine električne i toplotne energije za prodaju, a one iznose oko 2,57 GWh_{el}/a i 4,13 GWh_{th}/a, respektivno. Pošto je proizvodnja osoke aktuelna u toku cele godine, biogas mora da se proizvodi u toku cele godine. Skladištenje biogasa uglavnom se ne isplati, pa njegova potrošnja mora biti kontinualna, tj. usklađena sa proizvodnjom. Ovo predstavlja problem, jer je potreba za toplotnom energijom u letnjem periodu znatno smanjena.

Tab. 1 Proizvodnja i potrošnja energije na farmi u Velikim Radincima, ukoliko se izgradi biogas postrojenje

Tab. 1 Production and consume of energy on farm in Veliki Radinci, in the case of utilisation of biogas plant

Ukupna proizvodnja biogasa/ Total production of biogas	m ³ /d m ³ /d	5.430
Ukupna proizvodnja biogasa/ Total production of biogas	m ³ /a m ³ /a	1,9·10 ⁶
Električna energija za sopstvene potrebe/ Electrical power for farm	MWh _{el} /a MWh _{el} /a	2.000
Toplotna energija za sopstvene potrebe/ Thermal power for farm	MWh _{th} /a MWh _{th} /a	1.200
Proizvedena električna energija/ Produced electrical energy	MWh _{el} /a MWh _{el} /a	4.573
Proizvedena toplotna energija/ Produced thermal energy	MWh _{th} /a MWh _{th} /a	5.337
Električna energija za prodaju/ Electrical energy for sale	MWh _{el} /a MWh _{el} /a	2.573
Toplotna energija za prodaju/ Thermal energy for sale	MWh _{th} /a MWh _{th} /a	4.137

Vrednosti sprečenih emisija štetnih gasova prikazane su u tab. 2. Ugljen-dioksid koji se emituje iz agregata sagorevanjem biogasa ne doprinosi povećanju efekta staklene bašte,

tako da je uticaj ugljen-dioksida na povećanje efekta staklene bašte u potpunosti sprečen. Količina nesagorelog metana koja se emituje iz agregata u atmosferu, može da se smatra zanemarljivom. Emisija NO_x gasova, koja se ostvari sagorevanjem biogasa u gasnim agregatima, od 0,950 t/a je praktično zanemarljiva, ako se uporedi sa sprečenom emisijom ugljen-dioksida od oko 2.361 t/a.

Tab. 2 Ekološki doprinos planiranog biogas postrojenja

Tab. 2 Ecological contribution of planed biogas plant

Sprečena emisija ugljen-dioksida/ Disabled emission of carbon-dioxide	t/a t/a	2.361
Sprečena emisija metana/ Disabled emission of methane	t/a t/a	815
Sprečen uticaj nerazgrađene osoke na zemljište/ Disabled contribution of untreated manure on surrounded ground	m ³ m ³	40 · 10 ³
Emitovana emisija NO _x / NO _x emission	t/a t/a	0,950

ZAKLJUČAK

Izgradnjom biogas postrojenja na farmi u Velikim Radincima, postigla bi se višestruka korist kako u oblasti zaštite životne sredine smanjenjem zagađenja atmosfere, tako i u oblasti energetike. Sprečene su emisije gasova u atmosferu koji su veoma štetni, jer doprinose povećanju efekta staklene bašte i ostvarena je potpuna energetska nezavisnost farme. Plasman preostale količine energije ostvario bi prihode, a visina tih prihoda odredila bi stepen ekonomičnosti rada, a time i isplativost izgradnje postrojenja.

LITERATURA

1. Biomasse Info-Zentrum. 2004. Basisdaten Biogas Deutschland, Bundesministerium für Verbraucherschutz.
2. Đatkov Đ. 2006. Energetsko, ekonomsko i ekološko vrednovanje rada potencijalnog biogas postrojenja u PK „Mitrosrem”, na farmi svinja u Velikim Radincima. Diplomski rad, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
3. Đulbić M. 1986. *Biogas - dobijanje, korišćenje i gradnja uređaja*. Beograd: Tehnička knjiga.
4. Effenberger M, Gronauer A, i Maša Bukurov. 2004. Doprinos zaštiti životne sredine korišćenjem biogasa. *Procesna tehnika i energetika u poljoprivredi* 8:3-4: 68-71.
5. Tešić M, Maša Bukurov, Šefčić Đ, Đatkov Đ, Adamović D, Arsenov O, Nikolić M, Molnar E, Zorka Karastanković i Ivana Jocić. 2006. Biogas plants in Vojvodina. *In proc. Joint workshop of geothermal and biomass energy sources for countries along the Dube*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 25-27 May.

Primljeno: 26.12.2006.

Prihvaćeno: 30.12.2006.