

ANALIZA ENERGETSKOG BILANSA PROIZVODNJE BIOGASA IZ KUKURUZNE SILAŽE U SRBIJI

ANALYSIS OF THE ENERGY BALANCE OF BIOGAS PRODUCTION FROM MAIZE SILAGE IN SERBIA

Saša Babić¹⁾, dr Milan. Z. Despotović²⁾, Branimir Milosavljević³⁾

Rezime: U zadnjih nekoliko godina svetsko tržište biogasa beleži značajan porast pa su mnoge zemlje razvile moderne tehnologije za proizvodnju biogasa kao i konkurentna nacionalna tržišta biogasa značajno pomognuta državnim subvencijama i podrškom javnosti. Širom Evrope trenutno se primenjuju različite šeme podrške generisanju električne i toplotne energije iz obnovljivih izvora naročito iz biogasnih postrojenja. Jedan od načina koji se propagiraju od strane mnogih stručnjaka da se poveća upotreba biomase je znatno povećanje cene fosilnih goriva, jer je energija iz biomase još znatno skuplja od energije iz fosilnih goriva. Cilj ovog rada jeste da se ukaže neophodnost iznalaženja odgovarajućeg rešenja, ali i mogućnost značajnog povećanja proizvodnje energije iz biomase. Kroz rad će se dati odgovor na pitanje da li je proizvodnja biogasa iz kukuruzne silaže trenutno ekonomski opravdana u Srbiji i da li se ovom vrstom goriva stvarno postižu zadovoljavajući efekti kao alternativnog goriva.

Ključne reči: Biogas, kukuruzna silaža

Abstract: In the last few years the world market of biogas recorded significant growth and many countries have developed modern technologies for producing biogas and competitive national market significantly assisted with state subsidies and public support. Across Europe currently apply different support schemes to generate electricity and thermal energy from renewable sources especially from biogas facilities. One way that is propagated by many experts to increase the use of biomass is significantly increasing the price of fossil fuels because the energy from biomass significantly more expensive than energy from fossil fuels. The aim of this paper is to point the necessity of finding appropriate solutions, and the possibility of a significant increase in energy production from biomass. Through the work will be given an answer to the question whether the production of biogas from maize silage currently economically justified in Serbia and whether this type of fuel actually achieve a satisfactory effect as alternative fuel.

Key words: Biogas, maize silage

1. UVOD

Povećanje korišćenja biomase u proizvodnji energije može se postići jednovremenim aktivnostima u više oblasti. Neophodno je uspostaviti odnos cena energenata koji neće davati prednost uvoznim energentima i električnoj energiji. U poljoprivredi treba stvoriti uslove da poljoprivredna gazdinstva što više koriste sopstvene ostatke biomase za proizvodnju energije, odnosno stimulisati organizovanje što više energetski nezavisnijih farmi. Smisao korišćenja biomase širi je od same ekonomske dobiti jer se korišćenjem biomase ostvaruju brojni pozitivni učinci, otvaranje novih radnih mesta, povećanje konkurentnosti poljoprivrede kao i regionalnih i lokalnih aktivnosti. Ako ostatke posle žetve sakupimo i ubacimo u digestator i primenom anaerobne digestije izdvojimo biogas koji možemo da pretvorimo u električnu ili toplotnu energiju to može unaprediti ekonomsku politiku jedne farme ili farmera na način što će ona/on ostvariti dodatni

profit od prodaje tako proizvedene električne ili toplotne energije. Trenutno se kod nas ostaci posle žetve uglavnom spaljuju na njivama ili se kao bale koriste za spaljivanje u kotlovima za spaljivanje biomase čime se uglavnom ostvaruje proizvodnja toplotne energije koja je jedva dovoljna za zadovoljavanje sopstvenih potreba.

2. BIOGAS KAO ENERGENT

U zadnjih nekoliko godina svetsko tržište biogasa beleži značajan porast pa su mnoge zemlje razvile moderne tehnologije za proizvodnju biogasa kao i konkurentna nacionalna tržišta biogasom značajno pomognute državnim subvencijama i podrškom javnosti. Evropski sektor biogasa broji na hiljade biogasnih postrojenja, a zemlje poput Austrije, Danske, Nemačke, Finske i Švedske su predvodnice u razvitku ove tehnologije [1].

1) dipl. ing. saob. Saša Babić, Marfin bank AD Beograd, e-mail:babicsf@nadlanu.com

2) Prof. dr Milan Z. Despotović, Mašinski fakultet u Kragujevacu, e-mail:mdespotovic@kg.ac.rs

3) dipl. ing. saob. Branimir Milosavljević, ATP Morava AD Vrnjačka Banja, e-mail: lenka1809@gmail.com

Kod razmatranja ideje i projektovanja ovakvih sistema potrebno je sagledati troškove investicija kao i operativne troškove sa jedne strane i koristi od prodaje ili korišćenja energije dobijene jednim ovakvim postupkom sa druge strane. Ako su troškovi ovakvog postrojenja veći od same dobiti ovakva jedna ideja nema ekonomsku opravdanost i osuđena je već na početku na propast. Veoma je bitno da postrojenje za proizvodnju biogasa ima jasnu sliku o tome koji vid energije je potrebno da proizvodi tj. da sagleda koji tip energije bi odgovarao potencijalnim potrošačima kao i troškove isporuke ovakve energije. Sagorevanje biogasa je moguće ostvariti na razne načine a to upravo zavisi od veličine postrojenja koje se koristi za dobijanje biogasa. Važno je osigurati se i dovoljnim količinama biomase na duže vreme za planirano biogasno postrojenje [4].

U prvom koraku bi trebalo odrediti koju količinu biogasa možemo dobiti iz biomase i sa kojom možemo raspolagati duže vreme. U drugom koraku treba izračunati koliko možemo dobiti energije iz tako dobijenog biogasa odnosno koliko energije je raspoloživo za eksternu upotrebu. U praksi, izbor sistema za digestiju (veličina i tip digestora) temelji se na kompromisu između maksimalnog prinosa biogasa i opravdanog ulaganja u postrojenje. U tom smislu unos organske materije je važan radni parametar, koji indicira koliko kukuruzne silaže može biti uneseno u zavisnosti od zapremine digestatora u jedinici vremena.

3. ODREĐIVNJE POTENCIJALNE KOLIČINE BIOGASA DOBIJENE IZ SILAŽE KUKURUZA

Tokom anaerobne digestije (fermentacije) organski materijal se razlaže pod uticajem metanskih bakterija i nastaje biogas koji je po sastavu mešavina metana CH₄ (40-75%), ugljen dioksida CO₂ (25-60%) i malog procenta ostalih gasova poput vodonika H₂, sumporovodika H₂S (0-1%), i ugljen monoksida CO (2%). Takav gas je lakši od vazduha, bez mirisa je i bez boje. Temperatura zapaljenja mu je između 650 i 750 °C, a gori čisto plavim plamenom. Kalorijska vrednost mu je oko 20 MJ/Nm³. Sastav, gustina i udeo pojedinih hemijskih spojeva zavisi od načina dobivanja i poreklu organske materije, pa tako za različite uslove može imati različite vrednosti [4]:

Količina proizvodnje biogasa je određena karakteristikama samog supstrata i uslova digestije (ph, HRT, SRT, temperatura...). Na proizvodnju biogasa utiču sledeći bitni parametri supstrata [3]:

1. procenat suve materije (DM)
2. procenat organske materije u suvoj materiji (OM)

3. procenat organske suve materije (ODM = DM x OM)

4. maksimalna specifična proizvodnja biogasa po jedinici organske suve/vlažne organske materije

Analizirajući ove parametre može se definisati model za određivanje količine biogasa iz kukuruzne silaže. Znači da se količina biogasa može odrediti na bazi suve materije, organske frakcije u suvoj materiji i maksimalne teorijske količine biogasa koju je moguće dobiti po 1 kilogramu silaže kukuruza.

Tabela 3.1. Vrednosti pojedinih parametara i maksimalne količine biogasa iz silaže kukuruza [5]

Vrsta supstrata	Suva materija DM [%]	Organska materija OM [%]	Količina biogasa po toni suve organske materije [m ³ /tODM]
Silaža kukuruza	15-40	75-95	500-900

Ako su nam poznati navedeni parametri onda je moguće definisati količinu biogasa koju je moguće izdvojiti iz silaže kukuruza na osnovu sledećeg modela [5]:

$$\text{Količina biogasa} = [\text{Količina supstrata (t)} \times \text{DM}(\%) \times \text{OM} (\% \text{ od DM}) \times \text{Maksimalna proizvedena količina biogasa (m}^3\text{/tODM)}] (\text{m}^3)$$

Na bazi ovako dobijene količine biogasa iz supstrata moguće je odrediti sve ostale parametre biogasnog postrojenja (zapreminu digestatora, zapreminu skladišta za biogas, CHP kapacitet itd.).

4. ENERGETSKI BILANS BIOGASA PROIZVEDEN IZ SILAŽE KUKURUZA

Biogas je kao što je rečeno gas koji je veoma sličan prirodnom gasu. Prirodni gas sadrži oko 99% metana dok je koncentracija metana u biogasu nešto manja. Biogas se može iskoristiti za proizvodnju električne energije na način što se koristi kao pogonsko gorivo za motor koji pokreće generator električne struje. Obično se koriste klasični OTO motori sa blagim modifikacijama prilagođenim za ovu vrstu pogonskog goriva.

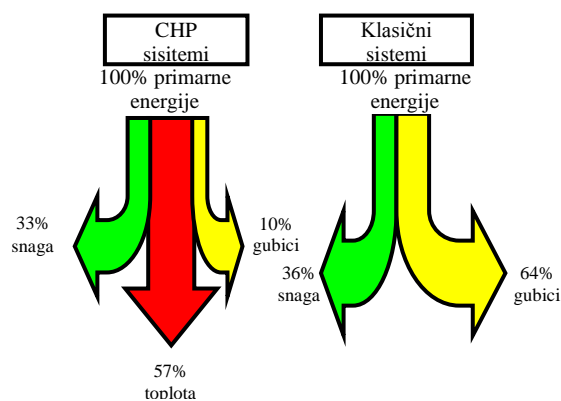
Električna efikasnost kod ove vrste sistema se kreće oko 30% s tim da za sisteme veće od 50 kW ovaj procenat se može povećati dok za sisteme manje od 30 kW ovaj procenat se može smanjiti. Vreme korišćenja sistema odnosno operativno vreme rada sistema zavisi od dostupnosti biogasa tokom čitave godine i ako je

obezbeđena celogodišnja proizvodnja biogasa ovo vreme rada se kreće oko 6500-7500 h godišnje.

Trenutno je u svetu popularna tehnologija kombinovane proizvodnje toplote i energije - CHP sistemi. Efikasnost ovakvog sistema je između 85 i 95%. CHP kapacitet je moguće definisati preko sledeće formule [6]:

$$\text{CHP kapacitet kWh} = [\text{Količina biogasa (m}^3/\text{god.)} \times \text{Toplotna moć biogasa (MJ/Nm}^3)/3,6] / [\text{operativno vreme rada (h/god.)} \times \text{Električna efikasnost}]$$

Na slici 4.1 je prikazana uporedna analiza energetskog bilansa iskorišćenja biogasa kod primene klasičnih sistema i CHP sistema za identični procenat ulazne energije. Kod klasičnih sistema konvertovanje energije iz biogasa u neki ostali vid energije (npr. električnu) se ostvaruje sa oko 36%, dok 64% energije se gubi najčešće u vidu toplotne energije. Kod CHP sistema ovaj vid toplotne energije se dodatno koristi tako da se kod ovih sistema ukupni gubici kreću oko 10%.



Slika 4.1. Prikaz izlazne snage i gubitaka pri konverziji biogasa

Rezultati istraživanja iz prakse su pokazali da se specifični investicioni trošak smanjuje do određene tačke i da se ponovo povećava za veća postrojenja. Biogasna postrojenja od 300 do 700 kW u trenutnim uslovima pokazuju najveću produktivnost u pogledu troškova. Manja biogasna postrojenja na poljoprivrednim gazdinstvima imaju manji investicioni rizik, ali ujedno i manju novčanu dobit obzirom da su dizajnirana prema dostupnim supstratima koja se uglavnom nalaze u sopstvenom gazdinstvu.

Ako na primer razmotrimo biogasno postrojenje koje koristi biogas za proizvodnju električne energije mogu se definisati još neki problemi. U tehničkom smislu, biogasno postrojenje koristi generator koji proizvodi električnu energiju obično napona od 0,4 kV. Kod ovako niskog napona, prenos električne energije je

povezan sa velikim gubicima tako da se mora maksimalno smanjiti. Zato na prostoru predviđenom za izgradnju biogasnog postrojenja mora biti prostora za trafo stanicu koja povećava napon na 10 – 30 kV. Naime, ukoliko postoji tarifni sistem, odnosno subvencionisana cena za kupovine električne energije iz obnovljivih izvora i kogeneracije, tada se više isplati u potpunosti prodati proizvedenu električnu energiju po subvencionisanoj ceni, a za potrebe pogona koristiti konvencionalnu električnu energiju. Naravno, u tom slučaju je potrebno steći status subvencionisanog proizvođača [5].

Takođe prodaja toplotne energije iz kogeneracije je važan deo ekonomske dobiti i ekološke ravnoteže biogasnog postrojenja. Zato je važno prilikom odabira potencijalne lokacije za biogasno postrojenje proceniti mogućnost prodaje toplotne energije ili njezinog iskorišćenja. Kod instalirane električne snage od 500 kWel, postrojenje može stvoriti do 600 kWth korisne toplote (temperatura fluida 80°C). Tokom letnjih meseci, korisnu toplotu je moguće u potpunosti koristiti za eksternu upotrebu (prodaju). Međutim, tokom zime, oko trećine korisne toplote je potrebno za održavanje operativne temperature fermentacije. Drugim rečima, tokom niskih temperatura zimskih meseci, moguće je odvojiti samo 400 kWth u druge svrhe [1].

5. PRORAČUN ELEKTRIČNE I TOPLOTNE ENERGIJE DOBIJENE IZ BIOGASA

Postoje različiti modeli za proračun električne i toplotne energije koja se može dobiti iz biogasa. Model za proračun električne i toplotne energije koji je ovde primenjen se može definisati sledećim koracima [6]:

1. Utvrđivanje proizvodnje energije u kWh = Proizvodnja metana (m³) x 10 kWh/m³ (1m³ metana sadrži 10 kWh energije)
2. Utvrđivanje proizvodnje električne energije u kWh = Ukupno dobijena energija x efikasnost sistema (%) (efikasnost sistema za dobijanje električne energije se kreće u rasponu od 30 - 42% u zavisnosti od tipa sistema preporuka je da se usvaja prilikom proračuna oko 35%)
3. Utvrđivanje proizvodnje toplotne energije u kWh = Ukupno dobijena energija x efikasnost sistema (%) (efikasnost sistema za dobijanje toplotne energije se kreće u rasponu od 40 -60% u zavisnosti od tipa motora preporuka je da se primenjuje prilikom proračuna 50%)

4. Utvrđivanje toplotne energije za eksternu upotrebu (energija koja ostane nakon zagrevanje digestatora) u kWh = Ukupno dobijena toplotna energija x (100 - procenat koji se koristi za zagrevanje digestatora) - (digestator će u proseku da troši oko 30% dobijene energije tokom čitave godine)
5. Kalkulacija energije koja se koristi u eksternoj upotrebi u kWh = Ukupna raspoloživa energije za eksternu upotrebu x % korišćenja ove energije (procenat korišćenja ove energije se može kretati u rasponu od 2 - 60% u zavisnosti od primene ove energije. Ovaj procenat zavisi od stepena efikasnosti korišćenja toplotne energije koja se isporučuje potrošačima - za zagrevanje plastenika (50%), porodičnih domaćinstava (60%) itd.). Ovaj podatak je veoma bitan za ekonomsku efikasnost biogasnog postrojenja jer primera radi u Nemačkoj procenat korišćenja ove energije definiše uslove kreditne politike jednog ovakvog projekta.
6. Ukupna količina energije koja može biti isporučena (električna + toplotna) u kWh = Utvrđena proizvodnje električne energije u kWh + toplotna energija koja se koristi u eksternoj upotrebi u kWh

Na osnovu dobijenog prinosa kukuruzne silaže po 1 hektaru je moguće primenom ovakvog modela definisati količinu biogasa koju je moguće izdvojiti iz silaže kukuruza, a samim tim i količinu energije raspoloživu za eksternu upotrebu.

Tabela 5.1. Ostvaren prinos kukuruzne silaže po ha u Srbiji[7]

Godina	Ostvaren prinos silaže Vojvodina [kg/ha]	Ostvaren prinos silaže centralna Srbija [kg/ha]	Ostvaren prinos silaže Srbija ukupno [kg/ha]
2000	6169,8	4034,1	5126,1
2001	11734,8	8532,3	10201,8
2002	10472,7	9090,9	9804,9
2003	7175,7	6148,8	6680,1
2004	12352,2	10539,9	11495,4
2005	13738,2	10437	12194,7
2006	12440,4	8958,6	10798,2
2007	8515,5	4758,6	6822,9
2008	11552,1	8337	10151,4
2009	12711,3	9939,3	11497,5
Prosek	10686,9	8078,7	9477,3

Ako bi smo za ovako dobijene prinose silaže definisali parametre prikazane u tabeli 3.1. koji utiču na količinu proizvedenog biogasa i to:

1. Suva materija DM max 30%
2. Organska materija OM max 80%
3. Količina biogasa po toni suve organske materije- max 700 m³/tODM

onda je potencijalno ostvarenu količinu biogasa moguće definisati u tabeli 5.2.

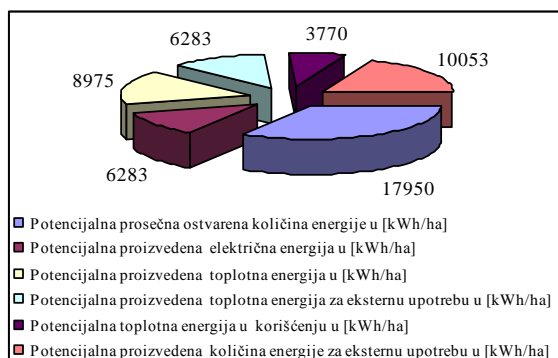
Tabela 5.2. Potencijalno ostvarena količina biogasa po ha u Srbiji

Godina	Potencijalna ostvarena količina biogasa u Vojvodini [m ³ /ha]	Potencijalna ostvarena količina biogasa u centralnoj Srbiji [m ³ /ha]	Potencijalna ostvarena količina biogasa u Srbija ukupno [m ³ /ha]
2000	1037	678	861
2001	1971	1433	1714
2002	1759	1527	1647
2003	1206	1033	1122
2004	2075	1771	1931
2005	2308	1753	2049
2006	2090	1505	1814
2007	1431	799	1146
2008	1941	1401	1705
2009	2135	1670	1932
Prosek	1795	1357	1592

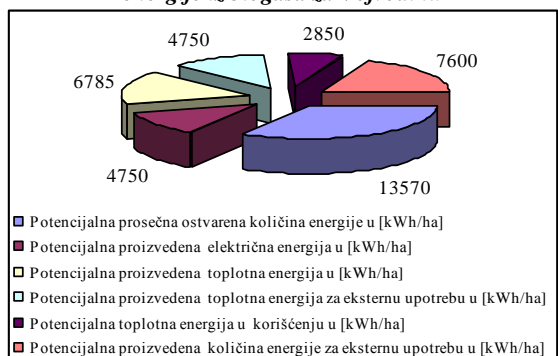
Ako iskoristimo podatak da iz 1 m³ biogasa možemo dobiti oko 10 kWh energije, i na bazi desetogodišnjeg proseka ostvarene količine biogasa po hektaru u Srbiji možemo definisati potencijalno ostvarenu energiju u kWh po hektaru kukuruzne silaže u tabeli 5.3. u zavisnosti od različitih procenata efikasnosti sistema i iskorišćenja tako dobijene energije.

Tabela 5.3. Ostvarene količine toplotne i električne energije iz biogasa za eksternu upotrebu

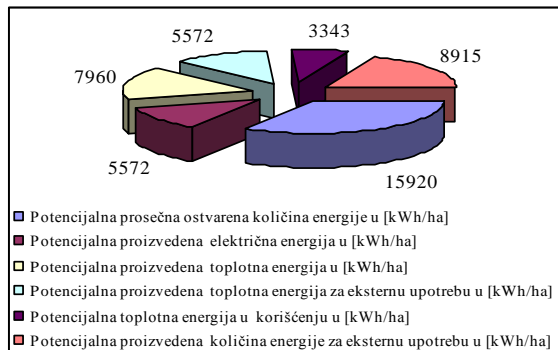
	Vojvodina	Centralna Srbija	Srbija ukupno
Potencijalna prosečna ostvarena količina energije u [kWh/ha]	17950	13570	15920
Procenat efikasnosti sistema [%]	35		
Potencijalna proizvedena električna energija u [kWh/ha]	6283	4750	5572
Procenat efikasnosti sistema [%]	50		
Potencijalna proizvedena toplotna energija u [kWh/ha]	8975	6785	7960
Procenat korišćenja toplotne energije [%]	70		
Potencijalna proizvedena toplotna energija za eksternu upotrebu u [kWh/ha]	6283	4750	5572
Procenat korišćenja toplotne energije [%]	60		
Potencijalna toplotna energija u korišćenju u [kWh/ha]	3770	2850	3343
Potencijalna proizvedena količina energije za eksternu upotrebu u [kWh/ha]	10053	7600	8915



Slika 5.1. Ostvarene količine toplotne i električne energije iz biogasa za Vojvodinu



Slika 5.2. Ostvarene količine toplotne i električne energije iz biogasa za centralnu Srbiju



Slika 5.3. Ostvarene količine toplotne i električne energije iz biogasa za Srbiju

6. UREDBA O PODSTICAJNIM TARIFAMA PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ OIE

Za Srbiju je karakterističan nizak nivo iskorišćenja poljoprivredne biomase. Slama se uglavnom koristi kao prostirka u štalama. Privatna gazdinstva često pale biomasu na njivama u proleće i jesen. Trenutna procena Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede da se oko 50% poljoprivrednih ostataka sa većih i oko 20% sa manjih gazdinstava mogu iskoristiti za proizvodnju energije. Kao glavni uzrok smanjenog

iskorišćenja potencijala biomase može se navesti usitnjenost poseda, jer to direktno utiče na poskupljenje troškova sakupljanja i transporta. Pri tome upotreba biomase za grejanje domaćinstva i zgrada je retko i ne postoji tržište za prodaju proizvoda od biomase. Ako se sagledaju aktivnosti Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede ne postoji detaljna analiza potencijala korišćenja biomase iz poljoprivrede za proizvodnju energije na teritoriji Srbije.

Ako se posmatra uredba o sticanju povlašćenog proizvođača električne energije u svetlu iskorišćenja biomase, može se navesti da pravno lice ili preduzetnik može taj status dobiti pod uslovima ako poseduje elektranu koja u procesu proizvodnje koristi biomasu ili biomasu u kombinaciji sa nekim dopunskim fosilnim gorivom ili otpadom, ukoliko energetska vrednost korišćene biomase na godišnjem nivou čini najmanje 80% ukupne primarne energije.

Uredba o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem OIE i kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije stupila je na snagu 01.januara 2010.godine sa rokom važenja do 31.decembra 2012.godine. Uredbom se bliže propisuju mere podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem OIE i za otkup te energije – *Feed in Tariff*. Takođe je uredbom i definisana elektrana na biogas i to kao elektrana koja koristi gas nastao iz ostataka u poljoprivredi, iz ostataka biomase nastalih primarnom preradom poljoprivrednih proizvoda, a koja ne sadrže opasne materije, ostatke i delove životinja. Tako projektovane elektrane mogu biti instalisane snage do 10 MW. Prava i obaveze kupca i povlašćenog proizvođača uređuju se ugovorom na period od 12 godina.

Tabela 5.3. Otkupne cene električne energije dobijene iz OIE izražene u euro centima[8]

	BIOMASA		BIOGAS	
Investicije	2700-2300 €/kW		3500-4500 €/kW	
Broj sati	6000-6500 h/god		6500 -7500 h/god	
Troškovi goriva	(30 €/t) 2.14 €/GJ		/	
Troškovi pogona i održavanja	3.3-6.5%		5.7-6.5%	
Radni vek	25 godina		25 godina	
Otkupna cena (€/kWh)	Instalisani kapaciteti	Cena	Instalisani kapaciteti	Cena
	Do 500 kW	13.6	Do 200 kW	16
	500 kW- 5 MW	13.845-0.489•R (MW)	200 kW- 2 MW	16.444-2.222•R(MW)
	Preko 5 MW	11.4	Preko 2 MW	12

7. EKONOMSKA OPRAVDANOST DOBIJANJA BIOGASA IZ SILAŽE KUKURUZA

Na kraju ove analize ostaje još da se utvrdi ekonomska opravdanost jedne ovakve investicije. Ako pođemo od mesečnih troškova energenata za grejanje stana površine 60 m² možemo da objasnimo opravdanost ovakvog jednog projekta [9].

Tabela 7.1. Troškovi grejanja stana površine 60 m²[8]

Vrsta energenata	Prosečna cena energije [din/kWh]	Potrebna količina energije za 60 m ² [kWh]	Troškovi grejanja mesečno [din.]	Troškovi grejanja godišnje [din.]
Prirodni gas	1,408	1.800	2534,4	30412,8
Drvo	1,364	1.800	2455,2	29462,4
Ugalj	1,495	1.800	2638,8	31665,6
El. energija	4,51*	1.800	8118	97416
Biobriket	1,261	1.800	2269,8	27237,6

*Prosečna cena električne energije zelena+plava+crvena zona

Na osnovu ovako pretpostavljenih vrednosti se može zaključiti da energija koja se dobija proizvodnjom biogasa po 1 ha površine bi mogla da zadovolji prosečno domaćinstvo u Vojvodini za oko 6 meseci a u Srbiji za oko 5 meseci (ukupno proizvedena količina električne energije za eksternu upotrebu) što bi bilo dovoljno za jednu grejnu sezonu.

Tabela 7.2. Ekonomska analiza proizvodnje biogasa

Potencijalna prosečna proizvedena električna energija u Srbiji [kWh]	Otkupna cena električne energije [din/kWh]	Prihod od prodaje kukuruza godišnje [din.]	Prihod od prodaje električne energije za 6 meseci [din.]	Prihod od prodaje električne energije godišnje [din.]
5535	16 ¹	39897	44280 ²	88560

¹Otkupna cena 1 kWh električne energije 0,160 Eur odnosno 16 din.

²Proizvedena količina biogasa sa 1 ha je dovoljna za proizvodnju električne energije za 6 meseci

Prihodi od prodaje zrna kukuruza i isporuke električne energije sa 1 ha površine su približno isti. Ovde ne treba zaboraviti da je analiza sprovedena za silažu kukuruza zajedno sa klipom kukuruza i ostatkom stabljike, jer bi u protivnom samo siliranje ostatka nakon žetve dodatno smanjilo prinos silaže po 1 ha ako bi se koristili samo ostaci nakon žetve i to za oko 50% jer je odnos zrno:biljni ostaci kod kukuruza 1:1,1 [7].

Takođe prodaja toplotne energije iz kogeneracije je važan deo ekonomske dobiti i ekološke ravnoteže biogasnog postrojenja. Prilikom ove analize prihodi od prodaje toplotne energije nisu uzeti u raumatranje jer ne postoji definisana otkupna cena ovako proizvedene

toplotne energije. Količina toplotne energije koja bi bila dostupna za eksternu upotrebu se kreće u granicama indentičnim za električnu energiju i ako bi otkupna cena po kWh bila ista može se prihodi od prodaje ove vrste energije izjednačiti sa prihodom ostvarenim od električne energije. To bi za rezultat imalo dupliranje ukupnih prihoda od prodaje energije dobijene na ovakav način odnosno bilo bi indentično prihodu od prodaje električne energije za godinu dana po 1 ha površine. Zato je važno prilikom odabira potencijalne lokacije za biogasno postrojenje proceniti mogućnost prodaje toplotne energije ili njezinog iskorišćenja. Kod instalirane električne snage od 500 kWel, postrojenje može stvoriti do 600 kWth korisne toplote (temperatura fluida 80°C). Tokom letnjih meseci, korisnu toplotu je moguće u potpunosti koristiti za eksternu upotrebu (prodaju). Međutim, tokom zime, oko trećine korisne toplote je potrebno za održavanje operativne temperature fermentacije. Drugim rečima, tokom niskih temperatura zimskih meseci, moguće je odvojiti samo 400 kWth u druge svrhe [6].

Ovakva analiza pokazuje da veća upotreba kukuruzne silaže u energetske svrhe može se očekivati u onim mestima (pre svega selima) koja imaju dovoljno sirovina, i u kojima je snabdevenost drugim energetskim izvorima otežana. To praktično znači da u onim mestima gde je urađena gasifikacija i elektrifikacija, ne bi trebalo očekivati značajniji porast u korišćenju biogasa, jer su ovi energenti za sada jeftini i lako dostupni.

Analiza takođe pokazuje da su biogasna postrojenja za porodična domaćinstva trenutno ekonomski neopravdana. Razlog toga treba tražiti pre svega u veličini privatnih poseda koja su trenutno u vlasništvu privatnih lica koja se iz godine u godinu usitnjavaju zbog deobe zemljišta između potencijalnih naslednika. Drugi problem jesu prinosi kukuruza po jedinici površine koji se direktno odražavaju na potencijalno proizvedene količine biogasa. Uzgajanje kukuruza samo kao sirovinu za biogasno postrojenje u Srbiji bi se loše odrazilo kod poljoprivrednih proizvođača naročito u centralnoj Srbiji. Vojvodina nasuprot centralnoj Srbiji ima potencija za razvoj ovakvih projekata pre svega zbog većih prinosa po hektaru, većim posedima koja iz godine u godinu sve više postaju vlasništvo poljoprivrednih gazdinstava i drugačijoj svesti kod tamošnjeg stanovništva i proizvođača. Jedan ovakav primer je i preduzeće Chemical Agrosava koje u svom posedu ima oko 800 ha pod kukuruzom koje uzgaja radi proizvodnje semenskog kukuruza. Nakon izdvajanja semena kukuruza ostaje oklasak kukuruza koju ova firma trenutno spaljuje u svojoj toplani i tako dobijenu

toplotnu energiju koristi za sopstvene potrebe. Instalirani kapacitet toplane je 1 MW koja je koštala oko 350.000 eura. Osnovni razlog zbog kojih poljoprivredna gazdinstva u Srbiji ne primenjuju proizvodnju biogasa je nedostatak odgovarajućih zakona i pratećih propisa u pogledu subvencionisanja ovako dobijene energije, niska cena tako proizvedene električne energije, visoke cene početnih investicija i nedovoljno razvijena svest po pitanju mogućih ekoloških koristi od proizvodnje i korišćenja biogasa.

8. ZAKLJUČAK

Što se tiče proizvodnje biogasa iz kukuruzne silaže u Srbiji može se slobodno reći da i ne postoji. Na osnovu sadašnje situacije kao i ekonomske opravdanosti ovakvog projekta može se izvesti zaključak da u Srbiji još uvek nije stvorena pogodna klima za razvoj ovakvih projekata. Bez pomoći države pri finansiranju ovakvih projekata i subvencionisanje proizvodnje u narednom periodu svaki ovakav pokušaj je osuđen na propast. Proizvodnja biogasa samo iz kukuruzne silaže je ekonomski neisplativ postupak zbog slabe dostupnosti sirovina, tradicionalnog korišćenja kukuruza za ishranu stoke, malih prinosa po jedinici površine i loše agrarne politike. Korišćenje ove sirovine bi moglo biti isplativo samo u postrojenjima koji ovu sirovinu koriste kao kosupstrat što je slučaj u biogasnim postrojenjima koja kao glavni supstrat koriste životinjski stajnjak. Za detaljnije sagledavanje održivosti ovakve ideje u Srbiji potrebno je uraditi višekriterijumsku analizu svih parametara procesa, uočiti koji su dominantni problemi i pokušati tek tada dati odgovor da li je ovakva ideja isplativa i održiva na duži vremenski period.

Poslednjih godina primetan je porast interesovanja među poljoprivrednicima za primenu novih metoda i tehnologija. Nasuprot interesovanju izgleda da za sada država dovoljno ne učestvuje u obrazovanju farmera i ne stimuliše stručnjake za sticanje novih znanja o modernim tehnologijama iskorišćenja biomase i proizvodnje biogasa iz silaže. Slab je sistem državne podrške, kako finansijske, tako i pravne. Takođe ne postoje pilot projekti za detaljnu proveru teorijskih pretpostavki i kvalitetnu promociju novih tehnologija i praksi. Nacrt Strategije ruralnog razvoja (do 2013.godine) predviđa podršku korišćenju biomase za proizvodnju energije samo kroz pilot projekte [9].

Srbija se, kao što je već rečeno, može svrstati u red poljoprivrednih zemalja sa visokim potencijalom za proizvodnju biogasa. U ovom trenutku se može reći da se radi samo o potencijalu

jer još uvek nije ustrojen sistem koji u potpunosti podržava ove tehnologije. Osim zagarantovane tržišne cene ne postoje subvencije države bar u početnim fazama razvoja ovog projekta kao što je to slučaj u zemljama Evropske Unije. Kako je proizvodnja biogasa vrlo popularna trenutno u Evropi može se u narednom periodu očekivati ovakav trend i u Srbiji i u zemljama Zapadnog Balkana. Ideje o razvoju postrojenja za dobijanje biogasa su uglavnom vezane za velike farme životinja i fabrike hrane gde postoji dostupna količina otpada koja bi mogla biti iskorišćena kao sirovina za dobijanje biogasa, i to je uglavnom reč o postrojenjima malih kapaciteta koji be se koristili za dobijanje energije zbog zadovoljenja sopstvenih potreba za energijom. Što se tiče ideja za dobijanja biogasa iz kukuruzne silaže može se slobodno reći da i ne postoje.

LITERATURA

- [1] T. Al Seadi, D. Rutz, H. Prassl, M. Köttner, T. Finsterwalder, S. Volk, R. Janssen, B. Kulišić, A. Kojaković "Bioplin priručnik", 2008
- [2] N. Rajković, M. Knežević "Biogas – Energy Instead of Waste", Beograd 2006
- [3] R. Braun, P. Weiland, A. Wellinger "Biogas from energy crop digestion" IEA Bioenergy
- [4] K. Anker, H. Wenzel "Life Cycle Assessment of Biogas from Maize silage and Manure", Institute for Product Development Jun 2007
- [5] James & James "Planning and installing bioenergy systems : a guide for installers, architects and engineers", German Solar Energy Society (DGS) and Ecofys
- [6] Hilborn D., : "Calculations and information for sizing anaerobic digestion systems" Ontario Ministry of agriculture, Food and Rular Affairs August 2006
- [7] S. Babić, M. Despotović, "Proizvodnja biogasa iz kukuruzne silaže sa posebnim osvrtom na Srbiju" MFK, Kragujevac 2010
- [8] Stojanović D. "Aktivnosti Ministarstva rudarstva i energetike", Investment in Bioenergy in Serbia: Opportunities and Challenges", Novi Sad, September 07.2009
- [9] Stoilković D. "Potencijal biogoriva u Srbiji", Conference "Investment in Bioenergy in Serbia: Opportunities and Challenges", Novi Sad, September 07.2009.
- [10] V. Špalková, M. Hutňan, M. Lazor, N. Kolesárová "Selected problems of anaerobic treatment of maize silage" May 2009