

ANAEROBNA DIGESTIJA ŽIVOTINJSKOG STAJNJAKA, TEHNOLOGIJA I ISKUSTVA U EVROPI I SRBIJI

ANAEROBIC DIGESTION OF ANIMAL MANURE, TECHNOLOGY AND EXPERIENCE IN EUROPE AND SERBIA

Branimir Milosavljević¹⁾, dr Milan Despotović²⁾, Saša Babić³⁾

Rezime: Poslednjih godina javno mnjenje i političke strukture nametnule su osetljivo pitanje zaštite životne sredine i energetske bezbednosti time promovišući obnovljive izvore energije. Energija dobijena iz biomase predstavlja oblik obnovljive energije i u principu korišćenjem ove energije ne dodaju se nove količine CO₂. Jedan od osnovnih procesa kojim se energija može dobiti iz biomase jeste anaerobna digestija. S obzirom da životinjski stajnjak predstavlja potencijalno veliki resurs biomase, sektor stočarstva može biti pokretačka snaga za razvoj anaerobne digestije u većem obimu kao što se to već dešava u Nemačkoj, Danskoj, Švedskoj i Austriji. Ako se ovome pridoda i činjenica da je Evropska Unija postavila sebi cilj da do 2020. godine 20% energije obezbedi iz obnovljivih izvora energije, stim da najmanje 25% bioenergije u budućnosti mogu da potiču od biogasa proizvedenog od organskog materijala kao što je životinjski stajnjak, anaerobna digestija se nameće kao veoma prihvatljiva tehnologija. U ovom radu su prikazani savremeni postupci i iskustva sa anaerobnom digestijom životinjskog stajnjaka u Evropi, kao i mogući potencijali u Republici Srbiji.

Glavne reči: anaerobna digestija, životinjski stajnjak, kodigestija

Abstract: In recent years, public opinion and political structures necessitated sensitive issue of environmental protection and energy security thus promoting renewable energy. The energy obtained from biomass is a form of renewable energy in principle, using this energy does not add new amounts of CO₂. One of the basic process by which energy can be obtained from biomass is anaerobic digestion. Considering that animal manure is a potentially large biomass resources, the livestock sector can be a driving force for the development of anaerobic digestion in a larger scale as is already happening in Germany, Denmark, Sweden and Austria. If you add to this the fact that the European Union set itself the target that to 2020 20% of energy provided from renewable energy sources, by to at least 25% of bioenergy in the future can come from biogas produced from organic materials such as animal manure, anaerobic digestion is imposed as an acceptable technology. This paper presents modern methods and experience with anaerobic digestion of animal manure in Europe, as well as the possible potential in the Republic of Serbia.

Key words: anaerobic digestion, animal manure, codigestion

1. UVOD

U EU se svake godine za proizvodnju energije prikupi biomasa čiji je energetske potencijal 2,200 PJ energije, od čega se 1,700 PJ direktno koristi za dobijanje toplotne energije, a oko 500 PJ za proizvodnju električne energije. Bioenergetski potencijal u EU do 2050. godine procenjen je na oko 9,000-13,500 PJ, što iznosi 17-30% projektovanih ukupnih energetske potreba [1]. Najmoćniji način da se povećava upotreba biomase je znatno povećanje cene fosilnih goriva, jer je energija iz biomase još znatno skuplja od energije iz fosilnih goriva. Najčešći biohemijski proces koji se koristi za konvertovanje električne energije sadržane u biomasi sa visokim sadržajem vlage je anaerobna digestija (AD), gde proizvodnju biogasa

obezbeđuju posebne bakterije. Ostali biohemijski procesi koji se koriste za konverziju energije u ovom obliku biomase uglavnom su namenjeni za proizvodnju goriva za transport kao što su biodizel i etanol.

2. PROIZVODNJA BIOGASA AD STAJNJAKA U EU

Biogas predstavlja visokoeffikasnu konverzionu tehnologiju, pretvarajući biomasu u produkt visoke vrednosti kao što je električna i toplotna energija, gorivo u transportu i organsko đubrivo. Ukoliko se fermentiranim čvrstim i tečnim stajnjakom tretira poljoprivredna površina, postiže se bolje iskorišćenje azota (sa 40 na 70%) i

1) dipl. ing. saob. Branimir Milosavljević, ATP, „Morava“ Vrnjačka Banja, mail: lenka1809@gmail.com

2) prof. dr Milan Despotović, Mašinski fakultet Kragujevac, Sestre Janjić 6, mail: mdespotovic@kg.ac.rs

3) dipl. ing. saob. Saša Babić, „Marfin bank“ Vrnjačka Banja, mail: babicsf@nadlanu.com

bolje iskorišćenje fosfora (sa 30 na 60%). Kombinacija problema kao što je efekat staklene bašte i bolje iskorišćenje organskog otpada, iznelo je nove mogućnosti koje mogu zainteresovati svet evropske poljoprivrede. Posebno sektor stočarstva može biti pokretačka snaga za razvoj anaerobne digestije, kao što se to već dešava u Nemačkoj, Danskoj, Švedskoj i Austriji. U tabeli 1 prikazan je maseni potencijal stajnjaka u EU.

Zemlja	G	S	G	S	G	S	Suma
	[1,000grla]		[1,000 UG]		Stajnjak [10 ⁶ tona]		
Austrija	2,051	3,125	1,310	261	29	6	35
Belgija	2,695	6,332	1,721	529	38	12	49
Bugarska	672	931	429	78	9	2	11
Kipar	57	498	36	42	1	1	2
Češka	1,397	2,877	892	240	20	5	25
Danska	1,544	13,466	986	1,124	22	25	46
Estonija	250	340	160	28	4	1	4
Finska	950	1,365	607	114	13	3	16
Francuska	19,383	15,020	12,379	1,254	272	28	300
Nemačka	13,035	26,858	8,324	2,242	183	49	232
Grčka	600	1,000	383	83	8	2	10
Mađarska	723	4,059	462	339	10	7	18
Irska	7,000	1,758	4,470	147	98	3	102
Italija	6,314	9,272	4,032	774	89	17	106
Latvija	371	436	237	36	5	1	6
Litvanija	792	1,073	506	90	11	2	13
Luks.	184	85	118	7	3	0	3
Malta	18	73	11	6	0	0	0
Holandija	3,862	11,153	2,466	931	54	20	75
Poljska	5,483	18,112	3,502	1,512	77	33	110
Portugal	1,443	2,348	922	196	20	4	25
Rumunija	2,812	6,589	1,796	550	40	12	52
Slovačka	580	1,300	370	109	8	2	11
Slovenija	451	534	288	45	6	1	7
Spanija	6,700	25,250	4,279	2,107	94	46	140
Švedska	1,619	1,823	1,034	152	23	3	26
U. K.	10,378	4,851	6,628	405	146	9	155
EU-27	91,364	160,530	58,348	13,399	1,284	295	1,578

Tabla 1 - Procenjen stočni fond i životinjski stajnjak u EU-27 (G – goveda, S – svinja) [2]

U 2008.godini zemlje članice EU proizvodile su biogas ekvivalent od 7 Mtoe, a već u periodu 2012-2015.godina EU predviđa proizvodnju od 15 Mtoe. Životinjski stajnjak ima potencijal od 18.5-20 Mtoe (tabela 2).

Ukupno stajnjaka	Biogas	Metan	Potencijal	
[10 ⁶ tona]	[10 ⁶ m ³]		[PJ]	[Mtoe]
1,578	31,568	20,519	827	18.5

Tabla 2 - Energetski potencijal ukupnog svinjskog i govedeg stajnjaka u EU-27 [2]

2.1 Proizvodnja biogasa AD stajnjaka u Austriji

Na području Austrije u 2008.godini operativno je bilo oko 350 postrojenja za proizvodnju biogasa kodigestijom. Kao prelomna godina ističe se 2003.godina, kada je broj biogas postrojenja sa 119 u sledećoj godini porastao na 290. Najveću ulogu dala je državna strategija stimulisanje tarife za takozvanu "zelenu električnu energiju" (2002.godine). Garantovani period

otkupa električne energije je 13 godina sa cenom od 10.30-16.5 €/kWh. 2008.godine proizvodnja biogasa kodigestijom, sa približno 350 postrojenja se kreće između 121–182 mil m³, pri čemu je to ukupno 44.6% ukupne proizvodnje [3]. Ipak u 2007.godini drastično su porasli troškovi osnovnih sirovina za kodigestiju, pa je to glavni razlog malog broja novootvorenih postrojenja. Potrebno je istaći i sledeće činjenice:

- U 2008.godini, 50% svih postrojenja na biogas su ostvarila poslovne gubitke,
- Većina postrojenja zavisi od supstrata koji se dovozi u postrojenje (najčešće žitarice),
- Svaki treći vlasnik razmatra mogućnost gašenja proizvodnje u 2008.godini,
- 60% svih vlasnika ne bi investiralo u biogas postrojenje,
- Većini postrojenja nedostaje jasan koncept boljeg iskorišćenja toplotne energije,
- 40% postrojenja za proizvodnju biogasa koristi nepokrivene lagune (rezervoare za skladištenje materijala),
- 20% svih postrojenja koristi otvorena skladišta za kosupstrate.

2.2 Proizvodnja biogasa AD stajnjaka u Italiji

U oktobru 2007.godine indentifikovano je ukupno 185 biogas postrojenja koja su kao supstrat koristile otpadne vode sa stočnih farmi, energetske žitarice, organske rezidue, otpad iz poljoprivredno-industrijskog sektora, kao i organske frakcije (otpad iz grada). Većina od navedenog broja, oko 154 postrojenja radi sa stajnjakom sa stočnih farmi, poljoprivrednim otpadom i energetskim usevima. Danas 115 farmi kao supstrat, tj. kosupstrat koristi isključivo životinjski stajnjak u kombinaciji sa drugim pogodnim fermentima. To predstavlja porast od 60% u odnosu na 1999.godinu, tj. od 108% ako se uzmu u obzir i ona postrojenja koja su u fazi izgradnje ili čekaju autorizaciju. Ovo potvrđuje snažnu ekspanziju anaerobne digestije. Vlada Italije je u 2006.godini stimulisala proizvođače biogasa garantovanim otkupom električne energije na period od 12 godina i cenom od 125 €/MWh. Već 2007.godine stimulisana cena je povećana u rasponu od 170-200 €/MWh u zavisnosti od instalisanog kapaciteta i upotrebljene tehnologije [4]. Istraživanje koje je sprovedla CRPA (*Research Centre on Animal Production*) pokazuje da se najveći broj od 115 postrojenja za proizvodnju biogasa sa stočnih farmi nalazi u severnim regionima i to tamo gde je najveća koncentracija stočnih gazdinstava (Lombardija, Emilija-Romanja i Veneta). Na jugu Italije je znatno manji broj postrojenja nego što je

to na severu, jer su administrativne oblasti pod jakim uticajem pograničnih zemalja, kao što je Austrija ili blizina Nemačke, gde je promocija anaerobne digestije već dugo vremena aktuelna. Dobar primer je administrativna oblast Bolcano.

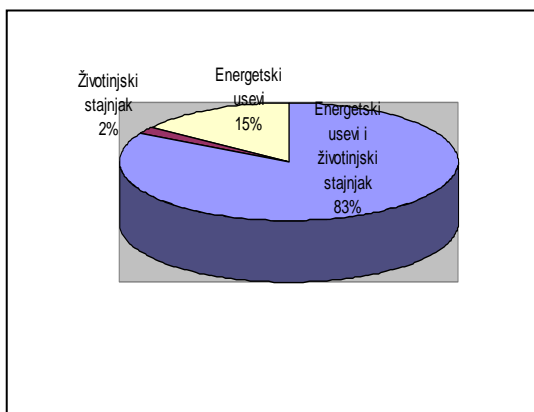
2.3 Proizvodnja biogasa AD stajnjaka u Nemačkoj

Jedna od zemalja u EU koja je najviše radila na podizanju broja novih AD postrojenja, primeni novih tehnologija i obezbeđenju državnih stimulacija jeste Nemačka. Naročito se vodila briga o sektoru gde je zastupljena živa stoka. Nemačko udruženje za biogas, objavilo je podatke direktnih koristi od biogas sektora:

- 650 MW je mogućnost instalisane električne opreme (2005.godina),
- Godišnje se redukuje oko 4 mil t emisije CO₂,
- 700.7 mil € je potrošeno na izgradnju kapaciteta za proizvodnju biogasa (2005.godina),
- Svake godine farmeri ostvare prihod od 365 mil € od prodaje električne energije.

Takođe je naglašeno da je AD/biogas sektor u severozapadnoj Evropi veoma ozbiljan industrijski sektor, sa preko 200 kompanija (8,000 zaposlenih), pri tome nudeći opremu za postrojenja i razne vrste saradnje. Pri tome mora se naglasiti da većina instalisanih kapaciteta za proizvodnju biogasa u Nemačkoj predstavljaju male biofarme [5].

Oko 2/3 svih biogas postrojenja ima preko 50% energetskih useva u svojim supstratima za fermentaciju. Sa obzirom da energetski usevi u 83% čine masu za fermentaciju zajedno sa životinjskim stajnjakom (slika 2), treba naglasiti da su troškovi kukuruzne silaže, bez troškova transporta i skladištenja u silose, u oktobru 2006.godine iznosili 18 €/t FM (*fermented matery*), da bi već u oktobru 2007.godine bili 33 €/t FM.



Slika 2 – Odnos supstrata u proizvodnji biogasa u Nemačkoj (2005-2007.god.) [6]

Električna snaga kW	Bonusi za		
	Stajnjak	Korišćenje toplote	Očuvanje predela
€/kWh _{el}			
≤ 150	4	3	2
≤ 500	1	3	2
≤ 5,000	/	3	0

Tabla 3 - Bonusi za supstrate i iskorišćenje toplote [7]

U Nemačkoj je primetno povećanje broja postrojenja za proizvodnju biogasa koja koriste kombinaciju životinjskog stajnjaka, energetskih useva i organskog otpada. Bez upotrebe i boljeg iskorišćenja toplotne energije proizvedene u CHP jedinicama, većina biogas postrojenja neće moći raditi sa profitom u budućnosti.

U tabeli 3 prikazani su bonusi za posebne supstrate i bonusi za iskorišćenje toplote (EEG 2009). Za korišćenje stajnjaka dobija se bonus samo ukoliko je učešće stajnjaka minimum 30%. U tabeli 4 prikazani su neophodni instalisani kapaciteti i neophodna količina fermentirane materije, da bi se ostvarili stimulativni bonusi za korišćenje stajnjaka. U narednom periodu očekuje se još veći porast broja postrojenja za proizvodnju biogasa i to kada bude bila veća stimulativna tarifa od maksimalnih 27 €/kWh_{el}. U 2009.godini već je operativno nekoliko biogas fabrika koje imaju proizvodnju organskog đubriva dobijenog postupkom anaerobne digestije.

Instalisani kapaciteti	150 kW	500 kW	Električna proizvodnja%
Stajnjak	1,530	4,900	5

Tabla 4 - Korišćenje stajnjaka sa stimulativnim bonusom [7]

2.4 Proizvodnja biogasa AD stajnjaka u Švedskoj

U 2008.godini u Švedskoj je bilo 227 biogas postrojenja, od kojih 18 koristi tehnologiju anaerobne kodigestije (10% ukupne proizvodnje biogasa). Zadnjih 10 godina industrija biogasa je doživela veliki uspeh pre svega zahvaljujući državnim fondovima osnivanim od strane Švedske agencije za zaštitu životne sredine, a preko lokalnih investicionih programa (LIP) i klimatskih investicionih fondova (KLIMP). Pomenuti period obuhvata razdoblje od 1998.-2007.godine.

U Švedskoj već neko vreme funkcioniše sistem sertifikata koji omogućava vlasnicima biogas postrojenja veoma kvalitetnu kontrolu njihovog bio stajnjaka. Na taj način oni su u mogućnosti da dobiju i odobrenje za stavljanje

takvog organskog đubriva u promet i upotrebu. Navedeni sertifikat je određen regulativom SPCR 120, napravljen od strane SP Tehničkog istraživačkog Instituta u Švedskoj, a u saradnji sa "Avfall Sverige". Time se na potpuno transparentan način može pratiti proizvodni lanac od produkcije sirovog materijala, pa do finalnog proizvoda.

Biofarme kao postrojenja koja anaerobnom kodigestijom stajnjaka i ostalih supstrata proizvode biogas, danas su predmet velikog interesovanja. Trenutno u Švedskoj postoje 8, ali se planira veći broj novih. Kao interesantan primer može se navesti farma koja uzgaja krave muzare i gde se u neposrednoj blizini nalazi postrojenje za proizvodnju biogasa (Norrejerier's biogas postrojenje u gradu Umea).

Početna godina proizvodnje	2005
Zapremina digestora	2 x 2,500 m ³ , 2 x 100 m ³
Temperatura procesa	35°C
Ukupni investicioni troškovi	90 SEK
Karakteristike supstrata	
Surutka	2,450 t DM (35,000 t "wet" materijala)
Otpad iz proizvodnje mleka i sira/otpadne vode	2,700t "dry" materijala
Ukupna proizvodnja	10,000 MWh
Ukupna proizvodnja toplotnih pumpi	7,000 MWh

Tabla 6 – Osnovni podaci biogas proizvodnje na biofarmi Norrejerier [8]

Konkretno, biogas se proizvodi od surutke kao deo tehnologije proizvodnje sira. Kao kosupstrat se koristi otpadna voda i čvrsti otpad iz proizvodnog procesa. U tehnologiji proizvodnje sira oko 90% mleka postaje surutka. Tradicionalno, otpaci iz ove proizvodnje služe kao hrana govedima, a nakon dodatne obrade. Posle uvođenja nove tehnologije sa farmi krava muzara u Nemačkoj, Švajcarskoj i Belgiji, rukovodstvo farme odlučilo je da uvede ultrafiltraciju, kako bi dodatno poboljšali kvalitet surutke. Tako su zadržani vredni proteini koji predstavljaju važnu sirovinu u postupku anaerobne digestije. Biopostrojenje je 2005.godine počelo sa radom i rezultat je saradnje između Norrejerier-a, SIK-a, CIT industrijske analize i Centra tehnoloških membrana Tehničkog Univerziteta Lund. Ukupna investicija je oko 90 SEK i očekuje se povraćaj uloženi sredstava u periodu od 6 godina [8]. U tabeli 6 dat je prikaz karakteristika postrojenja za proizvodnju biogasa na navedenoj farmi.

3. NAJBOLJE TEHNOLOGIJE AD STAJNJAKA NA SEOSKIM FARMAMA

Brzi razvoj svih delova proizvodnog procesa na jednoj savremenoj farmi krava ili svinja uslovio je donošenje novih propisa koji uslovljavaju manipulaciju i odlaganje stajnjaka. Jedna od metoda koja odgovara postavljenim zahtevima jeste anaerobna digestija. AD pruža brojne prednosti: *značajno smanjenje ili eliminisanje neprijatnih mirisa; proizvodnja relativno čiste tečnosti za ispiranje novog stajnjaka ili navodnjavanje obradivih površina; značajno je smanjen broj patogenih organizama kako u tečnim, tako i u čvrstim proizvodima digestije; redukovanje emisije gasova staklene bašte; značajno smanjenje mogućnosti zagađenja zemljišta i voda.*

Sa ekonomske strane obezbeđene su koristi: *minimiziranje vremena koje treba posvetiti rukovanju, transportu i preradi stajnjaka; biogas se može koristiti za proizvodnju električne i/ili toplotne energije; proizvedena toplotna energija može biti iskorišćena za zagrevanje ili hlađenje farme; mogućnost proizvodnje obogaćenog bio đubriva; obezbeđenje prihoda od uvoza otpadnog materijala na preradu (povlastice i takse), prodaja organskih hranljivih materija, karbon krediti za svaku tonu recikliranog ugljenika.*

3.1 Procesi koji se mogu koristiti u AD stajnjaka sa farmi životinja

Procesi koji se mogu koristiti za digestiju stajnjaka sa farmi krava i svinja mogu se podeliti na one sa visokom i niskom stopom prinosa biogasa. U digestore sa niskom stopom spadaju: *pokrivene anaerobne lagune, digestori sa kontinualnim tokom organske materije i mesofilni digestori sa kompletnim mešanjem fermenta.*

U digestore sa visokom stopom spadaju: *termofilni bioreaktori sa kompletnim mešanjem, digestori sa anaerobnim kontaktom i hibridni digestori sa kontakt/fiksnom membranom.*

Svaki tip anaerobnog bioreaktora nameće uslove za njegovo ispravno funkcionisanje. Nesposobnost ispunjenja zadatih uslova, kao što je zahtevana temperatura može dovesti do neuspeha celokupnog procesa. Osnovni razlog zašto je mesofilik postupak pouzdaniji u odnosu na termofilik leži u činjenici da postoji veliki rizik usled termofilskih zahteva za određenom temperaturom čije održavanje zahteva veliku energiju. Uslovi su dodatno pogoršani ukoliko se koristi hladan stajnjak u kombinaciji sa hladnim vremenskim uslovima.

Atribut	KMM	KMT	KOAM	KOIM	L	FM
Bez ograničenja u koncentraciji materije	*	*	*			
Bez ograničenja u stranom materijalu	*	*	*			
Digestija celog toka otpadnog org. materijala	*	*	*			
Pesak i flotacija materije	*	*	*			
Kvalitetna kontrola spoljnog mirisa	*		*			
Koncentracija hranljivih materija u org. materijalu			*			*
Dodatno tretiranje supstrata	*	*	*			
Stabilnost			*	*	*	*
Jednostavnost				*	*	
Fleksibilnost			*			
Čista proizvodnja energije			*			*

Tabla 7 – Rezime atributa AD-je [9]

Legenda: KMM- Kompletno mešani (mesofilik); KMT- Kompletno mešani (termofilik); KOAM- Kontaktni (mesofilik); KOIM- Kontinualni (mesofilik); L- Lagune; FM- Fiksirane membrane

Anaerobni proces je označen kao nepouzdan zbog čestog toksičnog uticaja i uznemirenja zajednica bakterija. Kontaktna digestija je pouzdanija u prevenciji neuspeha procesa anaerobne digesije, penušanja fermenta i gubitka biomase. Sistemi anaerobne digestije sa zadržavanjem fermenta imaju najmanje šanse za neuspeh, jer je prisutna velika količina i raznovrsnost biokatalizatora u sistemu varenja organske materije. Kontaktno stabilizacioni proces je verovatno najmanje ugrožen spoljnim uticajima kao na primer hidrauličkim protokom ili organskim punjenjem otpadnim materijalom.

S obzirom da mešanje fermenta predstavlja suštinu svakog kompletno mešanog procesa greške u radu miksera ili njegova neadekvatnost može rezultirati nezadovoljavajućim radom.

Složenost procesa takođe može imati uticaja na njegovu pouzdanost. Termofilik digestija kravljeg stajnjaka mora u sebi uključiti složen sistem zagrevanja fermenta i mogućnost iskorišćenja obnovljivog toplotnog potencijala. Njegova pouzdanost će biti manja nego sistemi koji nemaju takvu kompleksnost. Kontaktni i stabilizacioni procesi takođe predstavljaju složene sisteme, pa imaju daleko veće izgleda na neuspeh od drugih prethodno navedenih. Robusne (snažne) kontrolne jedinice i složena dodatna oprema su od suštinske važnosti za poboljšanje navedenih kompleksnih sistema. Tabela 7 predstavlja rezime atributa AD koji se mogu koristiti za konverziju kompletnog ili dela stajnjaka u biogas.

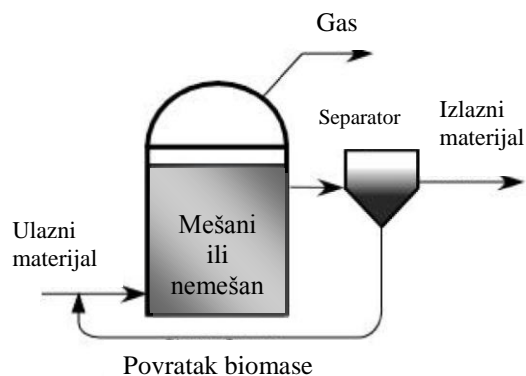
Anaerobni kontaktni proces može obezbediti najduže vreme zadržavanja materije, čime direktno utiče na veći prinos energije. Anaerobna digestija sa kontinualnim protokom ima niže kapitalne troškove u odnosu na kontaktni postupak. Takođe

anaerobna digestija sa kontinualnim protokom ima najniže troškove održavanja i rukovanja zbog reagensa koji se koristi u procesu odvajanja biomase. Prema svemu navedenom kontaktni anaerobni postupak nudi najveće koristi.

3.1.1 Kontaktni digestori (visoka stopa prinosa) - *Contact Reactor* – CR

Kontaktni bioreaktori predstavljaju tehnologiju anaerobne proizvodnje biogasa sa visokom stopom prinosa, pri čemu se zajednica bakterija zadržava, tj. ne dodaje prihrana. Tokom postupka digestije organske materije se razdvajaju i koncentrišu u odvojenim bioreaktorima sa povratkom materije koja se unosi. Tako se može više razgradivog otpada konvertovati u biogas, jer znatan deo anaerobne zajednice bakterija ostaje sačuvan. CR mogu imati dve varijante i to sa kompletnim mešanjem ili sa kontinualnim tokom organske materije (opseg radnih temperatura od mesofilik do termofilik). Digestor sa kompletnim mešanjem sprečiće raslojavanje organske materije, pri čemu koncentracija čvrste materije u pripremlenom materijalu za separator ne sme biti manja od 2.5%.

Byrke je iskoristio gasnu flotaciju (GF) za razdvajanje i koncentrisanje materijala koji izlazi iz digestora, pri čemu je akcenat na efikasanom i miranom oporavku anaerobne zajednice bakterija. Kao uzorak za fermentaciju i separaciju poslužio je tečni kravljji stajnjak, otpadne kanalizacione vode i organski otpad iz proizvodnje i prerade krompira. Time je pokazano da se može postići efikasno koncentrisanje biomase još u aktivnoj fermentiranoj masi bez potrebe izdvajanja mehurića gasa pri čemu je postupak dobio i zvaničan naziv AGF (*Anoxic gas flotation*). GF može postići značajno bolje koncentrisanje materija u biomasi nego što je to gravitacioni separator (slika 3). GF može ukloniti enzime, organske kiseline i druge proizvode digestije koji se ne mogu odstraniti putem taloženja ili drugim mehaničkim sredstvima. Konačno, GF može biti



Slika 3 – Kontaktni digestor - CR

izvedena na nemehanički način koji je pri tome veoma jednostavan za upravljanje i održavanje.

Tokom kontaktnog procesa u anaerobnom sistemu koncentrišu se tvrdokorni organski i neorganski čvrsti materijali. Trošenje nerazgradivih materijala uzrokuje gubitak mase bakterija i smanjuje efikasnost procesa.

4. AD STAJNJAKA U REPUBLICI SRBIJI

Osnovna tendencija u svakoj stočarskoj proizvodnji jeste težnja da se poveća broj proizvodnih jedinica. Povećanje broja žive stoke dovodi do povećanja količine životinjskog stajnjaka koji može predstavljati značajnu opasnost po zagađenje životne sredine. Drastičan primer ekološki crne tačke je Veliko bački kanal u AP Vojvodina. Na delu kanala u blizini grada Vrbasa locirane su na udaljenosti od 8-10 km fabrika kože, industrija mesa, otkrivena kanalizaciona mreža dva grada od 70.000 stanovnika, fabrike za preradu mesa, ulja i šećera, kao i farma sa blizu 4,000 krmača. Otpadne materije i tečni stajnjak se skladišti u neobezbeđene lagune ili se direktno usmerava u kanal, iako je poznato da navedeni materijal predstavlja idealan supstrat za AD. Kukuruz kao moguć supstrat u Srbiji može biti obezbeđen u neograničenim količinama.

Procenat kosuptrata (kukuruzna silaža)	0%	9%	20%	30%
Proizvodnja biogasa [m ³ /god]×10 ³	16,809	30,128	44,410	61,357
Količina biogasa [m ³ /UG]	440	789	1,164	1,608
Proizvodnja električne energije [GWh _e]	34.3	50.2	74	102.2
Proizvodnja električne energije [TJ]	123.5	180.7	266.4	368
Proizvodnja električne energije [Mtoe]	0.0029	0.0043	0.0064	0.0088
Supstituit uvezenog prirodnog gasa u 2008.g. u Srbiji [%]	0.7	1.3	1.9	2.6
Supstituit uvezene prirodne nafte u 2008.g. u Srbiji [%]	0.00011	0.00016	0.00024	0.00034
Vrednost supstituisane nafte [€]×10 ³ (1barel = 59 €)	1,078	1,598	2,379	3,272

Tabla 8 – Moguća godišnja proizvodnja biogasa i električne (118 uzoraka – 12,630 UG)

U tabeli 8 dat je pregled moguće ukupne produkcije biogasa i električne energije (bez toplotne energije) na farmama krava muzara u centralnoj Srbiji, a na osnovu podataka o broju UG koje je dao Institut za stočarstvo Beograd-Zemun.

5. ZAKLJUČAK

Anaerobna digestija nudi optimizaciju problema viška stajnjaka, a ujedno eliminiše patogene organizme, uklanja neprijatan miris i poboljšava kvalitet tako recikliranog organskog đubriva. Evropska Unija je postavila sebi cilj da do 2020.godine 20% energije obezbedi iz obnovljivih izvora energije. Najmanje 25% bioenergije u budućnosti mogu da potiču od biogasa proizvedenog od organskog materijala kao što je životinjski stajnjak.

Cilj je stvoriti anaerobni sistem koji sam sebe može da izdržava i relativno brzo otplati. Zato je potrebno u postupke anaerobne digestije kravlje ili svinjskog stajnjaka uvek uvesti kosupstrat. Kao jedno od rešenja možemo navesti primer Nemačke u kojoj se i po 15 poljoprivrednih gazdinstava udružuju i time postiže ekonomska isplativost uvođenja anaerobne digestije.

Jedna od najpouzdanijih tehnologija AD stajnjaka sa farmi krava ili svinja može se navesti kontaktna digestija, a takođe je među prvima po produkciji biogasa, tj. iskorišćenju isparljivih materija – VS (*Volated solids*) u gas metan.

Osnovni razlog zbog kojih poljoprivredna gazdinstva u Srbiji ne primenjuju proizvodnju biogasa je nedostatak odgovarajućih zakona i pratećih propisa, niska cena tako proizvedene električne energije i indolentnost po pitanju mogućih ekoloških koristi od proizvodnje i korišćenja biogasa

LITERATURA

- [1] M. Despotović, M. Babić "Energijabiomase" MF Kragujevac, 2007.
- [2] J.B. Holm-Nielsen "Biogas technology for sustainable bioenergy production", IEA bioenergy task 37, Seminar 2009.
- [3] J.B. Holm-Nielsen, T. Al Seadi "Biogas in Denmark", IEA bioenergy 37, April 2008.
- [4] S. Piccinini "Status of biogas production in Italy", Lille, November 2007.
- [5] H. House "Alternative energy sources – biogas production", London swine seminar, April 2007.
- [6] P. Weiland "Impact of competition claims for food and energy on German biogas production", IEA Bioenergy Seminar, Ludlow, April 2008.
- [7] P. Weiland "Country report Germany11, IEA bioenergy task 37, April 2009.
- [8] J. Held, A. Mathiasson, A. Nylander, "Biogas from manure and waste products – Swedish case studies", 2008.
- [9] Denis A. Burke P.E. "Dairy Waste Anaerobic Digestion Handbook", Environmental Energy Company, June 2001.