

Željko Jurić
Energetski institut Hrvoje Požar
zjuric@eihp.hr

Robert Bošnjak
Energetski institut Hrvoje Požar
rbošnjak@eihp.hr

Biljana Kulišić
Energetski institut Hrvoje Požar
bkulic@eihp.hr

Bojan Ribić
Zagrebački holding - Podružnica Čistoća
bojan.ribic@zgh.hr

DOPRINOS PRIMJENE KONCEPTA „IZ OTPADA DO BIOMETANA“ OSTVARIVANJU EU CILJEVA

SAŽETAK

Proizvodnja biometana iz biorazgradivog dijela komunalnog otpada može značajno doprinijeti ciljevima EU na području gospodarenja otpadom, povećanju udjela obnovljivih izvora energije i smanjenju emisija stakleničkih plinova. Proizvedeni biometan je obnovljivi energent pogodan za utiskivanje u distribucijsku mrežu prirodnog plina, za korištenje u prijevozu ili u kogeneracijskoj proizvodnji električne energije i topline.

Koncept „Iz otpada do biometana“ je pogodan za primjenu u urbanim sredinama. Hrvatska treba osigurati postupno smanjenje količine biorazgradivog komunalnog otpada koji se odlaže na odlagališta, što je odlična prilika da se izdvojeni biorazgradivi otpad koristi za proizvodnju biometana. U radu su istaknute prednosti primjene koncepta „Iz otpada do biometana“, kako u djelu koji se odnosi na gospodarenje otpadom tako i u djelu koji se odnosi na proizvodnju i uporabu biometana. Temeljem iskustava iz zemalja s razvijenim tržištem biometana, dane su također preporuke za stvaranje potrebnih preduvjeta, kako bi se proizvodnja i uporaba biometana u bliskoj budućnosti implementirala i u Hrvatskoj.

Ključne riječi: biometan, bioplin, biorazgradivi otpad, koncept „Iz otpada do biometana“

CONTRIBUTION OF “WASTE TO BIOMETHANE” CONCEPT IMPLEMENTATION TO ACHIEVE THE EU TARGETS

SUMMARY

The biomethane production from biodegradable fraction of the municipal solid waste could significantly contribute to achieve the EU obligations in the waste management sector, renewable energy production and greenhouse gases emission reduction. Produced biomethane is a renewable energy source suitable for injection in natural gas grid, for usage in transport as biofuels or for usage in cogeneration heat and power production.

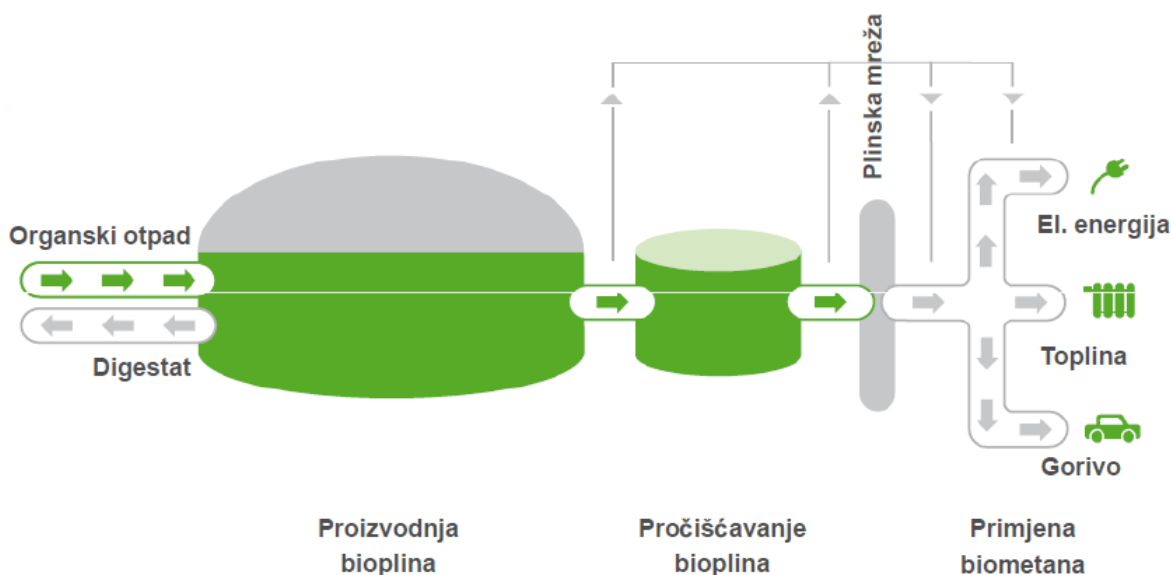
The “Waste to Biomethane” concept is suitable for implementation in urban areas. Croatia has to gradually reduce landfilling of the biodegradable fraction of the municipal solid waste, which offers great opportunity for biomethane production from the biodegradable waste. The advantages of the “Waste to Biomethane” concept are highlighted in the article, not only in the part of waste management, but also in area of biomethane production and usage. Based on experiences of countries with developed biomethane market, recommendations for creation of needed preconditions for production and usage of biomethane in Croatia in near future are also given.

Key words: biomethane, biogas, biodegradable waste, “Waste-to-Biomethane” concept

1. UVOD

Jedan od najznačajnijih problema zaštite okoliša u svijetu je neprestani porast nastajanja komunalnog otpada u kojem značajan udio ima otpad organskog podrijetla. U mnogim zemljama je održivo gospodarenje otpadom, koje podrazumijeva i sprječavanje nastanka i smanjenje novih količina otpada, najvažnije okolišno pitanje. Rješavanje ovog pitanja na dugoročno održiv način je važan dio zajedničkih napora u cilju zaštite okoliša i ublažavanja globalnih klimatskih promjena. Dosadašnja praksa nekontroliranog odlaganja otpada više nije prihvatljiva. Čak i kontrolirano odlaganje otpada na za to predviđenim odlagalištima ili spaljivanje organskog otpada više ne predstavljaju prikladan način njegovog zbrinjavanja. Standardi za okoliš su sve rigorozniji te upućuju na povrat energije i oporabu organske tvari.

Proizvodnja bioplina iz biorazgradivog organskog otpada može značajno doprinijeti ciljevima Europske unije na području gospodarenja otpadom, smanjenju emisija stakleničkih plinova i povećanju udjela obnovljivih izvora energije. Pročišćavanje bioplina do kvalitete biometana i njegovo utiskivanje u distribucijsku mrežu prirodnog plina, korištenje stlačenog biometana u prometu te korištenje bioplina ili biometana u kogeneracijskoj proizvodnji električne energije i topline (slika 1.), prilike su za učinkovito korištenje obnovljive energije u gradovima. UrbanBiogas projekt „Od gradskog otpada do biometana za utiskivanje u plinsku mrežu i promet u urbanim sredinama“ upravo promovira taj koncept „Iz otpada do biometana“ [1] i [2]. Voditelj projekta je njemačka tvrtka WIP Renewable Energies, a Hrvatsku na projektu predstavljaju Energetski institut Hrvoje Požar i Zagrebački Holding - Podružnica Čistoća.

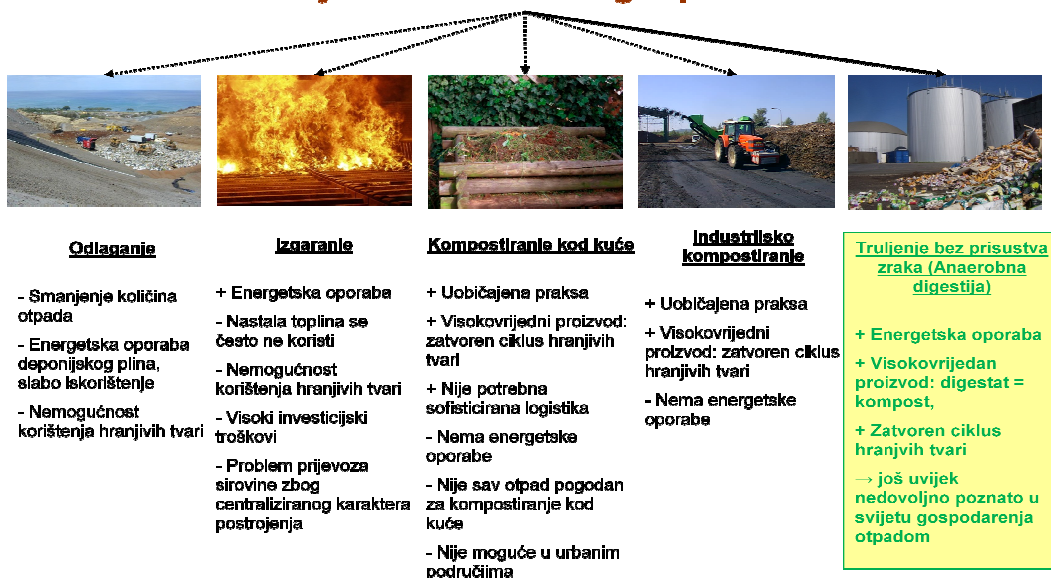


Slika 1. Proizvodnja i uporaba biometana iz organskog otpada

2. GOSPODARENJE ORGANSKIM OTPADOM

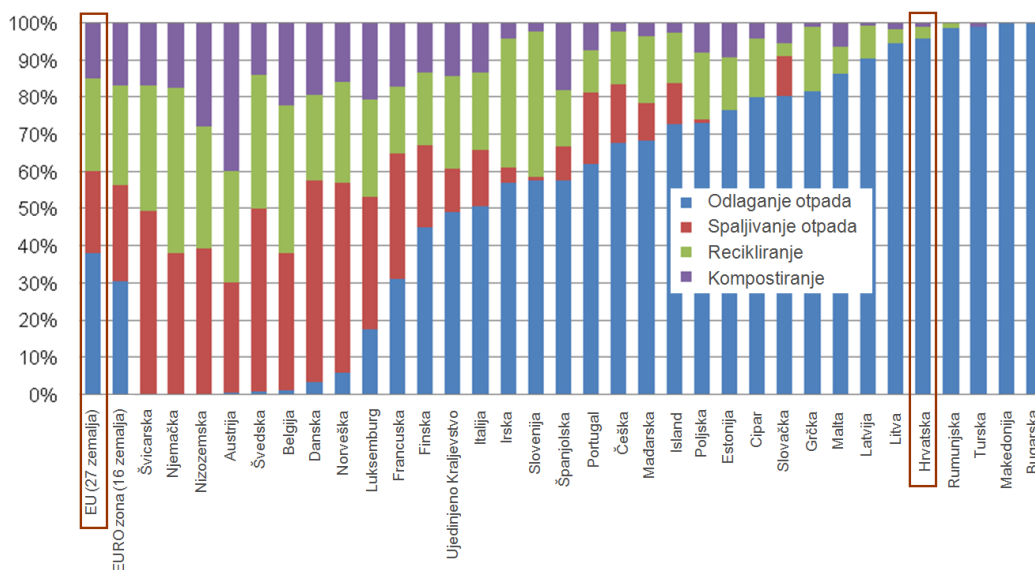
U mnogim državama još uvijek se odlažu velike količine komunalnog krutog otpada na odlagališta, umjesto da se u što većoj mjeri odvojeno sakuplja i reciklira, a organski otpad koristi kao izvor energije. Istovremeno energetske iskorištavanje biorazgradivog dijela organskog otpada pogodnog za anaerobnu digestiju, kao što su komunalni otpad i otpad iz ugostiteljstva, te stvaranje zatvorenog kruženja hranjivih tvari, su glavne prednosti biološkog procesa anaerobne digestije unutar postrojenja za proizvodnju i korištenje bioplina (slika 2.).

Gospodarenje biorazgradivim dijelom komunalnog otpada



Slika 2. Gospodarenje biorazgradivim dijelom komunalnog otpada

Hrvatska se mora uskladiti s Direktivom o odlaganju otpada 1999/31/EC i Direktivom o otpadu 2008/98/EC, te smanjiti odlaganje biorazgradivog dijela komunalnog otpada na odlagališta. Prema Ugovoru o pristupanju Republike Hrvatske u Europsku uniju, Hrvatska treba osigurati postupno smanjenje količine biorazgradivog komunalnog otpada koji se odlaže na odlagališta do kraja 2013. godine na 75 posto, do kraja 2016. godine na 50 posto, a do 31. prosinca 2020. godine na 35 posto ukupne količine (težinski) biorazgradivog komunalnog otpada proizvedenog 1997. godine. Radi se o zahtjevnim obvezama, budući da se Hrvatska nalazi na začelju Europe u pogledu postupanja s komunalnim otpadom (slika 3.). Prema podacima EUROSTAT-a za 2010. godinu, u Hrvatskoj se čak 95 posto otpada odlaže na odlagališta. Da bi se ciljevi ostvarili jedno od rješenja je organizacija primarne selekcije i odvojenog sakupljanje biorazgradivog komunalnog otpada, koji bi se mogao koristiti za proizvodnju bioplina i biometana. Osim toga, sukladno Direktivi o obnovljivim izvorima energije 2009/28/EC, do 2020. godine potrebno je dostići udio obnovljivih izvora od najmanje 20 posto u ukupnoj finalnoj potrošnji energije, uz 10 posto u prometu. Proizvodnja i uporaba biometana, dobivenog iz biorazgradivog organskog otpada, ima značajan potencijal doprinijeti ostvarenju Hrvatskih obveza iz gore spomenutih direktiva.



Slika 3. Usporedba zemalja Europe prema načinu postupanja s komunalnim otpadom, 2010. godina

3. POSTROJENJA ZA PROIZVODNJU I KORIŠTENJE BIOPLINA

U mnogim europskim regijama, gospodarenje otpadom je još uvijek veliki problem. Moguće rješenje je izgradnja postrojenja za proizvodnju bioplina koje koristi organski otpad i pročišćavanje bioplina do razine biometana. U Europi postoji nekoliko stotina postrojenja koja koriste biorazgradivi otpad za proizvodnju bioplina. Broj postrojenja za proizvodnju bioplina s njegovim pročišćavanjem, uz korištenje biorazgradivog otpada, je znatno manji od postrojenja koje koriste bioplin u kogeneracijskoj proizvodnji električne energije i topline, i procjenjuje se na nekoliko desetina. U tablici I. je dan pregled broja različitih vrsta bioplinskih postrojenja u 10 odabranih zemalja Europe [3], pri čemu su uključene zemlje s razvijenim tržištem biometana poput Njemačke, Švedske, Švicarske, Nizozemske i Austrije.

Tablica I. Broj postrojenja za proizvodnju i korištenje bioplina

Zemlja	Postrojenja za pročišćavanje biometana	Postrojenja s utiskivanjem biometana u plinsku mrežu	Ukupan broj postrojenja za proizvodnju i korištenje bioplina	Supstrat			
				Poljopr.	Organski otpad	Mulj iz otp. voda	Odlagališni plin
Hrvatska	0	0	12	9	0	2	1
Austrija	10	7	503	oko 300	55	134	14
Francuska	3	1	269	40	98	60	71
Njemačka	107	105	9200	oko 7400	100	1700	
Mađarska	1	0	58	36	0	14	8
Nizozemska	15	15	130	130			
Slovačka	0	0	57	34	4	10	9
UK	2	2	360	60		100	>200
Švedska	47	8	229	14	23	135	57
Švicarska	17	15	600	140		460	

U Hrvatskoj je evidentan napredak u posljednjih nekoliko godina u pogledu broja postrojenja za proizvodnju bioplina koja koriste bioplin u kogeneraciji s naglaskom na proizvodnju električne energije, zahvaljujući sustavu zajamčenih otkupnih cijena za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije. S druge strane, još uvijek nema postrojenja u kojima se bioplin pročišćava do razine biometana.

3.1. Proizvodnja bioplina anaerobnom digestijom

Anaerobna digestija je mikrobiološki proces razlaganja organske tvari bez prisustva kisika, koji je uobičajen i u okolišu [4]. Danas se kontrolirana anaerobna digestija naveliko primjenjuje u proizvodnji bioplina u zrako-nepropusnim reaktorima, zvanim digestori ili fermentori. U postupku anaerobne razgradnje djelovanjem različitih vrsta mikroorganizama nastaju dva glavna proizvoda: bioplin i digestat (ili fermentirani ostatak). Bioplin je zapaljivi plin koji se sastoji većinom od metana i ugljikovog dioksida te ostalih plinova u tragovima. Digestat je anaerobno razgrađen supstrat, bogat makro- i mikro-hranjivim tvarima, što ga najčešće čini prikladnim za primjenu u poljoprivredi kao gnojivo.

Smatra se da je proizvodnja bioplina anaerobnom digestijom optimalni proces za tretiranje biorazgradivog organskog otpada, budući da se time otpad pretvara u vrijedan obnovljivi energent (bioplin) i, često, ekološki prihvatljivo gnojivo (digestat). Istovremeno se izdvajanjem biorazgradivog dijela organske frakcije smanjuje količina otpada koji se odlaže na odlagalištima te povećava biokemijska stabilnost odlagališta.

Budući da je tržište proizvodnje bioplina i njegovo korištenje u kogeneracijama u Hrvatskoj u porastu, implementacijom 12 postojećih postrojenja za proizvodnju i korištenje bioplina i očekivanom vrlo skorom izgradnjom brojnih novih postrojenja, u nastavku će se naglasak dati proizvodnji biometana, odnosno tehnologijama/procesima za pročišćavanje bioplina do razine biometana, čija se primjena očekuje u budućnosti.

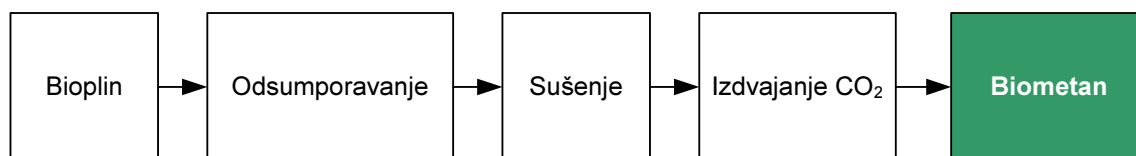
3.2. Pročišćavanje bioplina do razine biometana

Bioplin dobiven anaerobnom digestijom obično sadrži uz 50-65 posto vol. metana i 35-50 posto vol. ugljikovog dioksida, 0-12 posto vol. vodene pare te male količine ugljikovodika, dušika, vodika, kisika, amonijaka i sumporovodika (moguće i Cl, F, Si...). Kako bi dobili energent vrlo sličan prirodnom plinu, sve više se u razvijenim zemljama Europske unije primjenjuje proces pročišćavanja bioplina.

Pri pročišćavanju bioplina, sirovi bioplin u osnovi se dijeli na dvije plinske struje: struju biometana bogatu metanom (više od 95 posto vol. metana) i struju otpadnog plina (offgas) bogatu ugljikovim dioksidom. Ovisno o sastavu sirovog bioplina, pročišćavanje bioplina obuhvaća uklanjanje ugljikovog dioksida, sušenje plina, uklanjanje supstanci u tragovima kao što su kisik, dušik, sumporovodik, amonijak ili siloksani. U bioplinu se također mogu nalaziti čestice, koje mogu uzrokovati mehanička oštećenja u plinskim motorima, turbinama i cijevima, koje se odstranjuju finim mehaničkim filtrima (0,01 μm – 1 μm). Osim pročišćavanja bioplina do razine biometana, obično je potrebno i komprimiranje biometana na tlak potreban za njegovu daljnju uporabu. Nadalje, često postoji potreba za odorizacijom (ako se utiskuje u distributivnu mrežu prirodnog plina s niskim tlakom) ili usklađivanje s toplinskom vrijednosti putem doziranja npr. propana [5].

Glavne tehnologije ili procesi pročišćavanja bioplina (slika 4.) su:

- Odsumporavanje
- Sušenje
- Izdvajanje CO₂



Slika 4. Pročišćavanje bioplina

Odsumporavanje i sušenje bioplina se gotovo redovito primjenjuju i kod korištenja bioplina u kogeneracijskim jedinicama, a izdvajanje ugljikovog dioksida je posebnost kod pročišćavanja bioplina do razine biometana.

Osim navedenih tehnologija/procesa, u cilju izbjegavanja emisije metana potrebna je obrada otpadnih plinova, obično se radi oksidacija (termička, regenerativno-termička ili katalitička).

3.2.1. Odsumporavanje

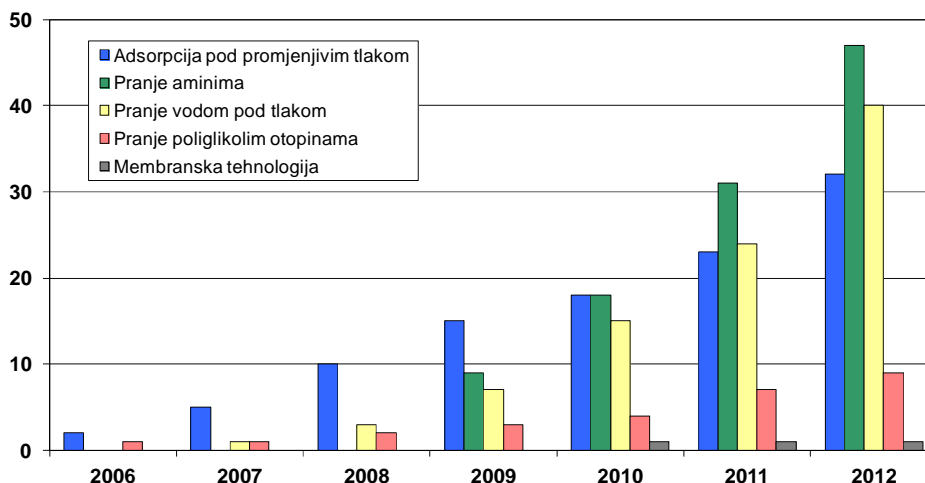
Uklanjanje sumporovodika tijekom proizvodnje biometana može biti od presudne važnosti za tehnološku i ekonomsku izvedivost cijelog lanca pročišćavanja plina, ovisno o sadržaju sumpora u korištenom supstratu. Sumporovodik je opasan i korozivan plin koji je potrebno ukloniti iz bioplina prije bilo kakve daljnje njegove uporabe, bilo da se bioplin koristi u kogeneracijskoj jedinici ili se radi o utiskivanju biometana u plinsku mrežu ili o uporabi stlačenog biometana za potrebe prometa. Postoji mnoštvo tehnologija kojima se obavlja odsumporavanje. Ovisno o lokalnim uvjetima u postrojenju za proizvodnju bioplina i u jedinici za proizvodnju biometana, može se primijeniti jedna tehnologija ili pak kombinacija od dvije ili više tehnologija za odsumporavanje bioplina, kako bi se dobilo tehnički stabilno i ekonomski konkurentno rješenje. Najvažnije metode su: biološki tretman (pranje + vanjska regeneracija, doziranje zraka), taloženje sulfida (Fe(II)Cl₂, FeOH), NaOH pranje i adsorpcija na metalnim oksidima ili aktivnom ugljenu.

3.2.2. Sušenje

Na izlazu iz digestora bioplin je zasićen vodenom parom. Ta voda obično se kondenzira u aparaturama i cijevima, a u kombinaciji sa sumporovim oksidima može uzrokovati koroziju. Povećavanjem tlaka i smanjivanjem temperature voda se kondenzira iz bioplina pa se nakon toga uklanja. Hlađenje se može izvesti ili pomoću okolne temperature (zrak, tlo) ili električnim hladnjacima. Voda se također može ukloniti pranjem glikolom, ili pak adsorpcijom na silikatima, aktivnom ugljenu ili molekularnim sitima (zeolitima).

3.2.3. Izdvajanje CO₂

Tehnološki i financijski najzahtjevniji je postupak izdvajanja CO₂ iz bioplina. U tu svrhu se koriste sljedeće tehnologije: adsorpcija pod promjenjivim tlakom (PSA), pranje (ili skrubiranje) aminima, pranje vodom pod tlakom, pranje poliglikolnim otopinama, membranska tehnologija i kriogena tehnologija. Na slici 5. je prikazan broj primijenjenih tehnologija izdvajanja CO₂ u Njemačkoj (stanje: ožujak 2012.). Najzastupljenije su bile tehnologije pranje aminima i pranje vodom pod tlakom.



Slika 5. Tehnologije za izdvajanje CO₂ iz bioplina u Njemačkoj

U tablici II. prikazani su najvažniji parametri najčešće korištenih tehnologija za pročišćavanje bioplina (pranje aminima i pranje vodom pod tlakom), primijenjenih na tipičan sastav sirovog bioplina. Vrijednosti određenih parametara predstavljaju prosjeke postojećih postrojenja za pročišćavanje ili provjerene podatke iz literature [5].

Tablica II. Osnovni parametri najčešće korištenih tehnologija za pročišćavanje bioplina u Njemačkoj

Parametar	Pranje vodom pod tlakom	Pranje aminima
Tipičan sadržaj metana u biometanu [vol. %]	98,0 (95,0-99,0)	99,96 (>99,0)
Gubitak metana [vol. %]	2,0	0,04
Tipičan tlak [bar]	5-10	0
Potrebe za el. energijom [kWh _{el} /m ³ sirovog bioplina]	<0,25	0,12-0,15
Toplinske potrebe i razina temperature	neznatne (20 °C)	visoke (110-160 °C)
Potreba za odsumporavanjem	ovisno o procesu	da
Tipični investicijski troškovi [EUR/(m ³ /h) biometana]		
za 100 m ³ /h biometana	10.100	9.500
za 250 m ³ /h biometana	5.500	5.000
Tipični operativni troškovi [EURc/m ³ biometana]		
za 100 m ³ /h biometana	14,0	14,4
za 250 m ³ /h biometana	10,3	12,0

3.3. Uporaba biometana

Nakon prethodno opisanog pročišćavanja bioplina dobiva se visoko vrijedan energent - biometan, vrlo sličan prirodnom plinu, s mogućnošću primjene za proizvodnju električne, toplinske i mehaničke (promet) energije. Za razliku od prirodnog plina, biometan je obnovljivi izvor energije i njegovo korištenje je povoljnije za okoliš. Proizvodnja biometana sa sobom povlači i brojne socio-ekonomske koristi za društvo u cjelini, ali i za dionike uključene u njegovu proizvodnju i iskorištavanje. Većom proizvodnjom biometana, moguće je i smanjiti ovisnost o uvoznom prirodnom plinu. To su prepoznale pojedine zemlje

Europske unije i ugradile u svoje energetske strategije i akcijske planove ambiciozne ciljeve u pogledu udjela biometana. Tako na primjer, Nizozemska očekuje da bi do 2050. godine čak 50 posto potreba za plinom nadomjestila domaćom proizvodnjom biometana. Kako bi se planovi ostvarili u Nizozemskoj je uveden 2008. godine sustav zajamčenih otkupnih cijena za biometan, a nakon toga 2009. godine i sustav „zelenih“ certifikata za utisnuti biometan u plinsku mrežu. U Švedskoj je, s druge strane, fokus na primjeni stlačenog biometana u prometu, uz brojne olakšice koje imaju vozila na biometan poput poreznih olakšica (ne plaćaju se CO₂ i energetske porezi, za razliku od dizelskog i benzinskog goriva), poticaji za kupnju vozila, besplatan parking u mnogim gradovima itd.

Proizvodnja biometana iz biorazgradivog otpada olakšava zadovoljavanje hrvatskih obveza definiranih direktivama na području gospodarenja otpadom, obnovljivih izvora energije, zaštite okoliša i klimatskih promjena. Proizvedena električna energija iz biorazgradivog otpada smatra se obnovljivim izvorom energije i u skladu je s preuzetim obvezama iz Direktive o odlagalištima otpada (1999/31/EC), Direktiva o otpadu (2008/98/EC) i Direktiva o obnovljivoj energiji (2009/28/EC). Zakon o biogorivima za prijevoz (Narodne novine, br. 65/09, 145/10, 26/11 i 144/12) uključuje bioplin kao jedno od biogoriva čija se proizvodnja potiče, ali sam model poticanja uspostavljen je samo za biodizel i bioetanol. Općim uvjetima za opskrbu prirodnim plinom (Narodne novine, br. 43/09, 87/12) propisuje se standardna kvaliteta plina te definiraju između ostalog i uvjeti za priključenje na distribucijski ili transportni sustav, opskrbu prirodnim plinom i korištenje plinskog sustava. Međutim, da bi se osigurala veća primjena biometana potrebno je izgraditi/doraditi sustav poticanja i odgovarajućim podzakonskim aktima dodatno regulirati korištenje biometana, kako bi se omogućio zajamčen pristupu plinskoj mreži ukoliko su zadovoljeni svi tehnički uvjeti.

4. ZAKLJUČAK

Proizvodnja bioplina iz biorazgradivog dijela komunalnog otpada, pročišćavanje do razine biometana te raznolika uporaba biometana, čine koncept „Iz otpada do biometana“ vrlo prihvatljivom opcijom, kako iz perspektive gospodarenja otpadom tako i sa stajališta proizvodnje obnovljivog energenta pogodnog za proizvodnju električne, toplinske i mehaničke (promet) energije. Koncept također pruža i mogućnost uporabe digestata kao gnojiva u poljoprivredi. Osim navedenog, utiskivanjem biometana u plinsku mrežu moguće je smanjiti uvoz prirodnog plina i povećati sigurnost opskrbe energijom krajnjih korisnika. Dodatna prednost je kontinuirana proizvodnja električne energije iz bioplina ili biometana, u odnosu na neravnomjernu proizvodnju električne energije podrijetlom iz sve zastupljenijih obnovljivih izvora energije poput vjetra i fotonaponskih sustava.

Svaka tehnologija u usporedbi s ostalim tehnološkim opcijama ima uz svoje specifične prednosti i nedostatke. Takav slučaj je i s tehnologijama za proizvodnju i uporabu biometana. Nažalost, tehnologije pročišćavanja bioplina, vrlo važne karike koncepta, su još uvijek prilično skupe i u hrvatskim uvjetima neisplative. Da bi se stimulirao razvoj biometanskog tržišta, bit će potrebno osigurati odgovarajuće poticanje isporučenog biometana u plinsku mrežu i različitim olakšicama učiniti korištenog biometana u prometu isplativom opcijom te podzakonskim aktima dodatno promovirati i regulirati proizvodnju i uporabu biometana.

5. LITERATURA

- [1] Dostupno na poveznici: <http://www.urbanbiogas.eu/>
- [2] D. Rutz, R. Janssen, U. Hoffstede, M. Beil, H. Hahn, B. Kulišić, R. Bošnjak, Ž. Jurić, M. Kruhek, B. Ribić, P. Haider, A. Gostomska, M.A. Nogueira, A.S. Martins, M. Martins, M. Albuquerque, I. Dzene, M. Niklass, I. Gubernatorova, D. Schinnerl, M. Ruszel, P. Pawlak: "Organic Waste for Biogas Production in Urban Areas", Proceedings of the 19th European Biomass Conference and Exhibition, Berlin, Germany, 6-10 June 2011, pp. 2125-2131; ISBN 978-88-89407-55-7; DOI: 10.5071/19thEUBCE2011-VP3.4.27
- [3] S. Strauch, J. Krassowski, A. Singhal: "Biomethane Guide for Decision Makers – Policy guide on biogas injection into the natural gas grid", Fraunhofer UMSICHT, IEE GreenGasGrids project, Germany, April 2013
- [4] T.A. Seadi, D. Rutz, H. Prassl, M. Köttner, T. Finsterwalder, S. Volk, R. Janssen, B. Kulišić, A. Kojaković: "Bioplin - priručnik", IEE BiG>East projekt, CIP: 711800, ISBN 978-87-992962-2-4 listopad 2008.
- [5] Institut za kemijski inženjering: "Prikaz tehnologije za preradu bioplina u biometan", IEE Biometnane Regions projekt, Tehnološko sveučilište u Beču, svibanj 2012.