

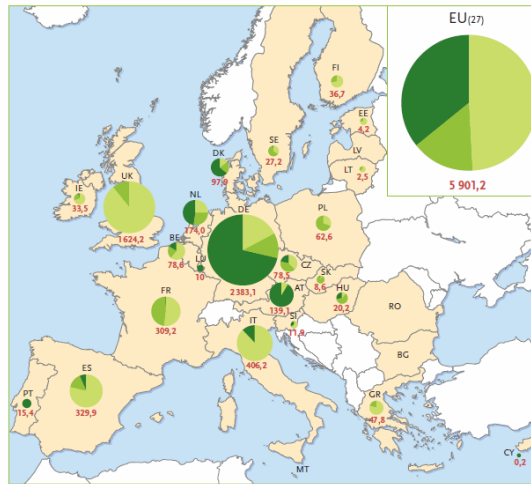


## Bioplin je...

...mješavina plinova koja nastaje prilikom truljenja organske tvari bez prisustva zraka – anaerobna digestija. Tehnologije pridobivanja bioplina se razlikuju prema izvoru, a tu prepoznajemo tri osnovne skupine:

- **poljoprivredna bioplinska postrojenja koja u procesu anaerobne digestije koriste sirovinu iz poljoprivrede i prehrambene industrije**
- postrojenja na deponijski plin koja sakupljaju bioplin nastao na odlagalištu otpada
- postrojenja na otpadni mulj koji nastaje pri procesu pročišćavanja otpadnih voda

## Proizvodnja primarne energije iz bioplina u EU (2007.)



LÉGENDE/KEY

Production d'énergie primaire de biogaz de l'Union européenne en 2007 (en ktoe)  
 Primary energy production of biogas of the European Union in 2007 (in ktoe)

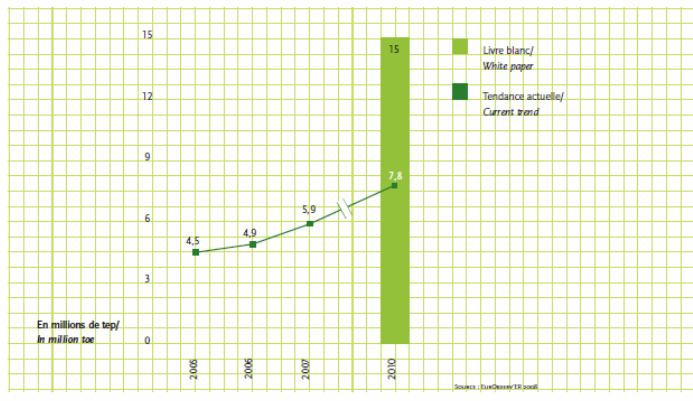
- Biogaz de décharges/Landfill gas
- Biogaz de stations d'épuration/Sewage sludge gas
- Autres biogaz (unités décentralisées de biogaz agricole, etc.)/Other biogas (decentralised agricultural plant, etc.)

5 901,2 Les chiffres en rouge indiquent la production totale en ktoe/ Red figures show total production in ktoe

\* Estimation/Estimate.

## Usporedba trenda s ciljevima Bijele knjige EU

G1 COMPARAISON DE LA TENDANCE ACTUELLE AVEC LES OBJECTIFS DU LIVRE BLANC  
 COMPARISON OF CURRENT TREND WITH WHITE PAPER TARGETS



## Proizvodnja primarne energije iz bioplina u EU (2006. i 2007.) u ktoe

Pays / Countries	2006				2007 <sup>a</sup>			
	Decharges/ Landfill gas	Stations d'épuration/ Sewage	Autres biogaz/ Other biogases <sup>c</sup>	Total	Decharges/ Landfill gas	Stations d'épuration/ Sewage	Autres biogaz/ Other biogases <sup>c</sup>	Total
Allemagne/Germany	383,2	270,2	1 011,7	1 665,3	416,4	270,2	1 696,5	2 383,1
Royaume-Uni/UK	1 318,5	180,0	—	1 498,5	1 433,1	191,1	—	1 624,2
Italie/Italy	337,4	1,0	44,8	383,2	357,7	1,0	47,5	406,2
Espagne/Spain	251,3	48,6	19,8	319,7	259,6	49,1	21,3	329,9
France/France	150,5	144,0	3,6	298,1	161,3	144,2	3,7	309,2
Pays-Bas/The Netherlands	46,0	48,0	47,1	141,1	43,2	48,0	82,8	174,0
Autriche/Austria	11,2	3,5	103,4	118,1	10,7	2,0	126,4	139,1
Danemark/Denmark	14,3	21,0	57,6	92,9	14,3	21,0	62,6	97,9
Belgique/Belgium	51,0	17,6	9,1	77,6	48,1	18,0	12,5	78,6
Rép. tchèque/Czech Rep.	24,5	31,1	7,8	63,4	29,4	32,1	17,0	78,5
Pologne/Poland	18,9	43,1	0,5	62,4	19,1	43,0	0,5	62,6
Grèce/Greece	21,2	8,6	—	29,8	38,0	9,8	—	47,8
Finlande/Finland	26,1	10,4	—	36,4	26,4	10,3	—	36,7
Irlande/Ireland	25,4	5,1	1,8	32,3	23,9	7,9	1,7	33,5
Suède/Sweden	9,2	17,1	0,8	27,2	9,2	17,1	0,8	27,2
Hongrie/Hungary	1,1	8,0	3,1	12,2	2,1	12,4	5,7	20,2
Portugal/Portugal	—	—	9,2	9,2	—	—	15,4	15,4
Slovénie/Slovenia	6,9	1,1	0,4	8,4	7,6	0,6	3,8	11,9
Luembour/Luxembourg	—	—	9,2	9,2	—	—	10,0	10,0
Slovaquie/Slovakia	0,4	6,9	0,4	7,6	0,5	7,6	0,5	8,6
Estonie/Estonia	3,1	1,1	—	4,2	3,1	1,1	—	4,2
Lituanie/Lithuania	—	1,5	0,5	2,0	1,6	0,8	—	2,5
Chypre/Cyprus	—	—	0,0	0,0	—	—	0,2	0,2
<b>UE/EU</b>	<b>2 007,3</b>	<b>867,8</b>	<b>1 330,8</b>	<b>4 898,9</b>	<b>2 905,2</b>	<b>887,2</b>	<b>2 108,0</b>	<b>5 901,2</b>

<sup>a</sup> Urbanites et industrielles Urban and industrial. <sup>b</sup> Unités décentralisées de biogaz agricole, unités de méthanisation des déchets municipaux solides, unités centralisées de codigestion/Decentralised agricultural plants, municipal solid waste methanisation plants, centralised codigestion plants.  
<sup>c</sup> Entrées/Entrées.

Source: Eurostat/EIHP 2008.

## Priručnik za bioplin, 2009. EIH

Nastao u sklopu IEE BiG>East projekta Master Handbook s engleskog je preveden na 7 jezika (bugarski, hrvatski, grčki, latvijski, rumunjski, slovenski i arapski) te je prilagođen nacionalnim uvjetima

**BiG>East**

*Priručnik za bioplin*

**Autori**  
Teodorita Al Sadi, Dominik Rätz, Heinz Prasel, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Jansen

**Autori nacionalnog dodatka i adaptacije glavnog teksta**  
Biljana Kalfić, Ana Kojaković

**Recenzija**  
Dominik Rätz, Teodorita Al Sadi, Konstantinos Siofotas, Biljana Kalfić

**Urednica**  
Teodorita Al Sadi

**Urednica nacionalnog dodatka**  
Biljana Kalfić

**Prijevod i adaptacija**  
Ana Kojaković, Biljana Kalfić, Veljko Vorkapić, Dino Novosel, Kristina Krušić

**Lektura**  
Anita Filipović

**Naslovnica**  
Catherine Al Sadi

Sva su prava zaštićena. Umnožavanje ove publikacije ili njenih dijelova u bilo kojem obliku, bilo dovoljno bez prethodnog pisanog odobrenja izdavača ili vlasnika prava.  
Uradak ne odgovara za točnost ili potpunost informacija i podataka navedenih u ovom priručniku.

**Zahvala**  
Ovaj priručnik pripremljen je zajedničkim radom grupe stručnjaka za bioplin iz Danske, Njemačke, Austrije i Srbije, u okviru projekta BiG>East (016792/4512467628), koji se provodi od rujna 2007. do svibnja 2010. godine. Cilj projekta je promocija razvoja AD tehnologije u istočnoj Europi. BiG>East projekt sufinancira Europska komisija u okviru Programa Intelligent Energy for Europe.

Priručnik je pripremljen u glavnoj verziji • na engleskom jeziku • koja je zatim prevedena i adaptirana na bugarski, hrvatski, grčki, latvijski, rumunjski i slovenski što su jezici zemalja u kojima se provodi BiG>East projekat. Svaka od tih verzija sadrži i dodatno prilagođene i informacione specifičnosti za pojedina zemlja, koje su pripremljene posebno za dobne zemlje. Prijelom, dodatno čitanje i molimo vas priručnika su prepuni da naši lokalni studosi.

Hvala vam svi na za odličan timski rad!

Teodorita Al Sadi, urednica  
listopad 2008.

**Intelligent Energy**

## Prelistavanje Priručnika...

<b>1. PREDNOSTI TEHNOLOGIJE BIOPLINA.....</b>	<b>11</b>
1.1. DRUŠTVENE KORISTI .....	11
1.1.1. <i>Obnovljivi izvori energije</i> .....	11
1.1.2. <i>Smanjenje emisije stakleničkih plinova i ublažavanje posljedica globalnog zagrijavanja</i> .....	12
1.1.3. <i>Smanjenje ovisnosti o uvozu fosilnih goriva</i> .....	12
1.1.4. <i>Doprinos EU-a ciljevima važnim za energetiku i okoliš</i> .....	12
1.1.5. <i>Smanjenje količine otpada</i> .....	12
1.1.6. <i>Stvaranje novih radnih mjesta</i> .....	13
1.1.7. <i>Fleksibilno i učinkovito korištenje bioplina</i> .....	13
1.1.8. <i>Smanjenje potrošnje vode</i> .....	13
1.2. KORISTI ZA POLJOPRIVREDNIKE .....	13
1.2.1. <i>Ostvarenje dodatnog prihoda za uključene poljoprivrednike</i> .....	13
1.2.2. <i>Digestat je izvrsno gnojivo</i> .....	13
1.2.3. <i>Zatvoreni ciklus hranjivih tvari</i> .....	13
1.2.4. <i>Fleksibilnost u korištenju različitih vrsta biomase</i> .....	14
1.2.5. <i>Smanjenje pojave neugodnih mirisa i insekata</i> .....	15
1.2.6. <i>Veterinarska sigurnost</i> .....	15

### 1.1.2. Smanjenje emisije stakleničkih plinova i ublažavanje posljedica globalnog zagrijavanja

Ikoristavanjem fosilnih goriva kao što su lignit, mrki ugljen, sirova nafta i prirodni plin dolazi do oksidacije ugljika pobranjenog milijunima godina u Zemljinoj kori, pri čemu se izdajanjem oslobađa energija, a u atmosferu ispušta ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>). Povećanje koncentracije CO<sub>2</sub> u atmosferi uzrokuje globalno zatopljenje, budući da je CO<sub>2</sub> staklenički plin. Iznajanjem bioplina također se oslobađa CO<sub>2</sub>, no razlika u odnosu na fosilna goriva je u tome što je CO<sub>2</sub> iz bioplina nedugo prije oslobađanja bio apsorbiran iz atmosfere fotosintetskom aktivnošću biljaka. Korištenjem bioplina proces ugljika zatvoren je u kratkom vremenu (od jedne do nekoliko godina). Proizvođačima bioplina AD smanjuju se emisije metana (CH<sub>4</sub>) i dušikovog oksida (N<sub>2</sub>O) do kojih dolazi tijekom odlaganja i korištenja stajskog gnoja. Staklenički potencijal metana je 25, a dušikovog oksida čak 298 puta veći od stakleničkog potencijala ugljikovog dioksida<sup>1</sup>. Korištenjem bioplina se supstitira potrošnja fosilnih goriva za proizvodnju energije i pogonovog goriva te se na taj način znatno smanjuje emisija CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O, što pridonosi ublažavanju pojave globalnog zatopljenja.

### 1.1.3. Smanjenje ovisnosti o uvozu fosilnih goriva

Fosilna goriva su ograničeni resursi. Koncentrirani na nekoliko zemljopisnih područja naše planete. Zemlje koje se nalaze izvan tih područja imaju trajno nesiguran status u ovisnosti o uvozu energenata. Većina europskih zemalja mašine je ovisna o uvozu fosilnih goriva iz područja bogatih fosilnim gorivima kao što su Rusija i zemlje Bliskog istoka. Razvoji i implementacija sustava obnovljivi izvori energije kao što je bioplina iz AD, temeljeni na nacionalnim resursima, povećat će stabilnost nacionalne opskrbe energijom i smanjiti ovisnost o uvozu energenata.

### 1.1.4. Doprinos EU-a ciljevima važnim za energetiku i okoliš

Borba protiv globalnog zatopljenja je među prioritetnim ciljevima energetske politike EU kao i zemalja kandidata i pristupnica EU. Europski ciljevi proizvodnje energije iz obnovljivih izvora, smanjenje emisija stakleničkih plinova i održivo upravljanje otpadom temelje se na prihvaćanju obveze članica EU-a da implementiraju odgovarajuće mjere u svojim zemljama. Proizvođači i korištenje bioplina iz AD ima potencijal da pridonese ispunjavanju svih zadanih ciljeva u isto vrijeme.

### 1.1.5. Smanjenje količine otpada

Jedna od glavnih prednosti proizvodnje bioplina je transformacija većih količina otpada u vrijedan izvor energije, jer se organski otpad koristi kao sirovina za AD. Mnoge europske zemlje suočene su s problemom nastanka velikih količina otpada organskog porijekla posrijemlje iz industrije, poljoprivredne proizvodnje, kućanstava i postrojenja za obradu otpadnih voda. Bioplinska postrojenja izvan su način za spajanje sve restriktivnijih nacionalnih i europskih propisa iz područja gospodarenja otpadom i iskoristavanja organskog otpada za proizvodnju energije prilikom čega se organski otpad može

<sup>1</sup>[http://www.epc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_epc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg1\\_report\\_the\\_physical\\_science\\_basis.html](http://www.epc.ch/publications_and_data/publications_epc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.html)

revalorirati u gnojivo. Tehnologija bioplina doprinosi smanjenju volumena otpada i troškova zbrinjavanja.

### 1.1.6. Stvaranje novih radnih mjesta

Razvoj nacionalnog bioplinskog sektora pogoduje stvaranju novih tvrtki sa značajnim ekonomskim potencijalom koji će ekonomski omahnuti ruralna područja i stvoriti nova radna mjesta. U usporedbi s korištenjem fosilnih goriva iz uvoza, proizvodnja bioplina metodom AD zahtijeva znatno više radne snage za proizvodnju, prikupljanje i transport sirovina, proizvodnju tehničke opreme, izgradnju, upravljanje i održavanje bioplinskih postrojenja i ostalih opskrba vremenih za rad postrojenja.

### 1.1.7. Fleksibilno i učinkovito korištenje bioplina

Bioplina je fleksibilan energent primjenjiv za različite potrebe. U zemljama u razvoju najjednostavnija primjena bioplina je za kuhanje i grijanje. U mnogim europskim zemljama bioplina se koristi kao energent za kogeneracijska postrojenja toplinske i električne energije. Bioplina se uz doradu i pročišćavanje može uključiti i u sustav postojećeg mreže prirodnog plina ili koristiti kao pogonsko gorivo u vozilima.

### 1.1.8. Smanjenje potrošnje vode

U usporedbi s ostalim biogorivima, za proces proizvodnje bioplina troši se najmanja količina vode. Ovaj aspekt jednako je važan kao i energetska učinkovitost bioplina s obzirom na prahidrenu nestabilnu vodu u mnogim dijelovima svijeta.

## 1.2. Koristi za poljoprivrednike

### 1.2.1. Ostvarivanje dodatnog prihoda za uključene poljoprivrednike

Uzgoj biljaka za proizvodnju bioplina u kombinaciji s vođenjem bioplinskog postrojenja čini idelnovalnu proizvodnju bioplina ekonomski prihvatljivom za poljoprivrednike radi ostvarivanja dodatnog prihoda. Osim toga, poljoprivrednici dobivaju nova i važna uloga u društvu kao proizvođači energije i obradivi otpada.

### 1.2.2. Digestat je izvrsno gnojivo

Postrojenje za proizvodnju bioplina ne proizvodi samo energiju. Biomasa preostala nakon anaerobne razgradnje organske tvari - digestat- predstavlja vrijedno gnojivo, bogato dušikom, fosforom, kalijem i mikro-nutrijentima. Za rasprstrivanje po poljoprivrednoj površini može se koristiti ista mehanizacija koja se koristi za svježi stajski gnoj i gnojiva. U usporedbi sa svježim stajskim gnojem, digestat ima znatno bolju pojivkenu svojstva zahvaljujući homogenosti i visoj kiselobinskoj vrijednosti, boljom omjeru ugljika i dušika te gotovo potpunom nedostatku neugodnog mirisa.

### 1.2.3. Zatvoreni ciklus hranjivih tvari

Proces proizvodnje bioplina - od proizvodnje sirovina pa do korištenja digestata kao gnojiva - čini zatvoreni ciklus hranjivih tvari. Količina ugljikovih spojeva (C) smanjuje se postupkom digestije, pri čemu se metan (CH<sub>4</sub>) koristi za proizvodnju energije, a ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>) se ispušta u atmosferu i bitva ponovo u vezu u biljke tijekom fotosinteze. Nešto ugljikovih spojeva ostaje u digestatu. Osti povećavaju sadržaj ugljika u tlu staklo

<b>2. BIOPLIN IZ AD - POSTOJEĆE STANJE I POTENCIAL.....</b>	<b>15</b>
2.1. POSTOJEĆE TEHNOLOGIJE AD I TRENDOVI U ISTRAŽIVANJU .....	15
2.2. POTENCIAL BIOPLINA .....	16

bioplinjskih postrojenja. U Njemačkoj i Vijetnamu također postoji značajan broj bioplinjskih instalacija vrlo male snage, primjerice vlasništva jednog kućanstva.

Većina bioplinjskih postrojenja u Aziji pripada vrlo jednostavnim tehničkim rješenjima što ih čini jednostavnim za replikaciju i izgradnju. S druge strane, Australija, SAD, Kanada te brojne zemlje Južne Amerike su na polju razvika modernih sektora bioplina koji podležava povoljno političko okruženje.

U cijelom svijetu se polako značajni naponi u istraživanju i razvijanju praktičnog iskustva kako bi se usavršile tehnologije konverzije, poboljšala stabilnost i djelotvornost rada i procesa. Kontinuirano se razvijaju i poboljšavaju fermentatori, rade se nove kombinacije supstrata, nastavi za unos supstrata, spremnici i ostala oprema.

Pored ubitajne sirovina za AD, neke su zemlje započele s kultiviranjem usjeva i proizvodnjom kultiva u energetske namjene za potrebe proizvodnje bioplina. Istraživanje je usmjereno na povećanje produktivnosti i raznolikosti energetskih usjeva i određivanja njihovog potencijala za proizvodnju bioplina. Uzgajanje energetskih usjeva je dovelo do nove poljoprivredne prakse te se trebaju ustanoviti novi sljedovi plodoreda čime međukulture i kombinacije usjeva predstavljaju značajnu temu mnogih istraživanja.

Koristenje bioplina za proizvodnju toplinske i električne energije u kogeneraciji standardna je primjena kod bioplinjskih postrojenja u Europi. U Švedskoj, Njemačkoj i Švicarskoj bioplin se pročišćava i dodaje te koristi kao pogonsko gorivo u sektoru prometa. U spomenutim zemljama uspostavljena je mreža postrojenja za pročišćavanje i distribuciju bioplina. Pročišćavanje bioplina i puštanje u sustav plinske mreže relativno je novi postupak. Prve takve instalacije izvedene su u Njemačkoj i Austriji gdje se biometan injektira u sustav postojeće plinske mreže. Najnovija primjena bioplina je proizvodnja električne energije tehnologijom gorivih ćelija, čiji se razvoj približava komercijalnoj razini u Europi i SAD.

Integralna proizvodnja biogoriva (bioplina, biometana i biodizela), hrane i sirovina za industriju dio je jedinstvenog koncepta biorafinerija. Ovo je jedno od značajnih područja suvremenih istraživanja. U ovakvom integralnom sustavu bioplin osigurava potrebnu energiju za proces odgoja takvih biogoriva, a otpad iz drugih procesa se koristi kao supstrat za AD. Integralni koncept biorafinerije ima niz prednosti s obzirom na energetsku učinkovitost, ekonomičnost i smanjenje emisija stakleničkih plinova. Iz toga razloga su diljom Europe i svijeta inicijalni brojni pilot projekti čiji će rezultati biti poznati u narednih nekoliko godina.

### 2.2. Potencijal bioplina

Na globalnoj razini potencijal proizvodnje energije iz biomase smatra se vrlo visokim. Postojeće procjene izrađene su na temelju različitih scenarija i pretpostavki, ali svi rezultati ukazuju na to da se dimenzija vrlo mali dio tog potencijala koristi. Prema različitim scenarijima, procjenama i studijama, korištenje biomase u energetske svrhe bi se moglo znatno povećati. Europska udruga za biomasu (European Biomass Association - AEBIOM) procjenjuje da se energija proizvedena iz biomase može povećati sa 72 Mtoe iz 2004. godine na 220 Mtoe u 2020. Najveći potencijal za povećanje leži u poljoprivrednoj biomasi. Prema procjenama AEBIOM-a, 20 - 40 Mha (milijuna hektara) zemljišta u EU27 moglo bi se koristiti za proizvodnju energije, bez utjecaja na opskrbu hranom u EU.



Slika 2.1. Europska mreža plinovoda i potencijalni koridori (isto označeno) prikladni za proizvodnju i injektiranje biometana u plinovodni sustav

Izvori: Thüra, Seiffert, Müller-Langer, Pflüner, Vogel, 2007.

Njemački Institut za energetiku i okoliš tvrdi da je bioplinjski potencijal dovoljan da se u potpunosti zamjeni ukupna potrošnja prirodnog plina, injektiranjem pročišćenog bioplina (biometana) u sustav plinske mreže (Slika 2.1.). Procjena potencijala proizvodnje bioplina u Europi predstavlja izazov zbog različitih čimbenika i pretpostavki koje se moraju uzeti u obzir kod izračuna. Na primjer, potencijal proizvodnje bioplina ovisi o raspoloživosti poljoprivrednih površina koje se mogu koristiti u energetske svrhe ili uljeva na proizvodnju hrane, produktivnosti energetskih usjeva, primom metana iz sirovinskog supstrata te energetske učinkovitosti krajnjeg iskoristavanja bioplina.

### 3. Nešto više o anaerobnoj digestiji (AD)

AD je biokemijski proces u kojem se kompleksni organski spojevi razgrađuju djelovanjem različitih vrsta bakterija u anaerobnim uvjetima (bez prisutva kisika). Anaerobna razgradnja prirodan je proces koji se svakodnevno događa u prirodi npr. u morskom sedimentu, u probnoj prečavci ili prilikom nastanka trave. Kod bioplinjskih postrojenja, rezultat AD procesa su bioplin i digestat. U slučajevima kada se za proces AD koristi homogena mješavina iz dvaju ili više različitih supstrata, kao na primjer gnojnice i organski otpad iz prehrambene industrije, postupak se naziva kodigestija. Kodigestija je najčešći način proizvodnje bioplina.

**3. NEŠTO VIŠE O ANAEROBNOJ DIGESTIJI (AD)..... 17**

3.1. SUPSTRATI AD ..... 18

3.2. BIOGENSKI POSTUPAK AD ..... 23

3.2.1. Hidroliza..... 25

3.2.2. Acidogeneza ..... 25

3.2.3. Acetogeneza..... 25

3.2.4. Metanogeneza ..... 25

3.3. PARAMETRI AD ..... 26

3.3.1. Temperatura ..... 26

3.3.2. pH-vrijednosti i optimalni intervali ..... 29

3.3.3. Hlapljive masne kiseline (HMK)..... 29

3.3.4. Amonijak ..... 30

3.3.5. Elementi u tragovima, hranjive i toksične tvari ..... 30

3.4. RADNI PARAMETRI ..... 31

3.4.1. Sadržaj organske tvari u digestoru..... 31

3.4.2. Vrijeme hidraulične retencije (VHR)..... 31

3.4.3. Lista pokazatelja..... 32

Koristišanje životinjskih ekskremenata za AD ima neke prednosti s obzirom na sljedeće karakteristike:

- prirodno sadrže anaerobne bakterije
- imaju visoki sadržaj vode (4-8% suhe tvari u gnojnici), koja služi kao otapalo za druge tvari i omogućuje dobro miješanje s drugim supstratima
- jeftini su i lako dostupni, sakupljaju se kao otpad sa stojarčkih gospodarstava

Tijekom posljednjih godina su, osim životinjskih ekskremenata, testirani i drugi supstrati za potrebe procesa digestije. Oni uglavnom pripadaju tzv. energetskim uvjetima koji predstavljaju poljoprivredne kulture proizvedene isključivo za proizvodnju energije. Energetski masni se uglavnom sastoje od jednogodišnjih biljaka (vrste iz porodice trava, kukuruz, rapa i dr.), a mogu imati i višegodišnje nasade drvenastih vrsta (vrba, topola). No drvenaste vrste se prije upotrebe u AD moraju obraditi kako bi se uklonio lignin, a tu je tehnologija još uvijek u razvoju.

Supstrati za AD klasificiraju se prema sadržaju suhe tvari (ST), primaru metanu i ostalim kriterijima. U tablici 3.2. dan je pregled karakteristika pojedinih supstrata koji se koriste za AD.

Supstrati sa sadržajem ST manjim od 20 posto koriste se za tzv. „mokra digestija“ (neki autori ovoj procesu nazivaju i mokra fermentacija). U tu kategoriju supstrata svrstavaju se stajski gnoj i gnojna kaša i organski otpad iz prehrambene industrije s visokim sadržajem vode. Kada je u supstratu sadržaj ST 25 posto ili veći, proces digestije se naziva „suha digestija“, a tipičan je za AD energetskih usjeva i silaha. Odnos tipa i količine suvoine pogodna za supstratu mijenjaju ovisi o udjelu ST te o sadržaju šećera, masti i bjelancevine.

Tablica 3.2. Karakteristike pojedinih supstrata

Vrsta supstrata	Organska tvar	C:N omjer	Suha tvar (ST) %	HKT % ST	Primarna bioplasma m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> HKT	Nepodijeljeni sadržaj	Ostale neobjavljene tvari
Životinjski izmet	Uglikohidrat, bjelancevine, masti	3-10	3-8	70-80	0,25-0,50	Komadi diva, izvirje, voda, pijesak, slama	Antibiotici i dezinfekcijska sredstva
Izmet goveda	Uglikohidrat, bjelancevine, masti	6-20	5-12	80	0,20-0,30	Đulke, žumjke, voda, slama i gornjave	Antibiotici i dezinfekcijska sredstva, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Izmet poredi	Uglikohidrat, bjelancevine, masti	3-10	10-30	80	0,35-0,60	Komencići, pijesak i perje	Antibiotici i dezinfekcijska sredstva, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Izmetnice	Uglikohidrat, bjelancevine, masti	3-5	15	80	0,40-0,68	Životinjska silaha	Antibiotici i dezinfekcijska sredstva

Supstrat	75-80% laktoza 20-25% bjelancevine	s.a.	6-12	90	0,35-0,80	Omočarenja tipičnog transporta	
Konzentratna ovska plama	75-80% laktoza 20-25% bjelancevine	s.a.	20-25	90	0,80-0,95	Omočarenja tipičnog transporta	
Čovječje životinjska mast	65-70% bjelancevine 30-35% masti					Životinjska silaha	Taški metali, dezinfekcijska sredstva, organski zagadivači
Trp. (osobni nakon fermentacije)	Uglikohidrati i masti	4-10	1-5	80-95	0,35-0,78	Nirazgradivi dijelovi vode	
Slama	Uglikohidrati i masti	80-100	70-90	80-90	0,15-0,33	Pijesak i komencići	
Vrtni otpad		100-150	60-70	90	0,20-0,50	Zemlja, celulozna vlakna	Postojani
Trava		13-25	20-25	90	0,55	Komencići	Postojani
Travnata silaha		19-29	13-25	90	0,26	Komencići	
Otpad od voća		35	15-20	75	0,24-0,50		
Riblje ulje	30-50% masti	s.a.					
Svinje ulje i margarin	90% biljna ulja	s.a.					
Alkohol	40% etilohol	s.a.					
Osnaci keram		10	80	0,50-0,60		Keramič. plastika	Dezinfekcijska sredstva
Organski otpad iz kućinstava						Plastika, metali, keram, drvo i staklo	Taški metali, dezinfekcijska sredstva, organski zagadivači
Mljeveni otpadovi vode							Taški metali, dezinfekcijska sredstva, organski zagadivači

\* Hlapljive keratne tvari  
Izvor: Al Swaid, 2003.

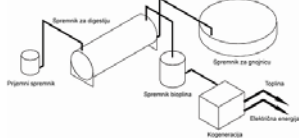
<b>4. OSNOVNE PRIMJENE BIOPLINA</b> .....	<b>33</b>
4.1. POLJOPRIVREDNA BIOPLINSKA POSTROENJA .....	34
4.1.1. Bioplinska postrojenja za obiteljska gospodarstva .....	34
4.1.2. Bioplinska postrojenja za poljoprivredna gospodarstva .....	35
4.1.3. Centralizirana (zajednička) postrojenja za proizvodnju bioplina .....	38
4.2. POSTROENJA ZA OBRADU OTPADNIH VODA .....	41
4.3. POSTROENJA ZA OBRADU KRUTOG KOMUNALNOG OTPADA .....	42
4.4. INDUSTRIJSKA POSTROENJA ZA PROIZVODNU BIOPLINA .....	42
4.5. PROIZVODNJA DEPONISKOG PLINA .....	43

Poljoprivredna bioplinska postrojenja mogu varirati u veličini, dizajnu i korištenju tehnologiji. Neka postrojenja vrlo su mala i tehnološki jednostavna, dok su druga veći dimenzija i tehnološki složena te uključuju centralizirana postrojenja za kodigestiju (vidi poglavlje 4.1.3.). Uspjeh radikama, princip rada je isti za sva postrojenja: isprati se prikuplja u predpramniku iz kojeg se prepumpava u digestor koji je nepropustan za plinove, a izrađen od čelika ili betona i ispunjen tekućim kako bi se temperatura procesa održala konstantnom (mezofilna, na oko 35°C ili termofilna na oko 55°C).

Digestori mogu biti horizontalni ili vertikalni, obično imaju sustav za miješanje i homogeniziranje supstrata, kako bi se na najmanju moguću mjeru svoo rizik stvaranja plitajućih slojeva i sedimenta. Miješanje supstrata jamči bolju opskrbu mikroorganizama hranjivim tvarima jer zbog miješanja oni dopiruju u sve slojeve supstrata postupajući postupak proizvodnje bioplina. Povoljno VIEE, odnosno zaključivanje supstrata u digestoru je između 20 i 40 dana, ovisno o vrsti supstrata i temperaturi na kojoj se odvija digestija.

Digestat se koristi kao gnojivo za prihranu usjeva na gospodarstvima, a višak se prodaje poljoprivrednim gospodarstvima u blizini. Proizvedeni bioplin koristi se za proizvodnju toplinske i električne energije, pri čemu se od 10 do 30 posto proizvodnje toplinske i električne energije koristi za potrebe rada bioplinskog postrojenja i samog gospodarstva. Preostala električna energija se prodaje distributerima, a toplina potrošačima u susjedstvu.

Osim digestora opremljenog sa sporo rotirajućim sustavom za miješanje supstrata, postrojenje se sastoji od spremnika za skladištenje stajskog gnoja, spremnika za skladištenje digestata, spremnika za skladištenje proizvedenog bioplina i kogeneracijske jedinice (generatora za proizvodnju toplinske i električne energije).

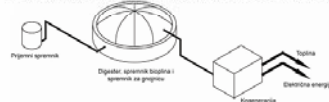


Slika 42. Shematski prikaz bioplinskog postrojenja na poljoprivrednom gospodarstvu, s horizontalnim digestorom od nehrđajućeg čelika  
Izvor: Hjart-Gregersen, 1998.



Slika 43. Horizontalni digestor izrađen u Danskoj  
Izvor: Nordisk Folkesenter, 2001.

Takozvani „dva u jednom“ sustavi su vertikalno cilindrični s koničnim dnom (slike 4.4. i 4.5.), a fermentator i spremnik digestata su u jednom dijelu. U ovakvim sustavima fermentator je pričvršćen na otkosku spremnika za digestat (nakazi se unutar spremnika). Fermentator je obložen plino-nepropusnom membranom koja se prilagodava količini proizvedenog plina. Unutar digestora nalazi se električni propeler za miješanje supstrata. Nadalje, postrojenje ima i spremnik za miješani supstrat i kogeneracijsku jedinicu.



Slika 44. Shematski prikaz postrojenja „dva u jednom“ za poljoprivredna gospodarstva, s mekšom membranom  
Izvor: Hjart-Gregersen, 1998.



Slika 45. Postrojenje za proizvodnju bioplina na fermi u Danskoj, kodigestija stajskog gnoja i energijskih usjeva  
Izvor: Grøngro AS

<b>5. UPOTREBA BIOPLINA</b> .....	<b>45</b>
5.1. SVOJSTVA BIOPLINA .....	45
5.2. DIREKTNO IZGARANJE I UPOTREBA BIOPLINA ZA PROIZVODNJU TOPLINSKE ENERGIJE .....	47
5.3. KOGENERACIJSKA PROIZVODNJA TOPLINSKE I ELEKTRIČNE ENERGIJE.....	47
5.3.1. <i>Plinski-Otto motori</i> .....	48
5.3.2. <i>Plinski-dizel motor s pilot paljenjem</i> .....	49
5.3.3. <i>Stirlingov motor</i> .....	49
5.4. BIOPLINSKE MIKROTURBINE.....	50
5.5. GORIVNE ČELJE .....	50
5.6. PROIZVODNJA BIOMETANA (DORADA/PROČIŠĆAVANJE BIOPLINA).....	52
5.6.1. <i>Bioplin kao transportno gorivo</i> .....	53
5.6.2. <i>Biometan za injektiranje u plinsku distribucijsku mrežu</i> .....	54
5.6.3. <i>Ugljikov dioksid i metan kao kemijski proizvodi</i> .....	55

Priručnik za bioplin

Tablica 5.1. Sastav bioplina

Spoj	Kemijski simbol	Udio (Vol.-%)
Metan	CH <sub>4</sub>	59-75
Ugljikov dioksid	CO <sub>2</sub>	28-45
Vodena para	H <sub>2</sub> O	7 (20°C)-7 (40°C)
Kisik	O <sub>2</sub>	<2
Dušik	N <sub>2</sub>	<2
Amonijak	NH <sub>3</sub>	<1
Vodik	H <sub>2</sub>	<1
Sumporovodik	H <sub>2</sub> S	<1

Prinos metana u procesu AD ovisi o sadržaju bjelancevina, masti i ugljikohidrata kao što je prikazano u tablici 5.2.

Tablica 5.2. Prosječni teoretski prinos plina

Supstrat	Ugljik / kg suhe tvari	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)
Bjelancevine	700	70 - 71	29-30
Masti	1 200 do 1 250	67-68	32-33
Ugljikohidrati	700 do 800	50	50

Prinos metana AD supstrata ovisi o udjelu proteina, masti i ugljikohidrata kako je prikazano u tablici 5.3.

Tablica 5.3. Sadržaj metana u različitim vrstama supstrata

Supstrat	Udio metana (%)	Ukupno bioplin (m <sup>3</sup> /t suhog supstrata)
Telesna govedina (krava i goveda)	60	23
Telesna govedina (ovčije)	65	24
Zemlja iz donosača s otplojnim tvarima	61	40
Čist goved	60	45
Čist ovčja	60	60
Čist poran	60	89
Rapica	53	88
Organiki otpad	61	100
Svinj	54	108
Štočna repa	51	111
Travnata silaža	54	172
Kukuruzna silaža	52	202

## 5.2. Direktno izgaranje i upotreba bioplina za proizvodnju toplinske energije

Najjednostavniji i najjeftiniji način korištenja bioplina je direktno izgaranje bioplina u kotlovima ili na generatorima. Ovakav način primjene uobičajen je za bioplin proizveden u malim digestorima obiteljskog tipa. Primjenjuje direktno izgaranje u generatorima predviđenim za prirodni plin. Za proizvodnju toplinske energije bioplin se može spaljivati na mjestu proizvodnje ili se plinovodima transportirati do krajnjih korisnika. Bioplin nije potrebno prečišćavati kod proizvodnje topline jer kontaminacija neželjenim do određene razine ne predstavlja ograničenje, kao što je to slučaj za druge načine primjene. No, prije upotrebe bioplin prolazi proces kondenzacije, eliminacije čestica, kompresije, hlađenja i uređenja.

## 5.3. Kogeneracijska proizvodnja toplinske i električne energije

Kogeneracijska proizvodnja toplinske i električne energije smatra se vrlo učinkovitim načinom korištenja bioplina. Prije korištenja u kogeneracijskim postrojenjima bioplin se suši i kondenzira. Većina plinskih motora ima ograničenja s obzirom na sadržaj sumporovodika, halogenih ugljikohidrata i sličnima koji se nalaze u neobrađenom bioplenu. Stupanj iskorištenosti modernih kogeneracijskih generatora je do 90 posto, pri čemu proizvodnja električne energije iznosi 35, a toplinske 65 posto.

Kogeneracijska postrojenja na bioplin su najčešće termoelektrane blok-otklog tipa (BTE) s motorima na izgaranje koji su povezani s generatorom. Motor generatora može biti plinski-otto motor, plinski-dizel motor ili plinski-dizel motor s pilot paljenjem. Plinski-otto i plinski-dizel motor rade na Otto principu, dakle bez samopaljivanja goriva, a razlikuju se jedino u stupnju kompresije. Stoga će se u nastavku teksta ove vrste motora zamijeniti sinonimom plinski-otto motori. Alternativa s pomenutim vrstama motora su plinske mikroturbine, Stirlingovi motori i porivne čelije. Ove su tehnologije još u razvoju ili u fazi izrade prototipa. Svi načini primjene kogeneracije detaljnije su opisani u sljedećim poglavljima.



Slika 5.2. Plinarnik za proizvodnju toplinske energije iz bioplina  
Izvor: Agrino GmbH



<b>6. KORIŠTENJE DIGESTATA.....</b>	<b>55</b>
6.1. AD – TEHNOLOGIJA ZA UPRAVLJANJE KRUTIM I TEKUĆIM STAJSKIM GNOJEM .....	55
6.2. OD GNOJIVKE DO DIGESTATA I GNOJIVA.....	56
6.2.1. <i>Biološka razgradnja organske tvari.....</i>	56
6.2.2. <i>Smanjenje neugodnih mirisa .....</i>	56
6.2.3. <i>Sanitacija.....</i>	57
6.2.4. <i>Unišavanje sjemenja korova .....</i>	57
6.2.5. <i>Izbjegavanje pojave „oprženih“ biljaka.....</i>	57
6.2.6. <i>Poboljšanje hranjivih sposobnosti.....</i>	58
6.3. PRIMJENA DIGESTATA KAO GNOJIVA .....	58
6.4. UČINCI PRIMJENE DIGESTATA NA TLO.....	59
6.5. PRAKTIČNA ISKUSTVA .....	60
6.6. KONDICIONIRANJE DIGESTATA.....	61
6.6.1. <i>Strategije za kondicioniranje digestata.....</i>	61
6.6.2. <i>Neophodna razmatranja .....</i>	64
6.7. UPRAVLJANJE KVALITETOM DIGESTATA.....	64
6.7.1. <i>Uzorkovanje, analiziranje i deklariranje digestata .....</i>	64
6.7.2. <i>Upravljanje hranjivim tvarima u digestatu .....</i>	65
6.7.3. <i>Osnovne mjere za sigurno recikliranje i kvalitetu digestata .....</i>	65

- na uzrokovale višak hranjivih tvari te stajskog gnoja i strope mjere upravljanja krutim i tekućim stajskim gnojem kako bi se izbjegle neželjene posljedice poput:
- zagađenja površinskih i podzemnih voda, radi procjeđivanja hranjivih tvari
  - oštećivanja strukture i mikrobiološke fite
  - oštećivanja specifičnih populacija vegetacije pastjaka i formiranja tipične „vegetacije gnojovke“
  - rizika od ponovne emisija metana i amonijaka
  - pojave neugodnih mirisa i inekata, od skladištenja gnoja do njegove primjene
  - rizika kontaminacije i širenja patogenih

AD, kao održiva tehnologija za tretiranje i upravljanje krutim i tekućim stajskim gnojem, nudi rješenja gore navedenih problema povezanih s uzgojem domaćih životinja te omogućuje bolnitičku poljoprivrednu praksu povoljniju po okoliš.

## 6.2. Od gnojovke do digestata i gnojiva

### 6.2.1. Biološka razgradnja organske tvari

Tretiranjem krutog i tekućeg stajskog gnoja u bioplinom postrojenjima dolazi do biološke razgradnje organskih sastojaka na anorganske tvari i acetat. U praksi, bioplinna postrojenja koja procesiraju kruti i tekući stajski gnoj imaju stopu razgradnje od oko 40 posto za stajski gnoj goveda i oko 65 posto za svinsku gnojovku. Stopa razgradnje je visoko povezana s vrstom sirovine (tablica 6.1), VTR i temperaturom procesa. Zbog razgradnje organske tvari, digestat je lakše pumpati i primijeniti na tlo kao gnojivo nego nedigestirani gnojovku, uz manje potrebe za miješanjem.

Tablica 6.1 Distribucija hranjivih tvari u digestatu u usporedbi s govedim i svinskim gnojovkama

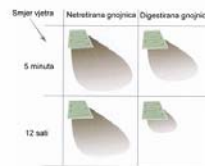
	Suhost tvari %	Ukupni N kg/t	NH <sub>3</sub> -N kg/t	P kg/t	K kg/t	pH
Goveda gnojovka	6,0	5,0	2,8	0,8	3,5	6,5
Svinska gnojovka	4,0	5,0	3,8	1,0	2,0	7,0
Digestivna gnojovka	2,8	5,0	4,0	0,9	2,8	7,5

### 6.2.2. Smanjenje neugodnih mirisa

Jedna od uočljivih pozitivnih promjena koja nastaje tijekom procesa AD stajskog gnoja je značajno smanjenje tvari koje stvaraju neugodne mirise (blagljiva kiselina, fenoli i njegovi derivati).

Istaknuto pokazuje da se čak do 80 posto neugodnih mirisa može smanjiti putem AD. To se ne odnosi samo na smanjenje intenziteta i zadržavanja neugodnih mirisa (slika 6.1.) nego i na pozitivnu promjenu sastava mirisa budući da digestat nema više neugodan miris gnojovke nego miris sličan amonijaku. Čak i ako se skladišti na duže vrijeme, digestat ne

pokazuje povećanje u smislu mirisa. Na slici 6.1. prikazano je kako neugodni mirisi gotovo nestaju 12 sati nakon primjene digestata.



Slika 6.1. Podažje na polju sa sjeverozapadnim vjetrovima zadržava neugodni mirisom te njegova intenzitet nakon primjene digestata i tretirane gnojovke

Izvor: Biokom, 2002.

### 6.2.3. Sanitacija

AD proces onesposobljava viruse, bakterije i parazite u tretiranom supstratu. Taj se učinak obično naziva sanitacija. Učinkovitost sanitacije AD ovisi o vremenu retencije sirovine unutar fermentatora, temperaturi procesa, identici miješanja i tipu fermentatora. Najbolja sanitacija se postiže pri termofilnoj temperaturi (50-55°C) s produženim reakcijskim vremenom (engl. *elongated plug-flow reactor*) uz prikladno vrijeme retencije. Kod ovog tipa fermentatora dolazi do miješanja digestata sa svježim supstratom što omogućuje a smanjenje i do 99 posto patogena.

Kako bi se osigurala veterinarska sigurnost recikliranja digestata kao gnojiva, strojno zadržavanje omogućuje određenu sanitaciju silosima je sasprtan životinjskog porijekla. Ovisno o vrsti sirovine, propisuje se prethodna sanitacija supstrata ili pasteurizacijom ili sterilizacijom pod tlakom prije njegovog odlaganja u fermentator. Za više detalja o sanitaciji pogledajte poglavlje 7.2.

### 6.2.4. Uništavanje sjemenja korova

AD procesom se postiže značajno smanjenje kapaciteta kljivosti sjemenja korova. Posljedično, proizvodi se bioplinna doprinosa smanjenju korova na ekološki način. Kod većine korova kljivost se gubi unutar 10 do 16 dana VTR, tako su uočene razlike kod različitih tipova biljnog sjemenja. Kao i kod sanitacije, učinak AD je veći što je duže vrijeme retencije i viša temperatura.

### 6.2.5. Izbjegavanje pojave „oprženih“ biljaka

Primjena svježeg stajskog gnoja za gnojenje fite može izazvati „opržine“ na listovima biljaka koje su posljedica masnih kiselina niske gustoće poput octene kiseline. Primjenom

7.	DJELOVI BIOPLINSKOG POSTROJENJA.....	66	
7.1.	PRIBAVNA JEDINICA.....	70	
7.2.	SKLADIŠTENJE I KONDICIONIRANJE SIROVINE.....	70	
7.2.1.	Sklađštenje sirovine.....	70	
7.2.2.	Kondicioniranje.....	73	
7.3.	SUSTAV PUNJENJA.....	75	
7.3.1.	Transport tekuće sirovine.....	75	
7.3.2.	Transport krute sirovine.....	77	
7.4.	ARMATURA I CJEVOVODI.....	80	
7.5.	SUSTAV GRJANJA – GRJANJE FERMENTATORA.....	81	
7.6.	FERMENTATOR.....	82	
7.6.1.	Fermentatori obročnog tipa.....	83	
7.6.2.	Fermentatori kontinuiranog tipa.....	84	
7.6.3.	Održavanje fermentatora.....	88	
7.7.	TEHNOLOGIJE MJEŠANJA.....	88	
7.7.1.	Mehaničko mješanje.....	89	
7.7.2.	Pneumatično mješanje.....	91	
7.7.3.	Hidraulično mješanje.....	91	
7.8.	SPREMIŠTE ZA BIOPLIN.....	91	
7.8.1.	Nisko tlačni spremnici.....	92	
7.8.2.	Srednje i visokotlačni spremnici za bioplin.....	93	
7.8.3.	Plamen (baklja) za bioplin.....	93	
7.9.	ČIŠĆENJE BIOPLINA.....	95	
7.9.1.	Kondicioniranje plina.....	95	
7.9.2.	Desumporizacija.....	96	
7.9.3.	Sušenje.....	99	
7.10.	SKLADIŠTENJE DIGESTATA.....	100	
7.11.	KONTROLNA JEDINICA.....	102	
7.11.1.	Količina unosa tekuće sirovine.....	104	7.11.4. Procesna temperatura.....
7.11.2.	Razina punjenja fermentatora.....	104	7.11.5. pH vrijednost.....
7.11.3.	Razina punjenja spremnika za plin.....	104	7.11.6. Određivanje masnih kiselina.....
			7.11.7. Količina plina.....
			7.11.8. Sastav plina.....



**Priručnik za bioplin**

**BIO>East**

- Sanitacija digestata prema standardima EU propisa radi učinkovitog smanjenja patogena
- Periodično uzorkovanje, analiziranje i deklaracija digestata
- Uključivanje digestata u plan gospodje poljoprivrednog gospodarstva i primjena dobre poljoprivredne prakse
- Odbarufekcioniranje iz AD neprimkladnih vrsta sirovine ili punjenja na temelju poštive deklaracije i opisa svakog punjenja: perzidno, sastav, važniji teški metali i opasnih organskih sastojaka, kontaminacija patogenima i ostale potencijalno opasne tvari

**7. Dijelovi bioplinskog postrojenja**

Bioplinsko postrojenje je složena instalacija koja se sastoji od širokog spektra glavnih elemenata. Izgled postrojenja jako ovisi o vrsti i količini sirovine koja će se koristiti za proizvodnju bioplina. Budući da sirovina prikladna za digestiju u bioplinskom postrojenju dolazi u mnoštvu različitih oblika različitog porijekla, samim time postoje različite tehnike i tehnologije za premla pojedinih vrsta sirovina i različite konstrukcije fermentatora i različiti sustavi radnog procesa, odnosno funkcioniranja sustava. Pored toga, ovisno o tipu, veličini i radnim uvjetima procesa pojedinih bioplinskog postrojenja moguće je implementirati i različite tehnologije za kondicioniranje, skladištenje i korištenje bioplina. Skladištenje i korištenje digestata prvenstveno je orijentirano na korištenje digestata kao smoliva i neoprodne su mjere zaštite okoliša koje se odnose na digestat.

Glavni komci procesa bioplinskog postrojenja su prikazani na slici 7.1. Ovi komci procesa koji su napisani kurzivom ne predstavlja uobičajenu praksu kod postrojenja za proizvodnju bioplina iz poljoprivredne sirovine.

Razlikovanje AD procesa na mokri i suhi vrijedi samo u teoretskom smislu zbog činjenice da se mikrobiološki proces uvijek događa u fluidnom mediju. Granica između mokre i suhe digestije određuje se prema „opodnosti za punjanje“ sirovine. Sadržaj suhe tvari (s.t.) iznad 15 posto znači da materijal nije „pogodan za punjanje“ i u tom se slučaju AD definira kao suha digestija. Direktno dodavanje relativno suhe sirovine (poput kukuruzne silaže) u digestor povećava udio suhe tvari u mješavini sirovine.

**Priručnik za bioplin**

**BIO>East**

Slika 7.1. Prezentacija koraka i tehnološki proizvodnje bioplina. Iznos: I.R., 2007.

Osnovni dio bioplinskog postrojenja je digestor (spremište za reakciju AD) na kojemu se nastavlja brojne druge komponente (slika 7.2.).

Slika 7.2. Glavni dijelovi postrojenja za proizvodnju bioplina. Izvor: Proff, 2005.

**KAKO POČETI?.....106**

**8. PLANIRANJE I GRADNJA BIOPLINSKOG POSTROJENJA.....106**

8.1. OSTVARIVANJE PROJEKTA IZGRADNJE BIOPLINSKOG POSTROJENJA.....106

8.2. NA KOJI NAČIN OSIGURATI KONTINUIRANU OPSKRBU SIROVINOM?.....109

8.2.1. *Određivanje veličine postrojenja koje koristi poljoprivrednu sirovinu osnovu.....110*

8.2.2. *Određivanje veličine postrojenja koje koristi industrijski / komunalni otpad kao sirovinu.....111*

8.2.3. *Sheme snabdjevanja sirovinom.....112*

8.3. Gdje SMESTITI BIOPLINSKO POSTROJENJE?.....112

8.4. DOBIVANJE DOZVOLA.....113

8.5. POKRETANJE BIOPLINSKOG POSTROJENJA.....114

**9. SIGURNOST BIOPLINSKOG POSTROJENJA.....115**

9.1. PREVENCIJA OD EKSPLOZIJA I POŽARA.....115

9.2. RIZIK OD TROVANJA I GUŠENJA.....117

9.3. ZDRAVLJE I RIZIK OD NESREČA.....117

9.4. SANITARNE MIERE, KONTROLA PATOGENA I VETERINARSKI ASPEKTI.....118

9.4.1. *Higijenski aspekti bioplinskih postrojenja.....118*

9.4.2. *Parametri za higijensku učinkovitost bioplinskog postrojenja.....118*

9.4.3. *Indikatorске vrste.....120*

9.4.4. *Zahjevi za sanitarnu obradu.....121*

**10. EKONOMIKA BIOPLINSKOG POSTROJENJA.....124**

10.1. FINANCIRANJE PROJEKTA BIOPLINA.....124

10.2. EKONOMSKE PROJEKCIJE ZA PROJEKTE PROIZVODNJE I KORIŠTENJA BIOPLINA.....124

10.2.1. *Zaključci o ekonomskoj projekciji za projekte proizvodnje i korištenja bioplina.....125*

**8.2.1. Određivanje veličine postrojenja koje koristi poljoprivrednu sirovinu osnovu**

Stajski gnoj i energetske biljke su najčešće korišćena sirovina za poljoprivredna bioplinska postrojenja. Osnovne karakteristike ovih sirovina su prikazane u tablici 8.1.

Tablica 8.1. Karakteristični podaci za sirovine u poljoprivrednih gospodarstava

	Sadržaj ST [%]	Sadržaj eST [%]	Prinos bioplina [m <sup>3</sup> /t sušnog supstrata]	Prinos bioplina [m <sup>3</sup> /t sušnog supstrata]	Sadržaj metana [%]
Govuđi gnoj	10	75	340	25	55
Stajski gnoj	8	75	400	24	58
Silosa žitarica	40	85,6	656	223	55
Silosa kukuruzna	32	95,4	611	187	53

Izvor: Finsterwalder, 2008.

Kako bi se odredila odgovarajuća veličina postrojenja (npr. izračuna u proizvodnoj cikličnoj energiji na tragu) neophodno je uzeti u obzir dostupnost sirovine. Sljedeća dva primjera opisuju kako možemo jednostavno izračunati odgovarajuću instaliranu snagu u kW<sub>e</sub>.

**Primjer određivanja veličine postrojenja / instalirane snage bioplinskog postrojenja na stajski gnoj**

Čistiri volumenski gnoj (m<sup>3</sup>/dan) mora biti određen. Sadržaj skupne suhe tvari u stajskom gnoju (ST%) mora biti specificiran. Ako je sadržaj ST u stajskom gnoju 8-10 %, moguća instalirana snaga se računa množenjem dnevnom volumenu stajskog gnoja s 2,4 kW<sub>e</sub>/dan<sup>3</sup>. Poljoprivrednik koji posjeduje 200 muznih krava proizvest će oko 10 m<sup>3</sup>/dan gnojovik stajskog ginja s 10% ST. Izračun instalirane snage bit će: 10 m<sup>3</sup>/dan x 2,4 kW<sub>e</sub>/dan<sup>3</sup> = 24 kW<sub>e</sub>.

**Primjer određivanja veličine bioplinskog postrojenja u kojem se odvija digestija energetskih usjeva:**

Dostupna proizvodna površina (npr. za kukuruz, žito) mora biti određena u hektarima (ha). Moguća instalirana snaga po hektaru i po godini (kW<sub>e</sub>/ha/god) procjenjuje se na temelju prosječne kvalitete su i vremeniskih prilika. Uz pretpostavku da svaki hektar otprije 2,5 MW<sub>e</sub> električne energije godišnje, moguća instalirana snaga se izračunava množenjem dostupne proizvodne površine s 2,5 kW<sub>e</sub>/ha. 200 ha x 2,5 kW<sub>e</sub>/ha = 500 kW<sub>e</sub>.

Suma rezultata izračuna za stajnjak i energetske usjeve daje moguću instaliranu snagu budućeg bioplinskog postrojenja. Na temelju instalirane snage moguće je izračunati moguću godišnju proizvodnju električne energije.

Koristi vezane za ekonomiju namjene primjenjive su i na poljoprivredna bioplinska postrojenja. Postojeca iskustva iz Njemačke pokazuju da u slučaju korištenja energetskih usjeva kao sirovine, bioplinska postrojenja s instaliranom snagom manjom od 250 kW<sub>e</sub> zahtijevaju posebne napore kako bi se osigurala ekonomska opravdanost.

Ukoliko je nakon prve provjere izračuna veličina bioplinskog postrojenja prevelika, bilo bi korisno razmisliti o suradnji s drugim poljoprivrednicima. Kako bi se postigla veličina koja će biti ekonomski profitabilna. Ovakvi slučajevi su vrlo česti u Njemačkoj gdje postoje postrojenja kojima zajedno upravlja više od 15 poljoprivrednika.

**8.2.2. Određivanje veličine postrojenja koje koristi industrijski / komunalni otpad kao sirovinu**

Postoje mnoga poljoprivredna bioplinska postrojenja u kojima se kodificiraju industrijski organski otpad ili organski otpad izvožen iz komunalnog otpada. U većini slučajeva, općine i sakupljači otpada trebaju obraditi otpad kojim će raspolagati.

Kada se razmatra korištenje ovih tipova otpada u budućem bioplinskom postrojenju, prvi korak je procijeniti kvalitetu sirovine i potencijal stvaranja metana. Nakon toga se na temelju dobivenih podataka može procijeniti moguća veličina bioplinskog postrojenja. Moguća proizvodnja metana iz nekog supstrata razlikuje se od proizvođača do proizvođača, ovisno o tehnologiji i korištenju sirovini. Na ovakve vrijednosti moguće je odrediti, kako je prikazano u tablici 8.2.

Tablica 8.2 Karakteristični podaci tipova otpada, vrsta korištenih kao supstrat za AD

	Sadržaj ST [%]	Sadržaj eST [%]	Prinos bioplina [m <sup>3</sup> /t sušnog supstrata]	Prinos bioplina [m <sup>3</sup> /t sušnog supstrata]	Sadržaj metana [%]
Otpaci od hrane	27	92	720	179	65
Organski otpad (odvojeno prikupljen iz različnih izvora)	40	80	454	145	60
Ukupi raspadni (prije odvajanja vode)	36	69	1260	298	61

Izvor: Finsterwalder, 2008.

Kvaliteta organskog otpada razlikuje se od zemlje do zemlje i od regije do regije. Isto ovisi o navikama potrošača. Teško je da će čak i istaknuti strojnjak biti u stanju procijeniti mogućnost nastanka metana iz otpada samo na temelju vizualnog pregleda. Nakon što se procijeni dostupnost nekog tipa otpada, neophodno je provesti endometričko ispitivanje nastanka i kvalitete plina, kako bi se zatim mogla odrediti adekvatna veličina budućeg bioplinskog postrojenja.

BIOPLIN U HRVATSKOJ.....	127
<b>11. BIOPLIN I OSTALI OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE U HRVATSKOJ .....</b>	<b>127</b>
11.1. ZAKONODAVNI OKVIR .....	129
11.1.1. Zakonodavni okvir bioplina kao jednog od OIE.....	133
11.1.2. Ostali zakonski propisi vezani za bioplin.....	134
11.2. INSTRUMENTI POTPORE I FINANCIRANJA.....	136
11.3. KORIŠTENJE OTPADA ZA PROIZVODNJU BIOPLINA U HRVATSKOJ.....	138
11.4. DOSTUPNOST SIROVINE U HRVATSKOJ .....	139
11.5. POLJOPRIVREDNA STRUKTURA U HRVATSKOJ .....	140
11.6. MOGUĆNOSTI UBRZGAVANJA BIOMETANA U HRVATSKI SUSTAV PRIRODNOG PLINA.....	141
11.7. UTJECAJI PROIZVODNJE BIOPLINA U HRVATSKOJ.....	142
11.8. ZAKLJUČCI I PREPORUKE ZA IMPLEMENTIRANE BIOPLINSKIH POSTROJENJA U HRVATSKOJ.....	144
<b>PRILOZI – KORISNE INFORMACIJE.....</b>	<b>147</b>
<b>PRILOG 1: POJMOVNIK, PRETVORBENE JEDINICE I KRATICE .....</b>	<b>147</b>
PRETVORBENE JEDINICE .....	153
POPIS KRATICA.....	154
<b>PRILOG 2: LITERATURA.....</b>	<b>155</b>
<b>PRILOG 3: LITERATURA NACIONALNOG DODATKA.....</b>	<b>157</b>
<b>PRILOG 4: ADRESE .....</b>	<b>158</b>

## O potencijalu bioplina u RH (i općenito)

- Teoretski potencijal bioplina se izračunava na temelju stočarske proizvodnje promatranog područja JER životinjski izmet (gnoj i gnojovka) predstavljaju osnovnu sirovinu radi sadržaja metanogenih bakterija i dostupnosti tijekom cijele godine ALI taj bioplin ima niski udio metana.
- Stvarni potencijal bioplina će ovisiti o dostupnosti drugih sirovina koji pospešuju udio metana u bioplinu (veća energetska vrijednost) + brojni drugi čimbenici (zakonodavni okvir, spretnost poljoprivrednika, poznavanje tehnologije...).
- U suvremenoj praksi razvijenog svijeta gotovo da nema bioplinskih postrojenja koja rade isključivo na gnoj i/ili gnojnicu.
- Teoretski potencijal bioplina u RH se kreće od 9-11 PJ (ukupna stočarska proizvodnja) pa sve do 0,7 – 2 PJ (ako se uvrste pretpostavke o dostupnosti sirovine samo na velikim farmama i sl.)
- Primjerice: teoretski potencijal bioplina Njemačke može zamijeniti njen ukupni uvoz prirodnog plina ([Öko-Institut](#) i [Institut für Energetik](#), Leipzig, 2008.)

**U RH: Registar OIE**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
№	REGISTRACIJSKI BROJ / Registry number	NAZIV PROJEKTA / Project	IMENITELJ PROJEKTA / Project holder	OBILIK / Plant type	OPŠTINA / County	LOKALNOST / Location	VL. DRAGA / Electrical capacity (MW)	VRSTA KLASIFIKACIJA / Type of approval	DATA ODOBRENJA / Date of final
<b>2 SUNČANE ELEKTRENE - SOLAR POWER PLANTS</b>									
<b>25 VODNE ELEKTRENE - HYDRO POWER PLANTS</b>									
<b>85 VJETROELEKTRENE - WIND POWER PLANT</b>									
<b>219 ELEKTRENE NA BIOMASU - BIOMASS POWER PLANT</b>									
<b>229 ELEKTRENE NA BIOMASU - BIOMASS POWER PLANT</b>									
236	200912-000967	Projektne postrojenja zapunja	DOPL-SARAJKA d.o.o.	1.1	Čačvo-karavara	Zapunja	1,00	PEO	23.10.2007
237	200917-001489	Tom-kolnberg	IZM-BIO-ENERG d.o.o.	1.1	Koprivnica-brodsko-selva	Zagreb	1,00	PEO	8.9.2009
238	21742-007708	Projektne postrojenja Timokani	IZ OSATINA	1.1	Čačvo-karavara	Čačvo	1,00	PEO	10.2.2008
239	200914-007008	Projektne postrojenja Vaučani	Vaučani d.o.o.	1.1	Vranci-kopa	Proseki-Parosvalje	0,24	PEO	8.9.2009
240	21742-002068	Projektne postrojenja Vaučani	IZ OSATINA	1.1	Vukovarsko-srijemska	Vaučani	1,00	EO	14.11.2008
241	200905-012908	Projektne elektrane Plesovica	PEL d.o.o.	1.1	Zagreb	Plesovica	1,00	PEO	16.11.2009
242	2414384-014809	Projektne postrojenja Semetli	OSNOVNI IZVORI ENERGIJE SEMETLI d.o.o.	2.a	Čačvo-karavara	Semetli	1,67	PEO	26.1.2009
243	2414383-014809	PEI energije projekt elektrana na bregu Vauča	PEI ENERGETIK PROJEKT d.o.o.	1.1	Koprivnica-brodsko-selva	Vauča	0,99	PEO	7.4.2009
244	178056-010789	Projektne postrojenja Vaučani-2	NOVE d.o.o.	1.1	Vukovarsko-srijemska	Vaučani	1,00	PEO	16.4.2009
245	1780570-014809	Projektne postrojenja Timokani-2	KARLA TOMIČIĆ d.o.o.	1.1	Čačvo-karavara	Čačvo	1,00	PEO	16.4.2009
246	2473602-017109	Postrojenja za proizvodnju toplote i električne energije	BOČERUŠA d.o.o.	2.a	Vukovarsko-srijemska	Vukovar	10,00	PEO	16.4.2009
247	2114405-019109	Projektne postrojenja Slatina	BOČERUŠA d.o.o.	1.1	Vukovarsko-srijemska	Slatina	1,00	EO	22.1.2009
248	1021017-009608	Projektne postrojenja u sklopu Terme jarka Rouda	VETTERBARSKA ABBILASTA DVOR	1.1	Čačvo-karavara	Dvor	0,14	EO	28.6.2009
249	104602-022209	Projektne postrojenja Vauča	NOVA d.o.o.	1.1	Zabok	Vauča-10m	1,00	PEO	16.1.2009
250	201173-021309	NO postrojenja Vauča	NOVEĆI-BIOGAS d.o.o.	1.1	Čačvo-karavara	Dvoj-Štrigaj	1,00	PEO	17.2.2009
251	201173-021309	NO postrojenja Dvoj-Štrigaj	NOVEĆI-BIOGAS d.o.o.	1.1	Čačvo-karavara	Dvoj-Štrigaj	1,00	PEO	17.2.2009
252	240208-020609	Projektne postrojenja - Bioenergija vauča	BOČERUŠA VILLER d.o.o.	1.1	Vukovarsko-srijemska	Vauča-Štrigaj	1,00	PEO	17.9.2009
<b>253 KOGNERACIJE - COGENERATION</b>									
<b>261 GEOTERMALNE ELEKTRENE - GEOTHERMAL POWER PLANT</b>									
<b>263 ELEKTRENE NA DEPOLIZNO PULU I PULU IZ POSTROJEVA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNE VODE - POWER PLANTS ON LANDFILL GAS AND GAS FROM PLANT FOR WASTE WATER TREATMENT PLANT</b>									
264	177425-019509	PEI Centaraj uređaja za polučivanje plinovitih otpada Braka Dagvine	ZAGREBAČKE OTPADNE VODE - UPRAVLJANJE IPOSOD d.o.o.	2.a	Dvoj-Dajani	Zagreb	2,0000	PEO	27.1.2009
265	201141-020609	Projektne centre za gasificiranje otpada "Kilob" Dub	KILOB d.o.o.	1.1	Šibenik	Dub	0,8	PEO	19.3.2009

**1 rješenje o prethodnom statusu povlaštenog proizvođača...**

**HERA - Rješenja - Mozilla Firefox**

http://www.hera.hr/hrvatski/html/rjesjenja.html

Most Visited Portal za nekretnine, H... Customize Links Welcome to Gmail T-Portal eBooks.com The Wor... Sustainable developm... (Unbitted) Windows Marketplace W

FAOSTAT EurObserver Bar... HERA - Rješenja Ministarstvo Gosp... REPUBLIKA HRVAT Energy - Intelligen... Google rezultati pr...

Republika Hrvatska Hrvatska energetska regulatorna agencija

**Rješenja**

Rješenja o dozvolama za obavljanje energetske djelatnosti

Rješenja o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača

- BAI A d.o.o. za poslovne usluge i trovinu, Timan – prethodno rješenje (za sunčanu elektranu KRINGA)
- BAI A d.o.o. za poslovne usluge i trovinu, Timan – prethodno rješenje (za sunčanu elektranu KRINGA 2)
- **NUŽNI IZDANJE proizvođača i trovinu d.o.o., Matković – rješenje**
- Poljoprivredna zadruška Opština, Semetli – rješenje
- NPEKI d.o.o., Umeš – prethodno rješenje
- EOL KOPNENI IZVORI ENERGIJE OSATINA, Semetli – prethodno rješenje
- Komunalni Matković, Vukovar, opština MHE MATAKOVIĆ, obrt za proizvodnju električne energije, Duga Resa – rješenje
- Gradnja Matković, slavnik obrta MATAKOVIĆ strojna obrada metala, Duga Resa – rješenje
- Eko d.o.o., Zagreb – prethodno rješenje (za vjetroelektranu ZD1)
- Eko d.o.o., Zagreb – prethodno rješenje (za vjetroelektranu ZD2)
- Haromort d.o.o., Zagreb – rješenje
- Vjetroelektrana Trtar – Krotin d.o.o., Šibenik – rješenje
- vjetro Wind Power, Sisevete – rješenje
- Valatika d.o.o., Rovani – prethodno rješenje

**Ostala rješenja**

HERA  
Ulica općda Vukovara 14  
10000 Zagreb  
Tel: +385 1 6323-777,  
+385 1 6323-700  
Fax: +385 1 6115-344  
e-mail herah@hera.hr  
MB: 01624482  
Žiro račun:  
24900011100027703  
Ured za adrese s javnošću  
Tel: +385 1 6323-761  
Najave  
17.09.2009.  
Preuz. za 20. siječnja Upravnom vijeću  
hrvatske energetske regulatorne  
agencije koja će se održati do 20.  
2009.  
Mediji  
04.09.2009.  
Cjelovit tekst reagiranja na  
članak objavljen u listovnom  
listu od 1. 9. 2009. pod naslovom  
"Kao kako se razvijaju  
araracanskim moxcom"

## Tarifna stavka (kn/kWh)

Tip postrojenja		2007.	2008.	2009.
<b>Postrojenje instalirane snage ≤ 1 MW</b>				
1.a.1.	sunčane elektrane instalirane snage do uključivo 10 kW	3,40	3,5972	3,7015
1.a.2.	sunčane elektrane instalirane snage veće od 10 kW do uključivo 30 kW	3,00	3,1740	3,2660
1.a.3.	sunčane elektrane instalirane snage veće od 30 kW	2,10	2,2218	2,2862
1.b.	hidroelektrane	0,69	0,7300	0,7512
1.c.	vjetroelektrane	0,64	0,6771	0,6967
1.d.1.	elektrane na biomasu iz šumarstva i poljoprivrede (granjevina, slama, koštice...)	1,20	1,2696	1,3064
1.d.2.	elektrane na krutu biomasu iz drvno-prerađivačke industrije (kora, piljevina, sječka...)	0,95	1,0051	1,0342
1.e.	geotermalne elektrane	1,26	1,3331	1,3718
1.f.	elektrane na bioplin iz poljoprivrednih nasada (kukuruzna silaža...) te organskih ostataka i otpada iz poljoprivrede i prehrambeno-prerađivačke industrije (kukuruzna silaža, stajski gnoj, klaonički otpad, otpad iz proizvodnje biogoriva...)	1,20	1,2696	1,3064
1.g.	elektrane na tekuća biogoriva	0,36	0,3809	0,3919
1.h.	elektrane na deponijski plin i plin iz postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda	0,36	0,3809	0,3919
1.i.	elektrane na ostale obnovljive izvore (morski valovi, plima i oseka...)	0,60	0,6348	0,6532

27

## Za više informacija:

- Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva [www.mingorp.hr](http://www.mingorp.hr)
- Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva [www.mzopu.hr](http://www.mzopu.hr)
- Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvitka [www.mps.hr](http://www.mps.hr)
- Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva [www.mzopu.hr](http://www.mzopu.hr)
- Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost [www.fzoeu.hr](http://www.fzoeu.hr)
- HERA [www.hera.hr](http://www.hera.hr)
- HROTE [www.hrote.hr](http://www.hrote.hr)
- HGK [www.hgk.hr](http://www.hgk.hr)

...

-

28



Biljana Kulišić  
Energetski institut Hrvoje Požar  
[bkulistic@eihp.hr](mailto:bkulistic@eihp.hr)