



Strengthening the cross-border territorial competitiveness and economic development in Nish and Jablanica (Serbia) and Sofia (Bulgaria) regions through efficient utilization of regional resources in the area of renewable energies use with stress on biomass employment



Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme

BIOMASA KAO OBNOVLJIV IZVOR ENERGIJE I TEHNOLOGIJA ZA PROIZVODNJU BIOGASA

PRIRUČNIK ZA PETODNEVNI KURS



Projekat sufinansira Evropska unija kroz Program za prekograničnu saradnju IPA Bugarska-Srbija u okviru projekta:

"Jačanje prekogranične teritorijalne konkurentnosti i ekonomskog razvoja Nišavskog i Jablaničkog (Srbija) i Sofijskog (Bugarska) regiona efikasnim korišćenjem regionalnih obnovljivih izvora energije sa naglaskom na korišćenje biomase"

JANUAR, 2014.

NAZIV:

BIOMASA KAO OBNOVLJIV IZVOR ENERGIJE I TEHNOLOGIJA ZA PROIZVODNJU
BIOGASA - PRIRUČNIK ZA PETODNEVNI KURS

Biomass as renewable energy source and waste treatment technologies for biogas production -
The Manual for five-day educational course

PROJEKAT BROJ: 2007CB16IPO006-2011-2-19

NAZIV PROJEKTA:

"Jačanje prekogranične teritorijalne konkurentnosti i ekonomskog razvoja Nišavskog i
Jablaničkog (Srbija) i Sofijskog (Bugarska) regiona efikasnim korišćenjem regionalnih
obnovljivih izvora energije sa naglaskom na korišćenje biomase"

Strengthening the cross-border territorial competitiveness and economic development in Nish
and Jablanica (Serbia) and Sofia (Bulgaria) regions through efficient utilization of regional
resources in the area of renewable energies use with stress on biomass employment

ORGANIZATOR STUDIJE: DAI, Agencija za konsalting, Leskovac



UGOVOR No: 303/27 od 10.10.2013.

STUDIJU IZRADILI:

Dr Marko Carić, redovni profesor
Pravni fakultet za privredu i pravosuđe, Privredna akademija, Novi Sad

Dr Dragan Soleša, redovni profesor
Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment, Privredna akademija, Novi Sad



Cross border competitiveness through renewable energy and biomass use

Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



PREDGOVOR

Ovaj Priručnik je izrađen u okviru projekta prekogranične saradnje pod nazivom "Jačanje prekogranične teritorijalne konkurentnosti i ekonomskog razvoja Nišavskog i Jablaničkog (Srbija) i Sofijskog (Bugarska) regiona efikasnim korišćenjem regionalnih obnovljivih izvora energije sa naglaskom na korišćenje biomase" (No. 2007CB16IPO006-2011-2-19). Partneri na Projektu su Agencija za ekonomski razvoj, Kostinbrod, Bugarska i Tehnološki fakultet u Leskovcu, Univerzitet u Nišu.

Priručnik je izrađen na osnovu razrađene metodologije za petodnevni kurs koji promovise biomasu kao obnovljiv izvor energije i tehnologiju obrade otpadnog materijala za dobijanje energije, posebno biogasa. Kurs je namenjen preduzetnicima, studentima i lokalnim rukovodiocima u Niškom i Jablaničkom okrugu, a sprovodili bi ga stručnjaci iz Evropske Unije (posebno Bugarske) i Srbije, pri čemu bi najveći broj bio sa Univerziteta u Nišu. Materijal i teme u Priručniku su podeljene u pet celina, saglasno broju dana trajanja kursa.

Prvi deo obrađuje upoznavanje sa različitim vrstama biomase, kao i zakonskim okvirima u EU i Srbiji za njeno korišćenje kao obnovljivog izvora energije. Isto tako, u ovom delu se razmatraju postojeće prepreke korišćenja biomase i mogućnosti za njihovo prevazilaženje.

U drugom delu se navode različite mogućnosti korišćenja biomase za dobijanje energije, sa posebnim naglaskom na dobijanje biogasa.

Treći deo je posvećen proizvodnji biogasa. Najpre su opisane vrste tehnologija i postrojenja, kao i postupci koji se sprovode kod izgradnje biogas instalacije. Posebna pažnja se posvećuje postojećim propisima u Republici Srbiji koji definišu načine i dokumentaciju za izgradnju i rad biogas postrojenja.

Ekološki aspekti i pozitivni i negativni uticaji proizvodnje i korišćenja biogasa na životnu sredinu opisani su u četvrtom delu Priručnika.

U petom delu, opisani su postupci pripreme i obrade biogasa za korišćenje kao energetskog izvora. Pored toga, opisane su mogućnosti korišćenja ostatka od fermentacije kao jeftinog organskog đubriva ili stočne hrane.

Na kraju, u Prilogu je dat Upitnik za polaznike kojim se vrši evaluacija polaznika koji bi pohađali trening.



Cross border competitiveness through renewable
energy and biomass use

Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the
Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



Bulgaria – Serbia
IPA Cross-border Programme

SADRŽAJ

1. DEO BIOMASA KAO OBNOVLJIV IZVOR ENERGIJE, REGULATIVE I PREPREKE ZA PRIMENU	11
1.1 BIOMASA KAO OBNOVLJIV IZVOR ENERGIJE	11
1.1.1 Sastav biomase	12
1.1.2 Biomasa iz šumarstva	12
1.1.3 Poljoprivredna biomasa	12
1.1.4 Energetski zasadi	13
1.1.5 Biomasa iz stočarstva	13
1.1.6 Gradski otpad	13
1.1.7 Prerada biomase	14
1.2 REGULATIVE U EU O KORIŠĆENJU OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE	14
1.3 STANJE PROIZVODNJE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U SRBIJI	16
1.3.1 Proizvodnja energije iz obnovljivih izvora u Srbiji	18
1.3.2 Mogućnost povećanja korišćenja obnovljivih izvora energije u Srbiji	19
1.4 PREPREKE ZA PROIZVODNJU BIOGASA I MOGUĆNOSTI ZA NJIHOVO PREVAZILAŽENJE	27
1.4.1 Administrativne prepreke	27
1.4.2 Ekonomske prepreke	28
1.4.3 Finansijske prepreke	29
2. DEO BIOMASA ZA SAGOREVANJE, DOBIJANJE BIOGORIVA I BIOGASA	31
2.1 DIREKTNO SAGOREVANJE BIOMASE	31
2.2.1 Otečnjavanje (likvefakcija) biomase	31
2.2.2 Proliza biomase	32
2.2.3 Gasifikacija biomase	33
2.2.4 Direktno sagorevanje biomase	33
2.2 PROIZVODNJA PELETA	34

2.2.1	Proces proizvodnje peleta	34
2.2.2	Drvni pelet	36
2.2.3	Pelet od agrobiomase.....	37
2.3	RASPOLOŽIVOST BIOMASE ZA SAGOREVANJE U SRBIJI.....	37
2.4	DOBIJANJE BIOGORIVA IZ BIOMASE.....	38
2.4.1	Dobijanje bioetanola	38
2.4.2	Dobijanje biodizela	40
2.5	PROCES PROIZVODNJE BIOGASA.....	42
2.5.1	Osnove procesa proizvodnje biogasa.....	42
2.5.2	Postupak proizvodnje biogasa	44
2.6	SUPSTRATI ZA PROIZVODNJU BIOGASA.....	45
2.7	RASPOLOŽIVOST BIOMASE U SRBIJI ZA PROIZVODNJU ENERGIJE	48
2.7.1	Raspoloživost biomase iz poljoprivrede	18
2.7.2	Potencijal stajnjaka za proizvodnju biogasa	50
2.8	GLAVNI ČINIOCI PROCESA PROIZVODNJE BIOGASA	52
2.8.1	Temperatura	52
2.8.2	pH vrednost.....	53
2.8.3	Vreme zadržavanja supstrata	53
2.8.4	Sastav sirovine	54
2.8.5	Biohemijska i hemijska potrošnja kiseonika	54
3.	DEO VRSTE I KONSTRUKCIJA BIOGAS POSTROJENJA.....	56
3.1	VRSTE POSTROJENJA ZA PROIZVODNJU BIOGASA	56
3.1.1	Proizvodnja biogasa u domaćinstvima	56
3.1.2	Postrojenja na farmama	58
3.1.3	Industrijska proizvodnja biogasa.....	59
3.1.4	Postrojenja za tretman otpadnih voda.....	64
3.2	MATERIJALI ZA IZRADU POSTROJENJA ZA BIOGAS	64
3.3	KONSTRUKCIJA BIOGAS POSTROJENJA	66
3.3.1	Skladištenje sirovina	66
3.3.2	Priprema sirovina	68
3.3.3	Sortiranje i razdvajanje sirovina.....	68
3.3.4	Sanitacija.....	68
3.3.5	Primena predtretmana	69
3.3.6	Napojni sistem	70
3.3.7	Armatura i cevovod	71
3.3.8	Zagrevanje digestora	71



Cross border competitiveness through renewable
energy and biomass use

Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the
Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



Bulgaria – Serbia
IPA Cross-border Programme

3.3.9 Digestor.....	72
3.3.10 Mešanje	72
3.3.11 Skladištenje biogasa	72
3.4 ODRŽAVANJE POSTROJENJA ZA BIOGAS.....	73
3.4.1 Količina napajanja sirovinom	74
3.4.2 Nivo punjenja digestora	74
3.4.3 Nivo punjenja gasnog rezervoara	74
3.4.4 Temperatura procesa	74
3.4.5. Vrednost pH.....	75
3.4.6 Određivanje sadržaja isparljivih masnih kiselina	75
3.4.7 Količina biogasa.....	75
3.4.8 Sastav biogasa.....	75
3.4.9 Održavanje digestora	75
3.5 PROPISI REPUBLIKE SRBIJE ZA IZGRADNJU BIOGAS POSTROJENJA.....	76
3.5.1 Propisi za izgradnju postrojenja.....	78
3.5.2 Sticanje prava na obavljanje delatnosti od opšteg interesa.....	78
4. DEO EKONOMSKI I EKOLOŠKI ASPEKTI PROIZVODNJE BIOGASA	80
4.1 FINANSISKA I EKONOMSKA ANALIZA IZRADNJE POSTROJENJA ZA PROIZVODNJU BIOGASA	80
4.1.1 Postupci u ostvarenju biogas postrojenja	80
4.1.2 Izrada studije tehničke izvodljivosti	82
4.1.3 Izrada predhodne studije ekonomske izvodljivosti	84
4.2 PRORAČUN ISPLATLJIVOST BIOGAS POSTROJENJA U ZAVISNOSTI OD INSTALIRANE SNAGE I VRSTE SUPSTRATA.....	88
4.2.1 Proračun isplativosti biogas postrojenja zavisno od vrste supstrata.....	88
4.2.2 Proračun isplativosti biogas postrojenja zavisno od instalirane snage.....	91
4.2.3 Primer komercijalne ponude za izgradnju biogas postrojenja	92
4.3 FONDOVI ZA FINANSIRANJE PROJEKATA U OBLASTI OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE	96
4.3.1 Karbon finansiranje	97
4.3.2 Namensko kreditno finansiranje preduzeća i grantovi za tehničku pomoć... 98	
4.4 EKOLOŠKI I NEGATIVNI ASPEKTI PROIZVODNJE BIOGASA	100

4.4.1 Ekološki aspekti proizvodnje biogasa.....	100
4.4.2 Negativni aspekti proizvodnje biogasa.....	101
4.4.3 Poseta postrojenju za proizvodnju biogasa.....	103
5. DEO MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA BIOGASA I DIGESTATA	105
5.1 UPOTREBA BIOGASA.....	105
5.1.1 Prerada biogasa.....	106
5.2 KARAKTERISTIKE DIGESTATA	108
5.3 PRIMENA DIGESTATA KAO ĐUBRIVA.....	110
5.3.1 Efekat primene digestata na zemljište	111
5.4 PRIMENA DIGESTATA KAO DODATKA STOČNOJ HRANI.....	113
LITERATURA	114
PRILOG	118



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use

Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



Bulgaria – Serbia
IPA Cross-border Programme

1. DEO

BIOMASA KAO OBNOVLJIV IZVOR ENERGIJE, REGULATIVE I PREPREKE ZA PRIMENU

1.1 BIOMASA KAO OBNOVLJIV IZVOR ENERGIJE

Biomasa predstavlja najstariji izvor obnovljive energije. Za dobijanje goriva i proizvodnju električne i toplotne energije, biomasa predstavlja biorazgradivi deo proizvoda, otpada i ostataka biološkog porekla iz poljoprivrede (uključujući biljne i životinjske materije), šumarstva i povezanih industrija, kao i biorazgradivi deo industrijskog i komunalnog otpada. Biomasa obuhvata:

- primarne proizvode - nastaju direktnim fotosintetskim korišćenjem sunčeve energije, a obuhvataju biljne kulture i drvo, ostatke povrća, nusproizvode i otpad iz industrije, pre svega drvne i poljoprivredne i
- sekundarne proizvode - indirektno koriste sunčevu energiju, nastaju razgradnjom ili konverzijom organske materije (na primer, životinja) i obuhvataju celokupni plankton, stajnjak i kanalizacioni otpad.

Bioenergija se može dobiti direktnim sagorevanjem čvrste biomase (šumska biomasa) ili sagorevanjem biogoriva dobijena iz biomase, i to: tečna (bioetanol, biometanol i biodizel) i gasovita (biogas, deponijski gas). S druge strane, biomasa se može podeliti na:

- biomasu iz šumarstva,
- poljoprivrednu biomasu,
- energetske zasade,
- biomasu sa farmi životinja i
- gradski otpad.



1.1.1 Sastav biomase

Biomasa se sastoji uglavnom od ugljenika, vodonika i kiseonika. Dodatno, značajne količine elemenata u tragovima mogu se naći u različitim vrstama biomase, na primer slama sadrži veoma velike količine hlora i/ili silikona, a uljana repica relativno visoke količine azota. Prisustvo ovih elemenata u tragovima može izazvati određene probleme pri upotrebi, na primer tokom sagorevanja hlor može izazvati koroziju u bojleru, silicijum stvaranje naslaga, a azot emisiju azotnih oksida.

Energetski sadržaj određenih vrsta biomase najčešće se izražava preko donje toplotne moći (Low Heat Level - LHV). LHV zavisi od sadržaja vlage u biomasi, kao i od sadržaja vodonika u gorivu. Stvarna LHV biomase sa poznatim sadržajem vlage može se izračunati iz LHV vrednosti suve biomase po sledećoj jednačini:

$$Hu(w) = Hu(wf)(100 - w) - 2,44w/100$$

gde je: $Hu(w)$ - LHV (u MJ/kg) pri određenom sadržaju vlage u biomasi,

$Hu(wf)$ - LHV potpuno suve biomase,

w - sadržaj vlage u procentima,

konstanta 2,44 od toplote isparavanja vode

1.1.2 Biomasa iz šumarstva

Biomasa iz šumarstva obuhvata prostorno i ogrevno drvo, kao i ostatke i otpad nastao preradom drveta (rezanjem, brušenjem, ...). Osnovne karakteristike koje utiču na efikasnost upotrebe drvene biomase kao energenta obuhvataju: hemijski sastav, toplotnu moć, temperaturu samozapaljenja, temperaturu sagorevanja, fizička svojstva koja utiču na toplotnu moć. Osnovna veličina za proračun količine dobijene energije iz određene količine drveta jeste njegova toplotna moć. Najveći uticaj na toplotnu moć drveta ima vrsta drveta, sadržaj vlage, hemijski sastav, gustina i zdravost drveta. Najčešće se drvena biomasa u energetici koristi u vidu peleta, briketa i drvnog čipsa. Ovakav način sagorevanja drvene biomase je naročito pogodan, jer je način loženja u priličnoj meri automatizovan i obezbeđuje se bolje sagorevanje. Briketirana biomasa se uglavnom upotrebljava u industrijskim procesima.

1.1.3 Poljoprivredna biomasa

Poljoprivrednu biomasu čine ostaci različitih poljoprivrednih kultura: slama, kukuruzovina, oklasak, stabljike, ljuške, koštice. Ova vrsta biomase ima nisku ogrevnu moć i veliki udeo vlage i različitih primesa. Poljoprivredna biomasa može imati višenamensku upotrebu: za proizvodnju humusa (zaoravanjem), stočne hrane (tretirana hemijskim



sredstvima, mešanjem sa proteinima i dr.), toplotne energije (sagorevanjem), građevinskog materijala (razne presovane ploče), delova nameštaja (iverica), alkohola (vrenjem), biogasa (anaerobnom fermentacijom), papira i ambalaže, sredstava za čišćenje metalnih površina, ukrasnih predmeta, kao i za mnoge druge svrhe. S obzirom da se često javljaju problemi u praksi sa korišćenjem poljoprivredne biomase kompromisno rešenje je da se $\frac{1}{4}$ biomase zaorava u cilju poboljšanja plodnosti zemljišta, $\frac{1}{4}$ koristi za proizvodnju stočne hrane, $\frac{1}{4}$ za proizvodnju energije i $\frac{1}{4}$ u ostale svrhe, odnosno u industriji alkohola, nameštaja, ambalaže, papira i sl. Proizvodnja energije iz poljoprivredne biomase pružila bi značajnu uštedu ukoliko bi se ta energija iskoristila za ogrev zimi ili za sušenje poljoprivrednih kultura i slično.

1.1.4 Energetski zasadi

Energetski zasadi predstavljaju plantaže biljaka bogatih uljem ili šećerom (ugljenik), kao što su: brzorastuće drveće i kineske trske s godišnjim prinosom od 17 tona po hektaru, eukalptus s prinosom 35 tona suve materije po hektaru, zelene alge s prinosom od 50 tona po hektaru. U Srbiji se najveći prinosi postižu gajenjem topola, vrba i jablana. Osim velikih prinosa, energetski zasadi pružaju mogućnost korišćenja otpadnih voda i đubriva.

Najznačajniji efekti proizvodnje i korišćenja biomase dobijene u specijalizovanim plantažama su:

- obezbeđenje novih energetskih izvora,
- stvaranje novih tržišta za promet sekundarnih sirovina šumarstva i poljoprivrede,
- očuvanje životne sredine kroz prevenciju stvaranja efekata staklene bašte,
- ekonomsko unapređenje korišćenja otpada i
- otvaranje novih radnih mesta.

1.1.5 Biomasa iz stočarstva

Stajnjak životinja u kombinaciji sa poljoprivrednom biomasom predstavlja veoma dobar izvor energije korišćenjem u procesu anaerobne digestije za dobijanje biogasa. Na primer, anaerobnom digestijom 110 t stajnjaka i 250 t kukuruzne silaže godišnje moguće je dobiti oko 8 miliona kWh struje, što predstavlja uštedu od 16 000 tona lignita.

1.1.6 Gradski otpad

Gradski otpad predstavlja zeleni deo recikliranog kućnog otpada, biomasa iz parkova i vrtova i mulj iz kolektora otpadnih voda. Zbrinjavanje gradskog otpada zahteva



velike investicione troškove. S druge strane, on predstavlja vredno gorivo visoke kalorijske vrednosti. Određene frakcije gradskog otpada se mogu uključiti u proces proizvodnje biogasa čime bi se iskoristila kalorijska vrednost, a u isto vreme, resio problem odlaganja otpada.

1.1.7 Prerada biomase

Jedan od glavnih ciljeva prerade biomase je proizvodnja biogoriva za grejanje, transport i industrijsku upotrebu. Prema vrsti biomase od koje se proizvode, biogoriva se mogu podeliti na biogoriva:

- **prve generacije** proizvode se iz kukuruza, pšenice, šećerne trske, šećerne repe i biljaka koje u sebi sadrže veći procenat skroba ili šećera (nedostatak ovih biogoriva je negativan uticaj proizvodnje na cenu osnovnih životnih namirnica i ekonomiju zemlje),
- **druge generacije** proizvode se od lignocelulozne biomase kao što je drvo, iskorišćeni papir, trska i trava, kao i poljoprivrednih ostaci (proizvodnja je još uvek neefikasna za komercijalnu upotrebu, ali neke zemlje u velikoj meri ulažu u istraživanje i razvoj),
- **treće generacije** proizvode se iz algi ili uljane repice, biljaka koje ne ugrožavaju zalihe hrane (produktivnost treće generacije biogoriva je oko 30 puta veća po jedinici površine zemljišta od prve ili druge generacije biogoriva) i
- **četvrte generacije** proizvode se iz sirovina koje su genetski modifikovane tako da daju veće energetske prinose i/ili su im građivni makromolekuli podložni ekonomičnoj razradnji, a svojstveno im je i da apsorbuju veće količine ugljen-dioksida iz atmosfere.

1.2 **REGULATIVE U EU O KORIŠĆENJU** OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Primena obnovljivih izvora energije (OIE) zauzima veoma važno mesto u bioekonomiji razvijenih zemalja. Svaka država EU postavlja ciljeve za udeo OIE u ukupnoj proizvodnji energije. U zavisnosti od uslova u zemlji i postojanja velikih proizvođača energije, postavljeni ciljevi i rokovi su veoma različiti.

U cilju regulisanja upotrebe OIE, u EU su donete brojne regulative koje se bave izazovima uspostavljanja bioekonomije i pokreću promene evropske ekonomije. S obzirom da nekontrolisano korišćenje biomase za proizvodnju obnovljivih izvora energije može imati značajan uticaj na proizvodnju hrane u Evropi i zemljama trećeg sveta, rešavanje



ovakvog multidisciplinarnog problema zahteva strategiju i sveobuhvatan pristup uključujući različite regulative.

Direktivama 2001/77/EC o podsticanju proizvodnje električne energije iz OIE na međunarodnom energetsom tržištu i 2003/30/EC o podsticanju upotrebe biogoriva ili drugih obnovljivih goriva za transport, Evropska Unija je definisala različite tipove energije iz obnovljivih izvora. Donošenjem direktiva svaka država članica dužna je da obezbedi minimalni udeo od 10 % učešća biogoriva u prevozu. Osnovni potencijali obnovljive energije u EU su hidroenergija i energija vetra (tabela 1.1). Biomasa čini 20% obnovljive energije u EU, što je stavlja na treće mesto mogućnosti.

Ključni cilj EU je povećanje energetske efikasnosti. Predviđeno je da do 2020. god udeo OIE u ukupnoj potrošnji energije iznosi 20%. U tu svrhu, zemlje EU su uvele zakonske regulative uspostavile akcione planove za definisanje razvoja i korišćenja OIE i uspostavile kriterijume održivog razvoja. Primena određenog izvora obnovljive energije zavisi od raspoloživosti i mogućnosti članice. Zemlje sa velikim šumskim bogatstvom, kao što su Finska i Švedska, planiraju iskorišćenje ovog izvora za proizvodnju energije. S druge strane, Danska i Austrija, koje imaju razvijenu poljoprivrednu proizvodnju, planiraju iskorišćenje poljoprivrednih ostataka i stajnjaka.

Tabela 1.1. Učešće pojedinih OIE u ukupnoj električnoj energiji u EU u 2011. god

OIE	Udeo u ukupnoj energiji iz obnovljivih izvora, %	Količina energije, TWh
Hidroenergija	46	311
Energija vetra	26,5	179,2
Biomasa	19,7	133
Solarna energija	6,9	46,3
Geotermalna energija	0,9	5,9
Energija okeana	0,1	0,5
Ukupno		676

Prikaz učešća OIE u ukupnoj potrošnji energije u zemljama EU u 2010.god i ciljevi definisani direktivom 2009/28/EC, prikazani su na slici 1.1. Najveću potrošnju obnovljive energije ima Švedska sa oko 48% energije iz obnovljivih izvora, dok je najmanja potrošnja na Malti. Sve zemlje članice planiraju povećanje do 2020. godine, kada bi udeo obnovljivih izvora energije u ukupnoj energiji u EU trebao da iznosi 20% (slika 1.1).



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use
Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



1.3 STANJE PROIZVODNJE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U SRBIJI

Najznačajniji izvor fosilnih goriva u Republici Srbiji je lignit sa eksploatacionim rezervama od 13 350 Mt, dok je godišnja proizvodnja nafte oko 1000 Mt. Republika Srbija mora da obezbedi sigurno, kvalitetno i pouzdano snabdevanje energijom i energentima, uz istovremeno smanjenje energetske zavisnosti zemlje. Ovo se može postići postavljanjem odgovarajućih ciljeva u energetskej politici zemlje, odnosno, povećanjem korišćenja obnovljivih izvora energije.

Prema Zakonu o energetici, energija iz obnovljivih izvora predstavlja energiju proizvedenu iz nefosilnih obnovljivih izvora, kao što su: vodotokovi, biomasa, vetar, sunce, biogas, deponijski gas, gas iz pogona za preradu kanalizacionih voda i izvori geotermalne energije.

Potencijal Srbije u OIE iznosi oko 6Mt godišnje. Iskorišćenjem ovog potencijala može se značajno smanjiti korišćenje fosilnih goriva. Pri tome je najveći potencijal korišćenja biomase koja predstavlja 64% u odnosu na sve ostale obnovljive izvore energije i iznosi oko 3,3 Mt godišnje (slika 1.2). Osim biomase, republika Srbija godišnje može da obezbedi 1,7 Mt iz hidropotencijala, 0,2 Mt iz energije vetra i 0,6 Mt iz solarne energije. Trenutno se u Republici Srbiji koristi 33% raspoloživog potencijala.

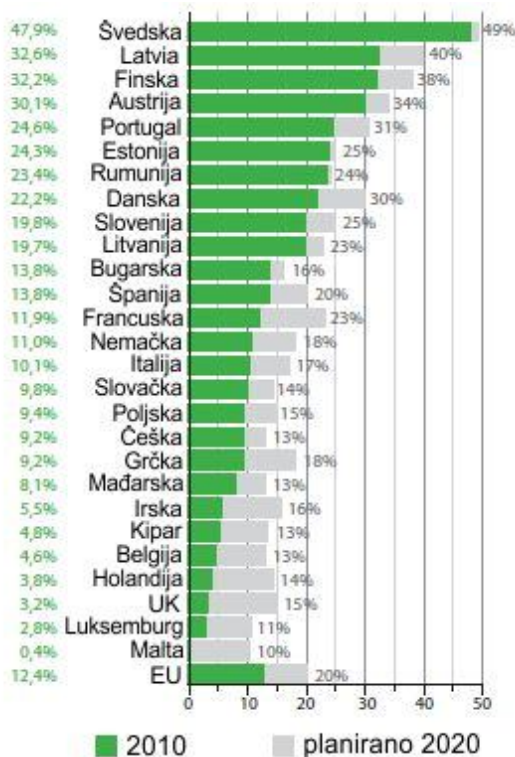


Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use
Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

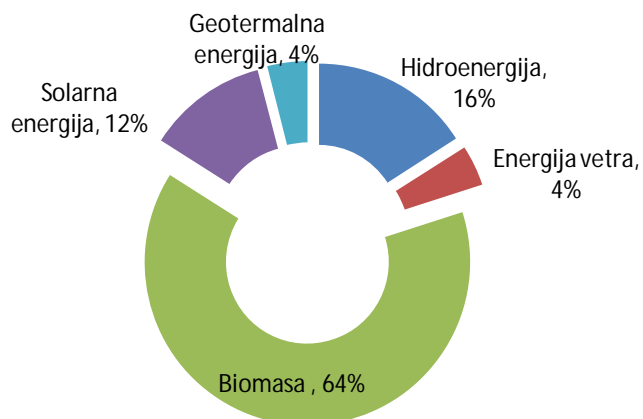
The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



Bulgaria – Serbia
IPA Cross-border Programme



Slika 1.1. Udeo obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije u zemljama članicama EU u 2010. i ciljevi definisani direktivom 2009/28/EC



Slika 1.2. Struktura potencijala obnovljivih izvora energije u Republici Srbiji



1.3.1 Proizvodnja energije iz obnovljivih izvora u Srbiji

U strukturi planirane proizvodnje primarne energije u Srbiji za 2014. godinu, obnovljivi izvori energije učestvuju sa 1,819 Mtoe što iznosi oko 17% domaće proizvodnje primarne energije. Od toga najveće je učešće čvrste biomase 58%, hidropotencijala 41%, dok biogas, energija vetra, sunca i geotermalna energija učestvuju sa manje od 1%. Planirana proizvodnja primarne energije iz obnovljivih izvora je 5% manja u odnosu na procenjenu proizvodnju u 2013. godini koja iznosi 1,913 Mtoe i to pre svega zbog manjeg planiranog hidropotencijala, ali je struktura učešća obnovljivih u ovom iznosu gotovo ista kao i u 2014. godini.

Proizvodnja i potrošnja čvrste biomase obuhvata proizvodnju i potrošnju ogrevnog drveta, peleta i briketa u energetske svrhe (za potrebe grejanja). U okviru aktivnosti Energetske Zajednice u oblasti obnovljivih izvora energije, a za potrebe definisanja ciljeva, sprovedeno je istraživanje o potrošnji biomase za sve potpisnice Ugovora o Energetskoj Zajednici. Ovim istraživanjem utvrđena je proizvodnja i potrošnja biomase za 2009. i 2010. godinu. Na osnovu ovih podataka definisan je cilj u oblasti obnovljivih izvora energije koji Republika Srbija treba da ostvari u 2020. godini, a to je 27% učešća obnovljivih izvora energije u bruto finalnoj potrošnji energije. U okviru aktivnosti na izradi nove Strategije razvoja energetike, napravljene su projekcije Energetskog bilansa do 2030. godine. Planirana proizvodnja čvrste biomase u 2014. godini je 1 050 Mtoe. Potrošnja čvrste biomase odvija se dominantno u okviru široke potrošnje i to u sektoru domaćinstva a delimično javnim i komercijalnim delatnostima za potrebe zagrevanja prostorija. Upotreba ogrevnog drveta za potrebe zagrevanja karakteristika je ruralnih krajeva i obodnih delova prigradskih naselja. Po pravilu, ruralni krajevi gravitiraju područjima sa visokom produkcijom drvene mase ili su udaljeni od ostalih izvora snabdevanja i domaćinstva su sa niskom kupovnom moći, tako da je ogrevno drvo cenovno najprihvatljivije i nema alternativu. Upotreba ogrevnog drveta u obodnim delovima prigradskih naselja Srbije zadržaće se i u narednim godinama. Ovo iz razloga niske kupovne moći stanovništva, visoke cene konvencionalnih goriva (lož ulje, tečni gas, ugalj), spore izgradnje distributivne gasne mreže i skupe ugradnje gasne instalacije koja je, po pravilu bez olakšica i povoljnih kreditnih uslova.

Proizvodnja električne energije iz velikih i malih vodenih tokova obuhvaćena je u ukupnoj proizvodnji električne energije u Republici Srbiji. U 2014. godini planirano je korišćenje hidropotencijala velikih vodenih tokova u količini od 9 210,6 GWh ili 0,792 Mtoe, što je za 13% manje od procenjenog u 2013. godini od 0,912 Mtoe. Proizvodnja električne energije malih hidroelektrana u okviru sistema javnog preduzeća EPS, kao i malih hidroelektrana koje isporučuju električnu energiju elektroenergetskom sistemu, u 2014. godini planirana je u iznosu od 114 GWh ili 0,010 Mtoe, što je 63% više od procenjene proizvodnje u 2013. godini od 0,006 Mtoe.

Proizvodnju geotermalne energije prati Republički zavod za statistiku u okviru svojih statističkih istraživanja. Planirana proizvodnja u 2014. godini je na nivou procenjene



u 2013. godini i iznosi 0,006 Mtoe. Količina proizvedene geotermalne energije koristi se isključivo za grejanje. Ovim podatkom nije obuhvaćeno i korišćenje geotermalne energije kroz upotrebu toplotnih pumpi.

Postoje i manja postrojenja na biogas, solarnu i energiju vetra koja proizvode električnu energiju.

Akcionim planom Republike Srbije za OIE, regulisano je poštovanje obaveze preuzetih ugovorom o osnivanju Energetske zajednice, utvrđene su putanje za dostizanje cilja od 27 % OIE u bruto finalnoj potrošnji energije Srbije 2020. god i definisane mere za veće korišćenje OIE. U tabeli 1.2 prikazana je očekivana dinamika rasta učešća OIE u ukupnoj potrošnji energije.

Tabela 1.2. Dinamika rasta udela OIE (%) u tri sektora potrošnje energije

Obnovljiv izvor energije za	Godina								
	2009	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Grejanje i hlađenje	26%	26%	26%	26%	26%	27%	28%	29%	30%
Električna energija	29%	29%	30%	30%	31%	32%	33%	35%	37%
Saobraćaj	0%	0%	0%	2%	3%	5%	7%	8%	10%
Ukupno učešće	21%	21%	21%	22%	23%	23%	25%	26%	27%

1.3.2 **Mogućnost povećanja korišćenja** obnovljivih izvora energije u Srbiji

Od 2004. godine, vlade Republike Srbije su donele niz regulativa koje podstiču povećanje korišćenja OIE, a koje su prikazane u tabeli 1.3. Tako, na primer doneta je Uredba o povlašćenim proizvođačima električne energije i Uredba o merama podsticaja za povlašćene proizvođače. Zakonom o energetici, energetski subjekti mogu steći status povlašćenog proizvođača električne energije ukoliko:

- 1) u procesu proizvodnje električne energije u pojedinačnom proizvodnom objektu koriste obnovljive izvore energije, osim hidroelektrana instalisane snage veće od 30 MW,
- 2) u pojedinačnom proizvodnom objektu instalisane električne snage do 10 MW istovremeno proizvode električnu i toplotnu energiju sa visokim stepenom iskorišćenja primarne energije,
- 3) su priključeni na prenosni, odnosno distributivni sistem električne energije,



- 4) imaju posebno merno mesto odvojeno od mernih mesta na kojima se meri količina električne energije proizvedena u drugim tehnološkim procesima,
- 5) imaju zaključen ugovor o prodaji toplotne energije za elektrane sa kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije, osim ako toplotnu energiju koriste za sopstvene potrebe i
- 6) za elektrane koje koriste energiju vetra i energiju sunca instalisana je snaga manja od slobodnog kapaciteta, odnosno da je zahtev za sticanje statusa povlašćenog proizvođača podnet za deo instalisane snage koji je manji ili jednak slobodnom kapacitetu.

Uredbom o merama podsticaja za povlašćene proizvođače utvrđene su mere podsticaja zavisno od načina uvođenja i primenjenog rešenja korišćenja OIE. Ukoliko je zadržano postojeće rešenje, podsticaji obuhvataju podsticajni period od 12 godina i besplatno mesečno očitavanje brojila i obaveštavanje od strane nadležnog operatora. U slučaju da su predložene nove vrednosti i dopunjene postojeće kategorije korišćenja OIE, podsticaj obuhvata definisane garantovane podsticajne otkupne cene tokom podsticajnog perioda. Za novo rešenje korišćenja OIE predviđene su sledeće podsticajne mere:

- podsticajni period za stare objekte je umanjen za broj godina od puštanja u pogon do sklapanja ugovora sa javnim snabdevačem,
- pravo povlašćenog proizvođača koji je stekao privremeni povlašćeni status da prodaje energiju po ceni koja je važila u trenutku sticanja privremenog statusa ukoliko je to povoljnije za njega,
- preuzimanje balansne odgovornosti i troškova balansiranja tokom podsticajnog perioda i
- pravo povlašćenog proizvođača da posle isteka podsticajnog perioda nastavi da prodaje energiju javnom snabdevaču, ali sada po tržišnim cenama.



The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme

Tabela 1.3. Pregled celokupne regulative i mera Republike Srbije u oblasti OIE

Naziv	Vrsta mere	Očekivani rezultati	Ciljna grupa i/ili aktivnost	Postoji/planirana je	Datum početka i završetka mere
Zakon o energetici (Sl. Glasnik RS br. 57/2011, 80/2011 – ispr. i 93/2012)	Regulatorna (pouzdana, kvalitetna i sigurna isporuka energije i energenata, način, uslovi i podsticaji za proizvodnju energije iz OI)	povećanje korišćenja OIE	svi subjekti u energetskom sektoru	postojeći	2011
Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2015. (Sl. Glasnik RS br. 44/2005)	planski - prioriteti razvoja energetike	povećanje korišćenja OIE	energetski sistemi, subjekti, investitori	postojeći	2005.-2015.
Program ostvarivanja strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine za period 2007-2012. (Sl. Glasnik RS 99/2009)	planski - prioriteti razvoja energetike, prioriteti u korišćenju OIE	povećanje korišćenja OIE	energetski sistemi, subjekti, investitori	postojeći	2007.-2012.
Uredba o uslovima za sticanje statusa povlašćenog proizvođača električne energije i kriterijumima za ocenu ispunjenosti tih uslova (Sl. Glasnik RS 72/2009)	regulatorna - uslovi za sticanje statusa povlašćenog proizvođača električne energije i kriterijumi za ocenu ispunjenosti tih uslova	povećanje proizvodnje električne energije iz OIE	investitori	postojeća	2009. -
Uredba o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem OIE i kombinovanim proizvodnjom električne i toplotne energije (Sl. Glasnik RS 99/2009)	finansijska - mere podsticaja za proizvodnju električne energije iz OIE i za otkup te energije	povećanje proizvodnje električne energije iz OIE	investitori	postojeća	01.01.2010. do 31.12.2012. godine (podsticaji za period od 12 godina)
Zakon o ratifikaciji Kjoto Protokola (Sl. Glasnik RS 88/2007 i 38/2009)	regulatorna – smanjenje emisije GHG	povećanje korišćenja OIE	energetski sistemi, subjekti	postojeći	2009. -
Nacionalna strategija održivog razvoja	planski - održivi razvoj, smanjenje uticaja na životnu sredinu i prirodne resurse	povećanje korišćenja OIE	energetski sistemi, subjekti, investitori	postojeći	2008. -



The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme

Tabela 1.3 наставак

Naziv	Vrsta mere	Očekivani rezultati	Ciljna grupa i/ili aktivnost	Postoji/planirana je	Datum početka i završetka mere
Akcionni plan za sprovođenje nacionalne strategije održivog razvoja	planski – mere i aktivnosti za sprovođenje startegije održivog razvoja	promovisanje i povećanje korišćenja OIE	energetski sistemi, subjekti, investitori	postojeći	2011. – 2017.
Nacionalni program zaštite životne sredine	planski – zaštita životne sredine i primena najpovoljnijih mera za održivi razvoj i upravljanje zaštitom životne sredine	povećanje korišćenja OIE	energetski sistemi, subjekti, investitori	postojeći	2010. -
Strategija održivog korišćenja prirodnih resursa i dobara	planski - korišćenje prirodnih resursa na održiv način, osiguranje njihove raspoloživosti u budućnosti i smanjenje uticaja njihovog korišćenja na životnu sredinu	povećanje korišćenja OIE	energetski sistemi, subjekti, investitori	postojeći	2012. -
Strategija naučnog i tehnološkog razvoja Republike Srbije za period od 2010. do 2015. godine	planski - podizanje nivoa znanja u društvu i unapređenje tehnološkog razvoja i privrede	povećanje energetske efikasnosti, povećanje korišćenja OIE	naučnoistraživačke institucije, energetski sistemi, subjekti, invest	postojeći	2010. -
Strategija uvođenja čiste proizvodnje u Republici Srbiji	planski – defisanje mera za sprečavanje zagađenja	povećanje energetske efikasnostiipovećanje korišćenjaOIE	energetski sistemi, subjekti, investitori	postojeći	2008. -
Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu (Službeni glasnik RS br.135/2004 i 88/2010)	regulatorna – definisanje postupka procene uticaja za projekte koji mogu imati značajne uticaje na životnu sredinu	sprečavanje uticaja na životnu sredinu pri izgradnji objekata O	investitori	postojeći	2010. -
Uredba o utvrđivanju liste projekata koje je obavezna procena uticaja i li projekata za koje se može zahtevati procena uticaja na životnu sredinu (Glasnik RS, br. 114/2008)	regulatorna – definisanje vrste objekata za koje je potrebna procena uticaja	sprečavanje uticaja na životnu sredinu pri izgradnji objekata na OIE	investitori	postojeći	2008. -
Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu (Sl. Glasnik RS", br.135/2004 i 88/2010)	regulatorna – uslovi, način i postupak vršenja procene uticaja određenih planova i programa na životnu sredinu	zaštita životne sredin unapređivanje održivog razvoja	investitori	postojeći	2010. -



The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme

Tabela 1.3 наставак

Naziv	Vrsta mere	Očekivani rezultati	Ciljna grupa i/ili aktivnost	Postoji/planirana je	Datum početka i završetka mere
Zakon o upravljanju otpadom (Sl. Glasnik RS br. 36/09 i 88/2010)	regulatorna – planiranje upravljanja otpadom, upravljanje otpadom – delatnost od opšteg interesa	upravljanje otpadom, korišćenje otpadkao energenta	industrija, energetski subjekti, investitori	postojeći	2010. -
Pravilnik o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada (Sl. Glasnik RS ¹ , br. 56/10)	regulatorna – klasifikacija otpada	upravljanje posebnim tokovima otpada	investitori	postojeći	2010. -
Pravilnik o uslovima i načinu sakupljanja, transporta, skladištenja i tretmana otpada koji se koristi kao sekundarna sirovina ili za dobijanje energije (Sl. Glasnik RS, br. 98/10)	regulatorna – upravljanje otpadom	korišćenje otpada u energetske svrhe	investitori, energetski subjekti, industrija	postojeći	2010. -
Uredba o vrstama otpada za koje se vrši termički tretman, uslovima i kriterijumima za određivanje lokac tehničkim i tehnološkim uslovima za projektovanje, izgradnju, opremanje rad postrojenja za termički tretman otpada, postupanju sa ostacima nah spaljivana (Sl. Glasnik RS br. 102/11)	regulatorna	korišćenje otpada u energetske svrhe	investitori, energetski subjekti, industrija	postojeći	2010. -
Pravilnik o uslovima, načinu i postupku upravljanja otpadnim uljima (Sl. Glasnik RS br. 71/2010)	regulatorna – način i postupak upravljanja otpadnim uljima	korišćenje ulja u energetske svrhe	investitori, industrija, energetski subjekti	postojeći	2010. -
Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine (Sl. Glasnik RS br. 135/2004)	regulatorna – uslovi i postupak izdavanja integrisane dozvole za postrojenja	izgradnja objekata na OIE	investitori, energetski subjekti	postojeći	2004. -



The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme

Tabela 1.3 наставак

Naziv	Vrsta mere	Očekivani rezultati	Ciljna grupa i/fili aktivnost	Postoji/planirana je	Datum početka i završetka mere
Uredba o vrstama aktivnosti i postrojenja za koje se izdaje integrisana dozvola (Sl.Glasnik RS br. 84/2005)	regulatorna	izgradnja objekata na OIE	investitori, energetske subjekti	postojeća	2005. -
Zakon o zaštiti prirode (Sl. Glasnik RS br. 36/2009)	regulatorna – zaštita i očuvanje prirode	korišćenje OIE	investitori, energetske subjekti	postojeći	2009. -
Uredba o režimima zaštite (Sl. Glasnik RS br. 31/2012)	regulatorna – režimi zaštite, postupak i način njihovog određivanja	izgradnja objekata na OIE u zaštićenim područjima	investitori, energetske subjekti	postojeća	2012. -
Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima Sl. Glasnik br. 88/20	regulatorna – eksploatacija i korišćenje geotermalnih resursa	korišćenje OIE	investitori, energetske subjekti	postojeći	2011. -
Zakon o zaštiti vazduha (Sl. Glasnik RS br. 36/2009)	regulatorna – upravljanje kvalitetom vazduha i mere za sprovođenje zaštite	ispunjenje zahteva o zaštiti vazduha pri izgradnji i eksploata objekata na OIE	investitori, energetske subjekti	postojeći	2009. -
Uredba graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazdih (Sl. Glasnik RS br. 71/2010)	regulatorna – definisanje dozvoljenih graničnih vrednosti emisija	ispunjenje zahteva o zaštiti vazduha pri izgradnji eksploatacij objekata na OIE	investitori, energetske subjekti	postojeća	2010. -
Zakon o javno privatnom partnerstvu i koncesijama (Sl. Glasnik RS br. 88/2011)	regulatorna	povećanje korišćenja OIE, korišćenje OIE za proizvodnju toplote energije	investitori, energetske subjekti	postojeći	2011. -
Akcion plan za biomasu 2010-2012. (Sl. Glasnik RS br. 56/2010)	planski – definisanje aktivnosti za prevazilaženje problema u korišćenju biomase u energetske svrhe	povećanje korišćenja biomase i biogoriva	investitori, energetske subjekti, finansijske institucije, naučno - istraživačke institucije	postojeći	2010. – 2012.



The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme

Tabela 1.3 наставак

Naziv	Vrsta mere	Očekivani rezultati	Ciljna grupa i/ili aktivnost	Postoji/planirana je	Datum početka i završetka mere
Zakon o vodama (Sl.Glasnik RS br. 30/2010)	regulatorni – površinske i podzemne vode, osim vode iz koje se može dobiti geotermalna energija	integralno upravljanje vodama, vodnim objektima	investitori, energetske subjekte	postojeći	2010. -
Pravilnik o sadržini i obrascu zahteva za izdavanje vodnih akata i sadržini mišljenja u postupku izdavanja vodnih uslova (Sl. Glasnik RS br. 74/2010)	regulatorna	Regulisanje dobijanja neophodnih vodnih akata u postupku izgradnje objekta	investitori, energetske subjekte	postojeći	2010. -
Zakon o obnovljivim izvorima energije	regulatorna	povećanje korišćenja OIE -	svi subjekte energetskog sektora	planiran	
Zakon o racionalnom korišćenju energije	regulatorna	Povećanje energetske efikasnosti i korišćenja OIE	svi subjekte energetskog sektora	planiran	2012.
Uredba o kriterijumima održivosti za biogoriva	regulatorna	povećanje korišćenja biogoriva	proizvođači, investitori, energetske subjekte	planirana	2012./2013.
Pravilnik o tehničkim i drugim zahtevima za tečna goriva bioporekla	regulatorna	povećanje korišćenja biogoriva	proizvođači, investitori, energetske subjekte	postojeći, planirane izmene i dopune ili izrada novog pravilnika	2006. – (planirane izmene u 2013.)
Regulativa o sistemu monitoringa kvaliteta goriva	regulatorna, finansijska – obezbeđivanje monitoringa kvaliteta goriva i smanjenja emisija gasova sa efektom staklene bašte	povećanje korišćenja biogoriva	proizvođači, investitori, energetske subjekte	planirana	2013.
Uredba o obaveznom stavljanju određenog procenta biogoriva na tržište	regulatorna, finansijska	povećanje korišćenja biogoriva	proizvođači, investitori, energetske subjekte	planirana	2013.



Tabela 1.3 наставак

Naziv	Vrsta mere	Očekivani rezultati	Ciljna grupa i/ili aktivnost	Postoji/planirana je	Datum početka i završetka mere
Pravilnik o licencama	regulatorna	povećanje korišćenja biogoriva	proizvođači, investitori, energetske subjekti	planirana	2013.
Pravilnik o podsticajima za uzgajanje sirovina i proizvodnju biogoriva	finansijska	povećanje korišćenja biogoriva	proizvođači, investitori, energetske subjekti	planirana	2013.
Pravilnik o garanciji porekla za proizvodnju energije iz OIE	regulatorna, finansijska	povećanje korišćenja OIE	proizvođači, investitori, energetske subjekti	planirana	2013.
Preporuka o uslovima za sticanje statusa povlašćenog proizvođača toplotne energije	regulatorna, finansijska	povećanje korišćenja OIE u sektoru grejanje i hlađenje	proizvođači, investitori, energetske subjekti	planirana	2013.
Preporuka o podsticajnim merama proizvodnju toplotne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije	regulatorna, finansijska	povećanje korišćenja OIE u sektoru grejanje i hlađenje	proizvođači, investitori, energetske subjekti	planirana	2013.
Strategija upravljanja vodama u Republici Srbiji	planski			planirana	2013.



1.4 PREPREKE ZA PROIZVODNJU BIOGASA I MOGUĆNOSTI ZA NJIHOVO PREVAZILAŽENJE

Korišćenje biomase u Srbiji za proizvodnju energije suočena je sa mnogim problemima, pri čemu se jedan od vodećih faktora odnosi na nepovoljan odnos cena različit goriva i električne energije. Primena biomase uslovljena je prisustvom različitih prepreka u koje spadaju administrativna, ekonomska i finansijska ograničenja.

1.4.1 Administrativne prepreke

Izgradnja postrojenja za proizvodnju električne energije iz OIE mora biti u skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji Republike Srbije. Pri tome se mogu javiti određene administrativne prepreke, i to:

- postupak izdavanja dozvola i saglasnosti za različite vrste postrojenja nije dovoljno jasno definisan i postoje brojni primeri gde se postupci za druga postrojenja koriste i za biomasu (postupci bi trebalo da budu jednostavni, sa precizno definisanim odgovornostima institucija na različitim nivoima, i stalno unapređivani),
- nadležni organi lokalne samouprave nisu uvek obavešteni o prednostima i nedostacima korišćenja pojedinih tehnologija u oblasti bioenergetike, što vodi ka obazrivom pristupu i kašnjenju u postupcima izdavanja dozvola i saglasnosti,
- postojeći model prodaje električne energije je neprihvatljiv za investitore, jer po sadašnjem zakonu, oni potpisuju ugovor sa Elektroprivredom Srbije tek po završetku izgradnje elektrane i pribavljanju upotrebne dozvole i licence za obavljanje energetske delatnosti i sticanje statusa ovlašćenog proizvođača.

Postupak pribavljanja dozvola i saglasnosti treba pojednostaviti, a da se pri tom i dalje vodi računa o faktorima kao što su bezbednost postrojenja, ispunjenost energetske i ekoloških zahteva i slično.

Preporuke za prevazilaženje administrativnih prepreka su:

- ugovor o kupovini električne energije treba sklopiti odmah po pribavljanju lokacijske dozvole,
- Zakonom regulisati obavezu otkupa ukupne proizvedene energije do kraja eksploatacionog veka postrojenja, po povlašćenju ceni,
- omogućiti potpisivanje ugovora o priključenju na mrežu odmah po dobijanju lokacijske, a ne građevinske dozvole,
- definisati podsticajne mere za obezbeđivanje konstantne količine biomase koja je potrebna za efikasan rad bioenergetskog postrojenja i



- resorno Ministarstvo bi u narednom periodu trebalo da postavi uslove podsticajnih mera za korišćenje energetske zasada.

1.4.2 Ekonomske prepreke

Postrojenja za biomasu se karakterišu većim investicionim troškovima i manjim eksploatacionim troškovima u poređenju sa postrojenjima iste snage koja kao primarni energent koriste fosilno gorivo. Pri tom, smanjena emisija gasova sa efektom staklene bašte je na strani postrojenja na biomasu.

Ekonomske neizvesnosti koje prate korišćenje biogoriva u energetske svrhe su:

- za razliku od fosilnih goriva, biogoriva su često rasprostranjena na velikoj površini u malim količinama što uzrokuje ozbiljnu logističku podršku za obezbeđenje biomase,
- potreba za skladištenjem, pogotovu u gradskim sredinama gde je cena skladišnog prostora jako skupa,
- cena i kontinuitet snabdevanja će biti obezbeđeni ako biomasa nastaje iz nekog drugog procesa (pilana, fabrika stolarije, itd),
- obezbeđenje značajnih početnih investicija,
- kontinuitet snabdevanja biogorivom i
- cena biogoriva u dužem vremenskom periodu.

Predlozi mera za prevazilaženje ekonomskih prepreka su:

1. otpočeti sa korišćenjem mehanizama Kjoto protokola, naročito Mehanizma čistog razvoja,
2. podsticati trgovinu „karbon kreditima“,
3. obrazovati stanovništvo o pozitivnim ekološkim efektima korišćenja biomase i drugih OIE,
4. finansirati izradu detaljnih studija o potencijalima šumske i poljoprivredne biomase i upoznati stručnu javnost, građanstvo i privredne subjekte sa realnim mogućnostima za pokretanje biznisa u tom sektoru,
5. povećati izdvajanja za razvoj naučno – istraživačkih laboratorija za istraživanje biomase i drugih OIE,
6. stimulisati otvaranje akreditovanih laboratorija za izdavanje sertifikata o kvalitetu biogoriva,
7. organizovati edukacije na svim nivoima za pripremu dokumentacije za korišćenje inostranih fondova za povećanje energetske efikasnosti i korišćenje OIE,
8. smanjiti akcize za ekološka goriva, do nivoa da cena za krajnjeg kupca bude niža od konvencionalnih goriva,
9. sniziti carinske stope za uvoz postrojenja i opreme koja koriste biomasu i druge OIE,



10. sniziti poresku stopu za biomasu i druge ekološke energente u odnosu na konvencionalna goriva,
11. Zakonom o energetici predvideti formiranje Fonda za energetska efikasnost i OIE,
12. lokalne samouprave treba da uspostave kriterijume za oslobađanje plaćanja dela komunalnih taksi investitore koji podižu energetska efikasna stambena ili industrijska objekta i koji za zadovoljenje energetska potreba tih objekata koriste biomasu ili druge OIE,
13. Zakonom o energetici ili Zakonom o racionalnom korišćenju energije uvesti obavezu za industrijski i javni sektor da na godišnjem nivou izrađuju i podnose energetska bilansa, i u skladu sa ostvarenom specifičnom potrošnjom oslobađati ih, ili ih dodatno opterećivati poreskim obavezama,
14. uvesti dodatne, znatno više takse za korišćenje fosilnih goriva,
15. podsticati bankarski sektor da poveća ponudu povoljnih kredita za korišćenje biomase i drugih OIE, i na taj način kredite učiniti dostupnijim,
16. podići subvencije države za poslodavce koji otvore nova radna mesta za proizvodnju energije iz OIE,
17. pooštriti kontrolu seče državnih šuma i
18. Zakonom o poljoprivredi predvideti formiranje Fonda iz koga će se subvencionirati proizvođači kultura iz kojih se mogu proizvoditi ekološka goriva.

1.4.3 Finansijske prepreke

Upotreba biomase u energetska svrha zahteva investicije za: proizvodnju biomase, proizvodnju/nabavku opreme za pripremu i preradu biomase u biogorivo, izgradnju bioenergetskih postrojenja, promovisanje upotrebe bioenergenata kod stanovništva itd. U Srbiji postoje kreditne olakšice međunarodnih finansijskih organizacija, domaćih razvojnih fondova i banaka, ali je sa njihovim korišćenjem povezan veliki broj problema. Država i lokalne samouprave ne nude dovoljno finansijskih podsticaja za korišćenje biomase u energetska svrha. Zato finansijska barijere predstavljaju ozbiljan problem u realizaciji projekata biomase. Ključne finansijska barijere vezane za korišćenje kredita su:

- nedostatak iskustva i stručnosti u izradi biznis planova,
- kamatne stope su visoke, uglavnom indeksirane u evrima, promenljive (Euribor),
- visoki fiksni troškovi odobravanja i praćenja otplate kredita,
- često postoje problemi sa obezbeđenjem garancija i
- neadekvatna ročnost kredita itd.



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use
Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



Preporuke za unapređenje uslova kreditiranja su:

- državne subvencije,
- osnivanje mikrokreditnih organizacija na nivou opština,
- osnivanje lokalnih garantnih fondova,
- kooperacija lokalnih samouprava sa drugim akterima: bankama, asocijacijama, drugim opštinama, uz pomoć Republike itd, i
- uvođenje „podsticajnih cena“ za korišćenje bio goriva.

U cilju podsticanja korišćenja biomase u energetske svrhe, država može uvesti različite poreske olakšice. Uobičajena praksa EU je da se za prodaju biomase koja se koristi kao energent smanjuje stopa PDV-a kompanijama koje koriste i/ili proizvode energiju iz obnovljivih izvora ili kogeneracijom, smanjuju takse i porezi za kompanije koje proizvode opremu za preradu i korišćenje biomase u energetske svrhe, kao i povećava ekološka taksa za upotrebu fosilnih goriva i sl.

Uvozno/izvozni podsticaji podrazumevaju smanjenje poreskih i carinskih opterećenja za uvoz materijala i opreme potrebnih za upotrebu biomase i finansijske podsticaje za izvoz finalnog proizvoda od biomase. Finansijski podsticaji opština i lokalnih samouprava može biti:

- uvođenje “ekoloških taksi“ na lokalnom nivou za zagađenje vazduha ugljen-dioksidom iz fosilnih goriva,
- subvencioniranje zamene starih kotlova na ugalj sa kotlovima koji koriste biomasu, u opštinama i
- integrisanje biomase u plan javnih nabavki energenata.



2. DEO

BIOMASA ZA SAGOREVANJE, DOBIJANJE BIOGORIVA I BIOGASA

2.1 DIREKTNO SAGOREVANJE BIOMASE

Hemijska struktura drvene biomase sastoji se od tri organska polimera: celuloze, hemiceluloze i lignina. Strukturne formule ovih jedinjenja se grubo mogu predstaviti jednačinama $\text{CH}_{1,67}\text{O}_{0,83}$, $\text{CH}_{1,67}\text{O}_{0,78}$ i $\text{C}_{10}\text{H}_{11}\text{O}_{3,5}$, respektivno. Odnos ovih komponenti varira u zavisnosti od vrsta drveta. Tvrd drvo sadrži veću količinu celuloze, hemiceluloze i ekstraktivnih materija, a meko drvo veći sadržaj lignina.

Biomasa predstavlja značajan izvor energije koja se može iskoristiti različitim postupcima konverzije. Najstariji način upotrebe biomase je sagorevanje. Osim sagorevanja, energija se iz biomase može iskoristiti tehnikama termohemijske konverzije, kao što su piroliza, likvefakcija i gasifikacija.

Tabela 2.1 Ukupna površina pod šumom u Srbiji, posečena drvena masa i dobijeno tehničko drvo sečenjem drvene mase u 2010., 2011. i 2012. godini

Godina	Ukupna površina pod šumom, ha	Posečena drvena masa			
		Ukupno, m ³		Tehničko drvo, %	
		lišćari	četinari	lišćari	četinari
2010	1978112	2409147	287182	75	76
2011	1962355	2562588	270421	32	78
2012	np*	2344536	291288	31	75

*np – nema dostupnih podataka

2.2.1 Otečnjavanje (likvefakcija) biomase

Proces likvefakcije se zasniva na konverziji biomase u proizvode slične mazutu pomoću reakcije sa vodom i ugljen-monoksidom/vodonikom u prisustvu natrijum-karbonata. S obzirom da velika viskoznost smeše može izazvati probleme, ponekad se reakcionom



sistemu dodaju organski rastvarači. Proces se odigrava pri visokoj temperaturi i pritisku, a biomasa se prevodi u proizvode putem kompleksnih strukturnih i hemijskih promena. Kao sirovina najčešće se koristi vlažna biomasa.

Likvefakcija se može sprovesti direktno ili indirektno. Direktni postupak uključuje brzu pirolizu u cilju proizvodnje tečnog katrana i ulja i/ili kondenzovanih isparljivih jedinjenja. Indirektna likvefakcija uključuje upotrebu katalizatora kako bi se nekondenzujući gasni proizvodi preveli u tečne proizvode. Kao katalizatori mogu se koristiti rastvori baza, jedinjenja alkalnih metala, propanol, butanol i glicerol. Alkalne soli mogu razgraditi celulozu i hemicelulozu na manje fragmente procesima depolimerizacije i dehidrogenacije. Tokom procesa likvefakcije količina čvrstog ostatka se povećava sa povećanjem sadržaja lignina. Promene koje se dešavaju tokom likvefakcije su solvoliza, depolimerizacija, dekarboksilacija, hidrogenoliza i hidrogenizacija. Razdvajanjem proizvoda nastaju gasoviti proizvodi, proizvodi rastvorni u vodi, proizvodi rastvorni u acetonu i proizvodi nerastvorni u acetonu.

2.2.2 Piroliza biomase

Piroliza predstavlja termičku razgradnju materijala bez prisustva ili u prisustvu ograničene količine kiseonika. Kao krajnji proizvodi pirolize, nastaju smeša gasova bogata ugljenim hidratima, tečno ulje i čvrst ostatak bogat ugljenikom. Prinos tečnih produkata pirolize može se povećati pirolizom tokom koje se vrši brzo zagrevanje biomase. Brzo zagrevanje i hlađenje proizvodi intermedijarne tečne proizvode pirolize koji se kondenzuju pre razlaganja jedinjenja velike molekulske mase do gasovitih proizvoda. Veće brzine reakcija minimiziraju stvaranje katrana.

Tokom pirolize nastaju sledeće promene:

- prenos toplote sa toplotnog izvora povećava temperaturu u gorivu,
- započinjanje primarnih reakcija pirolize na visokoj temperaturi oslobađa isparljiva jedinjenja i formira čađ,
- protok vrelih isparljivih jedinjenja preko hladnijih čvrstih supstanci rezultuje prenosom toplote,
- kondenzovanje isparljivih jedinjenja na hladnim delovima goriva praćeno sekundarnim reakcijama može dovesti do nastanka katrana,
- uporedo sa odvijanjem autokatalitičkih sekundarnih reakcija pirolize odvijaju se i primarne reakcije pirolize i
- nakon primarnih reakcija, odvijaju se reakcije termičke razgradnje, rekombinacije radikala, kao i dehidratacije koje nastaju kao funkcija uslova vremena, temperature i pritiska.

U poređenju sa pirolizom uglja, piroliza biomase počinje ranije, udeo toplote koji potiče od isparljivih jedinjenja je veći za biomasu, kataran nastao sagorevanjem biomase ima manje kiseonika u poređenju sa kataranom uglja i biomasa daje više pepela koji je alkalne prirode.



Pirolizom biomase nastaju sledeće frakcije:

- gasovita frakcija - sadrži CO, CO₂, neke ugljovodonike i H₂,
- kondenzujuća frakcija - sadrži H₂O i niskomolekulska organska jedinjenja (aldehidi, kiseline, ketoni i alkoholi) i
- katranska frakcija - sadrži visokomolekularne ostatke šećera, derivate furana, fenolna jedinjenja i čestice koje učestvuju u nastanku dima.

Tokom potpune pirolize, najpre se razgrađuje hemiceluloza na temperaturi 470 - 530 K, zatim celuloza na temperaturi 510 - 620 K, a na kraju lignin na temperaturi 550-770 K.

2.2.3 Gasifikacija biomase

Gasifikacija je oblik pirolize koji se odvija u prisustvu male količine kiseonika na visokoj temperaturi kako bi se optimizovala produkcija gasa. Nastali gas predstavlja smešu CO, H₂ i CH₄, uz male količine CO₂ i N₂. Sastav gasa zavisi od sirovine koja se koristi za gasifikaciju. Gas je pogodniji od čvrste biomase jer se može koristiti za proizvodnju toplote ili pare, kao i u gasnim turbinama za proizvodnju električne energije.

Gasifikacija biomase predstavlja proces konverzije biomase novije generacije i koristi se u cilju povećanja efikasnosti i smanjenja investicionih troškova generisanja električne energije iz biomase upotrebom tehnologije gasnih turbina.

Komercijalni gasifikatori su dostupni u različitim veličinama i pogodni za različite tipove goriva kao što su drvo, ugalj, ljuske kokosa i pirinča. Dobijanje sintetičkih goriva iz biomase smanjuje troškove proizvodnje energije, poboljšava načine tretiranja otpada i smanjuje emisiju štetnih gasova.

2.2.4 Direktno sagorevanje biomase

Sagorevanje biomase predstavlja seriju hemijskih reakcija u kojima se ugljenik oksiduje do ugljen-dioksida, a vodonik oksiduje do vode. Nedostatak kiseonika dovodi do nepotpunog sagorevanja i formiranja različitih proizvoda, dok višak vazduha hladi sistem. Potrebna količina vazduha zavisi od hemijskih i fizičkih karakteristika biomase. Karakteristike koje utiču na sagorevanje su: veličina čestica i specifična težina, sadržaj pepela, sadržaj vlage, sadržaj ekstraktivnih materija, sadržaj elemenata (C, H, O i N) i sadržaj strukturnih konstituenata (celuloza, hemiceluloza, lignin).

Veličina čestica biomase za sagorevanje treba biti 6-8 mm. Biomasa ima mnogo manju gustinu od uglja. Takođe, teže je smanjiti veličinu čestica. Sadržaj pepela ili neorganskih materija u biljkama zavisi od vrste biljaka i sastava zemljišta na kome rastu. U proseku drvo sadrži oko 0,5% pepela. Nerastvorne materije i vlaga izazivaju gubitak toplote smanjujući efikasnost sagorevanja, dok rastvorljive jonske materije mogu imati katalitički



efekat na pirolizu i sagorevanje. Sastav mineralnih materija varira između i unutar različitih uzoraka biomase. Prisustvo vlage smanjuje toplotnu moć biomase. Sadržaj vlage u drvetu varira od 41% do 70%, dok u biomasi sušenoj na vazduhu iznosi oko 20%. Veći sadržaj ekstraktivnih komponenti pozitivno utiče na toplotnu vrednost biomase. Hemijski i fizički sastav biomase predstavlja važan faktor pri sagorevanju. Biomasa se može analizirati razlaganjem do strukturnih komponenti ili do hemijskih elemenata. Toplotna vrednost je povezana sa oksidacionim stanjem prirodnih goriva u kojima dominiraju atomi ugljenika.

2.2 PROIZVODNJA PELETA

Pelet predstavlja efikasno gorivo koje se dobija mlevenjem, presovanjem i sušenjem različitih biomaterijala. Za proizvodnju peleta može se koristiti drvo iz šumskog otpada, ogrevno drvo, piljevina i ostali otpad iz prerade drveta (drveni pelet), slama od soje, pšenice, kukurozovina, ljske od suncokreta (agropelet). Prednosti upotrebe drvnih peleta su visoka energetska vrednost, mala količina pepela i manji prostor za skladištenje. Korišćenje jedne tone peleta, za istu količinu toplote za grejanje, zamenjuje 500 l lož-ulja, 450 kg propana-butana, 600 m³ prirodnog gasa, ili 4 800 kWh električne energije.

2.2.1 Proces proizvodnje peleta

Linija za proizvodnju peleta prikazana je na slici 2.1. Proces proizvodnje peleta sastoji se iz sledećih faza:

- usitnjavanje sirovine,
- sušenje čipsa,
- presovanje,
- hlađenje i
- pakovanje peleta.

Usitnjavanje sirovine

Proizvodnja peleta se najčešće vrši iz različitih frakcija sporednih proizvoda, kao što su letve, ploče i sl., koje se najpre moraju usitniti u piljevinu kako bi se ubrzao rad prese za peletiranje. Ukoliko se radi o frakcijama otpada veće veličine, najpre se vrši usitnjavanje u čips, koji se zatim u mlinu sitni do odgovarajuće veličine čestica.

Sušenje

Sušenje se vrši u sušari u cilju uklanjanja viška vlage iz drvnog čipsa. Početni sadržaj vlage koji iznosi 40-60%, smanjuje na nivo od 8 do 14%, neophodan za proces peletiranja. Temperatura ulaznog vazduha sušare iznosi oko 400°C, a izlaznog 100°C. Ukoliko dođe do prekomernog sušenja sirovine, vrši se ovlaživanje u peletirkama neposredno pre peletiranja.



Peletiranje

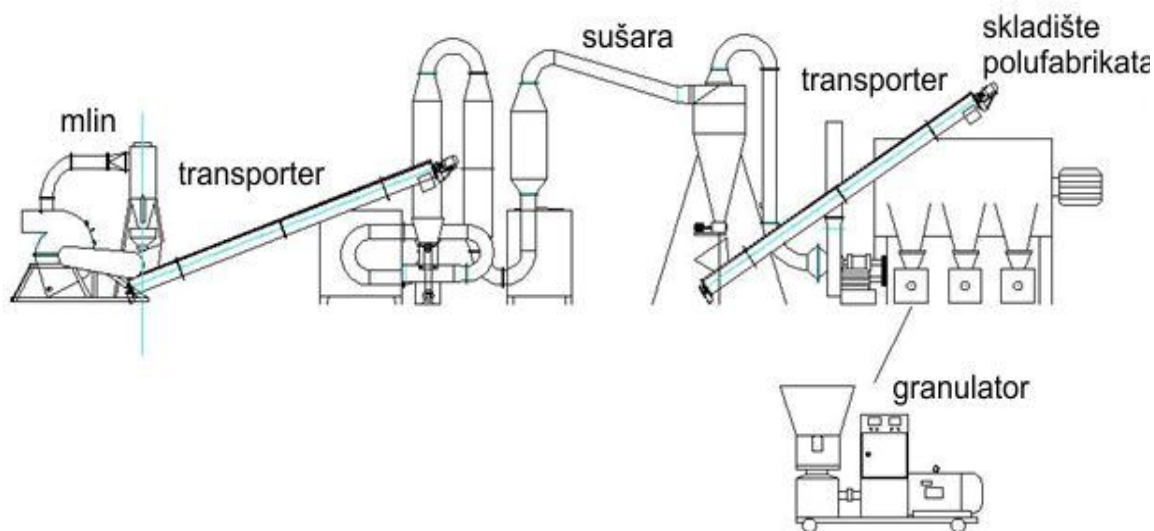
Peletiranje predstavlja presovanje osušenog čipsa, pri čemu se dobijaju pelete prečnika 6-8 mm. Peletirke predstavljaju posebne prese opremljenim rotirajućim dobošem i valjcima (slika 2.2). Tokom procesa peletiranja usled trenja dolazi do povećanja temperature do oko 110°C, pri čemu se lignin koji je prisutan u drvetu topi i ima ulogu „lepka“ koji sprečava lomljenje peleta.

Hlađenje

Pojačavanje stabilnosti i tvrdoće peleta nakon peletiranja vrši se njihovim hlađenjem u suprotnostrujnim vazдушnim hladnjacima. Vazduh koji izlazi iz hladnjaka se najčešće razdvaja od prašine u visoko efikasnom ciklonu.

Pakovanje

Pre pakovanja ohlađeni peleti se propuštaju preko sita kako bi se izdvojili sitni delovi i prašina. Pakovanje se vrši u vreće po 15 kg ili u takozvani BigBag težine 1.030 kg, dimenzija 91×91×180 cm.



Slika 2.1. Šematski prikaz procesa proizvodnje peleta



Slika 2.2 Izgled prese za peletiranje i njenih glavnih delova, kao i izgled formiranih peleta

2.2.2 Drvni pelet

Drvna masa se u energetici može iskoristiti u vidu peleta, briketa i drvnog čipsa. Proizvodnja peleta je poslednjih godina u stalnom porastu. Prednosti upotrebe peleta ogledaju se u automatizovanom načinu loženja i boljem sagorevanju. Briketirana biomasa se uglavnom upotrebljava u industrijskim procesima. Peleti od drveta koriste se u malim pećima i kotlovima za grejanje, kao i u kogeneratorskim postrojenjima za proizvodnju električne energije.

Tokom prerade tehničkog drveta dobija se 40-60% različitog drvnog otpada koji se dalje može iskoristiti za proizvodnju peleta od drvene biomase. U tabeli 2.2 prikazan je udeo otpadnog drvnog materijala u zavisnosti od vrste drveta.

2.2.3 Pelet od agrobiomase

Osim drvene biomase, kao sirovina za proizvodnju peleta može se koristiti i poljoprivredna biomasa. Dobijeni peleti se, takođe, mogu koristiti za grejanje ili za proizvodnju električne energije u kogeneratorskim postrojenjima. Međutim, u odnosu na pelete od drveta, upotreba peleta od slame dovodi do emisije štetnih gasova, formiranja naslaga pepela i koroziije nekih delova ložišta i razmenjivača toplote. Sastav agropeleta se



znatno razlikuje od sastava drvnih peleta. Tako, agropelet ima veći sadržaj azota, hlora i kalijuma koji značajno zavisi od korišćenja mineralnog đubriva. Razlika u sastavu uslovljava nastanak oksida azota i sumpora, kao i hlorovodonične kiseline tokom sagorevanja agropeleta, što nije slučaj sa peletima od drveta. Ovi problemi se mogu izbeći smanjenjem upotrebe azotnog đubriva i pesticida, izmenom konstrukcije ložišta peći i kotlova, pravilnim loženjem i prečišćavanjem gasova. Emisija štetnih gasova se može smanjiti dodatkom kaolina u biomasu. Dodatno, sadržaj vlage u agropeletima može biti mnogo veći od maksimalno dozvoljenih 18%, a visok sadržaj silicijuma može dovesti do brzog habanja matrica na peletirkama. Pri proizvodnji peleta od agrobiomase treba voditi računa da sadržaj vlage bude od 12 do 18%, usitnjenost 1 do 3 mm kod peleta, a 3-5 mm kod briketa, pritisak sabijanja materijala 130-150 bara i temperatura 90-95°C.

Tabela 2.2. Udeo otpadnog drvnog materijala u zavisnosti od vrste drveta

	TVRDI LIŠĆARI (bukva, hrast), %	MEKI LIŠĆARI I ČETINARI, %
Komercijalni glavni proizvod	44	57
Ostaci	56	43
Krupni komadi	21	11
Strugotina	16	13
Sitni komadici i prašina	7	7
Kora	12	12

2.3 RASPOLOŽIVOST BIOMASE ZA SAGOREVANJE U SRBIJI

Pod šumom se u Srbiji nalazi 29,1% ukupne teritorije, odnosno oko 2 miliona hektara, što je svrstava u srednje šumovite zemlje. Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku (tabela 2.1), ukupna površina pod šumom u Srbiji iznosi oko 1 970 000 ha. Najveći udeo u šumskom fondu imaju šume bukve i cera, 29,3, odnosno 15,3%. Godišnje se u Srbiji proizvede oko 1,1 milona m³ drvnih sortimenata, od čega 430 000 m³ tehničkog drveta i 646 000 m³ prostornog drveta.

Tokom 2010. godine u Srbiji je dobijeno 277 242 m³ drvnog otpada. Kako prosečan sadržaj vlage u drvetu iznosi 50 %, a u gotovim peletima 10%, iz ove količine otpada moguće je proizvesti 183 000 t peleta. Sagorevanjem peleta dobija 18 MJ toplote /kg, pa ova količina peleta sagorevanjem daje 3 294 TJ toplotne energije. Potrošnja toplotne energije 2010. godine u Srbiji iznosila je ukupno 35 685 TJ. Energija koja se može dobiti sagoravanjem peleta od nastalog otpada zadovoljava oko 9 % ukupne godišnje potrošnje toplotne energije u Republici Srbiji.



Ukupan otpadak u 2011. iznosio je 300 566 m³. Ova količina otpada dovoljna je za dobijanje 199 000 t peleta odnosno 3 571 TJ toplotne energije. Ukupna potrošnja toplotne energije u Srbiji u 2011. iznosila je 37 008 TJ. Iskorišćenjem drvnog otpada moglo se zadovoljiti skori 10 % ukupnih potreba za toplotnom energijom u Republici Srbiji u 2011. godini.

2.4 DOBIJANJE BIOGORIVA IZ BIOMASE

2.4.1 Dobijanje bioetanola

Bioetanol se može dobiti fermentacijom prostih šećera iz različitih vrsta biomase. Najčešće se koriste različite ugljenohidratne sirovine opšte formule (CH₂O)_n. Sirovine se mogu podeliti u tri grupe: šećerne (šećerna repa, šećerna trska, sirak, voće itd.), skrobne (kukuruz, pšenica, pirinač, krompir, kasava, slatki krompir, ječam itd.) i lignocelulozne (drvo, poljoprivredni viškovi, gradski otpad itd.). Lignocelulozne i skrobne sirovine se moraju podvrgnuti odgovarajućim predtretmanima kako bi bile pogodne za razgradnju, dok se šećerne sirovine razgrađuju direktno dejstvom mikroorganizama. S druge strane, upotreba šećernih i skrobnih sirovina utiče na ekonomiju zemlje i raspoloživost hrane. Zbog toga, sve više pažnje se posvećuje upotrebi sirovina druge generacije u koje spada lignocelulozna biomasa. Poslednjih godina za proizvodnju bioetanola se koriste i alge, hitin ili različiti industrijski nusproizvodi.

Proizvodnja bioetanola iz lignoceluloznih sirovina pruža nekoliko pogodnosti: niže cene sirovina, povećanje obradivih površina predviđenih za poljoprivredne useve namenjene ishrani ljudi i životinja, manju upotrebu fosilnih goriva.

Lignocelulozna biomasa se sastoji iz celuloze (40-50% suve mase drveta), hemiceluloze i lignina od kojih se celuloza i hemiceluloza mogu hidrolizovati do fermentabilnih šećera, dok to nije slučaj sa ligninom. Hemijske veze između lignina, hemiceluloze i celuloze su estarske, etarske i glikozidne. Etarske veze su stabilnije u poređenju sa estarskim vezama između lignina i ugljenih hidrata. Ove veze čine lignin izuzetno otpornim prema hemijskoj i enzimskoj razgradnji, dok biološku razgradnju omogućuju gljive i određene aktinomicete.

Proces proizvodnje bioetanola iz lignocelulozne biomase sastoji se od mehaničkog uklanjanja nečistoća i sitnjenje biomase, predtretmana, razdvajanja čvrste i tečne faze, hidrolize celuloze pomoću enzima celulaze u cilju dobijanja glukoze, fermentacije, destilacije kojom se dobija etanol (koncentracije oko 96% v/v) i čvrst ostatak od lignina i mrtvih ćelija kvasaca i dehidratacije radi odvajanja vode iz destilata kako bi se dobio anhidrovani etanol.



Primena predtretmana zavisi od vrste sirovine i ima za cilj da omogući očuvanje pentoza koje su prisutne u hemiceluloznoj frakciji, ograničenu količinu proizvoda razgradnje lignina, minimalnu potrošnju energije i upotrebu jeftinih materijala i metoda. Predtretmani se mogu podeliti na fizičke (mlevenje, upotreba mikrotalasa, ultrazvuka, termohemijskih procesa), hemijske (primena baza, organskih rastvarača i superkritičnih fluida, oksidacija, ozonoliza) i biološke (primena enzima i mikroorganizama). Ova faza je najskuplji korak u proizvodnji bioetanola.

Nakon predtretmana, neophodna je hidroliza u cilju oslobađanja fermentabilnih šećera. Hemicelulozna frakcija se podvrgava:

- slabo kiseloj hidrolizi - rastvorom H_2SO_4 , 0,7% na $190^\circ C$ tokom 3 min ili H_2SO_4 , 0,4% na $215^\circ C$ tokom 3 min. Glavni nedostatak kisele hidrolize je formiranje hemijskih jedinjenja koja mogu imati inhibitorski uticaj na ćelije kvasca ili
- enzimskoj celuloznoj hidrolizi dejstvom enzima koji se dobijaju iz bakterija (*Cellulomonas fumi*, *Clostridium thermocellum*, *Bacteroides cellulosolvens*) ili gljiva (*Trichoderma reesei*). Enzimska hidroliza je dosta povoljniji, ali i značajno skuplji postupak.

Hidroliza skrobnih sirovina se najčešće vrši primenom enzima α -amilaze čije se delovanje ogleda u raskidanju α -D-(1,4)-glukozidnih veza. Proces se sastoji iz dve faze: likvefakcija i saharifikacija. U prvoj fazi dolazi do smanjenja viskoznosti suspenzije usled delimične hidrolize skroba do kompleksnih šećera (dekstrina). Druga faza se odvija uz korišćenje enzima glukoamilaze, pri čemu se kao krajnji proizvod dobija glukoza.

Dalji proces se sastoji u fermentaciji šećera pomoću kvasaca *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces uvarum* i *Shizosaccharomyces pombe*, ili bakterija *Zymomonas mobilis*, *Clostridium sporogenes* i *Thermoanaerobacter ethanolicus*. Proces se odvija u fermentorima pod anaerobnim uslovima uz teorijski prinos od 0,51 kg etanola po kilogramu fermentisane glukoze. Realni prinos zavisi od vrste šećera koji se fermentiše, vrste mikroorganizama i primenjenih procesnih uslova (pH, temperatura, mešanje, koncentracija šećera u podlozi, prisustva ostalih nutrijenata neophodnih za rast proizvodnog mikroorganizma, prisustvo inhibitornih supstanci u podlozi itd.). Pri dobro optimizovanim uslovima procesa, postiže se prinos etanola od 90-95% u odnosu na teorijski.

Izdvajanje etanola se vrši destilacijom i rektifikacijom, pri čemu se dobija etanol koncentracije oko 96%. Ova koncentracija etanola je neprihvatljiva za korišćenje kao gorivo. Propisi koji važe u Srbiji zahtevaju minimalni sadržaj od 99,6% v/v etanola. Dobijanje anhidrovanog etanola vrši se primenom azeotropne destilacije, adsorpcije ili membranske tehnologije.

Mešanje bioetanola sa gorivom u EU dozvoljeno je do 5% (regulisano standardom EN228) što zahteva ograničenje sadržaja vode kako bi se izbeglo izdvajanje faze etanola i benzina iz smeše. Upotreba bioetanola pruža određene prednosti koje se ogledaju u manjoj toksičnosti i boljoj biorazgradivosti, a njegova tržišna cena ne zavisi od cene nafte. Negativna strana upotrebe bioetanola ogleda se u lošoj održivosti nekih izvora biomase, nepovoljnom



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use

Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



energetskom bilansu, nedovoljnoj efikasnosti mikroorganizama, higroskopnoj prirodi tečnosti i većoj potrošnji goriva.

2.4.2 Dobijanje biodizela

Biodizel predstavlja smešu metil estara masnih kiselina i dobija se transesterifikacijom triglicerida iz biljnog ulja ili životinjske masti. Postupak dobijanja biodizela prikazan je na slici 2.3, a odvija se u nekoliko faza:

- mešanje alkohola i katalizatora,
- reakcija transesterifikacije,
- separacija,
- ispiranje biodizela,
- uklanjanje alkohola,
- neutralizacija glicerola i
- određivanje kvaliteta proizvoda.

Najčešće se kao sirovine mogu koristiti različite vrste biljnih ulja (uljane repice, suncokreta, soje, palme i sl) ili kombinacije pomenutih ulja. Ulazna sirovina mora da zadovolji određene zahteve vezane za karakteristike ulja, sadržaj slobodnih masnih kiselina, fosfora i nerastvorljivih materija. Postupak proizvodnje se zasniva na reakciji transesterifikacije.

Transesterifikacija biljnih ulja se vrši zagrevanjem sa velikim viškom anhidrovanog metanola u prisustvu alkalnih (natrijum-hidroksid ili kalijum-hidroksid), kiselih katalizatora ili enzima. Biljno ulje, katalizator i alkohol se mešaju u zatvorenom reaktoru uz održavanje temperature iznad tačke ključanja alkohola (oko 71°C) kako bi se ubrzala reakcija. Reakcija se odvija tokom 1-8 h, a optimalno reakciono vreme je oko 2 h. Da bi se obezbedila potpuna konverzija lipida u estre, količina alkohola mora biti u višku. Nakon završetka reakcije, glicerol i biodizel se razdvajaju u separatoru i vrši se uklanjanje metanola. Ukoliko se proces izvodi pomoću baznog katalizatora trigliceridi i alkohol ne smeju sadržati vodu da ne bi došlo do saponifikacije koja izaziva smanjenje prinosa i otežava proces separacije. Takođe, prisustvo vode, naročito na višim temperaturama može dovesti do hidrolize triglicerida do diglicerida i formiranja slobodnih masnih kiselina koje mogu reagovati sa alkalnim katalizatorom prevodeći ga u formu sapuna i čineći ga nepogodnim za ubrzanje reakcije transesterifikacije. Nakon odstranjivanja metanola, vrši se neutralizacija zaostalog katalizatora i ispiranje i dehidratacija biodizela. Kvalitet dobijenog biogoriva se mora kontrolisati pre upotrebe u dizel motorima. Glicerol se nakon separacije takođe podvrgava neutralizaciji katalizatora i odvajanju metanola.

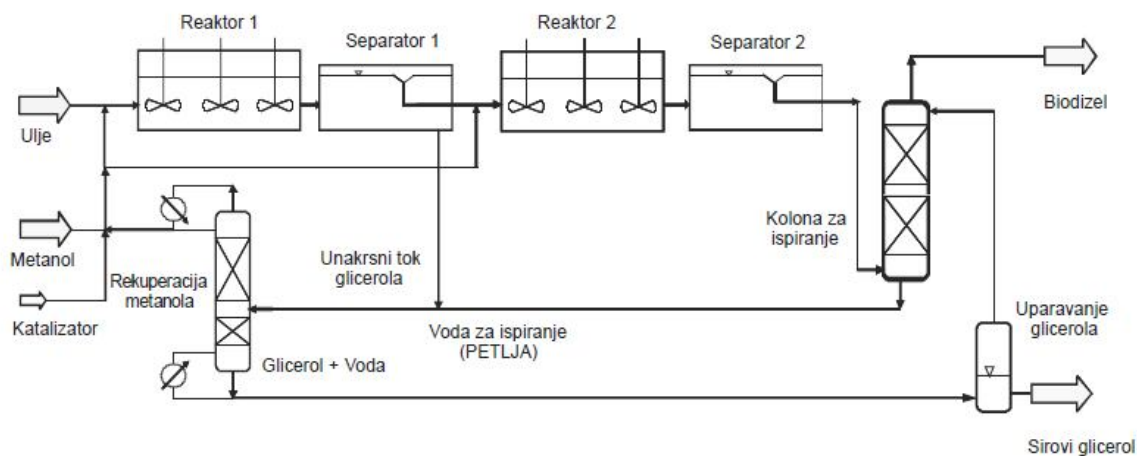


Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use
Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



Bulgaria – Serbia
IPA Cross-border Programme



Slika 2.3. Šematski prikaz procesa proizvodnje biodizela



2.5 PROCES PROIZVODNJE BIOGASA

Proizvodnja biogasa vrši se procesom anaerobne digestije, odnosno biološkim procesom kojim se organski ugljenik prevodi oksido-redukcionim procesima u najviši stepen oksidacije (CO_2) i najviši stepen redukcije (CH_4). Proces se odvija bez prisustva kiseonika dejstvom velikog broja mikroorganizama. Kao rezultat nastaje smeša gasova: metan 55-75%, ugljen-dioksid 25-45%, vodonik sulfid 0-1%, azot 0-2%, vodonik 0-1%, vodena para 0-2%, amonijak 0-2%, kiseonik 0-0,5%. Sastav i prinos variraju u zavisnosti od sirovina koje se koriste i od tehnoloških uslova procesa.

Proces anaerobne digestije predstavlja efikasan metod tretiranja otpada koji nudi značajne prednosti u odnosu na ostale oblike tretmana otpada: proizvodi se manje mulja u odnosu na tehnike koje koriste aerobne procese, uspešno se tretiraju i otpadi koji sadrže manje od 40% suve materije, efikasniji je u otklanjanju patogena, minimalna je emisija neprijatnih mirisa jer se 99% isparljivih komponenti oksidativno razlaže pri sagorevanju (na primer, H_2S formira SO_2) i ostatak (mulj) koji se dobija koristi se za poboljšanje plodnosti zemljišta.

2.5.1 Osnove procesa proizvodnje biogasa

Proizvodnja biogasa se odvija u zagrejanim, zatvorenim reaktorima bez prisustva vazduha (digestorima) kako bi se stvorili uslovi za fermentaciju organskog materijala. U digestoru se moraju obezbediti odgovarajuća temperatura i dobro mešanje. Anaerobna digestija može biti mezofilna i termofilna.

Mezofilna digestija se odvija na temperaturi od 30-35°C tokom 15-30 dana. Mezofilna je jednostavnija u odnosu na termofilnu ali se proizvodi manje gasa, potrebni su veći rezervoari i, ukoliko je potrebno vršiti dezinfekciju, ona se mora obaviti kao posebna faza u procesu.

Termofilna digestija se vrši na 55°C tokom 12-14 dana. Termofilna digestija omogućuje veću produkciju metana i efikasnije uništavanje patogena i virusa, ali zahteva skuplju tehnologiju, veću potrošnju energije i veći stepen praćenja procesa.

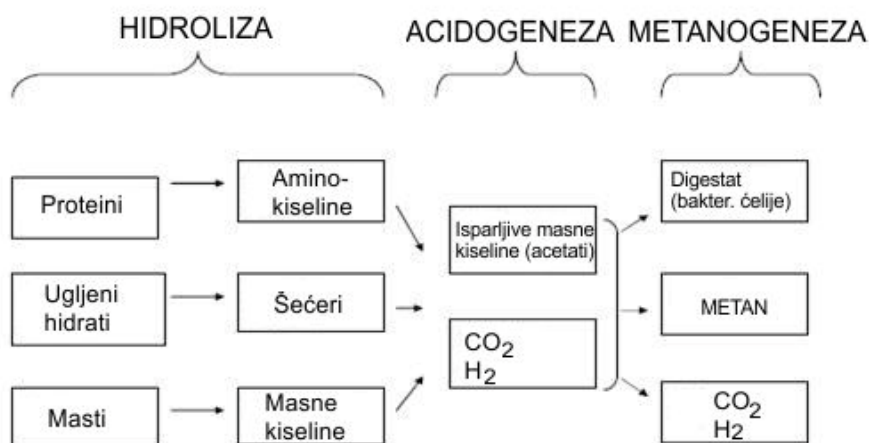
Osim pri termofilnim i mezofilnim uslovima, anaerobna digestija se može odvijati i pri psihofilnim temperaturama, ali u tom slučaju proces nije ekonomičan. Proces anaerobne digestije prikazan je na slici 2.4 i odvija se u tri faze: hidroliza, acidogeneza i metanogeneza.

1. **Hidroliza** je prva faza anaerobne digestije i obuhvata razlaganje organskih materija dejstvom ekstracelularnih enzima. U ovoj fazi dolazi do razgradnje složenih ugljenih hidrata, proteina i lipida na manje molekule. Na primer, polisaharidi se prevode u monosaharide, a proteini se razlažu na peptide i aminokiseline.



2. **Kiselinska faza** je faza prevođenja proizvoda razgradnje iz prve faze (fermentabilnih monomera) u sirćetnu kiselinu, vodonik i ugljen-dioksid dejstvom acidogenih bakterija. Ove bakterije su fakultativni anaerobi i mogu rasti u uslovima niske pH vrednosti. Za proizvodnju kiseline neophodni su kiseonik i ugljenik, tako da ove bakterije troše rastvoreni ili vezani kiseonik čime se stvaraju anaerobni uslovi neophodni za odvijanje treće faze. Metaboličkom aktivnošću acidogenih bakterija nastaju alkoholi, organske kiseline, aminokiseline, ugljen-dioksid, vodonik-sulfid i tragovi metana. Sa hemijske tačke gledišta ovaj proces je moguć samo uz dovođenje energije jer acidogene bakterije zahtevaju energiju za odvijanje ovih reakcija.
3. **Metanogena faza** obuhvata razlaganje jedinjenja male molekulske mase dejstvom metanogenih bakterija. Metanogene bakterije su obligatni anaerobi i veoma su osetljive na promene u okolini. Kao krajnji proizvod metabolizma metanogenih bakterija nastaju metan i ugljen-dioksid. Poznato je oko desetak vrsta metanogenih bakterija:

- *Methanobacterium propionicum*,
- *Methanobacterium soehngenii*,
- *Methanobacterium suboxydans*,
- *Methanobacterium ruminatum*,
- *Methanobacterium formicium*,
- *Methanobacterium omelianskii*,
- *Methanobacterium vaniellii*,
- *Methanobacterium mazei*,
- *Methanobacterium barkeri*,
- *Methanobacterium methanica*



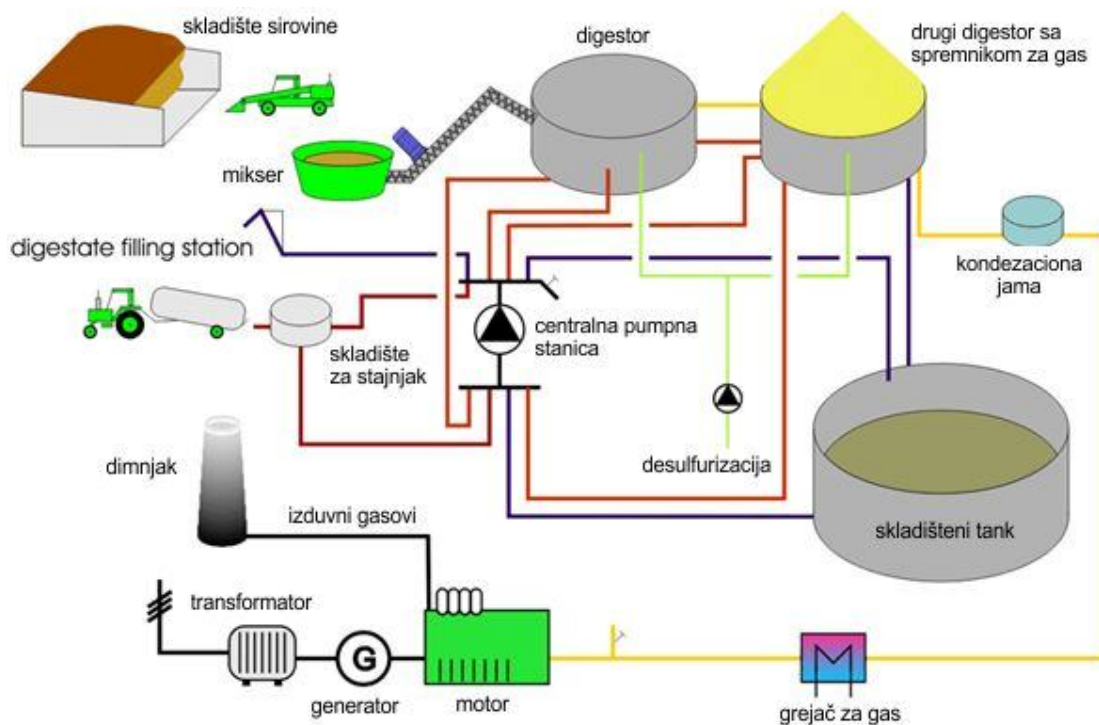
Slika 2.4. Šema anaerobna digestije biomase



2.5.2 Postupak proizvodnje biogasa

Proizvodnja biogasa se sastoji obično iz tri glavne faze: priprema biološke sirovine, anaerobna digestija i tretman digestata, pri čemu je osnovni uslov konstantna temperatura i pH vrednost između 6,5 i 7,5.

Tečni organski materijal se najpre sakuplja u rezervoaru za skladištenje (slika 2.5) i transportuje pumpama u reaktor. Čvrsti materijal se doprema, najčešće, pužnim transporterima u reaktor. Proces se odvija u sistemu sa dva digestora od kojih je drugi opremljen kupolom za sakupljanje gasa. Nakon odvijanja reakcije vrši se prerada gasa i njegova upotreba u generatorskom postrojenju. Digestat se nakon anaerobne digestije prebacuje u rezervoar za skladištenje odakle se može koristiti za različite namene.



Slika 2.5 Opšta šema postupka proizvodnje biogasa



2.6 SUPSTRATI ZA PROIZVODNJU BIOGASA

Različite vrste biomase se mogu koristiti kao supstrati za proizvodnju biogasa (tabela 2.3), i to:

- životinjski tečni i čvrsti stajnjak,
- poljoprivredni ostaci i sporedni proizvodi,
- razgradivi organski otpad iz prehrambene i agro-industrije (biljnog i životinjskog porekla),
- organska frakcija gradskog otpada (biljnog i životinjskog porekla),
- otpadni mulj i
- energetske usevi (kukuruz, sorgum, detelina)

Sastav i prinos biogasa varira u zavisnosti od upotrebljenih sirovina. Tako, sadržaj metana u biogasu dobijenom iz kokošjeg stajnjaka i otpadnih voda sa farmi i kanalizacionih otpadnih voda može dostići 70%, dok iz slame i drugog biljnog materijala dostiže oko 55%. Koncentracija H₂S u biogasu dobijenom iz kokošjeg đubriva i melase može biti oko 4 000 mg/m³.

Zbog svojih svojstava, primena tečnog i čvrstog stajnjaka ima prednosti:

- prisustvo anaerobnih bakterija,
- visok sadržaj vode (4-8% suve materije u tečnom stajnjaku) omogućava rastvaranje ostalih kosupstrata i odgovarajuće mešanje i protok,
- niska cena i
- laka dostupnost jer se sakuplja kao ostatak na životinjskim farmama

Tokom poslednjih godina u mnogim zemljama se kao nova kategorija sirovina koriste energetske usevi koji se gaje isključivo za proizvodnju energije, odnosno biogasa. To mogu biti trava, kukuruz, repa, ali i drveće (vrba, topola, hrast), iako ono zahteva poseban delignifikacioni tretman pre procesa anaerobne digestije.

Supstrati za anaerobnu digestiju se mogu podeliti prema različitim kriterijumima: poreklo, sadržaj suve materije, prinos metana, itd. U tabeli 2.4. su prikazane karakteristike nekih razgradivih sirovina.

Supstrati sa sadržajem suve materije manjim od 20% se koriste u procesu vlažne digestije. Ova kategorija uključuje životinjski tečni i čvrsti stajnjak, kao i vlažan organski otpad iz prehrambene industrije. Pri upotrebi otpada sa sadržajem suve materije većim od 35% vrši se proces suve digestije koji je tipičan za energetske useve i silažu. Izbor vrste i količine sirovina koje će se koristiti za anaerobnu digestiju zavisi od sadržaja suve materije, kao i sadržaja šećera, lipida i proteina. Supstrati koji sadrže velike količine lignina, celuloze i hemiceluloze mogu biti podvrgnuti digestiji, ali uz upotrebu pretretmana.



Tabela 2.3. Biootpad pogodan za biološki tretman prema Evropskom katalogu otpada usvojenom od strane Evropske komisije

Opis otpada	Uključene frakcije
Otpad iz agrikulture, hortikulture, akvakulture, šumarstva, lova i ribolova, proizvodnje i prerade hrane	Otpad iz agrikulture, hortikulture šumarstva, lova i ribolova. Otpad iz proizvodnje i prerade mesa, ribe i ostalih vrsta hrane životinjskog porekla. Otpad iz proizvodnje i prerade voća, povrća, žitarica, jestivih ulja, čaja i duvana; proizvodnje konzervirane hrane, proizvodnje kvasca i ekstrakta kvasca, proizvodnje i fermentacije melase. Otpad iz prerade šećera. Otpad iz industrije prerade mleka. Otpad iz pekarstva. Otpad iz proizvodnje alkoholnih i bezalkoholnih pića (osim kafe, čaja i kaka).
Otpad iz prerade drveta, proizvodnje nameštaja, panela, celuloze, papira i kartona	Otpad iz prerade drveta i proizvodnje panela. Otpad iz proizvodnje i prerade celuloze, papira i kartona.
Otpad iz industrije prerade kože, krzna i tekstila	Otpad iz industrije prerade kože i krzna. Otpad iz tekstilne industrije.
Otpadno pakovanje, adsorbenati, krpe za brisanje, materijali za filtriranje i zaštitna odeća ukoliko nije drugačije naznačeno	Materijal za pakovanje (uključujući odvojeno sakupljenu frakciju gradskog otpada)
Otpad iz postrojenja za preradu otpada, otpadnih voda i vode za industrijsku i ljudsku upotrebu	Otpad nakon anaerobnog tretiranja otpada. Otpad iz postrojenja za preradu otpadnih voda. Otpad nastao tokom prerade tehničke i pijaće vode.
Gradski otpad (otpad iz domaćinstava i sličan komercijalni, industrijski i institucioni otpad) uključujući posebno sakupljene frakcije otpada	Posebno sakupljene frakcije. Otpad iz parkova i bašti. Ostali gradski otpad.

Najvažniji kriterijum za izbor supstrata jeste potencijalni prinos metana. Životinjski stajnjak daje nizak prinos metana, pa se u cilju povećanja prinosa metana vrši kombinacija sa drugim kosupstratima, najčešće sa masnim ostacima iz prehrambene i industrije prerade ribe i stočne hrane, otpadom iz industrije, alkohola, piva i šećera ili energetski usevi. Osim povećanja prinosa, lako ragnidive materije mogu stabilizovati proces anaerobne digestije.



Ukoliko se koristi, poljoprivredni otpad (slama, seno, kukuruz, trska itd.) treba da bude u fazi raspadanja kako bi se olakšao protok kroz digestor i povećala efikasnost bakterijskog delovanja. Takođe, poželjno je korišćenje svežih biljnih sirovina jer se dobija veća količina gasa u odnosu na upotrebu suvih materijala. Skladištenje otpadnog materijala u zatvorenom prostoru preko 10 dana inicira anaerobno delovanje bakterija, što smanjuje vreme potrebno da se u digestoru postignu radni uslovi.

Tabela 2.4. Karakteristike nekih razgradivih sirovina za proizvodnju biogasa

Tip sirovine	Organski sadržaj	C/N odnos	Suva materija %	Isp. materije u s. m. %	Prinos biogasa m ³ /kg isp. mat.	Fizičke nečistoće	Ostale neželjene kompon.
Svinjski stajnjak	Ugljeni hidrati, proteini, lipidi	3-10	3-8	70-80	0,25-0,5	Drvni opiljci, pesak, čekinje, voda, slama	Antibiotici, dezinficijensi
Govedi stajnjak	Ugljeni hidrati, proteini, lipidi	6-20	5-12	80	0,2-0,3	Čekinje, zemlja, slama, drvo	Antibiotici, dezinficijensi, NH ₄ ⁺
Životinjski stajnjak	Ugljeni hidrati, proteini, lipidi	3-10	10-30	80	0,35-0,6	Šljunak, perje, pesak	Antibiotici, dezinficijensi, NH ₄ ⁺
Intestinalni sadržaj	Ugljeni hidrati, proteini, lipidi	3-5	15	80	0,4-0,68	Životinjsko tkivo	Antibiotici, dezinficijensi,
Surutka	75-80% laktoza 20-25% proteini	-	8-12	90	0,35-0,80	Nečistoće dospele tokom transporta	
Koncentrovana surutka	75-80% laktoza 20-25% proteini	-	20-25	90	0,80-0,95	Nečistoće dospele tokom transporta	
Flotacioni mulj	65-70% proteina 30-35% lipida	-				Životinjska tkiva	Teški metali, dezinficijensi, organski zagađivači
Fermentisani mulj	Ugljenihidrati	4-10	1-5	80-95	0,35-0,78	Nerazgradivi ostaci	



Tabela 2.4. nastavak

Tip sirovine	Organski sadržaj	C/N odnos	Suva materija %	Isp. materije u s. m. %	Prinos biogasa m ³ /kg isp. mat.	Fizičke nečistoće	Ostale neželjene kompon.
Slama	Ugljenihi drati, lipidi	80-100	70.90	80-90	0,15-0,35	Pesak, šljunak	
Baštenski otpad		100-150	60-79	90	0,2-0,5	Zemlja, celulozne komponen.	Pesticidi
Trava		12-25	20-25	90	0,55	Šljunak	Pesticidi
Silaža trave		10-25	15-25	90	0,56	Šljunak	
Otpad od voća		35	15-20	75	0,25-0,50		
Riblje ulje	30-50% lipida	-					
Sojino ulje	90% biljnog ulja	-					
Alkohol	40% alkohol	-					
Ostaci hrane			10	80	0,5-0,6	Kosti, plastika	Dezificijensi
Organski otpad iz domaćinst.						Plastika, metal, kamen, drvo, staklo	Teški metali, organski zagađivači
Otpadni mulj							Teški metali, organski zagađivači

S obzirom da sirovine mogu sadržati hemijske, biološke ili fizičke kontaminante neophodna je kontrola kvaliteta sirovina da bi se obezbedila sigurna recirkulacija digestata kao đubriva. Primena otpada životinjskog porekla zahteva posebnu pažnju i regulisana je određenim pravilima.



2.7 RASPOLOŽIVOST BIOMASE U SRBIJI ZA PROIZVODNJU ENERGIJE

2.7.1 Raspoloživost biomase iz poljoprivrede

Biomasa iz poljoprivrede ima velike mogućnosti upotrebe:

- proizvodnja humusa (zaoravanjem na njivama),
- proizvodnja stočne hrane (tretirana hemijskim sredstvima, mešanjem sa proteinima i dr.),
- proizvodnja toplotne energije (sagorevanjem),
- proizvodnja građevinskog materijala (razne presovane ploče), delova nameštaja (iverica), alkohola (vrenjem), biogasa (anaerobnom fermentacijom), papira i ambalaže, sredstava za čišćenje metalnih površina, ukrasnih predmeta, itd.

Kako bi se zadovoljile sve interesne strane, najpogodnije rešenje upotrebe biomase jeste njena podjednaka raspodela. Ukupna raspoloživost biomase u Srbiji iznosi 12 461 000 t (tabela 2.5) iz čega se može dobiti energija koja je ekvivalentna 1 300 000 t lakog ulja za loženje (tabela 2.6).

Tabela 2.5 Potencijalne količine biomase iz ostatka poljoprivredne proizvodnje u Srbiji

Biomasa	Površina, 10 ³ ha	Prinos, t/ha	Ukupno biomase, 10 ³ t
Pšenica	850	3,5	2975
Ječam	165	2,5	412,5
Ovas	16	1,6	25,6
Raž	5	2	12
Kukuruz	1300	5,5	7150
Semenski kukuruz	25	2,3	86,25
Oklasak	-	-	1430
Suncokret	200	2	800
Ljuske suncokreta	-	-	120
Soja	80	2	320
Uljana repica	60	2,5	300
Hmelj	1,5	1,6	7,92
Duvan	3	1	1,05
Voćnjaci	275	1,05	289,44
Vinogradi	75	0,95	71,55
UKUPNO	3 055,5		12 461,31



Tabela 2.6 Energetski potencijal bimase iz ostatka poljoprivredne proizvodnje u Srbiji

Vrsta biomase	Biomasa za sagorevanje (25% od ukupne), 10 ³ t	Donja toplotna moć, MJ/kg	Ekvivalentna vrednost lakog ulja za loženje, 10 ³ t
Pšenična slama	743,75	14	247,92
Ječmena slama	103,13	14,2	34,87
Ovsena slama	6,4	14,5	2,21
Ražena slama	3	14	1
Kukuruzovina	1787,5	13,5	547,55
Kukuruzovina semenskog kukuruza	21,56	13,85	7,11
Oklasak	357	14,7	124,95
Stabljika suncokreta	200	14,5	69,05
Ljuske suncokreta	30	17,55	12,54
Slama od soje	80	15,7	29,9
Slama uljane repice	75	17,4	31,07
Stabljika hmelja	1,98	14	0,66
Stabljika duvana	0,26	13,85	0,09
Ostaci rezidbe u voćnjacima	289,44	14,15	97,5
Ostaci rezidbe u vinogradima	71,55	14	23,85
UKUPNO	3 880,57	14,26	1 317,15

2.7.2 Potencijal stajnjaka za proizvodnju biogasa

Vrlo pogodna sirovina za proizvodnju biogasa predstavlja stajnjak domaćih životinja, posebno goveda i svinja. U tabeli 2.7 prikazana je približna količina stajnjaka koja ostaje gajenjem pojedinih vrsta stoke i teoretska količina biogasa koja se može dobiti preradom tog otpada na godišnjem nivou.

Iako je u Srbiji tradicionalno razvijena grana poljoprivrede, stočarstvo poslednjih godina stagnira, kako u malim seoskim gazdinstvima, tako i na velikim farmama domaćih životinja. U odnosu na 2011. godinu, u 2012. godini je uočen je pad u broju goveda za oko 30% i svinja za oko 20%, dok je rast jedino uočen kod broja ovaca (za oko 17%) i živine za čak 40% (tabela 2.8).



Na osnovu ovih podataka o broju stoke, može se uočiti da Srbija ima velike mogućnosti u proizvodnji biogasa iz ovog izvora, odnosno da se samo od razgradnje goveđeg, svinjskog i živinskog otpada oslobađa preko 960 000 m³ gasa. Međutim, neophodan uslov je da stoka bude grupisana i gajena na većim farmama, jer podaci govore da je isplativo instalirati postrojenje za biogas jedino na mestima gde se gaji više od 150 grla krupnije stoke. Nažalost, od ukupnog boja stoke gajene u Srbiji, jako mali procenat se nalazi grupisan na većim poljoprivrednim gazdinstvima (7% goveda, 18% svinja, 1% ovaca i 27% živine). To ukazuje da je terijski moguće instalirati postrojenja na teritoriji Srbije za proizvodnju ukupno preko 140 000 m³ biogasa (tabela 2.9). Ova teorijska količina gasa bi izgradnjom biogas postrojenja samo na većim gazdinstvima i farmama, mogla omogućiti godišnju proizvodnju od 430 GW električne energije i oko 770 GW toplotne energije (izračunato da se iz 1 m³ gasa može dobiti 2,5 kWh električne energije i 4,5kWh toplotne energije godišnje).

Tabela 2.7 Približna godišnja količina stajnjaka i biogasa koja se može očekivati preradom stajnjaka domaćih životinja

Stajnjak od	Količina stajnjaka po grlu, m ³ /god	Količina dobijenog biogasa, m ³ /god
1 mlečna krava (500 kg)	20	400
1 govedo (350 kg)	10	260
1 krmača (250 kg)	10	110
1 prase (70 kg)	-	30
1 koka nosilja (2 kg)	-	5

Tabela 2.8 Ukupan broj grla stoke (u hiljadama) i odnos koji se gaji u porodičnim gazdinstvima i poljoprivrednim društvima i zadrugama u celoj Srbiji, kao i broj po okruzima u 2010., 2011. i 2012. godini

Godina	Vrsta stoke (x1000)							
	Goveda		Svinje		Ovce	Živina	Konji	Koze
	Ukupno	Krave i steone junice	Ukupno	Krmače i nazimice				
2010	938	561	3489	520	1475	20156	14	129
2011	937	np*	3287	np*	1460	19103	np	np
2012	909	538	2724	458	1729	26627	11	236
Poljoprivredna društva i zemljoradničke zadruge								
2010	62	26	619	np*	15	5395	0,243	-
Porodična gazdinstva								
2010	876	535	2870	np*	1460	14761	13,48	129

* - nema dostupnih podataka



Tabela 2.9 Ukupni teorijski i mogući potencijal proizvodnje biogasa iz životinjskog stajnjaka izračunat na osnovu ukupnog broja i broja grla stoke koja se gaji u poljoprivrednim društvima i zemljoradničkim zadrugama u 2010. godini

	Vrsta stoke				UKUPNO
	Goveda		Svinje	Živina	
	Goveda do 300 kg	Krave i junice preko 500kg			
Ukupni potencijal					
m ³ stajnjaka/god	7,5x10 ⁶	5,6 x10 ⁶	3,5 x10 ⁷		
m ³ biogasa/god	1,5 x10 ⁸	1,1 x10 ⁸	7,0 x10 ⁸	1,0 x10 ⁸	1,1 x10⁹
Realni potencijal sa farmi					
m ³ stajnjaka/god	7,2 x10 ⁵	2,6 x10 ⁵	6,2 x10 ⁶		
m ³ biogasa/god	1,4 x10 ⁷	5,2 x10 ⁶	1,2 x10 ⁸	2,7 x10 ⁷	1,7 x10⁸

2.8 GLAVNI ČINIOCI PROCESA PROIZVODNJE BIOGASA

Najvažniji činioci koji utiču na proces proizvodnje biogasa su temperatura, pH i hemijski sastav sirovine, kao i primenjena tehnika mešanja supstrata.

2.8.1 Temperatura

Najvažniji faktor koji utiče na tok procesa i rast bakterija je temperatura. Osim toga, temperatura utiče i na viskoznost, rastvorljivost organskih jedinjenja, brzine hemijskih i biohemijskih reakcija, površinski napon i prenos mase. Povećanjem temperature do određene granice povećava se brzina rasta mikroorganizama. Međutim, usled daljeg povećanja temperature iznad optimalne vrednosti, dolazi do smanjenja rasta i uginuća bakterija.

Razgradnjom ugljenih hidrata tokom fermentacije dolazi do oslobađanja toplote koja uslovljava samozagrevanje digestora do temperature od 35-39 °C do 42-49 °C, u zavisnosti od tipa bioreaktora. Sprečavanje prekomernog povećanja temperature vrši se promenom sastava ulazne smeše, smanjenjem brzine punjenja digestora ili rashladnim sistemom.

Izbor termofilnog ili mezofilnog režima rada uslovljava strukturu mikrobne populacije i vreme trajanja procesa. Fermentacija biljnog otpada i drveta pri termofilnim uslovima daje prinos metana od 95% nakon 11 dana, dok se isti prinos pri mezofilnim uslovima ostvaruje nakon 27 dana. Primena viših temperatura (termofilni uslovi) može imati i negativne uticaje jer dovodi do povećanja sadržaja slobodnog amonijaka koji inhibira rast mikroorganizama



Promena temperaturnog režima može dovesti do naglog smanjenja produkcije biogasa usled promene sastava mikrobne populacije u digestoru. Čak i male promene temperature, na primer od 35 na 30 °C ili od 30 na 32 °C, smanjuju brzinu produkcije biogasa. S druge strane, u dvofaznim sistemima upotreba kombinacije procesa sa različitim temperaturnim režimima, pruža mogućnost povećanja efikasnosti produkcije biogasa.

Klimatski uslovi takođe utiču na izbor temperaturnog režima. U sredinama sa toplijom klimom najčešće nije potrebno dodatno zagrevanje digestora. Stabilnost procesa zavisi i od stabilnosti temperature smeše u digestoru. Kako bi se sprečile promene temperature procesa usled promena temperature okoline, neophodno je izvršiti izolaciju digestora što se često vrši ukopavanjem digestora u zemlju. Dozvoljena odstupanja temperature koje nemaju uticaj na proces su za mezofilni opseg ± 1 °C/h, a za termofilni $\pm 0,5$ °C/h.

Optimalna temperatura zavisi od prisutnih bakterijskih vrsta. Temperatura koja je optimalna za rast metanogenih bakterija ne mora uvek biti optimalna i za ostale procese koji se odvijaju tokom anaerobne digestije, kao što su hidroliza i kiselinska faza.

2.8.2 pH vrednost

Optimalna pH vrednost tokom procesa anaerobne digestije zavisi od prisutne mikrobne populacije, a za metanogene bakterije se kreće u opsegu 6,5-7,2. Vredost pH manja od 6,2 ima toksičan efekat na rast metanogenih bakterija. Mikroorganizmi koji se razvijaju tokom prve dve faze anaerobne digestije su otporniji na promene pH vrednosti i ispoljavaju svoju metaboličku aktivnost u širem opsegu pH od 4,0 do 8,5. Pri nižim vrednostima pH, proizvodi se uglavnom sirćetna i buterna kiselina, a pri višim vrednostima sirćetna i propionska. Aktivnost mikroorganizama i sinteza kiselina smanjuju pH vrednost tokom procesa. S druge strane, aktivnost metanogenih bakterija dovodi do povećanja pH vrednosti. Vrednost pH sistema se kontroliše puferskim efektom ugljen-dioksid/bikarbonat i amonijak/amonijum jon. Promena pH vrednosti tokom procesa zavisi od vrste supstrata. Tokom početne faze procesa, kada dolazi do hidrolize organskih materija, pad pH vrednosti je brži. Nakon toga usled transformacije masnih kiselina dolazi do postepenog porasta pH.

2.8.3 Vreme zadržavanja supstrata

Retenciono vreme ili vreme boravka materijala u digestoru zavisi od vrste supstrata, temperaturnog režima, mešanja, geometrije digestora,... Retenciono vreme se može tačno definisati za šaržne procesa, dok kod kontinualnih ono predstavlja odnos zapremine digestora i brzine dodavanja sirovine. U zavisnosti od procesa, mora se odrediti optimalno vreme zadržavanje, s obzirom da previše kratko vreme zadržavanja može dovesti do ispiranja bakterija iz digestora brže nego što je njihova brzina rasta, a što dovodi do zastoja u fermentaciji.



2.8.4 Sastav sirovine

Proces anaerobne digestije u mnogome zaisi od sastava sirovine koja se razgrađuje. Mikroorganizmi za svoj rast zahtevaju, osim ugljenika, kiseonika i vodonika, prisustvo azota sumpora, fosfora, kalijuma, kalcijuma, magnezijuma i elemenata u tragovima: gvožđa, mangana, molibdena, cinka, selena, nikla, itd. Poljoprivredni i otpad iz domaćinstava obično sadrže dovoljne količine ovih elemenata. Takođe, treba voditi računa da pojedini elementi u većim koncentracijama mogu delovati inhibitorno na proces anaerobne digestije. Takođe, prisustvo teških metala, antibiotika i deterdženata može inhibirati proces. Limitirajuće koncentracije su različite za pojedine teške metale. Tako, koncentracija cijanida koja inhibira proces iznosisamo 2 mg/l, bakra 10-250 mg/l, nikla 100-1000 mg/l, hroma 200-2000mg/l, cinka 350-1000 mg/l, magnezijuma 3000 mg/l, a kalcijuma i natrijuma čak 8000 mg/l. Prisustvo sulfida, takođe, može usloviti inhibiciju metanogeneze. Koncentracije ukupnog vodonik-sulfida od 100 do 300 mg/l ili slobodnog vodonik-sulfida od 50 do 150 mg/l izazivaju inhibiciju rasta biomase koja dovodi do potpunog prekida proizvodnje biogasa. Pre početka procesa preporučuje se hemijska analiza supstrata kako bi se utvrdilo prisustvo eventualnih inhibitora i korigovao sadržaj nutritijenata.

Dodatno, inhibitorno dejstvo može imati i amonijak koji može biti rastvoren u napojnoj smeši ili nastati usled razgradnje proteina i drugih sastojaka. Inhibicija amonijakom ispoljava se ukoliko se on nalazi u nejonizovanom obliku tako da nivo koji ima inhibitorno dejstvo zavisi od različitih parametara: pH, temeperatura i prilagođavanje inokuluma. Čak i malo smanjenje pH znatno pojačava inhibiciju amonijakom. Mnogi supstrati često sadrže amonijak u koncentraciji koja je toksična.

Proces anaerobne digestije uslovljen je odnosom ugljenika i azota. Za postizanje dobrog prinosa metana ovaj odnos treba da bude u opsegu 25-32. Niže vrednosti označavaju prisustvo viška azota što usporava proces metanogeneze, a s druge strane, veliki odnos C/N označava nedostatak azota za umnožavanje biomase. Da bi se poboljšao prinos metana iz sirovina sa neodgovarajućim odnosom C/N, najčešće se vrši kombinovanje sa različitim kosupstratima.

2.8.5 Biohemijska i hemijska potrošnja kiseonika

Biohemijska potrošnja kiseonika (BPK) je količina kiseonika koju mikroorganizami koriste za razgradnju organskih materija u supstratu na 20°C. Razgradnja se sastoji iz dve faze:

- prva faza traje oko 15 dana i tokom nje se razgrađuju karbonilna jedinjenja (šećeri, masti, itd), a BPK se naziva karbonilna BPK i
- druga faza je proces nitrifikacije i tokom nje dolazi do razgradnje azotnih jedinjenja (proteinski materijali, aminokiseline, amonijak) pri čemu se kao krajnji proizvod formiraju nitrati.



*Cross-border competitiveness through renewable
energy and biomass use*
Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the
Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



Bulgaria – Serbia
IPA Cross-border Programme

Hemijska potrošnja kiseonika (HPK) je mera stepena razgradnje supstrata. Određuje se razgradnjom svih karbonilnih komponenti na ugljen-dioksid i vodu dejstvom jakog oksidacionog sredstva (kalijum-dihromata). Nakon razgradnje se meri potrošnja kiseonika. Vrednosti HPK tokom procesa anaerobne digestije su visoke na početku procesa, nakon čega se smanjuju. Veći sadržaj organskih materija u smeši utiče na veću početnu vrednost HPK. Otpad sa visokim vrednostima HPK i niskim sadržajem azota nije pogodan za anaerobnu digestiju kao jedini supstrat, već se mora mešati sa kosupstratima koji imaju povećan sadržaj azota kako bi se postigao optimalni odnos C/N.



3. DEO

VRSTE I KONSTRUKCIJA BIOGAS POSTROJENJA

3.1 VRSTE POSTROJENJA ZA PROIZVODNJU BIOGASA

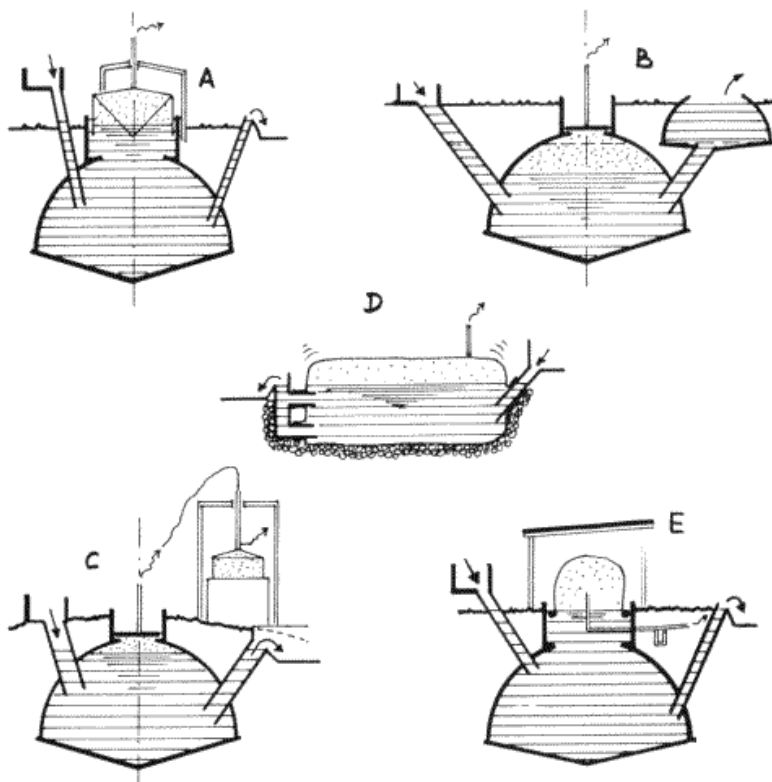
U zemljama sa razvijenom poljoprivredom, zakonodavstvo u oblasti zaštite životne sredine i regulisanje procesa reciklaže stajnjaka i drugog organskog otpada podstiče zainteresovanost za proces anaerobne digestije kao jeftinog i neškodljivog procesa. Anaerobna digestija predstavlja standardnu tehnologiju za stabilizaciju primarnog i sekundarnog otpadnog mulja, tretman organskog industrijskog otpada iz fermentacione i prehrambene industrije, kao i za tretman organske frakcije čvrstog gradskog otpada.

3.1.1 **Proizvodnja biogasa u domaćinstvima**

Postrojenja za proizvodnju biogasa u domaćinstvima omogućuju dobijanje biogasa iz relativno male količine otpada, jednostavne su konstrukcije i najčešće nekomercijalni.

Postrojenje sa plutajućim rezervoarom (slika 3.1.A) je sastavljeno od podzemnog digestora i pokretnog sakupljača gasa koji pluta direktno u fermentacionoj tečnosti ili u sopstvenom vodenom omotaču. U zavisnosti od količine gasa, rezervoar se spušta ili podiže. Prednosti se ogledaju u jednostavnosti izvođenja postupka, jednostavnoj konstrukciji i konstantnom pritisku gasa, dok su nedostaci veća cena u odnosu na ostale tipove i podložnost koroziji.

Postrojenje sa fiksiranom kupolom (slika 3.1. B, C) se sastoji od digestora i nepokretnog sakupljača gasa na vrhu digestora. Tokom proizvodnje gasa deo tečnosti se premešta u kompenzacioni tank i pritisak gasa se povećava sa povećanjem njegove zapremine usled razlike nivoa tečnosti u digestoru i kompenzacionom tanku. Podzemno montiranje štedi prostor i štiti digestor od temperaturnih promena. Prednosti su relativno niska cena i odsustvo pokretnih delova, dok su nedostaci česti problemi usled curenja gasa iz sakupljača, tako da se preporučuju samo tamo gde mogu nadgledaju iskusni tehničari. Takođe, pritisak gasa znatno varira u zavisnosti od njegove zapremine.



Slika 3.1. Jednostavna biogas postrojenja

postrojenje sa plutajućim rezervoarom (A), postrojenje sa fiksiranom kupolom (B), postrojenje sa fiksiranom kupolom i odvojenim sakupljačem gasa (C), balonsko postrojenje (D), kanalski tip digestora (E)

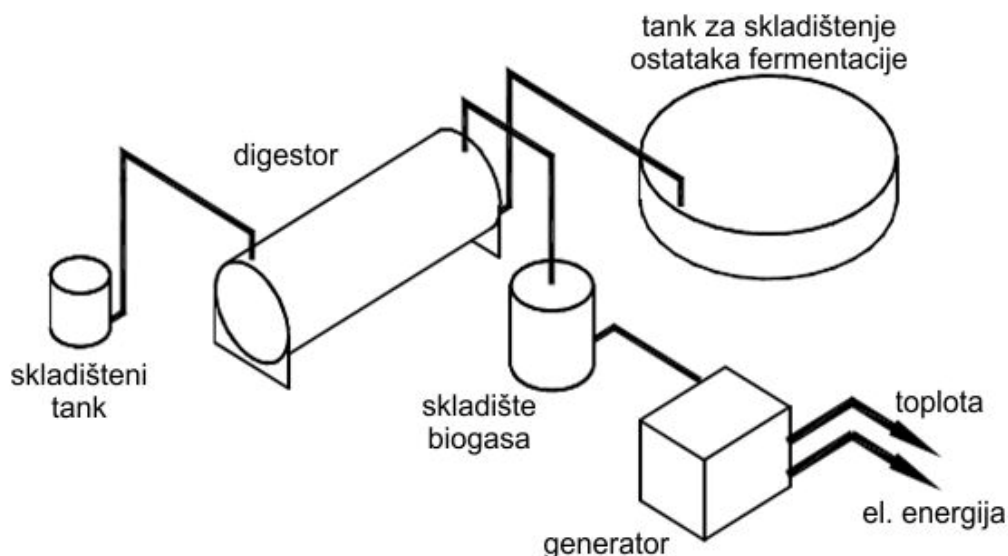
Balonska postrojenja (slika 3.1. D) čini digestorska vreća koja se nalazi u gornjem delu i u kojoj se sakuplja gas. Prednosti ovih postrojenja su niska cena, lak transport, jednostavna konstrukcija, lakoća čišćenja, pražnjenja i održavanja. Jedna od varijacija ovog tipa postrojenja je kanalski tip digestora koji je najčešće pokriven plastičnim prekrivačem (slika 3.1. E). Preporučuju se u sredinama sa visokom i stabilnom temperaturom i gde ne postoji opasnost od oštećivanja balona.



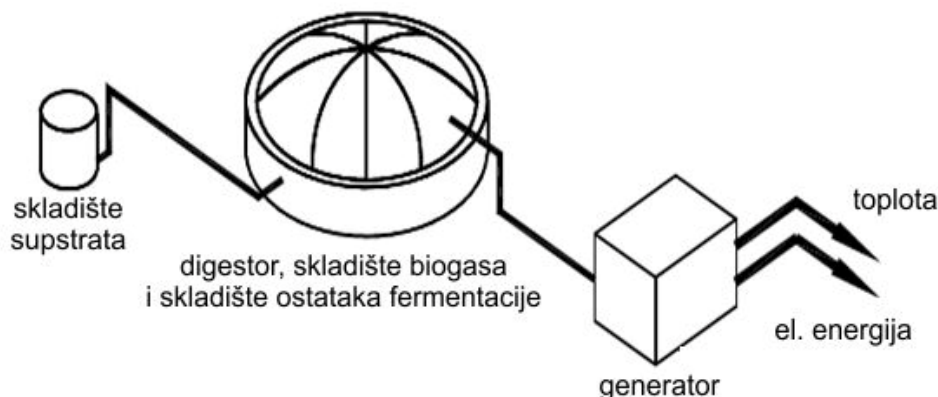
3.1.2 Postrojenja na farmama

Postrojenja na farmama su dizajnirana za digestiju sirovina sa jedne ili nekoliko susednih farmi. Iako se mogu razlikovati po veličini, dizajnu i tehnologiji, većina ima sličan način rada (slika 3.2). Stajnjak se sakuplja u tanku za sakupljanje, koji se nalazi pored digestora, i upumpava u digestor-gasno nepropusni tank od čelika ili betona izolovan u cilju održavanja konstantne temperature procesa. Digestori mogu biti horizontalni ili vertikalni i najčešće opremljeni sistemom za mešanje kako bi se izbeglo formiranje plutajućih slojeva ili taloga. U zavisnosti ot tipa supstrata i temperature, retenciono vreme najčešće iznosi 20 do 40 dana. Digestat se najčešće koristi na farmi ili okolnim farmama. Oko 10-30% dobijene energije se koristi za funkcionisanje postrojenja.

Vertikalni digestor može biti sa ili bez koničnog dna. Takođe, skladištenje supstrata i digestija se mogu obavljati u istom tanku prekrivenom gasno-nepropusnom membranom (slika 3.3).



Slika 3.2. Šematski prikaz farmskog postrojenja sa horizontalnim digestorom



Slika 3.3. Šematski prikaz sistema “dva u jednom” sa digestorom ugrađenim u tank za skladištenje sirovine

3.1.3 Industrijska proizvodnja biogasa

Pri industrijskoj proizvodnji biogasa, anaerobna digestija se odvija u zagrejanim zatvorenim kontejnerima bez vazduha koji stvaraju idealne uslove za bakterijsku fermentaciju organskih materijala. Digestori moraju biti opremljeni odgovarajućom opremom za zagrevanje i mešanje kako bi se obezbedili pogodni uslovi za konverziju organskih materija u metan. Projektovanje anaerobnih reaktora zahteva ispunjavanje određenih zahteva, kao što je kontinualno snabdevanje sirovinama, minimalno potrebno vreme zadržavanja i postizanje maksimalno mogućeg prinosa metana. Pri tome, treba uzeti u obzir gubitke toplote i obezbediti efikasno mešanje. Podzemni reaktori se koriste kako bi se iskoristile izolacione moći zemljišta i smanjili gubici toplote. Najčešće se podzemni reaktori konstruišu u vidu kocke. Nedostatak ovih reaktora je nemogućnost efikasnog mešanja koje je ograničeno u uglovima, a što smanjuje efektivnu zapreminu reaktora. Zbog toga, češće se koriste digestori cilindričnog oblika. Primena i režim rada zavise od tipa sirovine koja se razgrađuje.

Anaerobni digestori mogu raditi u šaržnom ili kontinualnom režimu rada. Šaržni reaktori su jednostavniji od kontinualnih, a princip rada se sastoji u tome da se reaktor napuni napojnom smešom i ostavi određeni period koji predstavlja hidrauličko retenciono vreme, nakon čega se reaktor prazni. Kontinualni anaerobni digestori su jednofazni kontinualni napojni sistemi u kojima se sve biohemijske reakcije odvijaju u jednom reaktoru. Proces se može odvijati i u dvofaznim reaktorima u kojima su procesi odvojeni. Dizajn i povećanje razmere anaerobnih reaktora zahteva poznavanje korelacija između konfiguracije i efikasnosti procesa.

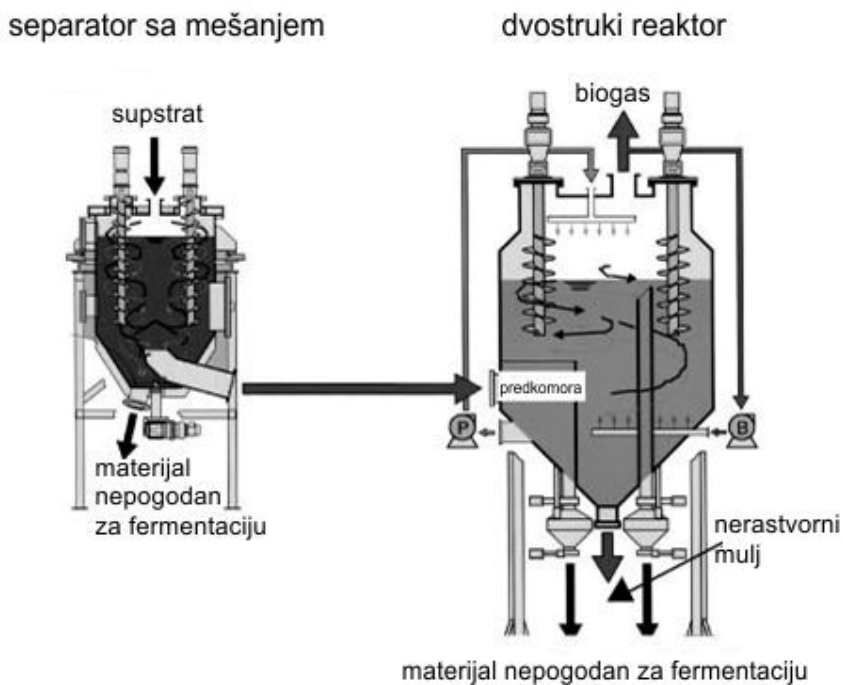


Anaerobni digestori koji se koriste za čvrsti otpad se dele na “mokre” i “suve”. “Mokri” digestori se koriste za razgradnju materijala sa maksimalnim sadržajem ukupnih čvrstih materija do 16%, a „suvi” bioreaktori za sirovine koje sadrže između 22% i 40% ukupnih čvrstih supstanci. Postoje i reaktori za rad sa sirovinom čiji sadržaj suve materije u opsegu 16-22%, pa se nazivaju „polu-suvi”. Za čvrst otpad iz domaćinstva i otpad od povrća najčešće se koriste „suvi” reaktori. U Evropi se koriste ”mokri” i ”suvi” tipovi jednofaznih reaktora. S obzirom da sadržaj ukupnih čvrstih supstanci u mnogim vrstama stajnjaka iznosi manje od 16%, zbog velikog sadržaja vode i veće potrebne zapremine bioreaktora ne mogu se koristiti ”suvi” i ”polu-suvi” reaktori. S druge strane, ”mokri” reaktori se mogu koristiti za tretman suvih napojnih smeša ukoliko se pre digestije izvrši neophodan pretretman. Upotreba sveže ili reciklirane procesne vode da bi se dobilo manje od 15% ukupnog čvrstog sadržaja ima prednosti u tome što će prisutni inhibitori metanogeneze biti razblaženi, ali to istovremeno može dovesti do njihovog brzog širenja kroz bioreaktor ukoliko je razblaženje nedovoljno.

U mnogim zemljama čvrst gradski otpad se sakuplja i spaljuje ili odlaže na deponijama. Ovakva praksa predstavlja veliki gubitak energije i nutritijenata, s obzirom da se organska frakcija može odvojiti i koristiti kao sirovina. Sastav organskog otpada je veoma značajan u određivanju odgovarajućeg tretmana. Kuhinjski otpad sadrži dosta vode i pogodan je za anaerobnu digestiju, dok primena drvnog otpada zahteva pretretman. Ovaj način anaerobne digestije ima veliki potencijal i koristi se u nekoliko stotina anaerobnih postrojenja širom sveta.

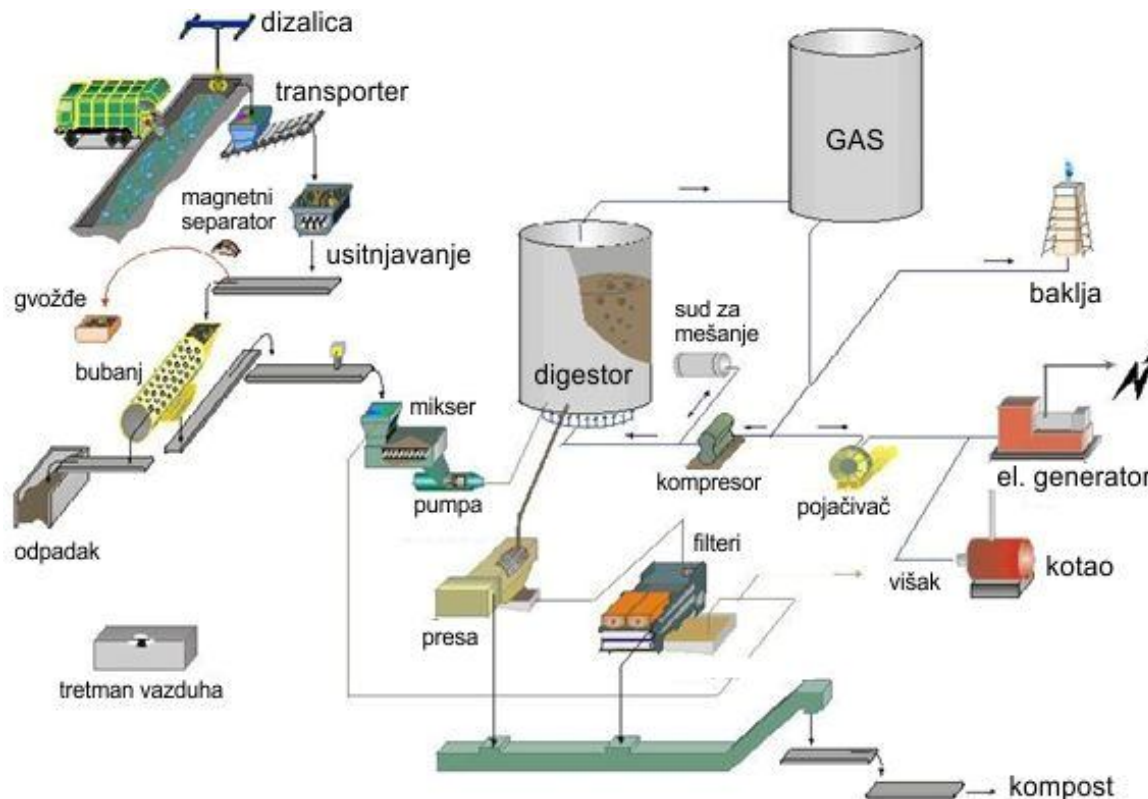
Čvrsti otpadi su manje podložni digestiji od onih sa manjim sadržajem čvrstih supstanci, pa se koristi metod kodigestije koji se sastoji u mešanju dve različite vrste otpada. Tako se, na primer, gradski otpad može mešati sa stajnjakom ili sa otpadnim muljem, pri čemu se u mnogome olakšava proces digestije i povećava prinos biogasa. Na ovaj način se omogućava tretiranje čvrstog otpada, umesto u suvom, u mokrom reaktoru.

U mokre digestione sisteme spada i Waasa proces (slika 3.4) koji se koristi za različite vrste otpada sa sadržajem čvrstih materija od 10 do 15 %. Glavna karakteristika ovog procesa je postojanje zona u glavnom reaktoru. Prvu zonu čini pretkomora unutar glavnog reaktora. Mali deo digestata se meša sa svežom napojnom smešom da bi se ubrzao proces inokulacije. Proces se koristi u Švedskoj, Japanu i Holandiji.



Slika 3.4. Prikaz reaktora u Waasa procesu

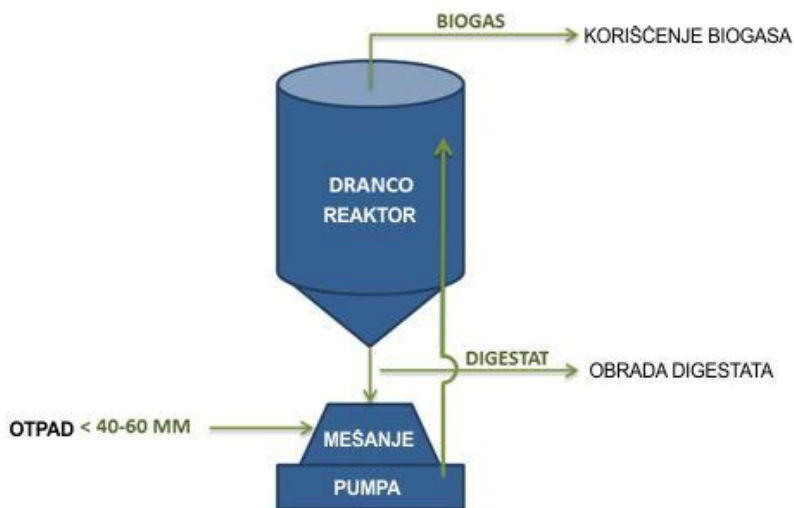
Kako je nekad teško naći kosupstrat za digestiju, gradski otpad se razgrađuje u suvim ili polu-suvim digestivnim sistemima kao što je Valorga proces (slika 3.5). Valorga proces spada u “polu-suve“ procese i razvijen je u Francuskoj. Proces se zasniva na mešanju otpada nakon predtretmana sa recikliranom procesnom vodom. Reaktor radi u mezofilnom režimu i sa potpunim mešanjem koje se ostvaruje pomoću komprimovanog biogasa.



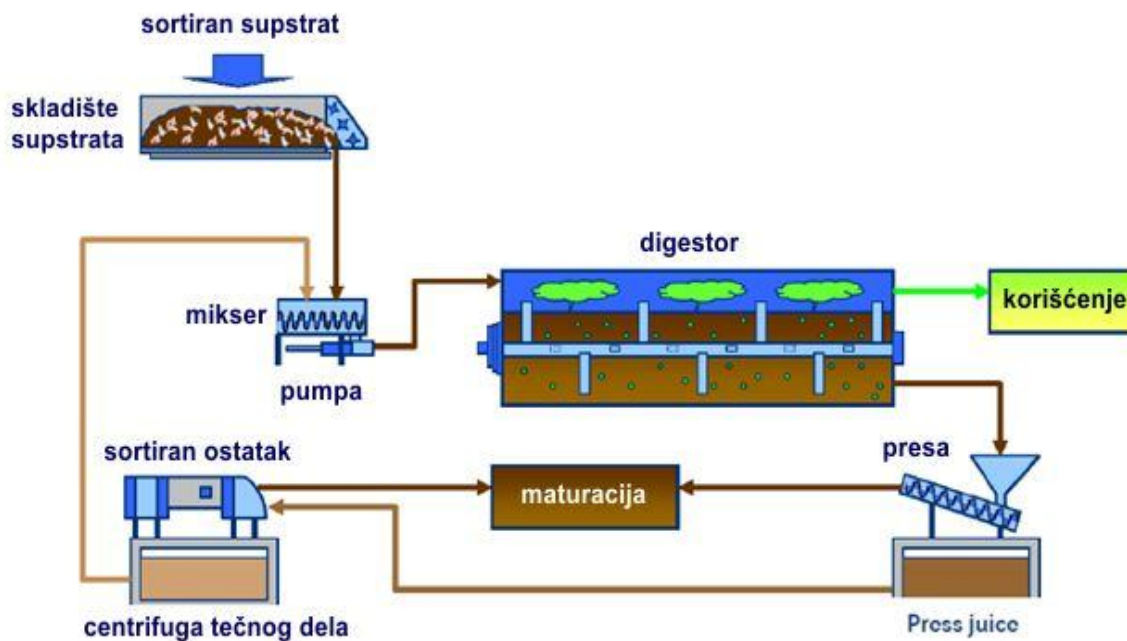
Slika 3.5. Šematski prikaz Valorga procesa

Jedna od modifikacija Valorga procesa je Dranco proces (slika 3.6), suvi proces digestije za tretiranje organske frakcije gradskog otpada. Tokom ovog procesa otpad se podvrgava predtretmanu i zatim meša sa recirkulišućim materijalom iz bioreaktora. Mešanje otpada sa velikom količinom digestata obezbeđuje inokulaciju ulaznog materijala. Proces se koristi u Belgiji, Austriji i Nemačkoj.

Kompogas proces je razvijen u Švajcarskoj. Reaktor je horizontalni cilindar koji radi u termofilnom režimu sa hidrauličnim retencionim vremenom od 15 dana (slika 3.7). Može se koristiti za gradski otpad, otpad od povrća, organski otpad, industrijski otpad ili bilo koje kombinacije pomenutih sirovina.



Slika 3.6. Šematski prikaz Dranco procesa



Slika 3.7 Šematski prikaz Kompogas procesa



Kako se proces anaerobne digestije odvija u više faza, pri konstruisanju postrojenja moguće je izvršiti razdvajanje faza. Višefazni sistemi mogu povećati prinos biogasa jer faze nemaju iste optimalne uslove. Višefazni reaktori su najčešće dvofazni. Oni mogu povećati stabilnost procesa u poređenju sa jednofaznim sistemima, posebno u slučaju napojnih smeša koje se lako hidrolizuju. Promene brzine punjenja organskog supstrata, različit sastav otpada ili prisustvo inhibitora mogu dovesti do nestabilnosti u jednofaznim sistemima. Kod dvofaznih sistema materijal koji prelazi iz prve u drugu fazu je homogenizovan i time stabilniji. Međutim, višefazni sistemi imaju bolje karakteristike od jednofaznih, ali su skuplji za izgradnju i održavanje. Pri izvođenju digestije stajnjaka u jedno- i dvofaznom termofilnom reaktoru, utvrđeno je da dvofazni reaktori imaju 6-8 % veći prinos metana i 9 % efikasnije uklanjanje isparljivih komponenti u odnosu na jednofazni reaktor. Pri digestiji gradskog otpada u dvofaznom reaktoru uočeno je povećanje od 21 % u prinosu metana u odnosu na jednofazni sistem.

BTA proces (slika 3.8) je razvijen u Nemačkoj i spada u višefazne sisteme anaerobne digestije. Proces se sastoji od predtretmana kojim se obezbeđuje stvaranje pulpe sa oko 10 % čvrstih materija. Pulpa se upumpava u puferski tank u kome dolazi do hidrolize. Sadržaj reaktora za hidrolizu se dalje prebacuje na centrifugiranje gde se odvaja voda. Tečna frakcija se prebacuje u reaktor, a frakcija sa nerastvorenim materijalom se meša sa procesnom vodom i napaja kontinualni reaktor, gde se odvija dalja metabogeneza. Iz otpadne vode iz kontinualnog reaktora se ponovo odvaja voda.

3.1.4 Postrojenja za tretman otpadnih voda

Anaerobna digestija se često koristi za tretman primarnog i sekundarnog mulja koji nastaje aerobnim tretmanom gradskih otpadnih voda (slika 3.9). Pri tome se vrši stabilizacija i redukcija konačne količine mulja. Evropi se između 30 i 70% otpadnog mulja tretira anaerobnom digestijom.

3.2 MATERIJALI ZA IZRADU POSTROJENJA ZA BIOGAS

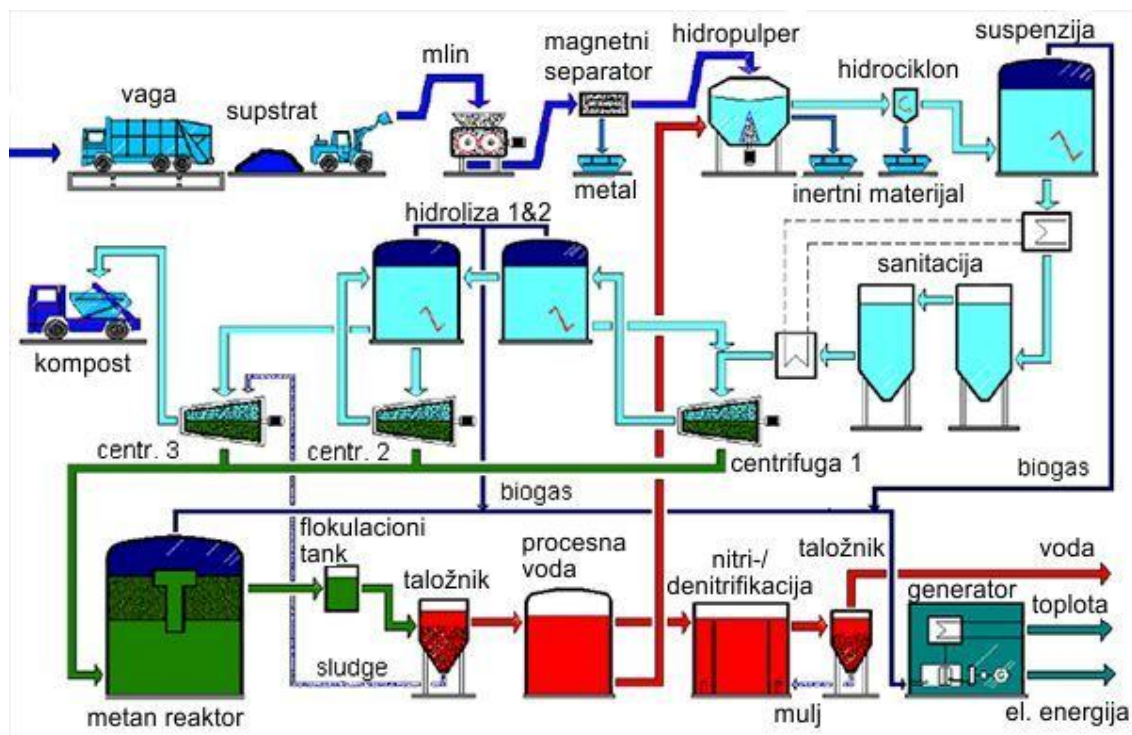
Pri konstruisanju biogas postrojenja potrebno je obezbediti odgovarajuću površinu zemljišta u blizini farme kako bi dostavljanje sirovine bilo lakše. Za konstruisanje većine postrojenja neophodno je iskopati jamu dubine 180-200 cm. Na mestima sa podzemnim vodama može doći do punjenja jame vodom što izaziva probleme pri građenju osnove postrojenja. U tom slučaju neophodno je ispumpati vodu u posebnu jamu što povećava konstrukcione troškove. S druge strane kopanje tvdog i kamenitog zemljišta takođe predstavlja problem.

Materijali koji se koriste pri izgradnji biogas postrojenja su cement, pesak, kamen, cigle, cevi za povezivanje digestora i napojnog tanka, pocinkovane gvozdene cevi, ventil za

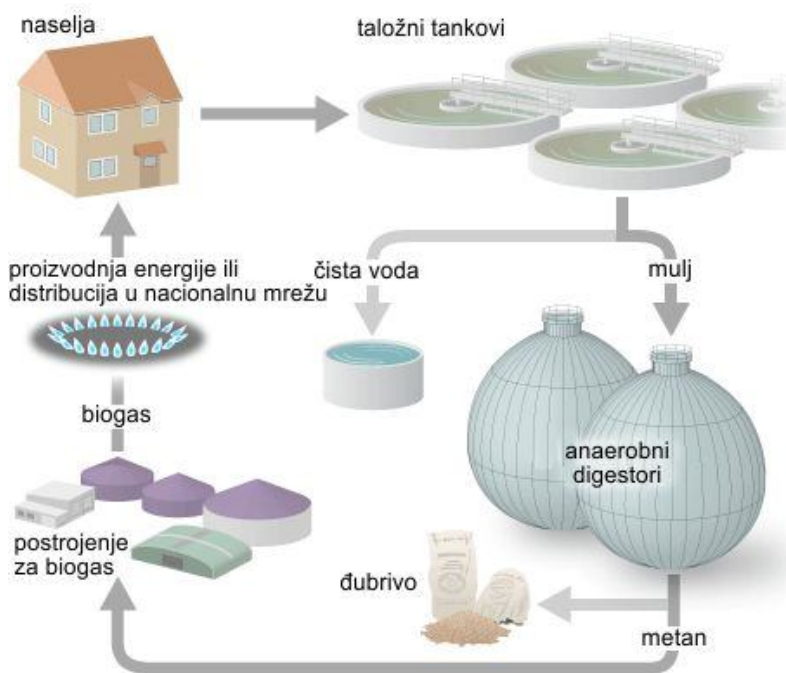


The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme

kontrolu protoka gasa. Skladišni rezervoari i digestori se izrađuju od betona, čelika, cigle ili plastike. Materijali koji se koriste za izradu cevovoda zavise od sredstva koje se transportuje i nivoa pritiska i uključuju PVC, polietilen velike gustine (HDPE), čelik i nerđajući čelik. Cevovodi moraju da obezbede neometan tok fluida. Svi materijali koji se koriste u izradi postrojenja moraju biti otporni na sirovine koje se koriste.



Slika 3.8. Šematski prikaz BTA procesa



Slika 3.9. Šema postrojenje za tretman mulja iz kanalizacionih otpadnih voda i proizvodnju biogasa

3.3 KONSTRUKCIJA BIOGAS POSTROJENJA

3.3.1 Skladištenje sirovina

Obezbeđivanje i transport sirovina ima veoma važnu ulogu u radu biogas postrojenja. Neophodno je obezbediti stabilno i kontinualno dopremanje sirovina potrebnog kvaliteta. S obzirom da se često u procesu anaerobne digestije koristi više različitih sirovina, neophodno je proveriti njihovu dostupnost.

Skladištenje sirovina ima za cilj da umani uticaj sezonskih promena u dostupnosti sirovina. Takođe, skladištenje olakšava mešanje dva ili više kosupstrata u cilju kontinualnog napajanja digestora. Prostor za skladištenje zavisi od sirovine koja se koristi. Na osnovu toga, prostor za skladištenje se može podeliti na silose za čvrste sirovine (na primer, kukuruzna silaža) i rezervoare za tečne sirovine (na primer, tečni i čvrsti stajnjak).



Skladištenje čvrstih sirovina

Skladišta za čvrstu sirovinu imaju, najčešće kapacitet za skladištenje sirovine duže od godinu dana, dok rezervoari za stajnjak imaju kapacitet da skladište sirovinu nekoliko dana. Dimenzije prostora za skladištenje zavise od količina koje se skladište, intervala dopremanja sirovine i dnevnih potreba digestora.

Silos se često koriste kao za skladištenje energetskih useva koji se koriste za proizvodnju biogasa. Silaža mora biti napravljena od materijala sa odgovarajućim sadržajem vlage (55-70%, što zavisi od načina skladištenja, stepena kompresije i količine vode koja će se izgubiti tokom skladištenja). Silaža podleže fermentacionom procesu tokom kog fermentativne bakterije koriste ugljene hidrate i proizvode acetat, propionat, laktat i butirat koji služe za konzervisanje silaže. Usled procesa fermentacije silaža ima niži sadržaj energije u odnosu na polazni biljni materijal.

U pojedinim zemljama silaža se skladišti u betonskim silosima ili u vidu velikih gomila na zemlji. Silaža se presuje poljoprivrednim mašinama (na primer, traktorima) kako bi se što čvršće sabila i istisnuo vazduh. Minimiziranje prisustva vazduha je neophodno u cilju izbegavanja aerobnih procesa. Iz tog razloga se silaža često pokriva plastičnim folijama, slojem silaže trave ili pšenice.

Pri skladištenju se mora voditi računa da tokom fermentacije dolazi do oslobađanja tečnosti koja može kontaminirati izvore vode. Zbog visokog sadržaja nutritijenata može se izazvati eutrofikacija površinskih voda.

Skladištenje sirovina koje se transportuju pumpama

Ovakve sirovine se najčešće skladište u zatvorenim armiranim betonskim rezervoarima u ili iznad zemlje. Kapacitet rezervoara je dovoljan za skladištenje sirovine sakupljenih tokom jednog ili dva dana. Kako bi se sprečilo širenje mirisa, rezervoar treba biti pokriven materijalom koji istovremeno omogućuje i lako otvaranje i uklanjanje naslaga. Ukoliko se skladišni rezervoar nalazi iznad digestora, izostavlja se upotreba pumpe što doprinosi uštedi energije.

Kosupstrati se mogu unutar skladišnog rezervoara mešati sa glavnim supstratom, sitniti, homogenizovati i transformisati u smešu koja se može transportovati pumpama. Mora se izbegavati taloženje, stvaranje plutajućih slojeva i začepjenja, kao i razdvajanje faza. Iz tog razloga, skladišni rezervoari su opremljeni mešalicama često u kombinaciji sa opremom za usitnjavanje sirovine.

Održavanje skladišnih rezervoara za tečne sirovine uključuje uklanjanje nataloženih slojeva peska i kamenja koji smanjuju kapacitet rezervoara. Sedimenti se mogu ukloniti transporterima, pumpama i sličnim uređajima.

Nekada je potrebno izvršiti sanitaciju supstrata industrijskog porekla tako da se oni moraju skladištiti posebno da bi se izbeglo mešanje. U cilju minimiziranja širenja neprijatnih



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use
Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



mirisa dopremanje, skladištenje i priprema sirovina se obavlja u zatvorenih halama opremljenim biofilterima vazduha. Na ovaj način se postiže i zaštita opreme, kao i odvijanje aktivnosti nezavisno od vremenskih uslova.

3.3.2 Priprema sirovina

Stanje u kome se nalazi sirovina utiče na tok i efikasnost anaerobne digestije. Glavni cilj prerade je ispunjavanje zahteva sanitacije i povećanje biorazgradivosti sirovine. Priprema sirovine ima značajni potencijal u smislu optimizacije procesa, povećanja brzine razgradnje i prinosa biogasa. Postoji nekoliko načina pripreme sirovina: mehaničko usitnjavanje, proces dezintegracije, hidroliza itd. Primena anaerobne digestije na čvrste supstance biološkog porekla često je ograničena zbog dugog vremena zadržavanja (20-30 dana) i niske efikasnosti razgradnje čvrstih organskih materija (30-50 %). Ovi ograničavajući činioci su, uglavnom povezani sa fazom hidrolize. Tokom hidrolize ćelijski zid biljnog materijala se razara, pri čemu se oslobađaju ćelijske komponente koje na taj način postaju dostupne acidogenim mikroorganizmima. Nekoliko autora je pokazalo da je hidroliza limitirajuća faza u anaerobnoj digestiji otpadnog mulja. Dodavanje aditiva može povećati brzinu produkcije biogasa u reaktoru, ali njihovi dodatni troškovi moraju biti u ravnoteži sa konačnim poboljšanjem efikasnosti.

3.3.3 Sortiranje i razdvajanje sirovina

Neophodnost sortiranja i odvajanja nečistoća iz supstrata zavisi od porekla i sastava sirovine. Silaža spada u najčistije tipove sirovina, dok stajnjak i otpad iz domaćinstava mogu sadržati kamenje i druge fizičke nečistoće. Ove nečistoće se najčešće odvajaju taloženjem u skladišnim rezervoarima i povremeno se moraju ukloniti iz rezervoara (slika 3.5, 3.8). U mnogim slučajevima koristi se dodatni rezervoar opremljen rešetkama koje zadržavaju kamenje i druge fizičke nečistoće pre upumpavanja u glavni rezervoar. Otpad iz domaćinstva može sadržati različite nečistoće (ostatke plastike, metala, drvata, stakla i drugih nerazgradivih materijala) koje mogu oštetiti pumpe, pa se moraju ukloniti mehaničkim, magnetnim ili ručnim metodama.

3.3.4 Sanitacija

U cilju smanjenja epidemiološkog i higijenskog rizika, neophodno je izvršiti sanitaciju određenih sirovina pre upumpavanja u digestor. Sanitacija se obavlja u odvojenim čeličnim rezervoarima povezanim sa sistemom za napajanje digestora. Parametri koji se prate tokom sanitacije su temperatura, minimalno vreme zadržavanja neophodno za potpunu sanitaciju, pritisak i zapremina. Sanitizovani materijal prolazi kroz razmenjivač toplote, pri čemu se deo toplote prenosi na svežu biomasu koja se upumpava u digestor.



3.3.5 Primena predtretmana

U cilju povećanja prinosa biogasa, sirovine se mogu podvrgnuti određenim predtretmanima koji smanjuju sadržaj isparljivih supstanci i povećavaju rastvorljivost. Predtretmani su posebno korisni u digestiji napojnih smeša sa visokim sadržajem celuloze ili lignina. Za predtretman otpada mogu se koristiti različiti postupci koji uključuju mehaničko, toplotno, hemijsko i biološko delovanje.

Termički predtretmani

Termički tretman se već dugi niz godina koristi u tretiranju otpadnog aktivnog mulja tako što se aktivni mulj podvrgava temperaturama od 150-200 °C i pritisku od 600-2 500 kPa. Na taj način se može značajno povećati proizvodnja metana pri mezofilnoj anaerobnoj digestiji i u manjem stepenu pri termofilnoj. Delovanje toplote izaziva raskidanje hemijskih veza ćelijskog zida i membrane, olakšavajući na taj način, rastvaranje ćelijskih komponenti. Termički predtretmani mogu imati različit stepen uticaja na anaerobnu digestiju, što zavisi od tipa otpada. Primena termičkih predtretmana povećava cenu dobijenog biogasa jer zahteva dovođenje značajne količine energije. Zbog toga, termički predtretmani se često koriste u kombinaciji sa nekom drugom vrstom pretrmana, na primer hidrolizom ili hemijskim pretrmanima .

Mehanički predtretmani

Obuhvataju različite načine fizičke dezintegracije ćelija supstrata i delimično rastvaranje njihovog sadržaja. Najčešće se koriste različite vrste mlinova, kao što su koloidni, mlin sa kuglama i slično. Smanjenjem veličine čestica povećeva se dostupnost supstrata, čime se povećava i brzina anaerobne digestije. Ovaj način pretrmana je naročito značajan za biljne materijale. Osim sitnjenja, često se kao metoda mehaničkog predtretmana koristi i homogenizacija pod visokim pritiskom (60 MPa). Suspenzija se, najpre komprimuje, a zatim se pritisak smanjuje propuštanjem kroz ventil, pri čemu su ćelije izložene turbulenciji, kavitaciji i naponu smicanja, što dovodi do njihove dezintegracije. Povećanje efikasnosti anaerobne digestije primenom ovih metoda je relativno nisko u poređenju sa ostalim metodama predtretmana.

Hemijski predtretmani

Dodatak određenih hemijskih agenasa dovodi do razgradnje ćelijskog zida i oslobađanja organskih supstanci iz ćelija. Razvijene su različite hemijske metode bazirane na različitim operativnim principima. Najčešće se koriste kisela i alkalna hidroliza i oksidativna degradacija sirovina. Kisela i alkalna hidroliza predstavlja proces dodavanja kiseline ili baze u cilju hidrolize materijala. Alkalni tretmani su naročito pogodni za digestiju biljnog materijala. Ovi postupci se najčešće odvijaju na nižim i srednjim temperaturama. U kontinualnim reaktorima alkalni tretmani mogu dovesti do smanjenja stepena degradacije acetata i glukoze usled nastajanja toksičnih komponenti tokom reakcije saponifikacije. Ograničenja ove metode



su u tome što dolazi do ekstremnih pH vrednosti, pa se sirovina mora naknadno neutralizovati. Oksidativna degradacija materijala obuhvata upotrebu kiseonika ili vazduha na visokim temperaturama (260 °C) i pritiscima (10MPa). Negativne strane primene ovog predtretmana su problemi sa neprijatnim mirisom, korozijom i visokim energetske troškovima. Najčešće se koriste metode ozonizacije i peroksidacije koje su bazirane na stvaranju hidroksil radikala (jako oksidaciono sredstvo).

Ultrazvučni predtretmani

Koriste se za razgradnju kompleksnih polimera u tretiranju otpadnog mulja. Pri tome se produkcija metana može povećati do 34% u odnosu na produkciju metana digestijom netretiranog mulja. Ovo je najsažniji metod za razgradnju ćelija mulja. Iako se primenom veće snage može postići potpuna dezintegracije ćelija, potrošnja električne energije u tom slučaju, postaje značajan nedostatak.

Biološka hidroliza

Zasniva se na dejstvu mikroorganizama i enzima i može dovesti do značajnog povećanja proizvodnje biogasa. Proces ne zahteva dovođenje energije i zasniva se na enzimski katalizovanim reakcijama razgradnje ćelijskog zida

3.3.6 Napojni sistem

Nakon skladištenja i pretretmana, sirovina se prebacuje u digester. Tehnika punjenja digestora zavisi od vrste sirovine. Transporte pumpe se najčešće koriste za napajanje digestora životinjskim stajnjakom i velikim brojem tečnih organskih otpada. Čvrste sirovine (na primer, kukuruzna silaža, fibrozni materijali, stajnjak sa visokim sadržajem slame...) dopremaju se u napojni sistem i zatim transportuju pužnim transporterom u digester. Sa mikrobiološke tačke gledišta, idealno rešenje za stabilan proces anaerobne digestije je kontinualni tok sirovine kroz digester. U praksi, sirovina se dodaje u nekoliko šarži tokom dana što štedi energiju, s obzirom da uređaji za napajanje nisu neprekidno u upotrebi.

Izbor napojnog sistema zavisi od kvaliteta sirovine, mogućnosti upumpavanja i intervala napajanja. Posebna pažnja se mora posvetiti temperaturi napojne smeše. Može doći do velike razlike temperature nove sirovine koja se doprema u digester i temperature procesa, ukoliko se pre procesa vrši sanitacija (do 130 °C) ili tokom zimske sezone (ispod 0°C). Temperaturna razlika može poremetiti mikrobiologiju procesa i izazvati gubitke u prinosu gasa, pa se zbog toga, mora izbegavati. Postoje različite tehnike rešavanja ovog problema, na primer upotreba toplotnih pumpi ili razmenjivača toplote za hlađenje ili grejanje sirovine pre ulaska u digester.



3.3.7 Armatura i cevovod

Armatura i cevovodi koji se koriste u biogas instalacijama moraju biti otporni na koroziju i pogodni za rad sa specifičnim tipovima materijala. Armatura kao što su spojnice, klizni ventili, otvori za čišćenje i manometri moraju biti dostupni i laki za održavanje. U nekim slučajevima je neophodno izvršiti izolaciju cevi. U cilju sigurnog funkcionisanja biogas postrojenja moraju biti ispunjeni određeni zahtevi vezani za osobine materijala, sigurnost i čvrstinu.

Cevovod za biomasu treba imati prečnik od 300 mm. Vraćanje supstrata iz digestora u skladišni rezervoar sprečava se odgovarajućim rasporedom cevovoda. Pri postavljanju cevovoda treba održati nagib od 1-2% kako bi se omogućilo potpuno pražnjenje. Takođe, instalacija mora biti zaptivena na odgovarajući način. Duge i iskrivljene cevi su podložne padu pritiska.

Cevovod za prenos gasa mora biti nagnut i opremljen ventilima kako bi se uklonio kondenzat. Čak i male količine kondenzata mogu dovesti do potpune blokade gasnog sistema usled smanjenja pritiska.

3.3.8 Zagrevanje digestora

Konstantna temperatura procesa u digestoru je jedan od najvažnijih uslova za stabilan rad postrojenja i visok prinos biogasa. Promene temperature, uključujući i promene izazvane godišnjim dobom ili vremenskim uslovima, kao i lokalne promene u različitim delovima digestora moraju biti što je moguće manje. Velike promene temperature dovode do usporavanja procesa anaerobne digestije i, u najgorem slučaju, neuspeh celokupnog procesa. Činioci koji mogu izazvati promene temperature mogu biti različiti:

- dodatak nove količine sirovine sa temperaturom različitom od temperature procesa,
- formiranje temperaturnih zona usled nedovoljne izolacije, neefektivnog ili pogrešno dimenzionisanog sistema za zagrevanje ili nedovoljnog mešanja,
- neadekvatno postavljanje grejnih elemenata i
- ekstremne temperature okoline tokom letnjih ili zimskih meseci.

Kako bi se postigla i održala stalna temperatura procesa i umanjili eventualni gubici toplote, digestor mora biti izolovan i zagrevanje treba vršiti spoljašnjim izvorom toplote. Najčešće se kao izvor toplote koristi toplota iz generatorske jedinice biogas postrojenja. Zagrevanje se vrši tokom procesa napajanja čime se izbegavaju promene u temperaturi procesa ili unutar digestora.



3.3.9 Digestor

Jezgro biogas postrojenje jeste digestor, gasno-nepropusni rezervoar u kome se odvija proces razgradnje sirovina i proizvodnje biogasa. Zajedničke karakteristika svih digestora je prisustvo sistema za napajanje i sistema za otpremanje biogasa i digestata.

Digestori mogu biti u vidu silosa, korita ili kotlina, a mogu biti smešteni na površini ili ispod zemlje. Veličina digestora određuje razmeru biogas postrojenja i kreće se od nekoliko kubnih metara, u slučaju malih postrojenja u domaćinstvima, do nekoliko hiljada kubnih metara, u slučaju velikih komercijalnih postrojenja, često sa više digestora. Tip digestora zavisi od sadržaja suve materije u supstratu.

3.3.10 Mešanje

Mešanje u procesu naerobne digestije obezbeđuje prenos organskih materija do mikroorganizama, jednakost temperature u svim delovima digestora, oslobodanje mehurova gasa iz materijala i raslojavanje materijala. Najčešće se obavlja diskontinualno, nekoliko puta dnevno ili nekoliko puta na sat, uz utrošak energije od 10 do 100 Wh/m³, što se omogućava odabirom tipa reaktora i konstrukcijom mešalice, kao i sadržajem čvrstih materija u napojnoj smeši. Usled podizanja gasnih mehurova i toplotne konvekcije, uvek postoji određeni stepen prirodnog mešanja u digestoru. Međutim, ovo mešanje je nedovoljno, tako da je neophodno dodatno mešanje. Metode za obezbeđivanje pomoćnog mešanja su:

- **eksterna recirkulacija pomoću pumpi** – fermentaciona tečnost se iz centra digestora pumpa kroz spoljašnje razmenjivače toplote, meša sa svežom tečnošću i upumpava nazad u digestor kroz raspršivače u osnovi ili na vrhu digestora kako bi se razbila pena (efikasnost mešanja je uslovljena brzinom toka što ograničava njegovu upotrebu, a može doći do začepjenja pumpe ili različitih mehaničkih oštećenja),
- **unutrašnje mehaničko mešanje** – mešanje se odvija mehaničkim sistemom za mešanje najčešće mešalicama sa ravnim lopaticama (mešalice se postavljaju na vrhu ili na stranama digestora) i
- **unutrašnje mešanje gasom** – sadržaj digestora se meša prolaskom mehurova gasa kroz tečnost (primena ovog sistema sprečava raslojavanje i stvaranje pene, pri čemu se protok gasa se kreće u opsegu 0,0045–0,007 m³/m³ min).

3.3.11 Skladištenje biogasa

Proizvodnja biogasa je podložna promeni količine nastalog gasa. Ukoliko se gas koristi u generatorskoj jedinici, potrebe za biogasom mogu varirati, pa je neophodno privremeno skladištiti biogas. Za skladištenje se koristi različita oprema. Najjednostavnije



rešenje je skladištenje u vrhu digestora pomoću nepropustne membrane koja služi i za pokrivanje digestora. U velikim postrojenjima biogas se skladišti odvojeno od digestora. Oprema za skladištenje mora biti gasno nepropustna i otporna na UV, temperaturu i vremenske prilike. Takođe, mora biti opremljena sigurnosnim ventilima. Kapacitet zavisi od veličine postrojenja i produkcije biogasa.

Komprimovanje biogasa smanjuje potrebe prostora za skladištenjem, koncentriše sadržaj energije i povećava pritisak. U tabeli 3.1 su prikazani načini skladištenja biogasa koji se najčešće koriste.

Tabela 3.1. Različiti načini skladištenja biogasa

Pritisak	Uredaj za skladištenje	Materijal
Nizak (0,14-0,41bar)	Sakupljač gasa	Čelik
Nizak	Gasna vreća	Guma,plastika
Srednji (1,05-1,97 bar)	Propan ili butan tank	Čelik
Visok (200 bar)	Komercijalni gasni cilindri	Legure

Veća postrojenja su opremljena bakljama u kojima se spaljuje višak biogasa, ukoliko nije moguće njegovo iskorišćenje za proizvodnju energije. Baklje moraju biti dizajnirane tako da spreče emisiju metana ili drugih proizvoda nepotpunog sagorevanja u atmosferu. Nekoliko neželjenih nusproizvoda sagorevanja biogasa mogu biti formirana u zavisnosti od udela vazduha, temperature i kinetike reakcije sagorevanja. Temperaturni opseg treba održavati od 850 do 1200°C, dok vreme spaljivanja ne treba biti manje od 0,3 sekunde.

3.4 ODRŽAVANJE POSTROJENJA ZA BIOGAS

Praćenje procesa uključuje kontrolu hemijskih i fizičkih parametara u cilju optimizacije procesa i izbegavanja inhibicije ili kolapsa produkcije biogasa. Pri tome je neophodno pratiti sledeće parametre:

- tip i količinu unetih sirovina (svakodnevno praćenje),
- temperaturu procesa (svakodnevno praćenje),
- pH vrednost (svakodnevno praćenje),
- količina i sastav nastalog gasa (svakodnevno praćenje),
- sadržaj masnih kiseline kratkih lanaca i



- nivo punjenja digestora.

Proces praćenja procesa najčešće obavljaju firme koje vrše konstrukciju i proizvodnju postrojenja. Kontrola rada biogas postrojenja je najčešće automatizovana, a moguća je i daljinska kontrola. Automatizovana kontrola obuhvata napajanje, sanitaciju, zagrevanje digestora, intenzitet i frekvenciju mešanja, uklanjanje sedimenata, transport sirovine kroz postrojenje, separaciju čvrsto/tečno, desulfurizaciju, dobijenu električnu i toplotnu energiju. Tip opreme za kontrolu i praćenje varira od jednostavnih tajmera do vizuelne kontrole sa daljinskim alarmnim sistemom. U praksi, oprema za merenje i tehničku kontrolu poljoprivrednih biogas postrojenja je često veoma jednostavna iz ekonomskih razloga.

3.4.1 Količina napajanja sirovinom

Količina sirovine koja se upumpava u digestor može biti određena meračima protoka. Merači protoka moraju biti otporni na sirovine koje se koriste. Za određivanje količine čvrste sirovine koja se dodaje u digestor mora postojati odgovarajuća oprema za merenje.

3.4.2 Nivo punjenja digestora

Praćenje nivoa punjenja digestora ili skladišnog rezervoara vrši se upotrebom ultrazvuka ili radara koji meri hidrostatički pritisak na dno digestora ili rastojanje do površine tečnosti.

3.4.3 Nivo punjenja gasnog rezervoara

Merenje nivoa punjenja gasnog rezervoara je naročito značajno za rad generatorskog postrojenja. Ukoliko je dostupno vrlo mala količina gasa, postrojenje će automatski prestati sa radom dok se nivo gasa ne poveća do potrebne minimalne vrednosti. Merenje nivoa se najčešće vrši manometarskim senzorima.

3.4.4 Temperatura procesa

Temperatura u digestoru mora biti konstanta, pa je potrebno neprekidno praćenje. U cilju praćenja temperature celokupnog procesa unutar digestora postoji nekoliko mernih tačaka. Dobijeni podaci omogućavaju automatsku kontrolu zagrevanja.



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use

Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



3.4.5. Vrednost pH

Vrednost pH supstrata obezbeđuje značajne informacije o procesu anaerobne digestije. Najčešće se meri vrednost reprezentativnog uzorka sadržaja digestora koji se uzorkuje u jednakim intervalima.

3.4.6 **Određivanje sadržaja isparljivih masnih kiselina**

Praćenje sadržaja isparljivih masnih kiselina olakšava ocenjivanje uspešnosti i optimizaciju procesa anaerobne digestije. Merenje obuhvata određivanje vrste i koncentracije masnih kiselina kratkih lanaca. Kontinualno merenje se ne može izvršiti na licu mesta, a otežano je i vršenje analiza u laboratorijama, s obzirom na vreme koje protekne od uzimanja uzorka do dobijanja rezultata. Kao alternativa ili dodatak praćenju sadržaja isparljivih masnih kiselina određuje se hemijska potrošnja kiseonika koja se može pratiti kontinualno.

3.4.7 **Količina biogasa**

Merenje količine nastalog biogasa vrši se meračima gasa i predstavlja značajan parametar u određivanju efikasnosti procesa. Promene u proizvodnji gasa mogu ukazati na poremećaj procesa i primenu odgovarajućih mera. Merači gasa se najčešće instaliraju direktno u gasovod.

3.4.8 Sastav biogasa

Sastav biogasa se može kontinualno pratiti analizama nastalog gasa i upotrebom odgovarajućih mernih uređaja. Rezultati mogu imati primenu u kontroli procesa anaerobne digestije i naknadnih procesa prečišćavanja gasa. Određivanje sastava gasa vrši se upotrebom senzora baziranih na prenosu toplote, absorpciji infracrvenog zračenja ili elektrohemijском očitavanju. Infracrveni senzori su pogodni za određivanje koncentracije metana i ugljen-dioksida. Elektrohemijski senzori se koriste za merenje koncentracije vodonika, kiseonika i vodonik sulfida. Merenje sastava gasa može se vršiti ručno ili automatski.

3.4.9 Održavanje digestora

Naslage teških materijala, kao što su pesak i drugi nerazgradivi materijali mogu nastati unutar kontinualnih digestora. Većina ovih materijala može se ukloniti tokom skladištenja sirovina ili tokom napajanja sistema. Velika količina peska se oslobodi tokom procesa anaerobne digestije unutar digestora. Životinjski stajnjak, ali i drugi tipovi biomase mogu



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use

Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



Bulgaria – Serbia
IPA Cross-border Programme

sadržati znatne količine peska. Njegovo nakupljanje u digestoru smanjuje radnu zapreminu digestora. Takođe, prisustvo peska tokom napajanja digestora opterećuje sistem za mešanje, pumpe i razmenjivače toplote izazivajući začepjenja, poremećaje u radu i habanje. Kontinualno uklanjanje nataloženih slojeva iz digestora može se rešiti upotrebom slivnika. Ukoliko je količina sedimenata velika, sistem za uklanjanje može biti van funkcije, pa je neophodno zaustaviti rad digestora i ručno ili mehanički ukloniti talog. Statički pritisak digestora velike visine se smatra dovoljnim za uklanjanje peska i mulja. Formiranje sedimenata i problemi koje mogu izazvati mogu se smanjiti:

- redovnim pražnjenjem rezervoara za skladištenje,
- omogućivanjem dovoljnog kapaciteta za skladištenje sirovina,
- primenom odgovarajućih metoda mešanja,
- adekvatnim rasporedom cevi za upumpavanje, kako bi se izbegla cirkulacija peska,
- izbegavanjem napojnih smeša sa velikim sadržajem peska,
- primenom posebno razvijenih metoda za izbacivanje peska iz digestora i
- sprečavanjem stvaranja pene.

Formiranje pene ili plutajućih slojeva može biti znak disbalansa procesa i često je izazvano tipom napojne smeše. Njihovo prisustvo može izazvati začepjenje gasovoda. Da bi se sprečilo začepjenje, gasovod treba biti postavljen što je moguće više u digestoru. Formiranje pene može se sprečiti postavljanjem senzora u gasnom delu digestora .

3.5 PROPISI REPUBLIKE SRBIJE ZA IZGRADNJU BIOGAS POSTROJENJA

Postrojenja na obnovljive izvore energije koja kao gorivo koriste biomasu/biogas su energetske objekti za obavljanje delatnosti proizvodnje električne i/ili toplotne energije. Postrojenje može proizvoditi samo električnu energiju, samo toplotnu energiju ili istovremeno električnu i toplotnu energiju (postrojenju sa kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije).

Izgradnja postrojenja na biomasu/biogas i obavljanje delatnosti proizvodnje električne i/ili toplotne energije u ovakvim postrojenjima su regulisani brojnim propisima Republike Srbije koji se mogu podeliti na dve grupe. Prva grupa propisa obuhvata oblast izgradnje konkretnog energetske objekta i način dobijanja građevinske dozvole za ovakav objekat, kao i način utvrđivanja podobnosti objekta za upotrebu i pribavljanje upotrebne dozvole samog objekta. Druga grupa propisa se odnosi na sticanja prava na obavljanje delatnosti proizvodnje električne i/ili toplotne energije. Sticanje prava na obavljanje delatnosti proizvodnje toplotne energije u postrojenju na biomasu se ostvaruje:



- sticanjem prava na obavljanje komunalne delatnosti od opšteg interesa i
- sticanjem prava na obavljanje energetske delatnosti (pribavljanje licence za obavljanje energetske delatnosti).

Prema Zakonu o energetici, postrojenja se mogu podeliti na:

- postrojenja koje koriste obnovljive izvore energije – biomasu/biogas,
- postrojenja sa kombinovanim proizvodnjom električne i toplotne energije (mogu steći status povlašćenog proizvođača električne energije ukoliko imaju instalisanu snagu do 10 MW).

Pravilnikom o kriterijumima za izdavanje energetske dozvole, sadržini zahteva i načinu izdavanja energetske dozvole, postrojenja se dele na:

- objekte za proizvodnju električne energije snage od 1 do 10 MW,
- objekte za proizvodnju električne energije snage preko 10 MW i
- objekte za proizvodnju toplotne energije instalisane snage preko 1 MW.

Izdavanje građevinske dozvole za postrojenja za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora snage 10 MW i više je nadležnost Ministarstva za poslove građevinarstva, odnosno autonomne pokrajine, a za postrojenja sa kombinovanom proizvodnjom snage ispod 10 MW nadležnost organa lokalne samouprave.

Uredba o uslovima za sticanje statusa povlašćenog proizvođača električne energije i kriterijumima za ocenu ispunjenosti tih zahteva definiše postrojenja koja mogu steći status povlašćenog proizvođača, i to:

- postrojenja na biomasu i biogas (elektrane) koje koriste biorazgradivu materiju nastalu u poljoprivredi, šumarstvu i domaćinstvu, koja obuhvata: biljke i delove biljaka, ostatke biljaka nastale u poljoprivredi (slama, kukuruzovina, granje, koštice, ljuske), stajnjak sa farmi, ostatke biljaka u šumarstvu (ostaci pri seči šuma), biorazgradive ostatke u prehrambenoj i drvnoj industriji koji ne sadrže opasne supstance i separisanu biorazgradivu frakciju komunalnog otpada i
- postrojenja (elektrane) sa kombinovanom proizvodnjom koja u procesu proizvodnje istovremeno proizvode električnu i toplotnu energiju koristeći fosilna goriva (ugalj ili prirodni gas), otpadne tehnološke gasove sa organskom frakcijom ili fosilna goriva u kombinaciji sa nekim obnovljivim izvorom energije otpadom ili otpadnim tehnološkim gasovima sa organskom frakcijom.

Prema potrebi Studije o proceni uticaja na životnu sredinu razlikuju se:

- postrojenja sa snagom od 50 MW ili više (Lista I) – postrojenja za koja je obavezna izrada Studije o proceni uticaja i



- postrojenja sa snagom od 1 do 50 MW, kao i projekti koji se realizuju u zaštićenom prirodnom dobru i zaštićenoj okolini nepokretnog kulturnog dobra, ali i u drugim područjima posebne namene (Lista II) – postrojenja za koja se može zahtevati izrada Studije o proceni uticaja.

3.5.1 Propisi za izgradnju postrojenja

Propisi za izgradnju postrojenja koje koriste biomasu/biogas kao gorivo, mogu se podeliti u tri osnovne grupe: propisi kojima je uređena oblast planiranja i izgradnje objekata, propisi kojima je uređena oblast zaštite životne sredine i propisi kojima je uređena oblast energetike.

Da bi se u Republici Srbiji izgradio i koristio bilo koji objekat, pa i objekat postrojenja na biogas, neophodno je da se ispune sledeći uslovi:

- pribavljanje energetske dozvole;
- pribavljanje lokacijske dozvole;
- pribavljanje građevinske dozvole;
- građenje objekta i
- tehnički pregled objekta i pribavljanje upotrebne dozvole.

Građenje objekata u Republici Srbiji, formalno, započinje dobijanjem građevinske dozvole, a vrši se na osnovu građevinske dozvole i tehničke dokumentacije, pod uslovima i na način utvrđen Zakonom o planiranju i izgradnji. Pravilnikom kojim se uređuje postupak i uslovi izdavanja energetske dozvole, utvrđeno je da je jedan od uslova za izdavanje energetske dozvole pribavljanje informacije o lokaciji ili lokacijske dozvole. Iz navedenog proizilazi da se postupak pribavljanja energetske dozvole može sprovesti pre ili posle pribavljanja lokacijske dozvole.

U postupku pribavljanja građevinske dozvole, za postrojenja na biomasu/biogas snage veće od 1 MW može se tražiti, a za snage veće od 50 MW je obavezna izrada Studije o proceni uticaja objekta na životnu sredinu. Za postrojenja snage preko 50 MW potrebno je i pribavljanje integrisane dozvole.

3.5.2 Sticanje prava na obavljanje delatnosti od opšteg interesa

Sticanje prava na obavljanje proizvodnje toplotne/električne energije obuhvata:

- sticanje prava na obavljanje delatnosti od opšteg interesa,



- licencu,
- odobrenje za priključenje,
- sticanje statusa povlašćenog proizvođača,
- građenje objekta i
- obavljanje delatnosti proizvodnje električne/toplotne energije.

Zakonom o energetici je utvrđena kategorija povlašćenih proizvođača električne energije. Postrojenja na biomasu/biogas po dva osnova mogu steći status povlašćenog proizvođača električne energije: prvo, u procesu proizvodnje koriste obnovljivi izvor energije i drugo, ukoliko u kombinovanom procesu proizvode električnu i toplotnu energiju.

Zakonom o energetici je utvrđeno da povlašćeni proizvođači električne energije imaju pravo na:

- podsticajne mere (obaveza otkupa električne energije od povlašćenog proizvođača, cene po kojima se ta energija otkupljuje - tabela 3.2) i period važenja obaveze,
- prvenstvo pri preuzimanju ukupno proizvedene električne energije u prenosni ili distributivni sistem, osim u slučaju kada je ugrožena sigurnost rada tih sistema i
- druga prava u skladu sa Zakonom o energetici i podzakonskim aktima ovog zakona, kao i drugim zakonima i propisima kojima se uređuju porezi, carine i druge dažbine, odnosno subvencije i druge mere podsticaja, zaštita životne sredine i energetska efikasnost.

Tabela 3.2 Otkupne cene električne energije prema vrsti elektrane i instalisanoj snazi

Vrsta elektrane	Instalisana snaga (P), MW	Podsticajna otkupna cena, c€/kWh
Elektrane na biomasu	do 1	13,26
	1-10	13,82-0,56* P
	preko 10	8,22
Elektrane na biogas	do 0,2	15,66
	0,2-1	16,498-4,188*P
	preko 1	12,31
Elektrane na biogas životinjskog porekla		12,31
Elektrane sa kombinovanom proizvodnjom na ugalj	do 10	8,04
Elektrane sa kombinovanom proizvodnjom na prirodni gas	Do 10	8,89



Cross-border competitiveness through renewable
energy and biomass use
Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the
Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



4. DEO

EKONOMSKI I EKOLOŠKI ASPEKTI PROIZVODNJE BIOGASA

4.1 FINANSISKA I EKONOMSKA ANALIZA IZRADNJE POSTROJENJA ZA PROIZVODNJU BIOGASA

4.1.1 Postupci u ostvarenju biogas postrojenja

Biogas postrojenja može da se ostvari sklapanjem ugovora sa glavnim preduzetnikom koji treba da potpuno realizuje projekat i izgradi instalacije. Isto tako, postoji mogućnost da investitor ili krajnji korisnik kupi projekat od glavnog projektanta, a sam organizuje izgradnju postrojenja. U oba slučaja, potrebno je poštovati određene korake, pri čemu moraju da se ispune svi tehnički i zakonski uslovi. Tehnički zahtevi (projektna dokumentacija i studija izvodljivosti) su slični nezavisno od države u kojoj se gradi postrojenje, dok su pravni zahtevi specifični i treba u potpunosti da se ispoštuju.

U nastavku (slika 4.1) su prikazane aktivnosti, potrebne dozvole i dokumenta neophodna za puštanje postrojenja u pogon i početak isporuke energije. Neke od aktivnosti zahtevaju potpuni završetak predhodne (na primer, raspisivanje tendera za izvođača nije moguća dok nisu dobijene energetske i lokacijske dozvole), dok se neke odvijaju istovremeno (na primer, istovremena izrada studija izvodljivosti i traženja izvora finansiranja). Prikazane aktivnosti su pojednostavljene, ali obuhvataju najvažnije elemente. U cilju pravovremenog odlučivanja, posebnu pažnju potrebno je posvetiti donošenju odluka, to jest odlučivanju o mogućem odustajanju od projekta, jer kasnije odustajanje uzrokuje povećane troškove.

Prva i najznačajnija mera je dobijanje lokacijske dozvole, odnosno proveriti da li je gradnja na odabranoj lokaciji dozvoljena. Drugi korak je provera energetske uslova, priključenja na elektroenergetsku mrežu, jer ukoliko je biogas postrojenje udaljeno od mesta priključivanja, to može značajno uticati na ekonomske parametre, jer su ulaganja u dalekovod visoka.

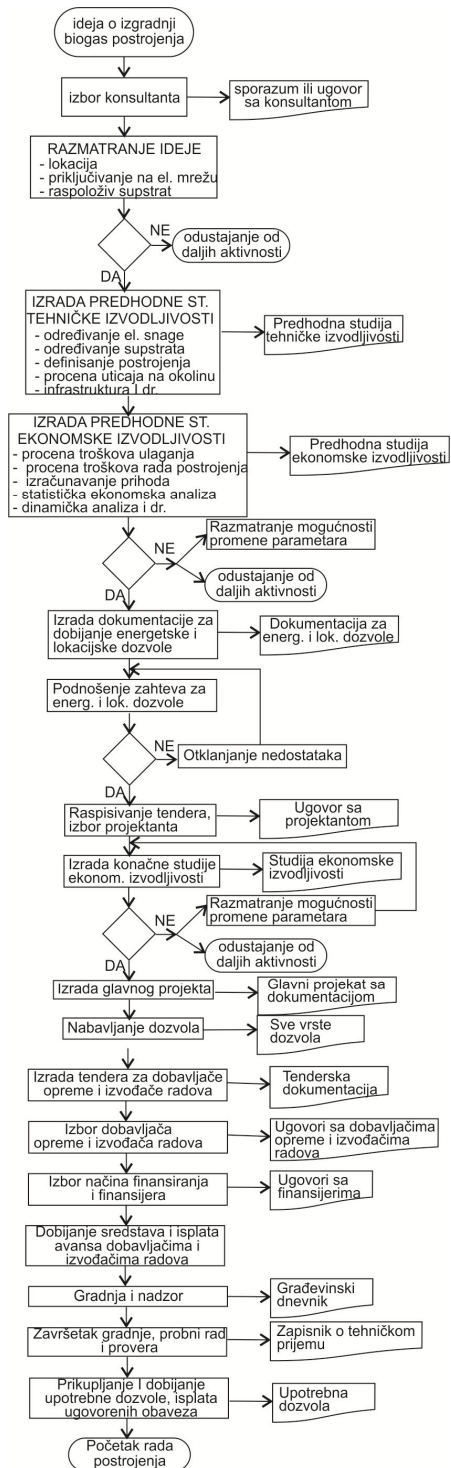


Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use
Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



Bulgaria – Serbia
IPA Cross-border Programme



Slika 3.10 Dijagram toka realizacije biogaz postrojenja



4.1.2 Izrada studije tehničke izvodljivosti

Izrada studije tehničke izvodljivosti započinje podacima o raspoloživim količinama, ceni i dostupnosti supstrata za proizvodnju biogasa, kako bi se definisala veličina i snaga postrojenja. Nakon toga, izračunava se se godišnja proizvodnja biogasa na osnovu literaturnih podataka (tabela 4.1). Izračunati podaci predstavljaju procenu, jer je prinos biogasa menja zavisno od sadržaja vlage i udela organske mase u supstratu. Zbog toga, precizniji podaci se mogu dobiti određivanjem udela suve i organske biomase u supstratu. Proračun moguće dnevne proizvodnje biogasa sprovodi se za svaku vrstu supstrata posebno, a ukupna količina računa se kao zbir proizvodnje iz svih supstrata.

Tabela 4.1 Približna količina biogasa koja se može očekivati preradom supstrata

		Količina dobijenog biogasa, m ³ /god
Stajnjak od	Količina stajnjaka, m³/god	
10 mlečna krava (500 kg)	180	4000
10 goveda (350 kg)	110	2570
100 krmača (250 kg)	5,5	110
10 svinja (70 kg)	20	310
100 koka nosilja (2 kg)	-	460
100 ćurki (7 kg)	10	1600
Biljni supstrat	Ukupna masa, t/ha/god	
Kukuruzna silaža	40	6830
Silaža biljne mase	35-40	6140
Silaža trave	25-30	2770
Žitarice	8-10	4020
Šećerna repa	100	6080
Krompir	50	6780
Slama	8-10	1970
Dodaci za kofermentaciju	Količina, t/god	
Mast	1	90-100
Organsko smeće	10	50
Ostatak iz proizvodnje piva	10	100-120
Ostatak iz proizvodnje skroba	10	100-110

Na osnovu proračunate godišnje količine biogasa, potrebno je odrediti optimalnu instaliranu snagu postrojenja. Ukoliko se izračuna manja snaga, sav proizveden gas neće biti iskorišćen, biće spaljen u gasnoj baklji ili ispušten u atmosferu, što negativno utiče na životnu



sredinu. Izbor prevelike snage postrojenja uzrokuje velike i nepotrebne troškove. Pri proračunu kapaciteta snage postrojenja za sagorevanje gasa, dodaje se 10% od potrebne, jer postrojenje ne može da ostvari neprekidan rad 24h dnevno zbog održavanja, popravki i dr., pa se projektom predviđaju i skladišta za biogas. Zbog toga, u proračunu se najčešće usvaja rad postrojenja od 22h dnevno, odnosno 8000h godišnje. Isto tako, potrebno je poznavati udeo metana u biogasu i njegovoj energetskej vrednosti koji značajno utiče na potrošnju goriva od strane motora.

Proračun proizvedene električne i toplotne energije se utvrđuje energetskeim bilansom, na osnovu kojeg se izračunavaju prihodi. Energetskeim bilansom se određuje potrebna energija za rad pogona (pumpe, kompresori, mešalice, dozatori...) i obično se ona određuje na nivou 4-20% od proizvedene.

Kako je neophodno neprekidno hlađenje motora na biogas, postrojenje mora da ima najmanje jedan razmenjivač toplote. Moguća ugradnja drugog razmenjivača toplote omogućuje dobijanje toplotne energije sagorevanjem gasa koji nije neophodan motoru. Razmenjivač toplote motora proizvodi toplotu za potrebe grejanja (temperatura vode 70-90°C), dok se sagorevanjem (temperatura sagorevanja oko 500°C) može dobiti tehnološka vodena para za različite potrebe. Ukoliko su predviđena oba razmenjivača toplote, toplotna snaga postrojenja je 10-40% veća od električne snage zavisno od tipa motora. Toplotna energija za potrebe procesa zavisi od: režima procesa (mezofilni ili termofilni), izolacije digestora, vrste supstrata i drugo. Najpre se izračunava toplota koja potrebna za zagrevanje svežeg supstrata koja zavisi od specifične energije supstrata i razlike temperature supstrata i temperature u fermentoru. Obično se predviđa da je oko 30% energije potrebna za zagrevanje supstrata.

Pored proračuna električne i toplotne snage, potrebno je dimenzionisati fermentor i rezervoare za skladištenje supstrata i ostatka nakon fermentacije. Ukoliko je supstrat stajnjak, rezervoar za skladištenje se, obično, dimenzioniše da može da primi jedonedeljnu količinu stajnjaka. Dodatni supstrat (na primer, silaža) se posebno skladišti (preporuka, veličine da primi dvodnevnu količinu koja se ubacuje u fermentor) i po potrebi prebacuje u fermentor.

Zapremina fermentora se računa prema količini svežeg supstrata koji je raspoloživ i vremena zadržavanja supstrata u njemu. Rezervoar za skladištenje ostatka nakon fermentacije treba da bude zapremina koja je dovoljna da primi količinu ostatka za 6 ili 12 meseci.

Kod izbora lokacije za izgradnju biogas postrojenja potrebno je posvetiti pažnju korišćenju postojeće infrastruktura kako bi se smanjili troškovi investicije. Neophodna infrastruktura za rad biogas postrojenja je pristup javnoj električnoj mreži, putevima i tekućoj vodi. Zemljište ne sme da ima visok nivo podzemnih voda i mogućnost plavljenja. U cilju smanjenja transportnih troškova, postrojenje treba da se izgradi blizu mesta nastanka ili proizvodnje supstrata. Ako se kao supstrat koristi stajnjak, biogas postrojenje trebalo bi da bude u blizini staja ili mesta za njegovo odlaganje kako bi se transport obavljao pumpama. Isto tako, silosi sa silažom treba da su što bliže postrojenje, jer bi dopremanje silaže sa drugih udaljenih mesta moglo značajno da utiče na cenu supstrata.

Površina lokacije treba da je dovoljna za sve delove biogas postrojenja (fermentori, rezervoari, kogenerativno postrojenje), ali i za transport i manipulaciju supstrata koji se



koriste. Zato je veličina lokacije svakog postrojenja specifična, a najviše zavisi od tehničko-tehnološkog koncepta postrojenja i supstrata koji se koriste. Na primer, ukoliko se kao sirovina koristi silaža kukuruza, površina lokacije za celo biogas postrojenje trebalo bi da je dvostruko veće od površine trenč-silosa (silos u obliku rova).

Posebna pažnja se posvećuje da biogas postrojenje nema uticaj na životnu i radnu sredinu. Biogas postrojenje treba da je dovoljno udaljeno od stambenog naselja zbog buke i širenja neprijatnih mirisa.

Kako bi se povećalo iskorišćenje toplotne energije, potrebno je da korisnici toplotne energije budu u neposrednoj blizini. Zbog neophodnog uslova da biogas postrojenje bude udaljeno od stambenih delova, smanjena je mogućnost korišćenja toplotne energije za zagrevanje. Zbog toga, najbolje je da se na lokaciji biogas postrojenja izgradi sistem sa potrebom koja može biti zadovoljavena proizvedenom toplotnom energijom.

4.1.3 Izrada prethodne studije ekonomske izvodljivosti

Podaci iz studije tehničke izvodljivosti koriste se za finansisku procenu, odnosno izradu studije ekonomske izvodljivosti proizvodnje i korišćenje biogasa. Studijom tehničke izvodljivosti određeni su svi podaci na osnovu kojih se izračunavaju troškovi, prihodi ili uštede tokom rada biogas postrojenja. Izrada prethodne studije ekonomske izvodljivosti podrazumeva razmatranje investicija za izgradnju i sve moguće troškove i prihode tokom rada biogas postrojenja. Na osnovu toga, određuje se ukupna investicija i struktura investicije za pojedine delove biogas postrojenja. Ovom studijom se određuje i veličina specifične investicije, odnosno investicija po kW instalirane električne snage, pri čemu ona opada sa povećanjem. Na primer, u literaturi je prikazano da odnos specifične investicije za postrojenja 100, 500 i 1 000 kWe iznosi 100:65:50, što znači da se pri desetstruko većoj nominalnoj snazi, vrednost specifičnih investicionih ulaganja dvostruko manja.

Struktura investicije

Udeli investicija za pojedine delove biogas postrojenja su različiti od slučaja do slučaja i od različitih uslova u nekom regionu. Struktura investicije je za svako postrojenje različita, jer neka postrojenja ne moraju da imaju svu opremu. Naime, različiti su tehničko-tehnološki koncepti postrojenja, mogućnosti plasmana proizvedene energije, skladištenje i manipulacija supstrata itd. Pored toga, potrebno je uzeti u obzir specifične investicione troškove za svako postrojenje posebno. Specifični investicioni troškovi mogu da podrazumevaju, na primer opremu za iskorišćenje toplotne energije, gde je potrebno da se investira u trase toplovoda, grejna tela, sušare i slično. Struktura investicije obuhvata sledeće troškove biogas postrojenja:

- zemljište (ne uzima se u proračun kada investitor poseduje parcelu koja zadovoljava kriterijume za izgradnju),



- fermentor - investicije za fermentor sa pratećom opremom, izolacije, grejanje, mešalica, pumpa i cevovodi (udeo ove investicije u ukupnoj je 20 - 50 %),
- kogenerativno postrojenje – specifične investicije po instaliranoj električnoj snazi zavise od proizvođača i nivoa opreme, a najskuplja je kontejnerska forma sa potrebnom opremom i razmenjivačima toplote (tada investicija može da bude dvostruko veća u poređenju sa kupovinom samo motora sa generatorom, a obično iznosi oko 20-25% od ukupne investicije),
- građevine i silos - objekti sa potrebnom opremom za skladištenje i manipulaciju supstrata (trenč-silos i silažu, jame za stajnjak, mešač svežih supstrata, rezervoar za skladištenje ostatka fermentacije), udeo ove investicije je u visini investicije za fermentor,
- priključak na električnu mrežu – svi troškovi povezivanja na javnu elektrodistributivnu mrežu, a zavise od električne snage postrojenja, naponske mreže na koju se postrojenje priključuje i udaljenosti od mesta priključenja (investicije za transformatorsku stanicu sa transformatorom, električne vodove sa stubovima, opremu za merenje količine isporučene i procesne električne energije, zaštitnu opremu i drugu infrastrukturu mogu da dostignu 15% ukupne investicije),
- infrastruktura i ostali priključci – izgradnj pristupnih puteva, priključaka za vodu, nabavku i montažu električnih instalacija i kontrolno-upravljačkih uređaja (visina ove investicije je u nivou investicije za priključenje na električnu mrežu),
- ostale mašine – mašine za manipulaciju supstratom, a ukoliko se biogas proizvodi iz silaže kukuruza, neophodno je da postrojenje ima dozator koji ubacuje masu u fermentor (udeo investicije za ovu vrstu opreme je oko 5 %, a može da dostigne i 10 % od ukupne i investicija za ove mašine može se smatrati celokupnom kada se one koriste isključivo za rad na biogas postrojenju, samo deo investicije se računa kada se one koriste i za druge poslove na gazdinstvu) i
- projektovanje i dozvole, ostalo – troškovi usluga konsultanata, planiranja, projektovanja, izrade studije izvodljivosti, izrade tehničke dokumentacije, puštanja u pogon, dobijanja potrebnih dozvola i drugi administrativni troškovi (za manja postrojenja udeo u ukupnoj investiciji je oko 3%).

Troškovi biogas postrojenja

Najvažniji troškovi koji nastaju pri radu biogas postrojenja su:

- troškovi supstrata - najveći udeo troškova, posebno kada se koristi silaža kukuruza, dok se za stajnjak sa sopstvene farme računa se da je njegova cena nula (u izuzetnim slučajevima stajnjak se kupuje, tada je potrebno izračunati transportne troškove),
- troškovi osnovnih sredstava - amortizacija (vek projekta se računa na 20 godina, a većina opreme osim građevinskih objekata ima radni vek kraći od 20 godina, na primer kogenerativno postrojenje 7 godina, proračunom amortizacije obezbeđuje se održivo poslovanje), kamate (obračunava se ne samo na pozajmljena sredstva iz banaka, već i na sopstvena, pri čemu na sopstvena sredstva računa se ona visina kamate po kojoj bi



sopstvena sredstva mogla da se oroče u banci; kako su u mnogim zemljama na raspolaganju povoljni krediti, korišćenje sopstvenih sredstava je nepovoljnije), održavanje (troškovi redovnog održavanja delova biogas postrojenja mogu da iznesu 2 do 3,5 % od ukupne investicije, a za manja postrojenja do 5 %) i osiguranje (poželjno je sklapanje ugovora o osiguranju postrojenja od elementarnih nepogoda i požara, ali i osiguranje imovine i lica, pri čemu obračun troška za osiguranje na godišnjem nivou najčešće može da bude 0,5 % ukupne investicije) i

- pogonski troškovi - procesna energija (električna i toplotna energija za pogon raznih mašina, a može ponekad da bude 20 % od proizvedene; često se potrebna toplotna energija, koja može dostići 30 % proizvedene ne računa kao trošak), radna snaga (radnici koji opslužuju, održavaju, kontrolišu i upravljaju biogas postrojenjem obavljaju i druge poslove na samom imanju ili farmi; potrebno je da su jedan do tri radnika tehnički obučeni i kvalifikovani za kontrolu i upravljanje procesom), transport (troškovi transporta, na primer, zbog transporta ostatka fermentacije, a to je materijal koji se distribuira na vlastite njive, kao stajnjak, pa se tada ovaj trošak ne uzima u obzir), potrošni materijal (troškovi za potrošne materijale koji ne spadaju u popravke, a to su ulje i filteri za motor, svećice, utrošak vode itd.) i analize (troškovi analiza supstrata i ostatka fermentacije čime se redovno prati stabilnost procesa i stepen razgradnje supstrata; analize se sprovode mesečno ili nekoliko puta godišnje u odgovarajućoj laboratoriji u okviru biogas postrojenja ili izvan njega).

Prihodi biogas postrojenja

Pri izradi studije ekonomske izvodljivosti, potrebno je razmotriti mogućnosti ostvarivanja prihoda biogas postrojenja. Pored prihoda od prodaje električne energije, dodatni prihodi se mogu ostvariti plasmanom toplotne energije i prodajom ostatka fermentacije kao đubriva. Poseban prihod se može osvariti i, na primer rešavanjem organskog otpada neke fabrike kojoj on predstavlja problem, a koji se može iskoristiti u biogas postrojenju kao dodatni supstrat. Prihod biogas postrojenja može biti:

- električna energija - jedini prihod u najvećem broju slučajeva, neisplativo po redovnim cenama, ali sve države u EU omogućuju povlašćene cene za isporučenu električnu energiju iz biogas postrojenja u elektrodistributivni sistem (povlašćene cene se razlikuju u zavisnosti od nominalne snage postrojenja, korišćenog supstrata, kao i postovanja tehnoloških i bonusa zbog doprinosa zaštiti okoline i iskorišćenja toplotne energije),
- toplotna energija – prihod u slučaju da se prodaje drugom potrošaču, a ušteda kada za sopstvene potrebe zamenjuje druga vrsta goriva; najidealnije kada u blizini postrojenja postoji potrošač s ujednačenim potrebama za grejanje stambenog ili poslovnog prostora, plastenici, kao i za hlađenje primenom apsorpcionih uređaja i
- ostatak fermentacije – prihod ukoliko postoji mogućnost prodaje drugom poljoprivredniku, a ušteda se primenjuje na sopstvenim poljima (potrebno uraditi analizu sastava makroelemenata (N, P, K) i time odredi koja količina mineralnog đubriva može da se zameni i ostvari ušteda).



Finansijska ocena

Studija ekonomske izvodljivosti treba da sadrži ocenu opravdanosti ulaganja sa finansijskog aspekta, odnosno uporedni pregled finansijskih efekata kroz vrednosti investicija i specifičnih vrednosti investicija (investicija/instalirana električna snaga, €/kWe), pri čemu se upoređuju prihodi i neto dobiti. Parametri za finansisku ocenu mogu biti statički (ekonomičnost, vreme vraćanja ulaganja) ili dinamički (neto sadašnja vrednost, relativna neto sadašnja vrednost, interna stopa rentabilnosti, stepen sigurnosti ulaganja). Dinamički parametri su važniji, jer se njihovim korišćenjem u obzir uzima i vremenska promena vrednosti novca (diskontovani tokovi).

- Ekonomičnost - najjednostavniji parametar, odnos prihoda i rashoda (potrebno je da bude veći od 15%).
- Vreme vraćanja ulaganja - vreme potrebno za povraćaj uložених sredstava (izračunava se odbijanjem godišnjih neto priliva od vrednosti investicije, a godina u kojoj vrednost dostigne nulu predstavlja vreme vraćanja ulaganja), kriterijumi su da bude manje od 10 godina.
- Neto sadašnja vrednost - zbir diskontovanih neto prihoda projekta (da bi projekat bio prihvatljiv, neto sadašnja vrednost projekta mora biti veća od nule, odnosno da pozitivni efekti nadmašuju troškove ulaganja).
- Relativna neto sadašnja vrednost - ispravlja nedostatak neto sadašnje vrednosti, jer predstavlja odnos između neto sadašnje vrednosti i vrednosti investicije (da bi investicija bila isplativa, relativna neto sadašnja vrednost takođe mora biti veća od nule).
- Interna stopa rentabilnosti - diskontna stopa koja zbir diskontovanih neto primitaka projekta izjednačava sa sadašnjom vrednosti investicije (daje informaciju o maksimalno prihvatljivoj prosečnoj godišnjoj kamatnoj stopi na ukupne izvore finansiranja i potrebno je da bude veća od 15%).
- Stepen sigurnosti ulaganja - odnos neto poslovni prihodi sa porezom na dobit prema ukupnim obavezama po kreditu (pokazuje koliko puta je stanje na računu na kraju godine veće od obaveza po kreditu u toj godini), poželjno da iznosi 1,5, a minimalno 1 (vrednost ispod 1 ukazuje na nesposobnost vraćanja kredita).

Finansiska ocena treba da proceni moguće promene uslova na tržištu tokom višegodišnjeg rada biogas postrojenja, odnosno da se sprovede senzitivna analiza. U senzitivnoj analizi se proverava osetljivost projekta na povećanje vrednosti investicije, troškova za nabavku sirovina, kao i na povećanje prihoda usled mogućeg porasta cena za plasiranu energiju. Preporučljivo je da se u prethodnoj studiji ekonomske izvodljivosti analiziraju dve ili više varijanti za izgradnju biogas postrojenja. Varira se veličina postrojenja, različite vrste supstrata, mogućnost plasmana toplotne energije itd. Za svaku varijantu sprovodi se finansijska ocena, a investitor se opredeljuje za najpovoljniju.



4.2 PRORAČUN ISPLATLJIVOST BIOGAS POSTROJENJA U ZAVISNOSTI OD INSTALIRANE SNAGE I VRSTE SUPSTRATA

Kako je već napomenuto, studijom tehničke izvodljivosti određeni su podaci na osnovu kojih se izračunavaju troškovi, prihodi ili uštede tokom rada biogas postrojenja. Izrada prethodne studija ekonomske izvodljivosti podrazumeva razmatranje investicija za izgradnju i sve moguće troškove i prihode tokom rada biogas postrojenja.

U zavisnosti od instalirane snage generatora i vrste supstrata, različita su ulaganja u izgradnju postrojenja. Postoji veliki broj projektanskih firmi i proizvođača opreme osposobljenih da pruže informacije o potrebnim investicijama za izgradnju biogas postrojenja različite snage zavisno od vrste i količine dostupnog supstrata. Osim toga, na Internetu je moguće pronaći znatan broj sistema za proračun i izradu projekta biogas postrojenja. U nastavku su prikazani primeri proračuna vrednosti investicije zavisno od vrste supstrata i instalirane snage postrojenja, a na osnovu kalkulatora sa Interneta, kao i ponude profesionalnog proizvođača.

4.2.1 Proračun isplativosti biogas postrojenja zavisno od vrste supstrata

Vrsta supstrata uslovljava i prinos biogasa, pa samim tim, i prihod koji postrojenje donosi. Orjentacioni podaci o količini biogasa koji se može dobiti iz različitih vrsta supstrata su već razmatrati i prikazani u tabeli 4.1. Uočava se da se najveća količina biogasa po jedinici sirovine može dobiti iz stajnjaka preživara i silirane biomase kukuruza, sirovina koje se trenutno najviše koriste u postojećim instaliranim industrijskim postrojenjima. Ekonomska iskustva iz SAD pokazuju da je ekonomski opravdano investirati u izgradnju postrojenja za proizvodnju biogasa iz stajnjaka preživara, ukoliko farma ima više od 150 grla stoke.

Primeri za izgradnju i investicije, kao i moguća ušteda od biogas postrojenja zavisno od vrste dostupnog supstrata, prikazani su u tabeli 4.2. Osim podataka koji su navedeni i tabeli, ostali podaci koji su zajednički pri proračunu su sledeći:

- | | |
|---|----------------------------|
| • sati rada postrojenja godišnje | 8000 h |
| • efikasnost rada generatora | 70% |
| • odnos dobijene električne/toplotne energije | 0,57 |
| • energetska vrednost gasa | 6,5 kWh/m ³ |
| • povlašćena cena električne energije | 15 €/t/kWh |
| • amortizacioni vek generatora | 6 godina |
| • amortizacioni vek postrojenja | 20 godina |
| • godišnja kamata i rok otplate kredita | 4,5%, 6 godina |
| • osiguranje | 0,5% od ukupne investicije |



- | | |
|--|--------------------------|
| • održavanje generatora | 1,5 ct/kWh _{el} |
| • plate radnika | 15 €h |
| • zgrade, parcela i skladište za sirovine | nije računato |
| • ušteda i/ili zarada od toplotne energije | nije računata |
| • ušteda i/ili zarada od đubriva | nije računata |

Teško je upoređivati prikazane podatke zbog različitog porekla, cene i dostupnosti sirovine, cene uređaja, radne snage i kredita, kao i povlašćene cene. Ipak, prikazani primeri mogu poslužiti kao vodič pri razmatranju investitora o približnim ulaganjima, a na osnovu sirovine koja je dostupna i jeftina. Prikazane uštede i zarade mogu biti veće ukoliko se toplotna energija i preostalo đubrivo može iskoristiti ili plasirati i naplatiti. Isto tako, uštede mogu da budu i manje ukoliko investitor nema sopstvenu parcelu i skladište za sirovine. Pored teoretskih izvora sirovine, u tabeli je dat i proračun za postojeće poljoprivredno dobro iz Leskovca koje je zainteresovano za iskorišćenje otpada iz poljoprivrede i kuhinje.

Uočava se da veća investicija za izgradnju biogas postrojenja koje kao supstrat koristi stajnjak i/ili silažu, sirovine za koje postoje na tržištu ponude komercijalnih firmi, daje veće uštede i prihode. Značajan uticaj na troškove ima način obezbeđivanja sredstava za investiciju. Naime, ukoliko investitor ne ulaže sopstvena sredstva, već obezbeđuje kredit (minimalna godišnja kamata 4,5%), godišnji troškovi se uvaćavaju za oko 20% u slučaju izgradnje istog postrojenja koje koristi stajnjak od 500 krava kao supstrat (tabela 4.2). Međutim, ukoliko investitor sa iste farme želi da poboljša postrojenje sa silažom kukuruza sa 10h, a ukoliko poseduje silos za silažu, godišnja zarada u toku eksploatacije postrojenja uvećava se za oko 40% (sa 51 600 € na 75 300 €/god).

Živinarska farma sa 2000 koka nosilja i 500 ćurki i ukoliko je dostupan biljni materijal (slama) sa 20 ha, može biti motivisana za izgradnju biogas postrojenja, jer čak i u slučaju da 50% sredstava obezbeđuje iz kredita, može imati pozitivan godišnji bilans u toku eksploatacije postrojenja. Značajan prihod može ostvariti biogas postrojenje izgrađeno na farmi koja kao supstrat koristi samo biljni materijal. Sa oko 20 ha obradive površine (kukuruz, trava i ostali biljni materijal) može se ostvariti godišnji prihod od oko 25 000 € a koji je za oko 50% veći od prihoda od biogas postrojenja sa farme koje kao supstrat koriste isključivo životinjski otpad (16 500 €/god). Pored toga, početna investicija za biogas postrojenje na životinjskoj farmi je za oko 50% veća (154 000€ za poljoprivrednu farmu, 264 000 € za životinjsku farmu).



The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme

Tabela 4.2 Primeri za izgradnju, investicije i moguću ušteda od biogas postrojenja zaviso od vrste dostupnog supstrata

	Stajnjak od 500 mlečnih krava		Stajnjak od 300 goveda+200 svinja za uzgoj+100 krmača	Stajnjak od 2000 nosilja+500 ćurki+slama sa 20ha	Slama sa 20ha+ ostatak iz proizvodnje piva (500 t) i skroba (500 t)	Silaza od kukuruza sa 10ha, trave sa 5ha i drugog biljnog materijala sa 5 ha	Poljoprivredno dobro**
		+ silaza kukuruza sa 10 ha					
<i>Ukupna organska suva materija, t/god</i>	580	9120	260	150	150	210	130
<i>Količina biogasa³/god</i>	201440	269710	94280	56660	51230	112830	56850
<i>Fermentor zapremina, m³</i>	600	800	300	200	200	300	200
<i>cena, €</i>	150000	150000	50000	30000	30000	50000	30000
<i>Generator snaga, kWh</i>	71	94	33	20	18	40	20
<i>cena, €</i>	100000	100000	50000	30000	30000	50000	30000
<i>Skladište za stajnjak, €</i>	0*	140000	0	0	0	0	0
<i>Ukupna investicija, €</i>	275000	429000	264000	110000	110000	154000	66000
<i>% kredita sa 4,5% kamate</i>	100	0	0	50	0	0	100
<i>Godišnji troškovi, €</i>	26350	30150	21550	16150	15950	19550	14950
<i>Električna proizvedena energija kWh/god za prodaju</i>	568000	752000	264000	160000	144000	312000	152000
<i>Toplotna proizvedena energija kWh/god</i>	-22720	-30080	-10560	-6400	-5760	-12480	-6080
<i>Ušteda, €/god</i>	545280	721920	253440	153600	138240	299520	145920
<i>Odnos uštede - troškovi, €/god</i>	996500	1319300	463200	287700	252600	547400	266700
<i>1-6 god</i>	-328800	-435400	-152900	-92600	-83400	-180600	-88000
<i>7-20 god</i>	667700	883900	310300	188100	169200	366800	178700
<i>Ušteda, €/god</i>	81792	108288	38016	23040	20736	44928	23040
<i>Odnos uštede - troškovi, €/god</i>	+22642	+51642	+16466	+890	+4786	+25378	-510
<i>1-6 god</i>	+42042	+51642	+16466	+3790	+4786	+25378	+5290
<i>7-20 god</i>							

* - postojeće spremište za stajnjak i silos za silazu

** iz Leskovca sa 4 mlečne krave, 25 krmača, 100 svinja za uzgoj, silaza kukuruza sa 4ha, biljna silaza sa 2ha, slama sa 4ha, otpad iz kuhinje 36 t/godišnje.



U tabeli su prikazani i rezultati izračunavanja investicije, kao i mogućih ušteda i prihoda za poljoprivredno dobro u Leskovcu koje poseduje poljoprivredno zemljište oko 13,5 ha od čega je oko 8 ha obradivo (ječam, kukuruz, lucerka, trava i povrtarske kulture). Pored toga, poljoprivredno dobro ima farmu sa malim brojem mlečnih krava i svinja za uzgoj. Svakog dana, na farmi se dobija i oko 100 kg različitog kuhinjskog otpada koji može biti iskorišćen za dobijanje biogasa. Kako farma poseduje jamu za stajnjak, početna investicija za biogas postrojenje bi iznosilo oko 70 000 €. Godišnja ušteda ostvarena samo prodajom električne energije bila bi oko 20 000 €, ali postrojenje ne bi ostvarivala prihode u prvih 6 godina (negativan bilans oko 500 €), dok bi u preostalih 14 godina eksploatacije, finansijski bilans bio pozitivan (+5 000 €/god). Razlog male zarade je što poljoprivredno dobro ne raspolaže sopstvenim sredstvima za investiciju, pa je prinuđena da ulaganje zatraži kreditom. Realne uštede i zarade biće sigurno veće, ukoliko se uzme u obzir i ušteda od dobijene toplotne energije, jer dobro trenutno troši oko 240 t uglja godišnje za zagrevanje zgrada i obezbeđivanje tople tehničke vode.

4.2.2 Proračun isplativosti biogas postrojenja zavisno od instalirane snage

U ovom delu prikazani su vrednosti investicije, prihoda i vremena vraćanja ulaganja zavisno od instalirane snage, iskorišćenja toplotne energije i načina finansiranja izgradnje biogas postrojenja. U tabeli tabeli 4.3 uporedno su date procene za tri biogas postrojenja snage 150, 500 i 1 000 kWe. Godišnji neto dobiti predstavljaju neto uštede, ukoliko se neki proizvod realizuje u postojećem privrednom subjektu.

Osnovni izvor prihoda je od prodaje električne energije, a pretpostavlja se se celokupna proizvedena količina isporuči u javnu električnu mrežu. Kako postoji neizvesnost plasmana toplotne energije, za tri biogas postrojenja su razmatrane mogućnosti plasmana 0%, 30% i 70% toplotne energije. Prihodi i uštede od ostatak fermentacije (đubrivo) nisu računati, zbog neizvesnosti na tržištu i mogućnosti da se proda drugim licima ili distribuira na sopstvenim površinama. Isto tako, zbog neizvesnosti izvora finansiranja, sva finansijska proračunavanja urađena su u tri mogućnosti: finansiranje sopstvenim sredstvima, sa kreditom 50 % i sa kreditom 100% (rok otplate 6 godina, kamata 4,5 % godišnje). Za sva postrojenja, zajednički su sledeći podaci:

- | | |
|--|------------------------|
| • proizvedena električna energija prodana, % | 100 |
| • supstrat | stajnjak sa farmi |
| • sati rada postojenja godišnje | 8000 h |
| • energetska vrednost gasa | 6,5 kWh/m ³ |
| • povlašćena cena električne energije | 15 €/t/kWh |
| • amortizacioni vek generatora | 6 godina |
| • amortizacioni vek postrojenja | 20 godina |
| • godišnja kamata i rok otplate kredita | 4,5%, 6 godina |



- zgrade, parcela i skladište za sirovine nije računato
- ušteda i/ili zarada od toplotne energije nije računata
- ušteda i/ili zarada od đubriva nije računata

Ovim proračunom određena je i veličina specifične investicije, odnosno investicija po kW instalirane električne snage, pri čemu ona opada sa povećanjem instalirane snage (od 3 500 €/kWh za postrojenja od 500kWh na 2 500 €/kWh za postrojenje od 1 000 kWh), što znači da biogas postrojenja većih snaga postižu bolje finansijske efekte.

Kako se iz tabele 4.3 uočava, mala postrojenja (manje od 150 kWe), nisu privlačna za ulaganje po sadašnjim visinama investicija i povlašćenim cenama. Mala postrojenja bi postala finansijski isplativija ukoliko bi se povećale povlašćene cene ili uveli posebni bonusi za isporučenu električnu energiju.

Na finansijsku efekat postrojenja značajan uticaj ima plasiranje toplotne energije. Najpovoljniji finansijski efekat imaju postrojenja čije je vreme vraćanja investicije do 6 godina, a to su postrojenja snage 500 i 1 000 kWh (tabela 4.3), koja isporučuju deo proizvedene toplotne energije. Ni jedno od predloženih postrojenja ne zadovoljava finansijski efekat kada ne isporučuje toplotnu energiju. Finansijski je opravdano ulagati značajna sredstva u postrojenje snage 1 500 kWh, čak i potpuno iz kredita, ali samo u slučaju da bar 70% toplotne energije ima mogućnost plasmata. Ukoliko potpuno ne koriste toplotnu energiju, ova velika postrojenja nemaju potpuno finansijsko opravdanje.

4.2.3 Primer komercijalne ponude za izgradnju biogas postrojenja

Na svetskom i tržištu EU postoji veliki broj firmi koje se bave projektovanjem, izgradnjom i investiranjem u biogas postrojenja. U tabeli 4.4 prikazani su potpuni investicioni troškovi i ekonomska efikasnost biogas postrojenja FarmPower instalisane snage 1 400 kWh električne energije. U proračun nisu prikazane vrednosti prihoda i uštede od prodaje toplotne energije i ostatka fermentacije.



The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme

Tabela 4.3 Prihodi i vreme vraćanje ulaganja zavisi od instalisane snage, iskorišćenja toplotne energije i načina finansiranja izgradnje biogas postrojenja

Snaga generatora, kWh	Investicija, €	Proizvedena električna energija*, kWh/god	Specifična investicija postrojenja, €/kWh	Toplotna energija		Prosečan prihod**, €/god	Vreme vraćanja ulaganja, god		
				iskorišćenje, %	isporučena, kWh/god		0% kredita	50% kredita	100% kredita
150	521.000	1.222.000	3.500	70	673.750	210.250	8	9	10
				30	288.750	194.850	10	12	12
				0	0	183.300	12,5	14	15
500	1.510.000	4.044.000	3.000	70	2.180.500	693.820	5	5,5	7
				30	934.500	643.980	6	6,5	7,5
				0	0	606.600	8	8,5	9
1.000	2.675.000	8.308.000	2.500	70	4.477.620	1.425.304	4,5	5	6
				30	1.918.980	1.322.959	6	6	7
				0	0	1.246.200	7,5	8	9

* - izračunato za stepen iskorišćenja i prodaju 100% električne energije

** - izračunat po povlašćenju ceni od 15 €/kWh električne energije i 4 €/kWh toplotne energije



**Tabela 4.4 Investicioni troškovi i ekonomska efikasnost za biogas postojenje 1,4 MW
električne energije**

<u>Osnovna ponuda za BP 1.4MW_{el}</u>	Kol. [t/god]	Jedična cena [€]	Vrednost [€]
A) Investicionni troškovi			
a) Upravljanje projektom		450 000,00	450 000,00
b) Građevinarstvo izgradnja fermentora			1 205 000,00
zemljani radovi		80 000,00	
izrada fermentora		540 000,00	
izrada skladišta za ostatke nakon fermentacije		220 000,00	
skladišta za sirovine - prolazni silos		320 000,00	
temelji i šupe		45 000,00	
c) Izgradnja postrojenja			3 562 000,00
instalacioni radovi		125 000,00	
mašinska postrojenja		592 000,00	
instalacija za odvajanje		65 000,00	
modul za dopremanje		275 000,00	
oprema za mešanje		290 000,00	
instalacija za zagrevanje		145 000,00	
gasni zaštitni uređaj		265 000,00	
sakupljač gasa		360 000,00	
elektronika i upravljanje		235 000,00	
kogeneracijski modul		1 165 000,00	
transport i ostalo		45 000,00	
d) Dopunska oprema			208 000,00
ležeća vaga		35 000,00	
pripremni modul za sirovine		95 000,00	
dodatak za drobljenje		48 000,00	
vodovod		5 000,00	
pristupne i manipulativne površine		25 000,00	
e) Električna veza			110 000,00
provodnici		30 000,00	
trafoi i oprema za priključivanje		80 000,00	
<u>A) Investicioni troškovi ukupno: bez PDV</u>			<u>5 535 000,00</u>



The project is co-funded by EU through the
Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme

B) Godišnji troškovi	Kol. [t/god]	Jedična cena [€]	Vrednost [€]
a) Sirovine			432 500,00
slama od žita	4 000	15,00	60 000,00
kukuruzna silaža	10 000	25,00	250 000,00
transportni troškovi			
živinski stajnjak	10 600	5,00	53 000,00
goveđi stajnjak - tečni/čvrsti	5 500	5,00	27 500,00
raspršivanje ostatka nakon fermentacije	42 000	1,00	42 000,00
b) Operativni troškovi			350 000,00
upravljanje i svakodnevno funkcionisanje		80 000,00	
praćenje procesa		35 000,00	
servis i podrška kogeneracijskog modula		160 000,00	
osiguranje		20 000,00	
laboratorija		5 000,00	
servis, remont i ostalo		25 000,00	
drugo/rezerva		25 000,00	
energija=sopstvene proizvodnja (200 kW x 8760 h = 1.752.000 kWh _{el})			
<u>B) Ukupno godišnji operativni troškovi:</u>			<u>782 500,00</u>
<u>C) Prihodi/Godišnji rezultat</u>	Kol. [t/god]	Jedična cena [€]	Vrednost [€]
Prihodi od prodaje el. energije (1200 kW x 8150 h = 9.780.000 kWh _{el})			2 238 250,80
Minus operativni troškovi			782 500,00
<u>Godišnji rezultat</u>			<u>1 455 750,80</u>

D) Opcionalno

Prihodi od prodaje topl. energije
(1000 kW x 8150 h = 8.150.000 kWh_{topl})
Prihodi od prodaje biodubriva izdvajanjem iz
čvrste frakcije ≈ 15 000 t/god



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use
Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



4.3 FONDOVI ZA FINANSIRANJE PROJEKATA U OBLASTI OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Već niz godina u Svetu je na visokom nivou razvijena svest o prednostima korišćenja obnovljivih izvora energije u kojima na neposredan ili posredan način uživa daleko širi krug ljudi od onih koji u tim aktivnostima imaju finansijske interese. To je dovelo do toga da mnogobrojna tela (od lokalnih vlasti do Ujedinjenih nacija) zadužena za unapređenje javnih dobara (energetska bezbednost i sigurnost, čist vazduh, voda i zemljište, stabilna globalna klima...) usvoje mnogobrojna obavezujuća i neobavezujuća dokumenta u kojima se podstiče korišćenje obnovljivih izvora energije. Osnovani su mnogi fondovi pomoću kojih se javnim novcem podstiču ove aktivnosti, kao i neki mehanizmi koji omogućavaju onima koji ugrožavaju neka javna dobra na određenoj teritoriji, da novčano nagrade druge koji to javno čuvaju u većoj meri, nego što bi se od njih u uobičajenim okolnostima moglo očekivati.

U zavisnosti od toga da li je javno dobro čija se zaštita podstiče lokalno, lokalno-regionalno, nacionalno, regionalno, kontinentalno ili globalno, oni koji sprovode aktivnosti u kojima se koriste obnovljivi izvori energije obraćaju se na različite adrese u cilju obezbeđivanja dodatnih izvora finansiranja. Sredstva koja se dobijaju mogu biti bespovratna ili plasirana uz kamatne stope niže od onih koje uobičajeno važe na tržištu. Kao opšte pravilo može se reći da ova sredstva služe za prevazilaženje postojećih prepreka, ublažavanje poslovnih rizika u datom okruženju ili skraćivanje dugih rokova vraćanja sredstava.

Kvalitet projektnog dokumenta presudno utiče na mogućnost finansiranja ideje iz bilo kog od izvora. Kako ovi fondovi podstiču čuvanje ili povećanu proizvodnju tačno određenih javnih dobara, projektni dokument mora jasno pokazati kako će sprovođenje projektnih aktivnosti uticati na to javno dobro. Smatra se da je loša priprema projekata jedan od glavnih razloga slabog korišćenja raspoloživih novčanih sredstava. Neki od fondova predviđaju tehničku pomoć i u ovoj fazi projektnog ciklusa.

Značajan uticaj na finansijsku ocenu imaju izvori finansiranja za izgradnju biogas postrojenja. Većina zemalja Evropske unije podstiče ovakve projekti dodelom nepovratnih sredstava za cela ili deo ulaganja, ili se nude posebno povoljni krediti. Razlog je jednostavan, jer se podsticanjem ovakvih projekata doprinosi realizaciji nacionalnih ciljeva u pogledu energetske efikasnosti, korišćenju nacionalnih ljudskih i materijalnih resursa, kao i smanjenju zavisnosti od uvoza energenata. U Srbiji gde postoji veliki broj mogućnosti, ali i sa brojnim ograničenjima. Najveći broj informacija o potencijalnim izvorima finansiranja mogu da se nađu na sajtu Vlade (<http://www.srbija.gov.rs>) i resornog Ministarstva energetike, razvoja i zaštite životne sredine Republike Srbije (<http://www.merz.gov.rs>). U materijalima su detaljno opisani najznačajniji izvori finansiranja, sa posebno povoljnim uslovima za oblast proizvodnje i korišćenja obnovljivih izvora energije, pa i biogasa. Svaku mogućnost treba dobro razmotriti i uzeti u obzir sve troškove koji pri obezbeđivanju sredstava nastaju, jer i naizgled najsitniji mogu da predstavljaju značajne sume.



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use

Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



4.3.1 Karbon finansiranje

U ovu grupu spadaju fondovi i fleksibilni mehanizmi koji finansiraju aktivnosti čijim se izvođenjem smanjuje emisija gasova sa efektom staklene bašte (projektni scenario) u odnosu na nivo koji bi se ostvario ukoliko tih aktivnosti ne bi bilo (osnovni scenario). U slučaju fleksibilnih mehanizama, a pre svega Mehanizma čistog razvoja (Clean Development Mechanism-CDM) koji je dostupan predlagačima projekata u našoj zemlji, smanjenje efekta staklene bašte mora biti verifikovano (*ex ante* ali i *ex post*) od strane akreditovanih tela na osnovu metodologija odobrenih od strane Izvršnog odbora Mehanizma čistog razvoja. Projekat postaje kvalifikovan za CDM kada ispunjava dodatni uslov, odnosno kada se njegovim sprovođenjem smanjuje nivo emisija iznad nivoa koji bi se dogodio bez ostvarivanja projekta. Pored toga, ovo podrazumeva da projekat ne bi bilo moguće ostvariti bez dodatnog finansiranja koje omogućuje učešće u CDM. Finansiranje projekta zapravo dolazi od prodaje Sertifikovanih jedinica smanjenja emisija (Certified Emission Reduction-CER) koje nadležna tela izdaju predlagačima projekta nakon verifikacije da je smanjenje zaista ostvareno. Kupci mogu kupiti ove sertifikate unapred, što je uobičajeni način jer predlagači projekta obično žele da obezbede što je veći mogući iznos finansiranja pre početka projekta. Cena ovih jedinica varira na tržištu. Od uopštenih informacija valja istaći i to da je CDM pogodan mehanizam za velike projekte, kao i to da karbon finansiranje može pokriti od 10% do nekoliko desetina procenata od ukupnih troškova finansiranja projekta.

Projekti vezani za korišćenje biomase se u svetu često sprovode u okviru CDM. Uloga državne uprave, izuzev one koja je striktno propisana procedurama za izvršavanje projekata u okviru CDM-a i koja je pretočena odgovarajućim aktima u nadležnosti i obaveze Ovlašćenog nacionalnog tela (Designated National Authority-DNA), može biti upoznavanje moguće predlagače projekta sa postojanjem ovog mehanizma i da ih uputi na nadležni državni organ, kao i da pomaže komunikaciju između predlagača projekta i nadležnog državnog organa pomažući na taj način obema stranama. Novac koji projektni predlagači mogu dobiti kroz CDM nije ni grant ni kredit, finansiranje dolazi kao posledica transakcije u kojoj strana koja je preuzela neku obavezu prema očuvanju globalnog javnog dobra (klime kakvu danas poznajemo) plaća strani koja to dobro čuva, više nego što bi se to u uobičajenim okolnostima moglo od nje očekivati.

Globalni fond za zaštitu životne sredine (Global Environmental Facility- GEF) je fond kome pristupaju države putem unapred ovlašćenih agencija. Prema nedavno određenim alokacijama, Srbiji u narednom periodu finansiranja koji počinje ove godine, za aktivnosti na sprečavanju klimatskih promena, pripada iznos od 4,46 miliona USD. GEF po pravilu ne finansira konkretne infrastrukturne projekte, izuzev delimično i zarad pokazivanja dobre prakse, te ovo finansiranje može imati velikog značaja za prevazilaženje drugih barijera koje stoje na putu povećanog korišćenja obnovljivih izvora energije u Srbiji. Sredstva koja su na raspolaganju, uzevši u obzir da su namenjena finansiranju tehničke pomoći, ako se pravilno isprogramiraju i profesionalno i odgovorno upotrebe mogu da omogućue ostvarivanje veoma ambicioznih ciljeva u pogledu iskorišćenja biomase, koji i kvalitetom i kvantitetom prevazilaze planirano tekućim državnim dokumentima. Svaka država imenuje političku i operativnu fokalnu tačku koje su zadužene da svojim potpisima odobre projektne predloge



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use
Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



koje sačinjavaju ovlašćene agencije, koji se podnose GEF-u. Drugi organi državne uprave mogu imati veliku ulogu u procesu izrade projektnih dokumenata u partnerstvu sa ovlašćenim agencijama, kao i prilikom mogućeg davanja mišljenja na predloge u čijoj pripremi nisu učestvovali. Oni se, takođe, mogu informisati kod nadležnih državnih organa i/ili ovlašćenih GEF agencija o tekućim projektima i projektima u pripremi, kako bi bili u mogućnosti da aktivnosti iz svoje nadležnosti koordinišu sa aktivnostima koje GEF finansira ili da traže finansiranje za aktivnosti iz svojih nadležnosti. Po svojoj prirodi, GEF je fond namenjen ustanovama koje brinu o javnom dobru jer da je osnovan sa ciljem da konkretno pomogne stanju životne sredine u Svetu putem podrške politikama koje to omogućavaju. Neophodan preduslov da bi GEF odobrio sredstva je kofinansiranje, odnosno finansiranje aktivnosti koje vode istim ciljevima kao i projekat za koji se traži finansiranje, koje može doći iz bilo kog izvora, a koje u zbiru mora znatno da prevazilazi iznos sredstava koja se traže od GEF-a. Novac koji GEF dodeljuje je grant i država korisnik sredstava nije u obavezi da sredstva vrati. Održivo dobijanje energije iz biomase je bio jedan od strateških prioriteta u prethodnom periodu finansiranja, pa se može reći da je GEF fond koji je veoma pogodan za finansiranje aktivnosti koje podstiču održivo korišćenje biomase u energetske svrhe, sa ciljem smanjenja emisije gasova sa efektom staklene bašte.

Pored navedenih, postoje i drugi fondovi koji finansiraju projekte ili aktivnosti koje pomažu očuvanju klime kao što su dobrovoljni karbon fondovi i slični.

4.3.2 Namensko kreditno finansiranje preduzeća i grantovi za tehničku pomoć

U Republici Srbiji postoji nekoliko kreditnih linija namenjenih pre svega malim i srednjim preduzećima za sprovođenje projekata u oblasti energetske efikasnosti i obnovljivih izvora energije. Izveštaj o postojećim kreditnim linijama međunarodnih finansijskih institucija za obnovljivu energiju i energetske efikasnost u Srbiji koji je pripremljen u okviru USAID-ovog Projekta za razvoj konkurentnosti Srbije, daje detaljan pregled ovih linija. U ovom tekstu ćemo dati osnovne informacije o nekoliko kreditnih linija.

Kreditna linija održivih energija za Zapadni Balkan (WeBSECLF) je sastavljena od kreditnih linija koje obezbeđuju sredstva bankama učesnicama za dalje kreditiranje preduzeća u Srbiji, Bosni i Hercegovini, Makedoniji i Crnoj Gori. U Srbiji je završena prva faza projekta u toku koje su podeljena sredstva u iznosu od oko 10 miliona evra, očekuje se potpisivanje ugovora sa dve nove banke učesnice u iznosu od oko 20 miliona evra. Evropska unija je obezbedila sredstva koja prate ovu kreditnu liniju Evropske banke za rekonstrukciju i razvoj (EBRD) i koja su namenjena tehničkoj pomoći za banke učesnice. Linija direktnog finansiranja projekata održive energije za zemlje Zapadnog Balkana je podržana od strane EBRD, u ukupnom iznosu od 50 miliona EUR. Ova linija je namenjena lokalnim malim i srednjim preduzećima (MSP) ili investitorima koji bi želeli da investiraju u mere za povećanje energetske efikasnosti u industriji ili projekte korišćenja obnovljivih izvora energije. WeBSECLF obezbeđuje individualne zajmove u iznosu od 2 miliona EUR do 6 miliona EUR.



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use
Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



Iz ove linije će biti finansirano između 15 do 25 pojedinačnih projekata iz oblasti energetike. Svi projekti moraju biti usklađeni sa lokalnom energetsom politikom zemlje u kojoj će projekat biti implementiran i u skladu sa specifičnim standardima koji se odnose na energetska efikasnost i zahtevima koji se tiču zaštite životne sredine.

Nemačka razvojna banka KfW obezbeđuje različite vrste kreditnih linija kojima mogu pristupiti preduzeća i druga pravna lica, a koji u velikoj meri podržavaju projekte iz oblasti obnovljivih izvora energije. Kroz kreditnu liniju za obnovljive izvore energije i energetska efikasnost namenjenju regionu, KfW putem banaka učesnica preuzima potpunu odgovornost za kredit pozajmljiven preduzećima koja imaju projekte u rečenim oblastima. Projektna dokumentacija mora, pored ostalog, da pokaže da će projekat za rezultat imati smanjenje od 20% u potrošnji energije ili u emisijama gasova sa efektom staklene bašte. KfW obezbeđuje sredstva za ovakvu vrstu kredita sve biti dok postoji tražnja. O drugim kreditnim linijama koje KfW realizuje u saradnji sa bankama može se više saznati na internet stranicama ili u lokalnoj kancelariji KfW.

Novim Apex kreditom (APEX LOAN FOR SMES), u iznosu od 250 miliona evra, koji je Evropska investiciona banka (EIB) odobrila Republici Srbiji 2009. godine, obezbeđena su sredstva za finansiranje malih i srednjih preduzeća i preduzetnika, uključujući i lizing, u minimalnom iznosu od 70% ukupnog iznosa kredita. Uz to, ovim sredstvima biće finansirani i infrastrukturni projekti lokalne samouprave, kao i investicije bilo kog obima u oblasti obrazovanja, zdravstva, energetike i zaštite životne sredine koje će se sprovoditi preko malih i srednjih preduzeća. Sredstva će biti raspoloživa u periodu od tri godine od dana zaključenja ugovora, a povlačiće se u tranšama u iznosu od najmanje pet miliona evra. EIB će finansirati projekte do iznosa od 25 miliona evra, s tim što će projekti malih i srednjih preduzeća do 12,5 miliona evra biti 100% finansirani sredstvima kredita. Sredstva se plasiraju preko posredničkih banaka.

Aktivnosti Svetske banke u energetsom sektoru u Srbiji na polju energetske efikasnosti su veoma značajne, a način trošenja trenutno raspoloživih sredstava kroz dodatno finansiranje projekta Energetska efikasnost u Srbiji je u velikoj meri već određen. Vredi spomenuti i aktivnosti Međunarodne finansijske korporacije koja je kroz kreditnu liniju plasiranu preko ProCredit banke, namenjenju malim i srednjim preduzećima, podsticala korišćenje obnovljivih izvora energije.

Pomoć Evropske unije energetsom sektoru je u proteklom periodu bila velika. Projekat koji je od važnosti za temu ovog teksta je projekat iz IPA 2010 koji se tiče sprovođenja energetske komponente strategije održivog razvoja. Opis posla za ovaj deo projekta može se pročitati na internet strani Delegacije Evropske unije u Srbiji.

Navedene kreditne linije i grantovi kao i druge slične linije namenjene su, pre svega privatnim ekonomskim akterima, ali državna uprava može imati određenu ulogu u procesu njihovog korišćenja ili u procesu njihovog kreiranja. Pokazalo se da je sama priprema projekta slaba tačka u celom ciklusu.



Usled različitih razloga, može se reći da vlasnici imovine u Srbiji imaju nedovoljno znanje o energetske mogućnostima svoje imovine i posledicama na njihovu ukupnu konkurentnost, kao i o načinima za poboljšanje konkurentnosti. Postoji povećana motivacija vlasnika za poboljšanje, ali to na žalost ne znači da je i porasla tehnička osposobljenost za pripremu projekata.

Organi državne uprave u saradnji sa udruženjima privrednih subjekata bi trebalo da učestvuju u izradi kreditnih linija, sa ciljem da se smanje jedinični troškovi pripreme projekata i povećaju moguća ekonomija obima u njihovom izvođenju. To bi moglo da se ostvari tako što bi se, na primer, razvijali tipski projekti koji bi imali za cilj poboljšanje tehnologija određenih generacija ili vrsta u delovima gde je moguća najveća korist, umesto veoma detaljnih energetske procena pojedinačnih objekata i preduzeća. Ovakav pristup bi omogućio i ostvarenje većeg javnog dobra. Organi državne uprave imaju veoma važno mesto prilikom stvaranja ovakvih kreditnih linija i podsticanja njihovog korišćenja, a ta uloga ne treba da bude intervencionistička niti izvršna, već uloga stvaranja okvira za održivo investiranje u održiv energetske sektor. Način na koji se stvaraju i rade kreditne linije i drugi alati za podsticanje korišćenja obnovljivih izvora ili energetske efikasnosti, dovoljno su važni da bi se posvetila pažnja svakom pojedinačnom instrumentu, od ideje do institucionalne podrške sprovođenju.

4.4 EKOLOŠKI I NEGATIVNI ASPEKTI PROIZVODNJE BIOGASA

4.4.1 Ekološki aspekti proizvodnje biogasa

Osnovne prednosti koje pruža proizvodnja i upotreba biogasa obuhvataju:

- Smanjenje količine otpada od 50-80 % (zavisno od udela bio-otpada)
- Proizvodnju organskih đubriva i smanjenje upotrebe mineralnih đubriva - zatvoreni tokovi hranljivih materija (npr. fosfor)
- Održiva proizvodnja energije. Obnovljivi energenti zamenjuju fosilna goriva.
- Smanjenje emisije gasova koji proizvode efekat staklene bašte.
- Otvaranje novih radnih mesta
- Veća nezavisnost od uvoznog goriva i veća energetska sigurnost

Konkretni uticaji sistema anaerobne digestije na okolinu zavisice od samog postrojenja, međutim zajedničke prednosti svih postrojenja mogu obuhvatiti:

- Smanjenje neprijatnih mirisa



- Smanjenje broja patogena
- Poboljšana kvaliteta vode
- Smanjenje emisije gasova staklene bašte

Anaerobna digestija omogućuje efektivnu redukciju neprijatnih mirisa. Prirodna fermentacije stajnjaka dovodi do produkcije amonijaka, vodonik sulfida i isparljivih masnih kiselina. Isparljive masne kiseline najviše doprinose nastanku neprijatnih mirisa. U zatvorenim anaerobnim digestorima sa pravilnim radom isparljive masne kiseline se metabolišu dejstvom anaerobnih bakterija smanjujući ukupnu emisiju neprijatnih mirisa iz stajnjaka. Zbog toga, digestioni sistemi dovode do značajne redukcije neprijatnih mirisa u poređenju sa neprerađenim stajnjakom.

Anaerobna digestija predstavlja proces koji je efikasan u smanjenju broja patogenih mikroorganizama. Istraživanja su pokazala da se anaerobnom digestijom može smanjiti broj fekalnih koliformnih mikroorganizama za više od 99% i broj fekalnih streptokoka za 90%. Smanjenjem broja patogenih vrsta smanjuje se opasnost od prenošenja zaraze na ljude i životinje.

Usled razgradnje pojedinih jedinjenja u otpadnim vodama anaerobnom digestijom se može postići 70-90% smanjenja biološke potrebe za kiseonikom. Takođe, u kombinaciji sa tehnologijama uklanjanja nutritijenata može se rešiti problem prevelikog sadržaja nutritijenata u vodi i poboljšati kvaliteta vode.

Proces smanjenja gasova staklene bašte u anaerobnim digestionim sistemima odvija se na dva načina. Razgradnja stajnjaka pod anaerobnim uslovima smanjuje se emisije metana i oksida azota koji se formiraju tokom odlaganja i korišćenja stajskog đubriva. Ugljen dioksid je glavni uzročnik globalnog zagrevanja i stvaranja efekta staklene bašte. Isparavanjem biogasa takođe se oslobađa CO₂, ali je razlika u odnosu na fosilna goriva u tome što je CO₂ iz biogasa nedugo pre oslobađanja bio apsorbovan iz atmosfere fotosintetskom aktivnošću biljaka. Stoga se upotreba biogasa posmatra kao CO₂-neutralna i ne utiče na povećanje količine gasova sa efektom staklene bašte. Upotrebom biogasa doprinosi se ublažavanju pojave globalnog zagrevanja tako što se smanjuje potrošnja fosilnih goriva za proizvodnju energije i pogonskog goriva pa se, i na taj način, znatno smanjuje emisija CO₂, CH₄ i N₂O. Ipak, najveći doprinos postrojenja za proizvodnju biogasa na smanjenje emisije štetnih gasova ogleda se u činjenici da se sagoreva metan (CH₄), koji je za ozonski omotač štetniji oko 22 puta od ugljen dioksida (CO₂).

4.4.2 Negativni aspekti proizvodnje biogasa

Pored znatnih prednosti, postoje određene negativne strane proizvodnje i upotrebe biogasa, kao što i korišćenje bilo kog energenta ima svoje opasnosti. Negativni aspekti proizvodnje i upotrebe biogasa mogu biti velike početne investicije, dostupnost supstrata, nedovoljna tehnološka poboljšanja, stalno održavanje digestora i motora, eksplozivnost



metana, negativan pritisak biogasa u fermentoru, produkcija toksičnih gasova, nečistoća i neprijatnih mirisa u toku fermentacije.

Jedan od najčešćih ograničavajućih činioca izgradnje biogas postrojenja su **velike početne investicije**. Oprema i instalacije moraju biti nepropusni za gasove što značajno poskupljuje izradu. Finansijska ograničenja obuhvataju dizajn digestora, visoke troškove transporta, troškove instalacije i održavanja i značajne troškove distribucije biogasa za potrebe domaćinstava. Ovi nedostaci se mogu rešiti upotrebom jeftinijih konstrukcionih materijala (bez uticaja na kvalitet instalacije) i/ili obezbeđivanjem jrtfinijih kredita i subvencija.

Poseban problem može biti **stalna i ravnomerna dostupnost sirovina**. Godišnji prinos biomase nije stalan i može biti poremećen različitim faktorima (vremenske nepogode, suša, požari...). Moguće rešenje upotreba algi za proizvodnju biomase iz koje bi se digestijom proizvodio biogasa.

Zbog specifičnosti (veliki sadržaj vode, rastresitost), **transport sirovina i digestata** je jedan od čestih problema koji se javlja kod kompanija koje proizvode biogas. Sušenje digestata može olakšati njegov transport.

Pored stalnih istraživanja u konstrukciji, trenutni **biogas sistemi nemaju dovoljno tehnoloških poboljšanja**. Postojeći naponi za poboljšanje procesa i postizanje bolje ekonomičnosti su nedovoljni. Zbog toga, još uvek nisu izgrađena velika industrijska postrojenja za proizvodnju biogasa. Iako primena biogasa može rešiti problem snabdevanja energijom sa kojim se suočava sve više zemalja širom sveta, veoma mali broj investitora je spremno da uloži veliki početni kapital. Proces proizvodnje biogasa u velikim razmerama nije ekonomski isplativ i veoma je teško poboljšati efikasnost biogas sistema. Takođe, nije pogodna niti ideja o konstruisanju po jednog postrojenja za svaku farmu.

Digestori i generatori zahtevaju stalno i odgovarajuće **održavanje i napajanje**. Dnevno održavanje podrazumeva minimalni rad, ali je neophodno i nedeljno servisno održavanje motora, kao i periodično čišćenje digestora.

Metan je eksplozivan u smeši sa vazduhom u koncentraciji 5 do 15 %. Do problema može doći ukoliko se digestor otvori zbog čišćenja, biogas ispusti kako bi se popravio tank za skladištenje ili u slučajevima curenja gasa u prostorijama sa slabom ventilacijom. U takvim slučajevima izbegavati stvaranje varnica, pušenje i otvoreni plamen.

Negativni pritisak u biogas sistemu nastaje kada je pritisak van sistema veći od pritiska u sistemu. Negativni pritisak može dovesti do ulaska gasa u sistem i time izazvati eksploziju. Ukoliko se to ne desi, kiseonik iz vazduha će štetno delovati na bakterije proizvođače biogasa i smanjiti brzinu produkcije gasa. Do smanjenog pritiska može doći usled neopaženog curenja gasa.

Anaerobni digestori mogu imati **negativan uticaj na zdravlje ljudi**. Anaerobni digestori predstavljaju zatvoreni prostor koji može predstavljati potencijalnu neposrednu pretnju po ljudsko zdravlje. S obzirom da su dizajnirani tako da spreče ulazak kiseonika, ulazak u digestor bi bio smrtonosan u roku od nekoliko sekundi. Toksični gasovi, kao što su



vodonik-sulfid¹ i amonijak nagomilavaju se unutar digestora. Zbog toga se mora izbegavati ulazak u prazan digester bez intenzivne ventilacije i provere prisustva toksičnih gasova, kao i primene bezbednosnih procedura. Prirodna ventilacija nije dovoljna za uklanjanje toksičnih gasova i obezbeđivanje dovoljne količine vazduha. Bez mehaničke ventilacije gasovi se ne mogu ukloniti, vodonik-sulfid se gomila na dnu rezervoara zbog veće gustine, dok će amonijak, kao lakši, biti prisutan u gornjem delu rezervoara. Uticaj na zdravlje se može ispoljiti i tokom rukovanja sa digestatom jer, i pored pravilnog vođenja procesa, pojedini patogeni mogu biti prisutni u digestatu.

Ukoliko se digester gradi ispod zemlje, treba voditi računa da područje nije izloženo poplavama. Ukoliko se radi o plavnom području i digestori koji se grade na površini moraju imati otvore iznad najvišeg nivoa vode. Poplavlivanje digestora može dovesti do nekontrolisanog ispuštanja gasova.

Biogas sadrži znatan broj **nečistoća**, čak i nakon procesa prečišćavanja. Nakon kompresije tokom upotrebe biogasa kao goriva, ove nečistoće mogu izazvati koroziju metalnih delova motora. Najveći deo azota u svežem stajnjaku se konvertuje u amonijak ili nitrat. Amonijak može ispariti, dok nitrati mogu kroz zemljište dospeti do podzemnih voda i izazvati zagađenje.

Neprijatni mirisi se najčešće javljaju kod starijih postrojenja i mogu poticati od vodonik-sulfida i amonijaka. Ova jedinjenja su prisutna u sirovinama kojima se napaja digester ili su nastala fermentacijom. Curenje biogasa može se osetiti ukoliko vodonik-sulfid nije uklonjen. Plastične cevi i ventili moraju se često proveravati jer glodari mogu napraviti rupe u cevima. Ukoliko se oseti miris pokvarenih jaja, hitno treba provetriti prostorije i pronaći izvor curenja gasa. Ventili moraju biti bez prisustva olova, jer vodonik-sulfid može oštetiti ventile i izazvati curenje gasa.

Radom biogas postrojenja se ne smanjuje količina otpada koji treba skladištiti, čak se i povećava ukoliko se sistemu dodaje voda.

4.4.3 Poseta postrojenju za proizvodnju biogasa

Tokom posete polaznici kursa biće upoznati sa praktičnim aspektima proizvodnje biogasa. Posebna pažnja biće posvećena konstrukciji, kao i glavnim delovima postrojenja. Takođe, biće analizirane prednosti i nedostaci proizvodnje biogasa, kao i tehnički, ekonomski, finansijski i drugi uticaji na korisnika. U regionu Južne Srbije, trenutno je u radu jedino biogas postrojenje u okviru mlekare "Lazar", Blace, a koje je smešteno u selu Gornja Draguša, opština Blace (slika 4.2)

Kapacitet postrojenja: 1 MWh

Vrednost investicije: 2,2 miliona eura (Lazar, Blace&USAIS i USA Ministry of Agriculture)

¹ Vodonik-sulfid je najotrovniji gas među produktima fermentacije. Ukoliko se udahne, hemijski reaguje sa hemoglobinom krvi i blokira prenos kiseonika kroz krvotok.



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use

Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



Bulgaria – Serbia
IPA Cross-border Programme

Unos sirovine: stajnjak krava 30 t/dan, surutka 20 t/dan i kukuruzna silaža
Postrojenje: 3 prelivna rezervoara sa mešanjem
Trenutni status postrojenja: postrojenje funkcioniše pravilno
Upotreba biogasa: postrojenje priključeno na sistem Elektroprivrede Srbije, 24 MW/dan
Upotreba digestata: za đubrenje zemljišta



Slika 4.1 Izgled opreme i postrojenja za proizvodnju biogasa Lazar, Blace



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use
Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



5. DEO

MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA BIOGASA I DIGESTATA

5.1 UPOTREBA BIOGASA

Najčešća upotreba biogasa je u domaćinstvima i za kogeneraciju toplotne i električne energije. Upotreba biogasa za sagorevanje pruža prednosti jer može zameniti upotrebu drveta, a omogućava i sagorevanje bez dima.

Jedna od mogućnosti primene biogasa je kao gorivo za vozila jer je biogas najčistije dostupno gorivo. Biogas proizvodi 95% manje ugljen-dioksida u odnosu na dizel, a ima 80 % manju emisiju azotnih oksida. Takođe, ne dolazi do emisije čvrstih čestica u atmosferu. Pri sagorevanju 1 m³ biogasa oslobađa se 23 MJ (5 500 kcal) energije, što odgovara toplotnoj moći 0,6 l dizel goriva. Glavni problem koji se javlja pri upotrebi biogasa je mogućnost curenja gasa iz rezervoara. Kako se koristi komprimovani biogas čiji je pritisak veliki (oko 225 bara) moguće je curenje gasa na mestima sastava, kao i eksplozija samog cilindra ukoliko je vozilo izloženo vatri. Moguća je upotreba biogasa zajedno sa dizel gorivom u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem, pri čemu je manja emisija zagađivača u odnosu na upotrebu dizel goriva i bolje performanse motora u odnosu na upotrebu čistog biogasa.

Biogas se, takođe, može koristiti za zagrevanje staklenih bašti jer, osim zagrevanja, obezbeđuje i povećanu koncentraciju ugljen-dioksida koji biljke koriste pri fotosintezi. Osim toga, može se koristiti za proizvodnju metanola, kao i za dugoročno skladištenje voća i žitarica. Atmosfera sa metanom i ugljen-dioksidom inhibira metabolizam biljaka i smanjuje formiranje etilena u voću i žitaricama, a osim toga ubija i štetne insekte, plesni i bakterije koje mogu prouzrokovati kvarenje.

Kombinovana proizvodnja toplote i električne enrgije predstavlja najčešći način primene biogasa u razvijenim zemljama i predstavlja veoma efikasni način korišćenja biogasa. Pre upotrebe u generatorskim postrojenju, gas se mora preraditi. Za većinu gasnih motora postoje maksimalne vrednosti sadržaja vodonik-sulfida i siloksana koje mogu biti prisutne u biogasu. Genaeratorsko postrojenje čiji se rad zasniva na motoru ima efikasnost do 90% i proizvodi 35% elektriciteta i 65% toplote. Najčešći tip postrojenja je blok postrojenje se motorima za sagorevanje koji su povezani sa generatorom. Generatori najčešće imaju 1500 obrtaja po minuti, a od motora se koriste Gas-Otto, Gas-dizel ili Gas-pilot injection motori.



5.1.1 Prerada biogasa

Glavni razlozi za preradu gasa leže u ispunjavanju zahteva koji su vezani za njegovu upotrebu, povećanje energetske vrednosti ili standardizaciji njegovog kvaliteta. Potrebni kvalitet zavisi od primene, kao što se može videti u tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Komponente koje je potrebno ukloniti pre upotrebe biogasa

Primena	H ₂ S	CO ₂	H ₂ O	Tragovi
Zagrevanje (bojler)	<1000 ppm	Ne	Ne	Da (npr, siloksani)
Kombinovana proizvodnja toplote i elektricne energije	<1000 ppm	Ne	Izbeći kondenzaciju	Da (npr, siloksani)
Gorivo za vozila	Da	Da	Da	Da
Gasovod	Da	Da	Da	

Uklanjanje vode

Biogas koji se dobija anaerobnom digestijom sadrži značajne količine vodene pare koja se mora ukloniti pre primene biogasa. Voda se najčešće uklanja hlađenjem, adsorpcijom na silika gelu ili Al₂O₃, kao i apsorpcija u glikolu ili higroskopskim solima.

Uklanjanje ugljen-dioksida

Uklanjanje ugljen-dioksida povećava toplotnu vrednost goriva i daje postojani kvalitet biogasa. Uklanjanje se najčešće vrši apsorpcijom i adsorpcijom, a ređe kriogenom separacijom ili membranskom separacijom. Pri izboru metode za uklanjanje ugljen-dioksida, veoma je važno da gubici metana budu što manji iz ekonomskih i ekoloških razloga.

Uklanjanje ugljen-dioksida apsorpcijom omogućava i uklanjanje H₂S zbog razlika u jačini veza polarnih molekula CO₂ i H₂S u odnosu na nepolarni CH₄. Najčešće se kao rastvarač koristi voda. Projektovanje sistema zavisi od rastvorljivosti ugljen-dioksida koja zavisi od pritiska, temperature i pH. Međutim, jedan deo sumpora se može akumulirati u vodi, što može izazvati probleme sa korozijom cevovoda, pa se preporučuje uklanjanje H₂S pre ugljen-dioksida. Rezultati pokazuju da u biogasu ostaje 5-10 % ugljen-dioksida.



Naravno, apsorpcija može biti skoro potpuna ako se za uklanjanje koristi rastvor $\text{Ca}(\text{OH})_2$ koji CO_2 i H_2S prevodi u nerastvorni CaCO_3 i CaS . Mogu se koristiti i organski rastvarači, kao što su polietilenglikol, monoetanolamin ili dietanolamin, pri čemu zaostala količina ugljen-dioksida iznosi 0,5 do 1%. Postupak je, međutim, skuplji i neophodno je periodično odbacivanje i zamena rastvarača.

Adsorpcija na čvrstim supstancama se najčešće vrši na aktivnom uglju ili na molekulskim sitima. Proces je jednostavan, ali skup i sa visokim zahtevima za toplotom.

Tačka ključanja metana iznosi -160°C na pritisku od 1 atm, što omogućava njegovo razdvajanje od ugljen-dioksida (tačka ključanja -78°C) kriogenom separacijom. Ugljen-dioksid se uklanja kao tečnost hlađenjem smeše biogasa, pri čemu se može dobiti metan čistoće 97%. Membranska separacija je jedna od metoda koja danas privlači sve veću pažnju. Postupak zahteva visoke pritiske, do 25 bara, a mogući su i gubici metana. Osim pomenutih tehnika, ispituje se mogućnost primene hemijske konverzije i obogaćivanja CH_4 .

Uklanjanje vodonik-sulfida

Uklanjanje vodonik-sulfida je veoma značajno pri preradi biogasa. Može se izvršiti na nekoliko načina:

- dodatkom Fe^{3+} soli – pri tome treba voditi računa da višak ovih soli može inhibirati stvaranje biogasa,
- adsorpcijom na aktivnom uglju - H_2S se prevodi u elementarni sumpor,
- dodatkom NaOH - dolazi do formiranja nerastvornih soli Na_2S ili NaHS i
- biološka desulfurizacija - upotreba mikroorganizama

Biološka desulfurizacija se vrši mikroorganizmima koji pripadaju rodu *Acidithiobacillus*, pri čemu se vrši oksidacija sulfida do sumpora ili sulfata. Ove bakterije se najčešće nalaze u digestivnom materijalu i ne moraju se dodavati, ali je neophodno dodati kiseonik u količini koja zavisi od koncentracije H_2S (najjednostavniji metod je dodavanje vazduha direktno u digestor). Korišćenjem ovih mikroorganizama, nivo H_2S se može smanjiti i do 95 %, pri čemu količina uklonjenog H_2S zavisi od temperature, dodate količine vazduha i reakcionog vremena. Proces se najčešće odvija u posebnom reaktoru koji se sastoji iz poroznog punjenja na kome imobilisani mikroorganizmi, raspršivača koji omogućuju ispiranje kiselih proizvoda sa punjenja i odvoda koji mora sadržati tečnost velike alkalnosti i neophodne nutritijente. Proces se odvija na 35°C i pokazao se veoma efikasnim uz uslov da je ubrizgano dovoljno vazduha i da se pH odvoda održava na 6.



Uklanjanje tragova gasova

Siloksani predstavljaju komponente koje sadrži silikon i mogu izazvati probleme vezane za toplotnu vrednost biogasa. U procesu anaerobne digestije siloksani nastaju razgradnjom organskih materija. Njihovo prisustvo tokom sagorevanja biogasa može dovesti do ozbiljnog oštećenja površine motora. Najčešće se uklanjaju adsorpcijom na aktivnom uglju, apsorpcijom u organskim rastvaračima ili kriogenom kondenzacijom

5.2 KARAKTERISTIKE DIGESTATA

Organska materija je veoma bitna zbog svojih pogodnih efekata na snabdevanje biljaka nutritijentima povećavajući kapacitet razmene katjona, agregaciju zemljišta i kapacitet zadržavanja vode. Digestat koji se dobija nakon anaerobne digestije sadrži više nutritijenata u odnosu na stajnjak.

Kvalitet digestata je određen procesom digestije i sastavom sirovine. Digestat je uglavnom alkalni, pri tome do povećanja pH vrednosti dolazi zbog formiranja $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ tokom procesa digestije. Opseg povećanja pH vrednosti zavisi od kvaliteta sirovine i procesa digestije. U tabeli 5.2. prikazane su vrednosti pH tokom digestije različitih sirovina, a u tabeli 5.3 prosečni sastav tečnog digestata zavisno od vrste supstrata korišćenog za dobijanje biogasa

Tabela 5.2. Promena pH vrednosti tokom procesa digestije različitih sirovina

Tip sirovine	Tip procesa digestije	pH sirovine	pH prelazne faze	pH digestata
Farmaceutski industrijski otpadni mulj	Mezofilni Suvi tip digestora	7,0	7,5	7,8
Stajnjak goveda	Mezofilni Vlažni tip digestora	6,9	7,2	7,6
Otpadni mulj iz postrojenja za preradu otpadnih voda i organska frakcija gradskog otpada	Termofilni Vlažni tip digestora	3,5	5	7,5
Energetski usevi, kravlji stajnjak i poljoprivredni otpad	Termofilni Vlažni tip digestora	4,8	7,5	8,7
Energetski usevi, kravlji stajnjak, poljoprivredni otpad i organska frakcija gradskog otpada	Termofilni Vlažni tip digestora	4,0	8,1	8,3



Tokom procesa digestije, sadržaj organske suve materije i sadržaj ugljenika u digestatu se smanjuje razgradnjom lako razgradivih jedinjenja ugljenika. Stepenn razgradnje varira između 11,1 i 38,4% u zavisnosti od vrste sirovine, brzine napajanja i retencionog vremena. Ukoliko je brzina napajanja velika i hidrauličko retenciono vreme kratko, digestat će sadržati znatne količine nerazgrađenih organskih materija. Kao rezultat anaerobne razgradnje, oko 30 do 40% organskog ugljenika se razlaže do ugljen-dioksida i metana, dok je ostatak raspoloživ biljkama. Pri potpunoj digestiji, digestat iz biogas postrojenja je bez mirisa i ne privlači insekte.

Organska frakcija digestata može sadržati 30-40% lignina, nerazgrađene celuloze i masti u suvoj materiji. Ostatak čine supstance (minerali, soli, ...) koje su prisutne u sirovinama i nisu podložne bakterijskoj razgradnji. Količina bakterijskih ćelija je mala, manje od 20% supstrata se konvertuje u ćelije, što smanjuje rizik od stvaranja neprijatnih mirisa i privlačenja insekata.

Azot je glavni biljni nutrijent i najčešće limitirajući faktor rasta poljoprivrednih biljaka. Veći sadržaj azota u digestatu u odnosu na kompost je posledica očuvanja azota tokom procesa anaerobne digestije. Prevođenje organskog azota u $\text{NH}_4\text{-N}$ omogućava njegovu trenutnu upotrebu od strane biljaka. Emisija amonijaka može se smanjiti različitim tehnikama koje smanjuju brzinu vazduha iznad digestata i vezivanjem gasovitog amonijaka za koloide zemljišta i vodu u zemljištu. Samo 10% ukupnog sadržaja azota u svežem stajskom đubrivu je dostupno biljkama. Veći deo azota se mora biološki transformisati u zemljištu kako bi bio dostupan biljkama nakon čega se postepeno oslobađa. Pri sušenju svežeg stajnjaka, oko 30 do 50% azota nestane u roku od 10 dana, dok smanjenje sadržaja azota u digestatu u istom periodu iznosi 10 do 15%. Vrednost digestata kao đubriva je veća ukoliko se primenjuje odmah nakon procesa, a ne nakon skladištenja i sušenja. Kratkoročno dejstvo svežeg stajskog đubriva se udvostručuje anaerobnom digestijom, dok se njegovo dugoročno dejstvo redukuje na polovinu. U sredinama sa većom dnevnom temperaturom, kratkoročno dejstvo je mnogo značajnije.

Stajnjak goveda sadrži oko 1 % ukupnog azota. Azot je naročito značajan jer ima veoma važnu ulogu u rastu i ishrani biljaka. Tokom anaerobne digestije, 25 do 30% organske materije se razgrađuje i povećava sadržaj azota na 1,3%. Iako ne dolazi do formiranja azota tokom anaerobne digestije, 15 do 18% azota se prevodi u amonijak, dok je azot u aerobno digestovanom organskom otpadu (aktivni mulj, kompost) najčešće u oksidovanoj formi (nitrati i nitriti). Za većinu biljaka amonijum je značajniji kao izvor azota u odnosu na nitate i nitrite. Dubina na kojoj se vrši primena digestata ima značajan uticaj na isparavanje amonijaka. Površinska primena tečnih biođubriva izaziva gubitak 20-35% N u vidu amonijaka, dok injektovanje u zemljište na dubini 5-7 cm smanjuje gubitak amonijaka na 2-3%. Zbog toga je injektovanje u zemljište pogodan metod za primenu digestata u cilju smanjenja gubitka amonijaka.

Digestat ima veći sadržaj fosfora i kalijum u odnosu na kompost, pa je pogodniji za nadoknađivanje sadržaja ovih makronutritijenata u zemljištu. Prosečan odnos P:K u digestatu iznosi oko 1:3, što naročito pogoduje žitaricama i repi. Akumulacija P i K u zemljištu može se



izbeći smanjenjem primenjene doze digestata ili dodatkom dodatnog đubriva u cilju povećanja sadržaja azota.

Osim makronutrijenata za rast biljaka i životinja su neophodni i mikronutritijenti, kao što su bakar i cink, dok neki mogu biti toksični (kadmijum, hrom, živa i olovo). Sadržaj teških metala u sirovini obično potiče od antropogenih izvora i ne razgrađuje se tokom digestije. Glavni izvor teških metala su aditivi u stočnoj hrani, industrija prerade hrane, flotacioni mulj, otpad iz domaćinstava.

Tabela 5.3. Karakteristike tečnog digestata različitog porekla

Tip digestata	Tip digestionog procesa	Ukupni N	NH ₄ -N	Ukupni P	Ukupni K
Svinjski stajnjak	Mezofilni	2,93 (g/l)	2,23 (g/l)	0,93 (g/l)	1,37 (g/l)
Tečni stajnjak goveda	Mezofilni	4,27 (%s.m.)	52,9 (% uk. azota)	0,66 (%s.m.)	4,71 (%s.m.)
Energetski usevi, kravlji stajnjak i poljoprivredni otpad	Termofilni	105 (g/kg ukupne čvrste materije)	2,499 (g/l)	10,92 (g/kg ukupne čvrste materije)	-
Energetski usevi, kravlji stajnjak, poljoprivredni otpad i organska frakcija gradskog otpada	Termofilni	110 (g/kg ukupne čvrste materije)	2,427 (g/l)	11,79 (g/kg ukupne čvrste materije)	-
Kravlji stajnjak, biljni ostaci i iznutrice	Mezofilni i termofilni	0,2013 (%m/m sveže materije)	0,157 (%m/m sveže materije)	274,5 (mg/kg sveže materije)	736,45 (mg/kg sveže mat.)
Detelina/trava, žito ili silaža kukuruza i silaža trave	Mezofilni	0,253 (%m/m sveže materije)	0,176 (%m/m sveže materije)	0,62 (%s.m.)	18,5 (%s.m.)

5.3 PRIMENA DIGESTATA KAO ĐUBRIVA

Digestat se odlikuje većom homogenošću u odnosu na svež stajnjak i poboljšanim odnosom azota i fosfora. Sadržaj nutrijenata u digestatu omogućuje tačno doziranje i integraciju u plan đubrenja farmi. Za optimalnu primenu digestata kao đubriva važe isti kriterijumi kao i u slučaju upotrebe netretiranog stajnjaka:



- dovoljan kapacitet za skladištenje (minimum 6 meseci),
- zabranjena primene tokom vegetacije,
- dozvoljena količina đubriva po hektaru i
- tehnika primene.

Usled svoje homogenosti i karakteristika tečenja, digestat prodire u zemljište brže nego sirovi stajnjak. Ipak, upotreba digestata uključuje i rizik od gubitka azota emisijom amonijaka. Kako bi se minimizirali ovi rizici moraju se primeniti sledeća pravila:

- izbegavati preterano mešanje digestata pre primene,
- koristiti ohlađeni digestat iz skladišnog rezervoara,
- vršiti direktno ubrizgavanje u zemljište,
- trenutna inkorporacija u zemljište ukoliko se primenjuje na površinu zemljišta,
- primena na početku sezone rasta,
- primenu kod zimskih useva treba početi sa 1/3 potrebne količine azota i
- optimalni vremenski uslovi za primenu digestata su (kiša, velika vlažnost i bez vetra), suvo, toplo i vetrovito vreme znatno smanjuje efikasnost.

U zavisnosti od useva, najbolje vreme za primenu digestata je tokom izraženog vegetativnog rasta. Primena na useve u punoj vegetaciji omogućava apsorpciju azota i mali gubitak nutritijenata.

5.3.1 Efekat primene digestata na zemljište

Razlaganje organskih materija koje se odigrava tokom procesa anaerobne digestije uključuje razlaganje hemijskih veza organskih kiselina, ali i alkalnih supstanci. Zbog toga, primena digestata stvara pogodniju sredinu za razvoj u odnosu na primenu sirovog stajnjaka. Direktno merenje biološke potrošnje kiseonika digestovanog stajnjaka goveda i svinja pokazalo je deset puta manju potrebu za kiseonikom u odnosu na nedigestovan stajnjak. Kako je potrošnja kiseonika smanjena, smanjuje se tendencija formiranja zona bez kiseonika. Sposobnost nastanka humusa dodatkom organskih materija je, takođe, veća u odnosu na đubrenje svežim stajnjakom.

Digestat se pre primene može delimično ili potpuno preraditi. Efikasnost digestije poljoprivrednih postrojenja je najčešće 50-60%, što znači da digestat sadrži 40-50% početne organske suve materije, naročito vlakana. Delimična prerada obuhvata separaciju čvrste materije (vlakana) iz digestata upotrebom separatora ili dekantera. Odvajanje vlakana je prvobitno imalo za cilj proizvodnju komercijalnog komposta. Međutim, istraživanja su pokazala da upotreba odvojene frakcije vlakana, sa sadržajem suve materije većim od 45%, u proizvodnji toplote može povećati energetska efikasnost do 15%. Takođe, proces omogućava odvajanje viška fosfora koji je uglavnom vezan za vlakna. Frakcija vlakana se odvaja, dok se preostala tečna frakcija, koja sadrži najveći deo azota, može koristiti kao đubrivo. Odvojena



frakcija vlakana se može mešati sa drugim kosupstratima i ponovo vratiti u digestor čime se u sirovini poboljšava potencijal produkcije metana.

Kompletna prerada separisanog digestata daje tri konačna proizvoda, čistu vodu, koncentrat nutritijenata i organska vlakna. Svi nutritijenti (azot, fosfor i kalijum) i organska jedinjenja se odvajaju od materijala u koncentrovanom obliku. Odvojena voda se može upotrebiti kao procesna voda ili ispustiti u sistem površinskih voda. Ovakav način prerade je naročito pogodan za poljoprivredna područja koja sadrže azot u višku. Raspodela nutritijenata u tečnoj i čvrstoj frakciji digestata prikazana je u tabeli 5.4.

Tabela 5.4. Raspodela nutritijenata u tečnoj i čvrstoj frakciji digestata

Količina, %		Suva materija	Sadržaj N, %	Sadržaj NH ₄ -N, %	Sadržaj P, %	Sadržaj K, %
100	Digestat	100%	100%	100%	100%	100%
86	Tečna frakcija	35	75	65	25	83
14	Čvrsta frakcija	65	25	15	75	17

Razdvajanje faza se najčešće vrši membranskom separacijom, izdvajanjem amonijaka ili isparavanjem. Odvajanje vlakana se vrši separatorima, spiralnim sitima ili dekanterima. Primenom spiralnih sita odvaja se 15-20% čvrste materije, dok se centrifugalnim dekanterima odvaja više od 60% čvrste materije. Najveći deo azota (do 90%) ostaje u tečnoj frakciji, dok se fosfor samo delimično uklanja jer je vezan za čestice čvrste materije.

Kako potpuna prerada uključuje upotrebu membranske separacije ili tehnike isparavanja koje zahtevaju značajnu potrošnju energije, proces je ekonomski isplativ samo za postrojenja sa kapacitetom većim od 700 kW.

Tečna frakcija može se primeniti za đubrenje zemljišta direktno ili ispuštanjem u kanal za navodnjavanje. Pri ispuštanju u kaskadni sistem za navodnjavanje, digestat neće biti ravnomerno raspoređen. Takođe, pri upotrebi tečne frakcije, javlja se problem transporta na farmi koje su udaljene od biogas postrojenja.

Tečna frakcija se može nanositi na zemljište ili preko biljaka posle naknadnog razblaživanja vodom u odnosu 1:1. Upotreba nerazblažene frakcije može dovesti do oštećenja biljaka usled visokih koncentracija dostupnog amonijaka i rastvorenog fosfora.

Jedna od mogućih primena digestata kao đubriva je i nakon kompostiranja mešanjem sa različitim suvim materijalima, kao što su suvo lišće, slama i drugo. Ovaj proces pruža određene prednosti:

- iskorišćenje suvog otpadnog materijala na farmi,



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use

Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



Bulgaria – Serbia
IPA Cross-border Programme

- jedan deo digestata je dovoljan za kompostiranje četiri dela biljnog materijala što povećava količinu dostupnog komposta i
- sadržaj vode u digestatu se smanjuje zbog absorpcije vode od strane suvog materijala, a što olakšava transport.

5.4 PRIMENA DIGESTATA KAO DODATKA **STOČNOJ** HRANI

Pojedina istraživanja pokazuju da tokom procesa anaerobne digestije, osim nutritijenata potrebnih za rast biljaka, može doći do značajne sinteze vitamina B₁₂. Digestat iz biogas postrojenja obezbeđuje 10 do 15% potreba za hranom kod svinja i goveda i 50% kod patki. Osušeni digestat može se koristiti kao supstituent u stočnoj hrani, pri čemu se može uštedeti do 50% koncentrata. Dodatak digestata poboljšava nutritivnu vrednost stočne hrane. Istraživanja su pokazala da svinje hranjene digestatom brže povećavaju telesnu masu bez uticaja na ukus i higijensku ispravnost mesa.

Poboljšanje kvaliteta stočne hrane može se izvršiti dodatkom slame tečnoj frakciji digestata i naknadnim siliranjem. Usled visokog sadržaja azota u tečnoj frakciji digestata poboljšava se kvalitet stočne hrane, što je naročito pogodno u slučaju korišćenja biljaka slabog kvaliteta. Tokom perioda rasta, mikroorganizmi koriste dostupni azot i prevode ga u proteine i nukleinske kiseline. Pri tome, sadržaj proteina u travi se povećava, sadržaj sirovih vlakana se značajno smanjuje, a ukupna razgradivost se povećava.

Jedna od mogućih primena digestata je i kao riblja hrana. Pri tome se prinos ribe može povećati do 3,5 puta. Takođe, hranjenje digestatom povećava stepen preživljavanja riba.



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use

Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



Bulgaria – Serbia
IPA Cross-border Programme

LITERATURA

Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., Janssen, R., Biogas handbook, University of Southern Denmark Esbjerg, Denmark, 2008

Angelidaki, I., Ellegaard L., Ahring, K.B., Applications of the anaerobic digestion process, Advances in biochemical engineering/biotechnology, vol 82, 2003.

Appels, L., Baeyens, J., Degève, J., Dewil, R., Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge, Progress in energy and combustion science, vol 34, 6, 2008, p. 755-781

Astbury, G.R., A review of the properties and hazards of some alternative fuels, Process safety and environmental protection, 2008

Demirbas, A., Biodiesel, a realistic fuel alternative for diesel engines, Springer-Verlag London, 2008

Deublein, D., Steinhauser, A., Biogas from waste and renewable resources, Wiley-VCH, 2008

DIRECTIVE 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the promotion of the use of energy from renewable sources, Official Journal of the European Union, 2009

<http://energy4farms.eu/biogas-calculator/>

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=Oj:L:2009:140:0016:0062:en:PDF>

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/8-18062012-AP/EN/8-18062012-AP-EN.PDF

<http://extension.psu.edu/natural-resources/energy/waste-to-energy/resources/biogas/projects/g-77>

<http://proizvodnja-peleta.com/o-peletu/sta-je-pelet/>

<http://www.aens.rs/?q=mogu-nosti-kori-enja-biomase-u-republici-srbiji>

<http://www.aens.rs/?q=razvoj-tr-i-ta-energetskih-briketa-i-peleta-od-biomase>

http://www.alibaba.com/product-gs/478054063/1t_h_wood_pellet_production_line.html



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use

Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



Bulgaria – Serbia
IPA Cross-border Programme

http://www.bcfarmbiogas.ca/ad_info/environmental_impacts

<http://www.bios-bioenergy.at/en/electricity-from-biomass/biogas.html>

<http://www.biogas.rs/nastanak.html>

http://www.bikudo.com/product_search/details/160094/pellet_mill_wood_pellet_mill_granulator.html

<http://www.butobu.rs/details/light/index.php?r=1922&usr=greengroup>

<http://www.conserve-energy-future.com/advantages-and-disadvantages-of-biogas.php#sthash.WLDF0fc.dpuf>

http://www.ecoist.rs/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=7&Itemid=109

<http://www.ecovillage.org.in/ecopedia/alternate-energy/advantages-and-disadvantages-of-biogas/>

<http://energy4farms.eu/biogas-calculator/>

<http://www.energysavingtrust.org.uk/business/Business/Transport-in-business/Low-carbon-technology/Alternative-fuels/Biogas>

<http://www.fao.org/docrep/008/ae897e/ae897e00.htm>

http://www.gec.jp/JSIM_DATA/WATER/WATER_3/html/Doc_251.html

<http://www.globalseed.info/obnovljivi-izvori-energije.php>

<http://www.greenchoices.cornell.edu/energy/biofuels/>

<http://www.gtz.de/de/dokumente/en-biogas-volume1.pdf>

<http://www.i-sis.org.uk/BiogasChina.php>

<http://www.merz.gov.rs/cir/dokumenti/energetski-bilans-republike-srbije-za-2012-godinu>

<http://www.stat.gov.rs>

<http://www.superflex.net/tools/supergas/biogas.shtml>

<http://www.pellet-energy.biz/en/production/technology/>

<http://www.propisionline.com/IndOk/Legislation/71131>



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use

Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



<http://www.psemr.vojvodina.gov.rs/index.php/dokumenti/vodic-za-investitore>

http://www.uest.gr/Morocomp/Presentation_BTA.pdf

<http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/80434e/80434E0k.htm>

[http://www.vincinvironnement.com/france/VCE/Minisites.nsf/0/E33AAC121B8F9066C125792600443F10/\\$File/KOMPOGAS%C2%AE%20Waste%20Bio%20Methanisation.pdf](http://www.vincinvironnement.com/france/VCE/Minisites.nsf/0/E33AAC121B8F9066C125792600443F10/$File/KOMPOGAS%C2%AE%20Waste%20Bio%20Methanisation.pdf)

<http://www.yukapital.com/biogas-josef.pdf>

<http://www.zagreb-psv.org/userdocsimages/ZOO%20prezentacija-bioplan.pdf>

Jovanović B., Parović, M., Stanje i razvoj biomase u Srbiji, Jefferson Institute, Beograd, 2009

Kaltschmitt, M., Thran, D., Smith, K.R., Renewable energy from biomass, In: Encyclopedia of physical science and technology, ed: Meyers, R.A., Springer, 2007

Kaltschmitt, M., Energetic use of biomass, in: Renewable Energy: technology, economics and environment, ed: Kaltschmitt, M., Streicher, W., Wiese, A., Springer 2007

Lapčik, V., Lapčikova, M., Biogas stations and their environmental impacts, Rudarsko-geološki-naftni zbornik, 23, 2011, p. 9-14

Lindorfer, H., Waltenberger, R., Köllner, K., Braun, R., Kirchmay, R., New data on temperature optimum and temperature changes in energy crop digesters Bioresource technology vol 99, 15, 2008., p. 7011-7019

Macias-Corral, M. i sar., Anaerobic digestion of municipal solid waste and agricultural waste and the effect of co-digestion with dairy cow manure, Bioresource technology, vol 99, 17, 2008., p. 8288-8293

Martinov, M. i sar., Studija o proceni ukupnih potencijala i mogućnostima proizvodnje i korišćenja biogasa na teritoriji AP Vojvodine, Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine Autonomne Pokrajine Vojvodine, 2011.

Mićić, R., Tomić, M., Metode i hemizmi dobijanja biodizela, Traktori i pogonske mašine, 16, 2011, 57-69

Mojović, Lj., Pejčin, D., Lazić, M., Bioetanol kao gorivo – stanje i perspektive, monografija, Tehnološki fakultet, Leskovac, 2007.

Pojednostavljeni nacionalni akcioni plan za obnovljive izvore energije Republike Srbije, Ministarstvo energetike, razvoja i zaštite životne sredine, Beograd, 2012.

Politika Republike Srbije u oblasti obnovljivih izvora energije, Privredna komora Srbije, Beograd, 2012



Cross-border competitiveness through renewable energy and biomass use

Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



Sahoo, B.B., Sahoo, N., Saha, U.K., Effect of engine parameters and type of gaseous fuel on the performance of dual-fuel gas diesel engines—A critical **review**, *Renewable and sustainable energy reviews*, 2008

Semenčenko, V., Mojović, Lj., Petrović, S., Ocić, O., Novi trendovi u proizvodnji bioetanol, *Hemijska Industrija*, 65 (2) 103–114 (2011)

Singh, S.P., Prerna, P., Review of recent advances in anaerobic packed-bed biogas reactors, *Renewable and sustainable energy reviews*, 2008

Stamenković, I., Banković-Ilić, B., Stamenković, S., Veljković, V., Skala, D., Continuous biodiesel productions: a review, *Hemijska Industrija* 63, 2009, p 1-10

Studija opravdanosti korišćenja drvnog otpada u Srbiji, Energy saving group,

The state of renewable energy in Europe, EurObserver Report 2012

Tomović, S., Alternativni izvori energije, Tehnička knjiga, Beograd, 2002.

Uredba o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije ("Službeni glasnik RS", br. 99/2009)

Walker, G., Bioethanol: science and technology of fuel alcohol, Ventus publishing, 2010

Ward, A., Hobbs, P.J., Holliman, P.J., Jones, D. L., Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources, *Bioresource technology*, vol 99, 17, 2008., p7928-7940

Zakon o energetici „Službeni glasnik RS“ br. 57/11



Cross-border competitiveness through renewable
energy and biomass use
Project ref: 2007CB16IPO006-2011-2-19

The project is co-funded by EU through the
Bulgaria-Serbia IPA Cross-border Programme



PRILOG

Upitnik za evaluaciju učesnika edukacionog kursa

Naziv kursa: Biomasa kao obnovljiv izvor energije i tehnologija za proizvodnju biogasa

Organizator kursa: Tehnološki fakultet u Leskovcu, Univerzitet u Nišu

Datum:

Mesto održavanja kursa: Tehnološki fakultet u Leskovcu

U cilju unapređenja kursa, molimo učesnike da popune sledeći upitnik.

1. O kursu sam čuo(la) preko sledećih medija:

- a. internet
- b. novine
- c. časopis
- d. lično
- e. ostalo _____

2. Razlozi za učestvovanje:

- a. zainteresovanost za obnovljive izvore energije
- b. zainteresovanost za zaštitu životne sredine
- c. zainteresovanost za klimatske promene
- d. potraga za alternativnim prihodima
- e. zainteresovanost za biogas
- f. zainteresovanost za moguće tretmane otpada
- g. ostalo _____



3. Sadržaj kursa je ispunio moja očekivanja jer:

4. Sadržaj kursa nije ispunio moja očekivanja jer:

5. Sledeće teme bi trebalo detaljnije obraditi na kursu:

6. Ocenjivanje kursa

a. Sadržaj kursa

odličan dobar zadovoljavajući dovoljan nedovoljan

b. Organizacija kursa

odlična dobra zadovoljavajuća dovoljna nedovoljna

c. Pogodnost za praktičnu primenu

odlična dobra zadovoljavajuća dovoljna nedovoljna



<i>d. Kvalitet edukacionog materijala</i>				
odlična	dobra	zadovoljavajući	dovoljan	nedovoljan
<i>e. Adekvatnost mesta održavanja kursa</i>				
odlična	dobra	zadovoljavajuća	dovoljna	nedovoljna
<i>f. Ukupna ocena edukacionog kursa</i>				
odličan	dobar	zadovoljavajuća	dovoljna	nedovoljna
7. Ocena predavača				
<i>Predavač A (ime i prezime)</i>				
odličan	dobar	zadovoljavajući	dovoljna	nedovoljna
<i>Predavač B (ime i prezime)</i>				
odličan	dobar	zadovoljavajući	dovoljna	nedovoljna
<i>Predavač C (ime i prezime)</i>				
odličan	dobar	zadovoljavajući	dovoljna	nedovoljna
<i>Predavač D (ime i prezime)</i>				
odličan	dobar	zadovoljavajući	dovoljna	nedovoljna
<i>Predavač E (ime i prezime)</i>				
odličan	dobar	zadovoljavajući	dovoljna	nedovoljna
<i>Predavač F (ime i prezime)</i>				
odličan	dobar	zadovoljavajući	dovoljna	nedovoljna
8. Kotizacija je:				
a. previsoka				
b. preniska				
c. odgovarajuća				
d. trebalo bi da iznosi _____ eura				



9. Trajanje kursa je:

- a. prekratko
- b. predugo
- c. odgovarajuće
- d. trebalo bi da traje _____ dana

10. Da li bi preporučili ovaj kurs?

- a. da
- b. ne

11. Lični podaci:

Starost:

Pol:

Zanimanje:

12. Komentari:

Hvala Vam na učešću i popunjavanju upitnika.